



الديمقراطية الجزائرية الجمهورية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار - عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA

FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE BIOLOGIE ANIMALE APPLIQUÉE

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat en science

Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biologie et Ecologie Animale
Intitulé

Etude systématique et bio-écologique de la faune Culicidienne de deux régions différentes (Humide & Aride) de l'Algérie. Lutte biologique à l'égard de deux espèces de moustiques.

Présentée par : M^{me} ALAYAT Moufida Saoucen

Directrice de thèse Fatiha BENDALI- SAOUDI (Pr, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Devant un jury composé de :

Pr. Ouided DAAS-MAAMCHA Présidente Université Badji Mokhtar –Annaba

Pr. Moussa HOUHAMDI Examineur Université 08 Mai -Guelma

Pr. Ali BOUAZIZ Examineur Université Chérif Messaadia-Souk Ahras

Dr. Samia MESSIKH Examinatrice Université Badji Mokhtar –Annaba

Dr. Samira BENZARAA-GHEID Examinatrice Université Chadli Bendjedid -El-Taref

Année universitaire : 2024/2025

قاله تعالى:

بسم الله الرحمن الرحيم



(وَ آخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

REMERCIEMENTS

الْحَمْدُ لِلَّهِ مَا تَنَاهَى دَرْبَ وَلَا تَمَّ سَعِي إِلَّا بِفَضْلِهِ

Avant tout je remercie **ALLAH**, le miséricordieux, le tout puissant et le plus clément qui nous aide et nous donne le courage de tout faire.

Ce travail de thèse a été réalisé dans laboratoire de recherche en Biologie Animale Appliquée à l'Université Badji Mokhtar. Annaba.

Je voudrais remercier tous ceux qui m'ont rendu agréable.

Je tiens à remercier le **Professeur Mme Daas- MAAMCHA Ouided** qui m'a fait l'honneur de présider ce jury : qu'il soit assuré de ma profonde reconnaissance.

Il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude et mon profond respect au **Professeur Bendali-Saoudi Fatiha** d'avoir accepté généreusement de diriger ce travail.

J'adresse mes remerciements aux Professeurs : **Mr. Houhamdi Moussa, Mr. Bouaziz Ali, Dr Mme BENZARAA-Gheid Samira & Dr. Mme Messikh Samia** d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements vont aussi aux Professeurs **Youssfi** Directeur de Laboratoire de Chimie d'avoir accepté pour faire les extractions des huiles essentielles des plantes testées. Ainsi que le directeur et les ingénieurs du Laboratoire de la Station d'Épuration L'ONA -Laghouat (Algérie) pour leur contribution à l'analyse physicochimique de l'eau.

-**Dr. Elanez el hafnaou** du Département de Biologie de l'Université d'El Oued (Algérie) de l'aide précieuse qu'il m'a apporté pour les analyses statistiques des données.

Je tiens à remercier le Chef du Département de Biologie de l'Université de Amar Thlidji Laghouat et particulièrement les techniciens du laboratoire de m'avoir permis l'accès au labortoire et aux données nécessaires.

Enfin, je remercie tous mes collègues et techniciens qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Merci

Dédicaces

Je dédie mon travail, le fruit de mon parcours, à la mémoire de mon défunt père et maître Djaloul Alayat, que Dieu t'accorde sa miséricorde et t'accueille dans son vaste paradis.

A ma très chère Mère, la bougie qui se consume pour illuminer ma vie, la corone qui m'honore, que Dieu te préserve et te donne toute la santé et le bonheur.

A ma petite famille :

Mon cher époux qui n'a cessé de me soutenir et de m'épauler.

Vous avez partagé avec moi les meilleurs moments de ma vie, aux moments les plus difficiles de ma vie, vous étiez toujours à mes côtés. Je remercie le bon dieu qui a croisé nos chemins.

La prunelle de mes yeux, mes petites princesses : ALAA HIBET EL-

RAHMANE, LEILA qui sont un morceau de mon cœur

A mes chers frères et mes chères sœurs et leurs familles

A ma belle-famille surtout ma belle –mère Leila et mon beau –père Hacène

Toutes mes belles-sœurs & mes beaux-frères.

Table des matières

Introduction	1
2. Matériel & méthodes	
2.1. Présentation des zones d'étude	8
2.1.1. Le Parc National d'El-Kala (P.N.E.K)	8
2.1.1.1. Description et Localisation	8
2.1.1.2. Les caractéristiques du P.N.E.K	10
2.1.1.3. Présentation des sites d'étude	20
2.1.2. Wilaya de Laghouat	25
2.1.2.1. Description et Localisation	25
2.1.2.2. Caractéristiques	26
2.1.2.3. Présentation et localisation des sites d'étude	34
2.2. Matériel biologique	40
2.2.1. Présentation des Culicidae	40
2.2.1.1. Position systématique des Culicidae	41
2.2.1.2. Données sur les Culicidae d'Afrique méditerranéenne et d'Algérie	41
2.2.1.3. Morphologie et Cycle de vie des Culicidae	42
2.2.1.4. Intérêts dans l'écosystème	49
2.2.1.5. Nuisance et rôle pathogène	50
2.2.1.6. Echantillonnage	50
2.2.1.7. Techniques d'élevage	52
2.2.1.8. Montage et identification	54
2.2.2. Matériel végétale	56
2.2.2.1. Présentation de la plante <i>Artemisia campestris</i> L.	59
2.2.2.2. Présentation de la plante <i>Artemisia herba Alba</i> A	62
2.2.2.3. Présentation de la plante <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	63
2.2.2.4. Présentation de la plante <i>Juniperus phoenicea</i> L	65
2.2.2.5. Enquête ethnobotanique sur les plantes étudiées(testées)	68
2.2.3. Etude toxicologique des plantes	70
2.2.3.1. Récolte, séchage et broyage des plantes	71
2.2.3.2. Préparation de l'extrait méthanoliques et bio-essaie	71
2.2.3.3. Préparation des extraits aqueux et bio-essaie	77

2.2.3.4. Préparation des huiles essentielles et bio-essaie	77
2.2.3.5. Analyses physicochimiques de l'eau des gites larvaires	78
2.2.4. Traitement des données	79
2.2.4.1. Indices écologiques	80
2.2.4.2. Analyse statistique	83
3. Résultats	
3.1. Inventaire et abondance du peuplement Culicidien dans la zone du P.N.E.K de la Région Humide d'El-Kala	85
3.1.1. Fréquence centésimale	85
3.1.2. Distribution Spatio-temporelle des Culicidae	86
3.1.3. Indices écologiques	87
3.1.3.1. Indices écologiques de composition	91
3.1.3.2. Indices écologiques de structure	92
3.1.3.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)	94
3.1.3.4. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des espèces inventoriées	97
3.1.4. Caractérisation physico- chimiques de l'eau	99
3.1.4.1. Evolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau	99
3.1.4.2. Traitement statistique descriptive des paramètres physico-chimiques de l'eau	101
3.2. Inventaire et abondance du peuplement Culicidien dans la zone Aride Laghouat	108
3.2.1. Répartition par sous famille et par genre des Culicidées	110
3.2.2. Distribution spatio-temporelle des Culicidées	110
3.2.3. Indices écologiques	
3.2.3.1. Indices écologiques de composition	111
3.2.3.2. Indices écologiques de structure	117
3.2.3.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)	120
3.2.3.4. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des espèces inventoriées	124
3.2.3. Caractérisation physico- chimiques de l'eau	125
3.2.3.1. Evolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau	127
3.2.3.2. Traitement statistique descriptive des paramètres physico-chimiques de l'eau	128
3.3. Description taxonomique des espèces inventoriées	134
3.3.1. <i>Anopheles labranchiae</i> Falleroni 1926	

3.3.2. <i>Anopheles (Cellia) multicolor</i> Camboliu 1902	136
3.3.3. <i>Anopheles sergentii sergentii</i> Theobald 1907	137
3.3.4. <i>Anopheles cinereus</i> Theobald 1903	140
3.3.5. <i>Anopheles dthali</i> Patton 1905	140
3.3.6. <i>Aedes caspius</i> Pallas 1771	140
3.3.7. <i>Aedes detritus</i> Haliday 1833	142
3.3.8. <i>Aedes dorsalis</i> Meigen 1830	144
3.3.9. <i>Aedes vexans</i> Meigen 1830	145
3.3.10. <i>Culex pipiens</i> Linnaeus 1758	146
3.3.11. <i>Culex modestus</i> Ficalbi 1890	148
3.3.12. <i>Culex perexiguus</i> Theobald 1903	149
3.3.13. <i>Culex theileri</i> Theobal 1903	151
3.3.14. <i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889	152
3.3.15. <i>Culex brumpti</i> Gailiard 1931	154
3.3.16. <i>Culex pusillus</i> Maquart 1850	155
3.3.17. <i>Culex laticinctus</i> Edwards 1913	156
3.3.18. <i>Culex antennatus</i> Becker 1903	158
3.3.19. <i>Culex deserticola</i> Kirkpatrick 1924	159
3.3.20. <i>Culiseta annulata</i> Schrank 1776	160
3.3.21. <i>Culesita longiareolata</i> Macquart 1838	161
3.3.22. <i>Coquillettidia riciardii</i> Ficalbi 1889	162
3.3.23. <i>Uranotaenia unguiculata</i> Edwards 1913	160
3.4. Enquête ethnobotanique	167
3.4.1. Analyse sur l'informant (l'utilisateur)	167
3.4.2. Analyse des quatre plantes médicinales étudiées (Analyse phyto-thérapeutique)	171
3.4.2.1. <i>Artemisia campestris</i> L. 1753	171
3.4.2.2. <i>Artemisia herba Alba</i> Asso 1779	171
3.4.2.3. <i>Rosmarinus officinalis</i> L. 1753	171
3.4.2.4. <i>Juniperus phoenicea</i> L. 1753	171
3.5. Extraction par hydrodistillation des Huiles Essentielles	172
3. 6. Préparation de l'extrait méthanolique	173
3.7. Préparation des extraits aqueux	167

3.8. Effet toxique de trois extraits (l'HE; l'Ext. Meth. & Ext. Aq.) des quatre plantes étudiées à l'égard des larves du quatrième stade de deux espèces de moustiques <i>Culiseta longiareolata</i> et <i>Anopheles sergentii sergentii</i>	174
3.8.1. Activité larvicide des trois extraits de <i>Rosmarinus officinalis</i> à l'égard des larves (L4) des deux espèces de moustiques	174
3.8.2. Activité larvicide des trois extraits d' <i>Artemisia campestris</i> L à l'égard des larves (L4) des deux espèces de moustiques	181
3.8.3. Activité larvicide des trois extraits d' <i>Juniperus phoenicea</i> L à l'égard des larves (L4) des deux espèces de moustiques	187
3.8.4. Activité larvicide des trois extraits d' <i>Artemisia herba Alba</i> L à l'égard des larves (L4) des deux espèces de moustiques	194
4. Discussion	203
4.1. Inventaire des Culicidae	203
4.2 Distribution Spatio-Temporelle des Culicidae	211
4.2.1. Caractérisation écologiques	211
4.2.1.1. Composition	211
4.2.1.2. Structure	214
4.2.2. Influence des paramètres Physico-chimiques de l'eau sur la distribution des Culicidae	215
4.3. Enquête Ethno-Botanique des plantes testées	220
4.4. Toxicité de quatre plantes médicinales à l'égard de <i>Culiseta longiareolata</i> & <i>Anopheles sergentii sergentii</i>	224
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	230
6. RESUME	233
ملخص	235
ABSTRACT	237
7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	240
8. ANNEXES	266
PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES	
ARTICLE SCIENTIFIQUE	316

Liste des figures

Fig. 1: Situation géographique du P.N.E.K avec diagramme Ombrothermique et localisation des stations d'échantillonnage	
	9
Fig. 2: Températures moyennes mensuelles du P.N.E.K, pendant la période 1988-2018	
	10
Fig. 3: Moyennes mensuelles des précipitations du P.N.E.K, durant la période : 1988-2018.	
	13
Fig. 4: Humidité moyenne mensuelle du P.N.E.K	
	14
Fig. 5: Variation de la vitesse du vent (km/h) du P.N.E.K pour l'année 1988-2018	
	16
Fig. 6: Diagramme pluviométrique de Gausson de la région d'El-Kala durant 20 ans (1988-2018)	
	16
Fig. 7: Etage bioclimatique de la région d'El-Kala selon le climagramme d'Emberger (Période 1988-2018) ; (Station météorologique Lac des Oiseaux).	
	18
Fig. 8: Présentation des trois stations (A ; B & C) au niveau du Lac El-Mellah	
	21
(Photos Personnelles).	
Fig. 9: Représentation des 2 gîtes approximité du Lac Obeira (Site rural);	22
A : Station d'épuration abandonnée	
B : Mare à proximité du Lac Oubéira	
Fig. 10: Présentation des 2 stations (A ; B) au niveau du Lac Tonga (Site rural).	23
Fig. 11: Site Urbain d'El Kala (Photos Personnelles).	24
A : Station 6 (KU1 situé au Centre-ville).	
B : Station 7 (KU2 Situé en plein Centre-ville).	
Fig. 12: Présentation du site Péri-Urbain les Crêtes (Station 5), (Photos Personnelles).	
	24

Fig. 13: Position géographique de la région de Laghouat avec diagramme Ombrothermique et localisation des stations d'échantillonnage.	26
Fig. 14: Zone de l'Atlas Saharien	27
Fig. 15 : Zone des Hauts Plateaux Saharien	27
Fig. 16 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Laghouat (1996-2021).	30
Fig. 17: Situation bioclimatique de la région de Laghouat dans le climagramme d'Emberger (1996-2021).	31
Fig. 18 : Station 1' retenue d'eau de pluie (Photo Personnelle).	35
Fig. 19: la Station 2' une mare d'eau claire, à proximité du barrage Tadjmoute	35
Fig. 20: La Station 3' Sebgag (Photo Personnelle).	36
Fig. 21: La Station 4' Lalmaya avec les trois gites (A ; B; C) (Photo Personnelle).	36
Fig. 22: La station 5' avec 2 sites (A & B) (Photo Personnelle).	37
Fig. 23: La station 6' berges d'Oued Elghicha, avec 2 sites (A & B) (Photos Personnelles).	37
Fig. 24: Station 7' deux mares (A & B) se trouve à côté d'Oued Morra (Photos Personnelles)	38
Fig. 25: Station 8' El Kheng (Photos Personnelles).	38
Fig. 26: Station 9' Oued M'zi (Photo Personnelle).	39
Fig. 27: Station 10' Maamoura (Photo Personnelle).	39
Fig. 28: Station 11' Université Ammar Thelidji Laghouat (Photo Personnelle).	40
Fig. 29: Les différences morphologiques entre les Culicinae et l'Anophelinae	43
Fig. 30: Les formes types des Œufs des quatre genres des moustiques.	44
A : Vue microscopique des œufs Aedes	
B : Forme type des œufs d'Anopheles du genre	
C : Œufs en nacelle du genre Culiseta	
D : Œufs en nacelle de <i>Culex pipiens</i>	
Fig. 31: Larve de <i>Cx. pipiens</i>	45
Fig. 32: Aspect général d'une nymphe du <i>Culex pipiens</i> (Berchi, 2000).	46
Fig. 33: Morphologie du Moustique femelle.	47
A : Morphologie d'une femelle <i>Cx pipiens</i> (Boukraa, 2010).	

B : Morphologie d'une femelle <i>An. Cinureus</i> (Photo Personnelle).	
Fig. 34: Cycle de développement des Culicidae du moustique (Guilamot, 2013).	49
Fig. 35: Méthode d'échantillonnage des Spécimens pré-imaginaux des Culicidae (Photos Personnelles).	51
Fig. 36: Méthode d'élevage des Culicidae (Photos Personnelles).	53
A : Récipients pour l'élevage larvaire.	
B : Cage pour l'élèvement des adultes.	
C : Hématophagie assurée par un lapin.	
D : Récupération des adultes émergées à l'aide d'un aspirateur à bouche.	
E : Conservation des adultes dans le Silica gel.	
Fig. 37: Etapes de montage et d'identification (Photos Personnelles).	54
A : Les larves placées dans la solution de NaOH 10%. Pendant 4jours.	
B : Rinçage 3 fois avec l'eau distillée.	
C : Etalement sur lame de la larve dans une goutte de glycérine.	
D : Recouvrir le spécimen d'une lamelle.	
Fig. 38: Montage des Adultes.	56
Fig. 39: Appareils utilisé pour l'étude systématique.	56
A : Loupe binoculaire.	
B : Microscope et appareil photo intégrée.	
Fig. 40: <i>Artemisia campestris</i> L. (Photos Personnelles, 2019).	58
Fig. 41: <i>Artemisia herba- alba</i> Aso (Photos Personnelles, 2019).	60
Fig. 42: <i>Rosmarinus officinalis</i> L. (Photos Personnelles, 2019).	64
Fig. 43: Aspect général du <i>Juniperus phoenicea</i> (Photos Personnelles, 2019).	65
A: Feuilles de la plante.	
B: Fruits de la plante	
Fig. 44: Station d'échantillonnage des plantes (<i>Rosmarinus officinalis</i> & <i>Juniperus phoenicea</i>) dans la région Hassani-Abdelkarim (Photos Personnelles, 2019).	68
Fig. 45: Station d'échantillonnage des plantes (<i>Artemisia campestris</i> & <i>Artemisia herba- alba</i>) au niveau de Hassi-Khalifa (Photos Personnelles, 2019).	69
Fig. 46: La localisation des stations d'échantillonnage des plantes dans le Sud-est Algérien (Hassani-Abdelkarim & Hassi-Khalifa Oued-Souf ;), (Citeres, 2018 ; Google Earth, 2019).	70
Fig. 47: Séchage & Broyage des plantes	71

Fig. 48: Préparation des extraits méthanoliques de chaque plante (Orignal, 2019)	72
Fig. 49: Tests de toxicité de l'extrait méthanolique sur les larves de moustiques	73
Fig. 50: Préparation des l'extraits aqueux (Orignal, 2019)	74
Fig. 51: Tests de toxicité sur les larves de moustiques (Orignal, 2019)	75
Fig. 52: Extraction des huiles essentielles (Orignal, 2019)	76
Fig. 53: Préparation de la solution mère des huiles essentielles (Orignal, 2019)	77
Fig. 54: Test de toxicité des huiles essentielles sur les larves (L4) de moustiques	78
Fig. 55: Matériels d'analyse physico-chimique de l'eau au niveau de la station d'épuration (O.N.A Laghouat); (Photos Personnelles).	79
Fig. 56: Fréquence Centésimale des Culicidae au niveau du P.N.E.K (Région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).	88
A : En Sous –famille.	
B : En Genre.	
Fig. 57: Distribution Spatio-temporelle des Culicidae peuplant les 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d'El Kala)(Décembre 2018 – Novembre 2019).	89
Fig. 58: Richesse spécifique des espèces inventoriées au niveau des 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).	90
Fig. 59: Abondance des espèces inventoriées au niveau des 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).	91
Fig. 60: Les fréquences d'occurrences estimées des espèces inventoriées au niveau des 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).	91
Fig. 61: Richesse spécifique des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.	92
Fig. 62: Abondance des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.	93
Fig. 63: Les fréquences d'occurrences estimées des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.	93
Fig. 64: Indices de structure des espèces inventoriées au niveau de 09 stations du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).	94
Fig. 65: Indices de structure des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.	95
Fig. 66: Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces inventoriées et leurs textures au niveau de 9 stations du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).	98

Fig. 67: Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces inventoriées et leurs textures pendant les quatre saisons au niveau du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019). 99

Fig. 68: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées par station

100

Fig. 69: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées par saison.

101

Fig. 70: Evolution spatio-temporelle de la température ; salinité ; PH & DBO5 de l'eau de 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019). 102

Fig. 71: Variations spatiale des paramètres physicochimiques (DBO5). Différentes lettres indiquent une différence significative entre les niveaux de variables ($P < 0,05$). 104

Fig. 72: Variations saisonnière de la température. Différentes lettres indiquent une différence significative entre les niveaux de variables ($P < 0,05$).

104

Fig. 73: Corrplot de la corrélation de Spearman calculée entre tous les paramètres physico-chimiques analysés et les charges des espèces inventoriées (T : température, Sal : Salinité, DBO5 : Demande biologique en oxygène, pH : potentiel hydrogène, DL : Densité larvaire).

106

Fig. 74: Cercles de corrélation des paramètres physico-chimiques la densité larvaire avec les trois premiers axes d'ACP pour les 09 stations d'étude et pendant les quatre saisons (la densité larvaire mentionnée en bleu est considérée comme variable supplémentaire).

107

Fig. 75: Analyse en composant principale (ACP) sur la matrice standardisée des données ; Plans factoriels (Dim 1 vs Dim2) selon le facteur "station", "saison". 108

Fig. 76: Analyse en composant principale (ACP) sur la matrice standardisée des données ; Plans factoriels (Dim 2 vs Dim3) selon le facteur "station", "saison". 108

Fig. 77: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des stations pendant les deux saisons printemps et été par facteurs biotique et abiotiques. 109

Fig. 78: Répartition en pourcentage de la densité par sous famille et par genre de espèces inventoriées de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	112
Fig. 79: Distribution spatio-temporelle des Culicidées peuplant les 11 stations au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	113
Fig. 80: Richesse spécifique des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	114
Fig. 81: Abondance des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	115
Fig. 82: Les fréquences d'occurrences estimées des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	116
Fig. 83: Richesse spécifique des espèces inventoriées pendant les quatre saisons. au niveau de de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	117
Fig. 84: Abondance des espèces inventoriées pendant les quatre saisons au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	118
Fig. 85: Les fréquences d'occurrences estimées des espèces inventoriées pendant les quatre saisons au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	118
Fig. 86: Indices de structure des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).	119
Fig. 87: Indices de structure des espèces inventoriées pendant les quatre saisons au niveau de la région de Laghouat	121
Fig. 88: Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces inventoriées et leurs textures au niveau de 11 stations de la région de Laghouat(Décembre 2015 – Novembre 2016).	128
Fig. 89: Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces inventoriées et leurs textures pendant les quatre saisons au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2015 – Novembre 2016).	124
Fig. 90: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées par station	125
Fig. 91: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées par saison.	126

Fig. 92: Evolution spatio-temporelle de la température; salinité ; PH ; MES & DBO5 de l'eau de 11 stations au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

127

Fig. 93: Variations spatiale des paramètres physicochimiques (salinité et MES). Différentes lettres indiquent une différence significative entre les niveaux de variables ($P < 0,05$). 129

Fig. 94: Variations saisonnière du pH. Différentes lettres indiquent une différence significative entre les niveaux de variables ($P < 0,05$). 129

Fig. 95: Corrplot de la corrélation de Spearman calculée entre tous les paramètres physico-chimiques analysés et les charges des espèces inventoriées (T : température, Sal : Salinité, DBO5 : Demande biologique en oxygène, pH : potentiel hydrogène, MES : matière en suspension, DL : Densité larvaire).

131

Fig. 96: Cercles de corrélation des paramètres physico-chimiques la densité larvaire avec les trois premiers axes d'ACP pour les 11 stations d'étude et pendant les quatre saisons (la densité larvaire mentionnée en bleu est considérée comme variable supplémentaire).

133

Fig. 97: Analyse en composant principale (ACP) sur la matrice standardisée des données ; Plans factoriels (Dim 1 vs Dim2) selon le facteur "station", "saison". 134

Fig. 98: Analyse en composant principale (ACP) sur la matrice standardisée des données ; Plans factoriels (Dim 2 vs Dim3) selon le facteur "station", "saison". 134

Fig. 99: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des stations pendant les deux saisons printemps et d'été par facteurs biotique et abiotiques 135

Fig. 100: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles labranchiae* (Photos Personnelles).

137

Fig. 101: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles multicolor* (Photos Personnelles). 138

Fig. 102: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles sergentii sergentii* (Photos Personnelles). 139

Fig. 103: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles cinereus* (Photos Personnelles). 140

Fig. 104: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles dthali* (Photos Personnelles). 141

Fig. 105: Critères d'identification de l'espèce *Aedes caspui* (Photos Personnelles). 142

Fig. 106: Critères d'identification de l'espèce *Aedes detritus* (Photos Personnelles). 143

Fig. 107: Critères d'identification de l'espèce *Aedes dorsalis* (Photos Personnelles). 144

Fig.108: Critères d'identification de l'espèce *Aedes vexans* (Photos Personnelles). 146

Fig. 109: Critères d'identification de l'espèce <i>Culex pipiens</i> (Photos Personnelles).	147
Fig. 110: Critères d'identification de l'espèce <i>Culex modestus</i> (Photos Personnelles).	148
Fig. 111: Critères d'identification de l'espèce <i>Culex perexiguus</i> (Photos Personnelles).	150
Fig. 114: Critères d'identification de l'espèce <i>Culex brumpti</i> (Photos Personnelles).	153
Fig. 119: Critères d'identification de l'espèce <i>Culesita annulata</i> (Photos Personnelles).	157
Fig. 120: Critères d'identification de l'espèce <i>Culesita longiareolata</i> (Photos Personnelles).	158
Fig. 121: Critères d'identification de l'espèce <i>Coquillettidia richiardii</i> (Photos Personnelles)	159
Fig. 122: Critères d'identification de l'espèce <i>Uranotaenia unguiculata</i> (Photos Personnelles)	160
Fig. 123: Enquête ethnobotanique sur l'informant	162
Fig. 124: A : La fréquence des partie utilisées	163
B: La fréquence des modes d'utilisation des quatre plantes	
Fig. 125: La fréquence d'utilisation des quatre plantes médicinales étudiée	164
Fig. 126: Présentation des moyenne de mortalité de <i>Cs. longiareolata</i> traitée avec les trois extraits de <i>R.officinalis</i> (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.).	169
Fig. 127: Présentation des moyennes de mortalité d' <i>An. sergentii sergentii</i> traitée par les trois extraits de <i>R. officinalis</i> (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.).	170

Liste des tableaux

Tableau 1: Précipitations moyennes mensuelles du P.N.E.K, pour la période 1988-2018; (Station météorologique du Lac des Oiseaux).	12
Tableau 2: Humidité mensuelle (%) période 1988-2018 de la région du P.N.E.K. (Station Météorologique du lac des Oiseaux).	13
Tableau 3: La variation de la vitesse du vent (km/h) pour l'année 1988-2018	14
Tableau 4: Valeurs du quotient pluviométrique d'Emberger de la région d'El-Kala (période 1988-2018) (Station météorologique Lac des Oiseaux).	17
Tableau 5: Température moyenne mensuelle de la région de Laghouat (1996-2021) (O.N.M, 2022).	18
Tableau 6: Précipitations mensuelles moyennes de Laghouat (1996-2021)(O.N.M, 2022).	18
Tableau 7: Humidité moyenne mensuelle de Laghouat (1996-2021). (O.N.M, 2022).	29
Tableau 8 : Vitesse moyenne mensuelle du vent de Laghouat (1996-2021).	29
Tableau 9: La faune de la région de Laghouat. (DSA, 202 ; CDF, 2021).	30
Tableau 10: Estimation de la densité larvaire.	33
Tableau 11: Inventaire des espèces de Culicidae récoltées au niveau du P.N.E.K (Décembre 2018 - Novembre 2019) / Famille/ Espèces/ Site.	86-87
Tableau 12: Matrice de similitude spatiale de JACCARD.	96
Tableau 13: Matrice de similitude saisonnière de JACCARD.	96
Tableau 14: Résultats des variations Spatio-Temporelles (Moyenne \pm SD, n= 22) de la Température ($^{\circ}$ C); DBO5 (mg/l); pH & Salinité (mg/l) au niveau du P.N.E.K (Région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).	103
Tableau 15: Comparaison inter-sites et inter-saisons des paramètres physico-chimiques (4 variables).	103

Tableau 16: Richesse (effectif) totale des espèces récoltées dans la région de Laghouat (Décembre 2018 à Novembre 2019);)/ Famille/ Genre; Espèces; Site & station.	111
Tableau 17: Matrice de similitude spatiale de JACCARD.	122
Tableau 18: Matrice de similitude saisonnière de JACCARD	122
Tableau 19: Résultats des variations spatio-temporelles (Moyenne \pm SD, n= 22) de la température de l'eau(T, °C), de DBO5 (mg/l), du pH, des matières en suspension (MES, mg/l) et de salinité (mg/l) au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 - Novembre 2019).	128
Tableau 20: Comparaison inter-sites et inter-saisons des paramètres physico-chimiques (5 variables).	129
Tableau 21: Récapitulation du rendement et les caractéristiques organoleptiques des Huiles Essentielles des 4 plantes	166
Tableau 22: Récapitulation du rendement de l'extrait méthanoïque des quatre plantes.	167
Tableau 23: Récapitulation du rendement de l'extrait aqueux des quatre plantes.	167

Liste des abréviations

ANOVA : Analysis Of Variance.

An.ser. ser : *Anopheles sergentii sergentii*

A.compestris : *Artemisia compestris*

A.her.alb : *Artemisia hera alba*

CL25 : Concentration létale de 25% de la population

C. long: *Culiseta longiareolata*

CL50 : Concentration létale de 50% de la population

CL75 : C Concentration létale de 75% de la population

CL90 : Concentration létale de 90% de la population

J.pho: *Juniperus phoenicea*

HE : Huile Essentielle

Ext. Aq (EA) : Extrait aqueux

Ext. Meth :(EM) : Extrait méthanolique

Mg : Milligramme.

µl: micro litre

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : Seuil de signification.

PH : PotentielHydrogène

T ° : Température.

n : nombre

h : heure

m : moyenne

SD: standard deviation (Ecart type)

ns: non significative

R. off : *Rosmarunis officinalis*

St : station

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Parmi les membres du règne Animal, le Sous-règne des Invertébrés. Ce dernier comporte l'Embranchement des Arthropodes qui regroupe le plus grand nombre d'individus et le plus grand nombre d'espèces peuplant le monde (85%); (**Gentile & Scabiose, 2012 ; Mahmoudi, 2022**). Le nombre d'espèces connues est de 1,5 million d'espèces, dont beaucoup restent encore inconnues. Elles ont peuplé différents habitats et de multiple environnement aquatiques et terrestre (Morin, 2002). L'embranchement des Arthropodes regroupent donc un vaste ensemble d'invertébrés extrêmement divers, formé de cinq classes réparties dans deux Sous-embranchements. Parmi ces cinq classes, seulement 4 présentent un intérêt médical (Arachides ; Crustacés ; Myriapodes & Insectes). Ils composent l'élément principal de la biodiversité planétaire avec 67 % des espèces connues (1,2 million d'espèces décrites) (**Duvallet & Gentile, 2012 a & b ; Miller & Harley, 2015**). Parmi les arthropodes, certains sont dotés d'un intérêt médical et sont particulièrement hématophages, ils sont nombreux et variés. En effet, l'accès à la circulation sanguine de vertébrés par différentes espèces animales permet la transmission d'un grand nombre d'agents pathogènes responsables de maladies infectieuses (**Virgo et al., 2019**). Les principaux arthropodes hématophages sont les insectes, leur importance, écologique et économique, est très grande ; en conséquence, l'homme, de tout temps, a essayé de limiter leur action lorsque celle-ci s'exerçait à ses dépens, d'abord dans le domaine agricole, puis, à mesure que l'on découvrait leur rôle en pathologie humaine ou animale, dans le domaine de la santé. Ce groupe d'invertébrés est responsable d'une mortalité et d'une morbidité importantes, 2 à 3% transmettent des maladies à l'Homme (Paludisme ; Maladie du sommeil ; Maladie de Chagas; Bilharziose; Dengue; Chikungunya & Onchocercoses...) (**Boubidi, 2010**). Les Hexapodes ou Insectes, représentent la Classe la plus importante du phylum en abondance et en espèces. Entre deux et vingt millions d'espèces, où près de 900 000 espèces sont déjà signalées et 10 000 nouvelles espèces d'insectes, sont publiées chaque année, on estime entre 2 et 30 millions le nombre d'espèces restant à découvrir (**Fontenille et al., 2003; Zeroual, 2017**). La classe des Insectes comporte l'ordre des diptères qui est numériquement le plus important. Il rassemble 120 000 espèces décrites (**Rodhain, 2015**). Les insectes jouent un rôle essentiel dans l'environnement se sont les pollinisateurs et certains sont utiles comme l'abeille et le vers à soie, mais certains sont des bioagresseurs, qu'ils soient ravageurs des cultures ou des produits récoltés, destructeurs des charpentes, nuisant et/ou vecteurs potentiels de pathogènes pour la santé humaine et animale (**Maissiat et al., 2005; Duvallet, 2010**). Le terme "Entomologie", nom désignant la science visant à la connaissance du monde des insectes, se sont ajoutés les qualificatifs "agricole" , "appliquée", "médicale" ou "vétérinaire", à mesure que les zoologistes ont été amenés à focaliser leurs champs d'investigation sur les éléments du monde des insectes qui interfèrent le plus avec les activités humaines (**Rueda, 2008; González et al., 2023**). Elles sévissent dans les climats froids ou tempérés comme la maladie de Lyme, la Peste, le Typhus. La nature des écosystèmes permet ainsi, le maintien des populations d'insectes vecteurs (**Boubrouta &**

Iguernlala, 2015). La classe des insectes, regroupe des espèces responsables de la transmission d'agent infectieux (Arbovirus, Protozoaire ou Helminthe) d'un individu infecté à un individu sain et qui constituent, un important réservoir de virus (**Rodhain & Perez, 1985**). L'Ordre le plus important de la Classe des Insectes est celui des Diptères, vu l'abondance et la diversité des espèces le constituant. Comme leur nom l'indique, l'adulte porte une seule paire d'aile mésothoracique, la seconde paire d'ailes est remplacée par une paire d'organes nommés haltères ou balanciers. Le développement larvaire se déroule dans un milieu aquatique ou subaquatique, trois sous-ordres sont concernés (Nématocères ; Brachycères & Cyclorhaphes). Le nombre d'espèces décrites à l'échelle mondiale est de 160 000, ce qui représente environ 10 % de toutes les espèces animales connues. Les entomologistes estiment qu'il doit exister entre 400 000 et 800 000 espèces de diptères. Parmi les familles constituant l'Ordre des Diptère celle des Culicidae. Cette famille regroupe les individus, les plus connus et les plus redoutés pour leur rôle vectoriel (**Harwood & James, 1979 ; Service, 1993 ; Rueda, 2008 ; González et al., 2023**). Dans le domaine de l'entomologie médicale et vétérinaire, les Culicidae ou moustiques forment l'ensemble de vecteurs de plusieurs agents pathogènes, suivi par les tiques et les puces, se sont, aussi des nuisant redoutables (**Lecointre & Hervé, 2001; OMS, 2016; Dris, 2019; Lecollinet et al., 2022 ; López et al., 2023**). Les adultes se nourrissent de nectar, et seules les femelles pratiquent l'hématophagie pour obtenir la protéine nécessaire à la maturation des œufs, en général sur des vertébrés à sang chaud, et quelques espèces parasitent des vertébrés à sang froid (**Shaikevich et al., 2019 ; OMS, 2020 ; Teltscher et al., 2021**). A ce jour presque 3 600 espèces de Culicidae sont identifiées, la dernière espèce a été décrite par **Taai & Harbach, (2015)** en Thaïlande. La famille des Culicidae comporte trois Sous-familles, Toxorhynchitinae avec 93 espèces et compte des femelles non hématophage : Anophelinae (430 espèces du genre Anopheles, présentes sur les 5 continents) et celle des Culicinae regroupant 1 400 espèces qui sont répartis à travers le monde, dont les trois-quarts environ sont, originaires des zones subtropicales et tropicales Introduction humides (**Edwards, 1941; Boyer, 2006 in Mérabti, 2016**). Trois genres principaux sont particulièrement importants en pathologie humaine et vétérinaire : Aedes, Anopheles et Culex (**Brunhes et al., 1999; Fontenille, 2010; Alves et al., 2010; Delaunay et al., 2012; Boudmegh, 2015; Djeddar et al., 2022**). Ces genres renferment des espèces, des sous espèces ; des formes ; des races et des variantes physiologiques, dont les membres sont très identiques morphologiquement, mais génétiquement sont bien distincts (Espèces jumelles) et ces derniers, peuvent présenter des différences écologiques et comportementales. C'est ce qui se répercute souvent, au niveau épidémiologique, comme la variation de la capacité vectorielle (**Collin & Paskewitz, 1996; Trari & Dakki, 2017**).

Certaines espèces se présentent par complexe (groupes de sous-espèces), parmi les principaux complexes celui d'*Anopheles gambiae* Giles, 1902 et *Anopheles maculipennis* Meigen, 1818 et le complexe *Culex pipiens* Linné, 1758. Ce dernier est le plus anciennement étudié (**Linnee, 1758 ; Roubaud, 1929; Marshall & Staley, 1937; Roubaud, 1957; El Ouard, 1974**), il comprend deux espèces (**Barr, 1982**) ; *Culex globocoxitus* Dobrotworsky, 1953 endémique de l'Australie et *Culex pipiens* Linné, 1758 à répartition circummondiale, est parmi les espèces les plus abondantes en Algérie et la seule présente en Afrique du Nord (**Bendali-Saoudi, 1989; Hassaine, 2002; Amara Korba et al., 2015; Bouguerra et al., 2019; Rouari et al., 2022**).

Les moustiques, principalement ceux des genres *Aedes* et *Culex* tiennent le rôle essentiel dans la transmission des arbovirus (contraction anglo-saxonne pour arthropod-borne virus) et, plus secondairement, dans celle des filaires et des plasmodies d'animaux. Ces viroses et parasitoses se trouvent parmi les principales causes de morbidité et de mortalité (**Clément, 1999; Kramer & Ebel, 2003**). Les espèces de ces genres sont connues comme vecteurs compétents, d'une large gamme d'agents pathogènes responsables de maladies infectieuses, parfois mortelles pour l'Homme et les animaux (**Aouinty et al., 2006; Kosone et al., 2008; Zarroug, 2017**). A savoir le cas du virus West Nile (**Krida et al., 1998; Brunhes et al., 1999**), la fièvre West Nile a été endémique en Afrique Sub-saharienne, puis détecté en Egypte dans les années 40, en Roumanie dans les années 50 et en Camargue (France) dans les années 60. Ensuite il a été largement disséminé en Afrique du Nord (Algérie en 1994) en Europe, aux Etats-Unis puis au Canada et au Mexique (**Zeller & Schuffenecker, 2004 ; Krida et al., 2015**). L'arbovirus West Nile est considéré désormais, comme le plus répandu des flavivirus après l'arbovirus virus de la dengue. Selon **Kilpatrick et al., (2005)** *Culex pipiens* pourrait être responsables de plus de 80% des infections dues au VWN, pour une partie de l'Etat de New York. Cependant **Hassaine (2002)** explique que cette puissance de transmission d'agents pathogènes, est due à son adaptation à tous les biotopes. Le virus de la fièvre de la vallée du Rift (**Moutailler et al., 2008; OMS, 2018; Candeloro et al., 2020; Amdoni et al., 2022**) et des micro-filaires surtout la microfilariose de Bancroft et le virus Sindbis (**Brunhes et al., 1999; Anupam et al., 2012; Aubry & Gaüzère, 2013; Dris, 2019**) sont autant de virus dont le moustique joue un rôle essentiel dans leur propagation.

Au cours des trois dernières décennies plusieurs études ont été effectuées sur la faune Culicidienne d'Algérie, qui s'intéressent plus particulièrement à la taxonomie; la biologie; la biochimie; la physiologie; la morphométrie; la compétence vectorielle; des essais de lutte chimique et biologique, anti-vectorielle au niveau des différents étages bioclimatiques

(Humide; Sub-aride & Aride) (**Bendali –Saoudi et al., 2001; Hassain, 2002; Boudjelida et al., 2005; Messai et al., 2010; Merabti et al., 2011; Boukaraa et al., 2013 ; Boudmegh et al., 2013; Lafri et al., 2014 ; Amara-Korba et al., 2015; 2016; Lounaci et al., 2016; Zerroug, 2017; Benhissen et al., 2018 ; Nabti & Bounecheda, 2020; Arroussi et al., 2021; Chahed et al., 2022 ; Asloum, 2022**). Actuellement, la lutte contre les moustiques revêt une grande importance (**Baba-aissa et al., 2021**), c'est un outil essentiel de la prévention contre les maladies vectorielles et de contrôle des insectes nuisibles (**Guillet et al., 1997; Fontenille et al., 2006; Bouyer et al., 2017**). Pour lutter contre les insectes ravageurs de culture et vecteurs de maladies, l'Homme a utilisé pendant plusieurs décennies des produits chimiques, des insecticides synthétiques conventionnels tels que les Organophosphorés, les Carbamates et les Pyréthroïdes, ce qui a entraîné le développement d'une résistance parmi les populations d'insectes ciblés, une toxicité pour les organismes non ciblés et des effets secondaires sur l'environnement et la santé humaine, dont la neurotoxicité chez les vertébrés (**Mathew & Thanuja, 2008; Cuervo-Parra et al., 2016**). Ces produits synthétiques présentent également, de sérieuses menaces en raison de l'émergence de phénomène de résistance spécifiquement chez les moustiques (**Naqqash et al., 2016; Ranson & Lissenden, 2016; Main et al., 2018; Bouguerra, 2019**). Ces inconvénients ont incité les chercheurs pour intensifier à explorer d'autres méthodes alternatives de lutte anti-vectorielle. Pour ces raisons, les recherches scientifiques se sont concentrées de plus en plus sur le développement de nouveaux produits sélectifs à faible risque toxicologique pour les insectes et plus sécurisés pour l'environnement et se sont orientés à utiliser les bio pesticides (**Thomas et al., 2014; Seghier et al., 2020**). Les insecticides d'origine biologiques sont devenus d'un intérêt mondial, dans le but de préserver les organismes bénéfiques et de protéger l'environnement de toutes sortes de pollution. La lutte biologique constitue donc une alternative efficace dans les milieux naturels, car elle offre des solutions durables, grâce à leur variété, leur spécificité, leur compatibilité intrinsèque avec le milieu naturel et leur pouvoir évolutif avec et sans intervention humaine (**Cloutier & Cloutier, 1992; Bianchi et al., 2006**). Selon **Starnes et al., (1993)**, plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées pour leur potentiel en lutte biologique. À l'heure actuelle, le *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* est parmi les produits les plus utilisés en lutte contre les insectes nuisibles (**Bendali-Saoudi, 2006; Ouakid et al., 2008; Mansouri, 2015**). D'autre part, un processus de lutte biologique, comportant la régulation naturelle, par les ennemis naturels des larves de moustiques est d'une importance non négligeable. Parmi ces ennemis naturels vertébrés, trois espèces de poissons d'eau douce culiciphages, *Pseudo phoxinus callensis*; *Pseudo phoxinus guichenoti* et *Gambusia affinis* possédant un potentiel prédateurs

considérables (**Bendali Saoudi, 1989; Bendali -Saoudi et al., 2001; Bendali-Saoudi, 2006**). D'autres ennemis naturels sont des invertébrés sont aussi d'excellents prédateurs de larves de Culicidae Les (Hydracariens adultes ; les Hétéroptères ; Les Coléoptères & Copépodes) (**Bendali-Saoudi et al., 2013; Smith, 1983; Smith & McIver, 1984a; b; Mahmoudi et al., 2022**).

Dans le même contexte, l'utilisation de bio-pesticides, à base de plantes, a été prise en considération ces dernières années, en tant que stratégie économique et écologique prometteuse et respectueuse de l'environnement (**Chansang et al., 2018 ; Seghier et al., 2020**). Les plantes constituent une riche source de composés bioactifs à effets toxiques ; larvicides et antipaludiques, tels que les Terpénoïdes ; les Alcaloïdes ; les Flavonoïdes ; les Tanins et les Polyacétylènes (**Zirihi, 2006; Zirihi et al., 2007; N'guessan et al., 2009; Mansouri , 2015; Dahchar , 2017; Bouguerra & Soltani , 2018; Amira & Boudjelida, 2018; Dris, 2019**).

L'Algérie abrite un ensemble d'espèces importantes témoigne d'une richesse floristique incontestable. Environ 2 000 espèces de plantes, ont été répertoriées. Cette richesse permettra d'intensifier les recherches et produire des métabolites secondaires, qui seront utilisés dans les programmes de lutte biologique. Cependant 344 espèces végétales ont montré une activité insecticide contre les moustiques (**Sukumar et al., 1991**). Plusieurs recherches récentes ont porté sur les extraits aqueux et les huiles essentielles, comme sources de composés facilement biodégradables. Ces extraits assurent une variété d'activités biologiques, chez les moustiques, ayant ainsi des effets ovicides, larvicides, nymphocides ou adulticides (**Dinesh et al., 2015; Jaganathan et al., 2016; Dahchar et al., 2016; Soonwera & Phasomkusolsil, 2017; Bouguerra et al., 2017; 2018; Andrade-Ochoa et al., 2018; Nabti & Bounechada, (2019) ; Seghier et al., 2020; Baba-Aissa et al., 2021 ; Abdelali et al., 2022; Hafsi et al., 2022**).

La problématique abordée dans cette thèse concerne les Culicidae (Moustiques), dont les problèmes de nuisances et de santé, ont été évoqués précédemment dans cette introduction.

La première partie, a porté sur l'élaboration d'un inventaire des Culicidae. Tous les spécimens capturés, ont subi une identification taxonomique, réalisée suivant des clés dichotomiques spécifiques et un logiciel informatique. Cela a été effectué, en se basant sur la chétotaxie larvaire et les structures morphologiques descriptives des adultes mâles et femelles. L'échantillonnage a été réalisé, au niveau des sites urbains, périurbains et ruraux, de Décembre 2018 à Novembre, 2019 à partir de deux régions bio-climatiques différentes, l'une à l'extrême Nord-est de l'Algérie (Humide; El Kala) et l'autre dans une région aride du Sahara Septentrional une région Aride (Laghouat). Afin de déterminer la diversité qualitatif et quantitatif de la faune

Culicidienne et de fournir une base de données sur les espèces de moustique « il faut bien connaître mon ennemi avant de tirer et d'intervenir », en vue d'orienter et d'améliorer la lutte anti-vectorielle et la surveillance entomologique. D'autre part et dans le but de mieux connaître la répartition spatiotemporelle des espèces, des indices écologiques appropriés, ont été déterminés. Pour mieux collaborer à mettre en évidence un listing des espèces de la faune culicidienne de l'Algérie et la caractérisation écologique du peuplement.

La deuxième partie a concerné, des analyses physico-chimiques des eaux des gîtes larvaires étudiés, au cours de deux saisons d'échantillonnage (Printemps & Eté), pour déterminer l'influence de ces derniers sur la biologie et le développement larvaire des moustiques, ainsi que les préférences écologiques des Culicidae, de chaque région étudiée. Cela pour déterminer la dynamique, la saisonnalité et le type de gîte préféré, dans le but de mieux viser les opérations de lutte et une meilleure prise en charge en cas d'émergence des maladies à transmission vectorielle.

Le troisième volet de cette recherche a été orienté vers la lutte biologique anticulicidienne. Dans ce cadre, nous avons utilisé des Huiles essentielle ; des extrait méthanolique et des extrait aqueux de quatre plantes médicinales (*Artemisia campestris*; *Artemisia herba alba*; *Rosmarinus officinalis* & *Juniperus phoenicea*). Le choix de ces plantes a été déterminé suivant une enquête ethnobotanique. Leurs effets toxiques, ont été évalués à l'égard des larves du quatrième stade de deux espèces des moustiques (*Culiseta longiareolata* Macquart, 1838 & *Anopheles sergentii sergentii* Theobald, 1907). Les bioessais réalisés dans cet axe, ont permis la détermination des paramètres toxicologiques (CL25; CL50; CL75; CL90; Limites fiduciale; Corrélation & Droites de régression). Donc l'objectif de cette partie est principalement en plus de l'évaluation de l'activité larvicide de ces plantes, est d'élaborer un bio-insecticide biodégradable plus sécurisé et économique. Cela dans le but de conserver et préserver les milieux naturels et leurs diversités, particulièrement les écosystèmes aquatiques.

MATERIES
&
METHODES

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation des zones d'étude

Notre étude a portée sur deux zones biogéographiques et bioclimatiques différentes, **le Parc National d'El-Kala (P.N.E.K)** situé à l'extrême Nord-est de l'Algérie (Wilaya d'El Tarf) et à 600 km de la capitale Alger, c'est une zone humide classée par Ramsar le 23/07/1983 (**Boubakeur, 2021; Naili, 2022**). La deuxième zone correspond à la Wilaya de Laghouat qui est une zone aride située au Sahara Septentrional (**DPSB, 2021**).

2.1.1. Parc National d'El-Kala (P.N.E.K)

2.1.1.1. Description et localisation

Le parc National d'El-Kala représente une région réunissant la majorité des conditions favorables à la réussite du cycle de développement de la majorité des Culicidae connues en Afrique méditerranéenne (**Amara korba et al., 2016**), c'est dans ce but que nous avons choisis cette région, pour établir une étude systématique et taxonomique, afin d'élaborer un inventaire des espèces de Culicidae de cette contrée. Ce parc est l'un des plus grands éco-complexe d'Algérie et de la Méditerranée occidentale. Il a été créé par décret en 1983 et depuis 1990, il est classé Réserve de la Biosphère dans le réseau des réserves du programme MAB (Man and Biosphère) de l'UNESCO. Ce Parc, est situé à l'extrême Nord-est du pays, appartient à l'Atlas Tellien du Nord Oriental (Elévation : 30 m; latitude 36.89° Nord; Longitude: 08.43°; une superficie de 292 km²), inclus administrativement dans la Wilaya d'El-Tarf. Naturellement, il est limité à l'Est par les frontières Algéro-tunisiennes, au Nord par le littoral Méditerranéen, à l'Ouest par le système dunaire de Righia et les plaines d'Annaba et enfin au Sud par les contreforts des monts de la Medjerda (**Bouzeriba, 2001; Slimani et al., 2013**). Ce complexe est caractérisé par la présence de cinq grands types d'habitats de haute valeur écologique : Habitats forestiers ; Zones humides d'importance internationale (Lac El-Mellah (Lagune d'eau salé), Lac Tonga (Eau saumâtre, 2400 ha) et Lac Oubeïra (Eau douce, 2200 ha) classés par Ramsar ; Habitat rupicole ; Habitat dunaire et Habitat littoral. Ce site renferme une grande diversifiée faunistique et floristique (**Messikh, 2016; Loucif et al., 2020**) (**Figure 1**).

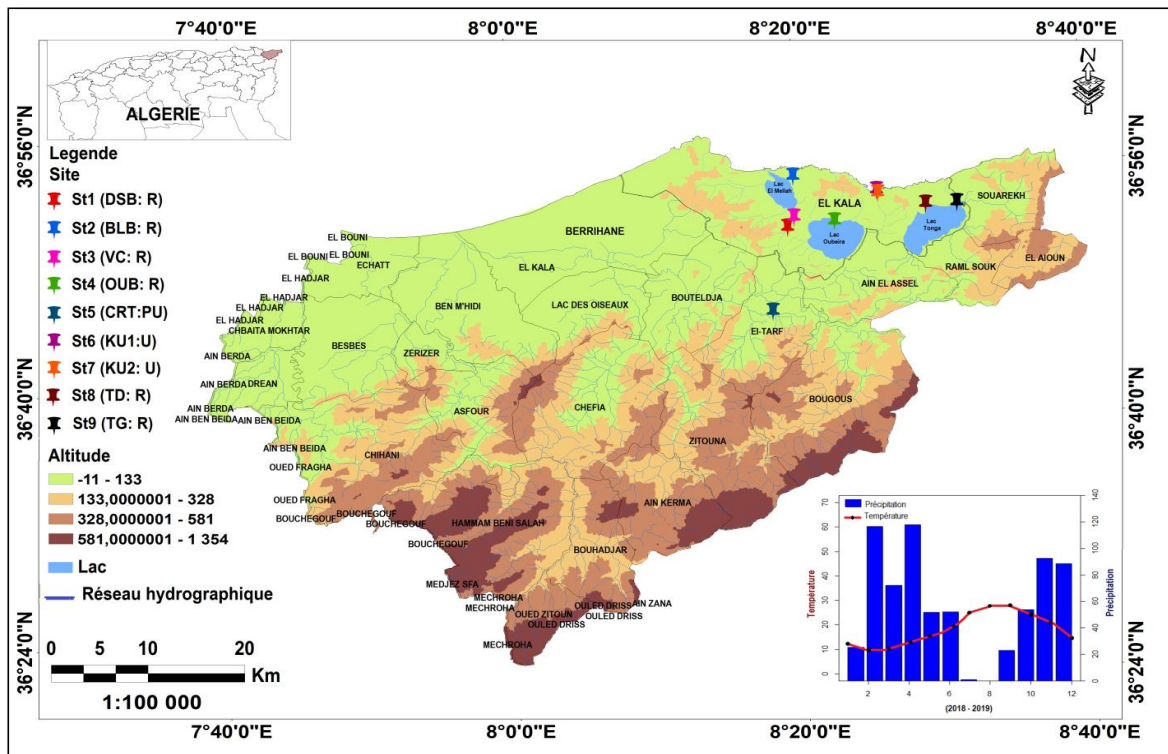


Fig. 1: Situation géographique du P.N.E.K avec le diagramme Ombrothermique et localisation des stations d'échantillonnage.(Conception Personnelle 2019)

2.1.1.2. Les caractéristiques du P.N.E.K

Relief: Le relief du Parc se compose d'une succession de dépressions, dont certaines sont occupées par des formations lacustres ou palustres, et de hautes collines aux formes variées : dômes, escarpements, alignements de crêtes généralement couverts par une végétation dense (Le long d'une coupe Nord-sud, le relief passe de 0 à 1 200 m d'altitude (**Hamouda & Tahar, 2012**)).

Hydrographie: Ce site englobe un important réseau hydrographique, constitué de plusieurs Lacs (El-Mellah ; Oubeira ; Tonga et lac Mexa), de Sources (Bouguez; Bourdim et Oum El Bhaim, situées au Sud-est de la région, totalisant un débit de 150 l/s soit 12.70 m³/j). Le reste des Sources (Environ 40) réparties à travers le territoire du Parc, possédant un débit variable de 0,5 l/s à 10 l/s (**Benyacoub et al., 1998**). Présence d'un barrage et d'Oueds dont les plus importants sont Oued El- Kebir, Oued El-Areug, Oued Bougous et Oued El-Aroug (**Zouini, 2007; Sarri, 2017**)).

La partie Sud-est est drainée par trois Oueds : Oued Bougous; Oued Mellila et Oued El Kebir; le dernier constitue le collecteur principal (apports de 245 Hm³/an). La partie orientale est caractérisée par plusieurs Oueds qui s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul, généralement à faible débit. La partie Ouest est également parcourue par de nombreux Oueds (Bouaroug, Mellah, Reguibet, Boumerchen, Dai El-Graa...), qu'ils se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira. (Messikh, 2016)

Climat : La Méditerranée au Nord influence l'atmosphère et la barrière montagneuse au Sud augmente l'irrégularité du climat régional du PNEK. Un fort contraste saisonnier, caractérisé par une saison douce et pluvieuse entre les mois d'Octobre et Avril et une saison chaude et sèche entre Juin et Septembre. Ainsique d'assez courtes périodes du printemps et automne ont été marqués souvent avec des changements brutaux du climat tels que des vagues de chaleurs dues aux siroccos, suivies par des orages violents (Boulahbal, 2012 ; Messikh, 2016 ; Sarri, 2017).

Température : constitue un élément majeur, conditionnant le climat d'une région. Elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003 in Naili, 2022). Elle dépend selon Seltzer, (1946), de la nébulosité ; de la latitude ; de l'exposition ; de la présence de l'eau ; du sol ; de la formation végétale en place (Faurie *et al.*, 1980). Du fait de sa position littorale et d'une façon générale, la température mensuelle moyenne de la région d'EL-kala est environ de 18.5°C, avec une moyenne minimale en Hiver de 10.8-11.4°C et une moyenne maximale estivale de 30°C (Figure 2). Elle n'atteint jamais 0°C en Hiver en raison d'une importante humidité relative de l'air qui agit en tampon. Il gèle rarement, en été, on enregistre des températures approchant les 40°C au cours des mois de Juillet et Août, parfois accentuées par les siroccos et les incendies.

Les températures moyennes enregistrées entre 1988 et 2018 pour la région du P.N.E.K sont représentées. D'après la figure 2, les mois les plus froids sont : Janvier et Février ou ils ont enregistré la moyenne de température la plus basse avec une valeur moyenne de 12,1°C et 12,25°C, alors que les températures les plus élevées sont marquées au mois d'Août et Juillet avec les moyennes 25,76 C° et 27 °C respectivement.

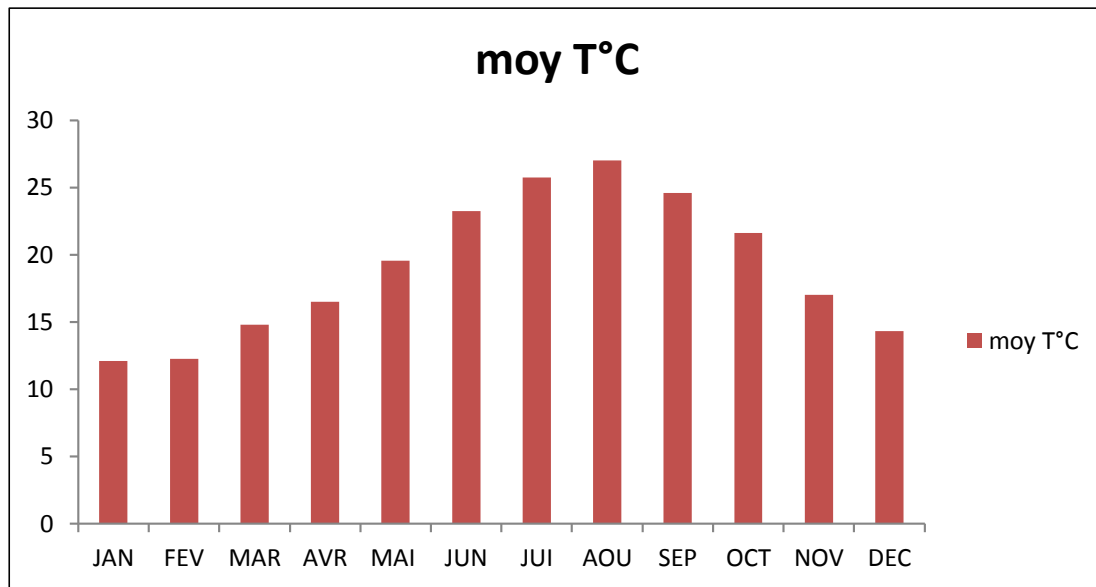


Fig. 2: Températures moyennes mensuelles du P.N.E.K, pendant la période 1988-2018; (Station météorologique).

Précipitations : constituent un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques, tels que les mares, les lacs temporaires et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement (**Ramade, 2003**). Cette pluviométrie permet l'humidification du sol sur lequel se forment des gîtes favorables à la population des Culicidae. Les pluies saisonnières ont une influence plus importante sur les invertébrés (**Kwok & Corlett, 2001**). La première pluie est un important facteur déclenchant l'émergence et le vol de certains insectes, ainsi que des éclosions ovocytaires (**Gillon & Gillon, 1973**). L'extrême Nord-est algérien, une des régions les plus pluvieuses de la frange littorale maghrébine, recevant en plaine entre 700 mm et 900 mm annuel (**Boukhroufa, 2017**). Deux phénomènes météorologiques conditionnent la pluviosité de la région : D'une part, les perturbations cycloniques d'origine atlantiques de l'Ouest et du Nord-ouest et d'autre part les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée Occidentale et finissant par arroser le littoral et la façade Nord de l'Atlas tellien, qui absorbent la part la plus importante de pluie. La partie orientale du Tell bénéficie, de plus, des pluies générées en méditerranée par les perturbations naissant dans le périmètre golfe de Gênes-Corse-Sardaigne (**De Bélair, 1990 ; Benyacoub, 1993 ; Messikh, 2016 ; Kahli, 2019**). Le régime des pluies est cependant très variable et les moyennes mensuelles, peuvent osciller fortement. La pluie donc présente un régime typiquement

méditerranéen, avec une saison humide de Novembre à Avril, où le bilan hydrique est positif et une saison sèche de mai à octobre où le même bilan est négatif (**Figure 3**).

Les précipitations mensuelles enregistrées au niveau du parc national d’El-Kala durant la période :1988-2018, sont représentées dans le **tableau 1**.

Tableau 1: Précipitations moyennes mensuelles du P.N.E.K, pour la période 1988-2018; (Station météorologique du Lac des Oiseaux).

Mois	Jan.	Fe.	Ma	Avr	Mai	Jun.	Jui.	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	An.
P. (mm)	79,2	78,1	70	69.5	48.4	14.3	1.9	12.2	40.2	66.9	106.6	100	723

D’après le **tableau 1** on remarque que la pluie présente un régime typiquement méditerranéen, avec une saison humide de Septembre à Avril où le bilan hydrique est positif, et une saison sèche de Mai à Août où le même bilan est négatif. Ainsi, les précipitations moyennes maximales sont enregistrées durant le mois de Novembre avec 106,6 mm et la moyenne minimales au cours de Juillet avec 1,90 mm. Le total annuel des précipitations est égal à 723 mm.

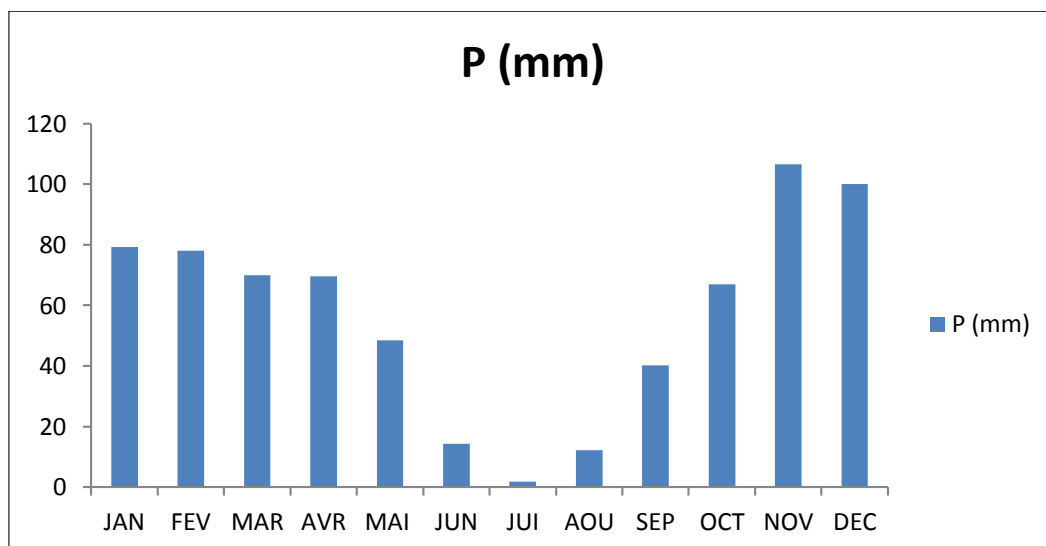


Fig. 3 : Moyennes mensuelles des précipitations du P.N.E.K, durant la période : 1988-2018.

Humidité : L’humidité relative de l’air indique que l’état de l’atmosphère est plus ou moins proche de la condensation. La valeur de l’humidité relative correspond la sensation d’humidité ou de sécheresse de l’air (**Seltzer, 1946**). Elle contribue principalement à la longévité du vecteur, plus l’humidité relative est élevée, plus les chances de survie du vecteur à l’âge épidémiologiquement dangereux sont grandes (**Coulibaly, 2007**).

D'après la situation littorale, ainsi que la présence d'une très vaste gamme de zones humides naturelles (Lacs & Forêts Humides) et artificielles (Barrages & Réservoirs) avec un ensoleillement intense, la région du (P.N.E.K) est positionnée l'une des régions les plus humides d'Afrique du Nord. La valeur de l'humidité relative de l'air varie entre 60% et plus de 80% au cours de l'année (**Figure 4**), les valeurs les plus fortes sont atteintes au lever et au coucher du soleil, et particulièrement ressentie en Hiver et au Printemps (**Messikh, 2016 ; kahli, 2019**). L'humidité mensuelle durant la période (1988-2018), a été enregistrée dans le **tableau 2**, selon lequel l'humidité moyenne annuelle est de 76,3 %, les valeurs mensuelles les plus élevées ont été relevées pendant les trois mois d'Hiver (Décembre, Janvier & Février) avec les valeurs respectives : 80,4 % et 79,8 % 79.6%.

Tableau 2: Humidité mensuelle (%) pendant la période 1988-2018 de la région du P.N.E.K. (Station Météorologique du lac des Oiseaux).

Mois	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
HR (%)	79.8	79.6	77.4	77.2	76.2	71.9	73.2	73.1	75.3	76.3	75.6	80.4	76.3

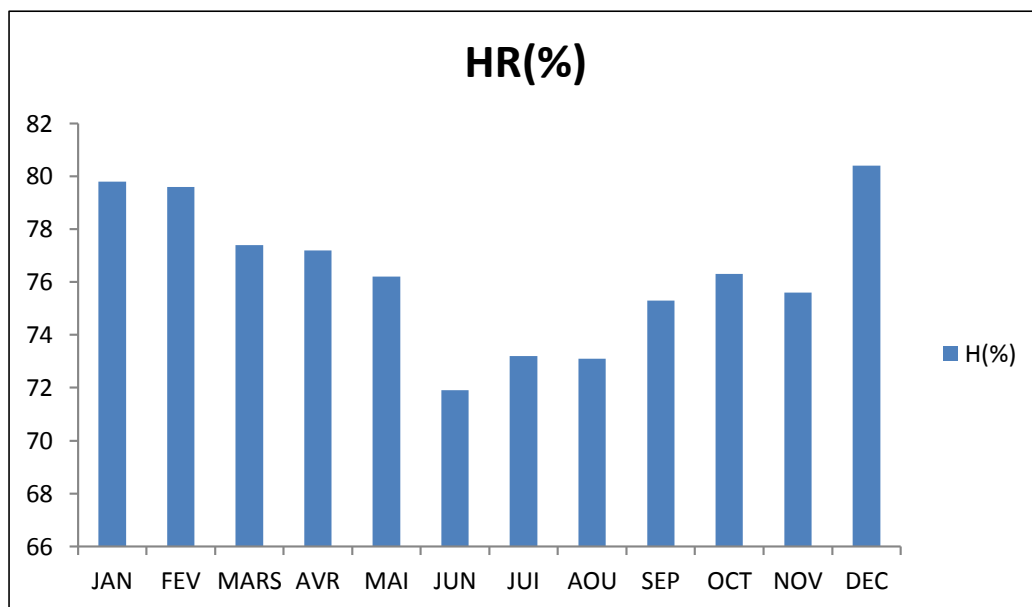


Fig. 4: Humidité moyenne mensuelle du P.N.E.K (Période 1988-2018).

Les Vents : Présentent des vitesses trop élevées, empêchant les adultes de moustiques de ce gorgé (**Le Berre, 1966**) et peuvent diminuer le rendement des captures (**Kettle & Lynley, 1967**). Par ailleurs, se laissant littéralement portées par le vent les femelles se déplacent beaucoup, parfois jusqu'à une centaine de kilomètres de leur lieu de naissance (**Kettle & Lynley,**

1967). Les vents au niveau du P.N.E.K. sont généralement faibles ou modérés, ceci explique la présence d'une barrière naturelle constituée par les chaînes de montagnes littorales intérieures qui limitent la force du vent dominant Nord-est. Le vent Nord-est, est assez fréquent mais de faible force pendant la saison chaude, ce qui assèche l'atmosphère et favorise avec les températures élevées les incendies de forêt. Le vent du Nord-ouest souffle avec régularité pendant la saison froide (Djami, 2020). Les vents dominants hivernaux Nord-ouest, sont également porteurs d'humidité issus des grandes dépressions atlantiques et sont donc générateurs de fortes précipitations (De Bélair, 1995 ; Boukhroufa, 2017), avec une valeur moyenne de 20,69 km/h. Les résultats du **tableau 3** montrent une vitesse maximale, avec une valeur de 31,35 km/h a été enregistrée au cours du mois de Janvier. Alors que, la valeur minimale a été enregistrée au mois de Juillet

Tableau 3: La variation de la vitesse du vent (km/h) pour l'année 1988-2018. Source: <https://dz.freemeteo.com>.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Vent (km/h)	31.35	24.62	27.51	26.5	26.21	20.69	28.11	21.80	23.5	23.76	26.76	25.76

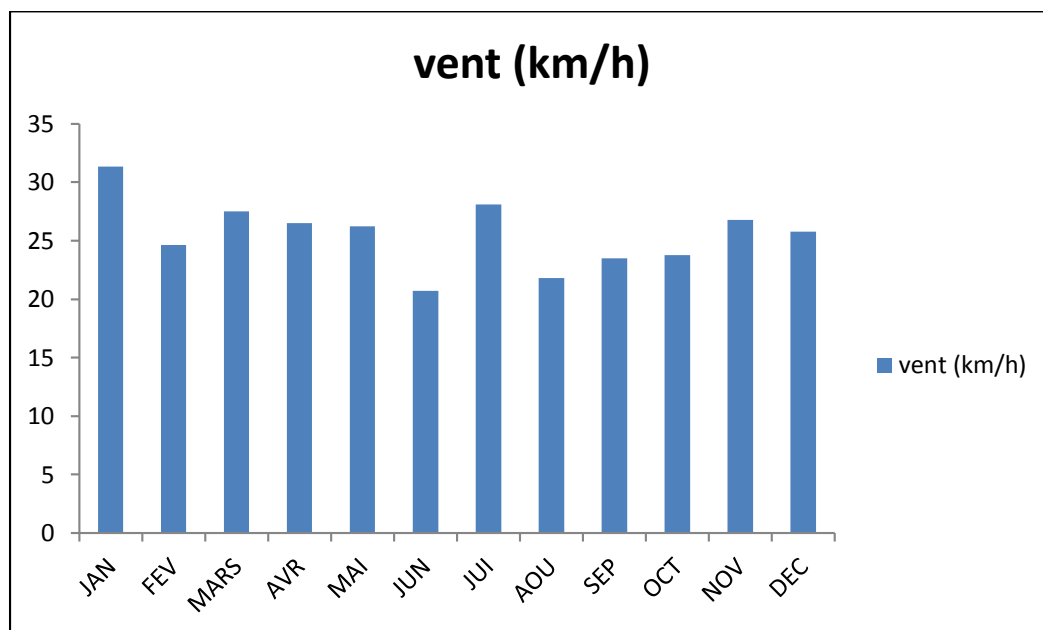


Fig. 5: Variation de la vitesse du vent (km/h) du P.N.E.K pour l'année 1988-2018.

Diagramme Ombrothermique de Gausсен et Bagnauls : Le diagramme Ombrothermique de Gausсен et Bagnauls permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles (**Dajoz, 2003**).

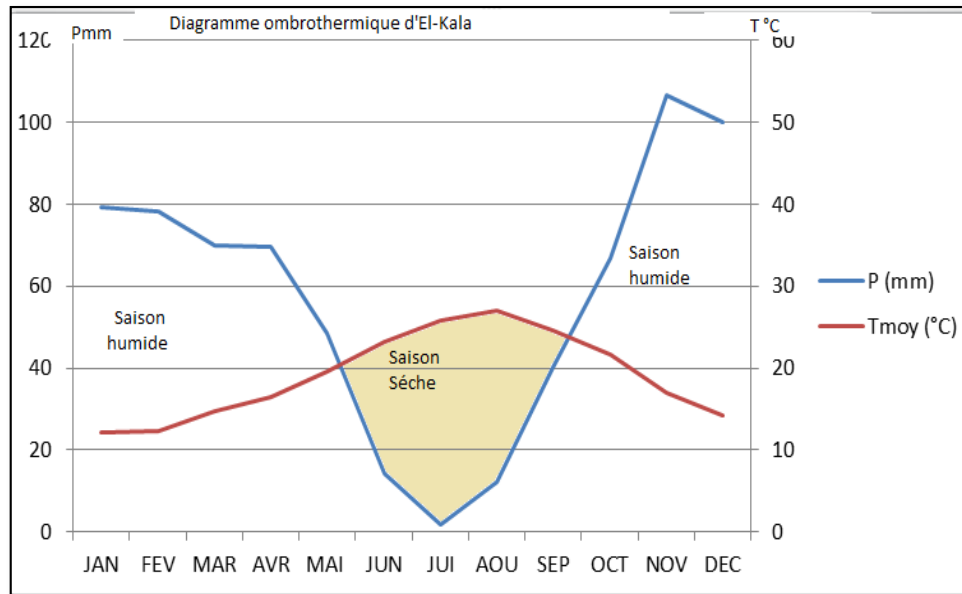


Fig. 6: Diagramme pluviométrique de GAUSSEN de la région d'El-Kala durant 20 ans (1988-2018).

Les résultats obtenus du diagramme pluviométrique de Gausсен (**Figure 6**), nous ont permis de visualiser deux saisons distinctes au niveau du P.N.E.K, une saison sèche de Mai jusqu'à Septembre, où les précipitations sont déficitaires par rapport à l'évaporation et une saison humide et pluvieuse qui s'étend de Septembre jusqu'à Mai.

Climagramme d'Emberger : Le quotient pluviométrique est d'autant plus élevé que le climat est plus humide (**Dajoz, 2003**). Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q2), est un indice climatique qui traduit la vérité du climat méditerranéen suivant un gradient du Nord au Sud (**Emberger, 1955**). Il tient compte des précipitations et des températures. Il permet de délimiter les étages bioclimatiques et de situer une station dans l'un des étages d'Emberger. Grâce au quotient pluviométrique, qui est une expression synthétique utilisable du climat méditerranéen. Il est calculé par l'utilisation de la moyenne de la température minimale, du mois le plus froid (m), la moyenne de la température maximale du mois le plus chaud (M) et de la pluviométrie annuelle (P) (**Djamai, 2020**). Le quotient pluviométrique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante (**Stewart, 1969**) :

$$Q_2 = 3,43 \left(\frac{P}{(M-m)} \right)$$

Q2: Quotient pluviométrique d’Emberger.

P: Exprime les précipitations moyennes annuelles (mm).

M: La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, exprimée en °C.

m: La moyenne des températures minimales du mois le plus froid, exprimée en °C.

Les résultats du calcul de ce quotient en fonction des valeurs thermiques et pluviométrique de la station sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Valeurs du quotient pluviométrique d’Emberger de la région d’El-Kala (période 1988-2018) (Station météorologique Lac des Oiseaux).

P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique
723	32.50	7.20	98.80	Subhumide à Hiver doux

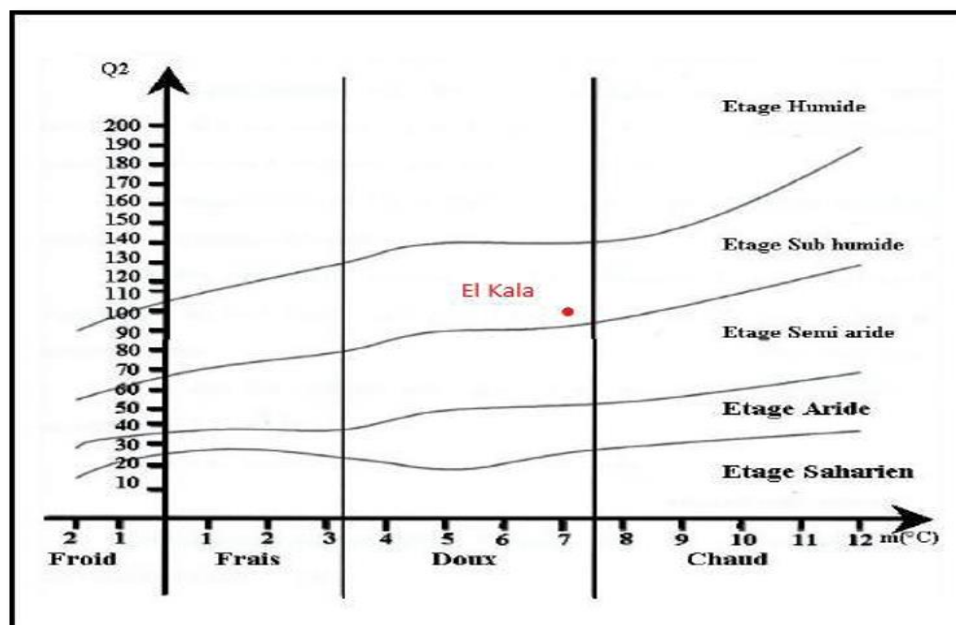


Fig. 7: Etage bioclimatique de la région d’El-Kala selon le climagramme d’Emberger (Période 1988-2018); (Station météorologique Lac des Oiseaux).

Selon les données climatiques recueillies et les résultats des calculs effectués (**Figure 7**), il apparaît que la station d'étude se situe dans l'étage bioclimatique Subhumide à Hiver doux.

faune: La région du PNEK est caractérisée par une importante richesse faunistique. La mosaïque de ses écosystèmes, présente une particularité d'une richesse ornithologique, qui caractérise principalement les sites humides et forestiers :

Avifaune : Parmi les 191 espèces dénombrées (réparties sur 20 milieux), 55 sont hivernantes et 136 nicheuses (**Benyacoub, 1997**). Ainsique 21 rapaces et 69 espèces qui font l'objet d'une protection légale. En effet, outre les rapaces de nombreux oiseaux d'eau et passereaux bénéficient actuellement d'une protection par décret (**Boukhatem, 2018**). De nombreuses espèces, considérées comme rares dans le bassin méditerranéen, sont quasiment confinées dans la région où elles forment des populations nicheuses relativement importantes. C'est le cas de l'Erismaure à tête blanche, du *Fuligule nyroca*, de la *Taleve sultane* (**Gherib, 2018**) dont le lac Tonga constitue la zone de nidification privilégiée. Parmi ces 69 espèces protégées, on dénombre 34 espèces abondantes à communes et seulement six espèces rares (**Rizi, 1994; Aissaoui et al., 2011**). Notons la pauvreté du PNEK en espèce d'oiseaux marins nicheurs ou hivernants. Sept espèces, dont une espèce nicheuse rare, le *Goéland d'Audouin* (*Larus audouinii* Payraudeau 1826), (**Lazli, 2011; Sarri et al., 2014**).

Herpétofaune : Les reptiles sont représentés par 17 espèces recensées parmi lesquelles 6 sont peu abondantes et 2 rares. Sept espèces d'Amphibiens ont été également identifiées (**Rouag, 1999**). Seules trois espèces bénéficient actuellement d'une protection légale. Il s'agit de *Testudo graeca*, *Emys orbicularis* et *Mauremys leprosa*, toutes trois des Chéloniens. Nous pouvons citer dans le Parc *Hemidactylus turcicus* qui est une espèce rare de lézard, inféodée aux zones rocheuses littorales; *Salamandra algira*, amphibien urodèle rare, inféodée aux zones montagneuses; *Podarcis hispanica vaucheri* ; *Chalcides chalcides* espèces rares de Lacertidés inféodés aux zones d'altitude fraîches et enfin, la tortue marine *Caretta caretta* (**Messikh, 2016**).

Ichtyofaune : L'ichtyofaune du Parc National est caractérisée par la présence de deux espèces endémiques chez les poissons d'eau douce : *Barbus callensis* et *Pseudophoxinellus callensis* et d'autres moins, cinq espèces marines, rares en Méditerranée : *Epinephelus alexandrinus*, *Epinephelus guaza*, *Diplodus cervinus*, *Thalassoma pavo*, *Muraena helena*. En milieu marin *Epinephelus alexandrinus* et *Epinephelus guaza* constituent un patrimoine faunistique important (**Messikh, 2016**).

Invertébrés: En ce qui concerne les invertébrés, le Parc abrite environ 40 espèces d'odonates (**Boulahbal, 1999**), 68 espèces de Syrphidés (**Djelab, 1993**), 60 espèces de Carabidés (**Ouchtati, 1993**) et au moins 31 espèces de Lépidoptères diurnes (**Benyacoub, 1998**) et 44 espèces de Lépidoptères nocturnes (**Bouzeriba, 2001**), concernant les coléoptères aquatiques selon l'étude de **Mahmoudi et al., (2022)**, le lac Tongua renferme tous seul 24 espèces appartenant à sept familles à savoir : les Hydrophilidae; les Noteridae; Les Dytiscidae; les Haliplidae; les Helophoridae; les Hygrobiidae; les Gyrinidae.

Mammifères : Regroupé dans la classe des Mammalia L.1758 sont représenté au moins par 37 espèces dont 09 Chiroptères (**Fekroune, 1998**) et une espèce marine, le **Phoque moine ou Monachus schauinslandi Mtschie, 1905** dont la présence reste incertaine. Si certaines espèces sont particulièrement abondantes sont : Sanglier - Chacal - Mangouste - Hérisson - Chat forestier..., d'autres en revanche, sont représentées par de faibles effectifs, parfois à la limite de l'extinction locale (Cerf de Barbarie - Caracal- Hyène...), (**Messikh, 2016 ; Gherib, 2018**).

Flore : Selon **De Belair (1990)**, le patrimoine végétal du parc National d'El-Kala est constitué de plus de 850 espèces qui comptent 65 algues, 110 champignons, 50 lichens, 40 mousses, 25 fougères et 545 spermaphytes. Le PNEK est à vocation forestière, plus de 80 % de sa superficie est constituée de forêts, dont la grande majorité est formée de Chêne liège accompagné essentiellement des espèces suivantes (*Erica arborea, Pistacia lentiscus, Phillyrea angustifolia, Cytisus triflorus, Callycotome villosa*), qui constitue des peuplements purs et parfois mixtes avec le Chêne zeen (**Toubal, 1986**).

2.1.1.3. Présentation des sites d'étude

Les espèces vectrices potentielles de maladies transmissibles à l'Homme et aux Animaux d'élevage, nous ont incités à établir un inventaire des espèces de Culicidae (Moustiques) de la région d'El-Kala et à déterminer leurs taxonomies. Notre étude a concerné cinq sites, de différentes natures. Trois sites ruraux (El- Mellah, Oubeira & Tonga); un site péri-urbain (Les Crêtes) et un site urbain (La ville d'El-Kala). Après de multiples prospections du site, neuf stations ont été retenues, selon leurs accessibilités et leurs potentialités favorables au développement des moustiques (**Figure 1**). L'échantillonnage larvaire a été effectué mensuellement pendant une année, de Décembre 2018 à Novembre 2019.

Sites ruraux

Lac El-Mellah : C'est un complexe lacustre Situé à 36° 53' N et 08° 20' E. Le site est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les forêts des deux lacs et d'Ain Khiair, à l'Est par la

Forêt de Boumalek et l'agglomération du pont du village Melha et à l'Ouest par les plaines de Bouthelja et de Ben M'hidi. le lac est situé à une distance de 10Km à l'Est de Cap-Rosa (**Amara-Korba et al ., 2016**). Il est classé dans le site Ramsar en 2004 (**khaznadar et al., 2009**). Ce lac est une ancienne vallée fluviale qui s'est transformée en lagune après avoir été envahie par l'eau marine. C'est l'unique lagune en Algérie, classé cinquième, par rapport aux 14 lagunes Nord-africaines (**Baba Ahmed, 2008; kherifi & kherici, 2012; Amara-korba, 2015**). Son fonctionnement dépend des flux hydriques continentaux, les intrusions d'eau marines au gré du rythme des marées et l'apport local de précipitations (**Retima, 1999**). Au Nord du lac apparaisse un cordon dunaire qui est creusé par un chenal de 900m de long qui le relie à la mer et permet ainsi des échanges entre les deux milieux. Ces échanges confèrent au lac un taux de salinité proche de celui de la mer (29 – 35 %) (**Lakhdara, 2009**). Trois stations ont été désignées pour la récolte des larves de Culicidae. Le choix a été effectué en fonction de la présence des larves ; de l'accessibilité ; de la pérennité de l'eau et le non traitement par les insecticides. Station1 (Mare derrière la station biologique (36°51'19.80''N, 8°19'58.20''E); Station 2 comporte 3 mares (Aproximité du lac bleu; berges du lac Bleu & Douar Boumalek); (36°54'34.20''N, 8°20'17.82''E); Station3 (marais du village situé à proximité de la route de la Vielle cale (36°51'59.16''N, 8°20'24.90''E) (**Figure 8**).



Fig. 8: Présentation des trois stations (A; B & C) au niveau du Lac El-Mellah.

Lac Oubeira : Situé à 3 Km à l'Ouest de la ville d'El-Kala ($36^{\circ} 51' 45,48''$ N et $08^{\circ} 23' 13,95''$ E). Ce lac est une nappe d'eau douce de 2 200 ha et se trouve à près de 25 m d'altitude (Joleaud, 1936 ; Bendjama, 2014), classé par Ramsar en même temps avec le lac Tonga en 1983 (Khaznadar *et al.*, 2009). C'est le plus profond lac d'eau douce du PNEK, mais sa profondeur ne dépasse pas 2m et il s'inscrit dans un quadrilatère de 5 x 4 km, développant environ 19 km de rives. Son bassin versant a une surface de 125 Km² dont 40 Km² en terrain plat et 85 Km² en collines. Fonctionnant de manière endoréique d'eau douce permanente, alimenté par une dizaine d'Oueds (Demnet El-Rihan; Boumerchen; Dey Elgraâ & Oued Messida). En Hiver, à l'occasion des fortes précipitations, les eaux de l'Oued El-Kebir parviennent au lac principalement par Oued Messida qui prend naissance au Sud. En Eté, quand le niveau de l'Oued El-Kebir est au plus bas, le système hydrologique fonctionne en sens inverse, la Messida ayant la particularité de couler dans les deux sens (Ammouchi *et al.*, 1999;

Messikh, 2016). Le lac est représenté le seul grand site du complexe écologique humide du P.N.E.K avec une organisation spatiale typique en ceinture de végétation (Hélophytes) entourant près de 50% du périmètre du lac et une grande superficie colonisée par des herbiers flottants d'Hydrophytes (**Benyacoub, 1998**). Ce site est représenté par une seule station (Station 4: 36°51'45.48''N, 8°23'13.95''E) du côté Nord-ouest du lac, qui renferme deux gîtes qui sont peuplé par les larves des moustiques (Station d'Épuration abandonnée & Mare proximité du Lac) (**Figure 9**).



Fig. 9: Représentation des deux gîtes proximité du Lac Obeira (Site rural);

A : Station d'épuration abandonnée.

B : Mare à proximité du Lac Oubéira.

Lac Tonga : Le lac Tonga est un marais d'eau douce d'une superficie de 2 600 ha, situé à l'extrême Nord-est de l'Algérie (latitude 36° 53' N, longitude 08° 31' E). Il est classé réserve intégrale au sein du Parc National d'El Kala et site Ramsar et site MAB (Man and Biosphere, UNESCO) d'importance internationale depuis 1983 (**Kadi et al., 2007 in Amara-korba 2016**). Il est limité au Nord-ouest par Djebel Agroub Errechad, à l'Est et au Sud par les montagnes de Kroumirie qui épousent la frontière algéro-tunisienne avec Kef Segleb qui culmine à 327 m et à l'Ouest, par le bassin versant du lac Oubeira dont les collines oscillent entre 50 et 70 m d'altitude (**Boumezbeur, 1993**). Le lac Tonga est relié à la mer par le chenal de la Messida. Son bassin versant s'étend sur 155 Km². En effet, nous distinguons deux sous bassins versants, celui d'Oued El-Hout au Sud et celui d'Oued El-Eurg au Nord (**Benyacoub et al., 1998**). A l'Est, au Sud et l'Ouest, le lac est bordé par les derniers contreforts de la Kroumirie couverte de forêts plus au moins dégradées de chêne liège. Du côté Nord, ce sont des dunes maritimes fixées pour

l'essentiel par un maquis dense de Chêne Kermès qui les séparent de la Méditerranée (**Kadid, 1989**). Son altitude moyenne est 2,20 mètres ; sa profondeur moyenne varie de 1 à 1,5 m (**Belabed, 2010**). Il se caractérise par une importante couverture végétale en mosaïque. C'est un site d'hivernage pour plus de 25 000 anatidés et foulques, c'est également un site de nidification, important pour plusieurs espèces, dont certaines sont très rares ou en recul dans leurs habitats (**Boumezbeur, 1993; Rizi, 1994; Aissaoui et al., 2011; Zitouni, 2014; Mahmoudi, 2022**). Deux stations ont été choisies dans ce site. La première a été choisie au niveau de la berge du lac (des mares étouffées de végétation : 36°52'54.10''N, 8°29'34.00''E) à proximité de la route Nationale 44. La deuxième station a été choisie au niveau de l'Auberge Tonga (Canal Messida et canal d'assainissement @36°53'0.70''N, °31'43.50''E) (**Figure 10**).



Fig. 10: Présentation des 2 stations (A; B) au niveau du Lac Tonga (Site rural).

Site Urbain

El-Kala ville : La ville d'El-Kala est l'une des principales neuf communes du P.N.E.K, située à l'extrême Nord-est du littoral Algérien 36°88' et 8°44' et au Nord-est de la Wilaya d'El-Tarf et à 86 kilomètres de la ville d'Annaba. S'étalant sur une frange littorale de 56.7Km et 292Km² de superficie (**Amara-korba, 2016**). Deux stations ont été choisies, la station 6 KU1, situé au Centre-ville d'El-Kala. C'est un gîte ouvert, représenté par une accumulation des eaux usées fiant le réseau d'assainissement de la ville (36°53'44.52''N, 8°26'08.46''E) et station 7, KU2 située en plein Centre-ville, présentée par une cave de bâtiment, remplie d'eau usée riche en déchets ménagers, inondée toute l'année, caractérisée par une faible luminosité: 36°53'33.48''N, 8°26'13.80''E) (**Figure 11**).



Fig. 11: Site Urbain d'El Kala (Photos personnelles).

A: Station 6 (KU1 situé au Centre-ville). **B:** Station 7 (KU2 Situé en plein Centre-ville).

Péri-Urbain (les crêtes): C'est un site péri-urbain, de la ville d'El-Kala, à ciel ouvert situé à la périphérie de la ville, constitué de fuite d'eaux qui parviennent d'un bâtiment adjacent et qui représente la station 5 (CRT 36,88'91, 8''N8°44'76.1''E) (Figure 12).



Fig. 12: Présentation du site Péri-Urbain les Crêtes (Station 5).

2.1.2. Wilaya de Laghouat

2.1.2.1. Description et localisation

La Wilaya de Laghouat, située au Nord du Sahara, au pied de l'Atlas Saharien, est la capitale de région steppique. Elle est Limitée au Nord par la Wilaya de Tiaret, à l'Est par la Wilaya de Djelfa, à l'Ouest par la Wilaya d'El Bayadh, et vers le Sud par la Wilaya de Ghardaïa. Elle est située à la limite septentrionale du Sahara ($33^{\circ} 46' N$, $2^{\circ}56'E$) à une altitude de 752 m, est éloignée de la capitale Alger de 400km. Elle couvre une superficie totale de 25 052 km². De par sa position géographique et ses caractéristiques climatiques, elle fait partie du groupe des neufs Wilayat pastorales du pays (Laghouat, Djelfa, Tiaret, El Bayadh, M'sila, Naâma, Biskra, Tébessa et Saïda), ainsi que des Wilayat du Sud (Chetteha, 2014; D.P.S.B, 2021) (Figure 13).

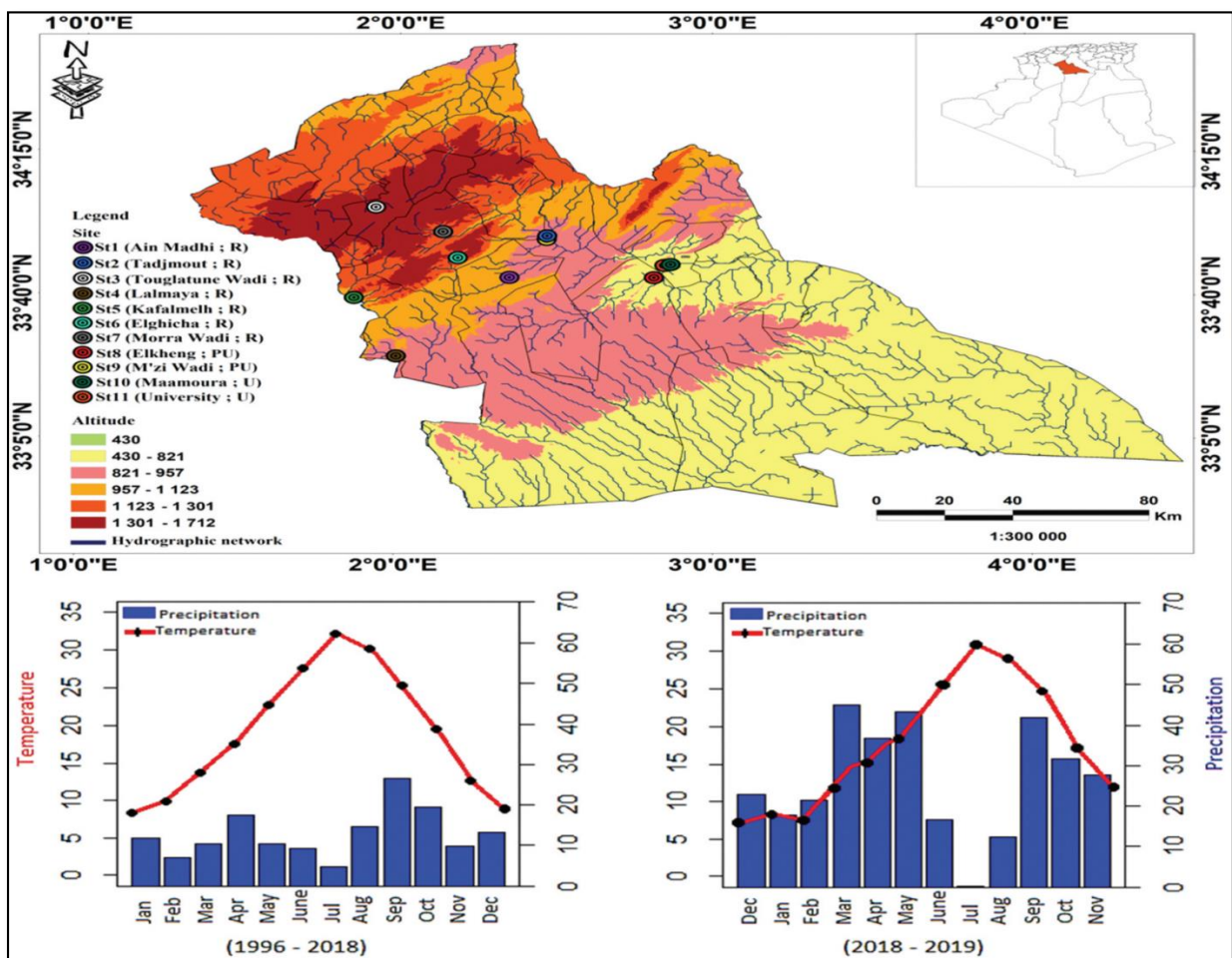


Fig. 13: Position géographique de la région de Laghouat avec diagramme Ombrothermique et localisation des stations d'échantillonnage(Conception personnelle 2019).

2.1.2.2. Caractéristiques

Relief: Sur le plan naturel, elle est composée de deux zones différentes : La zone de l'Atlas Saharien: elle se caractérise par des altitudes allant de 1 000 à 1 700 m avec des pentes de 12,5 à 25 %. Cette zone est située au Nord-ouest de la Wilaya (Régions d'Aflou & Brida). Elle est constituée de vieux massifs forestiers d'une superficie de : 92 739 ha, de nappes alfatières couvrant une superficie de 315 125 ha ainsi que de pacages et parcours d'une superficie de 1 828 235 ha (Andi, 2013) (Figure 14).



Fig. 14: Zone de l'Atlas Saharien.

La zone des Hauts Plateaux et des Plateaux Sahariens: Se caractérise par des altitudes allant de 700 à 1 000 m et des pentes de 0 à 3 %. Cette zone est constituée de vastes étendues steppiques d'une superficie de 1 900 000 ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées (Andi, 2013; D.P.S.B, 2021) (Figure 15).



Fig. 15: Zone des Hauts Plateaux Saharien.

Hydrologie : La Wilaya de Laghouat est drainée par un réseau hydrographique assez dense qui mène les eaux de pluies généralement hors de la wilaya excepté le bassin fermé de l’oued Messaad (**B.N.E.D.E.R., 2006**). Dans notre zone d’étude on distingue :

Les eaux de surfaces : Le réseau hydrographique est caractérisé par une série d’Oueds dont les plus importants sont : Oued Touil et Oued Sebgag et ses affluents, la nappe alluviale est exploitée par de nombreux puits dont la profondeur est inférieure à 30 m.

Les eaux souterraines : Dans cette zone, le crétacé inférieur est exploité par des forages dont la profondeur varie entre 80 et 200 m (**Mimouni, 2014**).

Climat : Le climat joue un rôle essentiel dans la distribution de la vie des êtres vivants. Il dépend de nombreux facteurs : température, précipitation, humidité, évaporation, vent, lumière, pression atmosphérique, reliefs et nature du sol, voisinage ou éloignement de la mer (**Faurie et al., 2003**). Le climat de la région de Laghouat est de type continental au Nord-ouest avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches. Alors que dans la région des Hauts Plateaux, le climat est de type Saharien et aride avec une pluviométrie qui varie entre 150 mm au Centre et 50 mm au Sud. Les Hivers sont caractérisés, par des gelées blanches et les Etés par une forte chaleur, accompagnée de vents de sable (**D.P.S.B, 2021**) cela comme suit :

Température : La température moyenne annuelle de la région de Laghouat (1996-2021) est de 19,11 °C avec une valeur maximale de 32,13 °C en mois de Juillet et une valeur minimale de 8,28 °C en mois de Décembre (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Température moyenne mensuelle de la région de Laghouat (1996-2021). (O.N.M, 2022).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T.Max (°C)	14,57	16	20,47	24,55	29,40	35,10	39,26	38,40	31,28	26,45	18,60	14,94	25,75
T.Min (°C)	2,50	3,47	6,85	10,57	15,39	31,99	24,03	22,96	18,95	13,92	6,70	3,03	12,36
T.Moy (°C)	8,28	9,97	13,64	17,63	22,76	27,80	32,13	30,42	25,58	19,54	12,60	8,98	19,11

Précipitations : Les changements dans les régimes de précipitations favorisent l'expansion de plusieurs vecteurs. Ceux-ci peuvent influencer l'abondance, l'activité, le comportement et la compétence vectorielle de plusieurs arthropodes vecteurs de parasites ou d'arbovirus, entraînant des maladies importantes (**Bouattour, 2009**). Les précipitations moyennes annuelles de la région de Laghouat durant 25ans (1996-2021) sont faibles et irrégulières avec un cumul annuel de 148,72 mm, où le mois le plus arrosé est Septembre avec une pluviométrie de 25,54 mm et le mois le moins arrosé est Juillet avec une pluviométrie de 5,35 mm (**Tableau 6**).

Tableau 6: Précipitations mensuelles moyennes de Laghouat (1996-2021). (**O.N.M, 2022**).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
P(mm)	10,52	6,50	10,03	18,14	10,48	9,34	5,35	13,73	25,54	17,53	9,74	11,85	148,72

Humidité : L'humidité est un élément clé qui détermine l'activité et le développement des arthropodes vecteurs (**Bouattour, 2009**). L'humidité moyenne annuelle de la région de Laghouat durant 25 ans (1996-2021) est faible (45 %) avec d'énormes fluctuations passant de 25% à 64 %. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées durant l'Automne et l'Hivers, correspondant aux mois de Décembre ; Janvier; Février & Novembre avec une valeur maximale de 64 % en mois de Décembre. La sécheresse de l'aire s'établit en Eté; en particulier au cours des mois de Juillet et Août avec une valeur minimale de 25 % en mois de Juillet (**Tableau 7**).

Tableau 7: Humidité moyenne mensuelle de Laghouat (1996-2021). (**O.N.M, 2022**).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
H (%)	59	53	46	42	36	31	25	30	43	53	59	64	45

Vent : La région de Laghouat se trouvant dans l'étage bioclimatique semi-aride à aride, est caractérisé par les vents d'Eté (Sirocco). Le Sirocco est un vent du Sud-est d'origines, Sahariennes chaudes et sec résultant des dépressions qui se forment sur la Méditerranée. Les fréquences et les directions des vents varient en fonction des saisons. En Hiver, sous l'effet des hautes pressions atmosphériques, on a la prédominance des vents pluvieux du Nord-ouest. Ces derniers sont parfois accompagnés de ceux du Nord secs et froids. En période estivale, les vents d'origine Sud-ouest et Sud-est, se caractérisent par le siroco qui se manifeste par l'érosion

éolienne provoquant une évaporation intense. La vitesse moyenne annuelle de vent de la région de Laghouat (1996-2021) est de 3,29 m/s avec une valeur maximale de 4,22 m/s en mois d'Avril (plus violent : vent de sable) et une valeur minimale de 2,34 m/s en mois d'Octobre (**Tableau 8**).

Tableau 8 : Vitesse moyenne mensuelle du vent de Laghouat (1996-2021). (O.N.M, 2022).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Vent (m/s)	2,92	3,61	3,61	4,14	3,74	3,56	4,22	2,95	2,91	2,34	2,76	2,68	3,29

Synthèse climatique : Selon l'indice xérothermique de **Bagnouls & Gausсен, 1953** qui complète les diagrammes ombrothermiques, un mois est considéré comme "sec", si la pluviosité P mm est égale ou inférieure au double de la température T °C ($P \leq 2T$) (**Pouget, 1980**). La région de Laghouat est caractérisée par une période sèche, durant toute l'année (**Figure 16**).

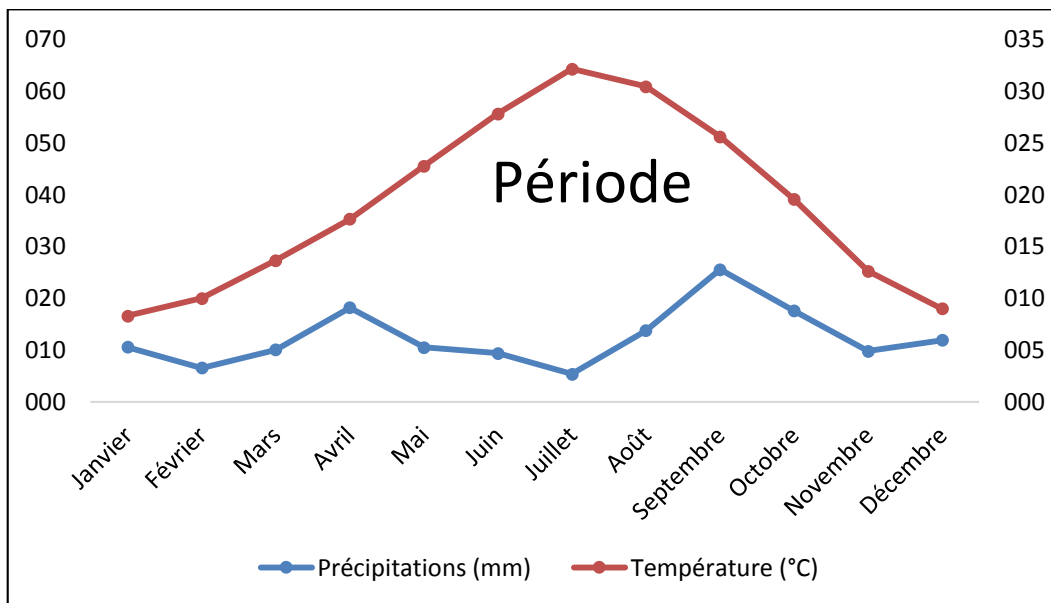


Fig. 16: Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gausсен de la région de Laghouat (1996-2021).

Climagramme d'Emberger : Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens (**Dajoz, 2003**). Nous avons calculé le quotient pluviothermique pour la région de Laghouat, Q2 avec les données climatiques calculées sur une période de 25 ans Q2 (1996-2021).

$$Q2 = 3.43 \times P / M - m$$

Q2: Quotient pluviothermique d'Emberger

P: Moyenne des précipitations annuelles (mm) = 148,72 mm **M:** Moyenne

La valeur maximale du mois le plus chaud est de 39,34°C. La moyenne des minimums du mois le plus froid est de 2,38 °C). D'après la **Figure 17** et le calcul du Q2 (1996/2021)= 13.80, la région de Laghouat se situe sous un étage bioclimatique de type aride (Saharien) à Hiver frais.

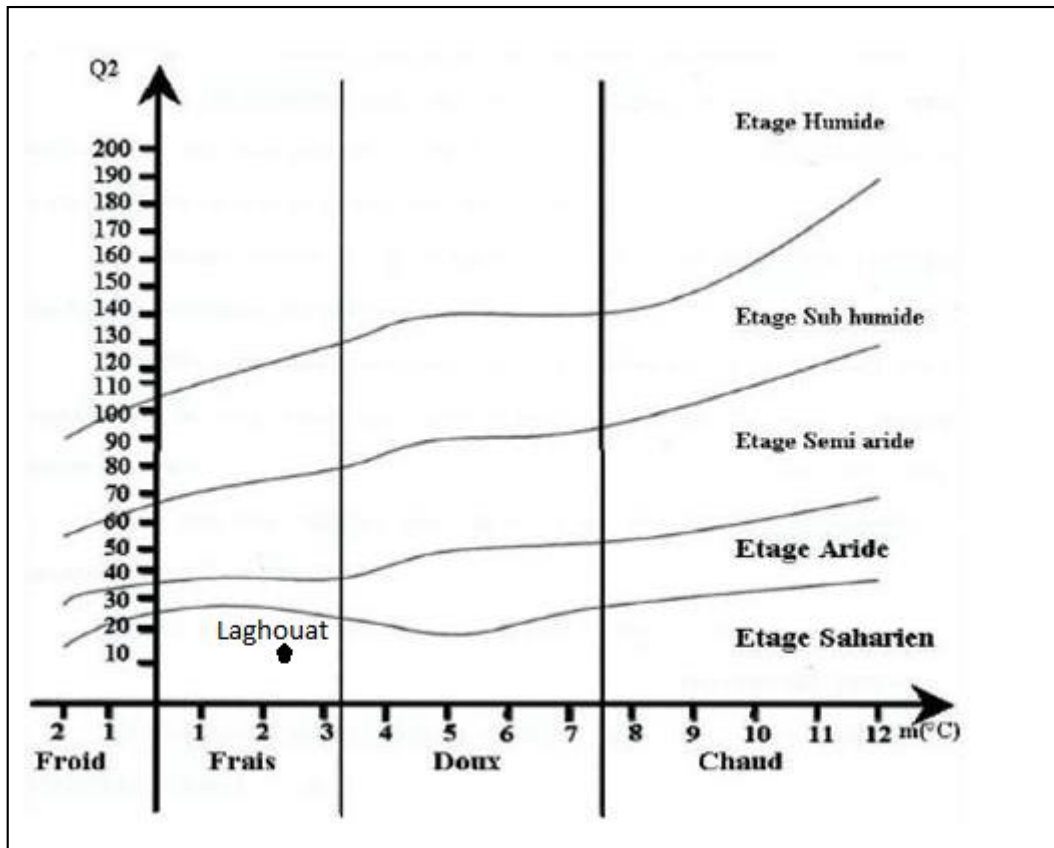


Fig. 17 : Situation bioclimatique de la région de Laghouat dans le climagramme d'Emberger (1996-2021).

L'indice de l'aridité de Martonne : L'indice de l'aridité est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau, présent à un endroit donné. Selon **Pérvost, 1999**, l'indice d'aridité de De Martonne est présenté par la formule suivante :

$$I = P/T + 10$$

I : L'indice aridité de Martonne.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm). (P. Laghouat=148,72 mm).

T : Température moyenne annuelle (C°). (T. Laghouat=19,11°C).

Le classement des régions s'effectue selon les valeurs des limites suivantes :

- Climat Aride : $I_a < 10$.
- Climat Semi-aride : $10 < I_a < 20$.
- Climat Sub-humide : $25 < I_a < 35$.
- Climat Humide : $I_a > 35$.

Le calcul de l'indice d'aridité de la région de Laghouat a révélé une valeur de 5,10 donc $I < 10$ ce qui classe cette région dans un climat aride très sec.

Faune: Selon les informations recueillis par la Direction des Services Agricoles (DSA) et la Conservation des Forêts (CDF) de Laghouat, 2021, la faune de cette région est composée principalement par des Mammifères; Oiseaux & Reptiles. Les Ovins sont les plus abondants, suivis par les Caprins et les Bovins puis les Equins et les Camelins ainsi que d'autres mammifères (**Tableau 9**).

Tableau 9: La faune de la région de Laghouat. (DSA, 202 ; CDF, 2021).

Mamifères	Reptiles	Oiseaux
Ovins (205 5998 têtes)	- <i>Acanthodactylus boskianus</i>	<i>Gallinago gallinago</i> (Linnaeus, 175)
Caprins (245 003 têtes)	(Daudin, 1802)	Buse variable , <i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758),
Bovins (21 007 têtes)	- <i>Agama impalearis</i> (Boettger, 1874)	<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758),
Equins (5 280 têtes)	- <i>Malpolon monspessulanus</i>	<i>Corvus corax</i> (Linnaeus, 1758),
Camelins (4 485 têtes)	(Hermann, 1804)	
Lièvre du cap, <i>Lepus capensis</i>	- <i>Uromastix acanthinurus</i> (Bell, 1825)	<i>Alectoris barbara</i> (Bonnaterre, 1790)
(Linnaeus, 1758)		<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)
, chat sauvage, <i>Felis silvestris</i>	- <i>Testudo graeca</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Gallinula chloropus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>cafra</i> (Desmarest, 1822)		<i>Sturnus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)
Gazelle dorcas, <i>Gazella dorcas</i>	- <i>Ptyodactylus oudrii</i> (Lataste, 1880)	<i>Falco peregrinus</i> (Tunstall, 1771)
(Linnaeus, 1758)		<i>Pterocles alchata</i> (Linnaeus, 1766)
Fennec, <i>Vulpes zerda</i>	- <i>Chamaeleo chamaeleon</i>	<i>Turdus philomelos</i>
(Zimmermann, 1780)	(Linnaeus, 1758)	(Brehm, 1831)
Hérisson, <i>Atelerix algirus</i>	- <i>Natrix maura</i> (Linnaeus, 1758)	Hibou , <i>Asio flammeus</i>
(Lereboullet, 1842)		(Pontoppidan, 1763)
Gazelle leptocère, <i>Gazella leptoceros</i>	- <i>Tarentola mauritanica</i>	, <i>Haematopus ostralegus</i>
(F. Cuvier, 1842)	(Linnaeus, 1758)	(Linnaeus, 1758)
hyène rayée, <i>Hyaena hyaena</i>	- <i>Mesalina guttulata</i>	<i>Turdus merula</i> (Linnaeus, 1758)
(Linnaeus, 1758)	(Lichtenstein, 1823)	Chouette hulotte, <i>Strix aluco</i>
renard commun, <i>Vulpes vulpes</i>	- <i>Varanus griseus</i> (Daudin, 1803)	(Linnaeus, 1758)
(Linnaeus, 1758) sanglier, <i>Sus scrofa</i>		<i>Ciconia ciconia</i> (Linnaeus, 1758)
Linnaeus, 1758		<i>Chlamydotis undulata</i> (Jacquin, 1784)
		<i>Streptopelia decaocto</i> (Fridvaldszky, 1838)
		<i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Hieraaetus pennatus</i> (J.F.Gmelin 1788)
		<i>Motacilla alba</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Galerida cristata</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Falco tinnunculus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Muscicapa striata</i> (Pallas 1764)
		<i>Delichon urbicum</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Ardea cinerea</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Linaria cannabina</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Phoenicurus moussieri</i> (Olphe-Galliard, 1852)
		<i>Upupa epops</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Lanius meridionalis</i> (Temminck, 1820)
		<i>Merops persicus</i> (Pallas, 1773)
		<i>Anas platyrhynchos</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Oenanthe leucopyga</i> (Brehm, 1855)
		<i>Oenanthe leucura</i> (Gmelin, 1789)
		<i>Chloris chloris</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Streptopelia turtur</i> (Linnaeus 1758)
		<i>Tadorna ferruginea</i> (Pallas, 1764)
		<i>Himantopus himantopus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Tringa ochropus</i> (Linnaeus, 1758)

Flore : En Afrique du Nord, les steppes sont des formations basses et très ouvertes tapissées de graminées (*Stipa tenacissima*, *Stipa parviflora*, *Lygeums partum*, etc.) ou de chamaephytes vivaces (*Artemisia herba-alba*, *Artemisia campestris*, *Helianthemum hirtums sp*, *ruficomum*, etc.) auxquels s'ajoute une gamme variée, souvent importante, d'espèces annuelles (**Pouget, 1980 ; CDF, 2021**).

2.1.2.3. Présentation et localisation des sites d'étude

Dans le but d'établir un inventaire des moustiques le plus complète possible dans une région ardue vierge et inconnue : la région de Laghouat (Sahara Septentrionale). Des prospections sur terrain et la collecte des spécimens, ont été réalisés de Décembre 2018 à Novembre 2019 au niveau de 11 stations, réparties sur 3 sites différents : Urbain, Périurbain et Rural (**Figure1**). Les stations d'étude sont potentiellement favorables au développement larvaire, distribuées comme suit: Laghouat deux sites urbains (Maamoura (St.10') & l'Université (St.11')); site périurbain (El kheneg Vide sanitaire (St.8') & Oued M'zi (St.9')) site périurbain (marécage) ; site rural (La station 7' il s'agit d'une Mare à proximité d'Oued Morra); la station 6' Elghicha (Berge d'Oued Elghicha); la station 5' Kaf almelh (Mare dans les berges de Oued Zargoun); la station 4' Lalmaya (Située dans les berges d'un barrage d'Oued Lalmaya); la station 3' est un marais au niveau d'Oued Touglatine. La station 2' est une mare d'eau claire, située à proximité du barrage Tadjmoute. Enfin Ain Madhi représente la première station, c'est une retenue d'eau de pluie (**Figure13**).

Les sites ruraux : sont représentés par sept (07) stations :

Aïn Madhi (Station1') : Elle est située à 100km au Nord-ouest du Chef-lieu de la Wilaya de Laghouat sur une superficie de 1 790 km².Le gîte prospecté est de type Epigé (Ouvert), représenté par des retenues d'eau de pluie, formant des mares un peu salées (33° 44' 44.38" N - 2° 2 21.67" E et 931m Altitude) (**Figure 18**).



Fig. 18 : Station 1' retenue d'eau de pluie.

Tadjmout (Station 2') : Elle est située à 15 km au Nord du Chef-lieu de la Wilaya, représentée par un seul gîte ouvert présentant des mares temporaires d'eau claire à proximité du barrage Tadjmout : ($33^{\circ} 54' 54.12''$ N- $2^{\circ} 28' 28.48''$ E et 897m Altitude) (**Figure 19**).



Fig. 19: la Station 2' une mare d'eau claire, à proximité du barrage Tadjmoute.

Sebgag (Station 3') : Elle est située près de la commune d'Aflou à 50 km au Nord-est du Chef-lieu de la Wilaya. Un seul gîte a été prospecté, localisé à Oued Touglatune, c'est un gîte ouvert, est représenté par une mare temporaire d'eau couverte d'une végétation, de forme fosse à terre battue inondée lors des précipitations : ($34^{\circ}00$ N- $2^{\circ}00$ E et 1500m Altitude) (**Figure 20**).

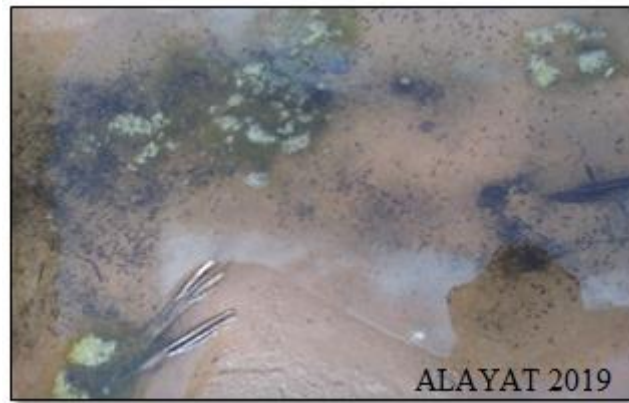


Fig. 20: La Station 3' Sebga

Lalmaya (Station 4') : Cette station est située près de la commune de Tadjrouna, 89 km au Nord-ouest du Chef-lieu de la Wilaya, elle est représentée par deux gîtes, le premier (**Figure 21 C**) est une mare d'eau douce riche en algues vertes, à côté du barrage Lalmaya et le deuxième (**Figure 21 A & B**) sont deux petites mares d'eau à proximité de Oued Lalmaya (33° 25' 25.86'' N 1°59' 59.64'' E et 935Altitude) (**Figure 21**).

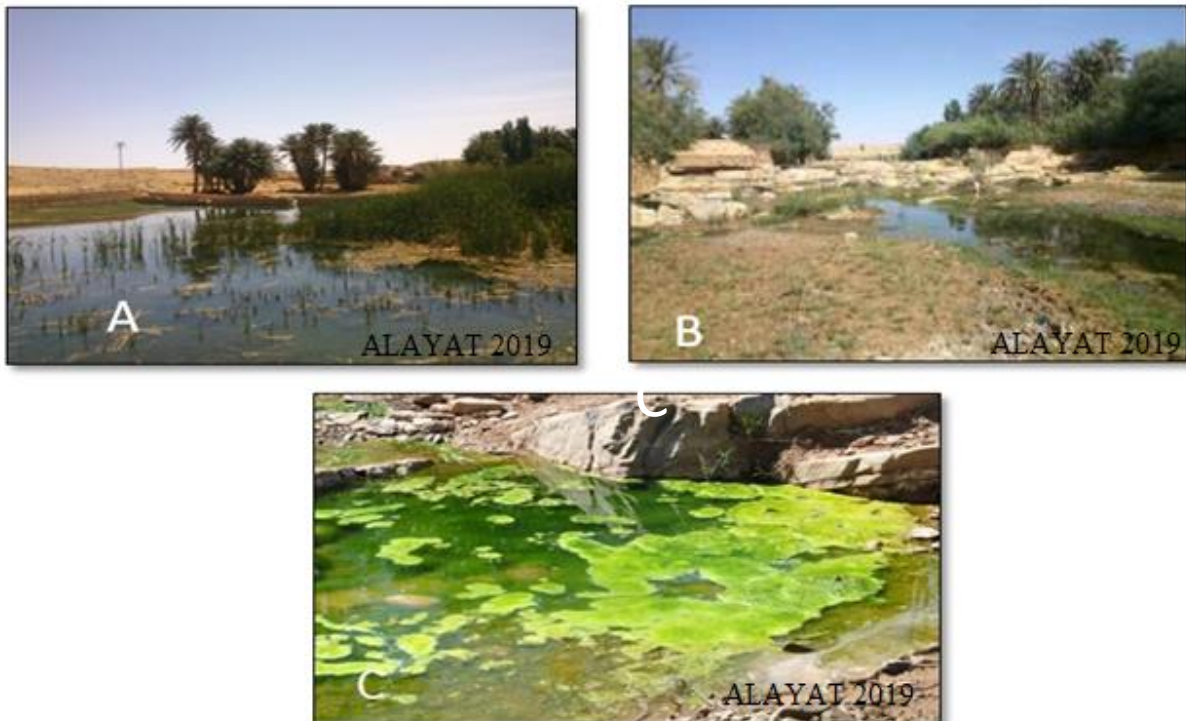


Fig. 21: La Station 4' Lalmaya avec les trois gites (A ; B ; C)

Kaf almalh (Station 5') : Elle est située à la frontière de Laghouat avec El Baiedh 27 Km à la commune de Tadjrouna. Trois gites sont choisis : Le premier gite présentant un mare d'eau douce riche en algues, à côté d'oued zargoun ; le deuxième gite c'est une mare riche en

végétation d'eau à côté d'oued zargoun et le troisième gîte c'est une mare d'eau à côté d'oued zargoun à Kaf almelh, l'eau de ces gîtes est très salée à cause de la position de cette station près du Kaf almelh : (33° 39'39.24''N-1° 51' 51.64''E et 1085m Altitude) (**Figure 22**).



Fig. 22: La station 5' avec 2 sites (A & B).

El-Ghiecha (Station 6') : Elle est située à 110 Km au Nord-Ouest du Chef-lieu de la Wilaya de Laghouat au piémont de l'atlas Sahraoui (Au centre de Djebel Amour). Le climat est de type continental (Froid en Hiver & chaud en Été), les gîtes prospectés sont représentés par des mares permanentes, situé aux berges d'Oued Elghicha, riches en végétations (**Figure 23 A & B**).

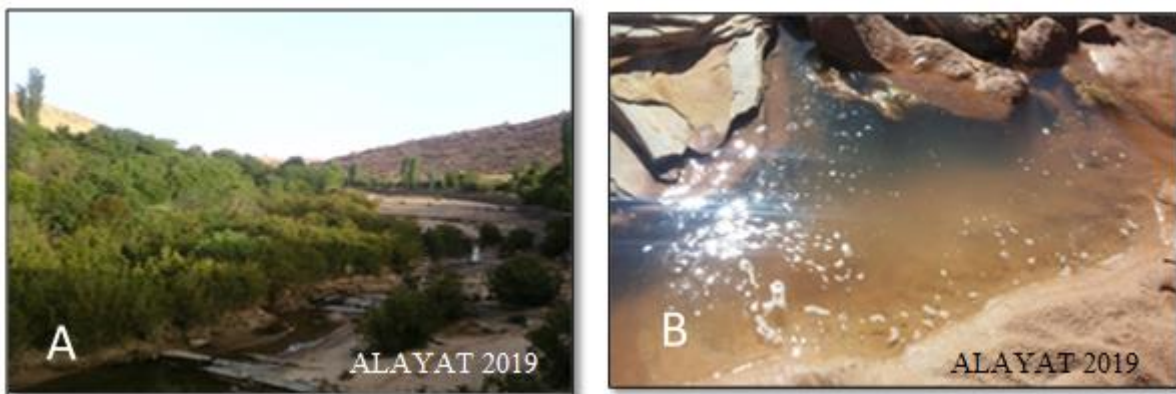


Fig. 23: La station 6' berges d'Oued Elghicha, avec 2 sites (A & B).

Oued Morra (Station 7') : Elle est située à 100km au Nord-Est du chef-lieu de la Wilaya. Cette station est représentée par des mares de l'eau claire aux bords de l'Oued Morra (1300m Altitude).

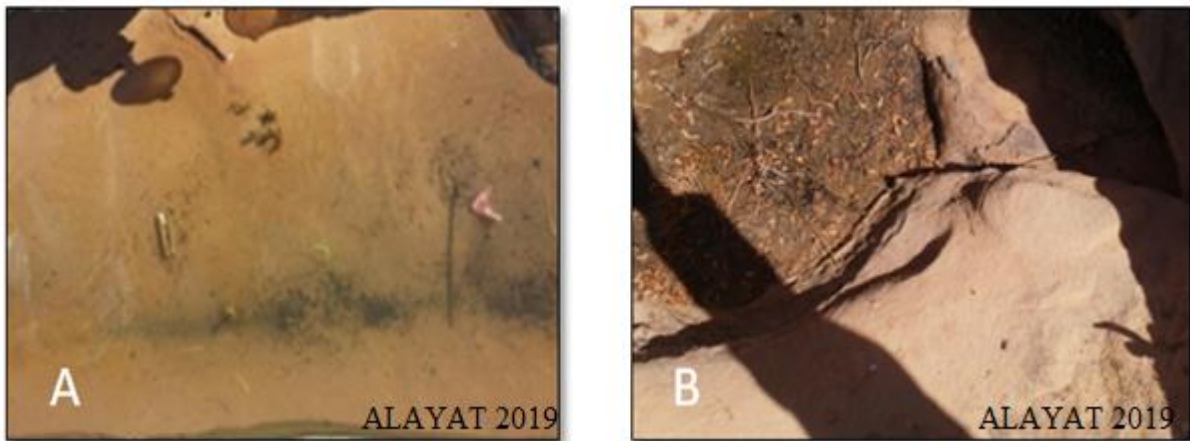


Fig. 24: Station 7' deux mares (A & B) se trouve à côté d'Oued Morra.

Les sites Péri-urbain : Il s'agit de deux stations, intensément peuplées par les larves de moustique, se situent à la périphérie de la ville de Laghouat à savoir :

El Kheng (Station 8') : Une commune de la Wilaya de Laghouat sa superficie est de 3 830 km² à 6.16 km du Chef-Lieu de la Wilaya, le site est péri-urbain, représenté par une accumulation des eaux usées, fiant le réseau d'assainissement de la ville (33° 44' 44.97" N - 2° 48' 48.42" E) à 760m Altitude.



Fig. 25: Station 8' El Kheng.

Oued M'zi (Station 9') : Est un site Epigé, péri-urbain, de la Wilaya de Laghouat. C'est un gîte ouvert, présentant un marécage, l'eau est claire. Caractérisée par des végétations basses dispersées par des sols sableux.



Fig. 26: Station 9' Oued M'zi.

Les Sites Urbains : Sont représentés par deux stations en plein centre-ville de Laghouat, il s'agit en l'occurrence de :

Maamoura (Station 10) : Site urbain en plein Centre-Ville, représenté par une fontaine d'eau, c'est un gîte ouvert ($33^{\circ} 47' 47.98''$ N- $2^{\circ}52' 52.18''$ E) et 768m Altitude.



Fig. 27: Station 10 Maamoura.

Université (Station 11) : C'est une fontaine d'eau au sein de l'université Ammar Thelidji Laghouat, c'est un gîte ouvert en plein centre de la Faculté de Médecine au niveau de l'université avec les coordonnées de $33^{\circ} 47' 47.98''$ Nord et $2^{\circ}52' 52.18''$ Est et 806 m d'Altitude.



Fig. 28: Station11' Université Ammar Thelidji Laghouat.

2.2. Matériel biologique

2.2.1. Présentation des Culicidae

D'après **Schaffner (2004 a)** les Culicidae ont pour nom commun moustique, constituent le groupe de vecteur d'agent pathogènes le plus important en santé publique humaine et animale. Se sont des Nématocères, Holométaboles, présentant des stades pré imaginaires aquatiques (Œuf ; Larves & Nymphes) et un stade aérien avec un dimorphisme clair (**Bendali –Saoudi, 1989; Shaffner, 2004 a; Ben Malek, 2010**). Chaque stade de son développement, offre des détails anatomiques et morphologiques, de caractères systématiques essentiels pour l'identification des genres et des espèces (**Rioux, 1958; Himmi, 2007**). Ce sont des Arthropodes; Antennates, appartenant à la Classe des Insectes (Héxapodes), Ordre des Diptères (présence d'une seule paire d'aile) et au Sous-ordre des Nématocères (larve apode). Les adultes sont caractérisés par des antennes longues et fines à multiples articles, possédant de longues pièces buccales en forme de trompe rigide, de type piqueur-suceur (**Rodhain & Perez, 1985; Bendali-Saoudi, 1989; 2006; Mahmoudi, 2022**). Les adultes mâles et femelles se nourrissent de nectar de fleur et participent à la pollinisation des plantes (**Jolivet, 1980**). Seulement la femelle a besoin d'un repas sanguin, pour la maturation des œufs, elle est donc hématophage (**Neveu-Lemaire, 1923**). Pendant la pique la femelle injecte de la salive anticoagulante, qui chez l'homme provoque une réaction inflammatoire plus ou moins importante selon les individus (**Reinert, 2000**) et peut transmettre des plasmodiums, des microfilaries ou des arbovirus, (à l'exception des Toxorhynchites). Ces vecteurs sont responsables de maladies humaines (Fièvre jaune ; Dengue ; Chikungunya ; Filarioses, etc.) et animales (Plasmodium d'Oiseaux et de Reptiles, Fièvre de la vallée du Rift, West Nile, Dirofilarioses, etc.) (**Murgue et al., 1950; Alaoui**

Slimani et al., 1999; Adja et al., 2011). Ce groupe d'insectes hématophage a bénéficié du plus grand nombre d'étude dans le monde et dans le temps (**Bouderhem, 2015**).

2.2.1.1 Position systématique des Culicidae

La famille des Culicidae qui se divisent en trois sous familles : les Toxorhynchitinae, les Anophelinae et les Culicinae (**Knight & Stone, 1977**). Cette division se base sur différentes structures morphologiques visibles tant au niveau des oeufs que des stades larvaire et imaginal (**Rodhain & Perez, 1985**). On notera que les classifications récentes placent le genre Toxorhynchites dans une tribu à part au sein des Culicinae (**Harbach & Kitching, 1998**). Ce sont de gros moustiques non vulnérants, dont la trompe ne permet pas de piquer ; les larves sont carnivores et ont été utilisées en lutte biologique, sans donner de résultats durables. Les Toxorhynchitinae ont peu retenu l'attention des entomologistes médicaux car leurs femelles ne sont pas hématophages (**Henrique, 2004**), et ne sont pas représentés en Europe Occidentale (**Duchauffour, 1976; Matile, 1993**) ni en Afrique méditerranéenne (**Brunhes et al., 1999**).

2.2.1.2 Données sur les Culicidae d'Afrique méditerranéenne et d'Algérie

La faune de l'Afrique de Nord est composée de 66 espèces appartenant à deux Sous-familles, sept genres et dix-sept Sous –genres. Sa richesse spécifique varie considérablement d'un pays à l'autre (**Brunhes et al., 1999 ; Brunhes et al., 2000**). En Algérie, les deux Sous- familles des Anophelinae et les Culicinae regroupent, 6 genres et 50 espèces de Culicidae, les Taxorhynchitinae ne sont pas représenté. Les principaux genres existent en Algérie sont : *Aedes*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Culiseta* et *Culex* (**Hassain, 2002**). L'espèce *Culex pipiens* **Linné 1758**, est la plus fréquente et la plus commune dans l'ensemble des zones tempérées d'Europe, d'Afrique, d'Asie, d'Amérique du Nord et du Sud, et de l'Australie. En Algérie, c'est l'espèce qui présente le plus d'intérêt en raison de sa large répartition géographique, de son abondance et sa nuisance réelle, surtout dans les zones urbaines (**Bendali-Saoudi, 2006**).

2.2.1.3. Morphologie et Cycle de vie des Culicidae

Morphologiquement les Culicidae possèdent.trois paires de patte et un corps divisé en trois parties : tête, thorax et abdomen : *Tête portant des antennes longues et fines à multiples articles (6 à 40 articles : qui sont plus développées chez le mâle que la femelle), et une paire d'yeux composés *Thorax portant trois paires de pattes et un seul paire d'ailes pourvues d'écailles, la deuxième est transformé en haltères (ou balanciers), celle-ci sert d'organe de stabilisation pendant le vol *Abdomen portant l'appareil génitale, alors que les femelles possèdent de longues pièces buccales en forme de trompe rigide vulnérantes de type piqueur-suceur (**Matille, 1993; Alayat, 2012**), Ils sont des insectes à métamorphose complète

(Holométaboles) de sorte que les trois stades de développement (larve, nymphe et adulte) ont des morphologies différentes, adaptées à leurs modes de vie ; aquatique pour les stades pré-imaginaux, et aérien pour le stade imaginal (**Carnevale & Robert, 2009**). La morphologie externe de chaque stade, permet la différenciation entre la plupart des espèces (**Figure 29**). Les Culicidés sont des insectes omniprésents, qui peuvent se rencontrer dans presque tous les types de régions climatiques du monde, depuis les contrées arctiques jusqu'aux tropiques, survivant aux rudes hivers ou aux saisons sèches en fonction de leur habitat. Suivant l'espèce, ils peuvent proliférer dans tous les types de flaques, de l'eau fortement polluée à l'eau propre, depuis les petites accumulations d'eau dans les boîtes en étain, jusqu'aux mares et aux ruisseaux ; telle est leur capacité d'adaptation (**Tabti, 2015**).

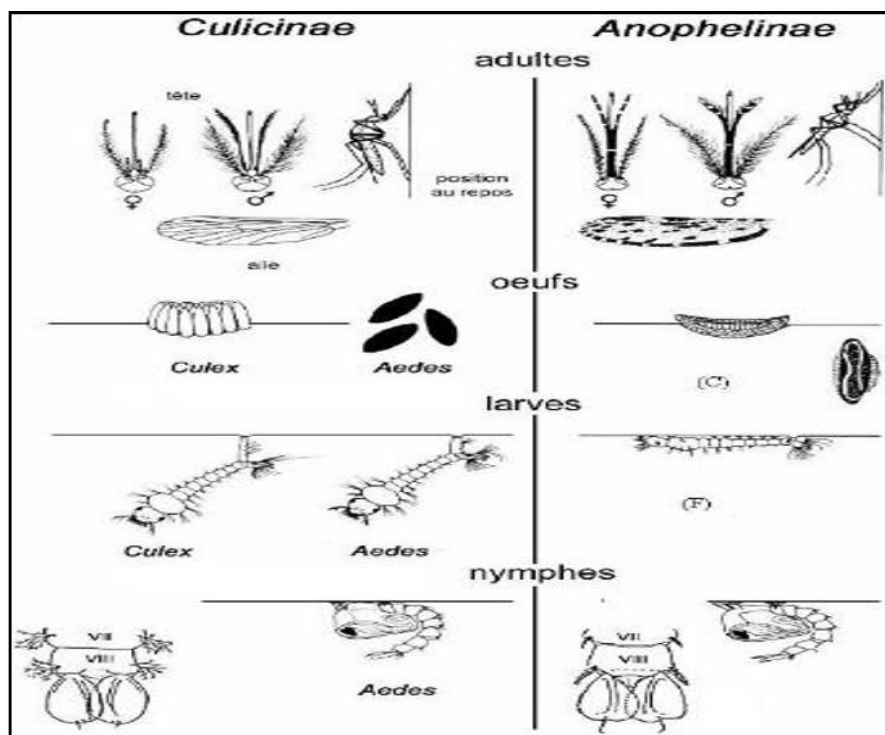


Fig. 29: Les différences morphologique entre les Culicinae et l'Anophelinae (**Lane & Croskey, 1993**).

Les Œufs : L'œuf de Culicidae comprend de l'intérieur vers l'extérieur : l'embryon, la membrane vitelline pellucide, un endo-chorion épais et un exo-chorion plus ou moins pigmenté et ornementé, de 0.5 mm de taille (**Rioux, 1958; Rodhain & Perez, 1985; Tahraoui, 2012**). Au moment de la ponte, les œufs sont blanchâtres et prennent rapidement, par oxydation de certains composants chimiques de la thèque, une couleur marronne ou noire. (**Becker et al., 2003**) D'après **Schaffner (2004)**, les œufs sont pondus isolement sur le sol ou sur un support à proximité de l'eau (*Aedes*) ou sur l'eau (munis de flotteurs : *Anopheles*) (de 150 à 300 œufs), à

une collerette (*Orthopodomyia*) ou en un amas flottant ou nacelle (*Culex* ; *Culiseta* et *Uranotaenia* de 50 à 200 œufs) (**Rioux, 1958**), (**Figure 30**). Les variations de forme, de taille et de coloration des œufs des Culicidae ont parfois été utilisées en taxonomie, notamment pour distinguer des espèces d'anophèles très proches les unes des autres (**Rodhain & Perez, 1985**). Les œufs des Culicidae sont très résistants à la dessiccation et pourront attendre la montée de l'eau (une importante précipitation par exemple) provoquant leur éclosion. Ils peuvent résister durant plusieurs mois, et même une année (**Becker et al., 2010; Amarakorba, 2016**).

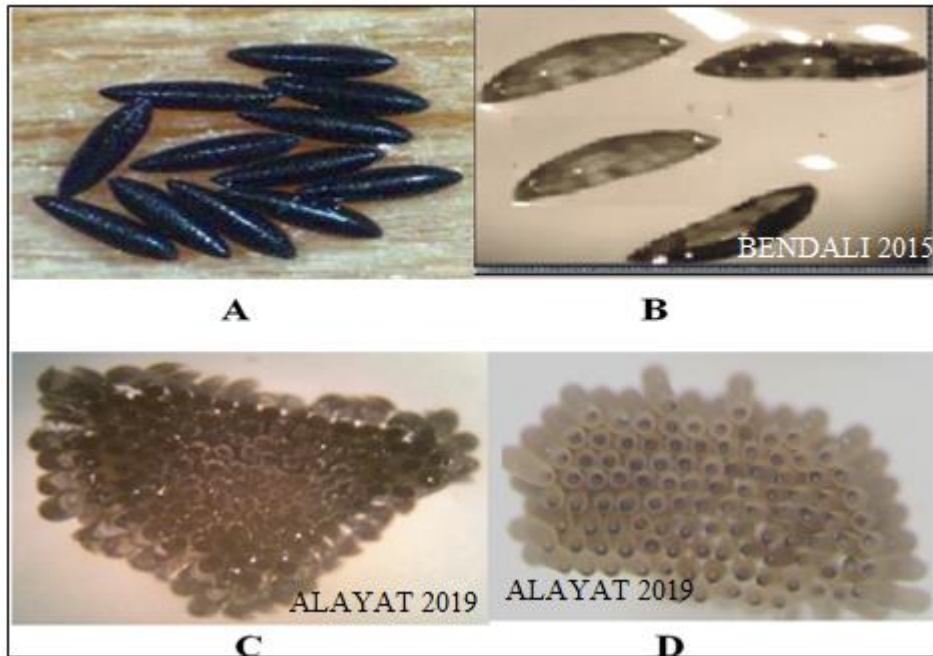


Fig. 30: Les formes types des Œufs des quatre genres des moustiques.

- A:** Vue microscopique des oeufs *Aedes* (**Berchi, 2000**).
- B:** Forme type des œufs d'*Anopheles* du genre (**Bendali-Saoudi, 2015**).
- C:** Œufs en nacelle du genre *Culiseta* (**Photo Personnelle**).
- D:** Œufs en nacelle de *Culex pipiens* (**Photo Personnelle**).

Larves : Elles passent par 4 stades post embryonnaires (L1 ; L2 ; L3 & L4) tous aquatiques. La larve a une taille d'environ 2 à 12 mm, elle est mobile et respire à la surface de l'eau par l'intermédiaire d'un siphon respiratoire pour les espèces de la sous famille des Culicinae et respirent l'air atmosphérique grâce à leurs spiracles dorsaux pour les espèces de la sous famille d'*Anophelinae* (**Robert et al., 1989; IRD, 2021; Maiga, 2022**). Le corps comporte trois parties principales : la capsule céphalique complètement sclérifiée, le thorax aplati composé de trois segments fusionnés (bien plus large que les deux autres parties) et l'abdomen qui se compose

de dix segments. D'après **Forattini (1996) (in Becker et al., 2003)**, des paires de soies sont insérées tout au long du corps de la larve du quatrième stade car est le plus utilisé dans l'identification des espèces. Leur nombre ; leurs structures ainsi que leur arrangement est appelé la Chetotaxie, qui détermine une identification spécifique fiable (**Bendali-Saoudi, 1989 ; Himmi et al., 1995 ; Bendali-Saoudi, 2006**). Leurs mouvements sont rapides et nerveux, elles se déplacent par saccades et se nourrissent par filtration de divers micro-organismes (Particules végétales ; Bactéries & Levures) ingérés grâce à ses pièces buccales de type broyeur, elles sont le plus souvent détritiphage (régime saprophyte) (**Himmi et al., 1995; Urquhart et al., 1996 ; Andreo, 2003**) (**Figure 31**). La durée du stade larvaire varie selon les espèces; la température du milieu; la densité larvaire ainsi que la disponibilité en nourriture. Les larves peuvent être présentes, dans des étendues d'eau permanentes ou temporaires, fortement polluées ou claires, grandes ou petites. Elles peuvent vivre également dans les eaux stagnantes ou courantes même les plus petites accumulations d'eau; dans les seaux, vases, pneus, empreintes, sont des habitats larvaires potentiels (**Clements, 1999**).

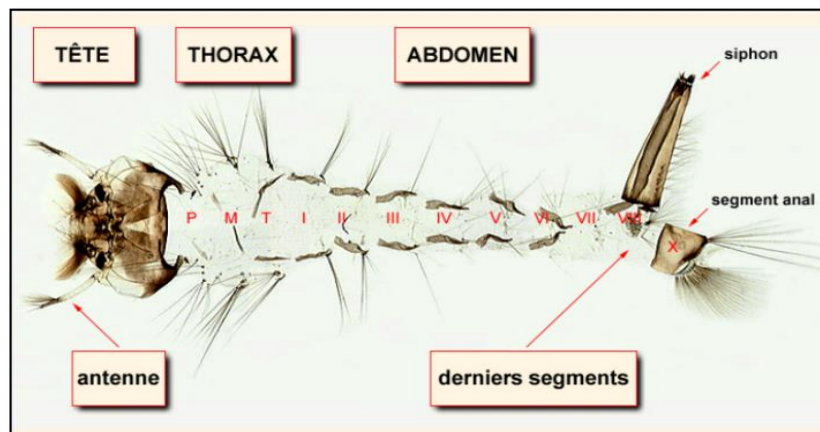


Fig. 31: Larve de *Cx. pipiens* (**Brunhes et al., 1999**).

Nymphes : La nymphe des Culicidae ou pupae en anglais est également aquatique, mobile mais ne s'alimente pas durant toute la durée de ce stade, qui varie entre 2 à 5 jours (elle puise dans les réserves stockées aux stades larvaires : elle n'est donc pas « touchée » par les insecticides d'ingestion), se caractérise par une tête et un thorax réunis en une seule masse globuleuse, le céphalothorax, et une partie postérieure effilée et recourbée constituant l'abdomen ; ce dernier donne à la forme générale de la nymphe un aspect d'une virgule (**Figure 32**). Sur le sommet de la portion céphalothoracique se projettent deux trompettes respiratoires de formes très variables – souvent longues et cylindriques - équivalents physiologiques du siphon respiratoire de la larve. L'abdomen de la nymphe de Culicidae est composé de huit segments - visibles - où chacun d'eux porte des soies caractéristiques. Une soie palmée se trouve généralement au

niveau du premier segment, cependant, le dernier segment est muni de deux palettes natatoires transparentes souvent ornées de denticules et de soies (Hegh, 1921; Rodhain & Perez, 1985). La cuticule du céphalothorax est transparente où les ébauches des appendices locomoteurs, des antennes, de l'appareil buccal et des yeux composés des futurs adultes sont nettement visibles (Becker, 2003). La forme et l'ornementation de ces trompettes peut fournir, avec les palettes natatoires, certains caractères spécifiques aux genres et aux espèces. La disposition des rares soies que la nymphe porte sur le corps peut aussi être utilisée, surtout, lorsque l'identification des larves et des adultes sont difficiles (Séguy, 1923). Contrairement aux larves, il existe un net dimorphisme sexuel, les nymphes mâles sont plus petites que les femelles et se développent plus rapidement. Il est possible de connaître le sexe d'une nymphe en observant les genitalia du futur appareil génital, visibles ventralement entre les palettes natatoires ; elles sont nettement plus grosses chez les mâles (Rodhain & Perez, 1985).

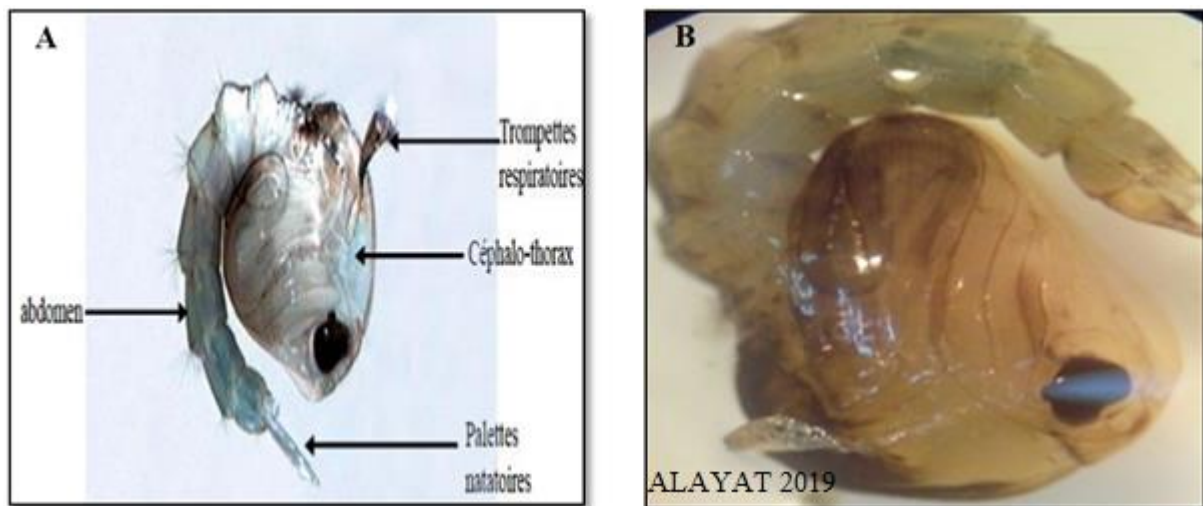


Fig. 32: (A) : Aspect général d'une nymphe du *Cx. pipiens* (Berchi, 2000).
 (B) : vue générale d'une nymphe du *Culiseta longiareolata* (photo personnelle, 2019).

Adultes ou imago: Présentent une taille de 05 à 20 mm et un corps composé de trois parties distinctes: tête; thorax et abdomen, dont certaines caractéristiques sont indispensable pour l'identification systématique des espèces (Ben Malek, 2010). Généralement la couleur brun clair, avec des bandes antérieures claires sur les tergites abdominaux, distinguent facilement les Culicidae des autres familles de Nématocères. Notamment les écailles qui recourent leur corps et par la trompe (ou proboscis) très allongée, palpes courts chez les femelles, longs chez les mâles (Pour les Anophelinae longs chez les deux sexes), scutellum lobé ; présence d'une ou de trois spermathèques (Boubidi b, 2008). Les femelles se distinguent des mâles par des antennes

glabres, ceux des mâles sont plumeuses, ont une morphologie plus effilée (**Balenghien, 2006**) (**Figure 33**).

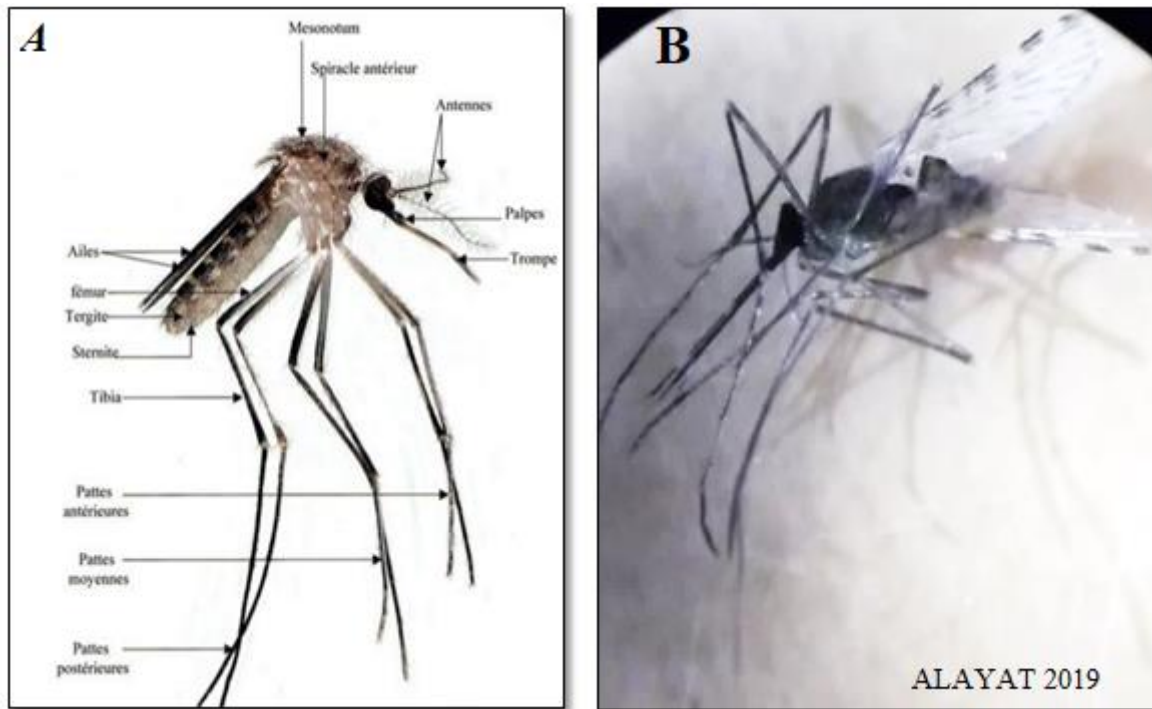


Fig. 33: Morphologie du Moustique femelle.

A: Morphologie d'une femelle *Cx pipiens* (**Boukraa, 2010**).

B: Morphologie d'une femelle *An. cinureus* (**Photo Personnelle, 2019**).

Cycle biologique des Culicidae: Le cycle vital des moustiques présente de nombreuses variations selon les espèces, il dure environ douze à vingt jours (**Adisso & Alia, 2005**) et fortement influencée par la température et l'humidité, (la durée du cycle est de 10 à 15 jours pour les zones tropicales); (**Bendali-Saoudi, 2006**). Ce sont des insectes holométaboles (à métamorphose complète), leur cycle biologique comprend une phase aquatique et une phase aérienne et s'effectue en plusieurs étapes allant de l'accouplement ; passant par la ponte ; l'éclosion ; le développement larvaire ; la nymphose et l'émergence (**Figure 34**).

Phase aérienne : A la fin du stade nymphal, le tégument se fend sur le dos suivant une ligne longitudinale. Par cette ouverture, le moustique adulte dégagera successivement son thorax, la tête, les pattes et son abdomen, abandonnant ainsi dans l'eau, l'exuvie nymphale. Juste avant l'émergence, les nymphes du genre *Coquilletidia* se détachent des racines et des tiges des plantes aquatiques et flottent à la surface de l'eau. L'émergence proprement dite dure environ 15 minutes, durant lesquelles l'insecte se trouve exposé sans défense à de nombreux prédateurs en surface. En élevage, on constate que l'émergence des mâles a lieu, en moyenne, 24 heures

avant celle des femelles, car il leur faut davantage de temps pour développer leurs glandes sexuelles (**Rodhain & Perez, 1985 ; Becker et al., 2003**). Juste après l'émergence des adultes, le mâle et la femelle des Culicidae s'accouplent en vol ou sur la végétation et ont une distance de vol de un à deux km. Grâce aux longs poils dressés sur leurs antennes, les mâles peuvent percevoir le bourdonnement produit par le battement rapide des ailes des femelles, qui s'approchent des essaims lors du vol nuptial. A ce moment, le mâle féconde la femelle en lui laissant un stock de sa semence. La femelle maintient les spermatozoïdes en vie, jusqu'à sa mort, elle conserve la semence du mâle, dans la spermathèque. Elle ne s'accouple donc qu'une seule fois (**Darriet, 1998**). Les mâles de certaines espèces, dites sténogames, recherchent les femelles fixées sur un support à ciel fermé (*Culex pipiens* autogène), d'autres sont eurygames et s'accouplent au vol à ciel ouvert (anautogène) (**Moulinier, 2003**). Mais les femelles une fois fécondées, elles partent en quête d'un repas sanguin pour la maturation des œufs, elles sont dotées de biocapteurs lui permettant de détecter la température, le CO₂ et certaines odeurs, et ainsi repérer ses proies. Les hôtes des moustiques peuvent être des Mammifères, des Oiseaux, des Reptiles ou des Batraciens. Les préférences trophiques sont extrêmement variables d'une espèce culicidienne à une autre (**Séguy, 1955 ; Rodhain & Perez, 1985**).

Phase aquatique : La ponte est souvent de l'ordre de 100 à 400 œufs et l'incubation dure deux à trois jours selon les conditions du milieu : température; pH de l'eau; nature et abondance de la végétation aquatique ainsi que la faune associée. A maturité, les œufs s'éclosent et donnent des larves du premier stade L1 (Longueur de 1 à 2 mm) qui, jusqu'au quatrième stade L4 (Longueur de 1,5 cm) se nourrissent de matières organiques, de microorganismes et même des proies vivantes (Pour les espèces carnassières). Malgré leur évolution aquatique, les larves de moustiques ont une respiration aérienne. Au bout de six à dix jours ou plus, selon la température de l'eau et la disponibilité en nourriture, la quatrième mue donne une nymphe (**Guillaumot, 2006**). La nymphe, mobile, ne se nourrit pas durant tout le stade (Phase de métamorphose) qui dure un à cinq jours. Elle respire à la surface de l'eau à l'aide de trompettes respiratoires. A la fin de ce stade, la nymphe s'étire, son tégument se fend dorsalement et, très lentement, le moustique adulte (Imago) s'extirpe de l'exuvie: c'est l'émergence, qui dure environ quinze (15) minutes au cours desquelles l'insecte se trouve exposé sans défense face à de nombreux prédateurs de surface (**Rodhain & Perez, 1985**).

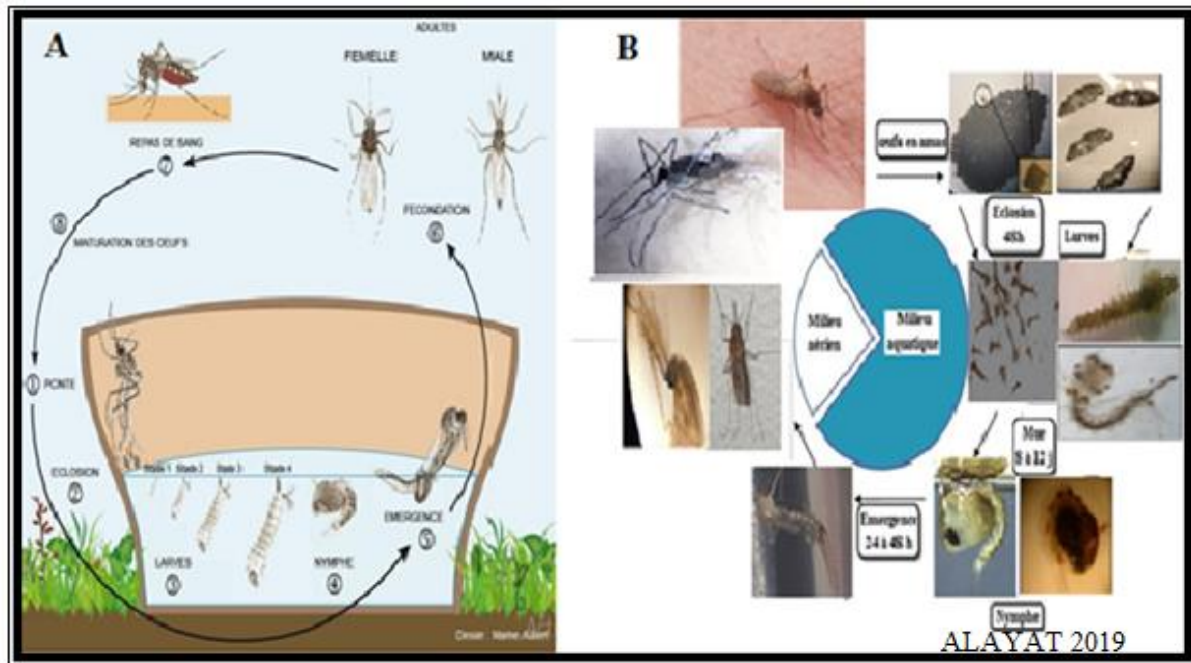


Fig. 34: Cycle de développement des Culicidae (A:Guilaumot, 2013; B: Photos Personnelle, 2019).

2.2.1.4. Intérêts dans l'écosystème

Les moustiques représentent un maillon essentiel dans les chaînes alimentaires. En effet, par sa présence en grand nombre, les larves servent de nourriture à de nombreuses espèces aquatiques (invertébrés aquatiques, des batraciens comme les grenouilles, les crapauds, les salamandres et des poissons comme les gambusies, ou encore les lézards et serpents...). En tant qu'adultes, ils constituent les proies de chauve-souris ou de libellules (dans une journée, une hirondelle peut consommer jusqu'à 3 000 moustiques ; la chauve-souris chasse 2 000 moustiques par nuit). On compte également les araignées, les étourneaux, les martinets, les mésanges, les moineaux, le gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*) ou gri (*Muscicapa striata*), le grimpereau des jardins (*Certhia brachydactyla* et *Sitta europaea*). De part leur régime alimentaire, les larves participent au processus de destruction de la matière organique. Leur régime omnivore, avec l'ingestion de feuilles en décomposition par exemple, accélère la décomposition des matières organiques dans les écosystèmes aquatiques (Benserradj, 2014). Ainsi elles contribuent au cycle de l'azote en intervenant dans la première étape de décomposition de l'azote organique en azote minéral, filtrant ainsi les eaux et évitant l'eutrophisation des milieux (Pinay *et al.*, 2018). Tandis que les adultes sont reconnus comme pollinisateurs car ils se nourrissent principalement du nectar des plantes, mais leur rôle reste minime comparé aux abeilles, bourdons ou autres pollinisateurs plus connus (Mourot, 2020).

2.2.1.5. Nuisance et rôle pathogène

Les moustiques ont été toujours considérés comme source de nuisance pour l'Homme, en raison du fait qu'ils sont responsables des plus grandes endémies dans le monde, ils constituent le groupe de vecteurs le plus important en santé publique humaine et vétérinaire. La Sous famille des Culicinae les genres vecteurs d'agents pathogènes sont: Culex, Aedes et Anopheles. Sur le plan santé, la pique par les adultes femelles des Culicidae liée à la prise de sang, est nécessaire à la maturation des pontes (**Failloux & Rodhain, 1999**). Cette prise directe du fluide dans les capillaires sanguins va permettre à différentes formes de vies (Virus; Protozoaires; Vers & Nématodes) d'exploiter les moustiques, comme voie de transfert vers les hôtes vertébrés. Ainsi, les agents pathogènes comme par exemple les protozoaires (ex: *Plasmodium falciparum* responsable du paludisme) utilisent le moustique comme vecteur puis l'Homme comme hôte pour l'accomplissement de leur cycle biologique.

2.2.1.6. Echantillonnage

Les échantillons ont été prélevés mensuellement de Décembre 2018 à Novembre 2019. Les prélèvements ont été réalisés selon la technique du coup de louche ou Dipping (**Croset et al., 1976 ; Subra, 1975; Silver, 2008**). La louche est d'une capacité de 1 L, plongée dans l'eau, puis déplacée d'un mouvement uniforme en évitant les remous. Le coup de louche est répété dix fois dans chaque gîte, pour détecter clairement les stades pré-imaginaux (Œufs; larves & nymphes) ainsi présents. Les échantillons sont conservés dans des récipients fermés hermétiquement et étiquetés (Dates; Stations; Sites..) déposés à l'ombre, afin de limiter la mortalité des larves, jusqu'à ce qu'elles soient ramenés au laboratoire pour le montage et l'élevage (**Figure 35**).



Fig. 35: Méthode d'échantillonnage des stades pré-imaginaux des Culicidae.

Estimation de la densité larvaire : Le nombre de larves et de nymphes est estimé à chaque coup de louche, on donne un nombre approximatif de spécimens par stade, qui sera attribué à une classe selon le tableau suivant :

Tableau 10 : Estimation de la densité larvaire

Classe	Nombre approximatif des Stade pré-imaginaux
1	0 et < 1
2	10 (1 - 10)
3	50 (11 - 50)
4	100 (51 - 100)
5	500 et > 100

2.2.1.7. Techniques d'élevage

Stades pré-imaginaux : Les spécimens récoltés selon leur stade de développement (Œufs; Larve ou Nympe), à partir des différentes stations, seront transportés au laboratoire et conservés selon les conditions appropriés. Les larves ont été élevées dans des récipients destinés à la conservation alimentaire, contenant l'eau de gîte et sont nourries tous les trois jours avec 0,04 g du mélange biscuit 75% + 25% levures, l'eau est changée tous les deux jours (**Bendali–Saoudi, 1989**). Selon **Wigglesworth, (1972)** le régime alimentaire joue un grand rôle dans la fécondité, car les protéines permettent à la femelle de pondre plus d'œufs par rapport aux femelles nourries de sucre seulement. Lorsque les larves atteignent le stade nymphal, elles seront placées dans des récipients contenant de l'eau déchlorurée et déposées dans des cages conçues pour l'élevage des adultes (**Figure 36**). Au laboratoire, on a pris en considération, les conditions les plus favorables à leur développement selon **Rodhain & Pérez, (1985)**: une température de l'ordre de 26 °C à 28 °C maintenue grâce à un bain d'huile, une humidité relative de 70% à 80 % (Des cuvettes remplis d'eau), un rythme d'éclairage de 12h à 14h de jour et de 10h à 12h d'obscurité.

Stade imaginal: Les adultes sont capturés à l'aide d'un aspirateur à bouche. L'élevage a été réalisé au laboratoire sous les conditions favorables à leur développement : une température de l'ordre de 26 à 28 °C maintenue grâce à un bain d'huile, une humidité relative de 70% à 80 % (Des cuvettes remplis d'eau) et un rythme d'éclairage de 12h à 14h (**Rodhain & Pérez, 1985**). Les adultes sont introduits dans des cages de forme cubique, couverte de tulle et comportant sur le côté, un manchon de tissu, de 30 cm de long sur 18 cm de diamètre, pourvu d'un élastique au bout, pour permettre l'introduction de la main. Ils sont nourris de raisins secs (Coupés en deux, attachés à un fil en forme de grappe, fixé au plafond de la cage). A l'intérieur de la cage on dépose un récipient rempli d'eau pour la ponte des œufs (**Bendali–Saoudi, 1989**). Les adultes femelles ont besoin d'un repas sanguin pour la maturation des œufs. Cela a été assuré par l'introduction d'une petite cage comportant un lapin nouveau né, dans la grande cage d'élevage des moustiques (**Figure 36**). Les adultes destinés à l'étude systématiques seront tués par le froid et conservés dans de petits tubes, contenant un conservateur (Silica gel) et un morceau de coton et seront par la suite congelés, jusqu'à leurs identification (**Amara Korba et al., 2015**) (**Figure 36**).



Fig. 36: Méthode d'élevage des Culicidae (Photos Personnelles).

A: Récipients pour l'élevage larvaire.

B: Cage pour l'élevage des adultes.

C: Hématophagie assurée par un lapin.

D: Récupération des adultes émergées à l'aide d'un aspirateur à bouche.

E : Conservation des adultes dans le Silica gel.

2.2.1.8. Montage et identification

Seules les larves ayant atteint le quatrième stade font l'objet d'une identification fiable. Le montage proprement dit a pour but d'observer les spécimens sous microscope optique. Les larves de ce stade et d'un même gîte subissent baignades de 48 heures dans la solution du NaOH à 10% ou mettre dans l'alcool pour rendre la chitine transparente et détruire les tissus attachés aux cuticules, facilitant ainsi l'observation microscopique. Ensuite, les larves seront rincées trois fois à l'eau distillée et montées sur lames et lamelles, dans une goutte de glycérine et fixées par vernis d'ongle transparent afin d'être identifiées systématiquement (**Bendali-Saoudi, 1989**) (**Figure 37**).

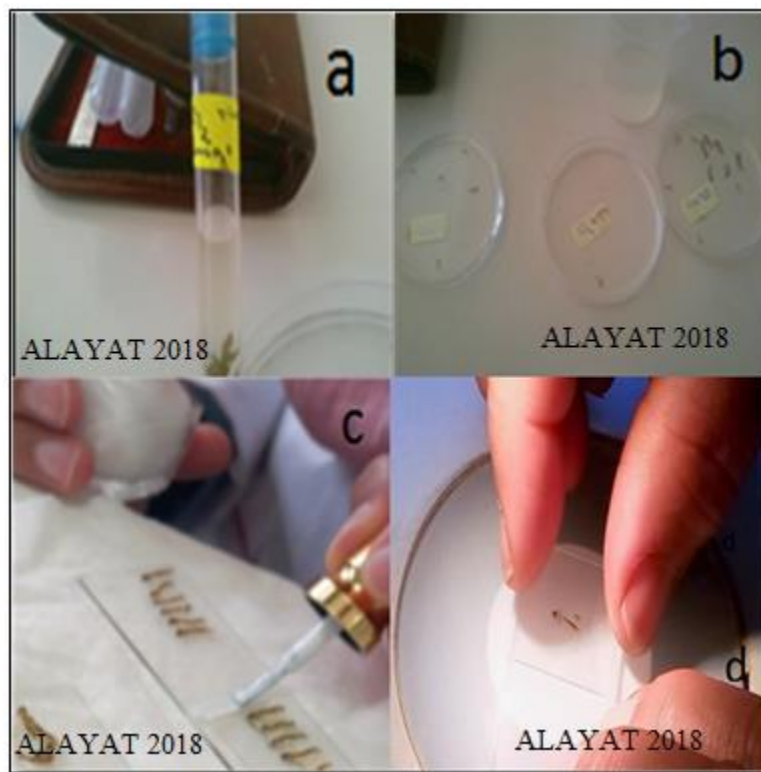


Fig. 37: Etapes de montage et d'identification (**Photos Personnelles**).

- A:** Les larves placées dans la solution de NaOH 10%. Pendant 4 jours.
- B:** Rinçage 3 fois avec l'eau distillée.
- C:** Etalement sur lame de la larve dans une goutte de glycérine.
- D:** Recouvrir le spécimen d'une lamelle.

Alors que le montage d'un moustique adulte se fait selon le protocole de la double épingle **Matile (1993)**: déposer une goutte de la colle sur une étiquette et placer le moustique sur sa face dorsale dans la goutte et à l'aide d'une fine épingle, séparer les ailes et les pattes; puis passer une épingle entomologique à travers l'étiquette, et la planter dans une plaque de

polystyrène. Les moustiques ainsi préparés seront observés sous la loupe binoculaire et l'identifiés, selon le logiciel d'identification des Culicidés d'Afrique Méditerranéenne (**Brunhes et al., 1999**) ; des clés dichotomiques celles de **Himmi et al., (1995; 2007)**. D'autre part, sur une seconde étiquette, on mentionne le genre et l'espèce, la date et la station de prélèvement (**Figure 38**).

L'identification systématique des différents taxons se basent sur un ensemble de critères et de descripteurs microscopiques très précis. L'identification de la femelle repose sur la morphologie externe: la répartition et la couleur des écailles, la structure de l'aile et celle de l'extrémité postérieure abdominale. La répartition des soies et des écailles sur le thorax permet la distinction des genres et des espèces. Chez les mâles, la structure morphologique et la chétotaxies de l'hypopygium sont nécessaires pour la détermination des genres et des espèces. Egalemeent, les larves du quatrième stade sont très utilisées pour l'identification spécifique. Ce dernier stade est doté d'une maturation morphologique et chétotaxique, permettant une classification fiable et la détermination des sous espèces, lorsqu'il s'agit d'espèce complexe (**Bendali-Saoudi, 1989**). Les structures d'identification ont été photographiées sous microscope avec appareil photo intégré (Leica) (**Figure 39**).



Fig. 38: Montage des Adultes.

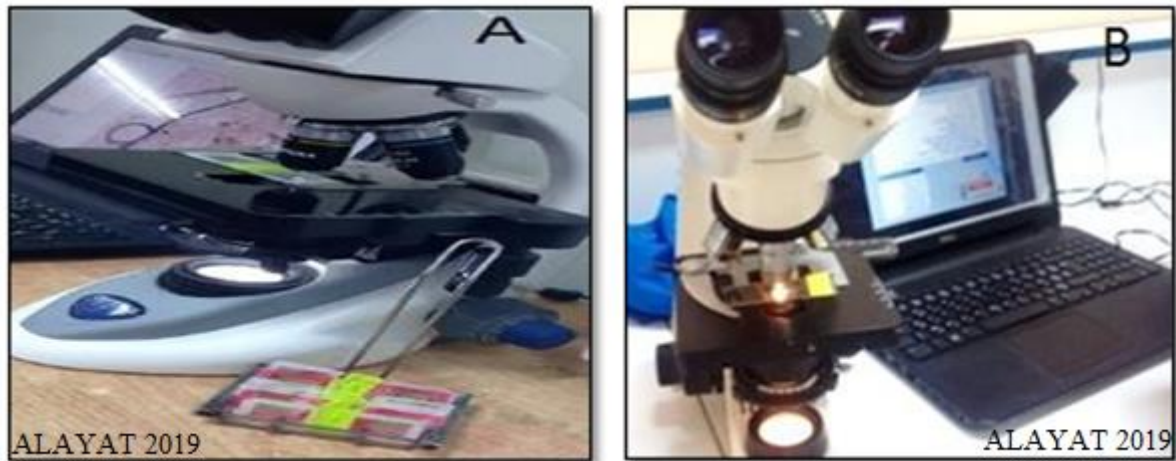


Fig. 39: Appareils utilisé pour l'étude systématique (**Photos Personnelles**).

A: Loupe binoculaire.

B: Microscope et appareil photos intégré.

2.2.3. Matériel végétal

2.2.2.1. Présentation d'*Artemisia campestris* L. 1753 (Armoise rouge)

Les feuilles de quatre espèces des plantes médicinales ont été utilisées dans cette étude: deux espèces de la famille Astéracées à savoir *Artemisia campestris* L et *Artemisia herba alba* A , la troisième plante appartient à la famille des Lamiaceae (*Rosmarinus officinalis* L.) et la dernière plante *Juniperus phoenicea* de la famille des Cupressaceae. Ces plantes ont été recueillies à partir de deux stations, de la région d'Oued-Souf. Ces plantes ont été choisies selon leurs propriétés pharmacologiques ; leurs utilisations traditionnelles ; leurs disponibilités sur terrain ; aspects botaniques, chimiotaxonomiques. De même l'absence de ces plantes à proximité des gîtes larvaires étudiés.

Artemisia campestris L (Armoise rouge)

Nom Vernaculaire : Dgouft, Alala.

Nom Anglais : Field wormwood.

Nom Français : Armoise chempêtre

Nom Latin : *Artemisia campestris* L. 1753

L'*Artemisia campestris* est un arbuste permanent à peine aromatique (Chalchat *et al.*, 2003). Selon Tutin *et al.*, (1976) c'est une espèce polymorphe et peut se trouver avec six sous espèces (Dip *et al.*, 2017a ; Bertella, 2019); (Figure 30). La Taxonomie de la plante selon Caratini en 1971 cité par Boudjouref, (2011), est classée comme suit :

Taxonomie: *Artemisia campestris* L. 1753

Règne: Planta
Sous règne: Tracheobionta
Embranchement: Spermatophyta
Sous- embranchement: Magnoliophyta
Classe: Magnoliopsida
Sous classe : Asteridae
Ordre: Asterales
Famille: Asteraceae
Sous famille : Asteroideae
Tribu : Anthemideae
Sous Tribu: Artemisiinae
Genre : *Artemisia*
Espèce : *Artemisia campestris* L. 1753



Fig. 40: *Artemisia campestris* L (Photo personnelle).

Description botanique : Cette plante est un sous-arbrisseau vivace, qui peut atteindre 30-150cm de hauteur, avec des tiges ramifiées et ascendantes, d'une forme panicale, elle est généralement brunâtre- rouge et glabre, et acquiert une forme lignifiée dans la partie inférieure et en hauteur. Les feuilles sont vertes, sereines lorsqu'elles sont jeunes, souvent glabres à maturité. Le

capitulum, ovoïde et hétérogame, contenant 8 à 12 fleurs, organisées sur un réceptacle convexe et glabre, et entouré de bractées glabres involucrales organisées en plusieurs rangs (Quezel & Santa, 1962; Okuda, 1983; Chalchat *et al.*, 2003; Ghanmi *et al.*, 2010). Les fleurs mâles sont tubulaires, jaunâtres, dépourvues de calice, de pétales fuselés et d'étamines (Mucciarelli *et al.*, 2002). Le fruit est un akène ovoïde dépourvu de Pappus (Mansour, 2014).

Phytothérapie : Cette plante possède un large éventail d'utilisations à savoir d'antioxydant, antibactérien, antifongiques, insecticide, anti-inflammatoires, antihelminthiques, anti-venins, antimutagène, antitumorale et analgésiques (Akrouit *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2011; Ghilissi *et al.*, 2016; Dib *et al.*, 2017a; Bertella, 2019). La partie aérienne est utilisée dans le traitement de brûlures, de la diarrhée, les morsures de serpent, les piqûres de scorpions, l'eczéma, la gastroentérite, la dysenterie, le rhumatisme, elle est également utilisée pour traiter les infections urinaires, la fièvre la toux et les problèmes menstruels (Dob *et al.*, 2005 ; Ben Sassi *et al.*, 2007). Les fleurs d'*Artemisia campestris* ont été utilisées comme agent hypoglycémique, dépurative, anti lithiasique, ainsi que pour le traitement de l'obésité et pour diminuer le taux de cholestérol (Soliman, 2006).

Composition chimique: Il a été rapporté que le genre *Artemisia* est riche en métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les acides cafféoylquinic, les coumarines, les huiles essentielles, les stérols et les acétylènes (Kundan & Anupam, 2010). Selon Derradji-heffaf, (2013), l'analyse chimique des huiles essentielles de l'armoise rouge montre la dominance des monoterpènes avec une proportion de 62,11%, suivie par les sesquiterpènes avec 9,1% et les monoterpènes et les sesquiterpènes oxygénés avec 3 % pour chaque composé.

2.2.2.3.Présentation d'*Artemisia herba Alba* Asso 1779

La nomenclature a été citées par plusieurs auteurs Quezel & Santa, (1963); Segal *et al.*, (1987) :

Noms vernaculaires : Chih.

En Français : Armoise blanche.

En Arabe : Chih, Gaisoum, Chih korassani.

En Anglais : Desert wormwood

Nom scientifique : *Artemisia herba Alba* Asso 1779

C'est une plante connue depuis des millénaires, l'armoise blanche et en arabe sous le nom de « Chih » de la famille des Astéracées, pousse généralement en touffes de tailles réduite, a été décrite par l'historien grec Xénophon au début du IV siècle avant J-C, dans les steppes de la mésopotamie. Elle a été ensuite répertoriée en 1779 par le botaniste espagnol Ignacio Claudio

de Asso y del Rio. C'est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail, elle présente une odeur caractéristique d'huile de thymol et un goût amer d'où son caractère astringent (Eloukili, 2013) (Figure 31).

Taxonomie : *Artemisia herba Alba* Asso 1779

Règne : Plantae.
Sous-règne : Tracheobionta.
Division : Magnoliophyta.
Classe : Magnoliopsida.
Sous-classe : Asteridae.
Ordre : Asterales
Famille : Asteraceae.
Sous-famille : Asteroideae.
Tribu : Anthemideae.
Sous-tribu : Artemisiinae.
Genre : <i>Artemisia</i>
Espèce : <i>Artemisia herba Alba</i> (Asso)



Fig. 41: *Artemisia herba- alba* Aso (Photos personnelles, 2019).

Description botanique : C'est une plante herbacée à tiges ligneuses, ramifiées et tomenteuses de 30 à 50 cm de long. Les feuilles sont courtes, sessiles, pubescentes et argentées (Quezel & Santa, 1962). La floraison de cette espèce débute le plus souvent en Juin mais les fleurs se développent essentiellement à la fin de l'été. L'Armoise blanche est une plante spontanée très répandue en Afrique du Nord, elle couvre près de six millions d'hectares des steppes Algérien (Eloukili, 2013). Elle existe dans les bioclimats allant du semi-aride jusqu'à saharien. Elle

semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans les régions d'Hiver chaud à frais. Dans le Sud, cette plante pousse sur les sols bruns steppiques de texture moyenne et en extrême Sud sur les sols sableux, et résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux de salinité modérément élevés (Nabli, 1989). Accompagnée de l'alfa « *Stipa tenacissima* », elle couvre souvent de très grandes superficies dans les hauts plateaux. Elle constitue un moyen de lutte contre l'érosion et la désertification (Pouget, 1989; Ayad *et al.*, 2013). *Artemisia herba alba* Asso a été utilisée, tout d'abord, comme aromatisant dans certaines boissons comme le thé ou le café, mais, son usage dans l'industrie alimentaire reste très limité à cause de la toxicité de la bêta thujone dont le taux ne doit pas dépasser 5mg/kg (Bendjilali *et al.*, 1984; Bezza *et al.*, 2010).

Phytothérapie : L'armoise blanche est une véritable panacée. Recommandé dans les troubles gastriques, le décocté des parties aériennes sont efficaces dans les cas de ballonnement intestinaux, de pyrosis, d'aérophagie et de constipation, soit essentiellement en cas des maladies du tractus digestif. Depuis longtemps, l'*Artemisia herba alba* a été reconnue par les populations pastorales et nomades pour ses vertus purgatives. On l'utilise notamment comme vermifuge chez les ovins (Nabli, 1989). En Irak l'armoise préparée avec le thé constitue l'une des formes d'automédication contre le diabète (Al-Waili, 1986). Elle est conseillée pour les affections du foie; le décocté de feuilles est bu à jeun suivi d'un verre de l'huile (Bouraoui, 2003). *Artemisia herba alba* est utilisée comme anti diarrhée, contre les crampes abdominales, et pour curatif des blessures externes (Feuerstein *et al.*, 1986). Elle est utilisée contre le diabète et l'ictère (Marrif *et al.*, 1995; Bertella, 2019). Elle est recommandée pour des désordres neurologiques (Salah *et al.*, 2005).

Composition chimique : De nombreuses études chimiques ont révélé que la partie aérienne d'*Artemisia herba Alba* ainsi que le genre *Artemisia* est riche en métabolites secondaires tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les sesquiterpènes lactones, les tanins, les huiles essentielles (Kundan & Anupan, 2010; Amor, 2010; Al-wahibi *et al.*, 2018). Plusieurs métabolites secondaires ont été isolés et identifiés de l'*Artemisia herba Alba* dont les plus importants sont les sesquiterpènes lactones tels que les Eudes monoïdes et les germacranolides (Messai *et al.*, 2008). Les flavonoïdes détectés dans l'armoise montrent aussi une diversité structurale allant des flavonoïdes communs (Flavones glycosides & Flavonols) jusqu'aux flavonoïdes méthyles qui sont très inhabituel. Les flavonoïdes glycosides comprennent les O-glycosides tels que quercitine-3-glucoside et des flavones C-glycosides qui sont rares dans le genre *Artemisia*, ainsi que dans l'ensemble des Astéracée. En plus des sesquiterpènes lactones

et des flavonoïdes l'analyse phytochimique a montré que la composition des huiles essentielles de l'*Artemisia herba Alba Asso* est riche en mono Terpènes, Sesquiterpène, Santonines tel que 1,8-cineole, Chrysanthenone, Chrysanthenol, α/β -thujones, α -pinène et Camphor (**Abou El-Hamd et al., 2010; Zaim et al., 2012**).

2.2.2.3. Présentation de la plante *Rosmarinus officinalis* L. 1753.

Le romarin est une plante très connue, c'est un arbrisseau vivace qui appartient à la famille de lamiacées (**Figure 42**). La taxonomie de la plante donnée par **Quezel & Santa, (1963)** et la Nomenclature citée par **Beloued, (2014)**:

Nom Targui ou Berbere : Lazir, Iklil Aljabal, ouzbir, touzala.

Nom Vernaculaire Arabe : Klil, Hatssa louban, hassalban

Nom Anglais : Rosemary

Nom Français : Romarin Officinal, Rose Marine, encensier, herbe aux couronnes

Nom Latin : *Rosmarinus officinalis* L. 1753

Taxonomie : *Rosmarinus officinalis* L. 1753 selon **Quezel & Santa, (1963)**

Règne : Plantae.
Embranchement : Spermaphytes
Sous-embranchement : Angiospermes
Classe : Dicotylédones
Sous-classe : Gamopétales
Ordre : Tubi florales
Sous-ordre : Lamiales
Famille : lamiacées
Genre : <i>Rosmarinus</i>
Espèce : <i>Rosmarinus officinalis</i> L

Description botanique : Sous-arbrisseau touffu, xérophyte, fortement rameux et vert et toujours vert, à racine pivotante, à tiges ligneuses, généralement érigées, pouvant atteindre jusqu'à 2 m de haut (**Blot et al., 2012**). Les feuilles, portées par des rameaux subarrondis, sont opposées et sessiles, étroites et lancéolées, de 4 cm de long sur 5 mm de large ; leur port est raide, leur texture dure et coriace, leur limbe épais, cassant, vert foncé sur la face supérieure et

chagriné, blanchâtre car finement tomenteux sur la face inférieure ; ses bords sont enroulés sur le dessous et la nervure médiane est saillante (**Evenari et al., 1980**). Les fleurs sont regroupées en petites grappes axillaires terminales, disposées à l'aisselle des feuilles ; le calice bilabié a la forme d'une clochette ovale et duveteuse. Le fruit est un tétramère lisse et globuleux, brun foncé, de 2,3 mm de long, La floraison a lieu de mai à juillet (**Eberhard et al., 2005**). On trouve le romarin dans Le sud de l'Europe, notamment les régions côtières de la mer Méditerranée : l'Espagne, le sud de la France, l'Italie, la Grèce, la Turquie, le Maghreb du Maroc à la Tunisie, ainsi que les régions du Caucase (**Evenari et al., 1980**). Le romarin se développe sur les sols calcaires des collines de faible altitude et des garrigues en particulier en France et Afrique du Nord (**Ravn et al., 1987**). Elles sont surtout des plantes méditerranéennes (**Carrubba et al., 2006**), qui ne se rencontrent dans la région présaharienne et dans l'étage supérieur du Hoggar, sauf les trois espèces *Marrubium deserti*, *Salvia aegyptiaca* et *Teucrium polium* qui sont plus largement répandues (**Ozenda, 1977**).



Fig. 42: *Rosmarinus officinalis* L (Photo personnelle).

Phytothérapie : Depuis l'Antiquité, il est employé pour améliorer et stimuler la mémoire. Encore aujourd'hui, en Grèce, les étudiants en font brûler dans leurs chambres en période d'examens. Le romarin est en effet considéré comme une plante tonique, revigorante stimulante : autant de vertus que reflète sa saveur aromatique bien particulière (**Swadesh, 2001**). Elle est composée de puissantes huiles essentielles qui lui confèrent des propriétés : digestive, stimulante, détoxiquante, diurétique, expectorante, anti-inflammatoire, antispasmodique, antinévralgique, antivirale, antibactérienne, antifongique, anti-carcinogène, tonique (**Aruoma et al., 1996; Sacchetti et al., 2005; Zermane, 2006; Boutabia et al., 2007**). Le romarin est recommandé aux convalescents, aux surmenés, aux dépressifs, de même qu'aux personnes sujettes aux palpitations, aux migraines, aux angoisses et aux insomnies (**Zhiri & Baudoux,**

2006). Il est également bienfaisant dans les cas de digestion difficile due à l'atonie des organes digestifs, qu'il tonifie tout en augmentant la sécrétion de la bile et en favorisant son évacuation. On l'utilise également en fumigation, dans les cas d'asthme. Le romarin a été utilisé il y a des milliers d'années pour conserver les viandes. En usage traditionnel ses feuilles sont utilisées en tisanes ainsi que sur les blessures et les plaies, pour soigner les aphtes et l'amygdalite avec des bains de bouche d'une décoction de feuille. Soulager les rhumatismes, avec un bain auquel on ajoutera une décoction de feuilles de romarin (Blanc, 2010; Dougnon, 2016).

Composition chimique : Le romarin est riche en principes actifs. Il contient des flavonoïdes, des acides phénols, notamment l'acide rosmarinique (2 à 3 %), (Bérenge *et al.*, 2000). Les feuilles de romarin contiennent de la résine, de tanin, une substance amère et environ 1.50 % d'une essence spéciale à odeur aromatique, saveur chaude et camphrée, de cinéole et de camphre ordinaire (Perry, 1999 ; Loughégnon, 2015) a découvert les huiles essentielles, les gommes et les mucilages, les tanins, les alcaloïdes, les nectars, etc.

2.2.2.4. Présentation de la plante *Juniperus phoenicea* L. 1753

Cette plante est un arbuste indigène de la région méditerranéenne (Bonnier & Douin, 1990; Derwich *et al.*, 2011). C'est une espèce qui appartient à la section Sabina, la famille des Cupressaceae, du genre *Juniperus*. Elle est très variable, caractérisée par la présence de variations morphologiques, biochimiques et moléculaires, dont on distingue trois sous espèces: *J. phoenicea subsp phoenicea*, *J. phoenicea subsp eu-mediterranea* et *J. phoenicea var. turbinata* (Mazur *et al.*, 2003; Adams *et al.*, 2002; Mélanie *et al.*, 2006) (Figure 43).

Nomenclature de la plante (Dane, 2015.)

Nom vernaculaire: Arârlahmar

Nom anglais: *Phoenician juniper* *Phoenician Cedar*, Berry Bearing Cedar

Nom français: Genévrier de *phénicie*, Genévrier rouge

Nom latin: *Juniperus phoenicea* L. 1753

Nom kabyle: taqa (tawrirt plus rarement)

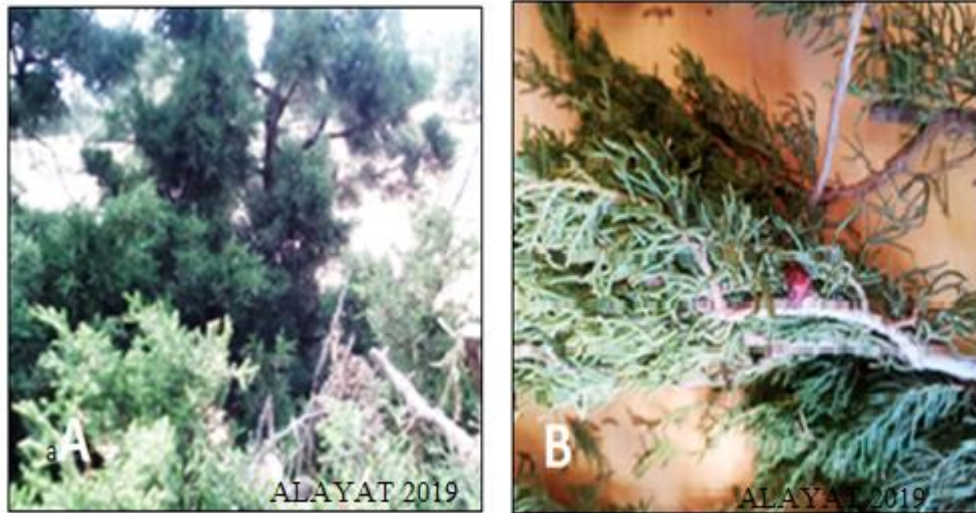


Fig. 43: Aspect général du *Juniperus phoenicea* (Photos Personnelles).

A: Feuilles.

B: Fruits.

Taxonomie : Classification botanique de *Juniperus phoenicea* L. 1753 selon Haluk & Roussel, (2000).

Règne: Plantae
Sous règne :Tracheobionta
Embranchement : Spermatophytes
Sous Embranchement : Gymnospermes
Classe : Pinopsida
Ordre :Pinales
Famille : Cupessaceae
Genre : <i>Juniperus</i> L
Espèce : <i>Juniperus phoenicea</i>

Description botanique : *Juniperus phoenicea* (Genévrier de Phénicie, « Arâar »), Arbuste pouvant atteindre 8 m, à rameaux brun rougeâtre écailleux (Baba Aissa, 2011); bourgeons nus, ramules cylindriques (Jamaleddine, 2010). Les feuilles persistant non piquant, aromatique, gris vert, glauque pourvu sur le revers de deux bandes de stomates plus foncées que la partie médiane (Anonyme, 2007). Elles sont presque toutes squame formes, en écailles très petites et

courtes, à bords cartilagineux finement denticulés, serrées contre les rameaux, le plus souvent imbriquées sur 4 ou 6 rangs (**Belkacem, 2015**). La Floraison est à la fin de l'hiver au printemps (Février-Avril) (**Louis et al., 2010**). C'est une espèce dioïque ; les fleurs mâles sont groupées en chatons d'écailles portant des sacs polliniques sur leur face inférieure, les fleurs femelles sont groupées dans un cône contenant les ovules (**Belkacem, 2015**). *Les fruits* globuleux gros de 10 à 15 mm de diamètre, rougeâtres et luisants à maturité (impropres à la consommation : toxiques, réservée à l'usage externe) (**Baba Aissa, 2011**), mettant deux ans pour mûrir. Un kilogramme de cônes donne 5000 graines (**Boudy, 1950**). *Le tronc* : est droit, l'écorce brun rougeâtre, le système racinaire est profond. Gris brun, étalé et dressé Longévité : Jusqu'à 1000 ans. (Croissance très lente). *Juniperus phoenicea L* est une espèce qui se trouve dans les différentes régions du Monde. En Afrique du Nord, il pousse en Algérie, au Maroc, en Tunisie ainsi qu'en l'Egypte (**Maatooq et al., 1998; Derwich et al., 2010**), où en Algérie cette espèce occupe les dunes maritimes en Oranie, les montagnes les plus sèches où il constitue des matorrals dans les Aurès et l'Atlas saharien. Elle peut se développer dans les fissures des roches (**Rameau et al., 2008**), collines et basses montagnes sèches et ensoleillées (Espèce héliophile). Peu exigeante, elle s'accroche parfois aux roches et abrupte. Elle devient de plus en plus rare sous l'effet de son exploitation abusive (son bois est très recherché comme combustible et fournit un charbon très apprécié) (**Kerbouche, 2010**).

Phytothérapie : Le *Juniperus phoenicea L* occupe une place très importante dans la pharmacopée traditionnelle du Nord de l'Afrique (**Lahsissene et al., 2009; Benkhniqie et al., 2014, Benlamdini et al., 2014**), la première utilisation enregistrée de cette plante était en Egypte vers 1500 Avant JC (**Al Groshi et al., 2018**). Dans la médecine populaire algérienne. Ces feuilles sont utilisées sous forme de décoction pour traiter le diabète, la diarrhée et les rhumatismes. Le mélange de feuilles et de baies de cette plante est utilisé comme agent hypoglycémique oral, alors que les feuilles sont utilisées contre les maladies broncho-pulmonaires (**Achak et al., 2008; Dob Dahmane & Chelghoum, 2008**). Les cônes, les rameaux, mais surtout les jeunes pousses préparées en infusion ont des effets diurétiques, stomachiques et digestifs (**Bellakhder, 1997; Barrero et al., 2004**), alors que les fruits séchés et réduits en poudre peuvent guérir les ulcérations de la peau et les abcès (**Uphof, 1968; Hagar, 1979; Le Floch, 1983; Qnais et al., 2005**). Cette plante présente plusieurs activités biologiques : anti-inflammatoire, antiviral, expectorant, sédatif, herbicide, insectifuge, anti

Hépatotoxique, antibactérien, antifongique, anti-appétant intéressant contre un insecte des denrées stockées (*Trifolium confuse.*) et aromatisant (Duke, 1998; Aboul-Ela *et al.*, 2005; Bouzouita *et al.*, 2008).

Composition chimique: Les investigations chimiques réalisées sur *J.Phoenica* dans différentes régions de part et d'autre du bassin méditerranéen, telles que l'Espagne, le Portugal et la Grèce (Adams *et al.*, 1996; Cavaleiro *et al.*, 2000), la Corse (Rezzi *et al.*, 2001), la Tunisie (Bouzouita *et al.*, 2008; Nasri *et al.*, 2011; Medini *et al.*, 2006), l'Égypte (Afifi *et al.*, 1992; El-sawi *et al.*, 2007) et l'Arabie Saoudite (Dawidar *et al.*, 1991), la Libye (Hamad & Aisha 2017) l'Algérie (Menaceur *et al.*, 2013; Dane *et al.*, 2015), ont indiqué que le constituant majeur dans ses huiles est le : α -pinène, suivi des mono terpènes oxygénés tels que, α -terpinylacétate, δ -3-carène, Myrcène, α - phellandrène et β -phellandrène.

2.2.2.5. Enquête ethnobotanique sur les plantes étudiées (testées)

Il y a environ près de 240 000 à 300 000 espèces de plantes à fleur sur terre. Cependant moins de 10% de ces espèces ont été étudiés, pour leurs propriétés pharmacologiques (Diallo, 2000; Anthony *et al.*, 2005). L'enquête ethnobotanique s'avère indispensable pour la connaissance des plantes médicinales et leurs utilisations. Une vaste connaissance de la façon d'utiliser les plantes, contre les différentes maladies est fort envisageable, dans les zones où l'utilisation des plantes est toujours de grande importance. Une centaine de personnes de différentes catégories de la population ont été choisie d'une façon aléatoire, dans la région d'Oued Souf (Région d'étude), afin de rassembler le maximum d'information, concernant les différents usages des plantes étudiées. Cette étude ethnobotanique est effectuée à l'aide d'un questionnaire de l'enquête se divise en deux parties permettant de récolter des informations portant sur la personne (utilisateur), et sur les plantes médicinales (utiles).

1. L'informant : Age, sexe, situation professionnelle, niveau d'étude.

2. L'information sur les plantes médicinales : (Nom des plantes : nom vernaculaire ; Partie utilisées: tiges, racines, feuilles, graines, parties aériennes; mode de préparation, décoction, macération, infusion; les maladies traitées. Une fiche d'enquête a été établie sous forme de questionnaire avec 18 questions en Arabe et en Français (Formulaires des fiches questionnaires **Annexe 01**). L'étude a été menée dans les stations suivantes (**Figure 46**) :

Daïra de Hassani Abdel Karim: Cette station est située à 14km au chef-lieu de la Wilaya d'Oued Souf: (33°30'30.51"N; 6°54'14.06 "E), couvrant une superficie de 58 km² et compte 22,755 Habitants, se trouve à 62m d'altitude. C'est une commune régionale subordonnée à la Daïra de Debila dans la Vallée d'El- Oued, limitée au Nord par Sidi Aoun et Debila au Sud, la commune d'El Oued à l'Est et la commune de Tarifaoui, à l'Ouest (Douiche, 2014 ; Aniref, 2020), (**Figure 46**). Les critères retenus pour le choix des sites sont: Les conditions climatiques

favorables au développement des plantes étudiées, ainsi que les deux espèces choisies (*Rosmarinus officinalis* L & *Juniperus phoenicea*) sont les plus abondantes dans cette région (Figure 44).



Fig. 44: Station d'échantillonnage des plantes (*Rosmarinus officinalis* & *Juniperus phoenicea*) dans la région Hassani-Abdelkarim

Daira de Hassi Khalifa (33°33'44"N; 6°59'25"E) : La daira de Hassi-Khalifa est l'une des 12 daïras de la Wilaya de Oued-Souf. Elle est située à 30km à l'Est de la ville et à 50km de la frontière Tunisienne, couvrant une superficie de 1 586 km² et compte 40 041 habitants, et se trouve à 48m d'altitude. Elle est limitée au Nord par la commune de Muqurinau et au Sud par la terre désertique aride à l'Ouest par la commune de Debila et à l'Est par Talib Al-Arabi (Figure 46), (O.N.R.G.M, 1999; Aniref, 2020).

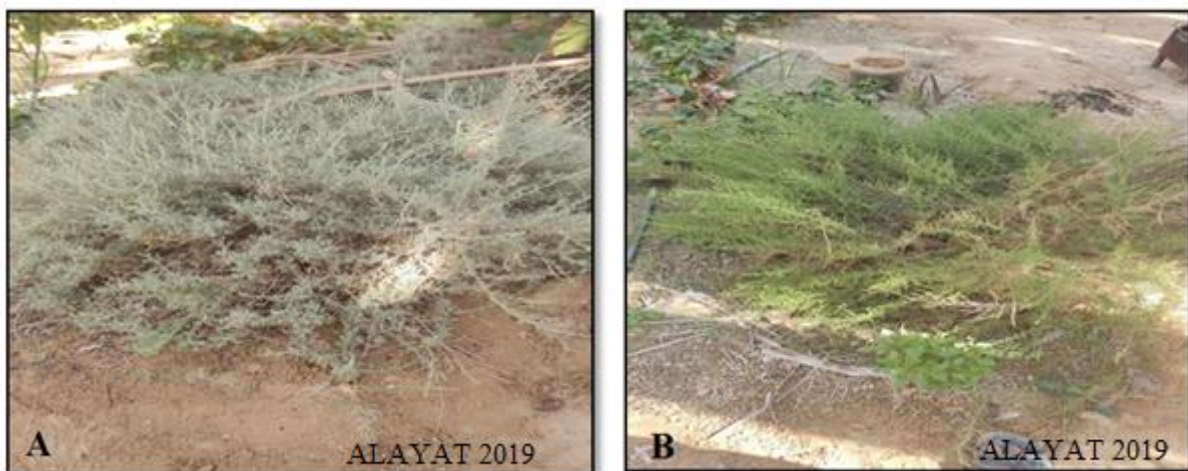


Fig. 45: Station d'échantillonnage des plantes (*Artemisia campestris* & *Artemisia herba-alba*) au niveau de Hassi-Khalifa

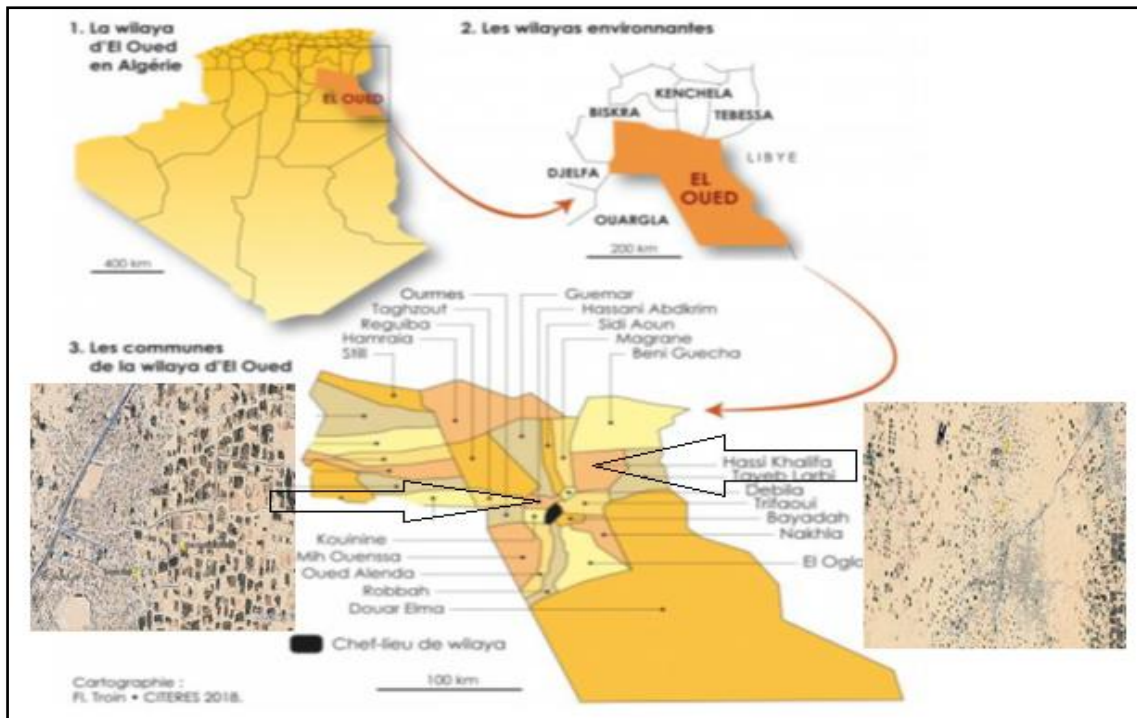


Fig. 46: La localisation des stations d'échantillonnage des plantes dans le Sud-est Algérien (Hassani-Abdelkarim & Hassi-Khalifa Oued-Souf). (Citeres, 2018; Google Earth, 2019).

2.2.3. Etude toxicologique des plantes

2.2.3.1. Récolte, Séchage et Broyage des plantes:

En fait la récolte des quatre plantes a été réalisée durant deux saisons en Automne et en Hiver. *Artemisia campestris* a été récoltée au niveau de la commune de Hassi Khalifa et *Artemisia herba Alba*; *Juniperus phoenice* et *Rosmarinus officinalis* ont été récoltées au niveau de la région de Dhikr de la commune de Hassani Abdel Karim. Les feuilles et les fleurs ont été étalées sur du papier et séchées à l'air libre à l'abri de la lumière et de l'humidité, pendant une semaine à 15 jours. Pour la préparation des extraits méthanoliques et aqueux, les feuilles ont été broyées à l'aide d'un mortier et un mixeur électrique, puis tamiser jusqu'à l'obtention d'une poudre extrêmement fine (**Figure 47**).

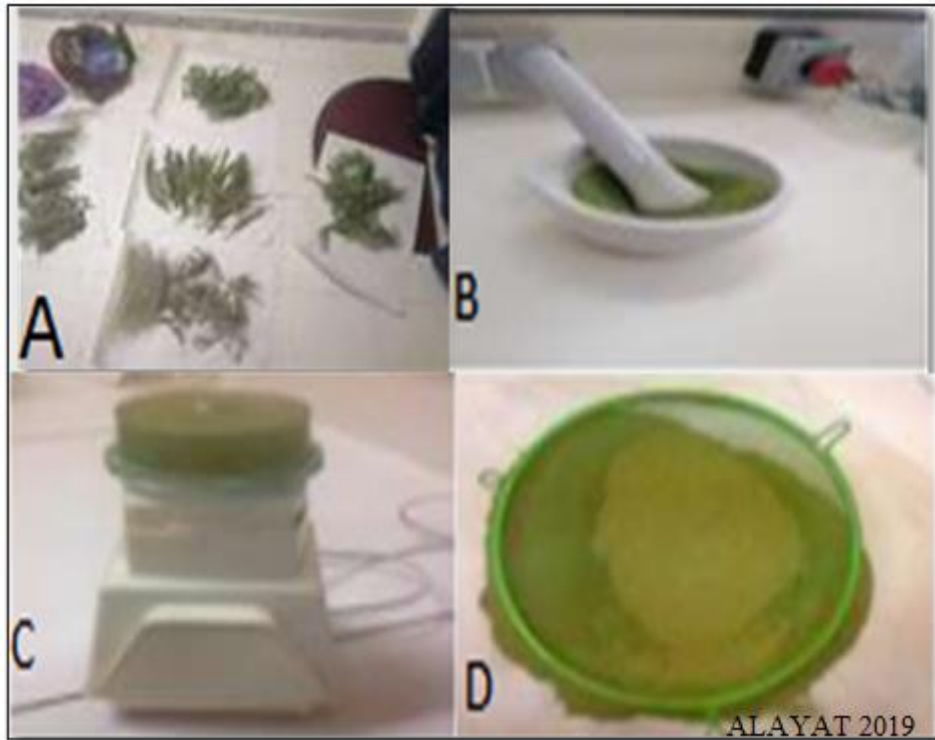


Fig. 47: Séchage & Broyage des plantes.

2.2.3.2. Préparation de l'extrait méthanoliques et bio-essai :

L'extrait méthanolique des quatre plantes a été préparé à partir de 20 g de poudre de feuille macérer dans 200 ml de méthanol puis agiter (A l'aide d'un agitateur magnétique pendant 24 h). Ensuite la solution a été filtrée sur papier filtre deux fois successives et le solvant a été récupéré du filtrat par évaporation dans un rota-vapeur sous une température de 45°C. Les résidus ont été mélangés avec le Tween 80. Une fois les extraits méthanoliques (E.Md) obtenues, seront conservés dans un flacon en verre couvert avec du papier d'aluminium, disposés dans un réfrigérateur pour éviter toute dégradation due à l'action de l'air et de la lumière (**Figure 48**).

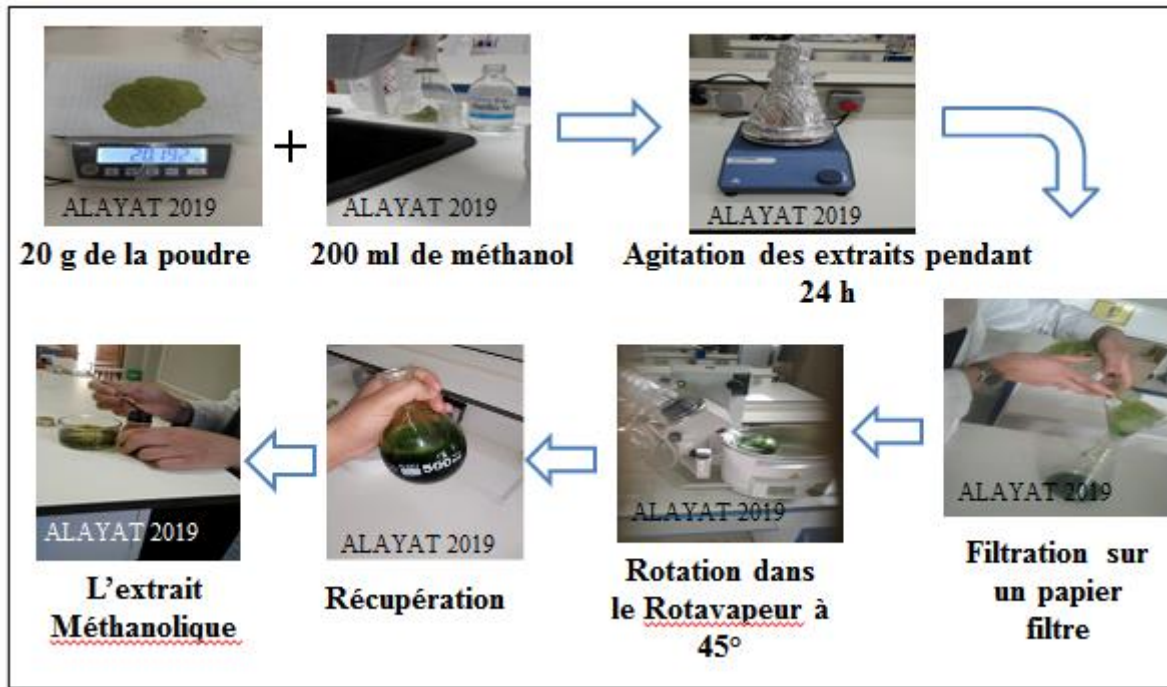


Fig. 48: Préparation des extraits méthanoliques.

Calcul du rendement : Le rendement de la plante est le rapport entre le poids de l'extrait et le poids de la plante à traiter (Carré, 1953). Le rendement est exprimé en pourcentage calculé par la formule suivante :

$$Rd = \frac{PE}{PA} \times 100$$

Où :

R d : Rendement de l'extrait en pourcentage

PE : Poids de l'extrait en gramme

PA : Poids de la plante en gramme

Test de toxicité des extraits méthanoliques à l'égard des larves de *Culiseta longiarolata* & *Anopheles sergentii sergentii*: La méthodologie des tests de toxicité a été adoptée de la technique des tests de sensibilité normalisés par l'Organisation Mondiale de la Santé, pour tester la sensibilité des insecticides utilisés dans la lutte vis-à-vis les larves de moustiques (OMS, 1963).

Protocole d'expérimentation: Pour chaque plante étudiée, on a utilisé 12 récipients en plastique, de 10cm de diamètre et de 500ml de contenance, 3 répétitions et un témoin, ont été utilisées pour chacune des 3 concentrations testées (C1= 12.5 ml/L; C2 = 30ml/L et C3=40ml/L]. On a introduit dans chaque récipient 20 larves du quatrième stade (L4) et 100 ml d'eau de gîte. On a ajouté par la suite la concentration déterminée de l'extrait méthanolique, puis compléter avec de l'eau pour obtenir le volume de 100ml pour chaque récipient. Les taux de mortalité ont été évalués après 24h; 48h & 72 h (**Figure 49**). Les différentes doses létales CL10; CL50 & CL90 ont été évaluées pour chaque temps.



Fig. 49: Tests de toxicité de l'extrait méthanolique sur les larves de moustiques

2.2.3.3. Préparation des extraits aqueux et bio-essaie :

L'extrait aqueux des quatre plantes a été préparé à partir de la poudre des feuilles de chaque plante testée. On a pesé 100 g de poudre introduite dans 1L d'eau distillée préalablement portée à ébullition, puis laisser refroidir avec agitation pendant 15 min. Ensuite la solution obtenue est filtrée deux fois à l'aide du papier filtre (Papier Wattman 3 mm). Les filtras passer au rota-vapeur sous une température de 60°C pour l'évaporation et la récupération des résidus. Ces derniers ont été récupéré graduellement avec l'eau distillée, pour donner l'extrait aqueux, une fois les extraits aqueux obtenues, seront conservés dans un flacon en verre, couvert avec du papier d'aluminium et conservé au réfrigérateur pour éviter toute dégradation exercé par l'air et la lumière, jusqu'au moment de son utilisation dans les tests (**Nene et al., 2008**); (**Figure 50**).



Fig. 50 : Préparation des l'extraits aqueux.

Calcul du rendement: Le rendement de la plante en extraits est le rapport entre le poids de l'extrait et le poids de la plante à traiter (Carré, 1953). Le rendement est exprimé en pourcentage a été calculé par la formule suivante:

$$Rd = P_E/P_A \times 100$$

Où

R d: Rendement de l'extrait en pourcentage

P_E: Poids de l'extrait en gramme

P_A: Poids de la plante en gramme

Test de toxicité des extraits aqueux des quatre plantes à l'égard des larves de *Culiseta longiariolata* & *Anopheles sergentii sergentii* : La méthodologie des tests de toxicité a été inspirée de la technique des tests de sensibilité normalisés par l'Organisation Mondiale de la Santé, adopté pour tester la sensibilité des insecticides utilisés dans la lutte vis-à-vis les larves de moustiques (OMS, 1963)

Protocole d'expérimentation : À partir du filtrat récupéré de chaque préparation des quatre plantes (*Artemisia campestris*; *Artemisia herba alba*; *Rosmarinus officinalis* & *Juniperus phoenicea*) cinq concentrations (10 ml/L; 20 ml/L; 30 ml/L; 40 ml/L & 50 ml/L] ont été testées sur les larves du quatrième stade larvaire. Les tests ont été réalisés selon le même protocoldans citées précédemment. Trois répétitions ont été effectuées, avec les témoins associés. Les taux de mortalité ont été évalués après 24h, 48h & 72 h (Figure 51). Les concentrations létales CL10,

CL50 & CL90 ont été calculées selon les temps de l'expérimentation, les quatre plantes utilisées et les deux espèces testées.

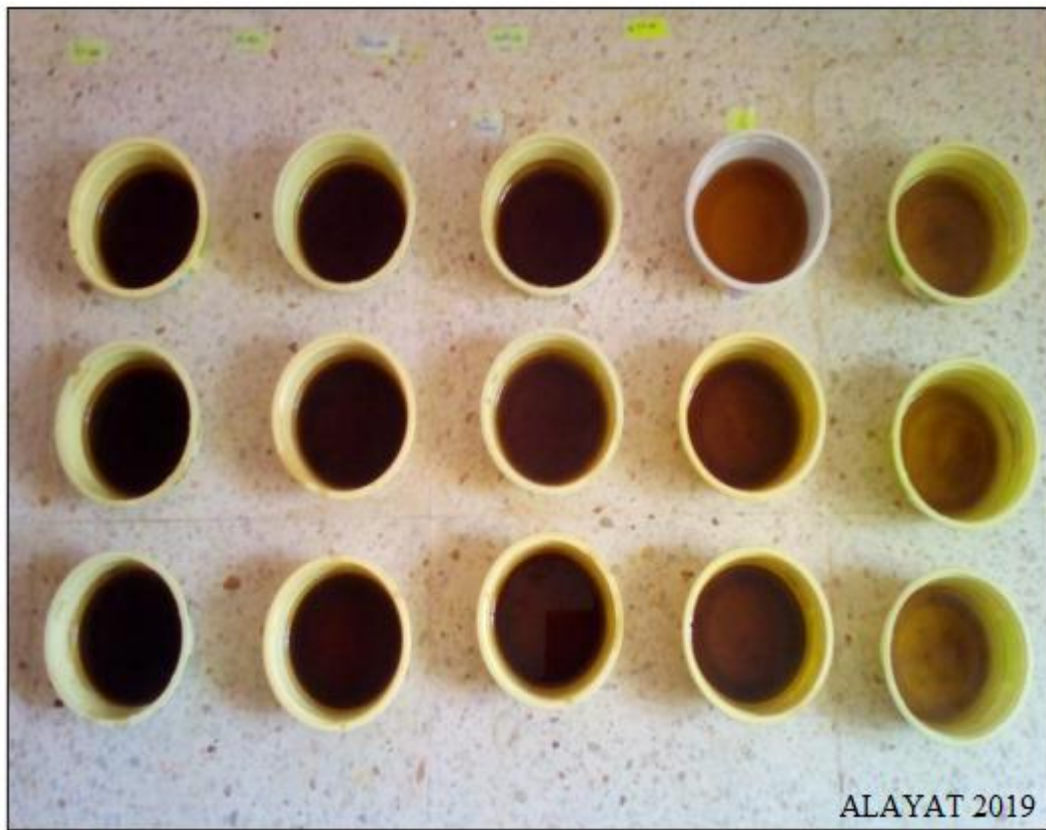


Fig. 51: Tests de toxicité sur les larves de moustiques (2019).

2.2.3.4. Préparation des huiles essentielles et bio-essai :

Les huiles essentielles (HE) ont été isolées par hydro-distillation. En utilisant un appareillage de type Clevenger, l'extraction a duré presque 3 heures pour un mélange de 50 g de matériel végétal sèche seule plante étudiée avec 600 ml d'eau distillée, l'ensemble est ensuite porté à ébullition, le ballon surmonte d'une colonne de 60 cm de longueur reliée à un réfrigérant. Les vapeurs chargées d'huile et qui traversent le réfrigérant, se condensent. L'eau et l'huile se séparent par différence de densité. Les huiles essentielles recueillies seront récupérées et stockées à 4° C à l'obscurité dans un flacon approprié, hermétiquement fermé et couvert d'une feuille d'aluminium, pour la préserver de l'air et de la lumière. La quantité d'essence obtenue est pesée pour le calcul du rendement. (Benyoucef *et al.*, 2005); (Figure 52).

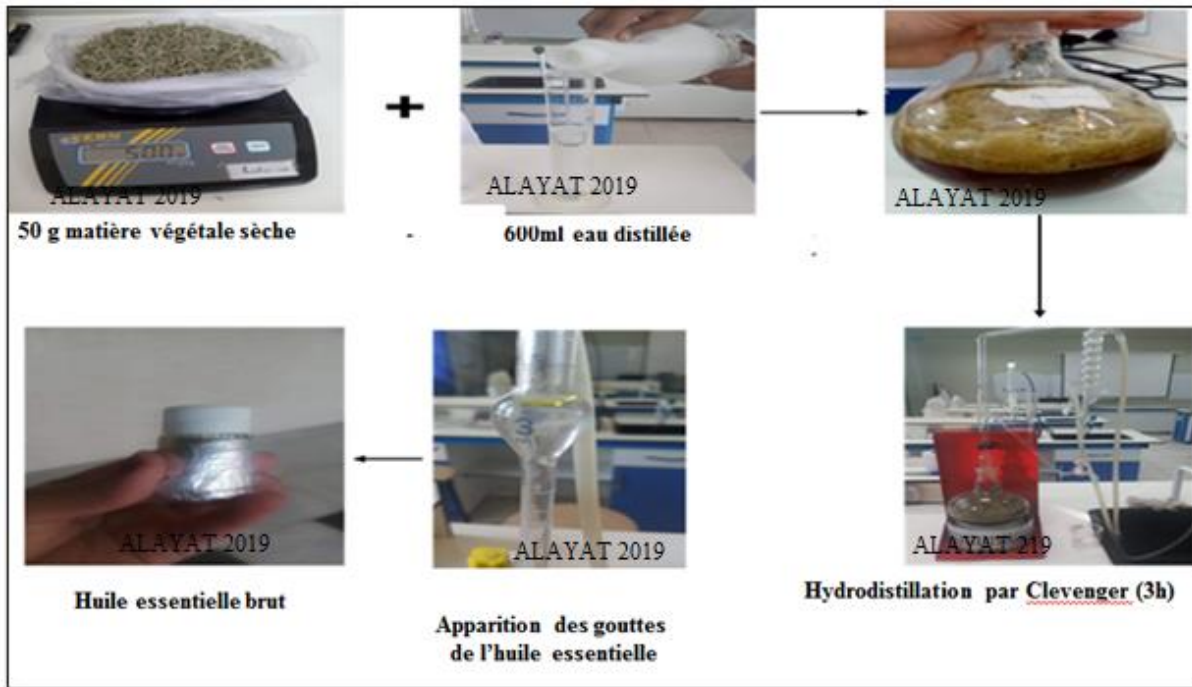


Fig. 52: Extraction des huiles essentielles

Calcul du rendement : Le rendement en H.E est défini comme étant le rapport entre la masse d'H.E obtenue après l'extraction (M') et la masse sèche du matériel végétal utilisée (M) (Afnour, 1986). Le rendement est évalué à partir de n extractions selon la plante, est exprimé en pourcentage, il est donné par la formule suivante :

$$R d \% = (M' / M) *$$

Où

Rd: Rendement de l'extrait en pourcentage.

M': masse de l'huile essentielle obtenue en gramme.

M: masse de la plante utilisée en gramme.

Test de toxicité des huiles essentielles de quatre plantes à l'égard des larves de *Culiseta longiariolata* et *Anopheles sergentii sergentii* : Le protocole des tests de toxicité a été inspiré des techniques des tests de sensibilité normalisées par l'Organisation Mondiale de la Santé. Cette technique a été adoptée, pour tester la sensibilité des insecticides utilisés dans la lutte anti larvaire des moustiques (OMS, 1963).

Préparation des solutions mères à partir des huiles essentielles : La solution mère a été préparée à partir de chaque huile essentielle testée. Pour cela, 500 μ l sont prélevé et introduit dans 4.5 ml de Tween 80 (1%). Ensuite, à partir de cette solution mère, les concentrations déterminées auparavant, seront prélevées (Figure 53).



Fig. 53: Préparation de la solution mère des huiles essentielles

Protocole d'expérimentation : Pour les différents tests de toxicité, 17 boîtes en plastique de 500ml de volume, ont été utilisées. Dans chaque récipient on a introduit, 100 ml d'eau de gîtes filtrées et 20 larves (L4) et quelques milligrammes d'algues, pour la nourriture. Par la suite on rajoute la concentration à utiliser, à partir de la solution mère de l'huile testée (25 μ l/L ; 125 μ l/L; 250 μ l/L; 375 μ l/L & 500 μ l/L]. Pour chaque concentration, trois répétitions ont été adoptées, avec des témoins. Les taux de mortalité ont été évalués après 24h, 48h & 72 h (**Figure 54**). Les concentrations létales CL10, CL50 & CL90 ont été calculées pour chaque temps.

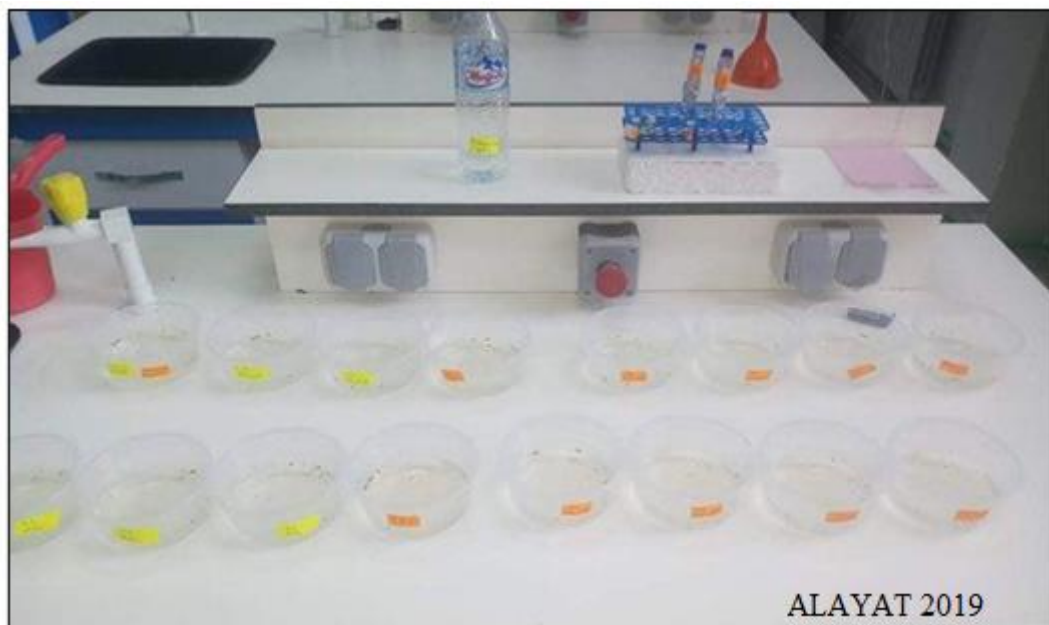


Fig. 54: Test de toxicité des huiles essentielles sur les larves (L4).

2.2.3.5. Analyses physicochimiques de l'eau des gîtes larvaires

Au cours de l'échantillonnage larvaire, des prélèvements d'eau de gîte de chaque station durant deux saisons (Printemps & Eté) ont été réalisés. Cela a été réalisé pour une analyse physico-chimique de certains paramètres de l'eau des différentes stations. Cette analyse a été accompli, au niveau du laboratoire des stations d'épuration de Laghouat l'ONA (Office Nationale d'Aménagement), à l'aide d'un appareil multiligne P4 de type WTW (Température ; pH; Salinité; DBO5 & MES), (**Figure 55**).

Le DBO5 (Demande Biologique en Oxygène pendant 05 jours) qui permet a évaluer, le taux de matière organique dans l'eau, il est exprimé en mg/l. Alors que le potentiel hydrogène, est plus connu sous le nom de "PH" permet de mesurer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. La valeur du pH est une grandeur sans unité qui est directement liée à sa concentration en ions oxonium H_3O^+ qui proviennent de la fixation d'un proton H^+ sur une molécule d'eau, (**Permo, 1981**).

La conductivité détermine l'ensemble des minéraux présent dans une solution, est souvent appelée « Conductivité électrique » qui traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, ce paramètre donne une indication sur la minéralisation globale de cette eau. L'unité communément utilisé est le siemens (S/m), exprimé souvent en micro-siemens/cm ($\mu\text{c}/\text{cm}$) ou milli-siemens (ms/m), (**Hceflcd, 2006**).

La MES est définie comme la quantité de matières en suspension dans l'eau en mg/l, et dépend principalement de la solubilité des sédiments qui entrent en contact avec l'eau.

La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissous (Chlorure de Sodium; Chlorure de Magnésium & Sulfate de Magnésium, etc.) au travers de la conductivité électrique de cette eau, elles s'expriment sans unité, comme le pH, mais on trouve encore des salinités exprimées en ‰, en g/kg ou en *psu* (*practical salinity unit*) (www.une-eau-pure.com).

La température des eaux de surface dépend du climat et des conditions atmosphériques. Ce paramètre révèle un impact direct sur le développement et le cycle biologique de la plupart des insectes aquatiques. La température agit en particulier sur la durée de développement des stades larvaire (**Rodier, 2009**). La température a été prélevée sur terrain, au moment de l'échantillonnage à l'aide d'un thermomètre.



Fig. 55: Matériels d'analyse physico-chimique de l'eau au niveau de la station d'épuration (O.N.A Laghouat);

2.2.4 Traitement des données

Les méthodes d'analyse des données sont diverses et variées. Elles dépendent des méthodes d'échantillonnage et de l'objectif qu'on veut atteindre **Daget (1976)** et **Southwood (1978)** in **Louadi (1999)**, proposent pour l'étude des communautés animales, surtout celle des insectes, d'effectuer des analyses de la distribution d'abondance et des indices écologiques notamment de la diversité ; l'indice de similitude calculé entre les stations d'étude. Nos résultats obtenus sur les Culicidés ont été traités, par des indices écologiques de composition et les indices de structure.

2.2.4.1 Indices écologiques

Afin de caractériser le peuplement Culicidien dans notre région d'étude, des paramètres écologiques ont été calculés pour connaître l'abondance, la richesse, la fréquence centésimale et la distribution d'abondance, des différentes espèces composant ce peuplement.

Indices écologiques de composition : (analyse des peuplements) Le peuplement est un ensemble d'individus appartenant à des espèces différentes mais qui vivent au sein d'une même espace. Il est singularisé par conséquent, par certaines caractéristiques :

Richesse totale (S): la richesse totale désigne le nombre d'espèces que compte un peuplement considéré dans un écosystème donné (**Ramade, 1984**). Elle représente selon **Muller, (1985)** un

des paramètres fondamentaux de caractéristique d'un peuplement. D'après **Benyacoub & Chabi (2000)**, la richesse est le nombre total d'espèces constatées au cours d'une série de n relevés dans un milieu. Pour la présente étude, la richesse totale est le nombre total des espèces obtenu à partir du nombre total des relevés.

Richesse moyenne (s) : La richesse moyenne correspond au nombre moyen des espèces contactées à chaque relevé (**Blondel, 1979; Ramade, 1984 ; Riad, 1992**), c'est-à-dire le quotient du nombre total d'individu (K_i) pour chacune des espèces sur le nombre total de relevés (N) effectués :

Fréquence centésimale ou abondance relative L'abondance relative est le rapport du nombre des individus de l'espèce prise en considération au nombre total des individus de toutes espèces confondus (**Zaïme & Gautier, 1989**). Elle est représentée par la formule suivante : n_i : le nombre d'individus de l'espèce prise en considération. N : le nombre total d'individus.

$$S' = K_i / N \quad F = (n_i \cdot 100) / N$$

Espèce commune : présente dans plus de 50% de relevés. Espèce rare : présente dans 25 à 50% de relevés. Espèce très rare : présente dans moins de 25% de relevés.

La fréquence d'occurrence : Dans un peuplement considéré, il est intéressant de connaître pour chaque espèce sa fréquence d'apparition : Cette dernière est définie comme étant le rapport exprimé en pourcentage du nombre de prélèvement où se trouve cette espèce sur le nombre total des prélèvements effectués (**Dajoz, 1975**).

$$FO(\%) = (P_i / P) \times 100$$

P_i: Nombre de relevés contenant l'espèce

P: Nombre total de relevés effectués

La présence d'un taxon est considérée comme :

- Fréquente lorsque $FO \geq 75\%$
- Commune lorsque $75\% > FO \geq 50\%$
- Occasionnelle lorsque $50\% > FO \geq 25\%$
- Rare lorsque $25\% > FO \geq 10\%$
- Accidentelle lorsque $FO < 10\%$.

Indices écologiques de structure : Les indices de structure montrent l'aspect qualitatif de l'entomo-faune étudiée. Il s'agit de la diversité de Shannon-Weaver, de l'équipartition,

Indice de diversité (H'): La richesse spécifique est une mesure insuffisamment précise de la composition quantitative d'un peuplement. La densité et la richesse spécifique égales, deux peuplements peuvent présenter des structures très différentes. En bref, le concept de diversité spécifique prend en compte l'abondance relative des espèces, en plus de leur nombre (**Barbault, 1981**). Parmi les indices disponibles permettant d'exprimer la structure d'un peuplement, nous avons retenu l'indice proposé par Shannon et Weaver. La diversité de chaque formation peut être calculée par la relation :

$$H' = -\sum [P_i \log_2 P_i] \text{ ou } P_i = n_i$$

P_i: La probabilité de présence d'une espèce dans un milieu (abondance relative)

n_i: Effectif de l'espèce

i: Effectif total du peuplement H' est exprimé en Bit (Unité d'information binaire).

L'indice réciproque de Simpson

$$"SRI" (1/D)$$

où

$$D = \sum N_i (N_i - 1) / N (N - 1)$$

où

N_i: Le nombre d'individus de l'espèce donnée et

N: Le nombre total d'individus.

Équitabilité (E) Des peuplements à physionomie très différente peuvent avoir la même diversité. Aussi convient-il de calculer, parallèlement à l'indice H', l'équitabilité (E), en rapportant la diversité observée à la diversité théorique maximale (H' max), avec :

$$E = H' / H_{max} \quad H'_{max} = \log_2 (S) \quad H' = -\sum (p_i \cdot \log_2 p_i) \text{ ou } p_i = n_i / N.$$

L'équitabilité varie de 0 à 1: elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce, elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance (**Barbault, 1981**). Autrement dit, ce paramètre constitue une expression du degré d'équitabilité du peuplement, plus il tend vers 1, plus le peuplement est équilibré.

2.2.4.2. Analyse statistique

Les statistiques envahissent pratiquement tous les domaines d'application, aucun n'en est exclu ; elle permet d'explorer et d'analyser des données qualitatives et quantitatives. Dans ce contexte toutes nos analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de logiciel R, version 3.6.3 (**R Core Team, 2020**). Ce dernier est un logiciel de statistique créé par Ross Ihaka et Robert Gentleman (**Ihaka & Gentleman, 1996**). C'est aussi un outil très puissant et très complet, particulièrement bien adapté, pour la mise en œuvre informatique de méthodes statistiques. Il est à la fois un langage informatique et un environnement de travail. En effet, la condition de la normalité des distributions a été vérifiée au préalable par l'application du test de Shapiro-Wilk; les distributions étant la plupart du temps asymétriques, ce qui nous a obligés à choisir des alternatives non-paramétriques pour notre analyse statistique.

Analyse statistique uni-variée (Test non-paramétrique de « Kruskal-Wallis ») :

Nous avons appliqué le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis pour la comparaison des médianes des différentes variables, pour les deux facteurs "station" et "saisons". Les résultats ont été représentés par le traçage du « Boxplot » (boîtes de moustaches).

Analyse statistique bi-variée (Analyse de la corrélation de « Spearman ») :

Pour l'approche statistique bi-variée, nous avons calculé le coefficient de corrélation de Spearman pour la raison de la non-normalité de quelques variables. Les corrélations ont été calculées deux à deux pour mettre en évidence les relations entre les paramètres physicochimiques (eau, sédiment) ainsi que la densité macrofaune (DM). La matrice de corrélations a été schématisée par le traçage du « Coorplot ».

Analyse statistique multi-variée (Analyse en composante principale « ACP »):

L'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) comme une approche descriptive préliminaire, mais aussi exploratoire a permis de visualiser la structuration de la variation spatio-temporelle au niveau de nos régions d'étude en fonction d'un ensemble de variables biotiques et abiotiques mesurées. L'ACP nous a permis, d'une part, de rechercher l'existence d'éventuelles similitudes entre les différentes saisons et stations, et d'autre part, de modéliser et de synthétiser les relations linéaires existantes entre nos variables biotiques et abiotiques. Il est à souligner, que la variable (DM) a été utilisée en tant que variable quantitative supplémentaire dans la réalisation de l'ACP. Les résultats de l'ACP sont exprimés, d'une part, par des plans factoriels combinés à des éclipses de confiance pour chacun des 2 facteurs "Station" et "Saisons", et d'autre part, par les cercles de corrélation de nos variables quantitatives avec les 3 premiers axes de l'ACP. Cette dernière a été réalisé à l'aide du package FactoMineR (**Husson et al., 2015**).

Analyse factorielle des correspondances :

C'est une technique applicable à des tableaux de contingence où les lignes et colonnes jouent un rôle symétrique. On cherche à comparer des profils de lignes ou de colonnes plus que valeurs (Vilain, 1999). Selon Legendre & Legendre (1984), l'analyse factorielle des correspondances est une méthode descriptive qui permet le traitement des variables qualitatives. De ce fait, elle fournit d'une part une analyse de la variable et d'autre part une analyse de la répartition des individus. L'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) est essentiellement un mode de représentation graphique des tables de contingences. A partir d'un tableau de valeur 0 et 1, caractéristiques de l'absence ou la présence des différents attribues, cette A F. C. permet de réaliser un diagramme de dispersion unique dans lequel apparaissent à la fois chacun des caractères considérés et chacun des individus observés. Ainsi, l'A.F.C entreprise dans cette étude est une analyse présence- absence, c'est à dire, on se préoccupe seulement de savoir si une espèce est trouvée ou non dans un gîte donné. Elle nous permet de décrire la représentation des espèces suivant les gîtes (Dagnelie, 1975). Deux individus proches sur la représentation sont semblables vis-à-vis de toutes les variables: deux variables proches sont liées. Plus les variables se situent près du centre du graphique, moins elles sont discriminantes et inversement (Vilain, 1999).

Classification ascendante hiérarchique:

La Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H) a pour but de constituer des groupes homogènes d'objets (classes) sur la base de leur description par un ensemble de variables, ou à partir d'une matrice décrivant la similarité ou la dissimilarité entre les objets

Test de Tukey: Lorsqu'a l'issue d'un test de l'analyse de la variance et pour des facteurs fixes, on est amène à rejeter l'hypothèse d'égalité de plusieurs moyennes. Le choix entre les différentes approches dépend de façon très large de la nature qualitative ou quantitative des facteurs considérés et de l'objectif qui a été fixé ou qui avait dû être fixé au moment où la collecte des données a été décidée (Dagnelie, 2009).

Droites de régression & la détermination des concentrations sub létales (CL25) et les concentrations létales (CL50; CL75 & CL90)

Les graphes des droites de régression & la détermination des concentrations sub létales (CL25) et les concentrations létales (CL50; CL75 & CL90), ils s'effectués par les analyses des des

probits à l'aide d'un software : Deschenes LA, David A. Vanden Bout University of Texas, Austin. Origin 6.0: Scientific Data Analysis and Graphing Software Origin Lab Corporation (formerly Microcal Software, Inc.). Web site: [www. Originla b. com](http://www.Originlab.com). Commercial price: 595. Academic price: 446.

RESULTATS

3. RESULTATS

3.1. Inventaire et abondance du peuplement Culicidien dans la zone du P.N.E.K de la Région Humide d'El-Kala

Les prélèvements mensuels, se sont étalés sur 12 mois de Décembre 2018 à Novembre 2019, dans 9 stations choisies au niveau de cinq sites (Lac El-Mellah ; Lac Oubeira ; Lac Tonga ; les Crêtes & Ville d'El-Kala (**Figure 1**). L'échantillonnage des moustiques, a permis de collecter **4 748** individus. Les spécimens récoltés, ont été regroupés suivant les sites, comme suit : lac EL-Mellah (**1 940 individus**) ; lac Oubeira (**664 ind.**) ; les Crêtes (**450 ind.**) ; ville d'El-Kala (**485 ind.**) et **1 209 individus** au niveau du lac Tonga. L'étude systématique nous a permis d'établir le **tableau 11**. Ce dernier récapitule les taxons identifiés et leurs abondances, relativement différentes. Deux Sous-familles ont été identifiées, celle des Anophelinae avec le genre Anopheles et celle des Culicinae avec cinq genres (Aedes ; Culex ; Culiseta ; Coquillettia & Uranotaenia).

Tableau 11 : Inventaire des espèces de Culicidae récoltées au niveau du P.N.E.K (Décembre 2018 - Novembre 2019) / Famille/ Espèces/ Site.

Sous-famille	Genres (Abréviation)	Espèces	Sites					Total
			El-Mellah	Oubeira	Les Crêtes	El-Kala ville	Tonga	
Anophelinae Grassi 1900	Anopheles Meigen 1818 (An.)	<i>An. Labranchiae</i> Falleroni 1926	150	150	/	/	110	410
Culicinae Meigen 1818	Aedes Meigen 1818 (Ae.)	<i>Aedes caspius</i> Pallas 1771	180	56	/	/	/	236
		<i>Aedes detritus</i> Haliday 1833	13	8	/	/	/	26
		<i>Aedes dorsalis</i> Meigen 1830	/	20	/	/	77	97
		<i>Aedes vexans</i> Meigen 1830	170	100	/	/	60	330
	Culex Linnaeus 1758 (Cx.)	<i>Culex antennatus</i> Becker 1903	/	/	/	/	5	5
		<i>Culex brumpti</i> Gailiard 1931	85	60	/	/	40	185
		<i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889	19	10	/	/	/	29
		<i>Culex laticinctus</i> Edwards 1913	10	5	/	/	8	23
		<i>Culex modestus</i> Ficalbi 1890	50	15	/	/	25	90
		<i>Culex perexiguus</i> Theobald 1903	230	40	/	/	85	355
		<i>Culex pipiens</i> Linnaeus 1758	760	100	380	370	600	2210
		<i>Culex pusillus</i> Maquart 1850	10	/	/	/	30	40
		<i>Culex theileri</i> Theobal 1903	75	80	/	/	80	235

La suite du Tableau 11 :

Sous-famille	Genres (Abréviation)	Espèces	Sites					Total
			El-Mellah	Oubeira	Les Crêtes	El-Kala ville	Tonga	
Culicinae Meigen 1818	Culiseta Felt 1904 (Cs.)	<i>Culiseta annulata</i> Schrank 1776	150	20	/	20	/	190
		<i>Culesita longiareolata</i> Macquart 1838	30	/	70	95	40	235
	Coquillettidia Dyar 1905 (Cq.)	<i>Coquillettidia richiardii</i> Ficalbi 1889	8	/	/	/	30	38
	Uranotaenia Lynch Arribálzaga 1891 (Ur)	<i>Uranotaenia unguiculata</i> Edwards 1913	/	/	/	/	14	14
S	6	18	1 940	664	450	485	1 209	4 748

3.1.1. Fréquence centésimale

Le pourcentage de la densité globale durant la période d'étude, a montré une nette prédominance de la Sous-famille des Culicinae (91. 35%), représentée par cinq genres : Aedes, Culex, Coquillettidia, Uranotaenia et Culiseta. Par ailleurs, la Sous-famille des Anophelinae a un taux de 8.65 %, est représentée seulement, par le genre Anopheles (Figure 56 A).

En ce qui concerne la répartition par genre, celui de Culex prédomine avec 66.91%, neuf espèces ont été identifiées : *Cx. modestus*, *Cx. laticinctus*, *Cx. brumpti*, *Cx. perexiguus*, *Cx. pipiens*, *Cx. pusillus*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. antennatus*, suivi par le genre Aedes avec un taux de 14.53% représenté par quatre espèces *Ae. detritus*, *Ae. dorsalis*, *Ae. vexans* et *Ae. caspius*. Par ailleurs, les deux genres Culiseta et Anopheles sont représentés respectivement par des taux de 8.86% et 8.64%. Le premier est représenté par deux espèces *Cs. longiareolata*, *Cs. annulata*, tandis que le deuxième genre comporte une seule espèce *An. Laranchiae*.

Cependant les deux genres Coquillettidia et Uranotaenia enregistrent respectivement des taux plus faibles (0.74% & 0.30%), chacun est représenté par une seule espèce, *Coquillettidia richiardii*; *Uranotaenia unguiculata* (Figure 56 B).

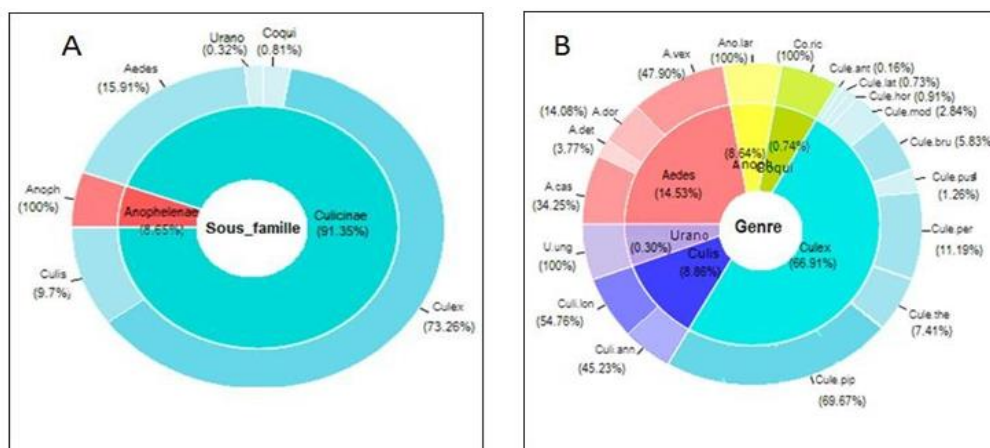


Fig. 56: Fréquence Centésimale des Culicidae au niveau du P.N.E.K (Région d’El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

A: En Sous –famille. **B:** En Genre.

3.1.2. Distribution Spatio-temporelle des Culicidae

L’évaluation de la densité des Culicidae dans les différentes stations d’études, a révélé que pendant l’Eté, la station 2 a hébergé, l’abondance la plus élevée avec 360 ind. Pendant le Printemps parviens la station 4 avec 280 ind. Puis en Automne la station 1 avec 271ind et enfin en Hiver la station 9 avec 235 ind. Toutefois, durant l’Hiver et l’Automne la station 7 n’a hébergé aucune espèce (0 ind.) (**Figure 57**).

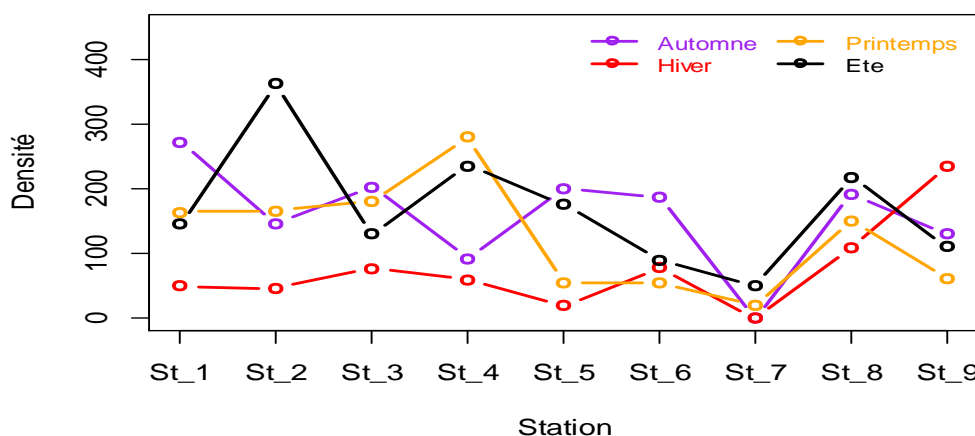


Fig. 57: Distribution Spatio-temporelle des Culicidae peuplant les 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d’El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

3.1.3. Indices écologiques

3.1.3.1. Indices écologiques de composition

Composition spatiale : La richesse spécifique a montré au niveau des stations 4 et 8 un nombre important d'espèce (13 espèces), suivi par la deuxième station (12 espèces), puis la troisième (6 espèces). Par ailleurs, les stations 1 et 9 ont hébergé 9 espèces. Les stations 5 et 6 ont respectivement hébergé 2 et 3 espèces. Par contre, la station 7 a comporté une seule espèce (**Figure 58**). En effet, au niveau de la station 2 l'espèce *Cx. perexiguus* a enregistré l'abondance la plus élevée (400 ind.). Alors qu'au niveau de la station 4 c'est *An. labranchiae* qui prédomine avec 150 ind. Par ailleurs, l'espèce *Cx. pipiens* est dominant dans les sept stations (1; 3; 5; 6; 7; 8 & 9) avec un nombre d'individus de 70 - 400 ind. (**Figure 59**).

D'autre part, l'estimation de la fréquence d'occurrence des espèces identifiées, présentent une nette fluctuation spatiale, en effet :

Les espèces fréquentes : sont au nombre de 25 espèces : au niveau de la **station 1** (*Ae. caspius*, *An. Labranchiae* & *Cx. pipiens*); au niveau de la **station 2** (*Ae. caspius*; *An. labranchiae* & *Cx. perexiguus*); au niveau de la **station 3** (*Cs. annulata*, *Cx. perexiguus* & *Cx. pipiens*); au niveau de la **station 4** (*Ae. caspius*, *An. labranchiae*, *Ae. vexans*, *Cx. theileri*, *Cx. perexiguus*) au niveau des deux stations (**Station 5 & Station 9**) on a identifié (*Cs. longiareolata* & *Cx. pipiens*) alors que la **station 6** comporte 3 espèces (*Cs. longiareolata*; *Cs. annulata* & *Cx. pipiens*) et 4 espèce dans la **station 8** (*An. Labranchiae*; *Cx. perexiguus*; *Cx. pipiens* & *Cx. theileri*).

Les espèces communes : sont au nombre de 19 espèces : Une seule espèce au niveau de la **station 1** (*Ae. vexans*). Cinq espèces sont dans la catégorie d'espèces communes au niveau de la **deuxième station** (*Ae. detritus*, *Cx. hortensis*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. brumpti*). Dans la même catégorie, la **troisième station** comporte 2 espèces (*Cs. longiareolata*, *Cx. theileri*). Cinq espèces au niveau de la **quatrième station** (*Ae. detritus*; *Ae. dorsalis*; *Cx. brumpti*; *Cs. annulata* & *Cx. pipiens*). Au niveau de la **septième station** se trouve l'espèce *Cx. pipiens*. Les espèces suivantes : *Ae. vexans*, *Cx. brumpti*, *Cx. pusillus*, *Cq. richiardii*, *Ur. unguiculata* font parties de la **station 8**. Cependant deux espèces *Ae. Dorsalis* et *Cx. perexiguus* appartenant à la **station 9**.

Les espèces occasionnelles : sont au nombre de 14 : *Cx. modestus* (**Station 1**); *Cx. modestus*, *Cx. pusillus*, *Cx. laticinctus*, *Cq. richiardii* (**Station 2**); *Ae. vexans* (**Station 3**);

Cx. modestus, *Cx. hortentus*, *Cx. laticinctus* (**Station 4**); *Cx. antennatus*, *Cx. laticinctus*, *Cx. modestus*; *Cs. detritus* (**Station 8**) ; *A. labranchiae* (**Station 9**).

Le reste des espèces : sont totalement absentes. (**Figure 60**)

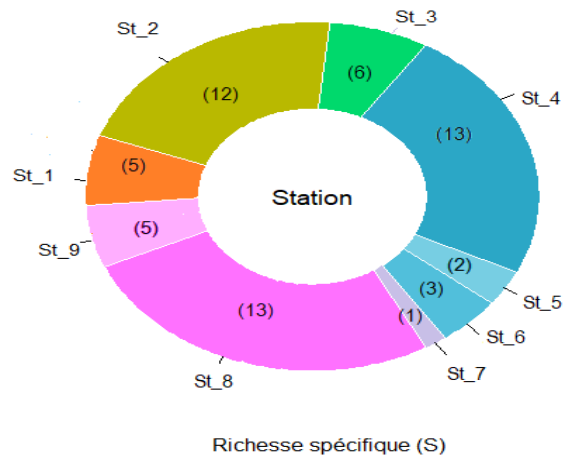


Fig. 58 : Richesse spécifique des espèces inventoriées au niveau des 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d’El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

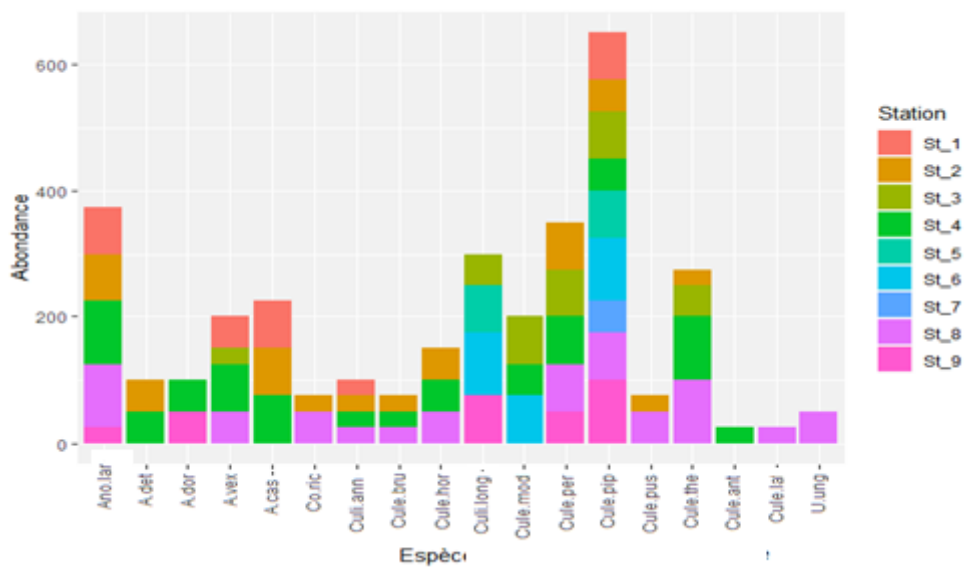


Fig. 59: Abondance des espèces inventoriées au niveau des 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d’El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

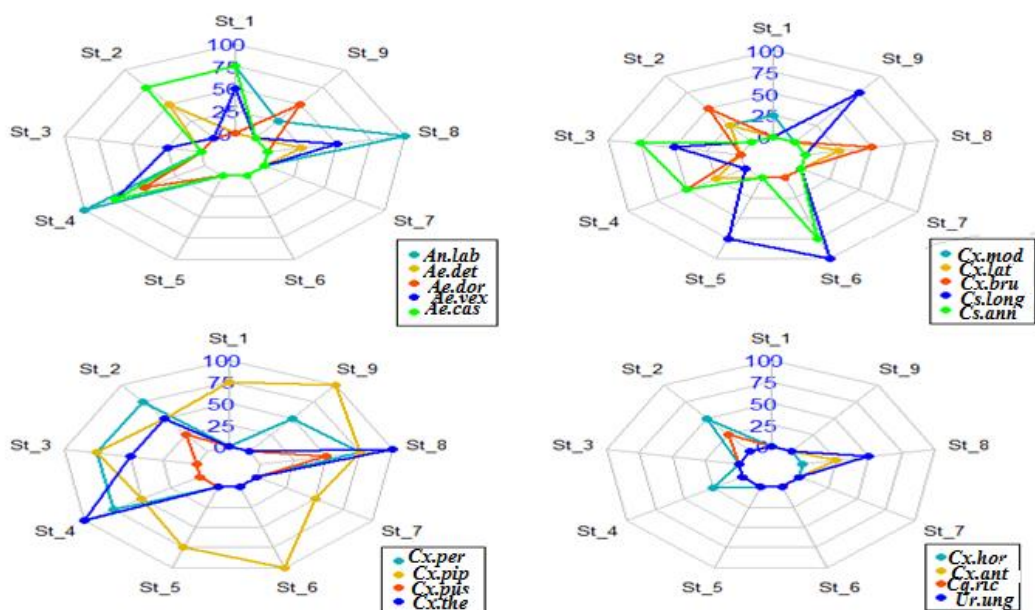


Fig. 60: Les fréquences d'occurrences estimées des espèces inventoriées au niveau des 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

Composition saisonnière: L'étude saisonnière de la richesse spécifique (S) et de l'abondance (A) des espèces inventoriées a montré une biodiversité importante en Automne (14 espèces), suivi par le Printemps avec 13 espèces, ensuite l'Été (11 espèces). Alors que, la valeur la plus faibles de la richesse spécifique a été observées en Hiver au nombre de 9 espèces (**Figure 61**). Parmi ces taxons, l'espèce *Culex pipiens* est la plus abondante pendant les trois saisons : Hiver, Eté & Automne avec une abondance respective de 330 ind, 700 ind. & 950 ind. Cependant l'espèce *Ae. vexans* prédomine pendant le Printemps avec 285 ind. (**Figure 62**).

Les fréquences saisonnières estimées ont montré :

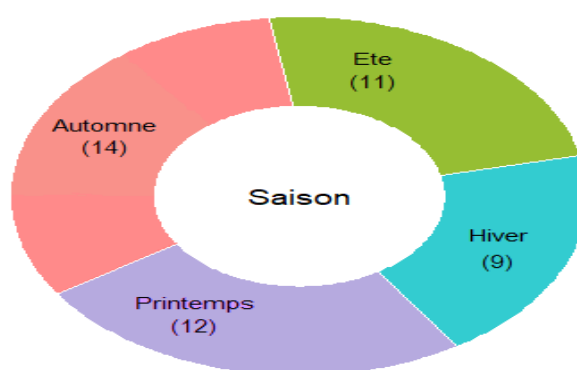
Des espèces fréquentes au nombre de **2** : *Cx. pipiens* pendant le Printemps et l'Été

Les espèces communes au nombre de **4** : *An labranchiae* en Eté, *Cx. perexiguus* en Eté et en Automne; *Cx. pipiens* en Automne.

Les espèces occasionnelles au nombre de **19** : *Ae. caspius*, *Cs. longiareolata*, *Cx. pipiens* en **Hivers** ; *Ae. caspius*, *Ae. vexans*, *An. labranchiae*, *Cx. brumpti*, *Cs. longiareolata*, *Cs. annulata*, *Cx. perexiguus*, *Cx. theileri* au **Printemps**; *Cx laticinctus*, *Cx. modestus*, *Cx. theileri* en **Eté** ; *Ae. caspius*, *An. labranchiae*, *Cx. brumpti*, *Cs. longiareolata*, *Cs. annulata* en **Automne**.

Les espèces rares sont au nombre de 17 : *An. labranchiae*, *A.vexans*, *Cs. annulata*, *Cx. theileri*, *Ur. unguiculata* rarement présentent pendant l’**Hiver**. Les espèces : *Ae. dorsalis*, *Cx. hortensis* leur présence a été signalée durant le **Printemps** et les espèces : *Ae. dorsalis*, *Cs. longiareolata*, *Cx. pusillus*, *Cq. riciardii* pendant l’**Eté**. D’autre part les espèces : *Ae. vexans*, *Cx. pusillus*, *Cx.theileri*, *Cs. longiareolata*; *Cq. riciardii*, *Ur. unguiculata* pendant l’**Automne**.

Le reste des espèces sont absentes totalement (**Figure 63**).



Richesse spécifique (S)

Fig. 61 : Richesse spécifique des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.

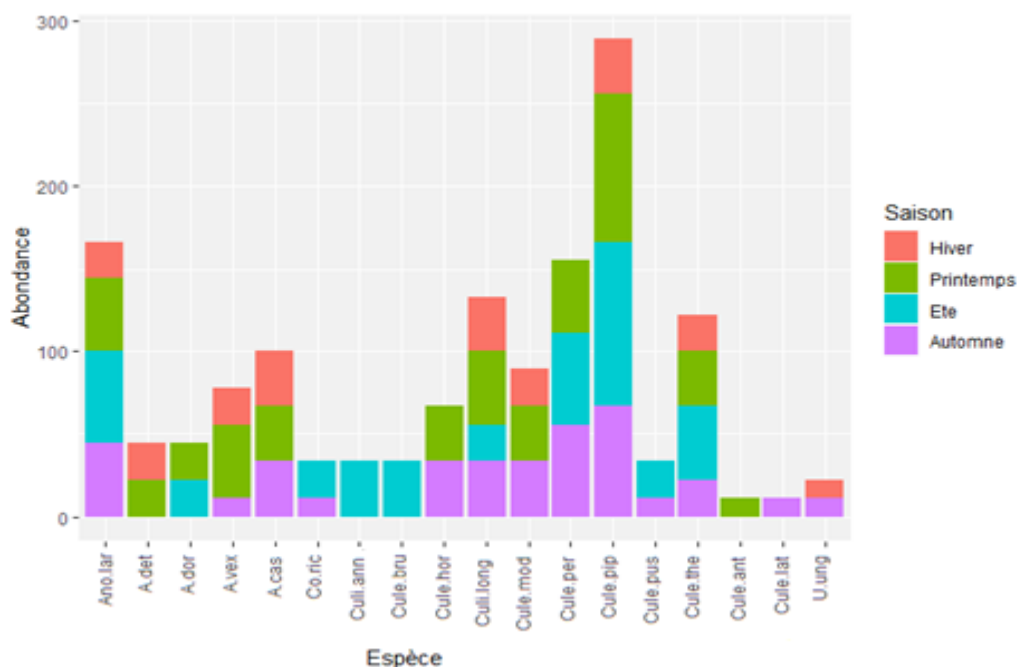


Fig.62 : Abondance des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.

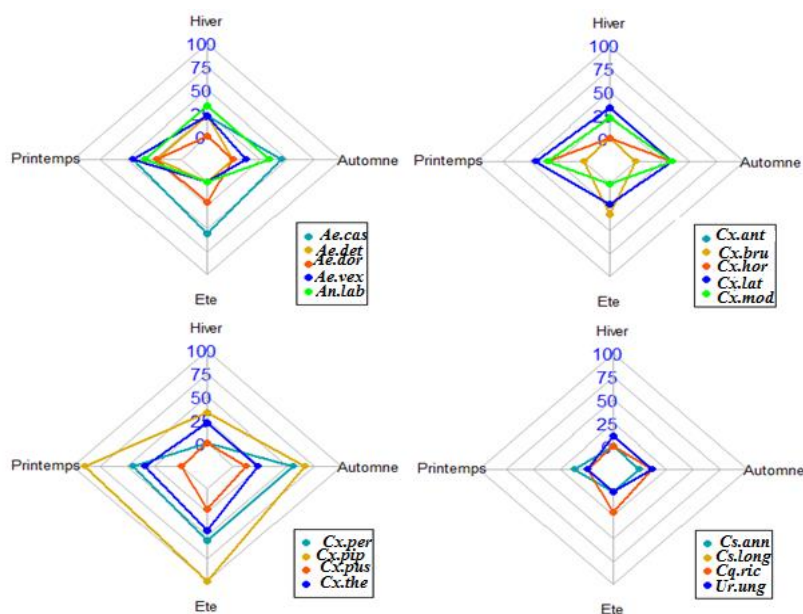


Fig. 63 : Les fréquences d’occurrences estimées des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.

3.1.3.2. Indices de structure

Structuration spatiale : Les valeurs de l’indice de diversité de Shannon varient entre 0 et 2, 206 bits, pour l’ensemble des espèces récoltées, la valeur la plus forte est enregistrée au niveau de la station 4 et la plus faible (nulle) au niveau de la station 7 (**Figure 64 A**). Les valeurs obtenues de l’indice de Shannon indiquent que les stations 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 9 sont moyennement diversifiées alors que les stations 5 et 7 sont faiblement diversifiées.

En revanche, l’indice de Simpson calculé au niveau des neuf stations varie de 0 – 0.871, c’est toujours la station 4 qui présente la valeur la plus élevée. Toutefois, la valeur la plus faible est observée dans la station 7 (**Figure 64 B**). Les valeurs de cet indice sont limitées entre 0 et 0,1, ce qui indique une diversité minimale.

Concernant l’indice d’équitabilité de Pielou (J'), la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station 6 (J' : 0.385), suivi par la station 1 (J' : 0.381), puis par la station 5 (J' : 0.379), ensuite, par la station 3 (J' : 0.369), tandis que la station 9 présente la valeur la plus faible d’équitabilité (J' : 0.259). Toutefois la station 7 présentent une valeur non définies (J' : Na) (**Figure 64 C**) ce qui indique que tous les espèces sont déséquilibrées entre elles, selon leur distribution spatiale.

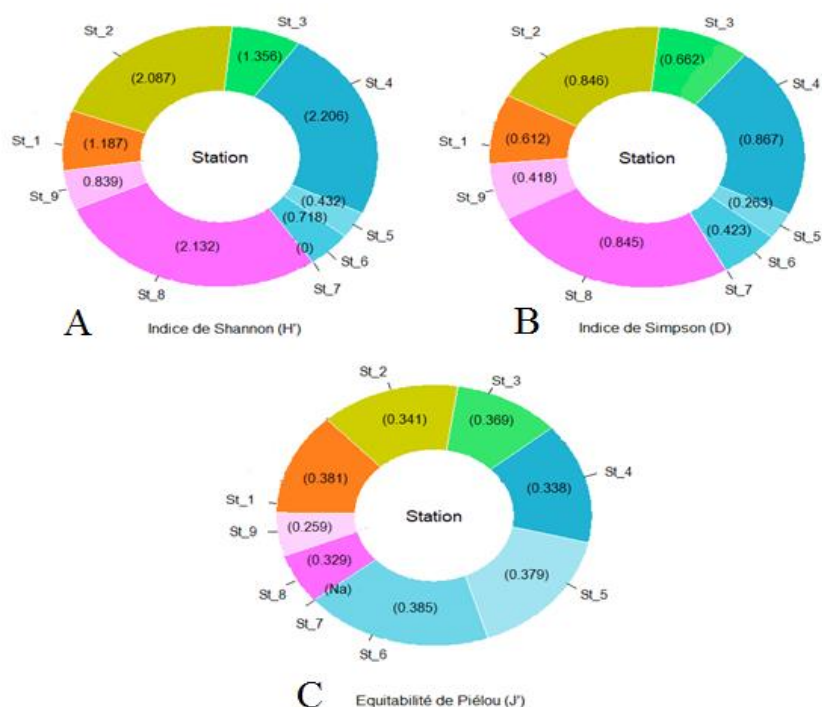


Fig. 64: Indices de structure des espèces inventoriées au niveau de 09 stations du P.N.E.K (la région d’El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

Structuration saisonnière: Les valeurs de l’indice de diversité Shannon-Weaver varient entre 1.352 & 2.155, dont la valeur la plus importante est enregistrée pendant le **Printemps** (Figure 65 A).

En revanche, le calcul de l’indice de Simpson révèle que des valeurs qui s’étalent entre 0.537 & 0.855, dont la valeur la plus importante est enregistrée pendant le **Printemps** (Figure 65 B).

En outre, l’indice d’équitabilité de Pielou varie entre 0. 203 & 0. 344 pendant les quatre saisons, ainsi la plus grande valeur de cet indice est enregistrée au **Printemps** (Figure 65 C). Toutefois, le calcul de ces indices montre que la diversité pendant les quatre saisons est moyenne, avec un peuplement déséquilibré. Seulement le **Printemps** présente la saison la plus diversifiée. Le climat de la région d’étude est de type méditerranéen, présentant un Hivers pluvieux, ce qui permet d’avoir un Printemps humide, qui favorise la biologie des insectes en générale.

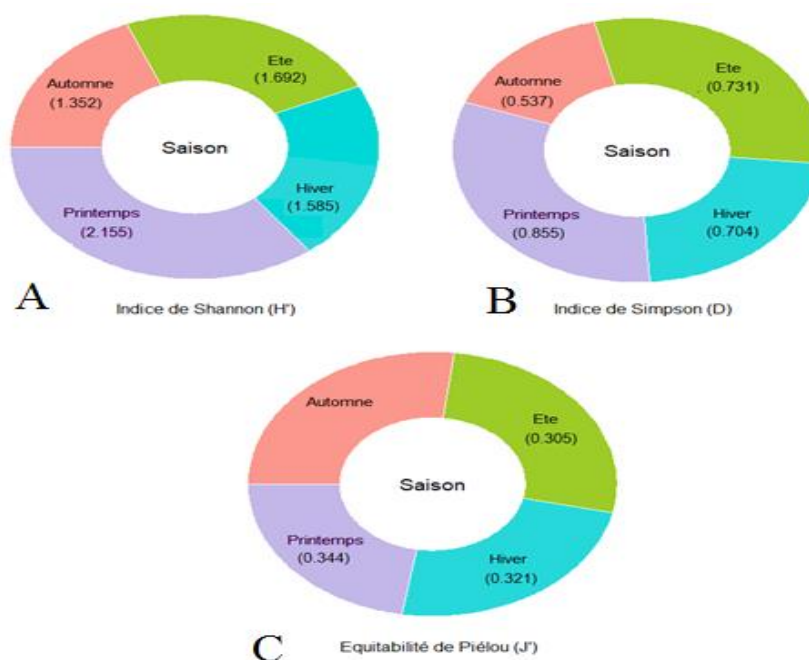


Fig. 65 : Indices de structure des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.

Etude de la similarité (indice de JACCARD) : Cet indice est basé sur le degré de ressemblance entre les stations et les saisons concernant les espèces.

Similarité spatiale : L'analyse du degré de similitude des espèces recensées selon l'indice de JACCARD a enregistré de forte similarité entre toutes les stations. D'après les résultats de la matrice de similitude spatiale, les valeurs de l'indice de **JACCARD** sont comprises entre 57.73% et 96.60% ce qui détermine une ressemblance dans la composition en espèces, des peuplements recensés dans toutes les stations (**Tableau 12**).

Tableau 12. Matrice de similitude spatiale de JACCARD.

St_1	St_2	St_3	St_4	St_5	St_6	St_7	St_8
St_2	0.8320503						
St_3	0.8819171	0.8944272					
St_4	0.7844645	0.5773503	0.8017837				
St_5	0.9128709	0.9607689	0.8164966	0.9636241			
St_6	0.9258201	0.9636241	0.7071068	0.9258201	0.5773503		
St_7	0.8944272	0.9574271	0.9128709	0.9607689	0.7071068	0.8164966	
St_8	0.8451543	0.5773503	0.8563488	0.6859943	0.9636241	0.9660918	0.9607689
St_9	0.8660254	0.8864053	0.7905694	0.8451543	0.7745967	0.8164966	0.8944272

Similarité saisonnière : L'étude de la similarité saisonnière par l'indice de JACCARD indique une ressemblance entre toutes les saisons (indice de JACCARD est compris entre 59.76% et 86.60% (**Tableau 13**)).

Tableau 13 : Matrice de similitude saisonnière de JACCARD.

	Hiver	Printemps	Eté
Printemps	0.6201737		
Eté	0.8660254	0.7500000	
Automne	0.5976143	0.6123724	0.7817360

3.1.3.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Répartition spatiale : Les dimensions 1 et 2 expliquent respectivement les valeurs de l'inertie totale 47.4% & 17.2%. Cela correspond à un total cumulé de 64.6% de la variation totale retenue par les 2 dimensions. En effet, la **figure 66** montre :

Les espèces : *Cx. pipiens*, *Cx.perexiguus*, *Cs.longiareolata*, *An.labranchiae*, *Cx.brumpti*, *Ae.caspius*, *Cx. theileri* ont une forte contribution selon le premier axe. Donc l'axe 1 est principalement défini par ces espèces. Tandis que les espèces *Ae.dorsalis*, *Ae.vexans*, ont une forte contribution selon l'axe 2, donc l'axe 2 est principalement défini par ces espèces.

Les espèces : *Cx.antennatus*, *Ur.unguiculata*, *Ae.vexans*, *Cq.richiardii*, *Ae.dorsalis*, *Cx.pusillus* ont une mauvaise qualité de représentation ($\cos^2 < 40\%$). Cependant l'espèce : *Ae. caspius* a montré une moyenne qualité de représentation. Cette analyse (AFC) précise les différentes associations des espèces identifiées aux stations d'échantillonnage :

- *Ae. caspius* est associée le plus aux stations 4; 8 & 1.
- *Ae.vexans* est associée le plus aux stations 8, 4, 3.
- *Cs.annulata* est associée le plus à la station 3.
- *Cs.longiareolata* est associée le plus aux stations 5, 6, 9, 3.
- *Cx.theileri* est associée le plus aux stations 2, 8, 4, 3.
- Les espèces *Ae.detritus* , *An.labranchiae*, *Cx.brumpti*, *Cx.laticinctus* sont associés aux stations 2, 4, 8.

- Les espèces *Cx.perexiguus*, *Cx.pusillus*, *Cq.richiardii* sont associés le plus souvent aux stations 2, 8.
- Les espèces *Ae.detritus*, *Cx.brumpti*, *Cx.laticinctus* sont associés le plus souvent aux stations 2, 4, 8.
- L'espèce *Ae.dorsalis* est associée le plus souvent à la station 9.
- Les espèces *Cx.antennatus* et *Ur.unguiculata* sont associés le plus souvent à la station 8.
- L'espèce *Cx.hortensis* est associée le plus souvent à la station 2, 4.
- Les espèces *An.labranchiae* et *Cx. modestus* sont associées le plus souvent aux stations 2, 4, 8, 1.
- L'espèce *Cx.pipiens* est associées le plus souvent aux stations 3, 5, 6, 7, 9, 2, 8 (**Figure 66**).

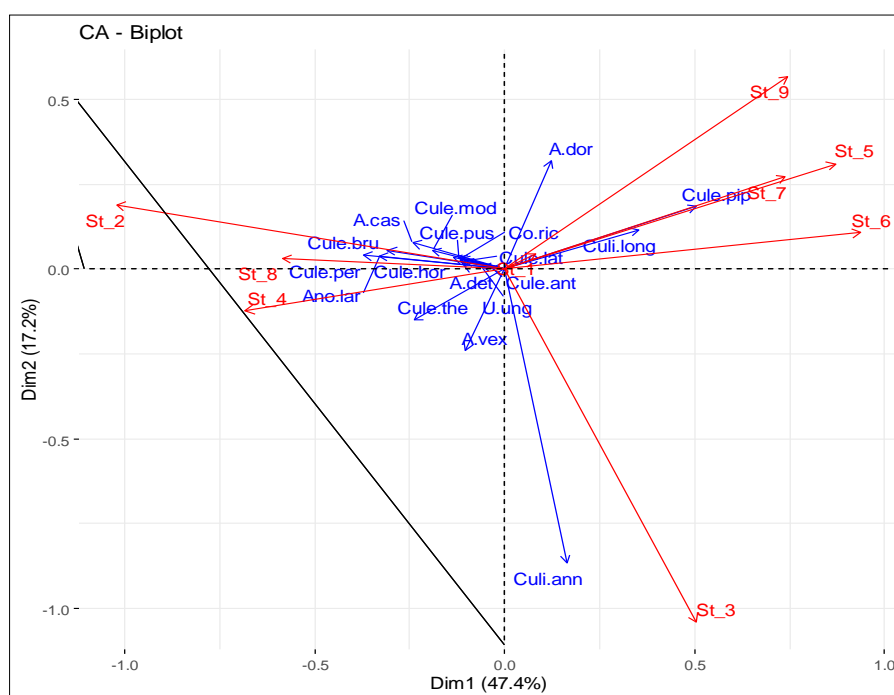


Fig. 66: Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces inventoriées et leurs textures au niveau de 9 stations du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

Répartition saisonnière : Les dimensions 1 et 2 expliquent, respectivement l'inertie totale qui est environ de 60.5% et 32.4%. Cela correspond à un total cumulé de 92.9% de l'inertie totale retenue par les 2 dimensions. En effet, la **figure 67** indique :

-Les espèces : *Ae. vexans*, *Cx. brumpti*, *Cx. pipiens*, *Cs. annulata*, *Cx. perexiguus* ont une contribution importante sur le premier axe. Donc, l'axe 1 est principalement défini par ces espèces. Tandis que les espèces : *Ae. caspius*, *An. labranchiae*, *Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, *Cx. perexiguus*, *Ae. dorsalis*, *Ae. vexans* ont une forte contribution sur le deuxième axe, donc l'axe 2 est principalement défini par ces espèces:

-Seule l'espèce *Cx. antennatus* présente une qualité moyenne de représentation, alors que le reste d'espèce a une bonne qualité de représentation:

- *Cx. lactucinctus*, *Cx. modestus* sont associés le plus souvent à la saison d'Été.

-*Cx. antennatus* est associés à l'Automne.

- *Ae. caspius* est associée à l'Hivers.

- *Ae. vexans*, *Cx. hortensis* sont associés au Printemps ;

- *Ae. dorsalis*, *An. labranchiae*, *Cx. brumpti* sont associés aux printemps et l'été;

- *Cx. pusillus*, *Cx. theileri*, *Cq. richiardi* sont associés à l'automne et l'été;

- *Ae. caspius* est associée à l'hiver;

-*Cs. annulata* est associée à l'hiver et au printemps;

-*Cs. longiareolata* est associée à l'hiver, le printemps et l'automne;

- *Cx. perexiguus* est associée à l'été, le printemps et l'automne;

-*Cx. pipiens* est associés à l'hiver, l'été et l'automne;

- *Ae. detritus*, *Cx. antennatus*, *Ur. unguiculata* sont proches du barycentre, ce qui en fait un type "standard", sans appartenance géographique particulière.

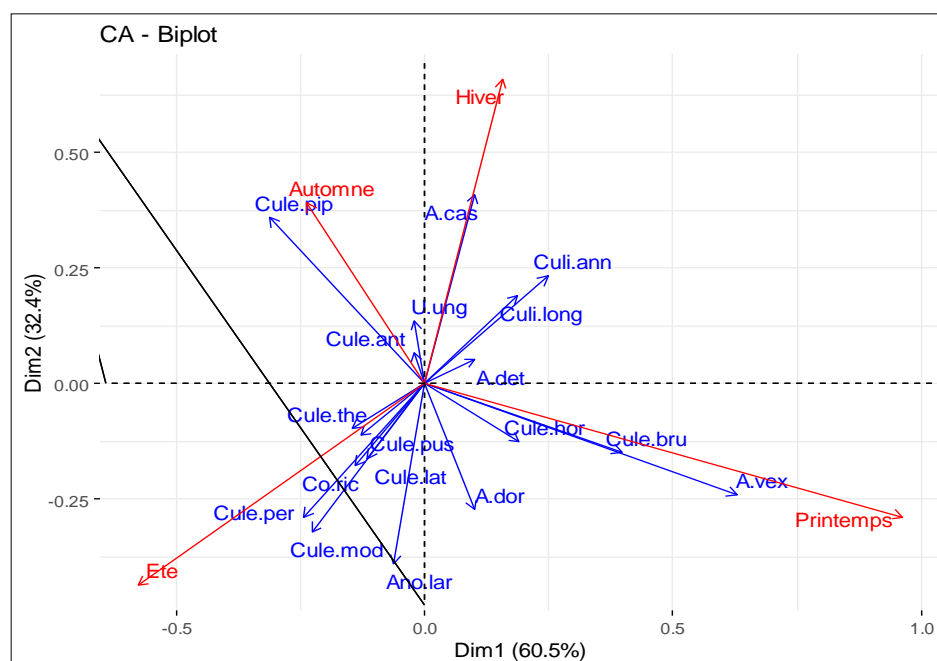


Fig. 67: Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d’abondances des espèces inventoriées et leurs textures pendant les quatre saisons au niveau du P.N.E.K(la région d’El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

3.1.3.4. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des espèces inventoriées

Classification spatiale : Le dendrogramme issu de la CAH appliquée aux taxons par les stations nous a permis d’obtenir 9 groupes à répartition inégale :

Le groupe 1 regroupe deux taxons ; *Ae.caspius*, *Cx.modestus*

Le groupe 2 regroupe 6 taxons : *Ae.detritus*, *Cx.brumpti*, *Cx.hortensis*, *Cx.laticinctus*, *Cx.modestus*, *Cx.perexiguus*

Le groupe 3 regroupe 4 taxon : *Ur.unguiculata*, *Cx.antennatus*, *Cx.pusillus*, *Cq.richiardii*,

Le groupe 4 regroupe un taxon : *Ae.vexans*

Le groupe 5 regroupe 2 taxons : *An.labranchiae*, *Cx.theileri*

Le groupe 6 regroupe un taxon : *Cs.annulata*,

Le groupe 7 regroupe un taxon : *Ae.dorsalis*

Le groupe 8 regroupe un taxon : *Cx.pipiens*

Le groupe 9 regroupe un taxon : *Cs.longiareolata* (**Figure 68**).

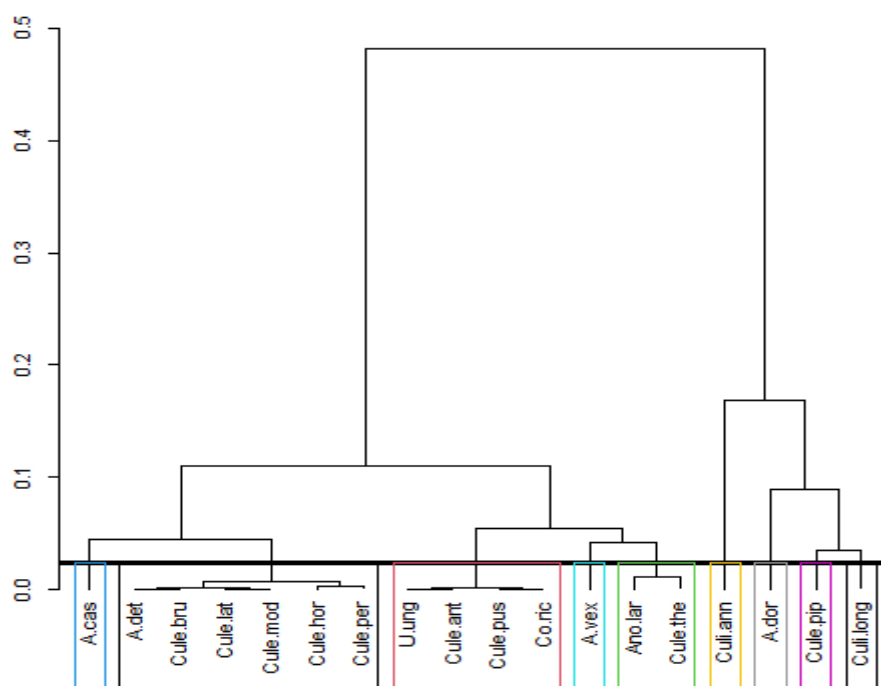


Fig. 68: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées par station.

Classification saisonnière : On constate que le dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique par saison (**Figure 69**) indique que les 18 taxons se répartissent en 4 principaux groupements :

-Le groupement 1 est constitué de 3 taxons : *Ae.vexans*, *Cx.brumpti*, *Cx.hortensis*,

-Le groupement 2 est constitué de 8 taxons ; *Cx.laticinctus*, *Cx.modestus*, *Cq.richiardii*, *An.labranchiae*, *Cx.theileri*, *Ae.dorsalis*, *Cx.perexiguus*, *Cx.pusillus*,

-Le groupement 3 est constitué d'un seul taxon ; *Cx.pipiens*,

-Le groupement 4 est constitué de 6 taxons ; *Ae.caspius*, *Ae.detritus*, *Cx.antennatus*, *Cs.annulata*, *Cs.longiareolata*, *Ur.unguiculata*,

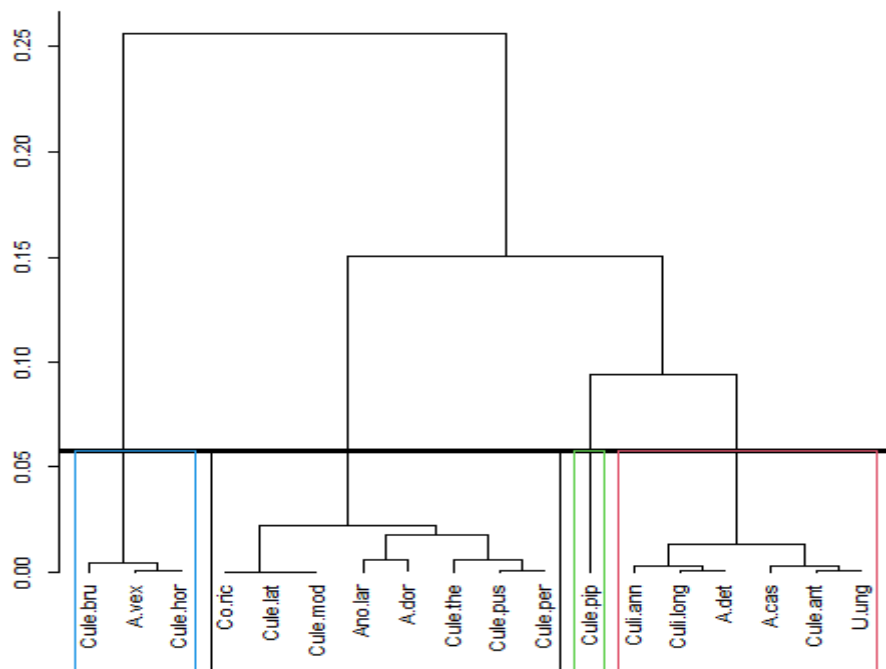


Fig. 69: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées par saison.

3.1.4. Caractérisation physico- chimiques de l'eau

3.1.4.1. Evolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau

Température : L'évolution de la température de l'eau montre des variations spatio-temporelles. La valeur la plus élevée est observée en été ($T=29.8\text{ }^{\circ}\text{C}$) au niveau de la station 4, tandis que la valeur la plus basse est enregistrée durant le printemps au niveau des stations 5 ($T=16\text{ }^{\circ}\text{C}$) (**Figure 70 A**).

Salinité : Les teneurs de la salinité dans toutes les stations et durant toute la période d'étude ont montré un seul pic durant le printemps au niveau de la station 8, (35 mg/l). Alors que la valeur la plus basse (0.19 mg/l) est enregistrée au niveau de la station 1 durant le printemps (**Figure 70 B**).

pH : Le pH des eaux est relativement constant et neutres à tendance basique pour l'ensemble des stations prospectées. En effet, la valeur la plus élevée (8.3) est enregistrée au niveau de la station 2 durant la période printanière. A l'opposé, une valeur minimale et légèrement acide est observée au niveau de la station 7 au printemps ($\text{pH}=6.9$) (**Figure 70 C**).

DBO5 : Le suivi des taux de demande biologique d'oxygène pendant cinq jours pour estimer la teneur de la matière organique dans les stations étudiées a montré que les deux saisons présentent des valeurs similaires dans toutes les stations. En revanche, nous avons observé deux pics, l'un au niveau de la station 7 (190-200 mg/l) et l'autre au niveau de la station 5 (28-30 mg/l). Toutefois, des minimales ont été enregistrées au niveau de la station 1, 2, 3, 4, 6, 8 et 9 pendant le printemps (4-7 mg/l) (**Figure 70 D**).

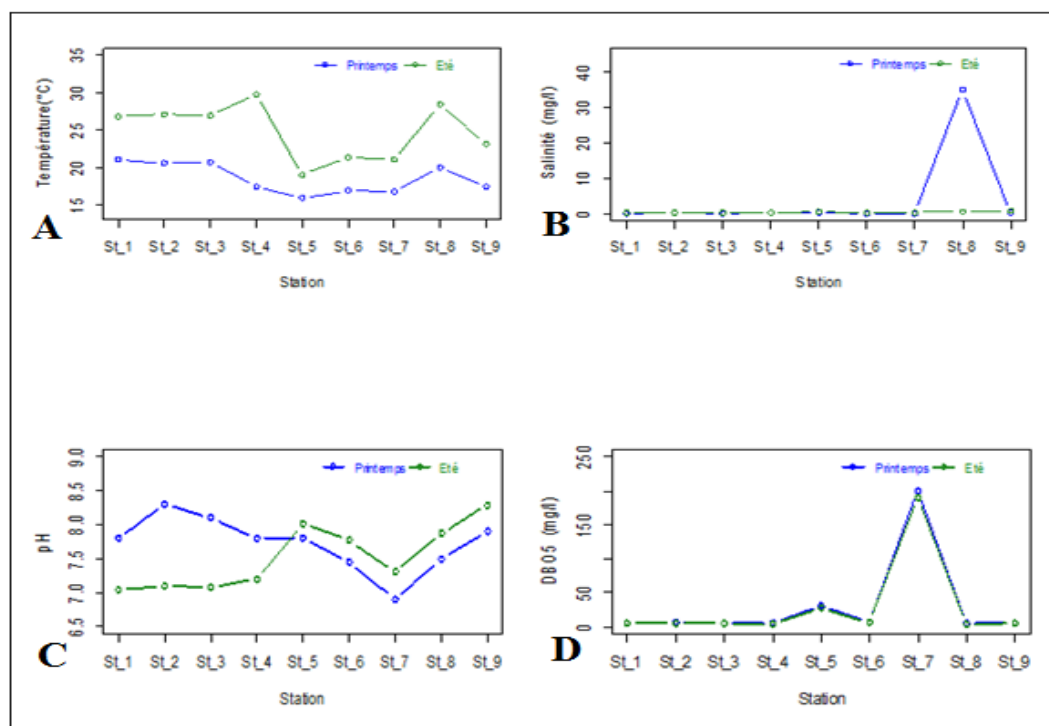


Fig. 70: Evolution spatio-temporelle de la température; salinité ; PH & DBO₅ de l'eau de 9 stations au niveau du P.N.E.K (la région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

3.1.4.2. Traitement statistique descriptive des paramètres physico-chimiques de l'eau

Analyse descriptive : Le résultat de l'analyse descriptive (Moyenne ± SEM; n = 18) des cinq variables abiotiques dans les 9 stations d'étude, pendant les deux saisons de prélèvement (Printemps & Eté) sont récapitulés dans le **tableau 14**.

Tableau 14 : Résultats des variations Spatio-Temporelles (Moyenne ± SEM, n= 18) de la Température (°C); DBO₅ (mg/l); pH & Salinité (mg/l) de l'eau au niveau du P.N.E.K (Région d'El Kala) (Décembre 2018 – Novembre 2019).

Paramètres	Station									Saison	
	St_1	St_2	St_3	St_4	St_5	St_6	St_7	St_8	St_9	Printemps	Eté
T.	24±	23.9±	23.9±	23.6±	17.55±	19.2±	19±	24.3±	20.4±	18.61±	24.9±
	4.1	4.63	4.38	8.7	2.19	3.11	2.97	5.87	4.03	2	3.76
pH	7.42±	7.70±	7.59±	7.50±	7.9±	7.61±	7.11±	7.69±	8.1±	7.52±	7.73±
	0.53	0.85	0.72	0.42	0.15	0.23	0.29	0.26	0.28	0.47	0.41
DBO ₅	4.90±	5.55±	4.65±	4.45±	29±	6.5±	195±	4.5±	5.1±	27.88±	29.8±
	0.14	0.78	0.49	0.64	1.41	0.71	7.07	0.71	0.35	20.43	21.45
Salinité	0.24±	0.36±	0.30±	0.38±	0.45±	0.32±	0.36±	17.9±	0.65±	0.51±	4.14±
	0.08	0.12	0.14	0.11	0.17	0.16	0.16	17.15	0.21	0.16	3.86

Analyse de la variance a un facteur : L'analyse des résultats des paramètres physicochimiques par le test de Fisher, (analyse de la variance à un critère de classification) (**Tableau 15**), a révélé l'existence de différences très hautement significatives entre les stations et cela concernant la DBO5 ($P= 0.000$). Ainsi des différences très hautement significatives concernant la température inter-saisons ($P= 0.000$) (**Tableau 15**).

Tableau 15: Comparaison inter-sites et inter-saisons des paramètres physico-chimiques de l'eau (4 variables).

Variables	Facteurs			
	Station (df=10)		Saison (df=1)	
	<i>P value</i>	Observation	<i>P value</i>	Observation
Température (T)	0.739	ns	0.000	***
pH	0.676	ns	0.331	ns
Salinité	0.474	ns	0.361	ns
DBO5	0.000	***	0.949	ns
NB: * ($P \leq 0,05$), ** ($P \leq 0,01$), *** ($P \leq 0,001$), ns ($P > 0,05$)				

Test de Tukey: La comparaison par paires du test Tukey indique que, les diagrammes en boîte la DBO5 a montré une nette hétérogénéité spatiale entre la station 7 d'une part, et le reste de stations d'autre part (**Figure 71**). En ce qui concerne les boîtes à moustaches de la variation saisonnière de la température présente une claire hétérogénéité entre les deux saisons (Estivale & Printanière) (**Figure 72**). Ce sont les deux paramètres (T & DBO5) qui ont présenté une différence très hautement significative dans le test précédent AV1.

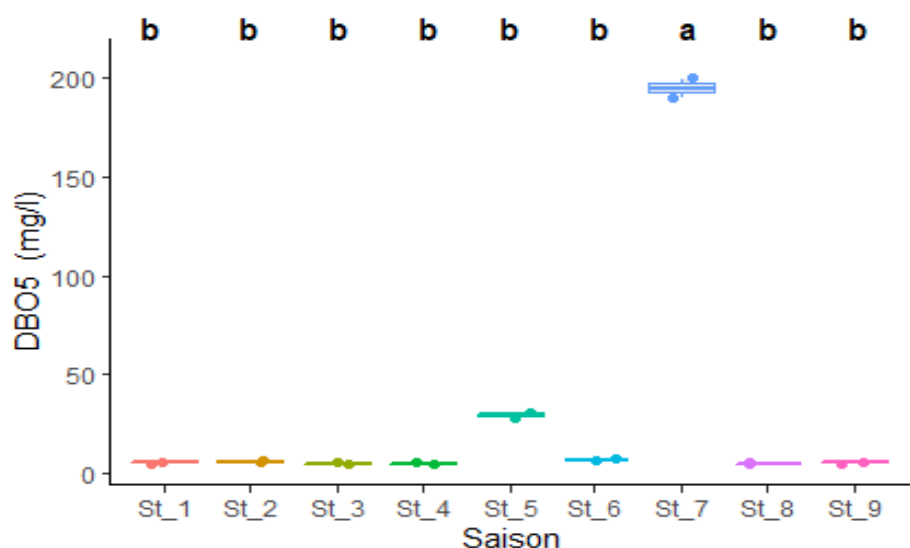


Fig. 71: Variations spatiale des paramètres physicochimiques (DBO5). Différentes lettres indiquent une différence significative entre les niveaux de variables ($P < 0,05$).

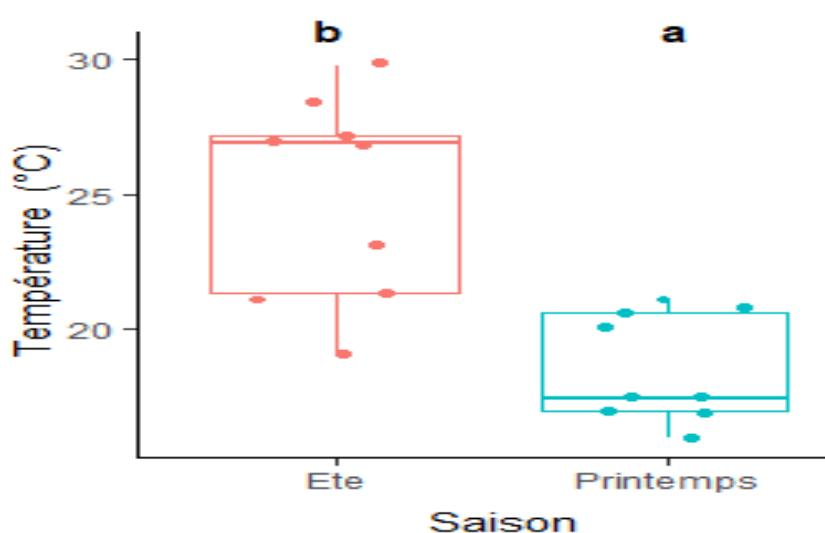


Fig. 72: Variations saisonnière de la température. Différentes lettres indiquent une différence significative entre les niveaux de variables ($P < 0,05$).

Corrélation de Pearson : L'analyse de la corrélation appliquée sur les données obtenues concernant les paramètres physico-chimiques (Température ; DBO5 ; pH & Salinité), et la densité larvaire sont présentés dans la **figure 73**. Les résultats obtenus, ont montré des corrélations significatives entre :

La salinité et l'espèce *Ur. unguiculata* (r: 0.69);

La température et les espèces : *Ae. caspius*, *Cx. theileri*, *Cx. antennatus*, *Cx. brumpti* (r=0.66-0.75);

L'espèce *Cx. brumpti* d'une part et *Cx. antennatus*, *Cx. perexiguus*, *Cq. richiardii*, *Cx. pusillus*, *Cx. theileri* d'autre part (r=0.76-0.97);

L'espèce *Cx. antennatus* d'une part et *Cx. perexiguus*, *Cq. richiardii*, *Cx. pusillus*, *Cx. theileri*, *Ae. caspius* d'autre part (r=0.67-0.91);

L'espèce *Cx. perexiguus* d'une part et *Cq. richiardii*, *Cx. pusillus*, *Cx. theileri*, *Ae. caspius*, *Ur. unguiculata* d'autre part (r=0.50-0.67);

L'espèce *Cx. hortensis* d'une part et *An. labranchiae*, *Cs. annulata*, *Ae. detritus* d'autre part (r=0.62-0.76);

L'espèce *An. labranchiae* d'une part et *Cs. annulata*, *Ae. detritus*, *Ae. vexans* d'autre part (r=0.51-0.54);

L'espèce *Ae. vexans* d'une part et *Cs. annulata*, *Ae. detritus* (r=0.5);

L'espèce *Cq. richiardii* et *Cx. pusillus* (r=0.99);

L'espèce *Cx. pusillus* et *Cx. theileri* (r=0.5);

L'espèce *Cx. theileri* et *A. cas* (r=0.76);

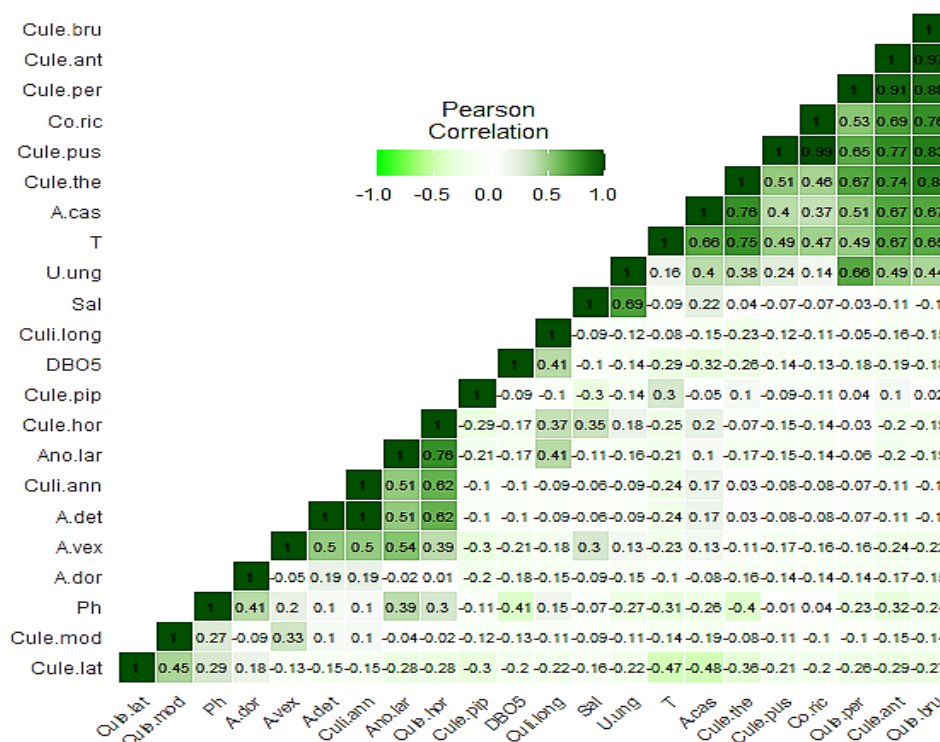


Fig. 73: Corrplot de la corrélation de Spearman calculée entre tous les paramètres physico-chimiques analysés et les charges des espèces inventoriées (T : température, Sal : Salinité, DBO5 : Demande biologique en oxygène, pH : potentiel hydrogène de l’eau et DL : Densité larvaire).

Analyse multi-variée en composant principale (ACP) : L’analyse multi-variée vise à examiner la structuration physico-chimique et biologique des stations et à examiner l’influence des paramètres physico-chimiques sur la distribution des espèces de Culicidae au niveau de la région d’El-Kala. Toutefois, les paramètres abiotiques (Température ; DBO5 ; pH & Salinité) sont utilisés comme variables quantitatives explicatives, tandis que, la densité larvaire est traitée comme une variable supplémentaire. Il ressort de l’application de l’ACP que 92% de la variabilité (inertie) totale de notre matrice des variables biotique et abiotiques est expliqué par les trois premières composantes principales (**Figure 74**).

Le 1^{er} axe d’ACP explique à lui seul 35.22% de la variabilité totale, il est corrélé positivement avec le pH ($r = +0.86$; $\cos^2=0.74$) et la densité larvaire (DL) ($r = +0.55$; $\cos^2=0.30$), cependant, il est corrélé négativement avec DBO5 ($r = +0.80$; $\cos^2=0.65$) (**Figure 74**).

En outre, le 2^{ème} axe, explique à lui seul **31.63%** de la variation totale, il est caractérisé par une forte corrélation positive avec la température ($r = +0.95$; $\cos^2= 0.90$) (**Figure 74**).

Enfin, le 3^{ème} axe explique seulement **25.69 %** de la variation totale, principalement par la forte corrélation positive avec la salinité ($r = 0.99$, $\cos^2=0.98$) (**Figure 74**).

L'analyse de la composante principale a révélé que la densité larvaire est influencée positivement avec le pH, et négativement par DBO5 (**Figure 74**). La densité larvaire est importante et élevée lorsque le pH est élevé, c'est à dire le milieu devient alcalin, alors que la densité démunie lorsque le taux du DBO5 augmente c'est à dire l'eau devient polluée.

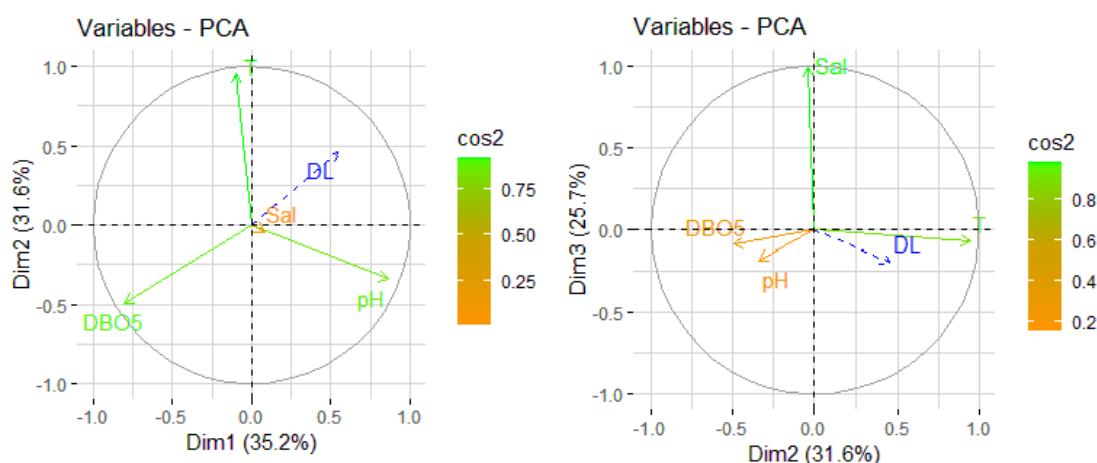


Fig. 74: Cercles de corrélation des paramètres physico-chimiques la densité larvaire avec les trois premiers axes d'ACP pour les 09 stations d'étude et pendant les quatre saisons (la densité larvaire mentionnée en bleu est considérée comme variable supplémentaire).

L'analyse approfondie de l'ACP pour les deux facteurs "station" et "saison" a révélé qu'à partir du 1^{ier} et 2^{-ème} axes on a constatés que :

-Les eaux des stations 1, 2, 3, 4, 9 au Printemps et 5, 6, 8, 9 en été sont plus alcalines et riches de larves, avec des faibles taux de DBO5 et la station 8 en Eté est plus chaude que les autres stations

-Les eaux des stations 1, 2, 3, 4, 5, 7 en Eté et la station 7 au Printemps sont moins alcalines, moins chargées de larves avec de fortes taux de DBO5, dont les eaux de stations 1, 2, 3, 4 en Eté sont plus chaudes (**Figure 75**).

Cependant le 3^{ième} axe, la structuration spatio-temporelle stipule que les eaux de toutes les stations pendant les deux saisons sont douces à l'exception de la station 8 au Printemps (**Figure 76**).

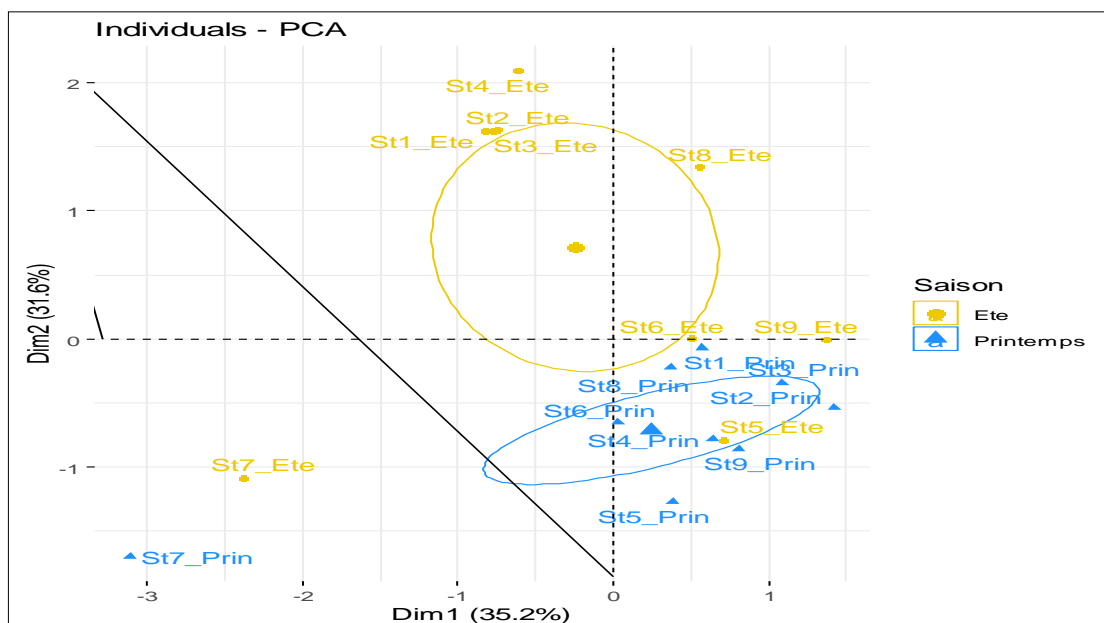


Fig. 75: Analyse en composant principale (ACP) sur la matrice standardisée des données ; Plans factoriels (Dim 1 vs Dim2) selon le facteur "station", "saison".

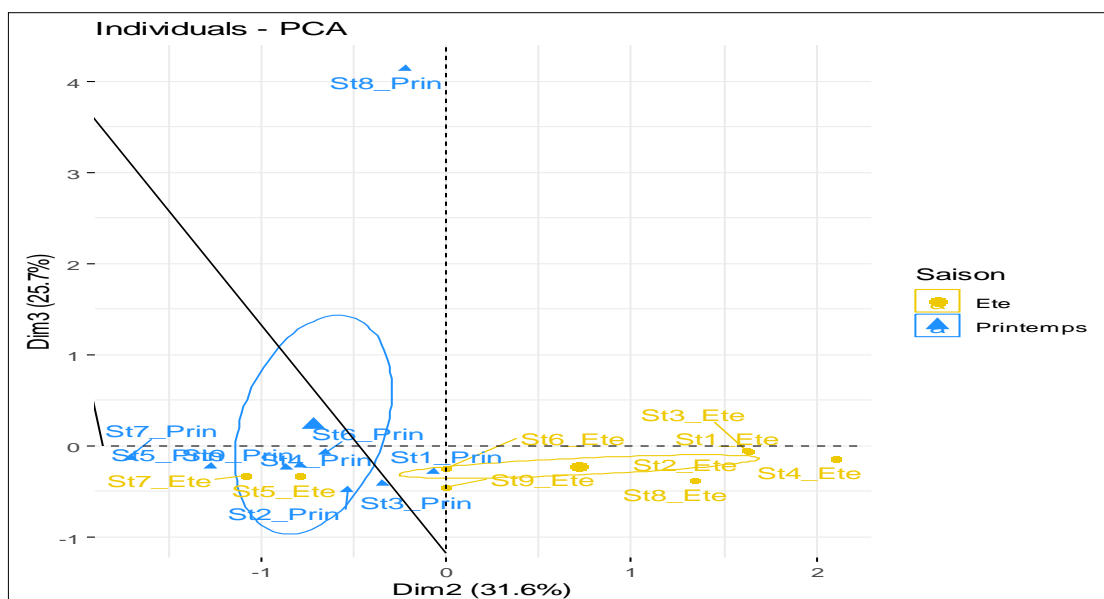


Fig. 76: Analyse en composant principale (ACP) sur la matrice standardisée des données ; Plans factoriels (Dim 2 vs Dim3) selon le facteur "station", "saison".

Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) à partir de l'ACP : Le dendrogramme issu de la CAH appliquée aux stations pendant les deux saisons Printemps et Eté par des facteurs biotiques et abiotiques nous a permis d'obtenir quatre groupes à répartition inégale :

Groupe 1 : regroupe la station 8 au Printemps ;

Groupe 2 : regroupe les stations 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 au Printemps et 5, 6, 8, 9 en Eté ;

Groupe 3 : regroupe les stations 1, 2, 3, 4 en Eté ;

Groupe 4 : regroupe la station 7 en Eté et au Printemps.

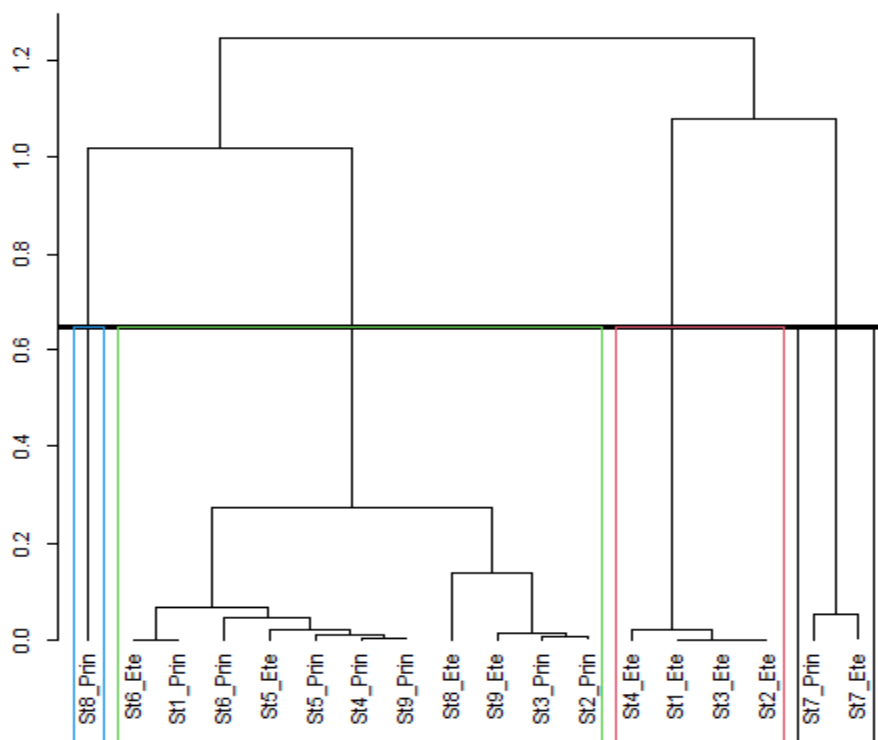


Fig. 77: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des stations pendant les deux saisons printemps et Eté par facteurs biotique et abiotiques.

3.2. Inventaire et abondance du peuplement Culicidien dans la zone Aride Laghouat

L'examen des Culicidae récoltés dans la région de Laghouat durant une année d'échantillonnage de Décembre 2018 à Novembre 2019 au niveau de trois types de sites Urbain ; Périurbain et Rural, a permis de mettre en relief l'existence de quinze espèces appartenant à deux Sous-familles : Anophilinae et Culicinae. La Sous-famille des Culicinae prend une part importante dans le présent inventaire. Elle est représentée par dix espèces réparties entre trois genres, celui de *Culiseta* avec deux espèces : *Cs. annulata* Schrank 1776 et *Cs. longiareolata* Macquart 1838 ; et le genre de *Culex* avec sept espèces : *Cx. pipiens* Linnaeus 1758, *Cx. laticinctus* Edwards, 1913, *Cx. theileri* Theobald, 1903 *Cx. deserticola* Kirkpatrick, 1924, *Cx. brumpti* Galliard 1931, *Cx hortensis maderensis* Ficalbi, 1889 et *Cx. antennatus* Becker, 1903. Celui *Aedes* avec une seule espèce *Ae. vexans* Meigen 1830. Quant à la sous-famille des *Anophilinae*, elle est représentée par cinq espèces *An. labranchiae* Meigen, 1818, *An. cinereus* Theobald 1903, *An. dthali* Patton 1905, *An. multicolor* Caamboliu 1902 et *An. sergentii sergentii* Theobald 1907. Le genre *Anopheles* signalé pour la première fois dans la région de Laghouat et uniquement dans les sites ruraux, caractérisés par une riche végétation aquatique, surtout les algues vertes *Myxophyta sp* et *Spirogira sp*. Le genre *Culex* occupe la première position, représenté par 7 espèces, *Cx. theileri* est la plus abondante avec un total de 403 individus. Suivi de *Cs. longiareolata* considérée comme espèce cosmopolite, est la plus fréquente dans les différents gîtes (Urbain, péri-urbain, rural) avec un total de 633 individus. En suite se classe l'espèce *Anopheles sergentii sergentii* avec 238 individus. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le **tableau 16**.

Tableau 16 : Richesse (effectif) totale des espèces récoltées dans la région de Laghouat (Décembre 2018 à Novembre 2019);)/ Famille/ Genre; Espèces; Site & station.

Sous-Famille	Genre	Espèces	Sites ruraux							Sites péri-Urbain		Sites Urbain		Total
			St ₁ '	St ₂ '	St ₃ '	St ₄ '	St ₅ '	St ₆ '	St ₇ '	St ₈ '	St ₉ '	St ₁₀ '	St ₁₁ '	
Anophelinae Grassi 1900	Anopheles Meigen 1818 (An)	<i>An. labranchiae</i> Meigen 1818	/	/	/	52	83	/	/	/	/	/	/	135
		<i>An. sergentii. sergentii</i> Theobald 1907	/	/	/	193	45	/	/	/	/	/	/	238
		<i>An. dthali</i> Patton 1905	/	/	/	27	81	/	/	/	/	/	/	108
		<i>An. cinereus</i> Theobald 1903	/	/	/	54	47	/	/	/	/	/	/	101
		<i>An. multicolor</i> Cambolius 1902	/	/	/	101	58	/	/	/	/	/	/	159
Culicinae Meigen 1818	Aedes Meigen 1818 (Ae)	<i>Ae. vexans</i> Meigen 1830	650	/	9	/	/	/	/	/	/	/	/	659
	Culiseta Felt 1904 (Cs)	<i>Cs. annulata</i> Schrank 1776	/	/	/	29	/	/	/	/	/	/	/	29
		<i>Cs. longiareolata</i> Macquart 1838	/	64	58	44	27	58	64	71	0	98	149	633
	Culex Linnaeus 1758 (Cx.)	<i>Cx. pipiens</i> Linnaeus 1758	/	/	35	13	/	/	/	24	/	/	/	72
		<i>Cx. antennatus</i> Becker 1903	/	/	/	/	/	/	/	4	/	/	/	4
		<i>Cx. deserticola</i> Kirkpatrick 1924	/	/	/	58	/	/	/	/	/	/	/	58
		<i>Cx. hortensis</i> Ficalbi 1889	/	/	/	15	/	/	/	/	/	/	/	15
		<i>Cx. brumpti</i> Galliard 1931	/	/	/	127	/	/	/	/	/	/	/	127
		<i>Cx. theileri</i> Theobald 1903	/	/	/	132	252	/	/	19	/	/	/	403
	<i>Cx. laticinctus</i> Edwards 1913	/	/	/	9	/	/	/	14	80	/	/	103	
			650	64	102	854	593	58	64	132	80	98	149	2844

3.2.1. Répartition par sous famille et par genre des Culicidées

L'évaluation de la densité globale en pourcentage durant toute la période d'étude a montré une nette prédominance de la sous famille *Culicinae* (67%), cette sous famille est représentée par trois genre ; *Aedes*, *Culex* et *Culiseta*. Par ailleurs, l'autre sous famille a enregistré un taux de 33%, elle est représentée, par le genre *Anophèles*. En revanche en ce qui concerne la répartition par genre, le genre *Culex* qui prédomine avec 46.7%, il est représenté par sept espèces : *Culex antennatus*, *Culex brumpti*, *Culex deserticola*, *Culex hortensis*, *Culex laticinctus*, *Culex pipiens*, *Culex theileri*. Par ailleurs, le genre *Anophèles* a enregistré un taux de 33.3% et représenté par cinq espèces : *Anopheles cinereus*, *Anopheles d'thali*,

Anophèles labranchae, *Anophèles multicolor* et *Anophèles sergentii sergentii*. En outre, le genre *Culiseta* a enregistré un taux de 13.3%, il est représenté par deux espèces : *Culiseta annulata* et *Culiseta longiareolata*. Alors que le genre *Aedes* a enregistré le taux le plus faible (6.7%) et représenté par une seule espèce : *Aedes vexans* (**Figure 78**).

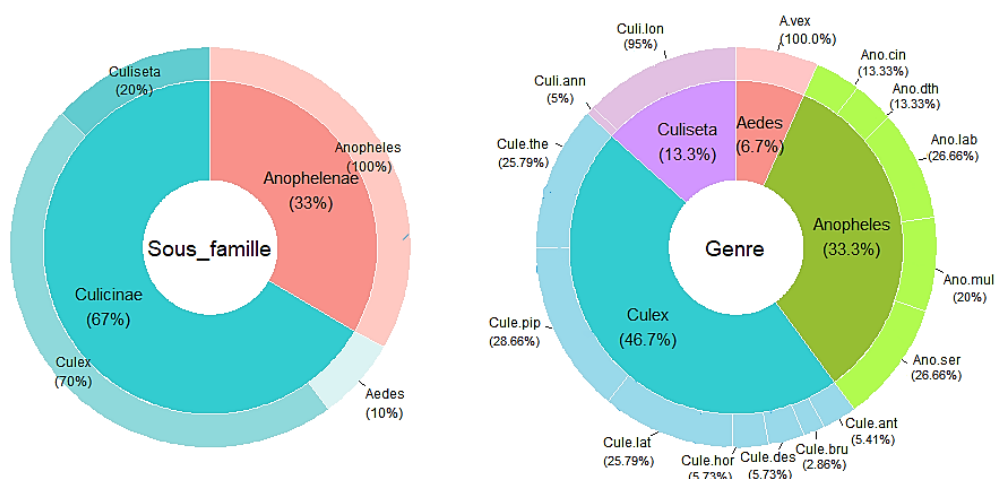


Fig. 78: Répartition en pourcentage de la densité par sous famille et par genre des espèces inventoriées de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

3.2.2. Distribution spatio-temporelle des Culicidées

L'évaluation de la densité des Culicidae dans les différentes stations d'études a révélé que la station 1' pendant le printemps héberge plus d'un quart (>1/4) des espèces recensées (650 ind.). Des valeurs moyennes sont enregistrées aux niveaux des stations 4' et 5' en été et au printemps (223-253 ind.). Toutefois, la station 1' pendant les 3 saisons (hiver, été, automne) et la station 9' pendant l'Automne n'hébergent aucune espèce (0 ind.) (**Figure 79**).

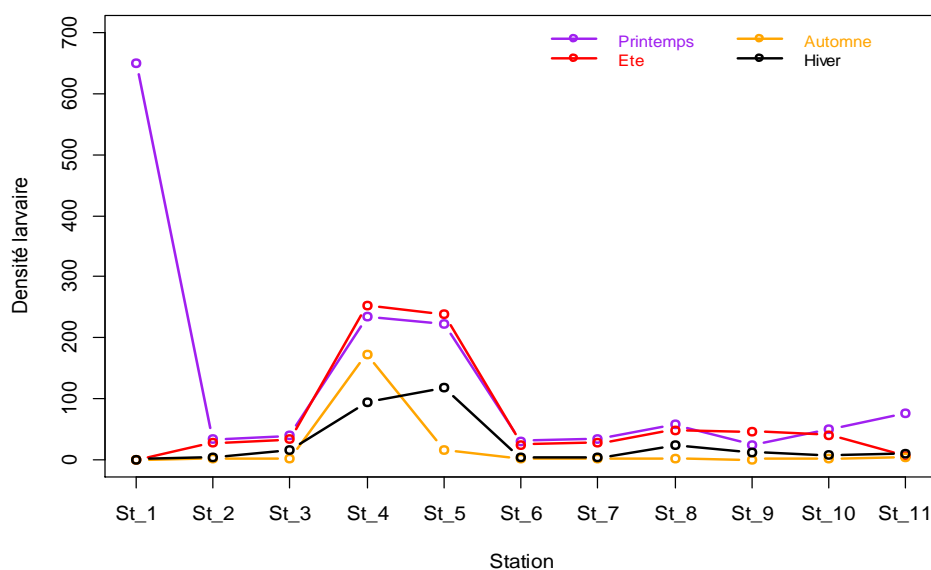


Fig. 79: Distribution spatio-temporelle des Culicidées peuplant les 11 stations au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

3.2.3. Indices écologiques

3.2.3.1. Indices écologiques de composition

Composition spatiale : Les résultats de la richesse spécifique ont montré que c'est au niveau de la station 4' le nombre d'espèces est important (13espèce), suivi par la station 5' (7espèces), puis par la station 8' (5espèces), ensuite par la station 3' (3espèces). Cependant le reste de stations n'ont été hébergées qu'une seule espèce (**Figure 80**). En effet, au niveau de la station 1' c'est l'espèce *Ae. vexans* qui a enregistré la valeur de l'abondance la plus élevée (650 ind.). En revanche, les stations 2', 3', 6', 7', 8', 10' et 11' sont marquées par la dominance de l'espèce *Cs. longiareolata* qui a montré la valeur de l'abondance la plus élevée au niveau de la station 11' (149 ind.). Par ailleurs, au niveau de la station 4' l'espèce *An. sergentii sergentii* a enregistré l'abondance la plus élevée (193 ind.). En revanche, au niveau de la station 5' l'espèce *Cx. theileri* (252 ind.), alors qu'au niveau de la station 9' c'est l'espèce *Cx. laticinctus* qui prédomine (80 ind.) (**Figure 81**).

Concernant l'estimation de la fréquence d'occurrence des espèces recensées a montré une nette fluctuation entre les stations :

Les espèces fréquentes sont au nombre de 6 espèces: Les espèces *An. sergentii sergentii* et *An.labrancheae* au niveau des stations (4' et 5') et l'espèce *Cs .longiareolata* au niveau des stations (10' et 11').

Les espèces communes sont au nombre de 17 espèces : l'espèce *Cs. longiareolata* au niveau des stations (2', 3', 4', 5', 6', 7', 8'); l'espèce *Cx. theileri* au niveau des stations (4', 5' et 8'); l'espèce *Cx. laticinctus* au niveau des stations (4', 8' et 9'); l'espèce *Cx. pipiens* au niveau des stations (4' et 8'); l'espèce *An d'thali* au niveau des stations 4' et 5'

Les espèces occasionnelles sont au nombre de 8 espèces : *An. multicolor*, *An. cinereus* au niveau des stations (4' et 5'); *Cx. hortensis*, *Cs. annulata* et *Cx. deserticola* au niveau de la station (4'); *Cx. antennatus* au niveau de la station (8').

Les espèces accidentelles sont au nombre de 2 espèces : l'espèce *Ae. vexans* au niveau de la station (3') et l'espèce *Cx. pipiens* au niveau de la station (2').

Deux espèces rares : *Ae. vexans* au niveau de la station (1') et *Cx. brumpti* au niveau de la station (4').

Les cinq espèces du genre Anopheles sont absentes totalement dans les stations 1', 2', 3', 6', 7', 8', 9', 10' et 11') (Figure 82).

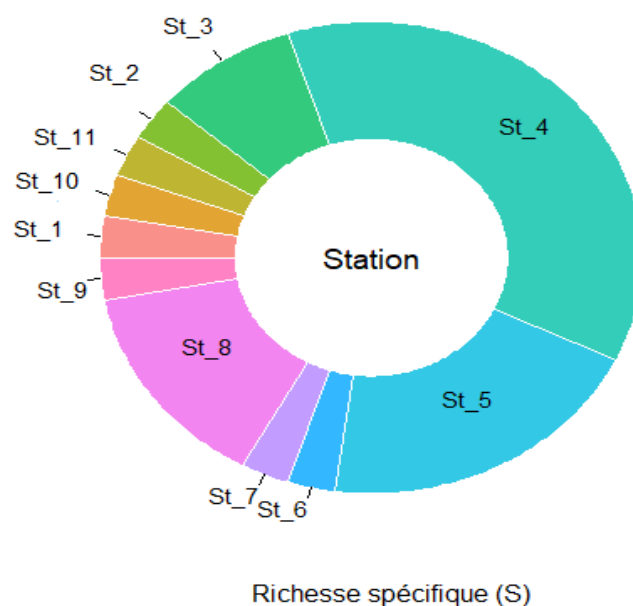


Fig. 80: Richesse spécifique des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

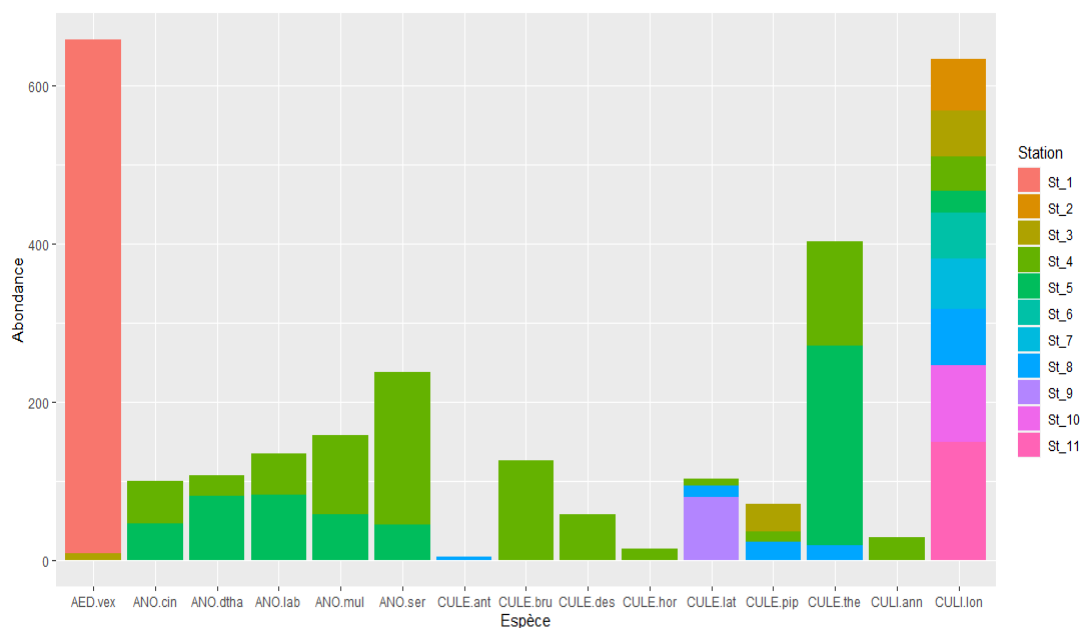


Fig. 81: Abondance des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

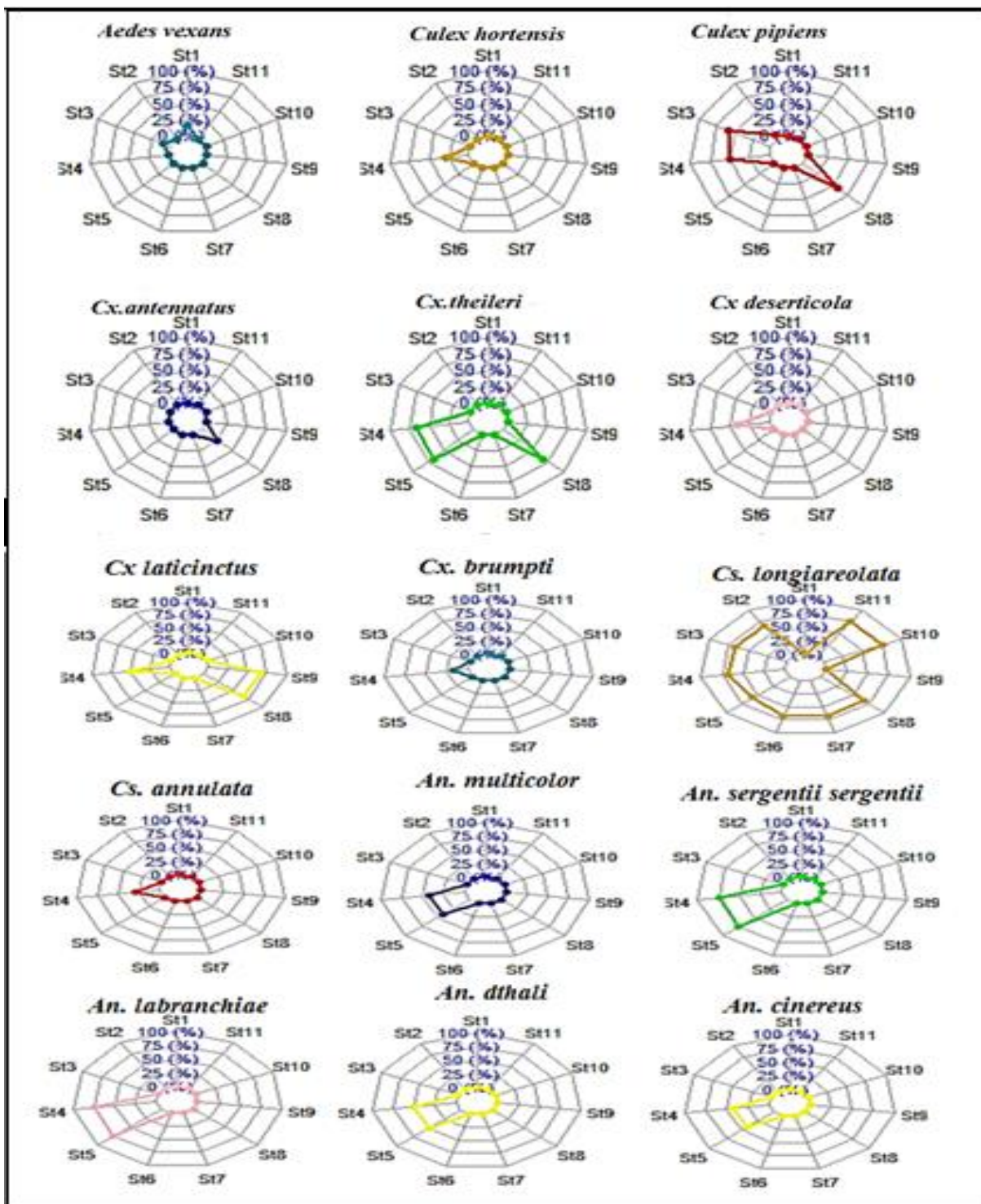


Fig. 82: Les fréquences d’occurrences estimées des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

Composition saisonnière : L'étude saisonnière de la richesse spécifique et de l'abondance des espèces inventoriées a montré que les eaux au printemps sont riches en espèces avec (14 espèces), suivi par l'été qui enregistre 13 espèces. Alors que, les valeurs les plus faibles sont au nombre de 8 espèces en hiver et 6 espèces ont été observées en automne (**Figure 83**). Parmi ces taxons, c'est l'espèce *Ae. vexans* qui a présenté une forte abondance au printemps (650 ind.). En été c'est *Cs. longiareolata* qui prédomine (263 ind.). En automne c'est l'espèce *Cx. brumpti* qui est la prédominante (127 ind). Alors en hiver c'est l'espèce *Cx. theileri* qui prédomine (166 ind.) (**Figure 84**).

Les fréquences estimées ont montré que :

L'espèce *Cs. longiareolata* est considérée comme fréquente pendant toute la période d'étude.

Les espèces *Cx. pipiens*, *Cx. theileri* et *Cx. laticinctus* sont considérées comme occasionnelles pendant les trois saisons (hiver, printemps, été).

Les espèces *An. multicolor*, *An. sergentii sergentii*, *An. labranchae*, *An. d'thali* et *An. cinereus* sont considérée comme rare pendant la plupart des saisons.

Les espèces *Ae. vexans*, *Cx. hortensis*, *Cx. antennatus*, *Cx. deserticola*, *Cx. brumpti* et *Cx. annulata* sont présentées comme des espèces rares pendant la plupart des saisons (**Figure 85**).

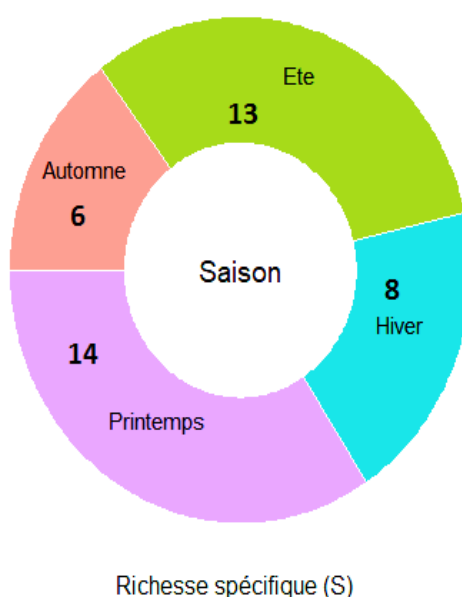


Fig. 83: Richesse spécifique des espèces inventoriées pendant les quatre saisons. au niveau de de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

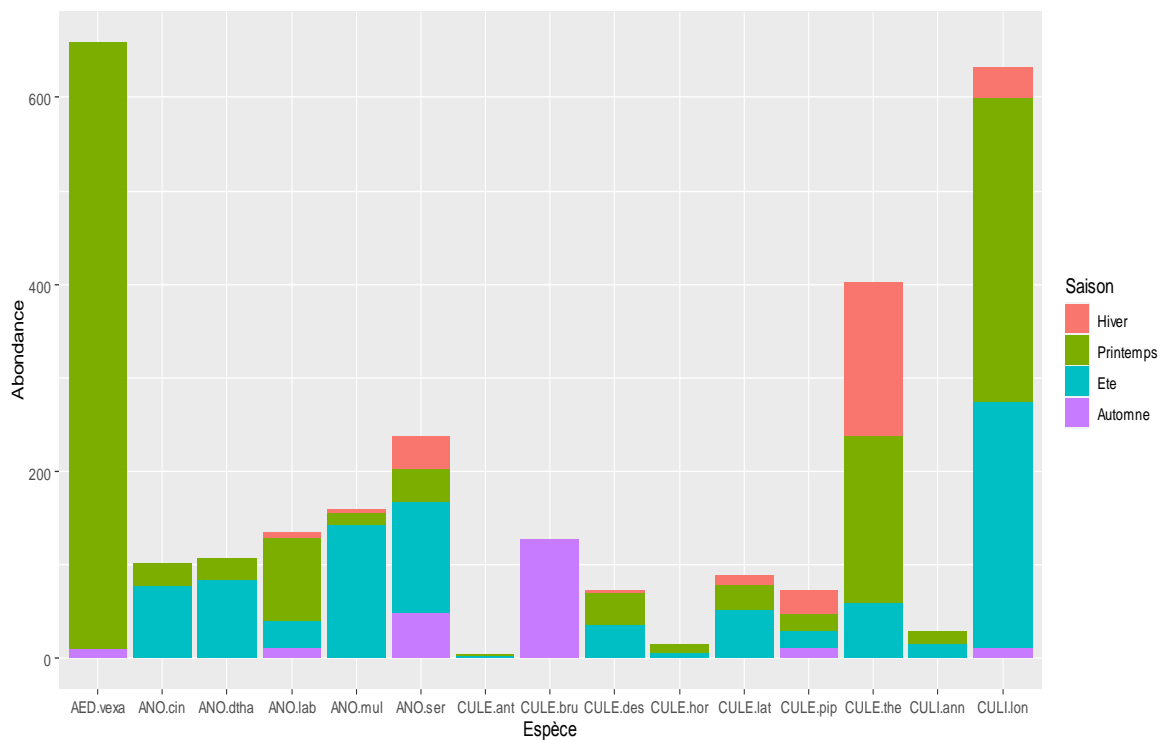


Fig. 84: Abondance des espèces inventoriées pendant les quatre saisons au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

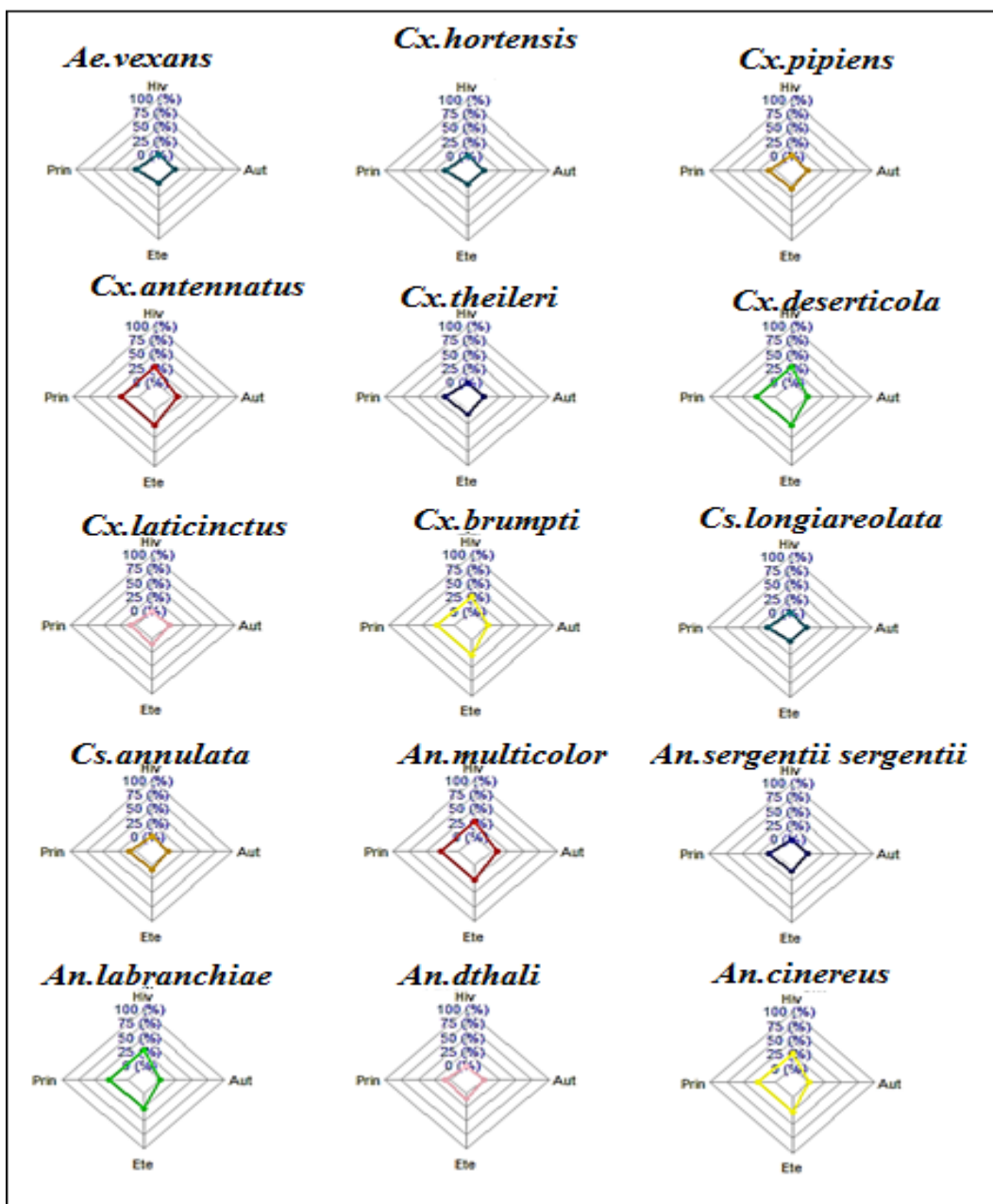


Fig. 85: Les fréquences d'occurrences estimées des espèces inventoriées pendant les quatre saisons au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

3.2.3.2. Indices écologiques de structure

Structuration spatiale : Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon varient entre 0 et 2.25bits pour l'ensemble des espèces récoltées, dont la valeur la plus forte est enregistrée au niveau de la station 4' et la plus faible valeur (nulle) au niveau des stations 1', 2', 6', 9', 10', 11' (**Figure 86 A**). En revanche, l'indice de Simpson calculé au niveau de 11' stations est varié de 0 – 0.871, c'est toujours la station 4' qui présente la plus grande valeur. Toutefois, la valeur la plus faible est observée dans les stations 1', 2', 6', 7', 8', 9', 10', 11' (**Figure 86 B**). Concernant l'indice d'équitabilité de Pielou (J'), la valeur maximale de l'équitabilité est enregistrée au niveau de la station 3' ($J'=0.50$), suivi par la station 8' ($J'=0.41$), puis par la station 5' ($J'=0.38$), ensuite, par la station 4' ($J'= 0.34$). Tandis que les autres stations présentent des valeurs non définies ($J' : Na$) (**Figure 86 C**).

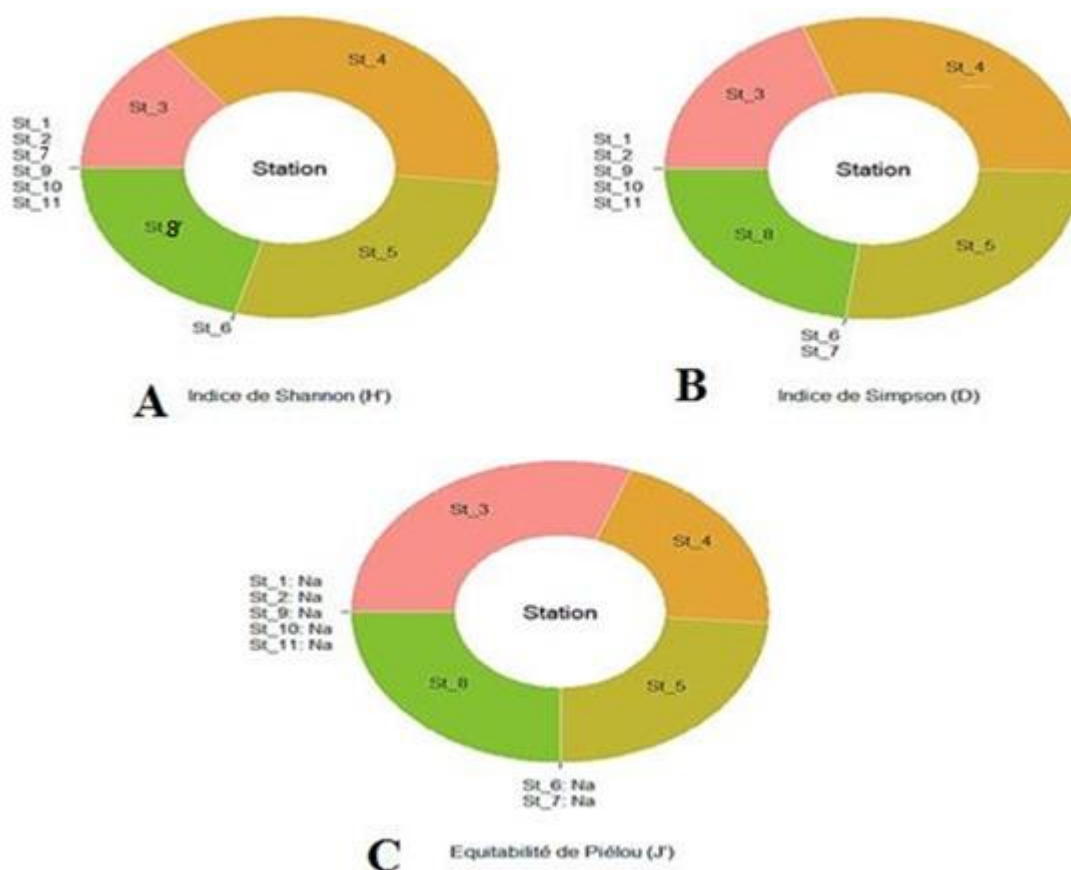


Fig. 86: Indices de structure des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

Structuration saisonnière : Les valeurs de l'indice de diversité Shannon-Weaver varient entre 1.21 et 2.11, dont la valeur la plus importante est enregistrée pendant l'Eté (**Figure 87 A**). En revanche, le calcul de l'indice de Simpson révèle que les valeurs de cet indice s'étalent entre 0.59 et 0.84, dont la valeur la plus importante est enregistrée durant les saisons d'Eté (**Figure 87 B**). En outre, l'indice d'équitabilité de Piélou varie entre 0.29 et 0.33 dans les quatre saisons, ainsi la plus grande valeur de cet indice est enregistrée en Automne et en Eté (**Figure 87 C**). Toutefois, le calcul de ces indices montre que la diversité des espèces collectées pendant les quatre saisons montre dans l'ensemble un peuplement en déséquilibre.

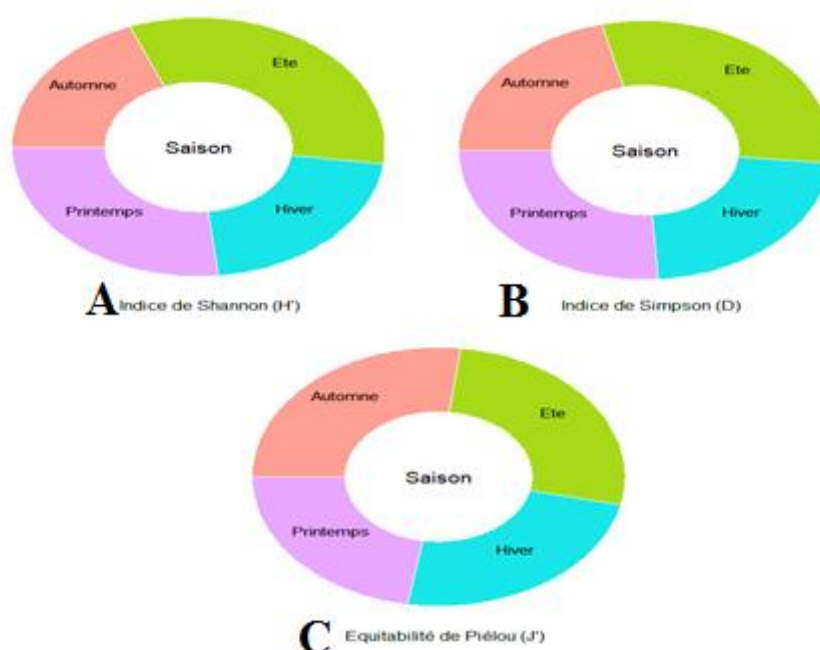


Fig. 87: Indices de structure des espèces inventoriées pendant les quatre saisons au niveau de la région de Laghouat.

Etude de la similarité (indice de JACCARD)

Similarité spatiale : L'analyse du degré de similitude des espèces recensées à travers l'indice de JACCARD a enregistré des similarités entre la majorité des stations à l'exception des stations 6' et 7' ; 10' et 6' ; 10' et 7' ; 11' et 2' ; 11' et 6' ; 11' et 7' ; 11' et 10', dont l'indice de JACCARD est nul (J=0) (**Tableau 17**).

Tableau 17 Matrice de similitude spatiale de JACCARD.

St_1'	St_2'	St_3'	St_4'	St_5'	St_6'	St_7'	St_8'	St_9'	St_10'	
St_2'	1.0000000									
St_3'	0.8164966	0.8164966								
St_4'	1.0000000	0.9607689	0.9258201							
St_5'	1.0000000	0.9258201	0.9428090	0.6793662						
St_6'	1.0000000	0.0000000	0.8164966	0.9607689	0.9258201					
St_7'	1.0000000	0.0000000	0.8164966	0.9607689	0.9258201	0.0000000				
St_8'	1.0000000	0.8944272	0.8164966	0.8451543	0.8944272	0.8944272	0.8944272			
St_9'	1.0000000	1.0000000	1.0000000	0.9607689	1.0000000	1.0000000	1.0000000	0.8944272		
St_10'	1.0000000	0.0000000	0.8164966	0.9607689	0.9258201	0.0000000	0.0000000	0.8944272	1.0000000	
St_11'	1.0000000	0.0000000	0.8164966	0.9607689	0.9258201	0.0000000	0.0000000	0.8944272	1.0000000	0.0000000

Similarité saisonnière : L'étude de la similarité saisonnière par l'indice de JACCARD indique qu'il y a une forte ressemblance entre toutes les saisons à l'exception du printemps et l'été, dont cet indice ne dépasse 0.26 (**Tableau 18**).

Tableau 18 Matrice de similitude saisonnière de JACCARD.

	Hiver	Printemps	Eté
Printemps	0.6546537		
Eté	0.6201737	0.2672612	
Automne	0.7745967	0.8164966	0.8563488

3.2.3.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Répartition spatiale : Les dimensions 1 et 2 expliquent environ 30.25% et 20.64% de l'inertie totale respectivement. Cela correspond à un total cumulé de 58.90% de la variation totale retenue par les 2 dimensions. En effet, la **figure 88** montre que :

L'espèce *Aedes vexans* a une contribution importante du premier axe, ainsi, l'axe 1 est principalement défini par cette espèce. Tandis que les espèces : *Cx. laticinctus*, *Cs. longiareolata*, *Cx. theileri* ont une forte contribution de l'axe 2, donc l'axe 2 est principalement défini par ces espèces.

Les espèces : *Cx. antennatus*, *Cx. pipiens*, *Cx. brumpti*, *Cs. annulata*, *Cx. deserticola*, *Cx. hortensis* et *Cs. longiareolata* ont une mauvaise qualité de représentation ($\cos^2 < 40\%$). Cependant les espèces : *An. sergentii sergentii*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus* et *An. d'thali* ont montré une moyenne qualité de représentation.

L'espèce *Ae. vexans* est associée le plus à la station 1' ;

L'espèce *Cs. longiareolata* est associée aux stations 2', 6', 7', 8', 10', 11' ;

L'espèce *Cx. laticinctus* est associée à la station 9' ;

Les espèces : *Cx. antennatus* et *Cx. pipiens* sont proches du barycentre, ce qui en fait un type "standard", sans appartenance géographique particulière.

Les restes des espèces sont associés aux stations 4' et 5'.

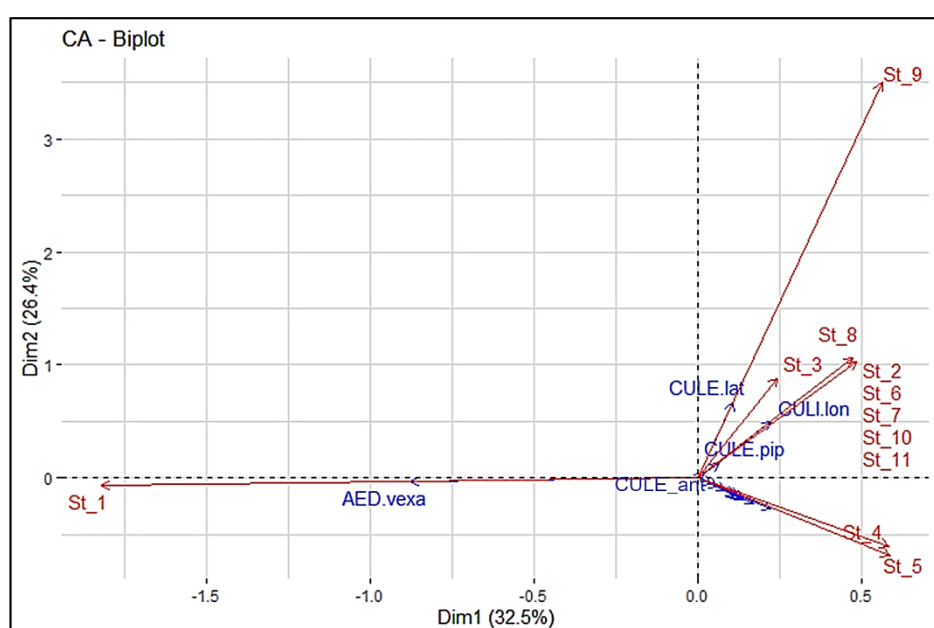


Fig. 88: Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces inventoriées et leurs textures au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2015 – Novembre 2016).

Répartition saisonnière : Les dimensions 1 et 2 expliquent environ 51.95% et 29.41% de l'inertie totale, respectivement. Cela correspond à un total cumulé de 81.36% de l'inertie totale est retenue par les 2 dimensions. En effet la **figure 89** indique que :

L'espèce *Cx. brumpti* a une contribution importante sur le premier axe. Par ailleurs, l'axe 1 est principalement défini par cette même espèce. Tandis que les espèces : *Ae. vexans*, *An. multicolor*, *An. d'thali* et *An. cinereus* ont une forte contribution sur l'axe 2, donc l'axe 2 est principalement défini par ces espèces ;

Les espèces : *Cx. pipiens* et *Cx. theileri* ne sont pas bien présentés ($\cos^2 < 40\%$) (mauvaise qualité de présentation). Cependant les espèces : *Cx. antennatus*, *Cs. annulata* et *Cx. hortensis* ont une moyenne qualité de représentation. Le rest des espèces ont une bonne qualité de représentation ;

Les espèces : *An. cinereus*, *An. d'thali* et *An. multicolor* sont associés le plus souvent à la saison d'été ;

L'espèce *Cx. brumpti* est associé à l'automne ;

Les espèces : *Ae. vexans*, *Cx. hortensis* et *An. labbranchae* sont associés au printemps ;

Les espèces : *Cx. deserticola*, *Cx. laticinctus*, *Cx. antennatus*, *Cs. annulata* et *Cs. longiareolata* sont associés à l'hiver ;

Les espèces : *An. sergentii sergentii*, *Cx. theileri* et *Cx. pipiens* sont proches du barycentre, ce qui en fait un type "standard", sans appartenance géographique particulière.

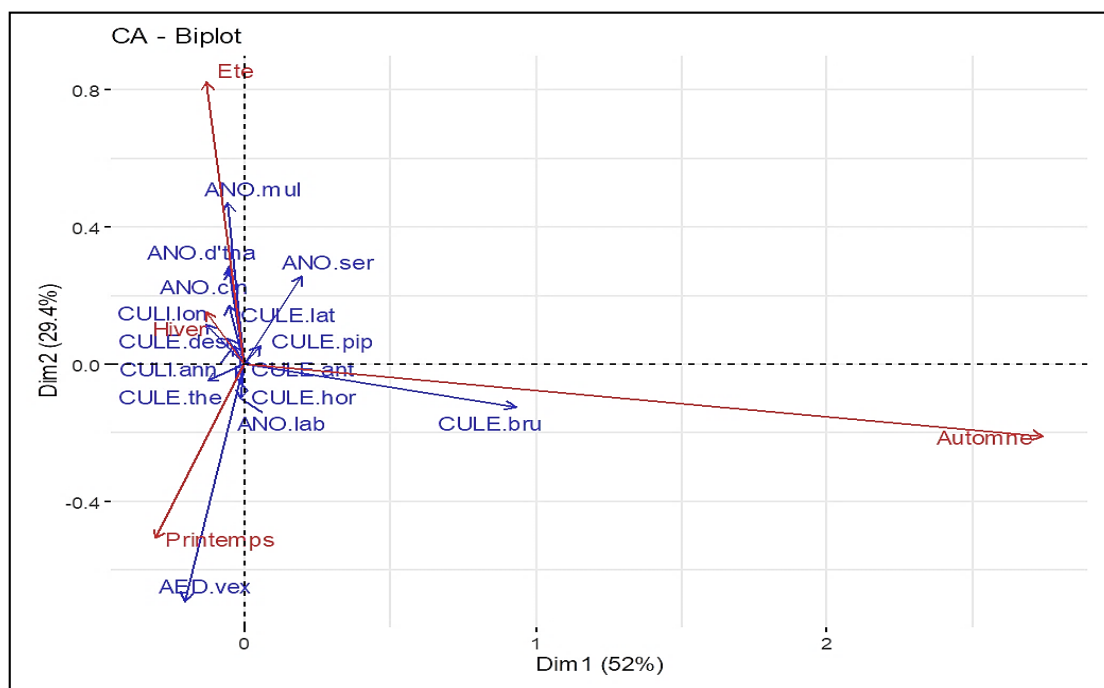


Fig. 89: Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces inventoriées et leurs textures pendant les quatre saisons au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2015 – Novembre 2016).

3.2.3.4. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des espèces inventoriées

Classification spatiale : Le dendrogramme issu de la CAH appliquée aux taxons par les stations nous a permis d'obtenir six groupes à répartition inégale :

Le groupe 1 regroupe deux taxons (*Cx. pipiens*, *Cx. antennatus*) ;

Le groupe 2 regroupe un taxon (*Cs. longiareolata*);

Le groupe 3 regroupe un taxon (*Cx. laticinctus*);

Le groupe 4 regroupe cinq taxons (*An. d'thali*, *An. cinereus*, *An. multicolor*, *An. labranchiae*, *Cx. theileri*)

Le groupe 5 regroupe cinq taxons (*Cs. annulata*, *Cx. brumpti*, *Cx. deserticola*, *Cx. hortensis*, *An. sergentii sergentii*)

Le groupe 6 regroupe un taxon (*Ae. vexans*) (**Figure 90**).

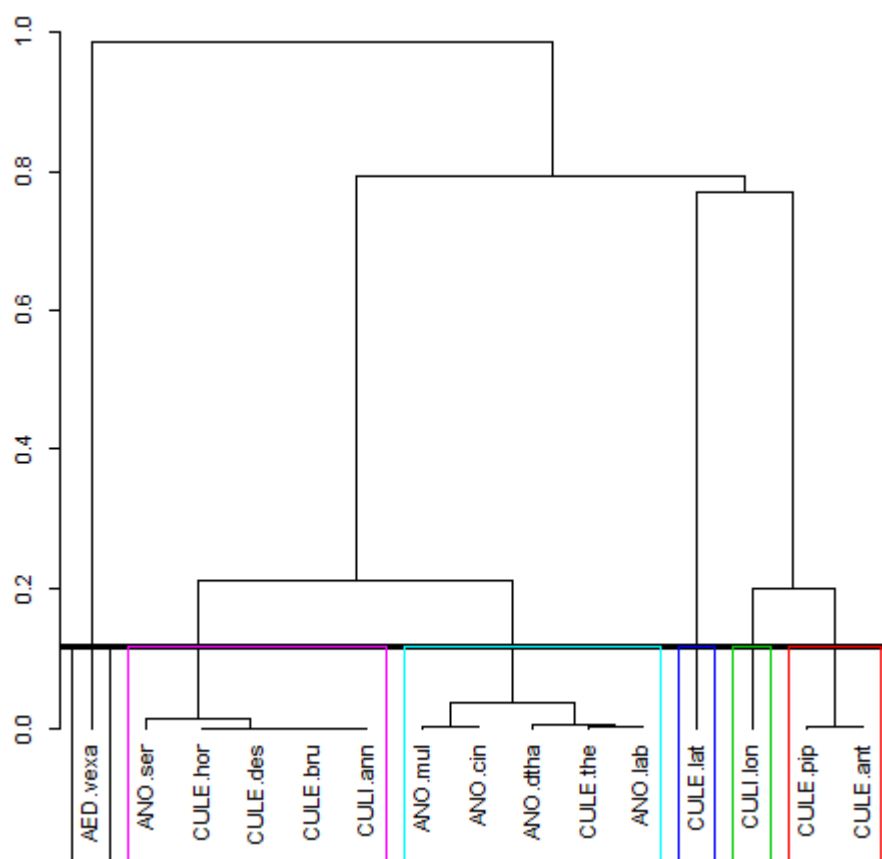


Fig. 90: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées par station.

Classification saisonnière : On constate que le dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique par saison (**Figure 91**) indique que les 15 taxons se répartissent en 6 principaux groupements :

Le groupement 1 est constitué de 5 taxons : *Cx. deserticola*, *Cx. laticinctus*, *Cx. antennatus*, *Cs. annulata* et *Cs. longiareolata*,

Le groupement 2 est constitué d'un seul taxon : *An. sergentii sergentii*,

Le groupement 3 est constitué de 3 taxons : *An. cinereus*, *An. d'thali* et *An. multicolor*,

Le groupement 4 est constitué de 2 taxons : *Cx. pipiens* et *Cx. theileri*

Le groupement 5 est constitué de 3 taxons : *Ae. vexans*, *Cx. hortensis* et *An. labranchiae*,

Le groupement 6 est constitué d'un seul taxon : *Cx. brumpti*.

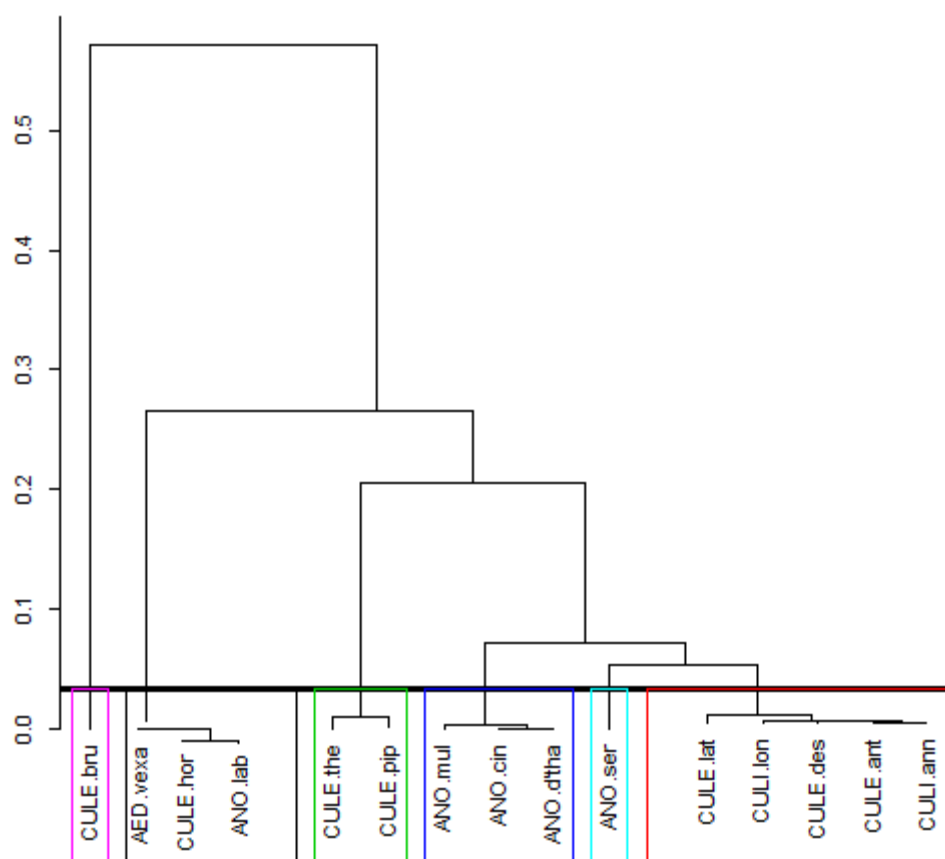


Fig. 91: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées par saison.

3.2.4. Caractérisation physico- chimiques de l'eau

3.2.4.1. Evolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau

Température : L'évolution de la température de l'eau montre des variations spatiotemporelles. La valeur la plus élevée est observée en période estivale ($T=30\text{ °C}$) au niveau de la station 7, tandis que la valeur la plus basse est enregistrée au même période au niveau des stations 4 et 5 ($T=11\text{ °C}$) (**Figure 92 A**).

Salinité : Les teneurs de la salinité dans toutes les stations et durant toute la période d'étude ont montré deux pics, au niveau du station 4, l'un en été (5.86 mg/l) et l'autre au printemps (6.2 mg/l). Alors que la valeur la plus basse (1 mg/l) est enregistrée au niveau des 2, 6 et 8 (**Figure 92 B**).

pH : Le pH des eaux est relativement constant et neutres à tendance basique pour l'ensemble des stations prospectées. En effet, la valeur la plus élevée (8.80) est enregistrée au niveau de la station 6 durant la période estivale. A l'opposé, une valeur minimale et légèrement acide est observée au niveau de la station 5 en automne ($\text{pH}=6.5$) (**Figure 92 C**).

Matière en suspension : Les concentrations de la matière en suspension (MES) présentent une allure assez semblable durant le cycle d'étude pour la majorité des stations prospectées à l'exception des stations 5 et 7 qui enregistrent les charges maximales pendant les deux période estivale et automnale. Globalement, la valeur la plus faible (8 mg/l) est observée dans la station 8 pendant l'été (**Figure 92 D**).

DBO5 : Le suivi des taux de demande biologique d'oxygène pendant cinq jours pour estimer le teneur de la matière organique dans les stations étudiées présente deux pics durant l'été, l'un au niveau de la station 4 (190 mg/l) et l'autre au niveau de la station 7 (346 mg/l). Toutefois, des doses minimales ont été enregistrées au niveau des stations 1, 2 et 3 pendant le printemps (8-9 mg/l) (**Figure 92 E**).

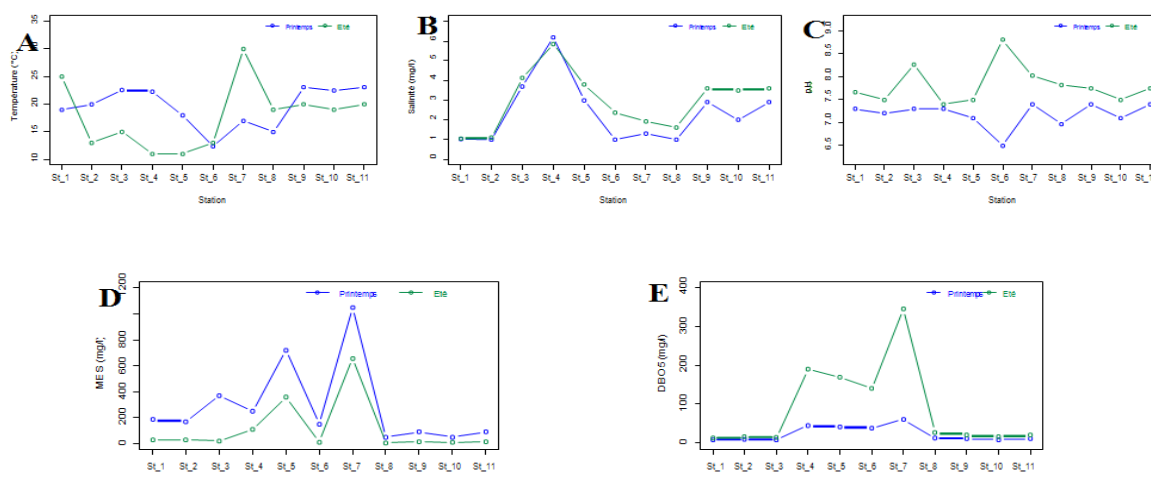


Fig. 92: Evolution spatio-temporelle de la température; salinité ; PH ; MES & DBO₅ de l'eau de 11 stations au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

3.2.4.2. Traitement statistique descriptive des paramètres physico-chimiques de l'eau

Analyse descriptive : Le résultat des analyses descriptives (Moyenne ± Se, n= 48) des 5 variables biotiques et abiotiques dans les 11 stations (St1', St2', St3', St4', St5' St6', St7', St8', St9', St10' et St11') et pendant les 2 saisons (Printemps & Eté) sont récapitulés dans le **tableau 19**.

Tableau 19: Résultats des variations spatio-temporelles (Moyenne ± SD, n= 22) de la température (T, °C), de DBO₅ (mg/l), du pH, des matières en suspension (MES, mg/l) et de salinité (mg/l) au niveau de la région de Laghouat (Décembre 2018 - Novembre 2019).

Paramètres	Station											Saison	
	St_1'	St_2'	St_3'	St_4'	St_5'	St_6'	St_7'	St_8'	St_9'	St_10'	St_11'	Prin	Eté
T	22±	16.5±	18.8±	16.7±	14.5±	12.7±	23.5±	17±	21.6±	21±	21.6±	17.8±	19.6±
	4.2	4.9	5.4	7.99	5	0.42	9.2	2.8	2.19	2.5	2.2	6	3.6
Ph	7.5±	7.35±	7.8±	7.4±	7.3±	7.7±	7.7±	7.4±	7.6±	7.3±	7.6±	7.2±	7.8±
	0.3	0.2	0.7	0.07	0.28	1.6	0.44	0.60	0.25	0.3	0.25	0.27	0.41
DBO5	10±	12±	10.5±	118±	106±	89±	203±	19.5±	15±	11.5±	15±	22.7±	88±
	2.8	4.24	3.5	103	91	72	202	10.6	7.1	4.9	7.1	19.3	110
Salinité	1.02±	1.06±	3.9±	6.03±	3.4±	1.7±	1.61±	1.31±	3.25±	2.8±	3.3±	2.4±	2.96±
	0.02	0.08	0.3	0.24	0.57	0.98	0.44	0.44	0.49	1.1	0.49	1.6	1.5
MES	110±	99.5±	197±	180±	540±	80±	854±	29±	53±	30±	52.5±	289±	115±
	111	99.7	247	98	255	97	277	29.7	53	28	53	318	208

Analyse de la variance a un facteur : L'analyse des résultats des paramètres physicochimiques par le test de Fisher, (analyse de la variance à un critère de classification) (**Tableau 20**), a révélé l'existence des différences très hautement significatives entre les stations concernant la salinité ($P= 0.000$) et hautement significatives concernant la MES ($P= 0.003$). En revanche, il existe des différences intersaisons très hautement significatives pour le DBO5 ($P= 0.000$) (**Tableau 20**).

Tableau 20: Comparaison inter-sites et inter-saisons des paramètres physico-chimiques (5 variables).

Variables	Facteurs			
	Station (df=10)		Saison (df=1)	
	P value	Observation	P value	Observation
Température (T)	0.506	ns	0.423	ns
pH	0.996	ns	0.000	***
Salinité	0.000	***	0.378	ns
DBO5	0.291	ns	0.066	ns
MES	0.003	**	0.145	ns
NB:	* ($P \leq 0,05$), ** ($P \leq 0,01$), *** ($P \leq 0,001$), ns ($P > 0,05$)			

Test Tukey : La comparaison par paires du test Tukey indique que, les diagrammes en boîte salinité ont montré une nette hétérogénéité spatiale. En analysant le diagramme en boîtes de la MES, nous avons noté que la station 7' est similaire, uniquement avec la station 5' (**Figure 93 A**). Les boîtes à moustaches de la variation saisonnière du pH ont révélé l'existence d'une claire homogénéité entre les deux saisons (Eté & Printemps) (**Figure 93 B**).

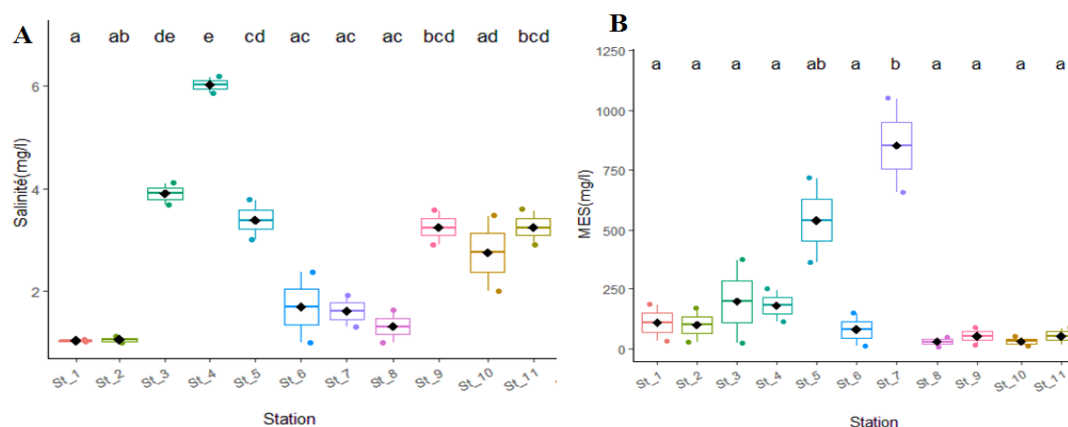


Fig. 93: Variations spatiale des paramètres physicochimiques (salinité et MES). Différentes lettres indiquent une différence significative entre les niveaux de variables ($P < 0,05$).

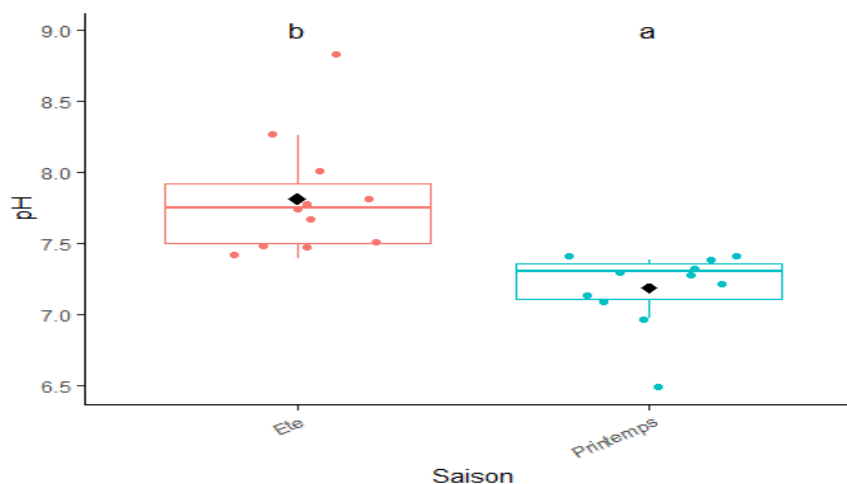


Fig. 94: Variations saisonnière du pH. Différentes lettres indiquent une différence significative entre les niveaux de variables ($P < 0,05$).

Corrélation de Pearson : L'analyse de la corrélation appliquée sur les données obtenues concernant les paramètres environnementaux (Température, DBO5, pH, salinité et matière en suspension), et la densité larvaire présentée dans la **figure 95**. Les résultats ont prouvé :

Des Corrélations Significatives entre les espèces du genre *Anopheles* et la salinité ($r=0.52-0.56$);

Des corrélations très hautement significatives entre les espèces du genre *Anopheles* et DBO5 ($r=0.50-0.53$), à l'exception de l'espèce *Cs. annulata* qui présente une corrélation uniquement significative avec la salinité ;

Corrélation significative entre *Cx. deserticola* et la salinité ($r=0.52$) ;

Corrélation significative entre *Cx. hortensis* et la salinité ($r=0.52$) ;

Des corrélations hautement significatives entre les espèces du genre *Anophèle* et *Cx. hortensis* ($r=0.64-0.71$);

Des corrélations très hautement significatives entre les espèces du genre *Anopheles* et *Cx. theileri* ($r=0.67-0.71$);

Des corrélations très hautement significatives entre les espèces du genre *Anopheles* et *Cx. deserticola* ($r=0.81-0.82$);

Des corrélations très hautement significatives entre les espèces du genre *Anopheles* et *Cs. annulata* ($r=0.64-0.71$);

Des corrélations très hautement significatives entre les espèces du genre *Anopheles* lui-même ($0.99-1$);

Une corrélation très hautement significative entre *Cx. hortensis* et *Cs. annulata* ($r=1$);

Une corrélation très hautement significative entre *Cx. hortensis* et *Cx. deserticola* ($r=1$);

Une corrélation significative entre *Cx. hortensis* et *Cx. theileri* ($r=0.53$);

Une corrélation significative entre *Cx. pipiens* et *Cx. antennatus* ($r=0.52$);

Une corrélation significative entre *Cx. theileri* et *Cx. deserticola* ($r=0.53$);

Une corrélation significative entre *Cs. annulata* et *Cx. theileri* ($r=0.53$);

Une corrélation significative entre *Cs. annulata* et *Cx. deserticola* ($r=1$).

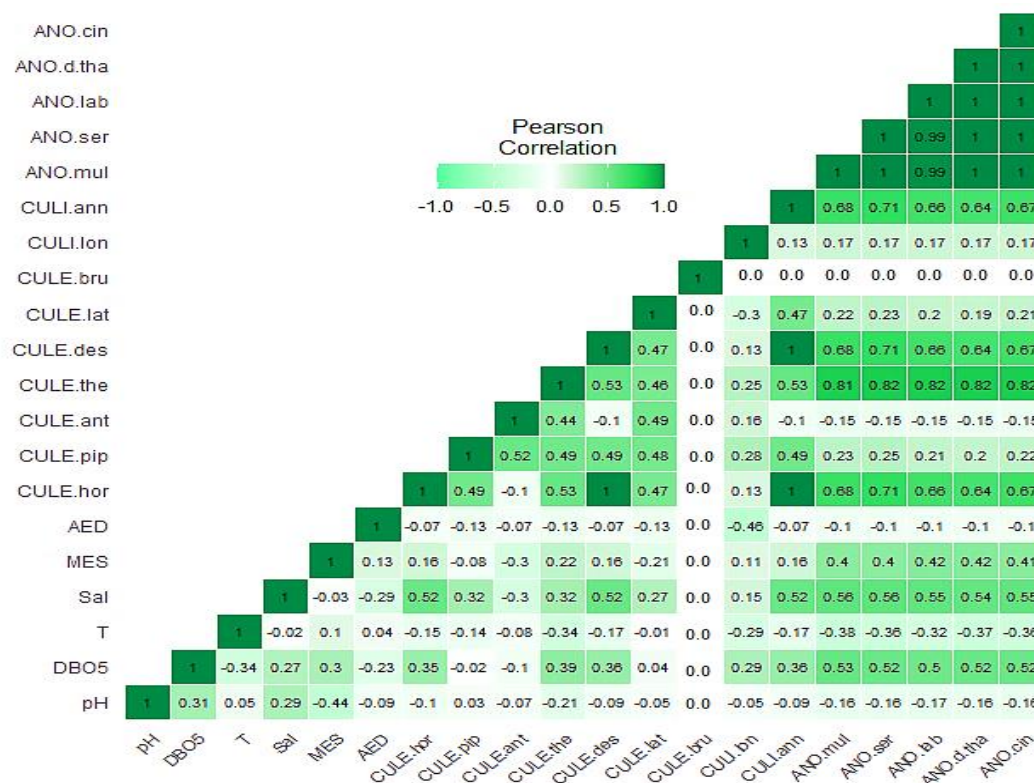


Fig. 95: Corrplot de la corrélation de Spearman calculée entre tous les paramètres physico-chimiques analysés et les charges des espèces inventoriées (T : température, Sal : Salinité, DBO5 : Demande biologique en oxygène, pH : potentiel hydrogène, MES : matière en suspension, DL : Densité larvaire).

Analyse multi-variée en composant principale (ACP) : L'analyse multi-variée vise à examiner la structuration physico-chimique et biologique des stations de la présente étude et à examiner l'influence des paramètres physico-chimiques sur la distribution des espèces du Culicidées au niveau de la région de Laghouat. Toutefois, les paramètres abiotiques (Température, DBO5, pH, salinité et matière en suspension) sont utilisés comme variables quantitatives explicatives, tandis que, la densité larvaire est traitée comme une variable à expliquée (supplémentaire). Il ressort de l'application de l'ACP que 75.96% de la variabilité (inertie) totale de notre matrice des variables biotique et abiotiques est expliqué par les trois premières composantes principales (**Figure 96, Tableau 3' Annexe**).

Le 1^{er} axe d'ACP explique à lui seul 30.49% de la variabilité totale, il est corrélé positivement avec le pH ($r = +0.60$; $\cos^2 = 0.36$) et DBO5 ($r = +0.87$; $\cos^2 = 0.76$) (**Figure 96, Tableau 4' Annexe**).

En outre, le 2^{ème} axe, explique à lui seul **25.75%** de la variation totale, il est caractérisé par une forte corrélation positive avec la MES ($r=+0.75$; $\cos^2= 0.57$) et des corrélations négatives avec le pH ($r = -0.50$; $\cos^2= 0.25$) et la salinité ($r=-0.51$, $\cos^2=0.51$) (**Figure 96, Tableau 4' Annexe**).

Enfin, le 3^{ème} axe explique seulement **19.74 %** de la variation totale, principalement par la forte corrélation positive avec la température ($r = 0.79$, $\cos^2=0.63$) (**Figure 96, Tableau 4' Annexe**).

L'analyse de la composante principale a révélé l'absence totale d'une corrélation entre la densité larvaire et les facteurs abiotiques (**Figure 96**).

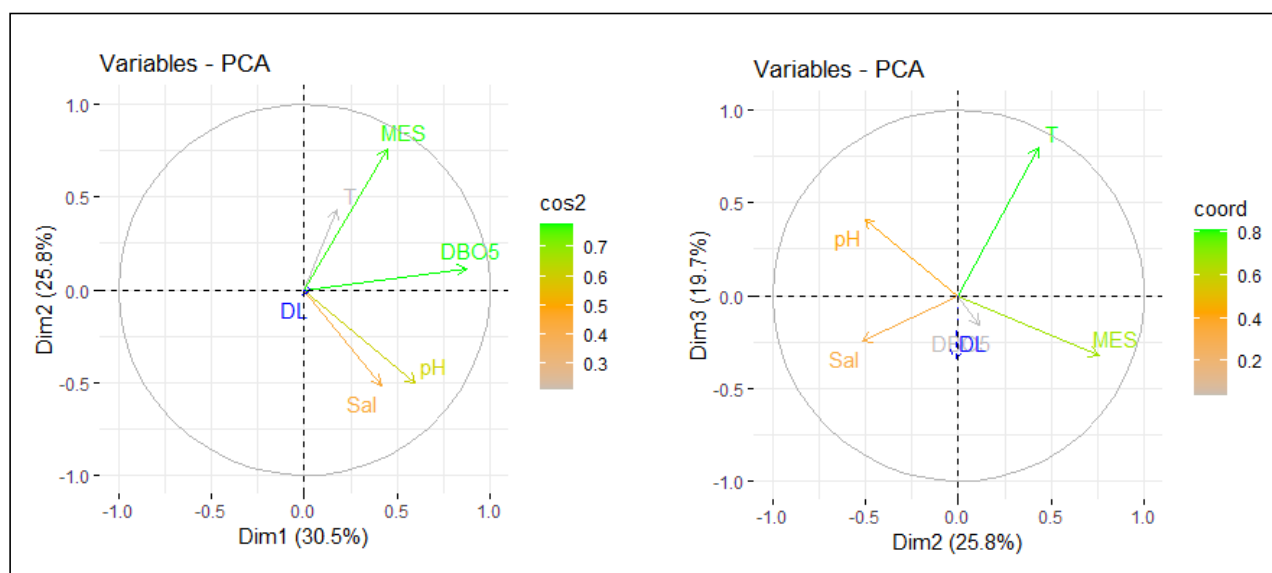


Fig. 96: Cercles de corrélation des paramètres physico-chimiques la densité larvaire avec les trois premiers axes d'ACP pour les 11 stations d'étude et pendant les quatre saisons (la densité larvaire mentionnée en bleu est considérée comme variable supplémentaire).

L'analyse approfondie de l'ACP pour les deux facteurs "station" et "saison" a révélé qu'à partir de 1^{ier} et 2^{ieme} axes on a constatés que :

Les eaux des stations 7', 5' au Printemps et 7' en Eté sont douces, alcalines, riches en MES, avec des taux élevés de DBO5;

Les eaux des stations 3', 4', 5', 6' en Eté et la station 4' au Printemps sont salines, alcalines, moins chargées en MES avec de fortes taux de DBO5;

Les eaux des stations 2', 8', 9', 10', 11' en été sont salines moins alcalines, moins chargées en MES, avec des taux bas de DBO5;

Concernant les stations 1', 2', 3', 6', 8', 9', 10', 11' au Printemps et 1' en Eté, les eaux sont moins alcalines, douces, plus chargées au MES avec un taux faible de DBO5 (**Figure 97**).

Cependant, au 3^{ème} axe la structuration spatio-temporelle stipule que les eaux de toutes les stations pendant les 2 saisons sont tempérées à l'exception des stations 2', 4', 5' en Eté et 4', 5', 6', 7', 8' au Printemps (**Figure 98**).

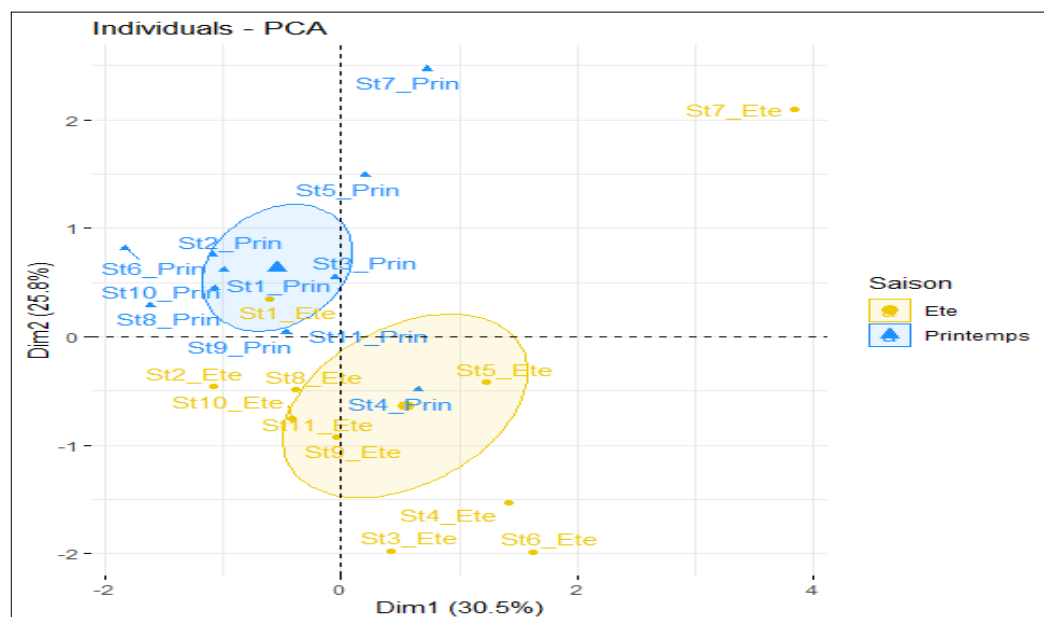


Fig. 97: Analyse en composant principale (ACP) sur la matrice standardisée des données ; Plans factoriels (Dim 1 vs Dim2) selon le facteur "station", "saison".

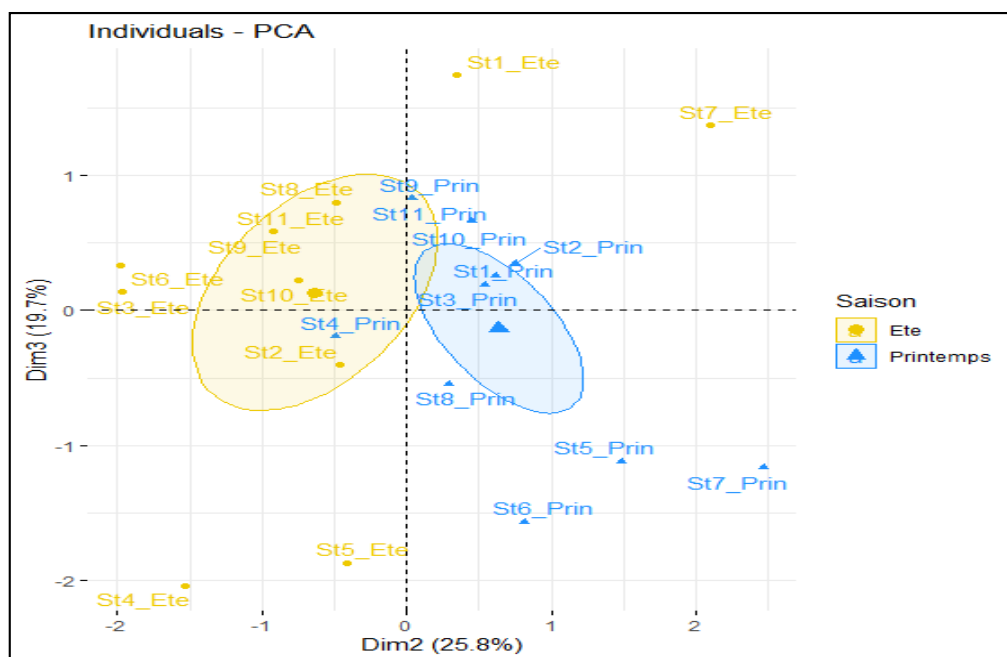


Fig. 98: Analyse en composant principale (ACP) sur la matrice standardisée des données ; Plans factoriels (Dim 2 vs Dim3) selon le facteur "station", "saison".

Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) à partir de l'ACP : Le dendrogramme issu de la CAH appliquée aux stations pendant les 2 saisons Printemps et Eté par des facteurs biotiques et abiotiques nous a permis d'obtenir quatre groupes à répartition inégale :

Groupe 1 : regroupe les stations 4', 5', 6' en Eté ;

Groupe 2 : regroupe la station 7' en Eté seulement ;

Groupe 3 : regroupe les stations 1', 2', 5', 6', 7', 8' au printemps et 2' en Eté ;

Groupe 4 : regroupe les stations 1', 3', 8', 9', 10', 11' en été et 3', 4', 9', 10', 11' au Printemps (**Figure 99**).

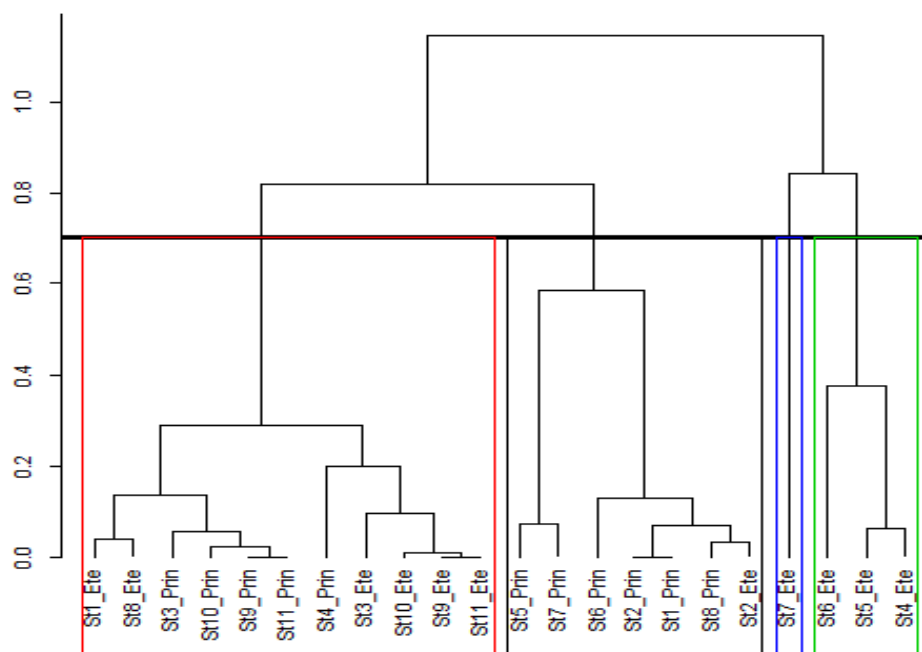


Fig. 99: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des stations pendant les deux saisons Printemps et Été par facteurs biotique et abiotiques.

3.3. Description taxonomique des espèces inventoriées

3.3.1. *Anopheles labranchiae* Falleroni, 1926

La majorité des vecteurs de Plasmodium humains appartient à des complexes d'espèces jumelles, c'est-à-dire semblables sur le plan de leur morphologie externe, mais qui présentent des particularités biologiques, écologiques et génétiques. Cependant, chez les espèces du genre *Anopheles* qui ont été recensées, selon **Harbach (2013)** en dénombrant 96 au sein de 26 complexes d'espèces. La plupart de ces espèces complexes regroupent à la fois des espèces vectrices et des espèces non vectrices. Il est donc fondamental de pouvoir les différencier, de manière à déterminer correctement l'identification systématique des espèces présente dans une zone donnée, cela pour évaluer leur importance épidémiologique dans la transmission des Plasmodium et à cibler correctement les interventions et les méthodes de lutte.

Anopheles labranchiae est la représentante principale des huit espèces du complexe *Anopheles maculipennis* en Afrique du Nord et la première espèce avoir été décrite (**Senevet & Andarelli, 1956; Tabbabi et al., 2017; Trari, 2017**). On peut la rencontrer depuis les zones côtières jusqu'à 1 900 mètres d'altitude, comme elle a été décrite dans les zones sahariennes. Cette espèce a été longtemps considérée comme le vecteur historique majeur du paludisme en Europe et au Magreb (**Brunhes et al., 1999; Laboudi et al., 2014**). Les gîtes larvaires sont des plus variés (Mares; Rivières; Canaux; Bassins; Rizières; Creux d'arbres... etc.) (**Bruhnes et al., 2001**). Selon notre échantillonnage, les larves de cette espèce ont été rencontrées dans les deux régions d'études à savoir : les trois sites ruraux de la région humide **El-Kala** (El-Mellah ; Oubeira & Tonga), gîtes ensoleillés d'eaux douces qui sont plus alcalines, avec des faibles taux de DBO5 et riche en algues vertes. Elle a été identifiée également dans les deux sites ruraux de la région **aride Laghouat** (Lalmaya & Kafalmelh), gîtes d'eaux salées alcalines, moins chargées en MES, avec des taux élevés de DBO5, où domine des végétations aquatiques (Algues, espèces *Spirogira sp ...*). Les larves apparaissent pendant les saisons (Automne; Hiver & Printemps) durant les mois (Novembre; Décembre; Janvier & Mars).

La larve d'*Anopheles labranchiae* est caractérisée par des antennes courtes avec soie antennaire (1-A) au niveau du tiers basal. La distance entre les soies clypéale 2-C est inférieure à la distance entre 2-C et 3-C. L'aspect de la soie 2-C aciculée seulement à l'extrémité, et le critère spécifique déterminant de cette espèce porte sur la ramification en buisson de la soie 3-C. Chez l'adulte les palpes maxillaires sont longs, presque égale à celle de la trompe et sans anneaux blancs. Les ailes sont caractérisées, par la présence de taches noires leurs donnant un aspect sombre, et le Le gonocoxite du genitalia mâle est dépourvu des lobes (**Brunhes et al., 1999**); (**Figure 100**).

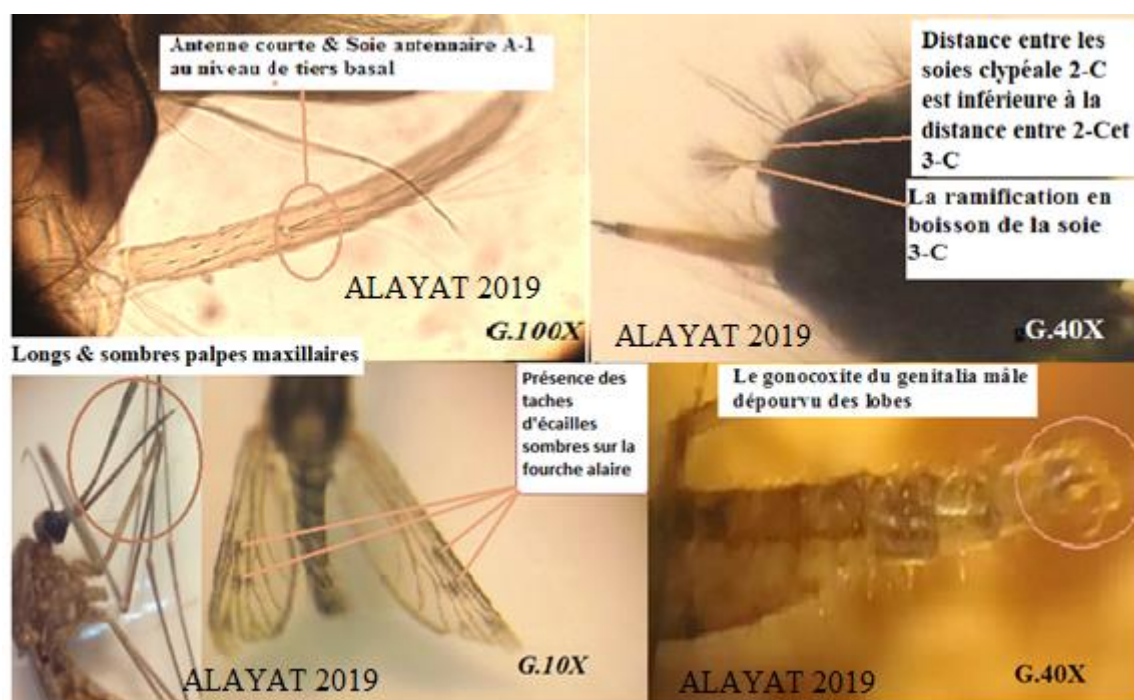


Fig. 100: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles labranchiae* (Photos Personnelles).

3.3.2. *Anopheles (Cellia) multicolor* Camboliu 1902

Cette espèce appartenant au Sous-genre *Cellia* Theobald 1902 est une espèce désertique ou pré-désertique de tous le Nord-Africain, du Maroc à l'Egypte, considérée comme vecteur de paludisme (Mouchet *et al.*, 2004), le plus important dans le Sud de l'Algérie (Foley, 1923). Ainsi elle est responsable de la transmission des arbovirus, comme celui de la Fièvre de la Vallée du Rift (RVF) dans certains pays notamment l'Egypte, le taux d'infection chez les femelles dépassant les 75% (Gad *et al.*, 1987; Brunhes *et al.*, 1999; Trari, 2017).

Les larves se développent dans l'eau saumâtre des régions présahariennes, où elles supportent les concentrations élevées de la salinité allant de 5 à 60g/l, alors qu'elles ne se présentent jamais dans l'eau des flaques au bord de mer. Cette espèce est signalée uniquement dans la région de Laghouat, au niveau des gîtes riche en matières organiques, salines, alcalines et moins chargées en MES, avec des taux élevés de DBO5.

Les larves d'*An. multicolor* sont caractérisées par les soies antennaires (1-A) qui s'insèrent au milieu de l'antenne, formé par une seule soie. Cependant la distance entre les soies clypéales 2-C est supérieure à la distance entre 2-C et 3-C. L'aspect de la soie 2-C & 3-C

sont simples et lisses. Le caractère typique de cette espèce revient à la présence de soies palmées sur les seuls segments II à VII. Les ailes chez l'adulte sont caractérisées, par la présence de taches blanches qui ornent le bord costal et des taches claires sur les nervures médianes, et des écailles larges sur les fossae (**Brunhes *et al.*, 1999**); (**Figure 101**).

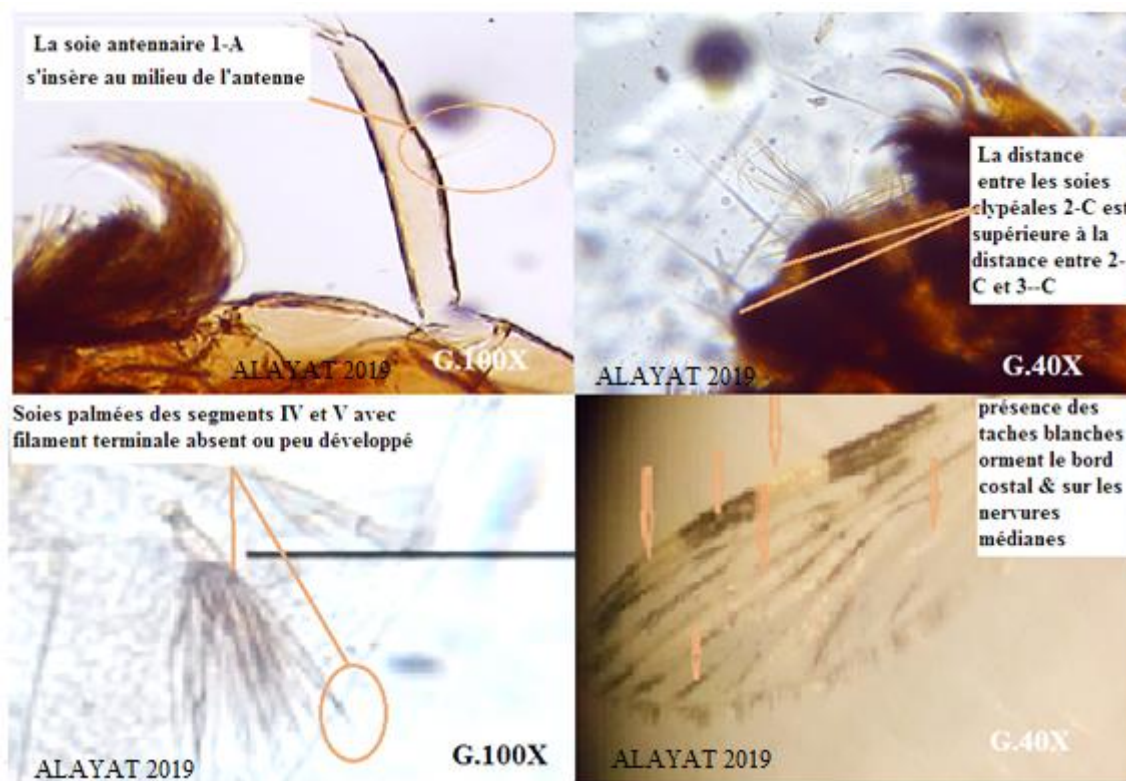


Fig. 101: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles multicolor* (Photos Personnelles).

3.3.3. *Anopheles sergentii sergentii* Theobald 1907

Espèce du Sous-genre *Cellia* Theobald 1902, est une espèce selon **Gillies & De Meillon, (1968)** des zones arides et semi-arides. Son aire de distribution s'étend de la Mauritanie dans toute la méditerranéenne où elle joue un rôle important dans la transmission du paludisme dans ces régions (**Brunhes *et al.*, 2001**).

Les larves de cette espèce préfèrent essentiellement les petits marécages permanents, les cultures, irriguées, ainsi que les flaques et les mares résiduelles en bordure des Oueds, dans les canaux d'irrigation encombrés de végétation. Elles supportent l'eau douce ou légèrement salée, les femelles apparaissent essentiellement en Automne et Hiver. En revanche on a trouvé cette espèce seulement dans la région de Laghouat, dans les gîtes d'eau de type tempérés saumâtres, alcalines, moins chargées en MES avec taux élevés de DBO5, apparaissent pendant tous les saisons avec une importante densité larvaire en Été.

La larve d'*An sergentii sergentii* est répertoriée par la présence d'une soie antennaire 1-A au niveau du tiers basal portant une seule soie. La soie 2-C d'aspect simple lisse. La soie abdominale du sixième segment porte 7 branches et une soie palmée sur le segment V avec Apex des folioles filament terminal bien développé (**Figure 102**) (**Bruhnes et al., 2001**). Chez l'adulte ; la présence de trois anneaux blancs sur les palpes maxillaires, de quatre taches blanches sur le bord costal et des taches claires sur les nervures médianes,

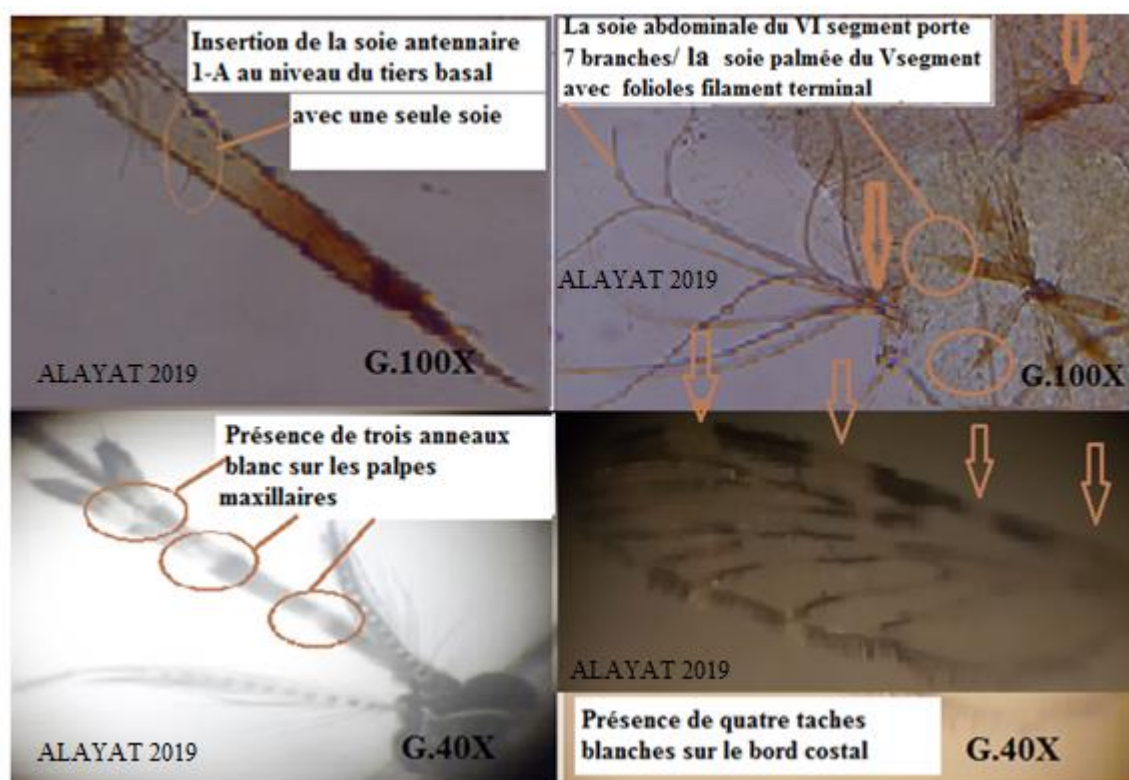


Fig. 102: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles sergentii sergentii* (Photos Personnelles).

3.3.4. *Anopheles cinereus* Theobald 1903

Anopheles cinereus est un moustique de la méditerranée occidentale. Son aire principale de répartition est le Maghreb, on le trouve depuis le littoral jusqu'en plein Sahara. Il est particulièrement commun dans toute l'Afrique du Nord, sous le nom d'*An cinereus hispaniola* ou *An. hispaniola*. Malgré son importante agressivité, elle est rarement trouvée porteuse de sporozoites (**Trari, 2017**).

Les larves se développent essentiellement dans des flaques encombrées d'algues vertes dont elles se nourrissent. Elles se trouvent sur le bord des torrents et dans des canaux d'irrigation mal entretenus, ces eaux peuvent être douces ou légèrement salées (**Bruhnes et al., 2001**).

Pourtant les résultats obtenus par cette étude prouvent, que cette espèce peut supporter des salinités très élevées et des températures extrêmes. Elle a été rencontrée d'*An. cinereus* au niveau du Sahara Septentrional (Laghout), dans des eaux qui salines, tempérées, alcalines, moins chargées en MES et avec des taux importants de DBO5. Leur apparition se fait, surtout au Printemps & Été. Morphologiquement les larves se caractérisent par l'insertion de la soie antennaire 1-A, vers le milieu et avec un nombre de branches égal à **1**, la distance entre la soie

2-C est supérieure à la distance entre 2-C et 3-C, la soie 2-C est simple et lisse et la soie 8-C porte deux branches, et les soies palmées des segments IV & V avec des folioles sans filament terminal à l'apex ou peu développé.

La morphologie des adultes est déterminée par la présence de 3 anneaux blancs sur les palpes maxillaires; lisses sur toute la longueur. Le segment 5 du palpe maxillaire est blanc seulement à la base. La patte III présente un anneau apical clair au niveau du tarsomère 4. L'aile porte 5 taches et la nervure A1 typique et sans écailles (**Figure 103**). Tarsomère 4 de la patte III porte un anneau apical clair.

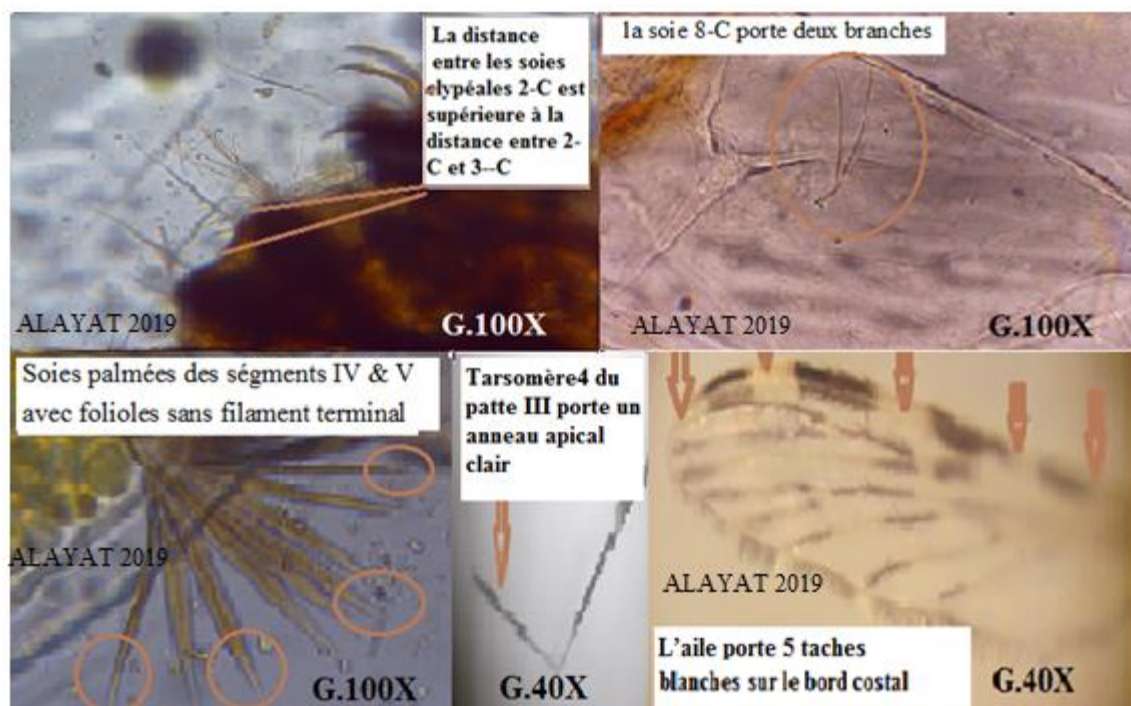


Fig. 103: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles cinereus* (Photos Personnelles).

3.3.5. *Anopheles dthali* Patton 1905

Connu surtout dans des régions désertiques avoisinant la mer rouge, *Anopheles dthali* est un moustique à une large répartition, il est rencontré en Inde, au proche Orient et en Afrique du Nord (Signalée au Maroc, en Algérie; en Tunisie et en Egypte). Les femelles opportunistes, piquent l'Homme et les autres Mammifères, son rôle de vecteur du paludisme est possible mais non prouvé (Bruhnes *et al.*, 2001; Trari 2017).

Les larves se développent dans une grande variété de petites collections d'eau claire, stagnante ou à faible courant. La présence d'algues vertes est fréquente dans ces gîtes et les larves supportent une légère salinité. On a rencontré les larves dans la région de Laghouat au niveau des gîtes d'eau salées, tempérées, alcalines, moins chargées en MES et avec de forts taux de DBO5, apparaissent uniquement en Printemps et en Eté. La larve d'*An dthali* possède une seule σ 1-A au niveau du tiers basal de l'antenne. Le Nombre de branches des soies 9-T et 10-T : 1 et (2 à 3) respectivement, présence de trois plaques accessoires sur le segment V. et filament terminale des folioles des soies palmées ien développé. Chez l'adulte le segment 5 du palpe maxillaire lanc seulement à l'apex et l'aile porte des taches blanches sur le bord costal seulement. (Figure 104).

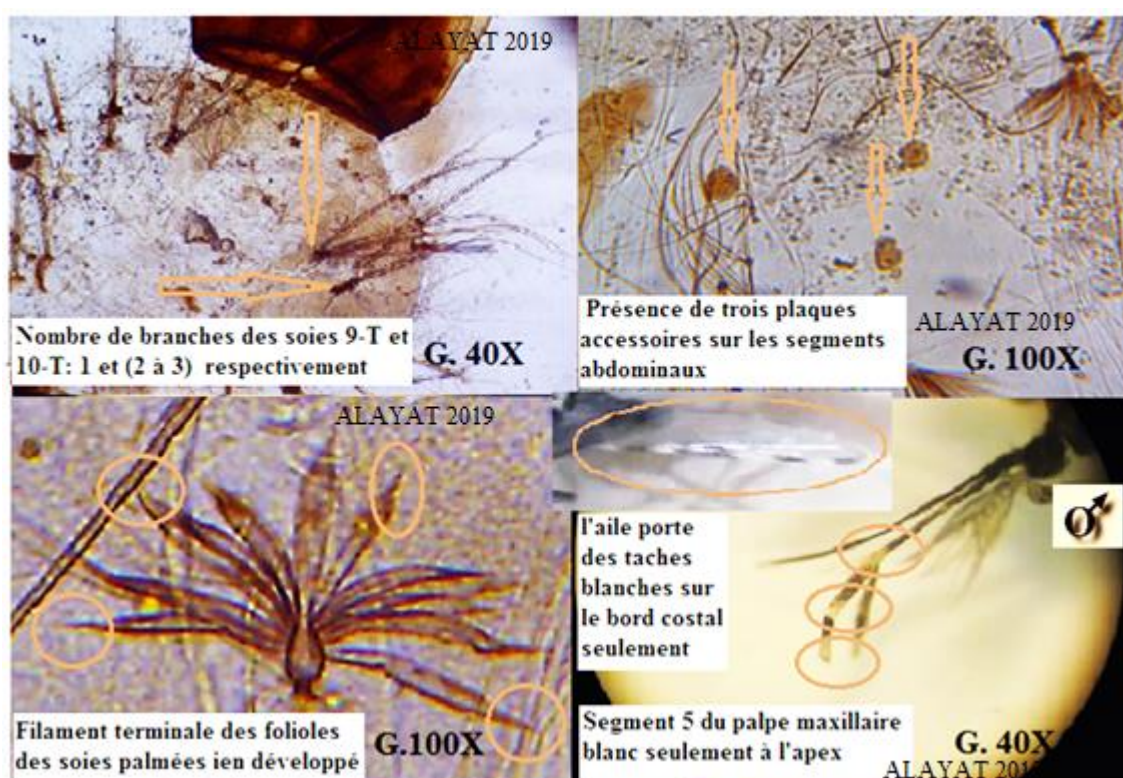


Fig. 104: Critères d'identification de l'espèce *Anopheles dthali* (photos personnelles).

Les cinq espèces du genre *Anopheles* (*An labranchiae*, *An cinereus*, *Anopheles dthali*, *An multicolor* et *Anopheles sergentii sergentii*) qui ont été rencontrées dans la région aride Laghouat se trouvent uniquement dans les deux sites ruraux (Lalmaya & Kafalmelh) qui sont représentées par des gîtes larvaires ensoleillés, d'eau salée et riche en végétations aquatiques surtout les algues filamenteuse vertes notamment: *Myxophyta sp* et *Spirogira sp* qui leur assureraient la nourriture et l'abris contre les prédateurs (**Louah, 1995; Himmi, 2007**).

3.3.6. *Aedes caspius* Pallas 1771

Egalement *Aedes caspius* est un complexe qui comprend deux sous-espèces: *Ae. caspius meira*, endémique à l'archipel du Cap Vert et *Ae. caspius caspius*. Cette dernière étant la seule qui se représente en Europe et en Afrique du Nord (du Maroc jusqu'à l'Egypte), où il est généralement nommée *Ae. Caspius* avec deux formes morphologiquement identiques, mais génétiquement différentes (**Cianchi et al., 1980; Wassim et al., 2013; Trari, 2017**). *Ae. caspius* peut être vecteur d'arboviroses en Europe, comme le virus du Nil Occidental (West Nile virus: WNV) et les virus Tahyna et Sindbis (**Moussiégt, 1988a; Lundström, 1999**). Cette espèce pourrait transmettre *Dirofilaria immitis* responsable de la difilariose canine (**Ferreira et al., 2015**) et semble être avec *Ae. vexans*, le vecteur principal de la dirofilariose en Italie (**Gratz, 2004a**). Elle a été trouvée porteur de *Plasmodium aviaire* dans le Sud de l'Espagne (**Ferraguti et al., 2013**), et pourrait transmettre également le virus de la myxomatose (**Joubert et al., 1967; Trari, 2017**). Les gîtes larvaires sont très variés (Mares, Marais, Rizières, canaux ...) mais parfois de dimensions plus réduites (puits abandonnés ...); l'eau peut y être douce ou salée (1 à 30 gp.1000), en raison de l'abondance des végétations halophiles (**Brunhes et al., 1999**). L'éclosion différée de quelques œufs fait que des larves peuvent être présentes toute l'année dans les gîtes. L'espèce passe l'Hiver à l'état d'œuf. Cette espèce a été rencontrée dans notre étude dans la région humide du P.N.E.K au niveau des deux sites ruraux (El-Mellah & Oubeira) au sein des gîtes d'eaux douces qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5, les larves apparaissent en Automne ; Hiver & Printemps (**Brunhes et al., 2001**).

La tête de la larve d'*Ae. caspius* possède des antennes nettement spiculés. L'insertion de la soieantennaire 1-A est sur la moitié basale formée de trois branches ou plus. Au niveau de l'abdomen, la disposition des dents formant le peigne du VIII^{ème} segment sont en désordre, avec une dent médiane nettement plus longue. Le siphon respiratoire avec peigne basal des

dents en forme d'épines, et une seule touffe de soies médiane et sans soies dorsales. La selle est incomplète. Chez l'adulte, toutes les nervures des ailes portent des écailles sombres et claires. La genitalia male est terminée par une lame sans membrane dorsale. (Figure 105)



Fig. 105: Critères d'identification de l'espèce *Aedes caspius* (Photos Personnelles)

3.3.7. *Aedes detritus* Haliday 1833

Cette espèce complexe "*detritus*" est composée de deux espèces morphologiquement similaires, *Aedes detritus* (ancienne espèce, décrite comme *Culex detritus* Haliday, 1833) et *Aedes coluzzii* (ancienne espèce A, décrite comme *Aedes coluzzii* (Rioux *et al.*, 1998). La différenciation des deux espèces se faisait grâce aux techniques iso-enzymatiques historiques ayant permis leur description (Pasteur *et al.*, 1977). Récemment, les nouvelles techniques de biologie moléculaire permettent l'identification précise et plus rapide des deux sous-espèces du complexe (Bregues *et al.*, 2014). Les deux espèces, *Ae. detritus* et *Ae. coluzzii* présentent des préférences bioécologiques différentes, aussi bien au stade larvaire qu'au stade adulte; *Ae. detritus* est une espèce anautogène et eurygame, se développant dans les eaux faiblement salées, alors qu'*Ae. coluzzii*, espèce sténogame, pouvant être autogène à l'automne, présente une préférence pour les eaux fortement salées (Roubaud, 1943; Verdier, 1978; Rioux *et al.*, 1998; Agoulon *et al.*, 1999; Veronesi *et al.*, 2012; Trari,

2017). Le complexe "*detritus*" possède une large distribution géographique, on le rencontre depuis le Royaume-Uni à la Mongolie, y compris toute la région méditerranéenne, en Iran et en Arabie Saoudite. Les deux espèces *Ae. detritus* et *Ae. coluzzi* ont été signalées en Afrique du Nord (Pasteur *et al.*, 1978; Rioux *et al.*, 1975; 1998; Brunhes *et al.*, 2000; Trari *et al.*, 2002 ; 2017a). Cette espèce n'est pas connue comme un vecteur majeur de maladies (Ribeiro *et al.*, 1988), mais elle est particulièrement sensible au virus du Chikungunya (Vazeille *et al.*, 2008) et pourrait aussi transmettre le virus de la myxomatose (Joubert *et al.*, 1967) et la difilariose canine (*Dirofilaria immitis*) (Ferreira *et al.*, 2015; Trari, 2017). *Ae. detritus* préfère comme sa jumelle *Ae. coluzzi*, les gîtes larvaires les gîtes temporaires d'eau salée, riches en végétation halophile, qui sont de grande taille tels que marécages, fossés méso-halins situés en bord de mer ou à proximité de zones où affleurent des formations géologiques salées (Brunhes *et al.*, 1999). On a récolté cette espèce au niveau du P.N.E.K dans seulement les trois sites ruraux (El-Mellah; Oubeira & Tonga) au sein des gîtes d'eaux douces qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5, les larves apparaissent essentiellement au Printemps et en Hiver. La larve d'*Ae. detritus* est connue par des antennes courtes nettement spiculées avec trois branches ou plus de la soie antennaire 1-A qui s'insère sur la moitié apicale. Au niveau de la tête la soie 6-C avec 3 branches. Les dents du peigne du VIII segment abdominal se répartissent en désordre et leurs dents médianes ne sont pas nettement plus longues (Figure 106).

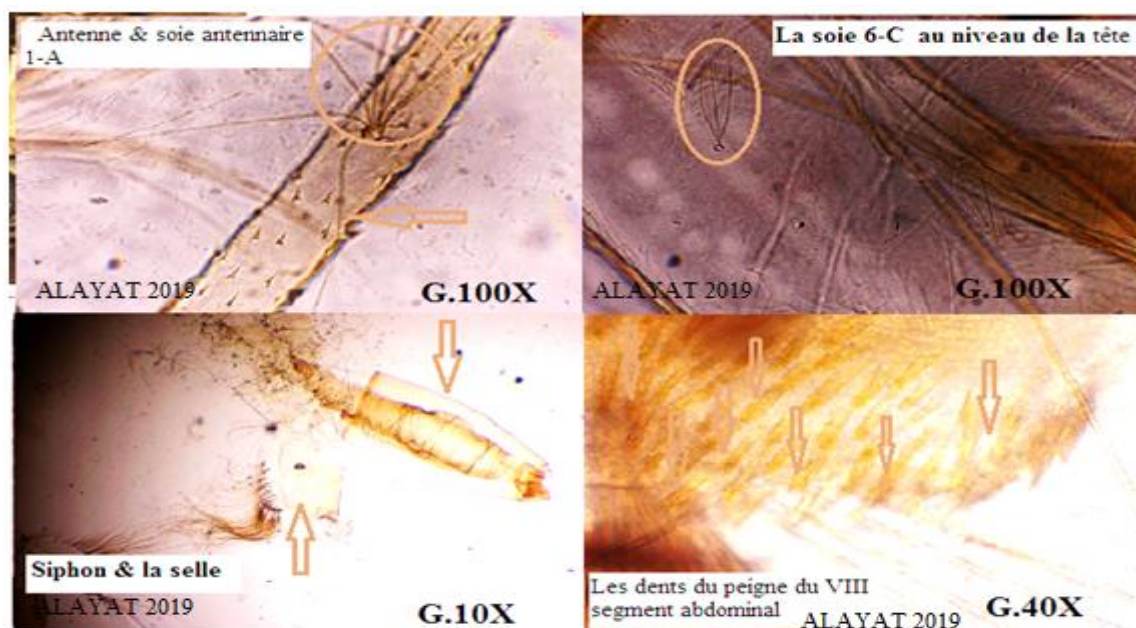


Fig. 106: Critères d'identification de l'espèce *Aedes detritus* (Photos Personnelles).

3.3.8. *Aedes dorsalis* Meigen 1830

Ce moustique, est connu du Sud-est de l'Algérie et de la Tunisie (Senevet & Andarelli, 1954 a) peut être confondue avec *Ae. caspius*; car elles sont morphologiquement très voisines à l'état larvaire. Les larves se développent dans les mares et marécages dont l'eau est saumâtre ou salée, généralement peu profonde. Ces gîtes se trouvent le plus souvent près de côtes mais aussi dans les régions où affluent des terrains salés. *Ae. dorsalis* est une espèce très anthropophile. La nuisance est importante pour l'Homme et pour les animaux. Cette espèce est signalée uniquement dans la région humide El-Kala au niveau des sites ruraux (Oubeira & Tonga) dans des gîtes d'eaux douces tempérés et qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5, les larves apparaissent exceptionnellement au Printemps et en Été. La larve d'*Ae. dorsalis* est caractérisée par des antennes courtes nettement spiculé et la soie antennaire 1-A avec trois branches ou plus et qui s'insère sur la moitié basale. Les dents du peigne du VIII segment abdominal en désordre et leurs dents médianes non nettement plus longues. La taille et la forme des papilles anales sont courtes et lancéolées (Figure 107).

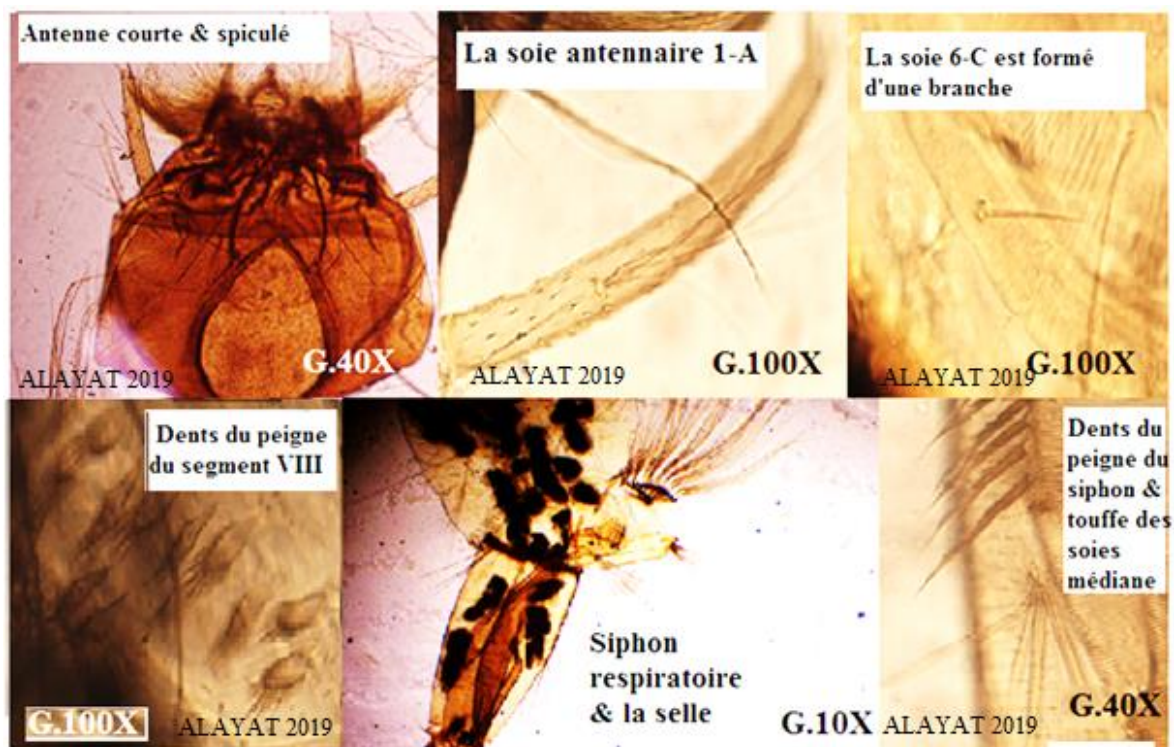


Fig. 107: Critères d'identification de l'espèce *Aedes dorsalis* (Photos Personnelles).

3.3.9. *Aedes vexans* Meigen 1830

L'espèce *Aedes vexans* est très répartie dans le monde, on la trouve en Amérique du Nord, en Europe et en Afrique du Nord. Le cycle de développement d'*Ae. Vexans*, espèce multivoltine, est rapide, les adultes se déplacent sur de grandes distances et un gîte très productif peut générer une nuisance 40 à 50 Km plus loin. Il s'agit essentiellement d'une espèce printanière. Les femelles peuvent vivre deux mois et prennent leurs repas sur de nombreux hôtes ; elles piquent, pendant tout le nyctémère mais surtout au crépuscule, aussi bien l'Homme que le bétail et les oiseaux. Elle est vecteur du virus Tahyna, très agressive et parfois très abondant (**Brunhes et al., 2001**) et bien d'autres virus, notamment le virus de l'encéphalite équine (EEV), le virus de l'encéphalite américaine de St-Louis (SLE) (**Turell et al., 2001**) et celui du West Nile Virus (WNV) (**Turell et al., 2001; Gratz, 2004a; Molaie & Andreadis, 2006; Tiawsirisup et al., 2008**). Ainsi que le virus de la Fièvre de la Vallée du Rift (FVR) au Sénégal (**Fontenille et al., 1995a; 1998**), vecteur de la dirofilariose canine (**Reinert, 1973**) et semble être (avec *Oc. caspius*) le vecteur le plus important de dirofilariose en Italie (**Gratz, 2004a**). Cette espèce a été rencontrée dans les deux régions d'étude: au niveau du site rural Ain Madhi (Laghouat) au sein d'un gîte d'eau saumâtre qui est moins alcalines, plus chargées au MES et avec un taux faible de DBO5, les larves apparaissent uniquement en Printemps. Puis au niveau des trois sites ruraux (El-Mellah; Oubeira & Tonga) au sein des gîtes d'eaux douces qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5, les larves apparaissent essentiellement au Printemps et en Hiver. La larve de cette espèce est caractérisée par son siphon généralement court et large, portant une seule paire de touffes de soies (**Himmi, 2007**) et une disposition des dents du peigne siphonale de 1 à 3 dents nettement isolées avec une ornementation dorsale du siphon caractérisée par l'absence de soies dorsales (**Figure 108**); (**Brunhes et al., 2001**).

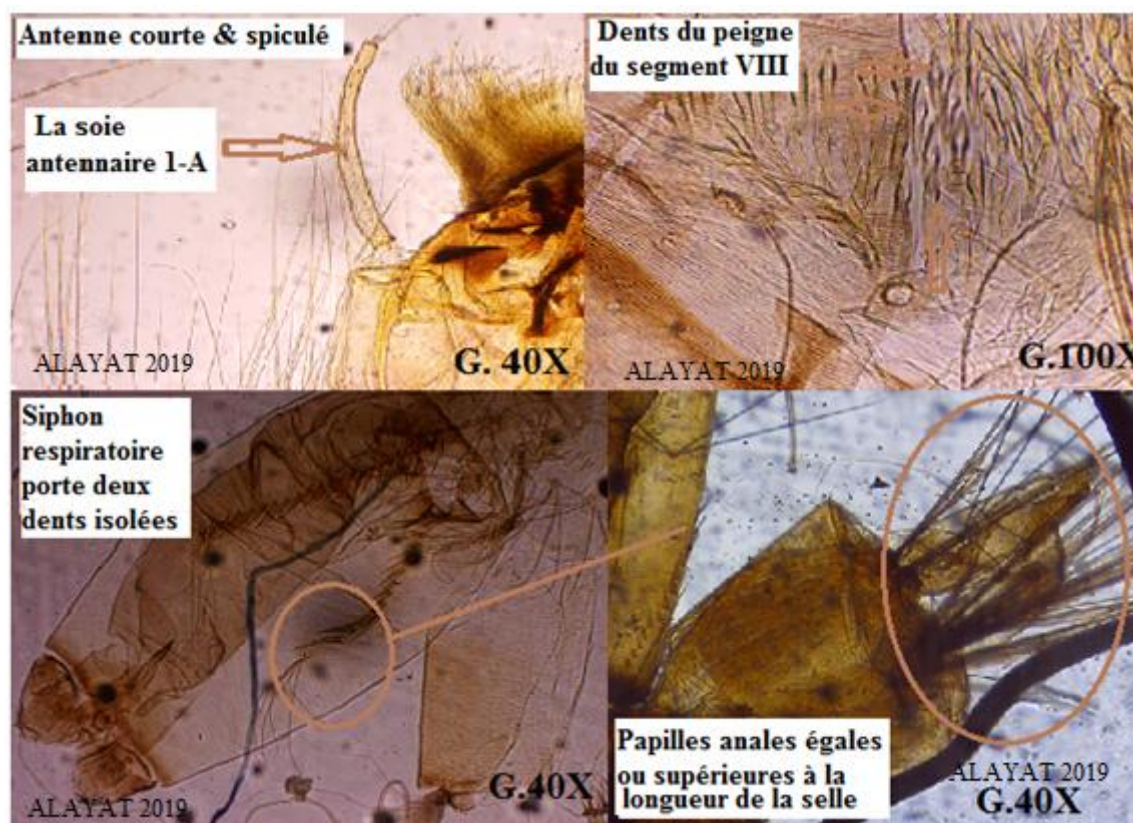


Fig.108: Critères d'identification de l'espèce *Aedes vexans*
(Photos Personnelles).

3.3.10. *Culex pipiens* Linnaeus 1758

Parmi les membres du complexe "*Culex pipiens*" l'espèce *Culex pipiens* est cosmopolite et capable de se développer dans toutes les régions du globe (Marmkil *et al.*, 2008) plus répandues dans les régions tempérées, en particulier dans le bassin méditerranéen (originaires d'Afrique du Nord), où elle existe sous deux formes (biotypes) qui sont identiques morphologiquement, mais leurs physiologies et leurs comportements sont différents à savoir : La forme *pipiens* est hétéro-dynamique¹, ornithophile, anautogène et eurygame (Meuti *et al.*, 2015), alors que la forme *molestus* Forskal 1775 est anthropophile, autogène, sténogame et ne fait pas diapauser (hémodynamique) (Schaffner *et al.* 2001 ; Becker *et al.*, 2012a ; Trari, 2017). *Cx. pipiens s.l.* est vecteur d'arboviroses en (Europe & Afrique) comme le virus du Nil occidental (Gratz, 2004a; Calzolari *et al.*, 2010 ; Balenghien *et al.*, 2008; Almeida *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2012 ; Krida *et al.*, 2015 ; Benallal *et al.*, 2015 ; Amraoui *et al.*, 2012a). Elle est capable de transmettre d'autres virus en Europe comme le virus Tahyna (Lundström, 1999), le virus Sindbis (Francy *et al.*, 1989

; **Lundström, 1999**) et le virus de la Fièvre de la Vallée du Rift au niveau de la région méditerranéenne (**Moutailler et al., 2008; Krida et al., 2011**). Par ailleurs, *Cx pipiens* pourrait être un vecteur naturel du paludisme aviaire (**Lalubin et al., 2013**)₁ et aussi l'Encéphalite japonaise (**Ravanini et al., 2012**), et des Filarioses (**Harb et al., 1993; Abdel-Hamid et al., 2011; Ferreira et al., 2015**).

Cette espèce a été récoltée dans les deux régions d'étude, où elle est ubiquiste et fréquente dans toutes les stations de la région humide d'El-Kala avec une importante abondance et pendant les quatre saisons, alors que au niveau de la région aride (Laghouat), *Cx. pipiens* a été rencontré dans les deux sites ruraux (Sebgeg & Lalmaya) l'eau est salines, alcalines, moins chargées en MES avec de fortes taux de DBO5. Au niveau du site périurbain kheneg dans des gîtes d'eau douces, moins alcalines, plus chargées au MES et avec un taux faible de DBO5.

Les larves se caractérisent par : des antennes plus longues que celle de la tête et La soie antennaire 3-A insérée à proximité de 4-A. L'épine préclypéale 1-C mince et effilée à l'apex. Le mentum contient 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane. La forme générale du Siphon est à bord droit et les dents du peigne siphonal sont bien développées et n'occupant pas plus du quart de la longueur du siphon. La dent distale du peigne siphonal est composée de 3 à 5 denticules, la soie 1a-S du siphon est formé de 2 à 5 branches et se trouve au-delà de la dent distale du peigne siphonal, et l'épine subapicale 2-S siphonale est courte (**Figure 109**); (**Brunhes et al., 1999**).

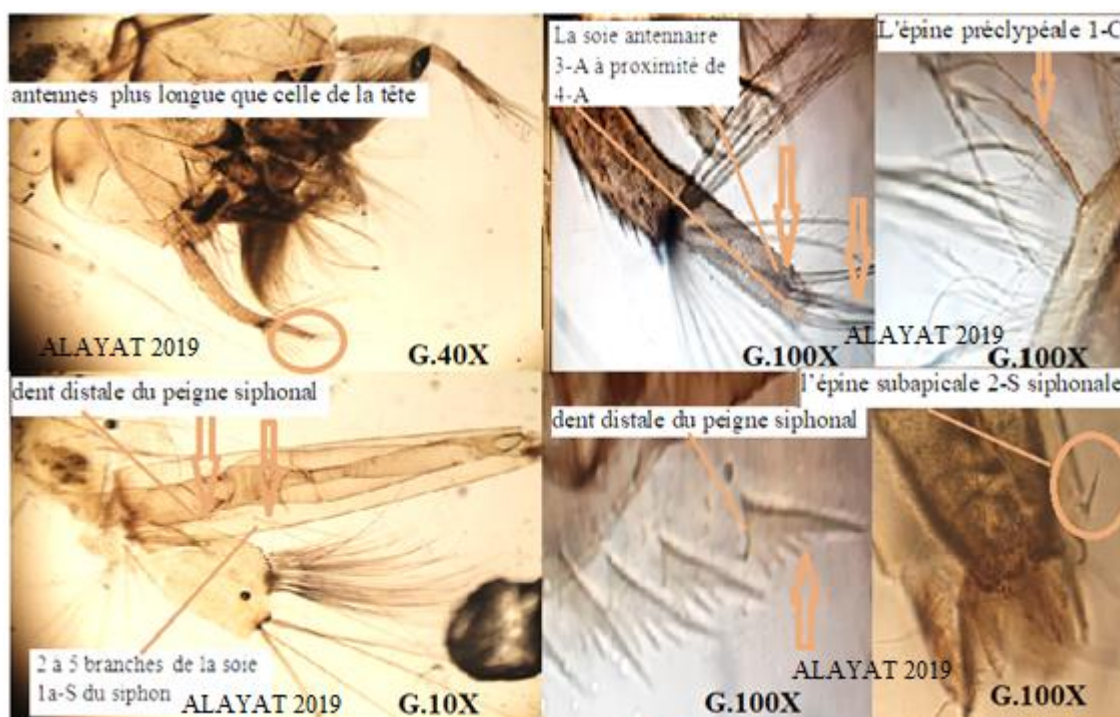


Fig. 109: Critères d'identification de l'espèce *Culex pipiens* (Photos Personnelles).

3.3.11. *Culex modestus* Ficalbi 1890

Selon **Harbach (2013b)**, *Culex modestus* est l'un des rares représentants du Sous-genre *Barraudius* (4 espèces). C'est une espèce Nord-africaine (**Rioux, 1955**), se rencontre dans les régions de faible altitude (**Moussiegt, 1990**). Bien que longtemps considérée comme une espèce purement méditerranéenne, *Cx. modestus* est considéré comme un moustique hautement compétent pour le virus du Nil occidental (WNV) (**Assaoui, 2014 ; Bødker et al., 2014 ; Vaux et al., 2015 ; Cotar et al., 2016**). Ainsi *Cx. modestus* a également été trouvé porteur du virus de l'Encéphalite japonaise en Chine (**Yu Fang Yi & Za Zhi, 1980**) et du *Plasmodium* aviaire dans le Sud de l'Espagne (**Ferraguti et al., 2013**). Cette espèce pourrait également être impliquée dans la transmission du virus de la myxomatose (**Joubert et al., 1967**) et du virus Tahyna (**Danielová & Holubova, 1976 ; Trari, 2017**). Les larves de cette espèce se développent dans les gîtes d'eau douce ou légèrement saumâtre, très ensoleillées et riches en végétation (marais semi-permanents, rizières, canaux d'irrigation, etc.); (**Brunhes et al., 1999**). Cette espèce a été récoltée uniquement dans la région humide (P.N.E.K) au niveau des trois sites ruraux (El-Mellah; Oubeira & Tonga) au niveau des gîtes d'eaux douces qui sont moins alcalines, avec des taux de DBO5 élevés. Les larves de *Cx. modestus* apparaissent essentiellement en Été, sont caractérisées par, la présence d'antennes

longues ; spiculés clairs et l'insertion de la soie antennaire 3-A à proximité de 4-A. L'épine préclypeale 1-C est mince et effilée jusqu'à l'apex. Le mentum est formé de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane. Au niveau du VIII^{ème} segment abdominal les écailles sont toutes sans épines médiane et disposées en désordre. Le siphon respiratoire à bord droit, ce dernier porte uniquement des soies ventrales au nombre de 7 paires de touffes ou plus et la soie 1a-S siphonale est formé de 6 branches et plus en avant ou au-delà de la dent distale du peigne siphonal. La longueur du siphon est 3 à 5 fois plus importante que son diamètre et les soies 8-P sont formées de plusieurs branches. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Figure 110); (Brunhes *et al.*, 1999).

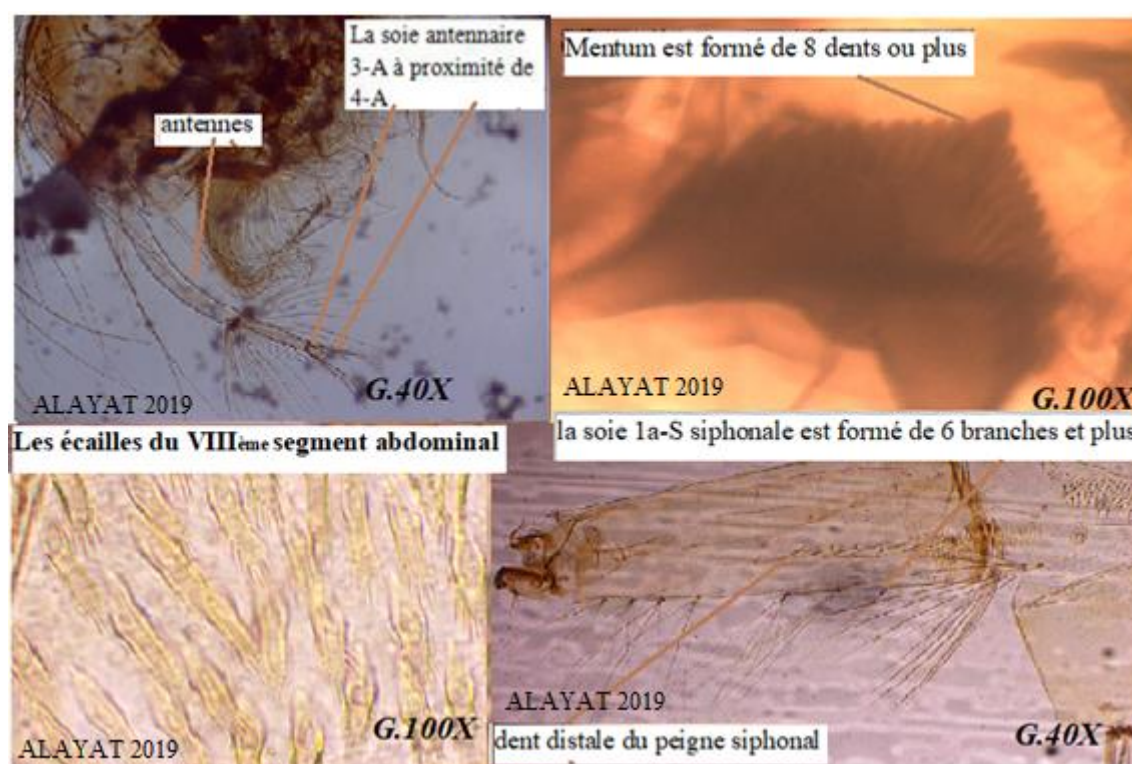


Fig. 110: Critères d'identification de l'espèce *Culex modestus* (Photos Personnelles).

3.3.12. *Culex perexiguus* Theobald 1903

Cx. perexiguus est une espèce largement répandue en Afrique du Nord et en Asie du Sud-ouest, d'où son aire de distribution se prolonge vers l'Inde. Cette espèce est également signalée en Italie (Severini *et al.*, 2009), en Espagne les larves de *Cx. perexiguus* se développent dans des collections d'eau très variées (Domestiques ou Sauvages) où l'eau est généralement propre et douce à faiblement saumâtre (Eritja *et al.*, 2000; Bueno-Mari, 2012 ; Trari, 2017). Cette espèce est vecteur du virus du Nil occidental (WNV) (Cornel *et*

al., 1993; Miller *et al.*, 2000; Jupp 2001); jouant un rôle important en Afrique et au Moyen-Orient (Hubálek & Halouzka, 1999), mais aussi en Europe, avec *Cx. modestus* et *Cx. pipiens* (Muñoz *et al.*, 2012; Balenghien *et al.*, 2008). Récemment, le WNV a été isolé pour la première fois, à partir de *Cx. perexiguus* dans le Sud de l'Espagne (Vázquez *et al.*, 2011), où l'espèce a aussi été trouvée porteuse du *Plasmodium* aviaire (Ferraguti *et al.*, 2013). Nous avons cité cette espèce uniquement dans la région humide du P.N.E.K, au niveau au niveau des trois sites ruraux (El-Mellah ; Oubeira & Tonga) au sein des gîtes d'eaux douces qui sont plus alcalines et avec des taux faibles de DBO5 au Printemps et en Eté, dont la station 8 en Eté est plus chaude que les autres stations.

La larve de cette espèce est distinguée par des longues antennes. Au niveau de la tête, l'épine préclypéale est épaisse jusqu'à l'apex. Le mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane. Le huitième segment abdominal porte des écailles toutes sans épine médiane. La forme générale du siphon est à bords droits, les dents du peigne siphonal sont bien développées et n'occupant pas plus du quart de la longueur du siphon. La soie Ia-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale du peigne du siphon. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Figure 111).

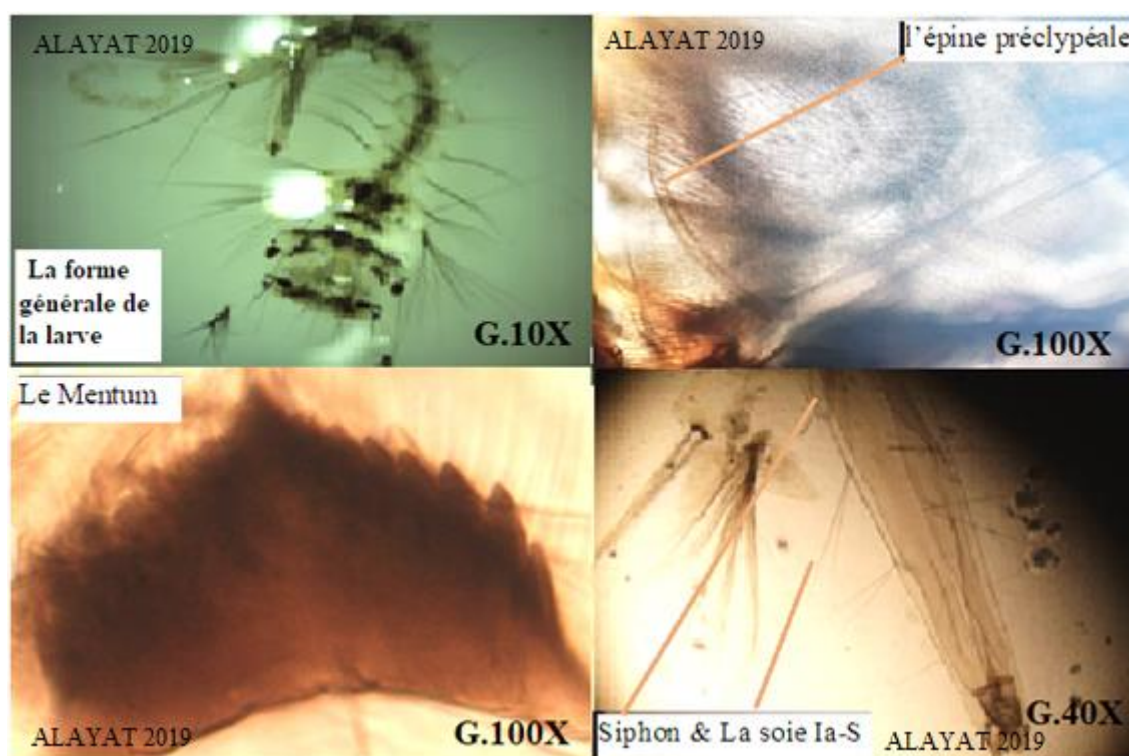


Fig. 111: Critères d'identification de l'espèce *Culex perexiguus* (Photos Personnelles).

3.3.13. *Culex theileri* Theobal 1903

L'espèce *Cx. theileri* à large distribution, se rencontre dans toute la région méditerranéenne, dans les Iles Canaries (Martínez-De La Puente *et al.*, 2012) en Irak, au Yémen, Aden, en Inde, et dans le Sud et l'Est de l'Afrique (Senevet & Andarelli, 1959a). Elle a été signalée en Europe, précisément en Espagne (Eritja *et al.*, 2000; Bueno-Mari, 2012), en France (Schaffner, 1998), en Italie (Severini *et al.*, 2009) et, pour la première fois, à Malte (Schaffner *et al.*, 2010 ; Trari, 2017).

Cx. theileri est une espèce qui peut transmettre certains virus connus en Europe, comme le virus du Nil occidental (VWN), les virus Tahyna et Sindbis (Lundström, 1999). Le VWN a en effet été isolé à partir de cette espèce en Afrique du Sud (Hubalek & Halouzka, 1999). Elle a également été pour la première fois, trouvée naturellement infectée par la dirofilariose (*Dirofilaria immitis*) en Iran (Azari-Hamidian *et al.*, 2009; Martínez-De La Puente *et al.*, 2012) et au Portugal (Ferreira *et al.*, 2015). Au Sud de l'Espagne *Cx. theileri* a été trouvé infectée par le *Plasmodium* aviaire (Ferraguti *et al.*, 2013).

Elle est associée généralement avec l'espèce *Cx. pipiens* dans les gîtes larvaires naturels (Trari, 2017). Les femelles hématophages, piquent souvent tous les mammifères, sont essentiellement exophiles, mais peuvent être endophiles (Piquer l'Homme) (Brunhes *et al.*, 1999). L'inventaire réalisé dans cette étude montre que *Culex theileri* est la plus abondante avec un total de 403 individus dans la région aride de Laghouat, au niveau des deux sites Lalmaya & Kafalmelh. Ces gîtes larvaires sont donc ensoleillés, l'eau salée et riche en plantes aquatiques. Au niveau du site péri-urbain (Khneg) l'eau des gîtes est salée moins alcaline, moins chargée en MES, avec des taux faibles de DBO5 en Eté et d'eau douce moins alcalin, plus chargée en MES avec un faible taux de DBO5. Tandis que dans la région humide (P.N.E.K), cette espèce a été rencontrée dans les trois sites ruraux (El-Mellah ; Oubeira & Tonga) au Printemps et en Eté, dont la station 8 est la plus chaude que les autres stations. Les larves du *Culex theileri* sont caractérisées par l'insertion de la soie antennaire 3-A à proximité de 4-A. La soie préclypeale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex et le nombre de la soie 5-C et 6-C est de 3 branches. Le Mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane. Cette espèce se distingue par la forme des écailles du VIIIème segment, elles présentent des épines médianes. Le siphon présente des soies ventrales et une seule soie latérale. La soie Ia-S est placée au-delà de la dent distale du peigne du siphon, cette dernière est formée de 3 à 5 denticules basaux (Figure 112).

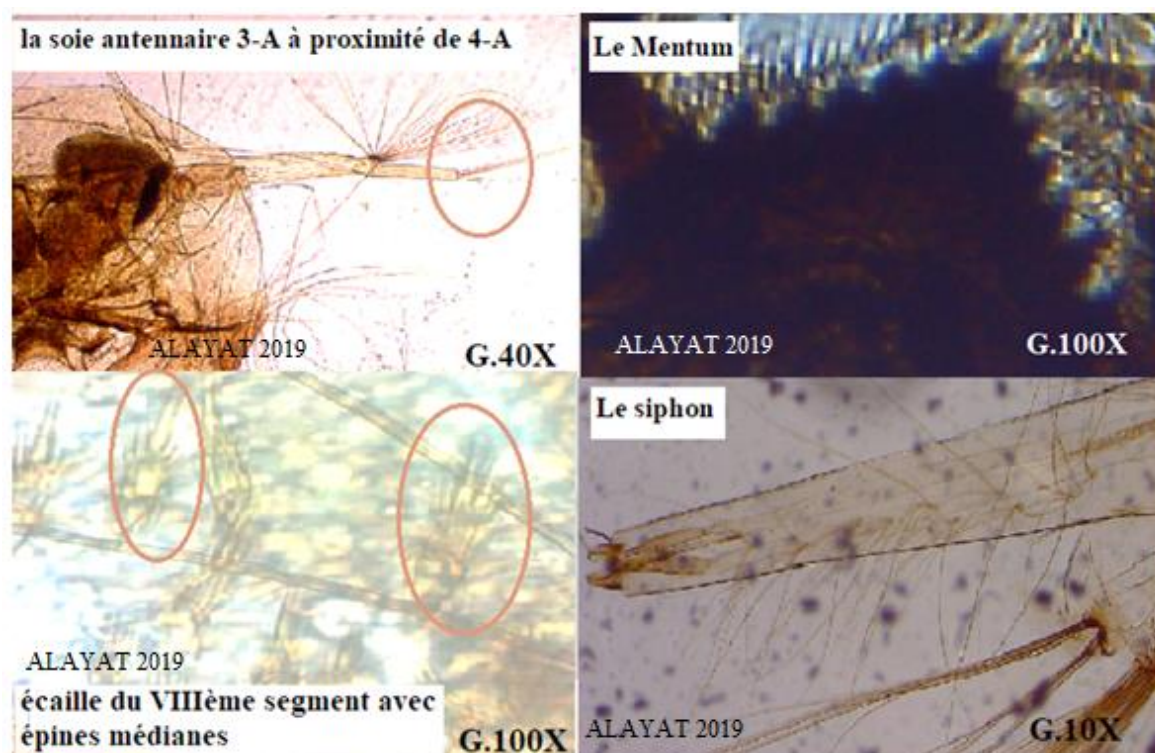


Fig. 112: Critères d'identification de l'espèce *Culex theileri* (Photos Personnelles).

3.3.14. *Culex hortensis* Ficalbi 1889

Cx. hortensis est une espèce connue de l'Europe Méridionale, de l'Afrique du Nord (où cette espèce a souvent été confondue avec *Cx. deserticola* (Callot, 1942-43; Senevet, 1947a), et des Iles atlantiques. C'est une espèce exophile et les femelles sont zoophiles, pouvant, dans certaines régions, avoir des préférences strictes et ne s'alimenter que sur les lézards (*Podarcis muralis* Laurenti) (Roiz *et al.*, 2012). En raison de sa zoophilie marquée, *Cx. hortensis* n'est pas connu pour être vecteur de maladies; une étude sur le virus du Nil occidental en Italie montre en effet que cette espèce n'a pas été trouvée porteuse de virus (Roiz *et al.*, 2012; Trari, 2017).

Les stades aquatiques de *Cx. hortensis* auraient une préférence pour les mares avec une végétation abondante. Les larves se rencontrent normalement dans les eaux douces, mais supporteraient aussi des taux de salinité élevés. Cette espèce est récoltée seulement dans le site rural Kaf-elmalh dans la région aride (Laghouat) qui est représenté par des gites d'eaux salines, alcalines, moins chargées en MES avec de fortes taux de DBO5; en été et au Printemps Alors que dans la région humide d'El-Kala, on a trouvé cette espèce dans le site

rural lac Oubeira durant le Printemps et l'Eté, au sein des gîtes d'eaux douces qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5.

La larve est caractérisée par une tête plus longue que large, l'insertion de la soie antennaire 3-A à proximité de 4-A. La forme de l'épine préclypéale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex. Les soies céphaliques 5-C et 6-C sont formées de deux branches. Le mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane. Au niveau de l'abdomen, le peigne du segment VIII porte des écailles, toutes sans épine médiane. Le siphon présente des soies ventrales et une soie latérale (Senevet & Andarelli, 1959; Brunhes *et al.*, 1999; Himmi *et al.*, 1995) rapportent que cette espèce est morphologiquement très proche de *Culex deserticola*, elle se distingue par son siphon respiratoire long et mince et son épine subapicale S-2 doublée en croché (Figure 113).

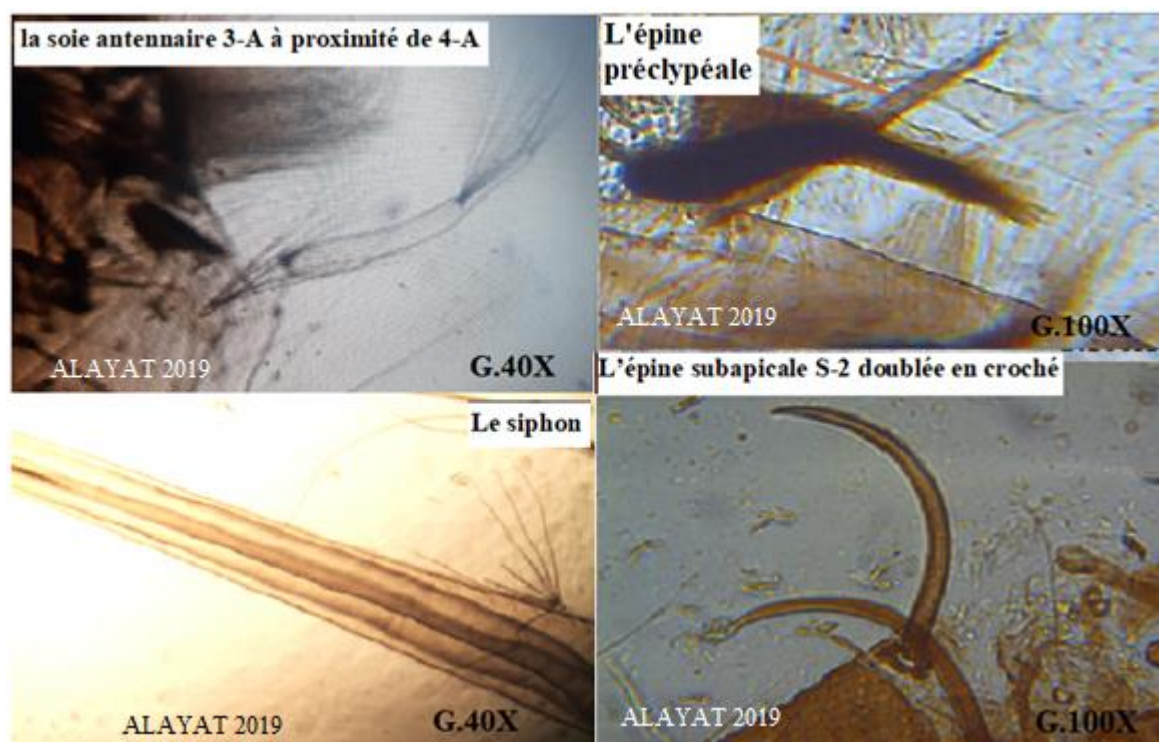


Fig. 113: Critères d'identification de l'espèce *Culex hortensis* (Photos Personnelles).

3.3.15. *Culex brumpti* Gailiard 1931

Moustique décrit de Corse (Gailiard, 1931) puis retrouvé en Sardaigne (Aitken, 1954), *Culex brumpti* est considéré comme une espèce méditerranéenne (Rageau *et al.*, 1970). Elle est citée d'Italie (Severini *et al.*, 2009), de France où elle est rencontrée seulement en Corse (Schaffner, 1998), mais n'est cependant pas signalée en Espagne (Bueno-Marí *et al.*, 2012). *Cx. brumpti* n'avait jamais été signalée dans les pays du Maghreb, jusqu'à la fin des années soixante (Senevet & Andarelli, 1959a) où l'espèce a été trouvée pour la première fois au Maroc, dans la plaine côtière Nord-atlantique du Gharb (Bailly-Choumara, 1968b et 1972a ; Trari, 2017). Les femelles de *Cx. brumpti* sont mammophiles, elles pénètrent dans les maisons pour piquer l'Homme, mais ne constituent pas une nuisance majeure et n'ont pas de rôle important dans la transmission de maladies. Cette espèce se rencontre dans les collections d'eau douce ou légèrement salée. Les gîtes présentent ou non une abondante végétation dressée (mares, marais, rivières, citernes, flaques résiduelles, sources, canaux d'irrigation, rizières). Cette espèce a été recueillie dans les deux régions d'étude: le P.N.E.K au niveau des trois sites ruraux (El-Mellah; Oubeira & Tonga) au sein des gîtes d'eaux douces qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5 au Printemps et en Automne, dont la station 8 en été est plus chaude que les autres stations. Au niveau de la région aride Laghouat l'espèce est trouvée uniquement dans le site rural Lalmaya, au sein des gîtes d'eau ensoleillés, salés et riche en végétations aquatiques, alcalines, moins chargées en MES avec de fortes taux de DBO5, durant l'automne seulement.

Cx. brumpti est proche de *Cx. theileri* dont elle se distingue, entre autre, par ses antennes entièrement sombres et fortement spiculées avec épine préclypéale 1-C épaisse jusqu'à l'apex, et par son peigne du segment VIII formé d'un mélange d'écailles simples et de quelques écailles distales à longue épine médiane (Figure 114).

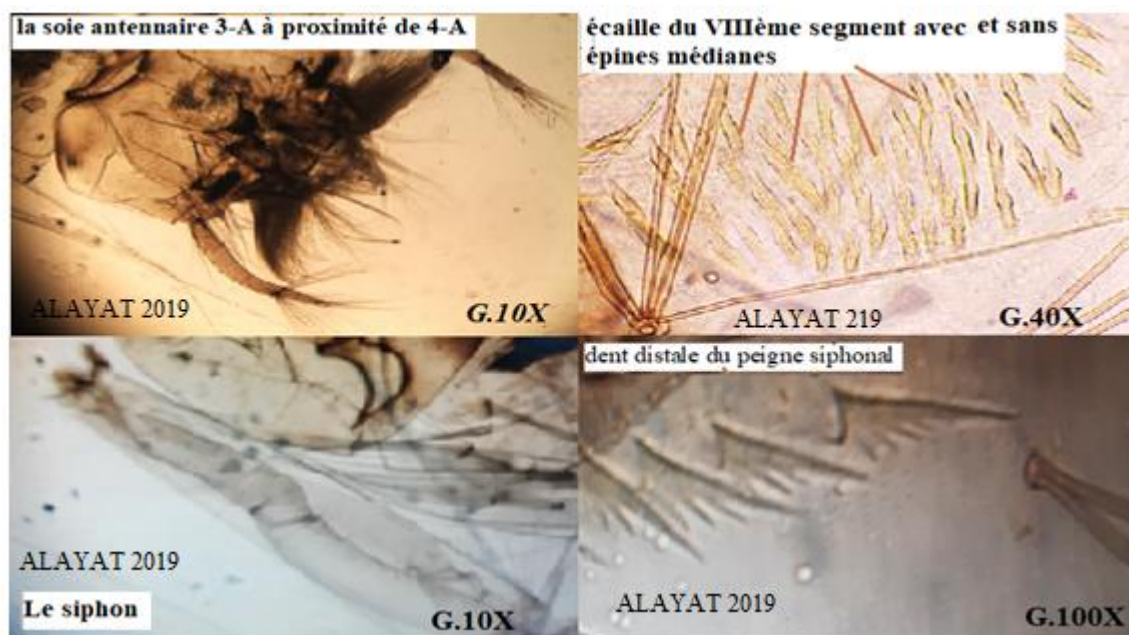


Fig. 114: Critères d'identification de l'espèce *Culex brumpti* (Photos Personnelles).

3.3.16. *Culex pusillus* Maquart 1850

Cette espèce est présente dans la partie la plus méridionale de la région paléarctique. En Afrique méditerranéenne, elle a été signalée de l'Algérie à l'Egypte. Les imagos apparaissent au milieu ou à la fin de l'Eté; ils disparaissent au début de l'Hiver. Les femelles, localement abondantes, ne sont pas agressives vis - à - vis de l'Homme, *Cx. pusillus* n'a pas été impliquée dans la transmission de parasitoses humaines. Les larves, nettement halophiles se développent dans de petites collections, dont l'eau est légèrement saumâtre ou même franchement salée (La concentration en NaCl peut atteindre 30 g pour 1000). Elles se développent aussi sur les berges encombrées de roseaux des marais saumâtres et dans les sources salées (Brunhes *et al.*, 1999). Cette espèce a été recueillie uniquement dans la région humide El-Kala au niveau des deux sites ruraux (El-Mellah & Tonga) au sein des gites d'eau douces qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5 au Printemps, dont la station 8 en Eté est plus chaude que les autres stations, surtout durant l'Eté et l'Automne.

La larve de *Cx. pusillus* est proche de celle de *Cx. modestus* dont elle se distingue par ses dents du peigne siphonal qui atteignent les $\frac{3}{4}$ de la longueur du siphon et par ses soies 8-P simples. Au niveau de la tête la soie antennaire 3-A est approximé de 4-A. Les soies céphaliques 5-C et 6-C sont formée de 4 branches et plus. Le siphon est formé uniquement de soies ventrales. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Figure 115).



Fig. 115: Critères d'identification de l'espèce *Culex. pusillus* (Photos Personnelles).

3.3.17. *Culex laticinctus* Edwards 1913

Culex laticinctus est une espèce connue des régions désertiques du bassin méditerranéen, mais qui peut également être rencontrée dans les régions non steppiques et déborder le cadre de la méditerranée, très répandue en Afrique et dans les régions méditerranéennes, des îles Canaries au Moyen-Orient (Gutsevich *et al.*, 1974; Becker *et al.*, 2010). Elle se trouve en Europe : en Italie (Severini *et al.*, 2009); en Espagne (Eritja *et al.*, 2000; Bueno-Mari *et al.*, 2012), au Portugal (Ribeiro *et al.*, 1988; Almeida *et al.*, 2005), Malte, la Grèce, la Roumanie et la Turquie (Snow & Ramsdale, 1999) et elle est rencontré pour la première fois en Croatie (Zitko & Merdic, 2006).

Ce taxon a été cité par Harbach, (1988) en Egypte, par Goodwin, (1961) en Lybie ; par Moussiegt, (1983) et Bouattour, (2013) en Tunisie ; au Maroc par Trari *et al.*, (2002; 2017a) et dans plusieurs régions en Algérie (Messai *et al.*, 2011; Bouabida *et al.*, 2012; Boudemagh *et al.*, 2013; Asloum *et al.*, 2021; Chahed *et al.*, 2021). Les imagos ont une activité estivale et les femelles ne semblent pas être endophiles. Elle est sans importance médicale. Les larves se développent dans des eaux douces, ou légèrement saumâtres stockées (Citernes; fûts; bassins & puits...); (Schaffner *et al.*, 2001). *Cx. laticinctus* espèce, considérée dans certains pays comme urbaine (Trarai, 2017), a été trouvée dans les deux

régions d'étude, au niveau du P.N.E.K dans les trois sites ruraux (El-Mellah ; Oubeira & Tonga) se sont des gîtes d'eaux douces alcalines et avec de faible taux de DBO5. En Eté, la station 8 étant la plus chaude que les autres. A partir de la région aride de Laghouat l'espèce a été échantillonnée à partir d'un site rural (Lalmaya), ensoleillé, salé et riche en végétations aquatiques, l'eau alcalines et moins chargées en MES avec un taux de DBO5 élevé. Comme elle a été pêchée à partir de deux sites péri-urbains (Kheneg & OuedM'zi) dont l'eau est saline ; moins alcaline ; moins chargée en MES, avec des taux faibles de DBO5; durant l'Hiver, le Printemps et l'Eté.

La larve de cette espèce se distingue de celle de *Cx. quinquefasciatus* par les soies caudales 2-X formées de 4 à 5 branches et par les soies céphaliques 1-C épaissie jusqu'à l'apex. Au niveau de la tête : la soie antennaire 3-A située à proximité de la 4-A. Au niveau de l'abdomen l'écailles du 8ème segment sont dépourvues d'épine médiane, le siphon à bord droit avec un indice de 3 à 4, la soie 1a-S possède 6 branches ou plus située en avant de la dent distale du peigne siphonique et l'épine subapicale 2-S du siphon est courte (**Figure 116**).

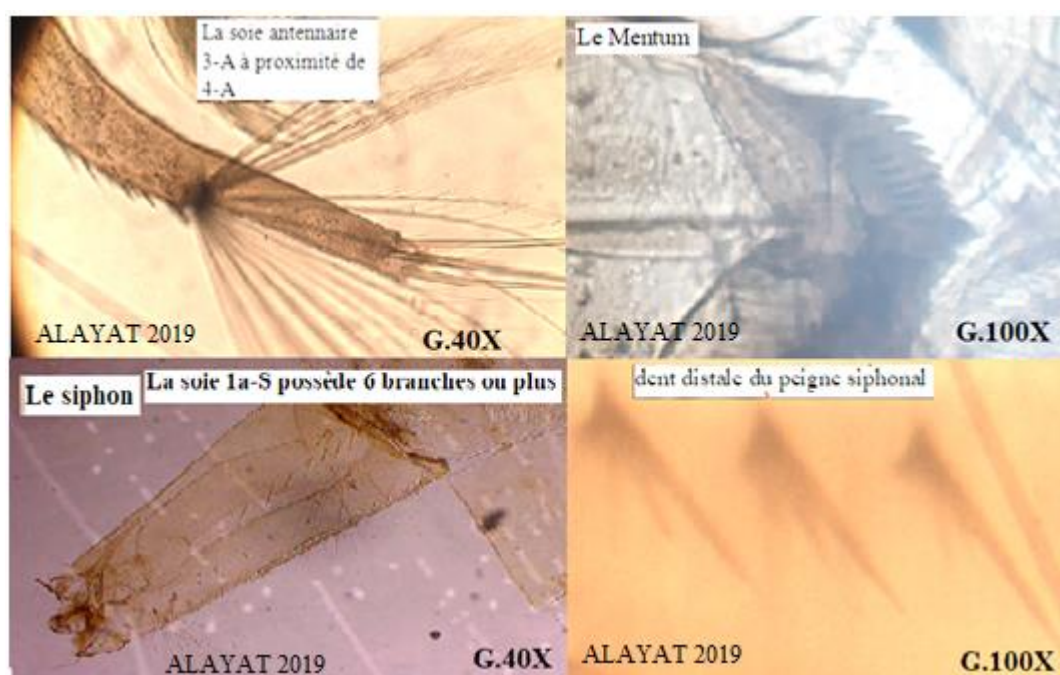


Fig. 116: Critères d'identification de l'espèce *Culex laticinctus* (photos personnelles).

3.3.18. *Culex antennatus* Becker 1903

Culex antennatus est présent dans toute l'Afrique continentale et même à Madagascar. En Afrique méditerranéenne, il a été signalé dans les 3 pays du Maghreb et en Egypte sous le nom de *Cx. laurenti newstead*. Elle permet le développement complet des microfilaires de *Wuchereria bancrofti* mais elle n'a été que rarement trouvée naturellement infectée par des **stades III** de *W. bancrofti* et en Egypte, elle transmet le virus de West-Nile et celui de la vallée du Rift, elle est aussi suspectée d'y transmettre le virus *Arumowat*.

Les larves de cette espèce se développent dans un grand nombre de gîtes (trou d'emprunt de terre, marais, mare, drain, rizière,... ect), où l'eau de ces gîtes est généralement ensoleillée et douce, elle peut cependant être légèrement salée et riche en végétation. Les femelles piquent très volontiers l'Homme et tous les Mammifères domestiques, en particulier pendant la nuit. Elle est surtout abondante en automne (**Brunhes et al., 1999**). Cette espèce a été recueillie dans les deux régions d'étude: le P.N.E.K au niveau du site rural (Tonga St8) au sein des gîtes d'eaux douces qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5 durant l'Automne. Au niveau de la région aride Laghouat, seulement le site péri-urbain (Kheneg: St8') qui héberge cette espèce, c'est un gîte d'eau salée moins alcaline, moins chargées en MES et avec des taux bas de DBO5.

Les larves de *Cx. antennatus* se caractérisent au niveau de la tête par l'insertion de la soie antennaire 3-A à proximité de 4-A, nombre de la soie 4-C, 5-C et 6-C = 2 branches, la forme de l'épine préclypéale 1-c mince et effilée à l'apex et le mentum est triangulaire avec moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane. Au niveau de l'abdomen, les écailles du VIIIème segment sont toutes sans épine médiane. Le siphon à bords droits avec soies ventrales et latérales. La soie Ia-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale du peigne, l'ornementation de la dent distale du peigne est de 3 à 5 denticules basaux et forme courte de l'épine Sub-apicale 2-S du siphon (**Figure 117**).

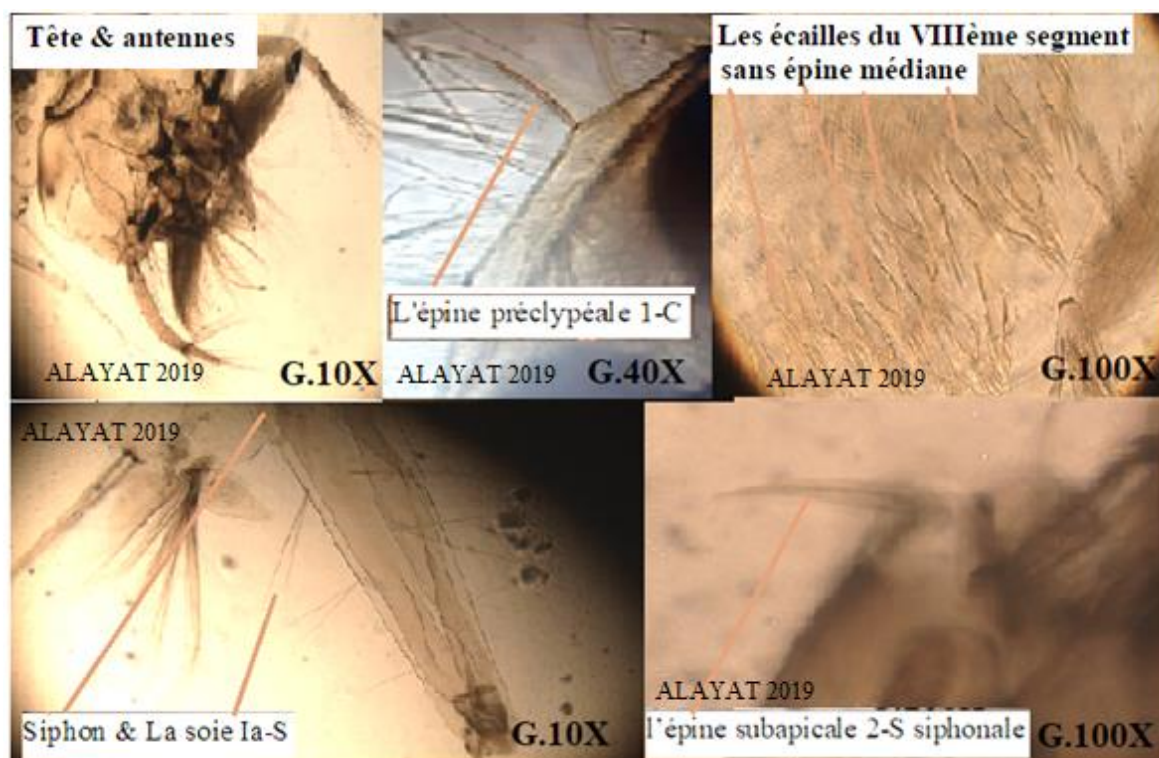


Fig. 117: Critères d'identification de l'espèce *Culex antennatus* (Photos Personnelles).

3.3.19. *Culex deserticola* Kirkpatrick 1924

Découvert en Egypte (Kirkpatrick, 1925 & Harbach, 1988), puis retrouvé en Syrie, *Cx. deserticola* est une espèce largement répandue dans toute la Sous-région Sud-méditerranéenne, depuis le Maroc à l'Iran et l'Asie du Sud-ouest; l'Afrique du Nord représentant sa limite Nord de distribution (Senevet *et al.*, 1955a). Actuellement, l'espèce semble connaître une extension de son aire de répartition; elle a été retrouvée en Espagne (Bueno-Mari, 2012) où elle a été signalée pour la première fois à Zaragoza (Ramos *et al.*, 2002) qui demeure à ce jour, l'unique citation européenne de ce moustique. *Cx. deserticola* ne semble pas piquer l'Homme, ni avoir de rôle connu dans la transmission de maladies (Trari, 2017). Les larves de cette espèce se développent normalement dans les bassins rocheux d'eau douce, les résurgences d'oued, les mares à végétation et les flaques résiduelles. Elles semblent aussi, pouvoir supporter des taux de salinité assez élevés. Ce qui est confirmé par nos résultats, où on a trouvé cette espèce uniquement dans la région aride Laghouat au niveau du site rural Lalmaya qui est représenté par des gites d'eau ensoleillés, salées et riche en végétations aquatiques, alcalines, moins chargées en MES avec de forts taux de DBO5, surtout durant le Printemps et l'Eté.

La larve de *Cx. deserticola* est très proche de *Cx. hortensis* dont il se distingue par son siphon plus court (indice compris entre 4.6 et 5.9). Au niveau de la tête : l'insertion de la soie antennaire 3-A éloignée de 4-A, l'épine préclypéale 1-C épaisse jusqu'à l'apex et le mentum est avec moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane Au niveau de l'abdomen : La soie Ia-S du siphon est positionnée en avant de la dent distale du peigne, l'ornementation de la dent distale du peigne est de 3 à 5 denticules basaux et forme longue, droite ou courbe de l'épine Sub-apicale 2-S du siphon (**Figure 118**).

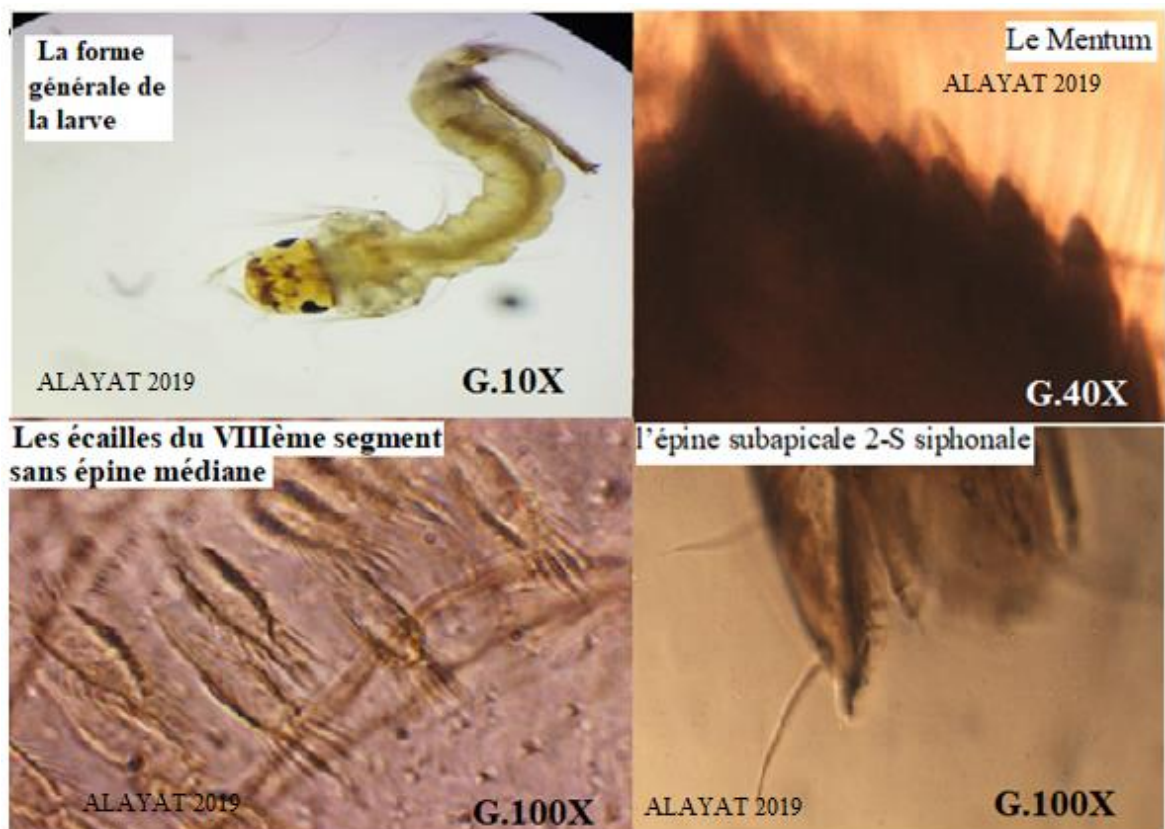


Fig. 118: Critères d'identification de l'espèce *Culex deserticola* (Photos Personnelles).

3.3.20. *Culiseta annulata* Schrank 1776

Moustique paléarctique, *Culiseta annulata* est une espèce ubiquiste se rencontrant dans toute l'Europe, l'Asie mineure et l'Afrique du Nord (Senevet & Andarelli, 1959a). En région européenne, *Cs. annulata* est citée de Belgique (Boukraa *et al.*, 2015), d'Italie (Severini *et al.*, 2009) et d'Espagne (Aranda *et al.*, 2000; Eritja *et al.*, 2000; Bueno-Mari, 2012; Bueno Marí *et al.*, 2014). Cette espèce est moins commune que *Cs. longiareolata* dans les pays du Maghreb (Séguy, 1930a) où on la trouve surtout en altitude; elle est citée de Tunisie (Moussiégt, 1983; Bouattour, 2013), d'Algérie (Tine-Djebbar *et al.*, 2011; Bouabida *et al.*, 2012) et du Maroc (Trari *et al.*, 2002; 2017a) où elle reste prédominante en altitude. Moustique endophile, crépusculaire et nocturne, *Cs. annulata* pique volontiers aussi bien l'homme que les animaux, où elle peut transmettre le virus Tahyna (Danielová *et al.*, 1970; Danielová, 1972; Bárdos *et al.*, 1975). En outre, des larves de cette espèce ont été trouvées infectées avec le virus MIV (mosquito iridescent virus); (Buchatsky, 1977 & Trari, 2017). Les gîtes larvaires de *Cs. annulata* sont divers; l'espèce peut se rencontrer dans des habitats aussi bien artificiels (Barils; Réservoirs & Fossés) que naturels, temporaires ou permanents (Mares; Marais & Etangs). *Cs. annulata* marque une prédilection pour les gîtes ombragés à végétation abondante, riches en matières organiques et dont l'eau est fortement saumâtre. Elle a été recueillie, dans les deux régions d'étude à savoir : le P.N.E.K, au niveau des deux sites ruraux (El-Mellah & Oubeira) et le site Urbain (St6) au sein des gîtes d'eau douces, alcalines, avec des faibles taux de DBO5, dont la station 8 en été est plus chaude que les autres stations durant l'Hiver, le Printemps et l'Automne. Au niveau du site rural Lalmaya dans des gîtes d'eau ensoleillés, salés et riche en végétations aquatiques, alcalines, moins chargées en MES avec de fort taux de DBO5, surtout durant le Printemps et l'Été.

La larve caractérisée par des antennes courtes avec tégument nettement spiculé et la soie 1-A peu visible. Le siphon moyen avec une extension des soies de peigne siphonal dépassé la moitié de siphon, formé de dents basales denticulées et serrées les unes contre les autres et de dents distales très longues, presque transparentes. Les adultes sont avec deux taches blanches latérales au niveau du scutum (thorax), des taches et des écailles sombres au niveau de l'ornementation de l'aile et à un anneau médian clair au tarsomère du patte I à III, et présence d'un anneau blanc subapical du 1/3 distal du fémur (Figure 119).

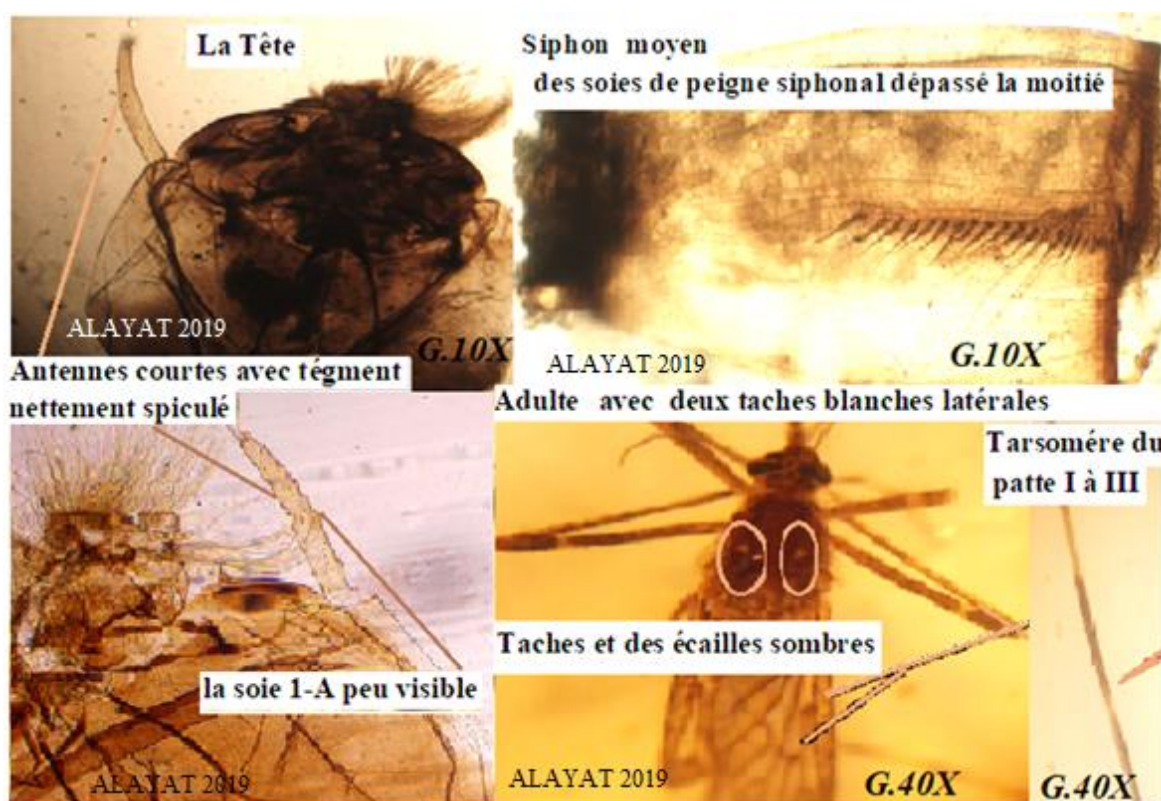


Fig. 119: Critères d'identification de l'espèce *Culesita annulata* (Photos Personnelles).

3.3.21. *Culesita longiareolata* Macquart 1838

Culiseta longiareolata est une espèce largement répandue dans la région paléarctique, Inde, Afrique orientale, et Afrique du Sud. Vers l'Ouest, En Afrique du Nord, elle est considérée comme une des espèces les plus communes (Séguy, 1924; Senevet & Andarelli, 1959a); *Cs. longiareolata* se rencontre en Egypte (Harbach, 1988), en Mauritanie (Hamon *et al.*, 1966), en Lybie (Vermeil, 1953; Goodwin, 1961), en Tunisie (Moussiegt, 1983; Bouattour, 2013), en Algérie (Messai *et al.*, 2011; Tine-Djebbar *et al.*, 2011; Bouabida *et al.*, 2012; Boudemagh *et al.*, 2013; Benhissen *et al.*, 2014; Dahchar *et al.*, 2016; Amara-Kora *et al.*, 2016; Aissaoui.....) et au Maroc (Trari *et al.*, 2002; 2017a) où elle est largement répandue. C'est un moustique ornithophile, pique l'Homme occasionnellement (Maslov, 1967) et ne semble pas avoir de rôle vecteur connu. Bien que la transmission expérimentale du WNV ait bien été décrite chez cette espèce (Hubálek & Halouzka, 1999), mais elle ne serait pas capable de transmettre naturellement ce virus (Kampen *et al.*, 2013). Cette espèce à une grande plasticité écologique, elle fréquente les gîtes larvaires les plus

divers (Gîtes artificiels; domestiques ou naturels). Les larves s'accoutument à de très fortes salinités, tout en résistant remarquablement au froid. Par ailleurs, une étude réalisée en Egypte, indique que les larves du 4e stade de *Cs. longiareolata* peuvent être prédatrices de plusieurs espèces de moustiques (*An. multicolor*, *Ae. caspius* & *Cx. pipiens*); (Shaalan, 2012 & Trari, 2017). Cette espèce a été très fréquente dans les deux régions d'étude, au sein des sites ruraux, Péri-urbain et Urbain durant les quatre saisons et elle est plus abondante au Printemps et en Eté.

La larve de *Cs. Longiareolata* est caractérisée par des antennes lisses et courtes, 1-A peu visible, siphon court et trapu $L/1 \leq 2$, Peigne du siphon dépasse la moitié du siphon et suture hypostomale est complète ou nettement marquée. L'adulte est caractérisé par la présence d'une tâche d'écailles sombres sur l'aile, le scutum avec 3 bandes longitudinales et le tarsomère 4 avec tâches clair à la base. Au niveau de l'abdomen les tergites III à V présentent une bande basale claire et un semis d'écailles claires (Figure 120).



Fig. 120: Critères d'identification de l'espèce *Culesita longiareolata* (Photos Personnelles).

3.3.22. *Coquillettidia richiardii* Ficalbi 1889

Coq. richiardii est une espèce européenne à large aire de répartition, allant des pays Scandinaves aux régions méditerranéennes (Ramsdale & Snow, 2001). Elle est rencontrée en Belgique (Boukraa *et al.*, 2015), en France (Moussiegt, 1986; Schaffner, 1998) en Espagne (Encinas Grandes, 1982; Eritja *et al.*, 2000; Bueno-Mari *et al.*, 2012) et au Portugal (Ribeiro *et al.*, 1988; Almeida *et al.*, 2005). Elle a été signalée aussi en Algérie et au Maroc. Les femelles de *Cq. richiardii* pénètrent à l'intérieur des maisons; elles sont anthropophiles et zoophiles et peuvent provoquer une importante nuisance, où elle participe, avec *Cx. pipiens* et *Cx. modestus*, à la transmission du VWN en Europe (Hubálek & Halouzka, 1999); ce virus a en effet été isolé chez cette espèce en Russie Méridionale (Hubálek, 2000 & Trari, 2017).

Les larves de *Cq. Richiardii*, se rencontrent dans les gîtes riches en matières organiques et en micro-organismes en suspension où la végétation est abondante, en particulier les Phragmites et le *Typhas*, aux racines desquels vivent fixées, aussi bien les larves (Grâce à leur siphon respiratoire) que les nymphes (Leurs trompettes respiratoires). L'eau des gîtes est très douce et ne comporte pas plus de 4.5g/l de sel et leur développement larvaire est lent (Brunhes *et al.*, 1999). Cette espèce a été recueillie uniquement dans la région la humide (P.N.E.K) de notre étude au niveau du site rural Tonga, au sein des gîtes d'eau douce, plus chaude et qui sont plus alcalines et avec des faibles taux de DBO5 durant l'Eté et l'Automne. La larve de *Cq. richiardii* est caractérisée par la formation de l'ornementation du tégument de La selle, de forts spicules isolés ou groupés par 2 ou 3 et le nombre de Branche de la soie 1-VIII est 2 à 4 branches. Chez l'adulte le Tarsomère1 avec des anneaux blanc (Figure 121).

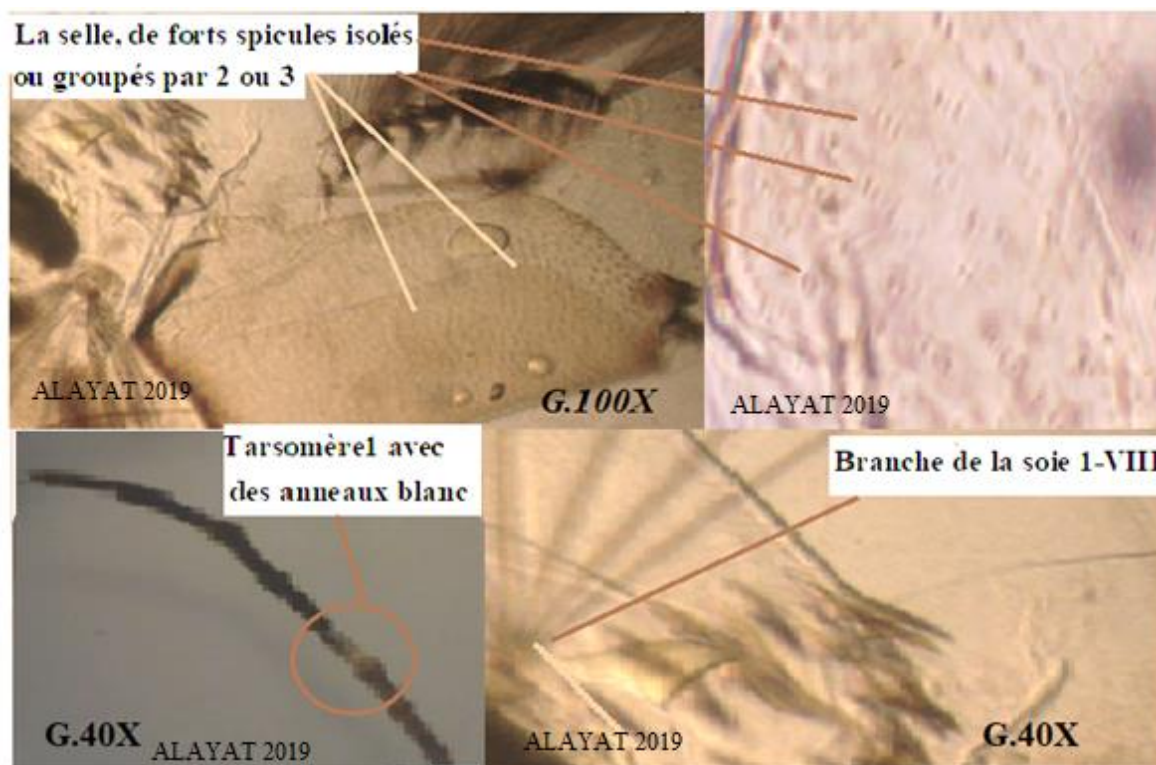


Fig. 12: Critères d'identification de l'espèce *Coquillettidia richiardii* (Photos Personnelles).

3.3.23. *Uranotaenia unguiculata* Edwards 1913

Uranotaenia unguiculata est un moustique méditerranéen signalé aussi en Europe centrale et au Moyen Orient; il est présent au Maroc (Trari *et al.*, 2002 & 2017a), en Algérie (Senevet & Andarelli, 1959a; Messai *et al.*, 2011; Bouabida *et al.*, 2012; Boudemagh *et al.*, 2013 ; Amara-kora *et al.*, 2016 ; Merabti, 2016 ; Chahed *et al.*, 2021), en Tunisie (Langeron, 1921; Moussiegt, 1983; Bouattour, 2013), en Lybie (Goodwin, 1961), en Egypte (Harbach, 1988). Les adultes sont exophiles; ils se rencontrent fréquemment en Automne. Les femelles piquent les amphibiens ou les reptiles, et peuvent leurs transmettre des parasites (Brunhes, 1999). Elles jouent aussi un rôle actif dans la transmission de virus susceptibles d'être secondairement transmis à l'Homme (Pradel *et al.*, 2009 & Trari, 2017). Les larves, peuvent être cannibales, se développent dans des plans d'eau peu profonds avec une abondante végétation. L'eau de ces gîtes est généralement douce, mais elle peut aussi être légèrement salée. Le développement des larves dure de 2 à 7 semaines, les femelles sont autogènes. Elles hivernent près des gîtes larvaires, de préférence dans les lieux où la température est pratiquement constante (Grottes; Caves & Etables). Les larves sont pourvues

d'un siphon très court, elles se tiennent parallèlement à la surface de l'eau, comme le font celles des Anophèles. Cette espèce a été signalée uniquement dans la région d'El-Kala, dans le site rural Tonga, donc une eau douce, alcalines et avec des taux faibles de DBO5 durant l'Hiver et l'Automne.

La larve d'*Ur. unguiculata*, se distingue par la présence d'une plaque abdominale sur le 8ème segment et les antennes courtes font le quart de la longueur de la tête. Chez l'adulte l'espèce est dépourvue d'une frange d'écaille de l'aile et de la couleur somber du tarsomère 5 de la patte III (Figure 122).



Fig.122: Critères d'identification de l'espèce *Uranotaenia unguiculata* (Photos Personnelles)

3.4. Enquête ethnobotanique

3.4.1. Analyse sur l'informant (l'utilisateur)

L'enquête ethnobotanique a été réalisée dans la région d'Oued –Souf. Cette enquête a permis d'interroger cent personnes des deux sexes (Hommes & Femmes), âgées de 18 ans à plus de 60 ans, fonctionnels ou en chômage et les niveaux intellectuels différents, qui nous ont informés sur les différentes utilisations thérapeutiques et traditionnelles locales des quatre plantes médicinales : *Artemisia campestris L.*, *Artemisia herba Alba Asso*, *Juniperus phoenicea L.*, *Rosmarinus officinalis L.*

Les données de l'enquête ont été recueillies par sexe, tranche d'âge, profession et par niveau d'étude afin de pouvoir déterminer le taux de réponses des enquêtés par catégorie dans l'ensemble des deux Daïras (**Hassani Abdel Karim & Hassi Khalifa**) dans la Wilaya d'Oued -Souf.

L'enquête ethnobotanique nous a permis d'obtenir des informations essentielles concernant le profil de l'informateur a montré également que les Hommes et les Femmes sont intéressés par la médecine traditionnelle, mais les Femmes ont plus de connaissances sur les espèces de plantes médicinales par rapport aux Hommes (64% contre 36%) (**Figure 123 A**). Cependant l'utilisation des plantes médicinales est répandue chez toutes les tranches d'âge, mais avec prédominance chez les personnes âgées de 36 à 60 ans (40%), suivi par les personnes âgées de 26 à 35 ans (29%) puis les personnes de plus de 60 ans (24%), tandis que la tranche d'âge de 18-25 est la tranches la moins intéressée par ce type de thérapie présentant le taux le plus faible (7%) (**Figure 123 B**). Concernant le niveau intellectuels, la plus part des usagers des plantes médicinales ont le niveau secondaire, avec un taux de 38%, suivi par le niveau universitaire avec un taux de 25%, puis le niveau moyen avec un taux de 20%, alors que les deux niveaux analphabète et primaire utilisent très peu les plantes médicinales avec des faibles pourcentages (10% et 7%) respectivement (**Figure 123 C**). Enfin la **figure 123 D** a montré que les chômeurs (72%) ont une connaissance relativement élevée par rapport aux fonctionnaires (28%).

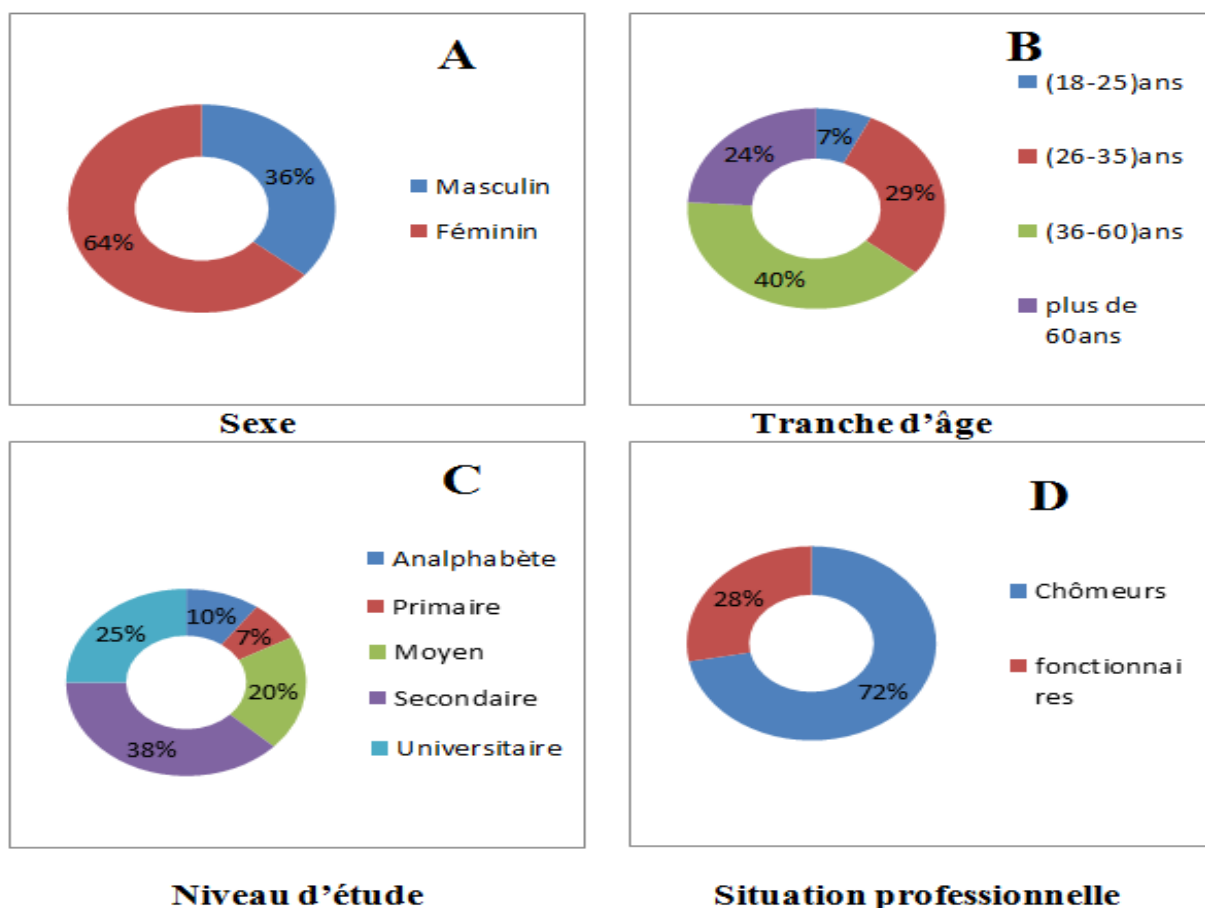


Fig. 123: Enquête ethnobotanique sur l'informant

A : Sexe de l'informant

B : Tranche d'âge

C : Niveau d'étude

D : Situation professionnelle.

3.4.2. Analyse des quatre plantes médicinales étudiées (Analyse phyto-thérapeutique)

L'intérêt et l'usage des plantes médicinales sont fondé dans cette étude sur la connaissance de cinq points essentiels :

- Nom vernaculaire des plantes
- Partie utilisée de la plante: tiges, racines, feuilles, graines, parties aériennes,...
- Mode de préparation : décoction, macération, infusion;
- Taux d'utilisation;
- L'utilisation selon les maladies traitées

Les données de l'enquête ethnobotanique montrent que les quatre plantes étudiées sont connu sous leurs noms vernaculaires (Dgouft (87%); Chih (85%); klil (75%); Arar (78%)) dans la région d'étude. Ces plantes sont utilisées majoritairement dans les domaines

thérapeutiques en raison des indications concernant le traitement de plusieurs infections et maladie. Cela, avec la prédominance de l'utilisation de chaque plante, seule et selon l'état séché. L'Automne et le Printemps sont les meilleures saisons de la récolte. L'enquête ethnobotanique a prouvé que les feuilles restent la partie la plus utilisée, suivies de la partie aérienne puis la plante entière, tandis que la poudre et l'infusion sont les modes d'utilisations les plus répandus chez la population testée (**Figure 124**).

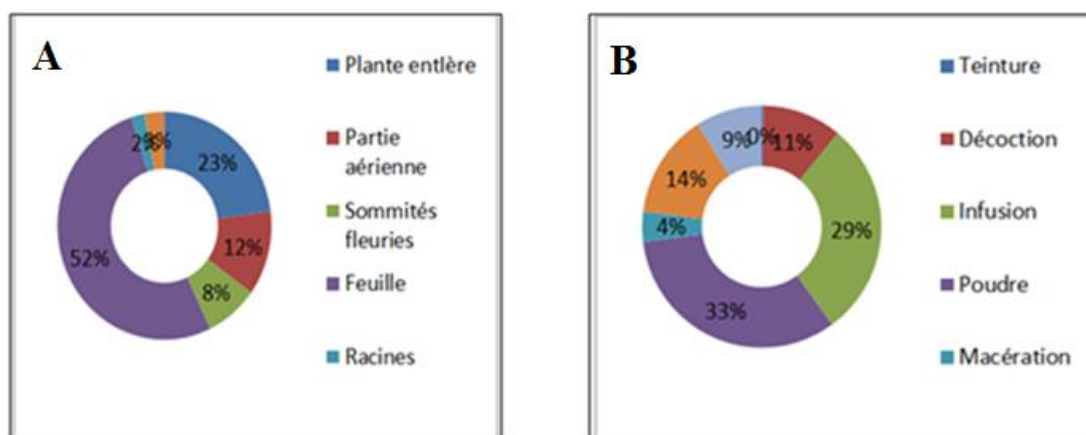


Fig. 124: A : La fréquence des parties utilisées des quatre plantes.

B: La fréquence des modes d'utilisation des quatre plantes.

Enfin lors de notre enquête ethnobotanique El Klil (*Rosmarinus officinalis*) était le plus utilisées par la population locale parmi les quatre plantes médicinales étudiées avec un taux de 94%, suivi par Chih (*Artemisia herba alba* : 84%), puis le Dgouft (*Artemisia compestris* : 74%) et finalement l'Arar (Jun :68%) (**Figure 125**)

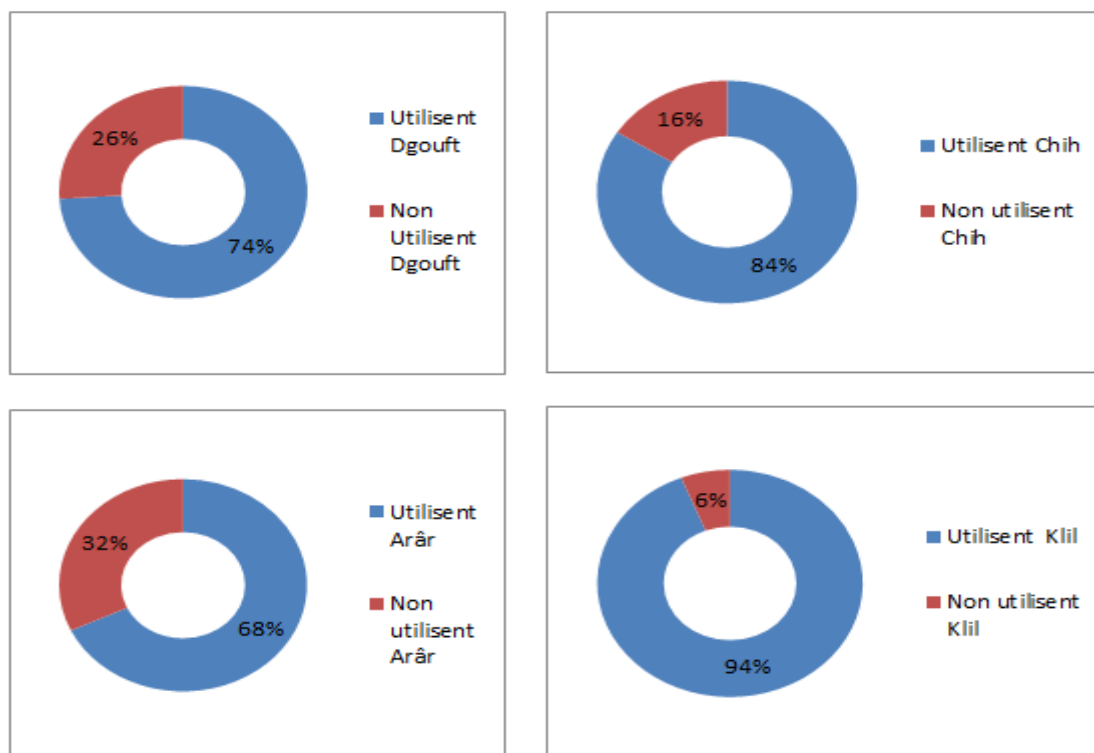


Fig. 125: La fréquence d'utilisation des quatre plantes médicinales étudiée

L'enquête ethnobotanique sur les maladies traitées par ces quatre plantes, montre que ces dernières sont indiquées dans le traitement de différents systèmes du corps humain, avec une fluctuation et des variations d'une plante à l'autre, selon l'appareil traité

3.4.2.1. *Artemisia campestris* L. 1753

Le nom vernaculaire de la plante: L'Armoise rouge et en arabe « Dgouft », l'Automne et le Printemps correspondent à la période de collecte, c'est une plante cultivée. Les feuilles sont les parties les plus utilisées de la plante, sous forme de poudre ou d'infusion.

Les maladies traitées: Les principales maladies traitées sont: les infections des gonades: Fièvre utérine; elle contrôle le premier trimestre de la grossesse et régule le cycle menstruel. Traite le cancer de l'utérus; tonique du sperme et la stérilité. On l'utilise comme traitement des pathologies endocriniennes: Surveillance et régulation des Hormones; utilisée comme régulateur d'hormones et d'enzymes corporelles, elle réduit la pression artérielle et surveille la circulation sanguine. Elle peut éliminer les toxines du rhume, la trachéite, et traiter les infections des voies urinaires. Elle peut traiter également la constipation, le gonflement de la vessie, c'est un antiparasite, renforce les os et traite la cirrhose du foie et les Maux de tête.

3.4.2.2. *Artemisia herba Alba* Asso 1779

Le nom vernaculaire de la plante : l'armoise blanche et en arabe sous le nom de « *Chih* », l'Automne est la meilleure période de collecte, c'est une plante Spontanée. Les feuilles et la partie aérienne sont les parties les plus utilisées de la plante sous forme de Décoction et poudre.

Les maladies traitées : L'appareil génital, le vomissement chez les bébés, L'estomac, Les vers intestinaux Toux sèche, Infection des voies respiratoires, Asthme, Maladies du sein, Indigestion, Ulcères, Abaisser la tension artérielle

3.4.2.3. *Rosmarinus officinalis* L. 1753

Le nom vernaculaire de la plante : romarin et en arabe sous le nom de « *Klil* », l'Automne est la meilleure période de collecte, c'est une plante cultivée. Les feuilles sont les parties les plus utilisées de la plante sous forme d'Infusion et Poudre

Les maladies traitées : Diabète, la toux, Troubles menstruels et Gaz d'estomac, Amélioration de la fonction rénale, Sécrétions vaginales, Indigestion, Traite les tumeurs solides (lait maternel) Stimuler la circulation sanguine, Activation de la mémoire, Douleurs articulaires, Traitement des douleurs rhumatismales, Grèves de grêle, Ouvrez l'appétit, Fièvre, Rhumatisme, les femmes après l'accouchement, Coulons.

3.4.2.4. *Juniperus phoenicea* L. 1753

Le nom vernaculaire de la plante : Genévrier rouge et en arabe sous le nom de « *Arâr rouge* », l'Automne et le Printemps correspondent à la période de collecte, c'est une plante cultivée. Les feuilles sont les parties les plus utilisées de la plante sous forme d'Infusion, Poudre et inhalation

Les maladies traitées : Traite les maux de tête, Méningite, Inflammation du cerveau, Traite l'épilepsie, Dépression, Sommités fleuries, Les migraines, Brûlures d'estomac, Syndrome du côlon irritable, Traiter l'hépatite, cancer de l'estomac, l'oesophagite Traiter Cholecystitis, Thérapeute de la douleur abdominale, Entérovirus répulsif , Allergie Plante, Cancer de la thyroïde, Déficit immunitaire acquis, Asthme, Facilite Common Cold, inflammation de la gorge, Insuffisance pancréatique, Sommités fleuries, Thérapeute de l'arthrite, Ostéoporose, Traiter les personnes atteintes de paludisme, Traiter la grippe , Traiter l'anémie falciforme,

traiter les maladies cardiaques Infections des gonades, Antipéristaltique traiter les infections des voies urinaires

3.5. Extraction par hydrodistillation des Huiles Essentielles

L'extraction par hydrodistillation de la matière sèche (feuilles) des quatre plantes médicinales étudiées : *Artemisia compestris* ; *Artemisia herba alba* ; *Juniperus phoenicea* et *Rosmarinus officinali* donne des huiles essentielles ayant des rendements différentes entre ces quatre plantes ou l'espèce *Rosmarinus officinalis* a le rendement le plus important (1.30%), suivi par l'espèce *Artemisia herba alba* (0.98%) puis l'espèce *Juniperus phoenicea* (0.75%) , alors que l'espèce *Artemisia compestris* a le faible rendement (0.64%). Ainsi que les caractères organoleptiques se diffèrent d'une espèce à l'autre comme il est cité dans le tableau c'est-après.

Tableau 21: Récapitule le rendement et les caractéristiques organoleptiques des Huiles Essentielles des 4 plantes.

Plantes	Rendement	Couleur	Odeur	Saveur	Aspect
<i>Artemisia Compestris</i>	0.64%	Jaunâtre	Faible odeur	Amère	Fluide
<i>Artemisia herba alba</i>	0.98%	Jaune vif	Une forte odeur et Persistante	Piquante	Fluide
<i>Juniperus Phoenicea</i>	0.75%	Vert jaunâtre	Forte odeur	Amère	Déliquescent liquide visqueux, limpide
<i>Rosmarinus Officinalis</i>	1.30%	Jaune pâle	Moyenne odeur	Amère	Fluideliquide

3. 6. Préparation de l'extrait méthanolique

L'extraction par la macération de la poudre de chaque plante étudiée (*Artemisia campestris* ; *Artemisia herba alba* ; *Juniperus phoenicea* et *Rosmarinus officinalis*) dans le méthanol puis agitation sur un agitateur magnétique pendant 24 h. Ensuite la récupération du filtrat par évaporation dans un rota-vapeur, à une température de 45°C donnent des extraits methanoliques avec des rendements variantes entre ces quatre plantes (**Tableau 22**). Les résultats obtenus ont montré que l'espèce *Artemisia herba alba* (8.80%) a le rendement le plus élevé par rapport les autres trois espèces qui enregistrent des valeurs presque de la même fourchette (6.95% ; 6.76% ; 6.02%).

Tableau 22: Récapitulation du rendement de l'extrait méthanoïque des quatre plantes.

Plantes	Rendement
<i>Artemisia campestris</i>	6.76%
<i>Artemisia herba alba</i>	8.80%
<i>Juniperus phoenicea</i>	6.95%
<i>Rosmarinus officinalis</i>	6.02%

3.7. Préparation des extraits aqueux

L'extraction par ébullition de la poudre des feuilles de chaque plante testée. Dans l'eau distillée, puis laisser refroidir avec agitation pendant 15 min. Ensuite la solution obtenue est filtrée deux fois à l'aide du papier filtre (Papier Wattman 3 mm). Les filtras passer au rota-vapeur à température de 60°c pour l'évaporation et la récupération des résidus. Ces derniers ont été récupéré graduellement avec l'eau distillée, pour donner l'extraits aqueux, ayant des différents rendements.

D'après les résultats du **tableau 23** montrent que l'espèce *Artemisia herba alba* pocède le rendement le plus élevé (52.10%), suivi par *Juniperus phoenicea* avec un rendement de 47.48%, l'espèce *Rosmarinus officinalis* (29.24%) et enfin l'espèce *Artemisia campestris* avec 23%.

Tableau 23: Récapitulation du rendement de l'extrait aqueux des quatre plantes.

Plantes	Rendement
<i>Artemisia campestris</i>	23%
<i>Artemisia herba alba</i>	52.10%
<i>Juniperus phoenicea</i>	47.48%
<i>Rosmarinus officinalis</i>	29.24%

3.8. Effet larvicide des trois extraits des quatre plantes à l'égard des larves du quatrième stade de deux espèces de moustiques *Culiseta longiareolata* et *Anopheles sergentii sergentii*

Afin de déterminer l'effet larvicide des Huiles Essentielles, des Extraits Méthanoliques et des Extraits Aqueux, de quatre plantes à savoir : *Artemisia campestris*; *Artemisia herba alba*; *Juniperus phoenicea* et *Rosmarinus officinalis*, ont été testées pour évaluer leur activité insecticide. Des tests toxicologiques ont été réalisés selon différentes concentrations : l'**H. E.** (25; 125; 250; 375 & 500 µl/l] ; de l'**Ext. Meth.** (12.5, 30 & 40 ml/L] et de l'**Ext. Aq.** (10; 20; 30; 40 & 50 ml/L] à l'égard des larves du 4^{ème} stade, de deux espèces de moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*). Le test a duré 3 jours (24h; 48h & 72 h).

3.8.1. Activité larvicide des trois extraits de *Rosmarinus officinalis* (Romarin)

Les taux de la mortalité après 24h, des larves de *Cs. longiareolata* traitées à la faible concentration [25 µl/L] et à la plus forte [500 µl/L] à l'**HE** de Romarin, était respectivement (50% & 100%); après 48h & 72h de traitement le pourcentage de mortalité était de 100%, concernant les deux concentrations précédemment citées.

D'autre part l'activité larvicide de l'**Ext. Aq.** après 24h : la faible concentration [10 ml/L), a provoqué un taux de mortalité de 17% et la plus forte [50ml/L) a engendré 94%. Après 48 h, le taux de mortalité a augmenté, par rapport aux 2 concentrations, selon des valeurs respectives de 77% et de 100%. En fin après 72h de traitement, la mortalité était de 100% pour les deux concentrations.

Par ailleurs l'effet larvicide de **l'Ext. Meth.** après 24h d'exposition, le taux de mortalité atteint 14% chez les traités à la faible concentration [12.5 ml/L] et 54% ceux qui ont été traités à la forte [40 ml/L]. Le deuxième jour de traitement ; après 48h, le taux de mortalité selon ces deux concentrations était respectivement de 57% et 100%. À la fin du test, c'est à dire après 72h d'exposition, la plus faible concentration a causé 87% de mortalité et la plus forte 100%. Aucune mortalité n'a été observée chez les témoins (**Figure a1 Annexe 3**) (**Figure 126**).

En outre, le traitement de la deuxième espèce de moustique *An. sergentii sergentii* par **HE** du Romarin, après 24h les taux de mortalité variaient de 50% pour la plus faible concentration [25µl/L] et de 100% pour la plus élevée [500 µl/L]. Egalement après 48h et 72h de contact avec **HE** les deux concentrations [25 µl/L & 500 µl/L] ont provoqué une mortalité de 100%.

Concernant **l'Ext. Aq.** la faible concentration [10 ml/L] a provoqué un taux de mortalité de 24% et la plus forte concentration [50 ml/L] 100%, en plus, après 48h & 72h d'exposition le taux de mortalité était de 100% pour les deux concentrations.

Au traitement par **l'Ext. Meth.** du Romarin, la faible concentration [12.5 ml/L] a provoqué 9% de mortalité et la plus forte concentration [40 ml/L] a engendré 65% après 24h d'exposition. Ensuite après 48h le taux de mortalité était de 12% provoqué par la faible concentration alors que la plus forte a provoqué 100%. Enfin après 72h de traitement par ce larvicide, un taux de 19% de mortalité a été enregistré pour la faible concentration et 100% pour la plus élevée. Aucune mortalité n'a été observée chez les témoins (**Figure a2 Annexe 3**) (**Figure 127**).

Les résultats obtenus concernant les taux de la mortalité des larves (L4) des deux espèces de moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) qui ont été traités avec trois extraits (EM, HE & EA) du Romarin durant trois jours, montrent des variations et progression significatives des taux de la mortalité en fonction des différentes concentrations testées ; temps d'exposition et l'extrait de traitement.

D'autre part la moyenne des taux de mortalité larvaire prouve que cette plante est dotée d'un effet larvicide sur les deux espèces de moustiques testées. Seulement l'HE possède un pouvoir toxique plus important et plus élevé, suivi par l'Ext. Aq. Ensuite l'Ext. Meth., ce dernier a présenté une faible toxicité par rapport aux autres extraits. L'espèce *Cs.*

longiareolata traduisant une légère sensibilité importante aux trois extraits (HE; Ext. Aq. & Ext. Meth) par rapport à *An. sergentii sergentii* (Figure 126 127).

L'analyse du test ANOVA à un facteur a révélé l'existence de différences très hautement significatives ($P=0.000$) (Tableau 32) de la mortalité entre les concentrations et les temps d'exposition pour les trois extraits du *R. officinalis*. Ainsi que le test de Tukey indique (boîtes à moustaches) la variation de la mortalité des deux espèces des moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) selon la concentration et le temps de traitement par *R.officinalis*(Figure 128).

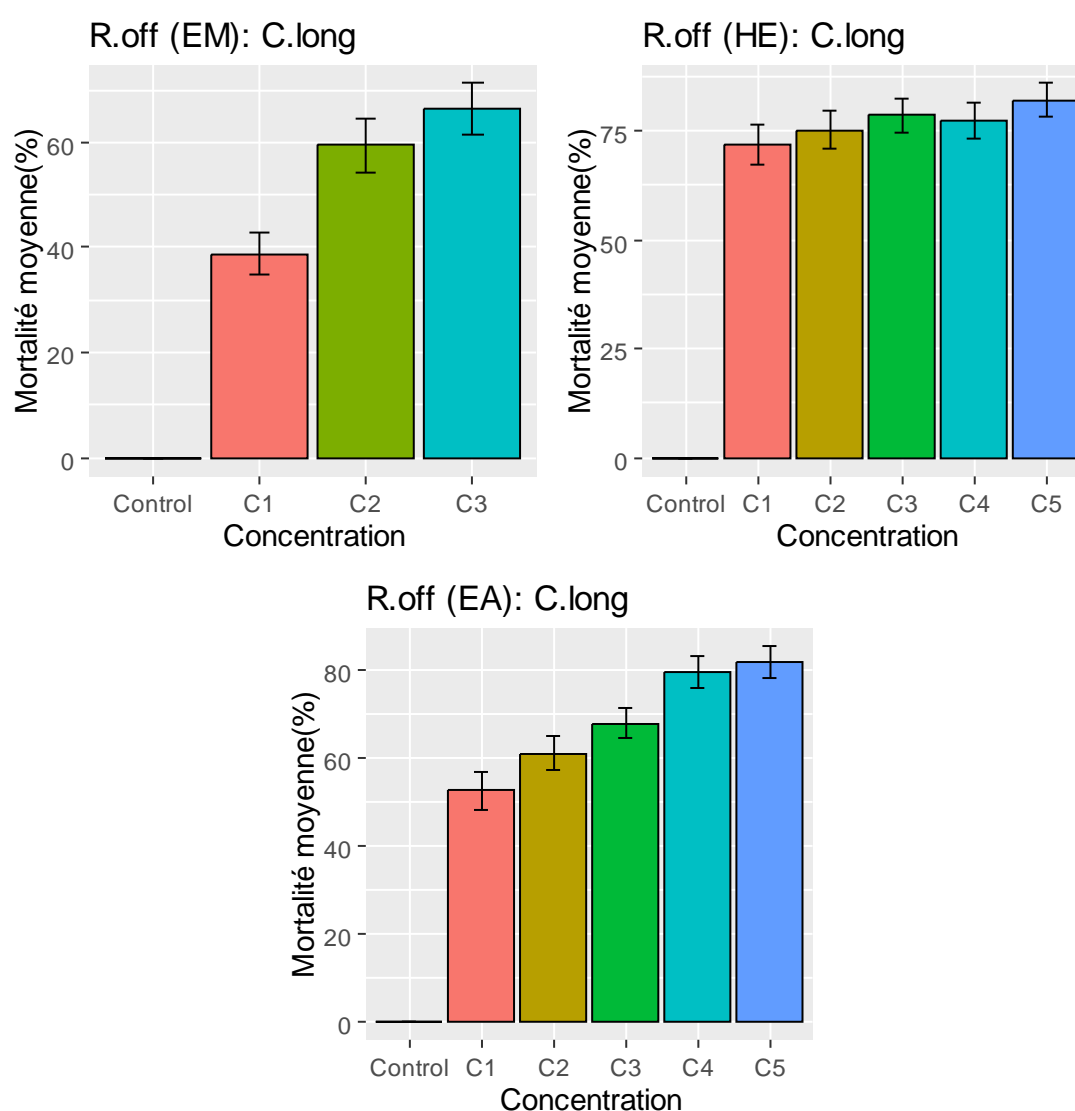


Fig. 126 : Présentation des moyennes de mortalité de *Cs. longiareolata* traitée aux trois extraits de *R. officinalis* (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.).

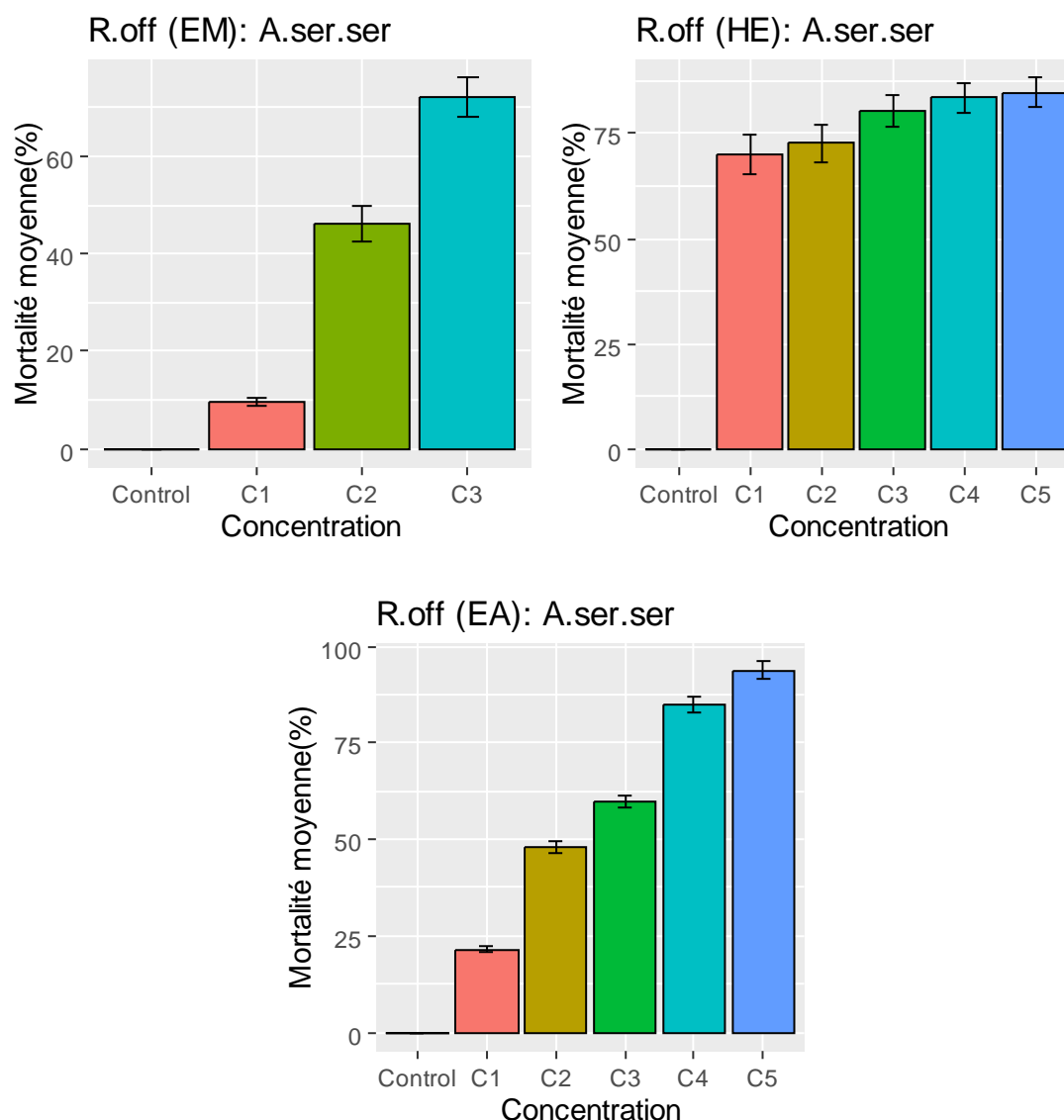


Fig. 127: Présentation des moyennes de mortalité d'*An. sergentii sergentii* traitée par les trois extraits de *R. officinalis* (EH; Ext. Meth. & Ext. Aq.).

L'analyse toxicologique des données obtenu lors du traitement larvaire de *Cs. longiareolata* & *An.sergentii sergentii* par les trois extraits (EM, HE & EA) de *R. officinalis*, a donné lieu pour déterminer les graphes des droites de régression (**Figure de A1 à A6 Annexe 3**), ainsi que les équations des droites de régressions et les concentrations létales (CL25, CL50, CL75, CL90) (**Tableau 24 & 25**).). Les résultats ont montré que les concentrations létales marquent également des variations selon le temps et le type d'extrait.

Les résultats obtenus lors du traitement des larves (L4) de *Cs. longiareolata* et d'*An. sergentii sergentii*, montrent que l'HE du romarin est la plus toxique (efficace) avec CL25 (6.29µl/L) et CL90 (25.24µl/L) contre *Cs. longiareolata*, et avec CL25 (9.34µl/L) et CL90 (35.22µl/L) contre *An. sergentii sergentii*, suivie par l'EA puis EM après 24h, d'exposition. De plus on note que les valeurs des concentrations létales de chaque extrait diminuent avec le temps (après 48h & 72h), ce qui prouve que l'efficacité a augmenté avec le temps. Par ailleurs le test de Fisher (ANOVA à un facteur) et le test Tukey (boîte à moustache) révèlent une différence significative de la mortalité selon les trois extraits de *R. officinalis*, ($P=0.028$) (Tableau 32).

Tableau 24: Efficacité Des trois extraits (EM, HE & EA) de *R. officinalis* (ml/L, µl/L et ml/L) à l'égard des larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* après 24h, 48h et 72 h. (R^2 = Coefficient de détermination).

Temps	Mode	Equation	R ²	CL25	CL50	CL75	CL90
24h	EM	$y = 2.058x - 18.043$	0.904	21.25	36.37	45.94	53.35
	HE	$y = 34.279x + 3.448$	0.915	6.29	20.87	22.80	25.24
	EA	$y = 2.04x - 3.4$	0.973	13.92	22.46	38.43	45.78
48h	EM	$y = 92.370x - 43.026$	0.887	8.95	10.16	21.12	30.10
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	$y = 0.62x + 73.6$	0.843	--	--	2.25	26.45
72h	EM	$y = 28.421x - 55.991$	0.871	2.85	3.73	4.608	5.14
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	--	1	--	--	--	--

Tableau 25: Efficacité Des trois extraits (EM, HE & EA) de *R.officinalis* (ml/L) à l'égard des larves du quatrième stade d'*An. sergentii sergentii* à 24, 48 et 72 heures d'exposition: analyse des probits (Action directe). (R²= Coefficient de détermination).

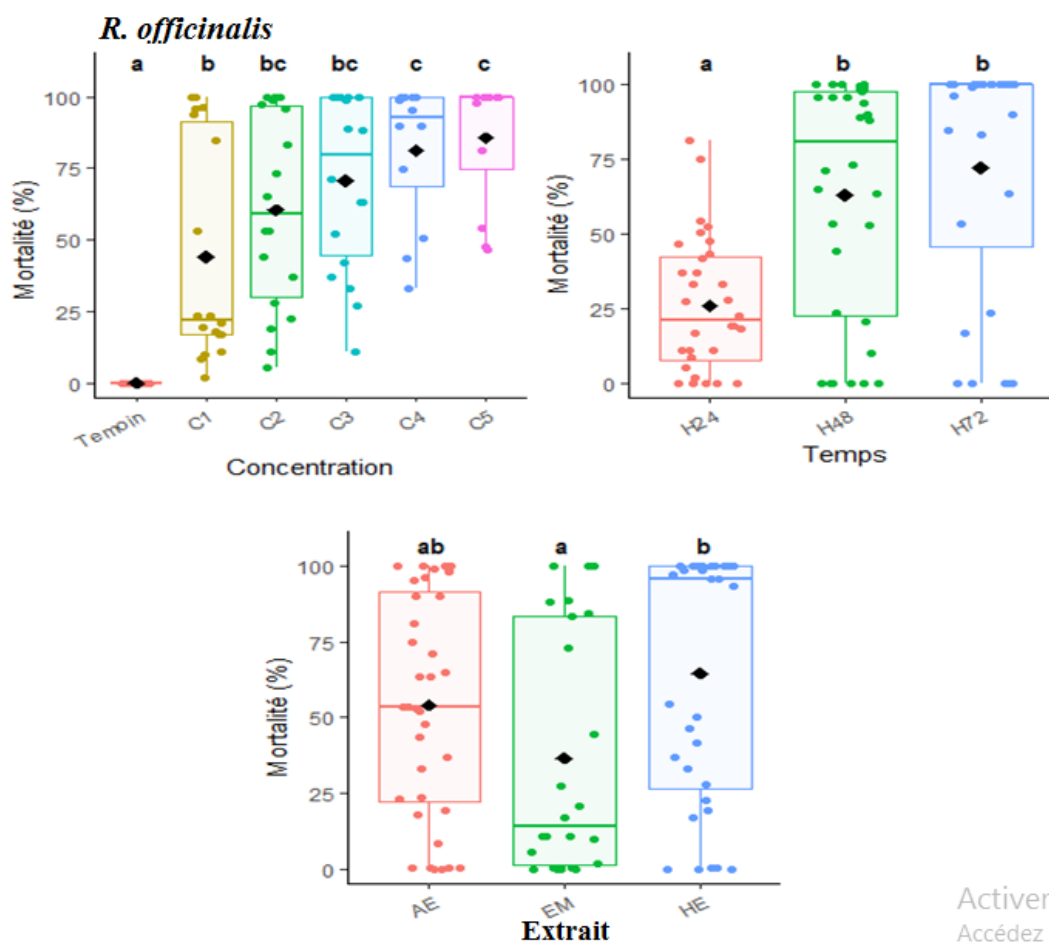
Temps	Mode	Equation	R ²	CL25	CL50	CL75	CL90
24h	EM	$y = 1.845x - 19.742$	0.788	24.24	38	51.49	62.35
	HE	$y = 40.795x - 13.102$	0.815	9.34	21.63	25.27	35.22
	EA	$y = 1.88x + 10$	0.970	7.98	18.56	34.57	42.55
48h	EM	$y = 3.226x - 27.376$	0.997	16.24	21.23	31.74	36.39
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	$y = 1.88x + 10$	0.970	7.98	18.56	34.57	42.55
72h	EM	$y = 3.0774x - 16.962$	0.962	13.64	19.24	29.88	34.76
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	$y = 1.88x + 10$	0.970	7.98	18.56	34.57	42.55

En effet, les comparaisons par paires du test Tukey indiquent d'après les boîtes à moustaches la variation de la mortalité des deux espèces (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) selon les trois facteurs (oncentrations, temps & extraits):

-Concentration: Présence d'une hétérogénéité indiquée par des différences significatives entre témoin et traités par rapport à la concentration C1 d'une part, et les concentrations C4 et C5 d'autre part.

-Temps : il existe également des différences significatives de la mortalité du premier jour entre (24 h) et les deux autres jours (48h & 72h).

-Extrait: L'effet des différentes préparations, a évoqué une nette hétérogénéité, cela entre l'extrait méthanolique et les autres extraits (HE & EA) (**Figure 128**).



Activer W
Accédez aux

Fig. 128: Variations de la mortalité de *Cs. longiareolata* & *An.sergentii sergentii* traitées au *R. officinalis* selon les trois facteurs (concentration, temps et le type d'extrait).

Les lettres en minuscule a, b et c indiquent que la variation spatio-temporelle est significative à $p < 0,05$. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à $p > 0,05$. Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

3.8.2. Activité larvicide des trois extraits de l'*Artemisia campestris* (Armoise rouge)

L'effet larvicide de l'HE de l'Armoise rouge, sur les larves (L4) de *Cs. longiareolata* après 24h, a présenté des taux de mortalité qui varient selon les concentrations. La faible concentration (25 µl/L), a présenté un taux de 50% et la plus forte (500 µl/L) 90%. Après 48h et 72h d'exposition les taux de la mortalité étaient de 100% pour les deux concentrations. D'autre part l'activité larvicide de l'Ext. Aq. de l'Armoise rouge, selon la concentration la plus faible (10 ml/L) a enregistré un taux de mortalité de 4%, après 24h et 48h de contact et 14% après 72h. Tandis que la plus forte concentration (50ml/L) à provoquer 100% de mortalité après 24h, 48h et 72h.

Concernant le taux de mortalité provoqué par l'Ext. Meth. la plus faible concentration (12.5 ml/l) à engendrer après (24h & 48h), une mortalité respective de 13% et 26%. Après 72h, la concentration la plus élevée (40 ml/l) à provoquer 40% d'après 24h de contact et 46% après 48h, un taux de 66% après 72h. Aucune mortalité n'a été observée chez les témoins (**Figure b1 Annexe 3**) (**Figure 129**).

Cependant l'activité larvicide de l'HE d'*Artemisia campestris* à l'égard des larves d'*An. sergentii sergentii*, après 24h les taux de mortalité variaient de 33% pour la faible concentration [25 µl/L] à 100% pour la concentration la plus élevée [500 µl/L]. Après 48h la faible concentration [25 µl/L] à provoquer un taux de 90% et après 72h un taux de 93%. La concentration la plus forte [500 µl/L] à causer un taux de mortalité de 100% après 48h et 72h. Concernant l'Ext. Aq. la plus faible concentration [10 ml/L] a provoqué un taux de mortalité de 7% après 24h, puis 57% après 48h et enfin 60% après 72h. Alors, la plus forte [500 ml/L] a engendré 100% de mortalité après 24h d'exposition au larvicide. En revanche, la faible concentration [12.5 ml/L] de l'Ext. Meth. a provoqué 27% de mortalité après 24h; 60% après 48h et 74% après 72h. La concentration la plus élevée (40 ml/L) à engendrer des taux de la mortalité qui varient respectivement selon le temps de traitement 74%; 90% et 97% après 24h, 48h et 72h aucune mortalité n'a été observée dans les tests témoins (**Figure b2 Annexe 3**)(**Figure 130**).

Les résultats obtenus concernant les taux de la mortalité des larves (L4) des deux espèces de moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) qui ont été traité avec trois extraits (EM, HE & EA) de l'Armoise rouge durant trois jours, montrent des variations et progression significatives des taux de la mortalité en fonction des différentes concentrations testées ; temps d'exposition et l'extrait de traitement.

D'autre part la moyenne des taux de mortalité larvaire de *Cs. longiareolata* et *An. sergentii sergentii* traitées par les trois types d'extraits d'*Artemisia campestris* (Ext. Meth; HE & Ext. Aq.), montrent l'activité larvicide de cette plante. L'effet toxique de l'HE est le plus important et le plus élevé, suivi de l'Ext. Aq. et enfin l'Ext. Meth. En outre, l'espèce *Cs. longiareolata* est plus sensible à l'extrait méthanolique que l'extrait aqueux, tandis que l'espèce *A. sergentii sergentii* est plus sensible à l'extrait aqueux que l'extrait méthanolique (**Figure 129 & 130**).

L'analyse statistique du test de Fischer (ANOVA à un facteur) révèlent l'existence de différences très hautement significatives ($P=0.000$) et des différences hautement significatives ($P=0.005$) de la mortalité, entre les concentrations utilisées et le temps de traitement des trois extraits testés (**Tableau 32**). De même, le test de Tukey et les boîtes à moustaches indiquent, une variation de la mortalité des deux espèces traitées (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) selon la concentration et le temps de traitement. Ils ont révélé l'existence d'une claire hétérogénéité entre la mortalité chez le témoin d'une part et les mortalités causées par les autres concentrations d'autre part. De même, entre la concentration C1 d'une part, et les concentrations C4 et C5 d'autre part. Ce test a affiché des différences significatives, entre le premier jour de traitement (24h) et les deux autres jours (48h & 72h) (**Figure131**).

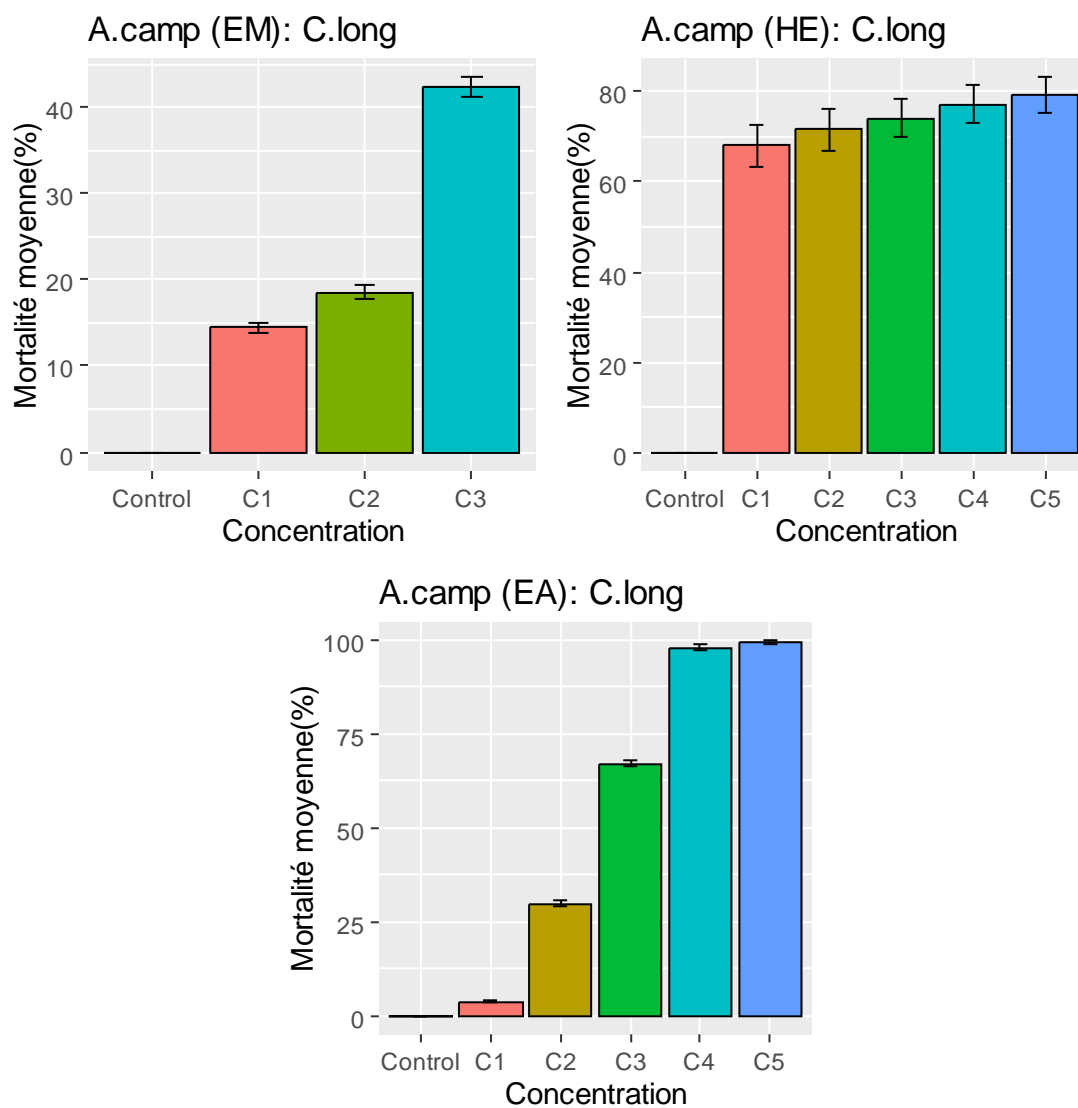


Fig. 129: Présentation des taux de mortalité moyenne (%) de *Cs. longiareolata* traitée par les trois extraits d'*A. campestris* (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.).

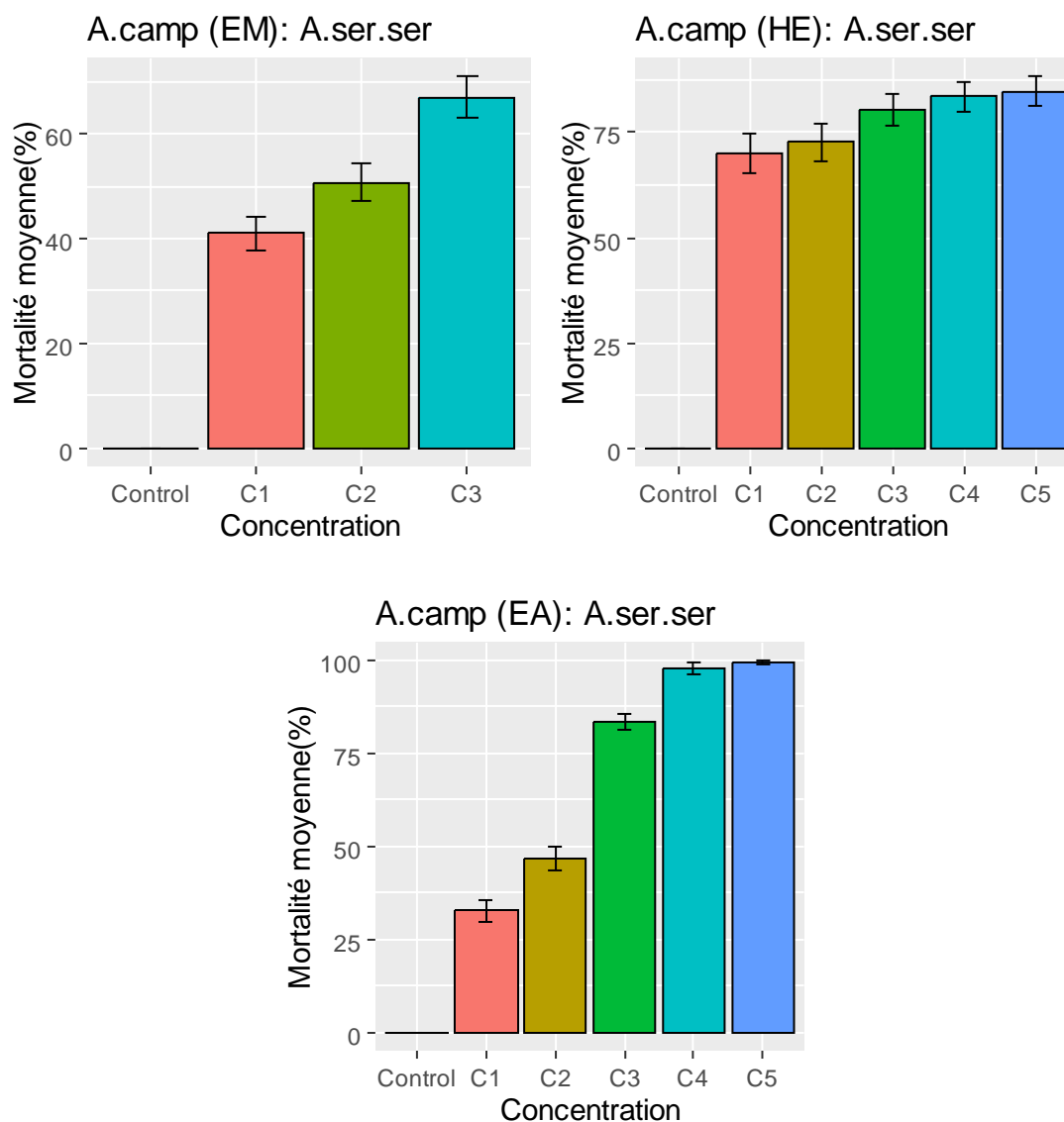


Fig. 130: Présentation des taux de mortalité moyenne(%) d'*An. sergentii sergentii* traitée par les trois extraits d'*A. campestris* (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.

L'analyse toxicologique des données obtenu lors du traitement larvaire de *Cs. longiareolata* & *An.sergentii sergentii* par les trois extraits (EM, HE & EA) d'*A.campestris*, a donné lieu pour déterminer les graphes des droites de régression (**Figure de B1 à B6 Annexe 3**), ainsi que les concentrations létales (CL25; CL50; CL75 et CL90), les équations des droites de régression (**Tableau 26 & 27**). Les valeurs des concentrations létales ont présenté également une variabilité selon les périodes de traitement.

Les résultats obtenus lors du traitement larvaire de *Cs. longiareolata* et d'*An. sergentii sergentii*, montrent que l'HE de l'Armoise rouge est plus toxique et plus efficace à l'égard

de *Cs. longiareolata*, présentant des concentration létales CL50 de 21.17 µl/L et une CL90 de 26.14µl/L, cette valeur est largement inférieur par rapport à celles obtenues à l'égard d'*An. sergentii sergentii* (CL50 (31.50 µl/L) et une CL90 (49.53µl/L) pour *Cs. longiareolata* suivie par l' EA puis EM après 24h d'exposition. De plus on note que les valeurs des concentrations létales de chaque extrait diminuent avec le temps, ce qui prouve que l'efficacité augmente avec le temps. Par ailleurs le test de Fisher (ANOVA à un facteur) et le test Tukey (boîte à moustache) révèlent une différence de la mortalité selon les trois extraits d'*A. campestris*, avec des différences significatives ($P=0.028$) (**Tableau 32**).

Tableau 26: Efficacité des trois extraits (EM, HE & EA) d'*A.campestris* (ml/L) à l'égard des larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* après 24h, 48h et 72 heures. (R^2 = Coefficient de détermination).

Temps	Mode	Equation	R ²	CL25	CL50	CL75	CL90
24h	EM	$y = 0.896x - 1.328$	0.7338	29.36	57.28	85.11	101.84
	HE	$y = 0.084x + 48.266$	0.999	--	31.50	34.194	49.53
	EA	$y = 3.27x - 33.5$	0.991	18	25.53	33.18	37.76
48h	EM	$y = 1.1226x - 5.20$	0.707	26.90	49.17	71.44	84.80
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	$y = 3.25x - 30.5$	0.999	17.07	24.77	32.46	37.07
72h	EM	$y = 1.4129x + 5.48$	0.890	13.81	29.75	49.20	59.82
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	$y = 3.04x + 17$	0.976	13.81	22.03	30.26	35.19

Tableau 27: Efficacité des trois extraits (EM, HE & EA) d'*A.campestris* (ml/L) à l'égard des larves du quatrième stade d'*An. sergentii sergentii* à 24, 48 et 72 heures d'exposition. (R²= Coefficient de détermination).

Temps	Mode	Equation	R ²	CL25	CL50	CL75	CL90
24h	EM	$y = 1.65x + 5.58$	0.993	11.77	24.02	42.04	51.12
	HE	$y = 80.506x - 120.449$	0.909	18.06	21.17	24.27	26.14
	EA	$y = 3.29x - 31.5$	0.965	17.17	24.77	32.37	37.1
48h	EM	$y = 1.032x + 44.94$	0.885	--	8.71	29.13	43.66
	HE	$y = 78.594x - 97.448$	0.828	15.57	18.76	21.94	23.85
	EA	$y = 2.15x + 30.33$	0.852	--	9.14	20.77	27.75
72h	EM	$y = 1.032x + 44.94$	0.9999	--	3.88	14.58	29.88
	HE	$y = 78.172x - 95.839$	0.803	15.54	18.55	21.85	23.77
	EA	$y = 2x + 39$	0.992	--	5.5	18	25.5

En effet, la comparaison par paires du test Tukey indique selon les boîtes à moustaches la variabilité de la mortalité larvaire des deux espèces (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) selon les trois facteurs : concentration, temps et extrait de la plante d'*A. campestris* ont révélé :

-Facteur concentration: l'existence d'une claire hétérogénéité (Différences significatives) entre la mortalité du témoin d'une part et la mortalité révélée par les autres concentrations d'autre part.

-Facteur temps : Selon le temps expérimental, des différences significatives ont été constatées entre le premier jour de traitement (24h) et les deux autres jours (48h & 72h).

-Facteur type d'extrait: il existe une nette hétérogénéité entre le traitement par l'extrait méthanolique et les autres extraits de traitement (HE, EA) (**Figure 131**).

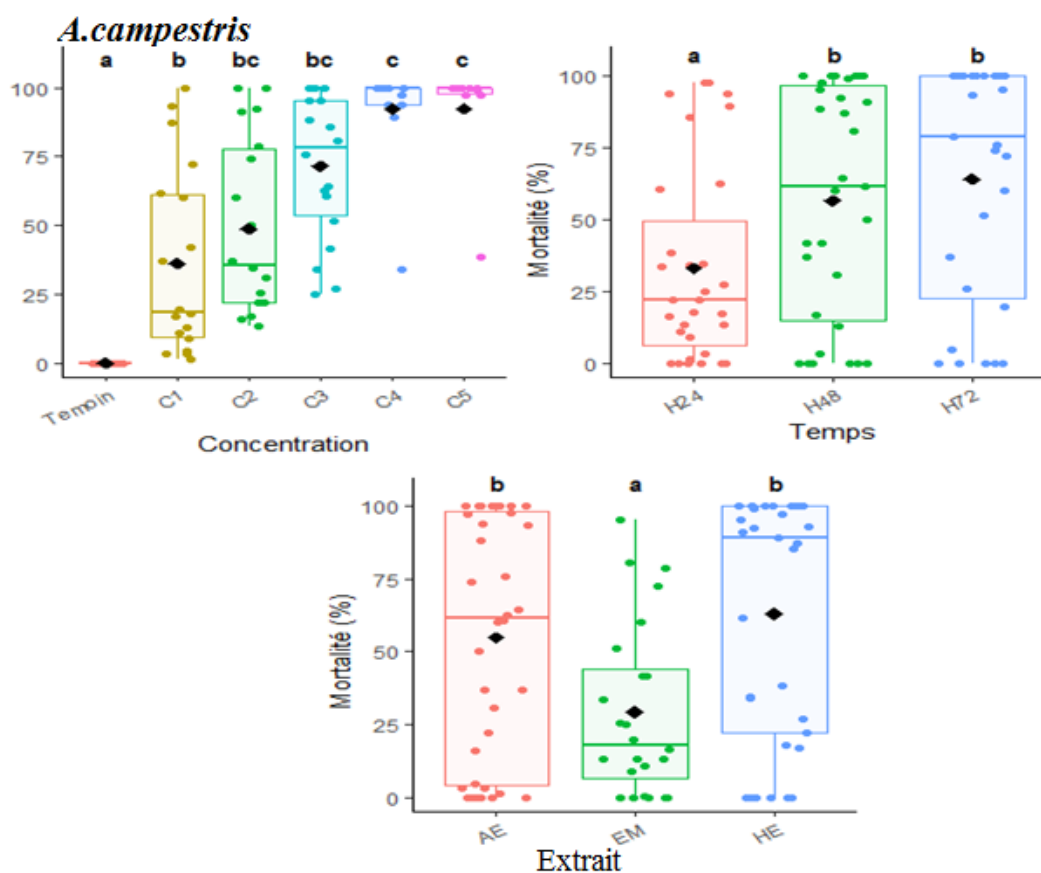


Fig. 131: Variations de la mortalité d’insectes selon les trois facteurs ; concentration, temps et extrait (traitement *A. campestris*).

a, b et c indiquent que la variation spatio-temporelles (significative à $p < 0,05$), en utilisant le test de Tukey. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à $p > 0,05$. Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

3.8.3. Activité larvicide des trois extraits de *Juniperus phoenicea* L (Genévrier)

Les taux de mortalité après 24h d’exposition, des larves (L4) de *Cs. longiareolata* traitées par la faible concentration [25 µl/L], de l’**HE** de Genévrier, était de 75%, cependant après 48h et 72h de contact le taux de mortalité était de 100%. La forte concentration [500 µl/L] a provoqué une mortalité de 100% après 24h de traitement. D’autre part l’activité larvicide de l’**Ext. Aq.** du Genévrier, après 24h d’exposition, a enregistré un taux de mortalité de 20% (Faible concentration [10 ml/L]) et la plus forte concentration [50 ml/L] à provoquer 84% de mortalité. Alors, après 48 h la faible concentration à causer une mortalité de 67% et la

plus forte à provoquer 100% de la mortalité. Le dernier jour de traitement (72h), la plus faible concentration a engendrée 97% de la mortalité. Concernant l'**Ext. Meth.** la plus faible concentration [12.5 ml/L] à causer une mortalité de 17% et la plus forte concentration [40 ml/L] à provoquer 67% après 24h d'exposition. Après 48h de contact avec ce larvicide, la plus faible concentration a suscité un taux de 90% de mortalité, alors la plus forte à entraîner 100% de la mortalité. Le troisième jour du test (après 72h d'exposition), la mortalité était de 100%. Aucune mortalité n'a été observée chez les témoins des trois extraits testés (**Figure c1 Annex 3**)(**Figure 132**).

D'autre part le traitement d'*An. sergentii sergentii* par **HE** du Genévrier, provoqué un taux de mortalité après 24h de 90% (Concentration la plus faible [25 µl/L] à 100% (Concentration la plus forte [500 µl/L]); après 48h & 72h de contact avec **HE** de ce larvicide, les deux concentrations ont donné un taux de 100% de la mortalité. Concernant l'**Ext. Aq.** la plus faible concentration [10 ml/L]) a provoqué un taux de mortalité de 37% et la plus forte concentration [50 ml/L] 84% après 24h d'exposition. Après 48h de traitement la faible concentration a provoquée 77% de la mortalité et la plus forte concentration à causer 100% de la mortalité. En fin d'expérimentation, après 72h de traitement, la plus faible concentration [10 ml/L] a engendrée une mortalité de 100%. En revanche le traitement par l'**Ext. Meth.** du Genévrier, la faible concentration [12.5ml/L] n'a provoqué aucune mortalité (0%) après 24h d'exposition la plus forte concentration [40 ml/L] à engendrer 10% de la mortalité. Après 48h, la plus faible concentration à causer une mortalité de 57% et la plus forte concentration à provoquer 100%. Le troisième jour (72h) de traitement le taux de mortalité enregistré selon les deux concentrations (Faible & Forte) était de 100%. Aucune mortalité n'a été observée dans les tests témoins des trois extraits testés (**Figure c2 Annexe**) (**Figure 133**).

Les résultats obtenus concernant les taux de la mortalité des larves (L4) des deux espèces des moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) qui ont été traité avec trois extraits (EM, HE & EA) du Genévrier durant trois jours, montrent des variations et progression significatives des taux de la mortalité en fonction des différentes concentrations testées ; temps d'exposition et l'extrait de traitement.

D'après la moyenne des mortalités observées chez les deux espèces (*Cs. longiareolata* et *An. sergentii sergentii*) traitées par les extraits (Ext. Meth; HE & Ext. Aq), de *Juniperus phoenicea* montre leurs effet larvicide, sur les deux espèces de moustiques testées. Mais

L'HE du *Juniperus phoenicea* est la plus toxique, son pouvoir larvicide est le plus important suivi de l'Ext- méthanolique et enfin l'extrait aqueux, qui est doté d'une faible toxicité (Figure 132 & 133).

L'analyse du test de Fisher (ANOVA à un facteur) révèle l'existence de différences très hautement significatives ($P=0.000$) (Tableau 32) de la mortalité, entre les concentrations et les temps d'exposition par les trois extraits du *Juniperus phoenicea*. Ainsi que le test Tukey indique que les boîtes à moustaches de la variation de la mortalité des deux espèces des moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) selon la concentration et le temps de traitement par *Juniperus phoenicea* ont révélé l'existence d'une claire hétérogénéité entre le témoin d'une part et les autres concentrations d'autre part ainsi entre la concentration C1 d'une part, et les concentrations C4 et C5 d'autre part, et l'existence des différences significatives de la mortalité après 24h et les autres durées (48h & 72h) (Figure 134).

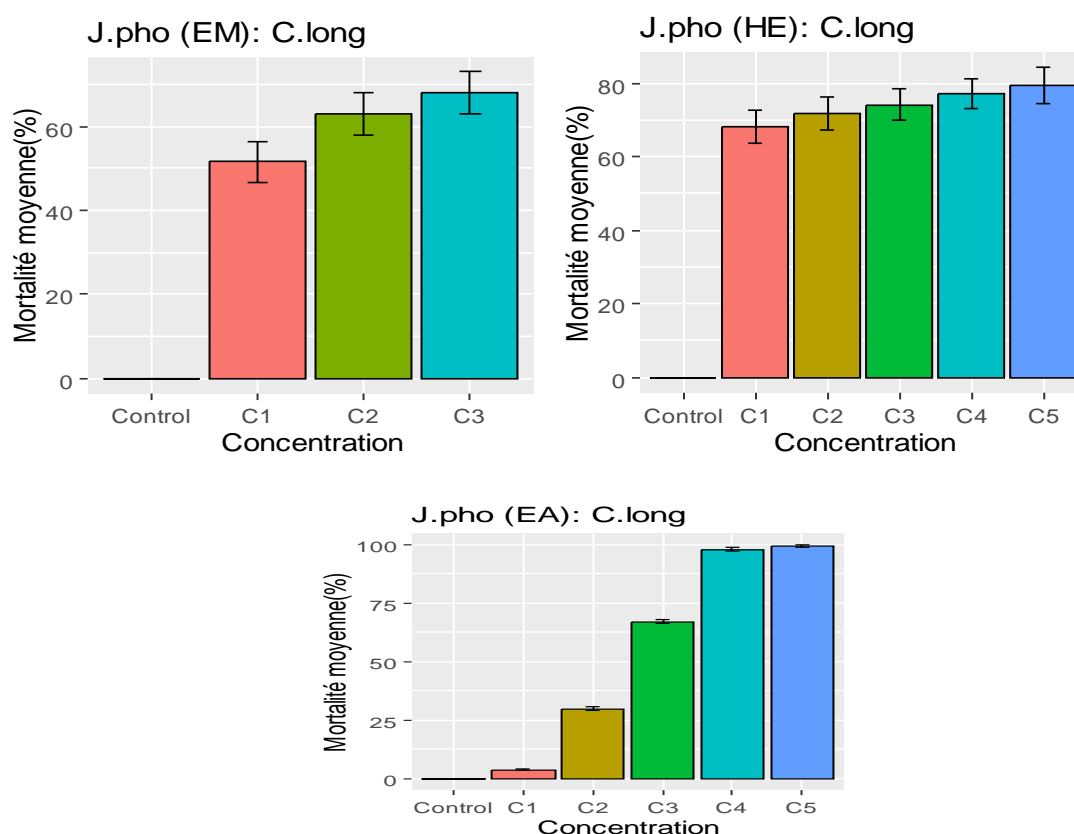


Fig. 132: Présentation des taux de mortalité moyenne (%) de *Cs. longiareolata* traitée par les trois extraits de *Juniperus phoenicea* (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.).

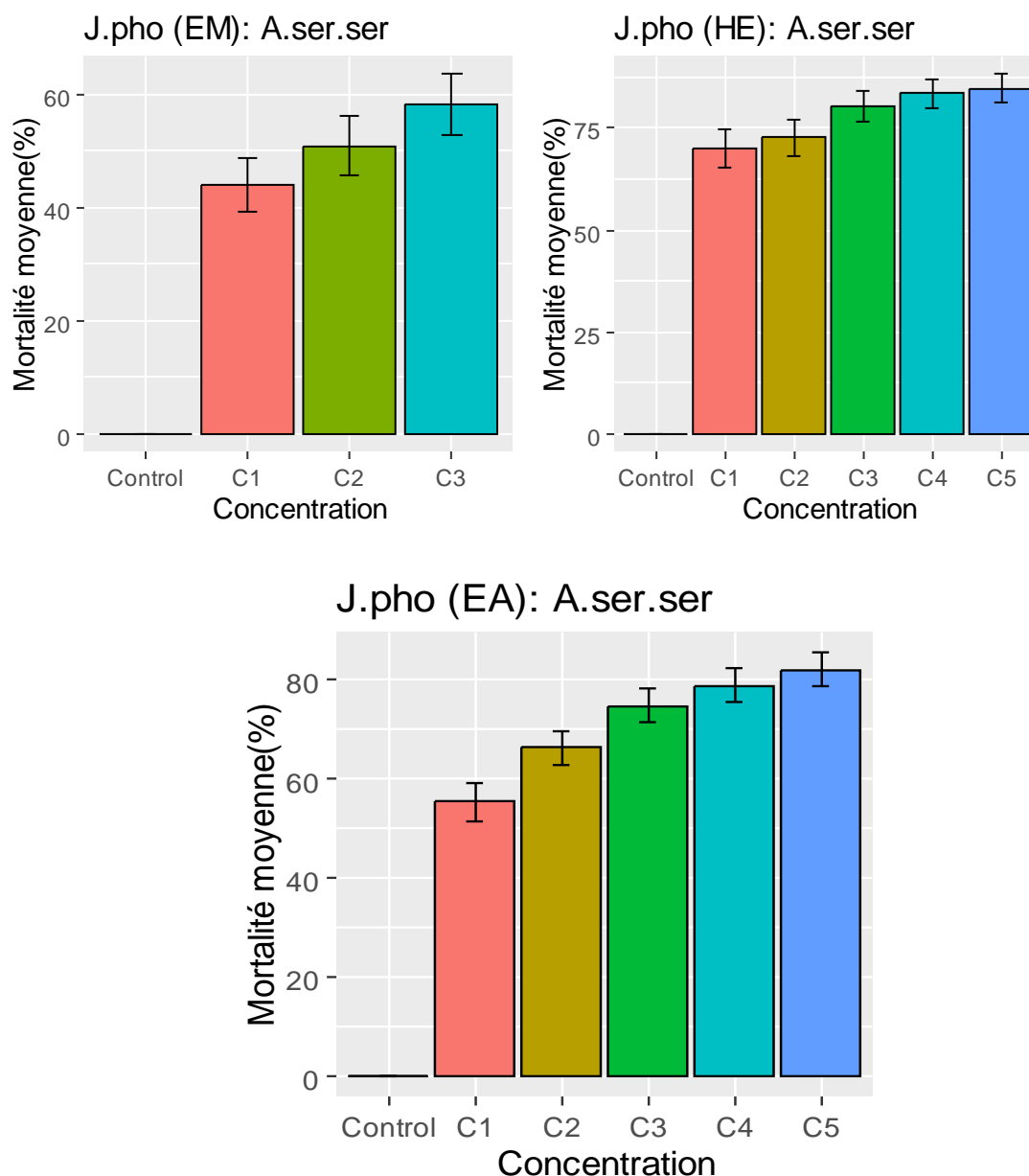


Fig. 133: Présentation des taux de mortalité moyenne (%) *d'An. sergentii sergentii* traitée par les trois extraits de *Juniperus phoenicea* (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.)

L'analyse statistique des résultats de la toxicité des trois extraits (EM, HE & EA) de *Juniperus phoenicea* à l'égard de *Cs. longiareolata* & *An.sergentii sergentii* a été réalisée pour tracer les droites de régression (**Figure de C1 à C6 Annexe 3**), comme elle a permis de déterminer les équations de droites de régression et les concentrations létales (CL25, CL50, CL75 et CL90), (**Tableau 28** et **Tableau 29**). Les résultats ont montré que les concentrations létales marquent également des différences selon le temps et le type de l'extrait.

Les résultats obtenus lors du traitement des larves (L4) de *Cs. longiareolata* et d'*An. sergentii sergentii*, montrent que l'HE et EA du Genévrier sont les plus toxiques avec une concentration létale maximale la CL90 (12.02µl/L) pour l'HE contre *An. sergentii sergentii* et une CL90 de (23.56µl/L) contre *Cs. Longiareolata*. L'effet de l'extrait aqueux à l'égard d'*An. sergentii sergentii* à présenté une doses létales la CL90 de (18.28ml/L) pour l'EA et contre *Cs. Longiareolata* la CL90 (51.22ml/L). De plus on note que les valeurs des concentrations létales de chaque extrait diminuent avec le temps (après 48h & 72h), ce qui prouve que l'efficacité augmente avec le temps de traitement. Par ailleurs le test de Fisher (ANOVA à un facteur) et le test Tukey (boîte à moustache de la variation de la mortalité selon les trois extraits de traitement par *Juniperus phoenicea*, révèlent de différence significative ($P=0.048$) (Tableau 32) entre les extraits de traitement de cette plante, ainsi qu'une nette hétérogénéité entre le traitement par l'extrait méthanolique et le traitement par HE (Figure 134).

Tableau 28: Efficacité des trois extraits (EM , HE & EA) de *J. phoenicea* (ml/L) à l'égard des larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* à 24, 48 et 72 heures d'exposition. (R^2 = Coefficient de détermination).

Temps	Mode	Equation	R ²	CL25	CL50	CL75	CL90
24h	EM	$y = 1.696x - 8.661$	0.833	19.85	34.47	49.30	58.14
	HE	$y = 1.8.54x + 46.415$	0.806	--	2	15.45	23.56
	EA	$y = 1.63x + 6.5$	0.976	11.35	26.68	42.02	51.22
48h	EM	$y = 0.387x + 86.02$	0.871	--	--	--	10.28
	HE	$y = 0x + 100$	1	--	--	--	--
	EA	$y = 50.515x + 19.14$	0.881	1.15	4.081	11.40	14.02
72h	EM	--	1	--	--	--	--
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	$y = 4.549x + 92.89$	0.612	--	--	--	--

Tableau 29: Efficacité des trois extraits (**EM, HE & EA**) de *J. phoenicea* (ml/L) à l'égard des larves du quatrième stade *d'An. sergentii sergentii* à 24, 48 et 72 heures d'exposition. (R²= Coefficient de détermination).

Temps	Mode	Equation	R ²	CL25	CL50	CL75	CL90
24h	EM	$y = x + 10$	1	15	40	65	80
	HE	$y = 7.76x + 80.67$	0.746	--	--	--	12.02
	EA	$y = 69.406x - 36.934$	8.92	--	12.52	16.13	18.28
48h	EM	$y = 1.645x + 39.42$	0.942	--	10.25	21.62	30.74
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	$y = 35.611x + 42.91$	0.886	---	2	9.01	13.22
72h	EM	--	1	--	--	--	--
	HE	--	1	--	--	--	--
	EA	--	1	--	--	--	--

En effet, la comparaison par paires selon le test de Tukey indique que les boîtes à moustaches montre des différences de la mortalité des deux espèces de moustiques (*Cs.longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) selon les trois facteurs: concentration, temps et le type d'extrait de *J. phoenicea* :

-**Facteur concentration:** Présente une claire hétérogénéité (différences significatives) entre la concentration témoin d'une part et les autres concentrations d'autre part.

-**Facteur temps:** Présente des différences significatives entre le premier jour (24h) et les deux autres jours (48h & 72h).

-**Facteur extrait:** Présente une nette hétérogénéité entre le traitement par l'extrait méthanolique et le traitement par HE (**Figure 134**).

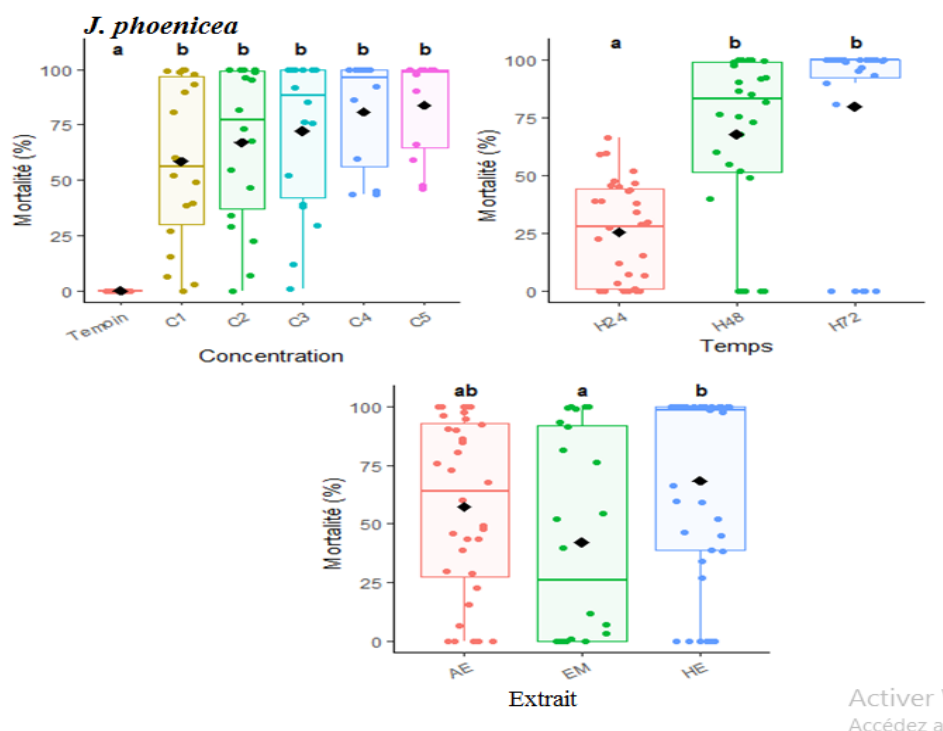


Fig. 134: Mortalité de *Cs.longiareolata* et *An. sergentii sergentii* selon les trois facteurs ; concentration, temps et type de l'extraits de *J. phoenicea* .

Les lettres a, b et c indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à $p < 0,05$, en utilisant le test de Tukey. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à $p > 0,05$. Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

3.8.4. Activité larvicide des trois extraits d'*Artemisia herba Alba* L (Armoise blanche)

Après 24h de traitement des larves (L4) de *Cs. longiareolata* par HE de l'Armoise blanche, le taux de mortalité étaient de 35% concernant la faible concentration [25 µl/L], celles traitées par la forte concentration [500 µl/L] le taux étaient de 50%. Alors après 48h d'exposition, le taux la mortalité était de 45% pour la faible concentration [25 µl/L] et de 80% pour la plus forte [500 µl/L]. En fin après 72h de traitement à l'HE, la faible concentration à provoquer un taux de 50% et la plus forte à provoquer un taux de 100%. D'autre part l'activité larvicide de l'Ext. Aq., selon la faible concentration [10 ml/L] on a enregistré des taux de mortalité de 24% après 24h; 48h et 72h de traitement. Tandis que la forte concentration [50ml/L] à provoquer 100% de mortalité après 24h, 48h & 72h. D'autre part, l'effet larvicide de l'Ext. Meth. la faible concentration [12.5ml/L] à engendrer après

24h de traitement, une mortalité de 30% , puis un taux de 80% après 48h et un taux de 100% après 72h de traitement, et la forte [40ml/L] a provoqué 41% de mortalité après 24h de contact, puis 81% après 48h et enfin un taux de 100% après 72h. Aucune mortalité n'a été observée dans les tests témoins des trois extraits testés (**Figure d1 Annexe 3**)(**Figure 135**).

Cependant le traitement d'*An. sergentii sergentii* par **HE**. De l'Armoise blanche, a donné des taux de mortalité qui varient selon les doses et le temps. Après 24h 27% (La plus faible [25 µl/L] Concentration) à 57% (La plus forte Concentration [500µl/L]), puis après 48h & 72h d'exposition à ce larvicide, la plus faible concentration à provoquer un taux de 80% de la mortalité. La plus forte à causer un taux de 100% de la mortalité après 48h et 72h. Concernant l'**Ext. Aq.** la plus faible concentration [10ml/L] a provoqué un taux de mortalité de 24% après 24h & 48h de traitement, puis 37% de la mortalité après 72h, alors que la plus forte [50ml/L] a engendré 100% de mortalité après 24h d'exposition au larvicide. En revanche, la faible concentration [12.5ml/L] de l'**Ext. Meth.** a provoqué 24% de mortalité après 24h, puis 50% après 48h et 90% après 72h de contact avec cet larvicide. Alors que la plus forte concentration [40ml/L] à engendrer des taux de la mortalité qui varie selon le temps 24h, 48h et 72h, les valeurs sont respectivement de 67%, 90% à 100% après de traitement par le larvicide. Aucune mortalité n'a été observée dans les tests témoins des trois extraits testés (**Figure d2 Annexe 3**)(**Figure 136**).

Les résultats obtenus concernant les taux de la mortalité des larves (L4) des deux espèces de moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) qui ont été traité avec trois extraits (EM, HE & EA) de l'Armoise blanche durant trois jours, montrent des variations et progression significatives des taux de la mortalité en fonction des différentes concentrations testées ; temps d'exposition et l'extrait de traitement.

D'autre part la mortalité moyenne des espèces : *Cs. longiareolata* et *An. sergentii sergrntii* traitées par *Artemisia herba alba* selon les trois types d'extraits (Ext.Meth; HE & Ext. Aq), montrent l'effet larvicide sur les deux espèces de moustiques testées, mais l'extrait méthanolique (Ext. Meth) est le plus toxique, suivi par l'huile essentiel, l'extrait aqueux présente la plus faible toxicité (**Figure 135 & 136**).

L'analyse du test de Fisher (ANOVA à un facteur) révèlent l'existence de différences très hautement significatives ($P=0.000$) (**Tableau 32**) de la mortalité entre les concentrations et les temps d'exposition par les trois extraits d'*Ar. herba alba*. Ainsi que le test Tukey indique

que les boîtes à moustaches de la variation de la mortalité des deux espèces des moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) selon la concentration et le temps de traitement par *l'Armoise blanche* ont révélé l'existence d'une claire hétérogénéité entre la concentration témoin d'une part et les autres concentrations d'autre part ainsi entre la concentration C1 d'une part, et les concentrations C3, C4 et C5 d'autre part, et l'existence des différences significatives entre l'heure 24 et les autres heures (48h & 72h) (**Figure 137**).

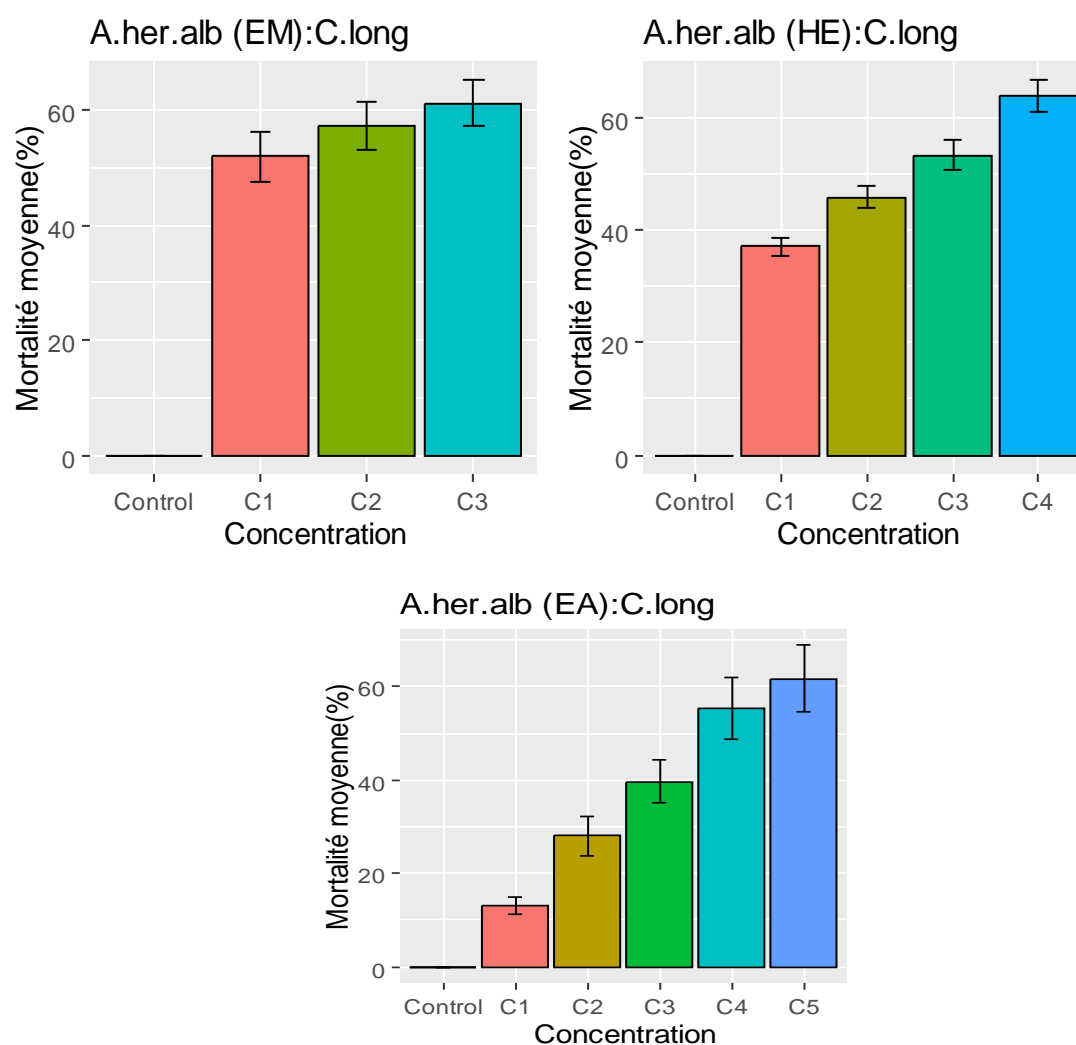


Fig. 135: Présentation des taux de mortalité moyenne (%) de *Cs. longiareolata* traitée par les trois extraits d'*A. herba alba* (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.)

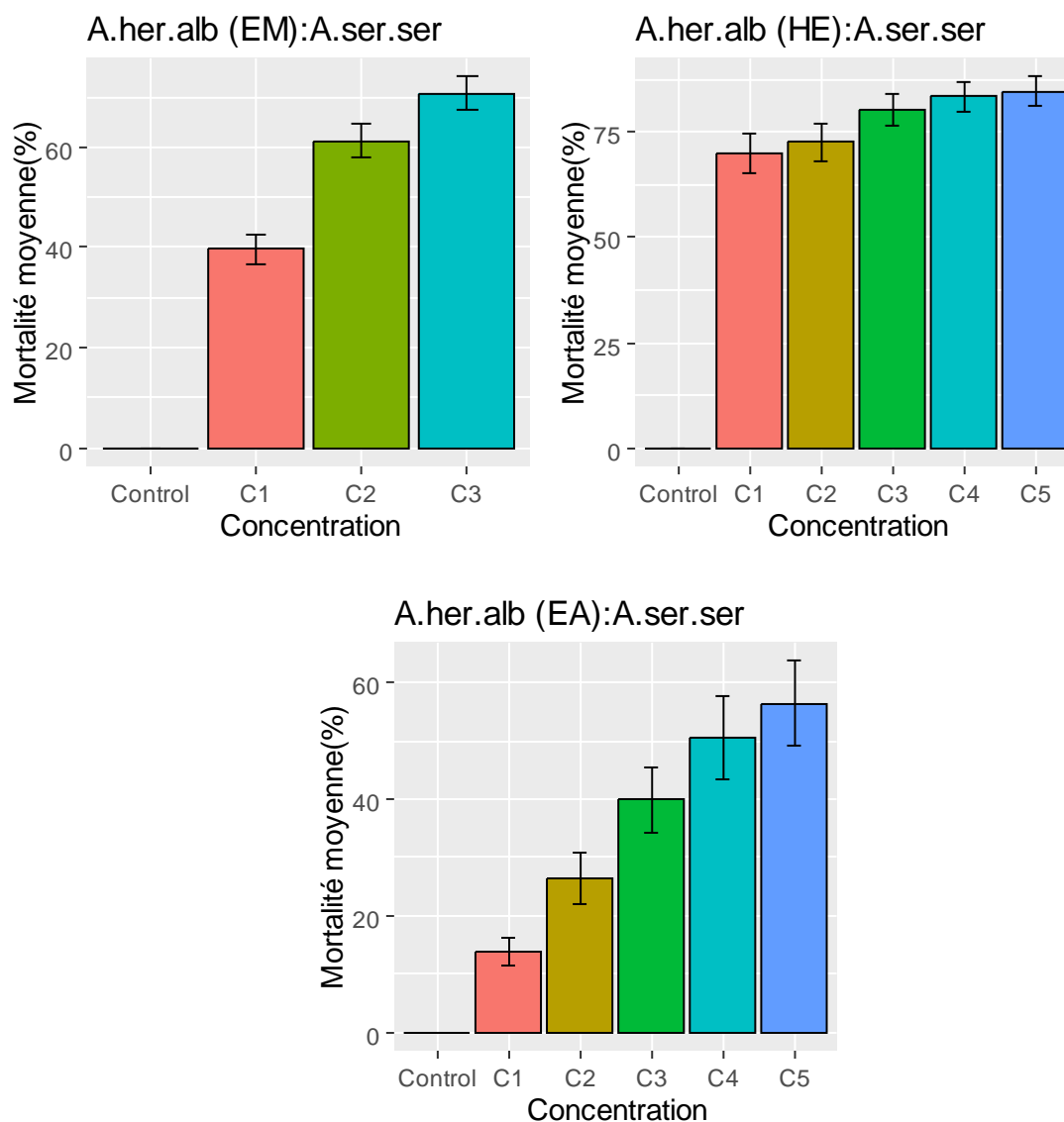


Fig. 136: Présentation des moyennes de mortalité d'*An. sergentii sergentii* traitée par les trois extraits d'*A.herba alba* (HE; Ext. Meth. & Ext. Aq.)

D'autre part selon l'analyse statistique de la toxicité des trois extraits (EM, HE & EA) d'*A.herba alba* à l'égard de *Cs. longiareolata* et *An.sergentii sergentii*, a permis de tracer les droites de régression (Figure de D1 à D6 Annexe3) et de déterminer les concentrations létales (CL25, CL50, CL75 et CL90), les équations de droites de régression sont récapitulé dans le Tableau 30 et Tableau 31. Les résultats ont montré que les concentrations létales marquent des différences selon le temps d'expositions et le type d'extrait.

Les résultats obtenus lors du traitement des larves (L4) de *Cs. longiareolata* et d'*An. sergentii sergentii*, montrent que l'HE et EA de l'Armoise blanche sont les plus toxiques et les plus efficaces. Les valeurs des concentrations létales de chaque extrait diminuent avec

le temps, après le premier jour de traitement (24h) jusqu'à 72h, cela détermine que l'efficacité des extraits augmente et s'intensifie avec le temps.

Tableau 30: Efficacité des trois extraits (**EM, HE & EA**) d'*A. herba alba* (ml/L) à l'égard des larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* à 24h, 48h et 72 h d'exposition. (R²= Coefficient de détermination).

Temps	Mode	Equation	R ²	CL25	CL50	CL75	CL90
24h	EM	$y = 0.571x + 22.85$	1	37.50	47.53	91.25	117.50
	HE	$y = 10.591x + 18.50$	0.736	8.17	29.74	53.34	67.51
	EA	$y = 108.726x - 87.939$	0.957	10.38	12.68	14.98	16.36
48h	EM	$y = 0.609.x + 31.778$	1	--	29.92	70.97	95.60
	HE	$y = 26.386x + 6.57$	0.954	6.98	16.45	25.93	31.61
	EA	$y = 108.726x - 87.939$	0.957	10.38	12.68	14.98	16.36
72h	EM	--	1	--	--	--	--
	HE	$y = 38.533x - 6.515$	0.925	6.13	14.66	21.15	25.04
	EA	$y = 108.726x - 87.939$	0.957	10.38	12.68	14.98	16.36

Tableau 31: Efficacité des trois extraits (**EM, HE & EA**) d'*A. herba alba* (ml/L) à l'égard des larves du quatrième stade d'*An. sergentii sergentii* après 24h, 48h et 72 h d'exposition. (R²= Coefficient de détermination).

Temps	Mode	Equation	R ²	CL25	CL50	CL75	CL90
24h	EM	$y = 1.638x + 3.935$	0.978	12.85	28.12	43.36	52.52
	HE	$y = 21.677x - 5.729$	0.881	14.17	25.71	37.22	44.16
	EA	$y = 112.579x - 93.394$	0.972	10.51	12.73	14.95	16.29
48h	EM	$y = 81.187x - 38.574$	0.986	7.83	10.90	14	15.83
	HE	$y = 15.578x + 59.039$	0.970	--	--	10.25	19.88
	EA	$y = 96.226x - 60.240$	0.974	8.85	11.45	14.05	15.61
72h	EM	$y = 21.317x + 66.99$	0.887	--	--	3.75	10.79
	HE	$y = 16.107x + 60.401$	0.708	--	--	9.06	18.37
	EA	$y = 96.226x - 60.240$	0.974	8.85	11.45	14.05	15.61

En effet, la comparaison par paires du test Tukey (les boîtes à moustaches) indiquent des différences de mortalité des deux espèces de moustiques (*Cs.longiareolata* & *An.sergentii sergentii*) selon les trois facteurs ; concentration, temps et extraits de traitement *A.herba.alba* ont révélé

-Facteur concentration : l'existence d'une claire hétérogénéité (différences significatives) entre la concentration témoin d'une part et les autres concentrations d'autre part, ainsi entre la concentration C1 d'une part, et les concentrations C3, C4 et C5 d'autre part.

-Facteur temps : il existe des différences significatives entre l'heure 24 et les autres heures (h48 et h72) (**Figure 137**).

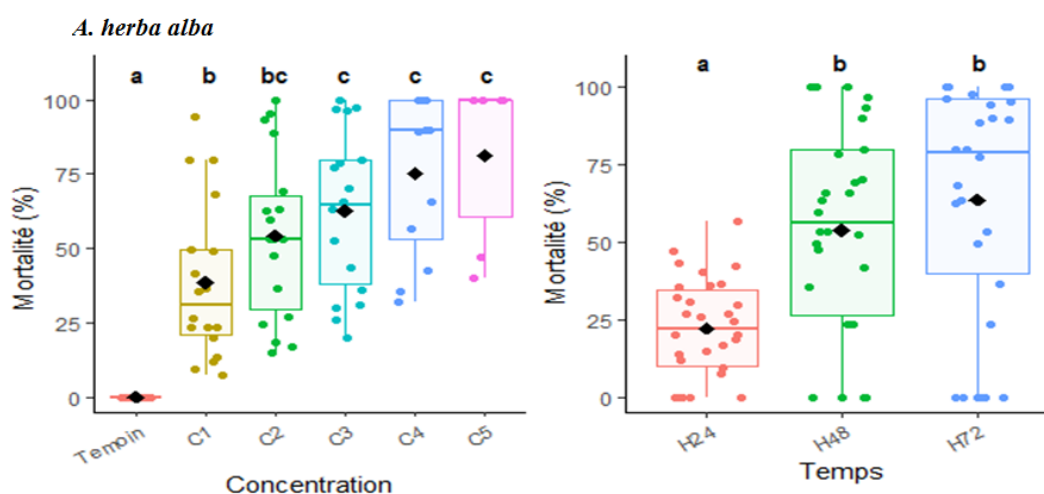


Fig. 137: Variations de la mortalité d'insectes selon les deux facteurs ; concentration et temps de traitement par *A.herba.alba*).

a, b et c indiquent que la variation spatio-temporelle est significative à $p < 0,05$, en utilisant le test de Tukey. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à $p > 0,05$. Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

La comparaison de la mortalité des deux espèces des moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*) selon les facteurs suivants : type de plante, type d'extrait, espèces, concentrations et temps (ANOVA à un facteur). Ceci a été réalisé par l'application du test de Fisher (ANOVA à un facteur). Cette analyse a révélé l'existence de différences très hautement significatives ($P=0.000$) de la mortalité entre les concentrations et les temps, concernant les quatre plantes à l'exception du temps de traitement par *A. compestris*

($P=0.005$).

En revanche, il existe des différences hautement significatives ($P=0.005$) entre les extraits de *A. compestris* et les différents temps de traitement. En outre, il existe des différences significatives respectivement ($P=0.028$, $P=0.048$) entre les extraits de *R. officinalis* et *J. phoenicea*. En ce qui concerne le facteur plante, les résultats ont été non significatifs ($P=0.273$) (**Tableau 32**).

Tableau 32 : Comparaison de la mortalité selon plusieurs facteurs ; traitements (plantes), extrait, espèce de moustiques ciblé, concentration et temp.

Facteur		Variable (Mortalité)	
		Valeur de P	Observation
Plante (df=3)		0.273	ns
<i>R.officinalis</i>	Extrait (df=2)	0.028	*
	Espèce ciblé(df=1)	0.623	ns
	Concentration(df=4)	0.000	***
	Temps (df=2)	0.000	***
<i>A.campestris</i>	Extrait (df=2)	0.005	**
	Espèce ciblé(df=1)	0.247	ns
	Concentration(df=4)	0.0	***
	Temps (df=2)	0.005	**
<i>J.phoenicea</i>	Extrait (df=2)	0.048	*
	Espèce ciblé(df=1)	0.889	ns
	Concentration(df=4)	0.0	***
	Temps (df=2)	0.0	***
<i>A.hera.alba</i>	Extrait (df=2)	0.722	ns
	Espèce ciblé(df=1)	0.298	ns
	Concentration(df=4)	0.0	***
	Temps (df=2)	0.000	***
NB: * ($P \leq 0,05$), ** ($P \leq 0,01$), *** ($P \leq 0,001$), ns ($P > 0,05$)			

Discussion

4. Discussion

4.1. Inventaire des Culicidae

Les moustiques (Culicidae) représentent la plus importante famille des diptères piqueurs suceurs de sang (Gonzalez *et al.*, 2023). Ces insectes sont cosmopolites à distribution pratiquement mondiale et largement répandus sur terre, depuis les régions tempérées jusqu'aux régions tropicales, au-delà du cercle polaire arctique, et suivant l'espèce, ils peuvent proliférer dans tous les types d'eaux stagnantes, de l'eau fortement polluée à l'eau propre, depuis les petites accumulations d'eau dans les boîtes en étain, jusqu'aux mares et aux ruisseaux (Trari, 2017; Lecollinet *et al.*, 2022). Les moustiques sont dangereux et responsables de problèmes sanitaires graves, de nombreuses espèces sont vectrices de plusieurs maladies humaines et animales, parfois mortelles. notamment le paludisme, West Nile (WN); la dengue; le chikungunya, le zika, et autres arbovirus qui touchent environ 300 million de personnes chaque année (Calzolari, 2016; Franklinos *et al.*, 2019; Vilibic-Cavlek *et al.*, 2019; Nwabor *et al.*, 2019; Brugueras *et al.*, 2020; OMS, 2020; Teltscher *et al.*, 2021; González & Goiri, 2023). Ces vecteurs, ont développé de nombreuses adaptations, qui leur ont assuré le succès biologique qu'on leur connaît actuellement (Trari, 2017). Aussi le réchauffement climatique et l'augmentation des échanges internationaux, ont permis à certaines espèces de Culicidae de coloniser rapidement, de nouveaux milieux et ont entraîné une émergence ou réémergence des maladies qu'ils transmettent (Patz *et al.*, 1996; Tabti, 2017).

Comme on a cité auparavant, parmi les maladies vectorielles dotées d'une importance mondiale, le paludisme ou la malaria, dont le moustique du genre Anopheles, joue un rôle primordial dans sa propagation. Les espèces responsables des épidémies paludiques sont multiples, leur spécificité est fortement liée à leurs distributions géographiques. Certaines espèces de ce genre forment des complexes d'espèces, en fait le complexe d'*An. gambiae* est un ensemble de sept espèces différentes génétiquement mais identiques morphologiquement (Ramsdale, 1967; Fontenille, 2003; Carnevale & Robert, 2009) et peuvent avoir des capacités vectorielles et des comportements très variables, parmi lesquelles *An. gambiae sensu stricto*, *Ancoluzzii* et *An. arabiensis* sont les vecteurs principaux de *Plasmodium falciparum*. Ces espèces ont des répartitions géographiques et saisonnières souvent différentes, mais peuvent également vivre en sympatrie (Omer & Cloudsley-Thompson, 1968). Ce complexe assurent environ 90 % de la transmission du paludisme, ces vecteurs majeurs couvrent quasiment toute l'Afrique Sud-saharienne et maintiennent cette région sous une forte emprise du paludisme (IRD, 2009). Le dernier rapport mondial de l'OMS, 2021 sur le paludisme a

mentionné environ 241 millions de cas de paludisme et 627 000 décès dans le monde en 2020, c'est-à-dire environ 14 millions de cas supplémentaires par rapport à 2019, qui était de 69 000 décès supplémentaires. Cependant le complexe *Anopheles maculipennis* est considéré comme le principal vecteur du paludisme en Europe au 20^{ème} siècle et en Afrique du Nord, c'est un complexe de 13 espèces dont neuf sont paléarctiques et quatre sont néarctiques (Saiki *et al.*, 1988; Mouchet *et al.*, 2004; Nabti, 2020). L'espèce *Anopheles labranchiae* Falleroni, 1926 est la seule représentante du complexe maculipennis en Afrique du Nord (Tabbabi *et al.*, 2017), et considérée comme vecteur majeur du paludisme au Maghreb (Brunhes *et al.*, 1999; Laboudi *et al.*, 2014). En effet, au Maroc depuis 1949 cette espèce est considérée comme le principal vecteur du paludisme (Faraj *et al.*, 2004; Trari & Dakk, 2017). De même en Algérie *An. labranchiae* est le vecteur majeur du paludisme au Nord du pays, où il a provoqué une épidémie au cours de la période 1964-1973 (Kuhn *et al.*, 2002; Hammadi *et al.*, 2009; Boubidi *et al.*, 2010; Snow *et al.*, 2012; WHO-Algeria, 2014). Au Nord de la Tunisie cette espèce considérée comme le vecteur principal du paludisme est encore présente (98% de la faune Anophélienne), alors au Sud du pays *An. multicolor* et *An. sergentii* prédominent (Shehata & Coll, 1989; OMS-Tunisie 2016). Cependant une autre maladie, la fièvre du virus West Nile, c'est l'arbovirose qui a été endémique en Afrique Sub-saharienne puis détectée en Egypte dans les années 40, en Roumanie dans les années 50 et en Camargue (France) dans les années 60, le virus WN s'est, ensuite, largement disséminé en Afrique du Nord, en Europe, aux Etats-Unis puis au Canada et au Mexique (Zeller & Schuffenecker, 2004; Krida *et al.*, 2015). Il est considéré désormais comme le plus répandu des flavivirus après le virus de la dengue, selon Kilpatrick *et al.*, (2005). Le virus a été isolé chez presque 43 espèces de moustiques, la plupart appartenant au genre *Culex* (Hubalek & Halouzka, 1999). Tandis que d'autres espèces ont été impliquées dans la transmission du VWN tel que : *An. maculipennis s.l.*, *Cq. richardii*, *Ae. cinereus*, *Ae. vexans*, *Oc. cantans* et *Oc. caspius* (Higgs *et al.*, 2004; Esteves *et al.*, 2005; Hannoun *et al.*, 2005; Fyodorova *et al.*, 2006; Danabalan, 2010). Certaines espèces du Complexe *Cx. pipiens* assurent la transmission de cette maladie, dont *Culex pipiens* pourrait être responsable de plus de 80% des infections pour une partie de l'Etat de New York.

D'autre part la dengue arbovirose, transmise majoritairement par les espèces du genre *Aedes* c'est la plus répandue et celle qui présente un problème majeur de santé publique, dans la majorité des régions tropicales et certaines régions subtropicales. D'après les dernières estimations, environ 390 million de personnes sont infectées chaque année et 96 millions de

cas symptomatiques et 40 000 de décès enregistrés chaque année (**Bhatt et al., 2013**). Selon l'OMS le nombre annuel de cas de dengue a été multiplié durant les 20 dernières années, passant de 505 430 cas en 2 000 à 2.4 millions de cas en 2010, et à 4.2 millions en 2019 (**OMS, 2020; Martinet, 2021**). Pour se protéger contre l'agression de ces insectes hématophages et la prévention contre la transmission de pathogènes, il a été impérativement nécessaire de contrôler ces insectes. Le contrôle de ces derniers a permis le développement de multiples méthodes et de nombreux programmes de surveillance entomologiques. Les méthodes instaurées reposent fondamentalement, sur la classification et la détermination taxonomique des espèces de Culicidés, de leurs comportements écologiques et leurs sensibilités aux différentes méthodes utilisées (**Suleman et al., 1993**). Ce travail a été réalisé dans deux régions connues historiquement comme zone palustre, dans le Sud et le Nord de l'Algérie, elles sont considérées comme zones à risque d'émergence et de réémergence du paludisme, vu la présence de vecteurs actifs (identifiés dans de multiples inventaires) et l'augmentation de l'entrée des états venant de pays palustres endémiques comme le Mali et le Niger.

Dans ce contexte, des inventaires des Culicidae ont été réalisés dans les deux régions : El-Kala zone humide située au Nord du pays; Laghouat zone aride située au Sud du pays. Dans la région humide, on a déterminé la présence de cinq espèces du genre *Anopheles* à savoir *An. maculipennis labbranchiae*, la seule sous-espèce du complexe *maculipennis*, ubiquiste se rencontrant dans les deux régions étudiées uniquement au sein des sites ruraux (Lac EL-Mellah; Lac Oubeira & Lac Tonga) avec 8.64 % de l'effectif total des spécimens échantillonnés. Cependant, au niveau de la région Sud de l'Algérie (Laghouat), l'effectif total de cette espèce a présenté un taux de 4.75 %. L'espèce *An. Labbranchiae* est le vecteur de paludisme le plus performant dans les régions où elle a apparue (**Mouchet et al., 2004; Sinka et al., 2010**), comme elle présente le vecteur historique du paludisme en Europe et en Afrique du Nord, également cité en Lybie selon **Goodwin, (1961); Gawhari et al., 2018**, en Tunisie d'après **Moussiegt, 1983; Bouattour, 2013; Tabbabi et al., 2015 ; Tabbabi et al., 2017**, en Algérie dans les travaux de **Bendali-Saoudi, 2006; Hammadi et al., 2009; Messai et al., 2010; Bouabida et al., 2012; Larfi et al., 2014; Boudmagh, (2015); Amara Korba et al., 2015; Hamaidia et al., 2016; Benmalek et al., 2018; Hamaidia & Berchi (2018); Nabti & Bounechada (2020); Chahed et al., 2021; Hafsi et al., (2021) ; Arroussi et al., (2021) ; Belkhiri et al., (2021); Asloum et al., (2021), Djeddar, (2022) & Mahmoudi, (2022).**

Quatre autres espèces: *An. Cinereus*; *An. Dthali*; *An. multicolor* et *An. Sergentii sergentii*, ont

été identifiées uniquement dans deux stations rurales de la région aride de Laghouat. Ce sont des espèces des zones arides et semi-arides, considérées comme les plus importants vecteurs de paludisme dans les régions sahariennes (Foley, 1923). Ces espèces à large distribution, se rencontre dans les régions présahariennes et Sahariennes de l'Afrique du Nord, elles ont été rencontrées en Egypte (Kirkpatrick, 1925; Gad & Salit, 1972; Harbach, 1988) en Mauritanie (Holstein, 1952; Senevetet *et al.*, 1960b; Hamon *et al.*, 1966 ; Ould Lemrabott *et al.*, 2020), en Lybie (Vermeil, 1953; Goodwin, 1961; Ramsdale, 1991; Brunhes *et al.*, 1999; 2000), en Tunisie (Vermeil & Doby, 1950; Moussiegt, 1983; Brunhes *et al.*, 1999; 2000; Bouattour, 2013; Tabbabi *et al.*, 2015) et au Maroc (Trari *et al.*, 2002; 2004b; 2017a; EL Ouali Lalami *et al.*, 2010; Aouinty *et al.*, 2017; Handaq & Blenzar, 2017) et Ouattar *et al.*, 2018). La présence du genre *Anopheles* a été signalée pour la première fois dans la région de Laghouat, dans les sites riches en végétation aquatique, surtout les algues vertes. Des études ont été réalisées dans le Sud de l'Algérie, sont en accord avec les résultats de cette étude. Dans la même région du Sahara algérien Hammadi *et al.*, (2009) ont cité huit espèces d'anophèles (*An. sergenti*, *An. multicolor*, *An. d'thali*, *An. hispaniola*, *An. labranchiae*, *An. rhodesiensis rupicolus*, *An. broussesi* et récemment *An. gambiae* sl). Ensuite Merabeti *et al.*, (2010); Merabeti, (2015) ont montré l'existence de trois espèces d'Anophèles dans la région de Biskra situé au Nord-est du Sahara à savoir: *An. Multicolor*, *An. sergentii* et *An.sp*, puis l'étude Boukaraa *et al.*, (2013) dans la région de Ghardaïa, a mentionné la présence d'une seule espèce du genre *Anopheles*, *An. sergentii*. Alors que Lafri *et al.*, 2014 ont mentionné la présence d'une seule espèce *An. multicolor* dans les régions suivantes du Sud algérien (Ghardaïa; Naama et Tamanrasset). Dans la région de Bousaâda Benhissen *et al.*, (2018), ont montré la présence de deux espèces d'*Anopheles* (*An. cinereus* & *Anopheles multicolor*); au niveau de la région steppique de M'sila, Asloum *et al.*, (2021) ont mentionné la présence de 3 espèces (*An. cinereus*, *An. multicolor* et *An. sergentii*).

Cependant l'identification taxonomique des Culicidae des deux régions d'étude (El-Kala et Laghouat), a révélé la prédominance du genre *Culex*. Au niveau du P.N.E.K (Zone humide), ce genre a présenté un taux de 66.91% avec neuf espèces (*Cx. modestus*; *Cx. laticinctus*; *Cx. brumpti*; *Cx. perexiguus*; *Cx. pipiens*; *Cx. pusillus*; *Cx. theileri*; *Cx. hortensis*; *Cx. Antennatus*). D'autre part, dans la zone aride, le taux était de 46.7% représenté par sept espèces (*Cx. laticinctus*; *Cx. brumpti*; *Cx. pipiens*; *Cx. deserticola*; *Cx. theileri*; *Cx. hortensis*; *Cx. Antennatus*). Le genre *Aedes* est représenté par quatre espèces *Ae. detritus*, *Ae. dorsalis*, *Ae. vexans* et *Ae. Caspius* avec un taux de (14.53%) au niveau du P.N.EK et une seule espèce (*Ae.*

vexans) avec un taux de (6.7%) au niveau de la région de Laghouat. Par ailleurs, le genre de *Culiseta* est représenté par deux espèces (*Cs. longiareolata*, *Cs. Annulata*), avec un taux de 13.3% dans la région de Laghouat et un taux de 8.86% au sein du P.N.E.K. Enfin les deux genres *Coquillettidia* et *Uranotaenia* enregistrent respectivement des taux plus faibles (0.74% & 0.30%), chacun est représenté par une seule espèce, *Coquillettidia richiardii*; *Uranotaenia unguiculata* au niveau du P.N.E.K seulement.

Durant ces dernières décennies de nombreuses études ont été réalisées sur la systématique de la faune Culicidienne de l'Algérie, où plusieurs espèces ont été citées. Dans la région Skikda **Boudemag et al. (2013)** a révélé la présence de 13 espèces de Culicidae appartenant à 2 sous-familles : celle des *Anophelinae* et des *Culicinae*. Il s'agit de *Cx. pipiens*, *Cx. laticinctus*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus*, *Cx. pusillus*, *Cs. longiareolata*, *Cs. Annulata*, *Cs. ochroptera*, *Cs. Ochroptera*, *Cs. glaphyroptera*, *A. maculipennis sacharovi*, *O. pulcripalpis* et *U. unguiculata*. **Boukraa et al., (2013)** dans la région du M'Zab-Ghardaïa, d'après une étude morphotaxonomique des larves, ont cité 10 espèces: *Och. caspius*, *An. sergentii*, *Cx. deserticola*, *Cx. theileri*, *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. laticinctus*, *Cs. longiareolata*, *Cs. subochrea*, *Ur. unguiculata*. De plus **Lounaci et al., 2014** dans la région de Reghaïa ont identifié 12 espèces appartenant à cinq genres: *Culex*, *Cs. Anopheles*, *Ae.* et *Uranotaenia*. **Oudainia, (2015)**, dans une région semi-aride, Oum El Bouaghi, a prouvé la présence de 9 espèces: *Cx. pusillus*; *Cx. territans*; *Cx. impudicus*; *Cx. hortensis maderensis*, *Cs. ochroptera*, *Cs. longiareolata*, *Co. richiardii*, *An. algeriensis* et *An. maculipennis sacharovi*, Par ailleurs les travaux de **Hamaidia et al., (2016)** réalisés dans la région de Souk ahras ont révélé l'existence de 5 genres avec 16 espèces: *Cx. theileri*, *Cx. modestus*, *Cx. simpsoni*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. hortensis* et *Cx. arbieeni*, *Ae. punctu*, *Ae. Quasirusticus* et *Ae. fulcritarsis*, *Cs. longiareolata*, *Cs. fumipennis*, *An. algeriensis* et *An. Labranchiae* et *Or. pulcripalpis*. Dans la même région, **Benmalek et al., (2018)**, a confirmé la présence de quatre genres: *Culex* ; *Culiseta* ; *Anopheles* avec 18 espèces (*Cx. pipiens*; *Cx. deserticola*; *Cx. univittatus*; *Cx. torrentium*; *Cx. peregrinus*; *Cx. impudicus*; *Cx. mimeticus*; *Cx. morsitans*; *Cx. brumpti*; *Cx. modestus*; *Cx. theileri*; *Cx. martinii*; *Cs. subochrea*; *Cs. annulata*; *Cs. morsitans*; *Ae. pullatus*; *An. ; coustani*; *An. shyrkanus*). Puis des prospections de **Benhissen et al., (2018)** réalisés dans la région de Boussaâda ont signalé 11 espèces (*Cs. Longiareolata*, *Cs. subochrea*, *Cx. pipiens*, *Cx. deserticola*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus*, *Cx. Brumpti*, *Cx. perexiguus*, *A. cinereus*, *A. mulicolor*, *U. unguiculata*). Par ailleurs, dans la région de Tebessa, une étude similaire réalisée par **Hamaidia & Berchi, 2018** ont noté la présence de 17 espèces appartenant à deux Sous-familles: la sous-famille des

Anophelinae avec quatre espèces appartenant aux genres *Anopheles* et 13 espèces de la Sous-famille des Culicinae appartenant à quatre genres (*Culex*, *Culiseta*, *Aedes* et *Uranotaenia*). De même, une étude réalisée par **Hafsi et al., 2021** à Souk ahras, a révélé la présence de 11 espèces appartenant à trois genres: *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus*, *Cx. hortensis*, *Cx. simpsoni*, *Cx. antennatus*, *Cx. martinii*, *Cx. territans*, *Cx. adairi*, *Cx. arbieeni*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cs. annulata*, *Cs. longiareolata*, *Cs. morsitans*, *Ae. flavescens*, *U. unguiculata*, *An. marteri*, *An. Labranchiae*, *An. Claviger*. Ainsi que l'étude de **Djeddar, (2022)** dans le Nord-est Algérien, a révélé la présence de 11 espèces de Culicidae appartenant à 4 genres : *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* et *Anopheles*. Le genre *Culex* est composé de 6 espèces (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus*, *Culex laticinctus* et *Culex modestus*) ; le genre *Aedes* avec deux espèces (*Ae. albopictus* et *Ae. aegyptie*); le genre *Culiseta* avec une seule espèce (*Cs. Longiareolata*) et le genre *Anopheles* avec 2 espèces (*An. claviger* et *An. labranchiae*). Plus récemment des travaux réalisés sur les macro-invertébrés d'Annaba par **Serradj et al., (2023)**, ont cité la présence de 5 espèces culicidienne: *Culex pipiens*, *Culex modestus*, *Culex thieleri*, *Culisita morsitans*, *Anopheless sacharovi*. De même **Asloum, (2023)**, a signalé la présence de 11 espèces: *An. cinereus*, *An. multicolor* et *An. sergentii*, *Cx. deserticola*, *Cx. hortensis*, *Cx. laticinctus*, *Cx. modestus*, *Cx. perexiguus*, *Cx. pipiens* et *Cx. theileri*, *Cs. Longiareolata*. **Houmani et al., 2023**, dans la région de chatt, ont confirmé à partir des 343 individus récoltés, la présence de quatre genres (*Culex*; *Culiseta*; *Aedes*; *Anopheles*) qui comportent 11 espèces (*Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. univittatus*, *Cx. brumpti* et *Cx. modestus*, *Cs. subochrea*, *Cs. annulata*; *Cs. moristans*; *Ae. pellatus* ; *Ae. vexans* et *An. coustani*). Par ailleurs **González et al., (2023)**, ont signalé dans le Nord de l'Espagne, la présence de 22 espèces de moustiques indigènes : six *Cx. spp.*, cinq *Cs. spp.*, trois *An. spp.*, six *Ae. spp.* et deux *Coquillettidia spp.*

Nous suggérant que le genre *Culex* prédomine les zones humides. Parmi les espèces récoltées à partir des deux régions d'étude, l'espèce *Cx. pipiens*, est dominante, dans les cinq stations d'étude, durant les quatre saisons au niveau du P.N.E.K., c'est une espèce donc cosmopolite retrouvée, dans les eaux polluées des sites (Urbains & Péri-urbain) et même au niveau des eaux claires des sites ruraux, on peut expliquer cette prédominance élevées par l'adaptation de l'espèce aux variations des conditions environnementales (**Chahed, 2022**). Plusieurs études confirment nos résultats, celles de **Amara-korba et al., (2015)** dans la même région (El- Kala) ont constaté que l'espèce *Cx. pipiens* étaient la plus abondante avec un taux de 76.6% (10716 larves) et 40% (1 113 adultes), ainsi que l'étude de **Mahmoudi, (2022)** dans le lac Tonga au niveau du P.N.E.K a prouvé que l'espèce *Cx. pipiens* est la mieux représentée. **Djeddar, (2022)**

d'après une étude de la faune Culicidienne réalisée dans le Nord-est Algérien, a révélé l'abondance de *Cx. pipiens* suivie de *Culiseta longiareolata* et *Cx. theileri* alors que les autres espèces sont faiblement représentées. Selon **Hamaidia, (2014)** à Souk-Ahras, la forte dominance de *Cx. pipiens* dont la valeur de l'abondance relative était de 76,97 % ; suivie par *Cx. theileri* avec une valeur de 16,92 %, les autres espèces ont de faibles valeurs qui varient entre 2,30 et 0,02 %, ainsi que l'étude de **Hafsiet al., (2021)** dans la même région a prouvé que le complexe *Cx. pipiens* s.l. a pris la première position avec une abondance relative de 69,63%. Dans la région de Sétif **Nabti, (2020)** a signalé la dominance de ce complexe avec une abondance de 61%. **Arroussi et al., (2021)** ont révélé que ce complexe est plus dominant à Annaba avec une abondance relative de 55,23%, suivie de *Cs. Longiareolata*. De son côté **Chahed et al., 2021** dans la région de Tizi- Ouzou ont montré que d'un ensemble de 22580 individus identifiés, 21 espèces de moustiques ont été identifiées et le complexe *Cx. pipiens* s.L. est le plus dominant avec un effectif total égal à 13 728 individus (60,8%). Ce qui est similaire avec les résultats des auteurs suivants: **Merabeti & Ouakid, (2011)**; **Oudainia, (2015)**; **Oussad et al., (2021)** ; **Houmani et al., (2023)** & **Boulares et al., (2023)**. Cette espèce est parmi les espèces les plus abondantes en Algérie (**Bendali-Saoudi, 1989**; **Hassaine, 2002**; **Aissaoui & Boudjelida, 2014**; **Amara Korba et al., 2015**; **Benallal et al., 2015** ; **Bouguerra et al., 2019**; **Kharoubi et al., 2020** **Rouari et al., 2022**). Elle a été citée aussi au Maroc par **Trari et al. (2002)**, **EL Ouali Lalami et al. (2010)**, **Aouinty et al. (2017)** et **Ouattar et al. (2018)**, en Tunisie (**Krida et al., 2010**), en Égypte par **Elhawary et al. (2020)**,

L'espèce invasive *Aedes albopictus* a été trouvée au Maroc (**Bennouna et al., 2016**), soit 43 espèces sont désormais connues. Ainsi, les 43 espèces de Culicidae connues au Maroc comprennent 11 genres dans la classification de **Reinert et al., (2009)**, dont Anopheles (9 espèces), *Acartomyia* (1), *Aedimorphus* (1), *Coquillettidia* (2), *Culex* (12), *Culiseta* (5), *Dahlia* (2), *Ochlerotatus* (6), *Orthopodomyia* (1), *Stegomyia* (2) et *Uranotaenia* (2), ils comprennent sept genres dans la classification traditionnelle révisée de **Wilkerson et al., (2015)** où *Acartomyia*, *Aedimorphus*, *Dahlia*, *Ochlerotatus* et *Stegomyia* sont traités comme des sous-genres d'*Aedes*. Un inventaire des taxons marocains actuellement reconnus, avec leurs synonymes et usages antérieurs. Cette liste est organisée par ordre alphabétique comme dans le catalogue mondial de **Knight and Stone, (1977)**. Les sous-genres Anopheles et Cellia du genre Anopheles sont divisés en systèmes hiérarchiques de catégories taxonomiques informelles (**Reid & Knight, 1961**; **Harbach, 1994**; **2004**; **2013 & 2016**), mais en raison du petit nombre d'espèces (neuf) de ce genre au Maroc, les catégories informelles de classification ne sont pas incluses

dans la liste de contrôle. Ainsi **Trari & Dakki, (2017)**, ont signalé la présence de six espèces Anophéliennes, d'après les critères morphologiques, elles appartiennent aux sous-genres *Anopheles (An.)* et *Cellia (Cel.)*. Il s'agit de : *An. (An.) labranchiae*, *An. (Cel.) sergentii* et *An. (Cel.) cinereus*, *An. (An.) algeriensis*, *An. (An.) marteri* et *An. (An.) ziemanni*. Parmi les 43 espèces du Maroc, 23 sont des vecteurs reconnus d'agents pathogènes.

En Tunisie, après l'éradication du paludisme en 1979, aucune autre étude n'a été entreprise pour décrire la faune locale de moustiques. La littérature rapporte 43 espèces de moustiques appartenant à 7 genres, dont 14 espèces appartiennent au genre *Aedes*. Une étude a été entreprise au cours de l'année 2017-2018 dans 39 habitats larvaires différents dans sept zones bioclimatiques de Tunisie, l'enquête a révélé la présence de 10 espèces de Culicidae, appartenant au genre *Aedes*: *Ae. albopictus*, *Ae. Berlandi*, *Ae. caspius*, *Ae. detritus*, *Ae. echinus*, *Ae. geniculatus*, *Ae. mariae*, *Ae. pulcritarsis*, *Ae. vexans* et *Ae. Vittatus* (**Ben Ayed et al., 2019**). Toutes ces espèces ont déjà été signalées en Tunisie par **Brunhes et al., (2000)**; **Bouattour et al., (2019)**. Ces espèces ont été également signalées en Algérie par **Lafri et al., (2014)** et au Maroc (**Trari et al., 2017**). Quatre autres espèces (*Ae. aegypti*, *Ae. albineus* (Séguy), *Ae. Coluzzi* (Rioux, Guilvard et Pasteur), *Ae. dorsalis* (Meigen)) mentionnées dans la littérature comme se reproduisant en Tunisie n'ont pas été retrouvés au cours de cette enquête. Certains d'entre eux, comme *Ae. aegypti*, semblent avoir disparu entièrement de Tunisie depuis les années 1950 (**Holstein, 1967**). D'autres espèces comme *Ae. dorsalis* et *Ae. albineus* rapportées par Colas **Belcour, (1931)** ont peut-être été mal identifiées, surtout compte tenu de leurs caractéristiques morphologiques et des similitudes biologiques avec *Ae. caspius* (**Lambert et al., 1990**).

4.2. Distribution Spatio-Temporelle des Culicidae

4.2.1. Caractérisation écologique de composition

Au niveau des sites ruraux de la région humide d'El-kala, les abondances sont les plus importantes et les mieux diversifiées (Lac EL-Mellah avec 1 940 individus; Lac Tonga avec 1 209 individus et Lac Oubeira avec 664 individus) au sein du P.N.E.K. Dans la région de Laghouat, l'abondance est plus ou moins importante que la région humide (Lalmaya avec 854 individus ;Aïn Madhi avec 650 individus, puis Kaf-almalh comportant 593 individus. Cependant les sites Urbains et Péri-Urbains de la région humide sont les moins abondants (El-Kala Ville avec 485 individus; les Crêtes avec 450 individus). Les trois lacs étudiés font partie

du P.N.E.K qui est l'un des plus importants éco-complexe d'Algérie et de la Méditerranée occidentale, et représente une région réunissant la majorité des conditions favorables à la réussite du cycle de développement de la majorité des Culicidae, connues en Afrique méditerranéenne (**Amara-korba, 2016; Loucif et al., 2021, Trari, 2017**).

Alors dans la région aride (Université Ammar Thelidji Laghouat avec 149 individus; El-Kheng avec 132 individus; Maamoura avec 98 individus et Oued M'zi avec 80 individus), la prédominance a concerné une ou deux espèces seulement. Ces résultats peuvent être expliqués par l'hétérogénéité, la diversité et la richesse des habitats aquatiques, des sites ruraux (lac; lagune; Oueds; mares; marais; canaux d'eaux).

Nabti, (2020), confirment que les moustiques préfèrent les sites ruraux ou les sites des expansions des zones urbaines riches en algues; une faible turbidité de l'eau. **Animut et al., (2012) et Boccolini et al., (2012)**, confirment que, les deux espèces : *An. labranchiae* et *An. arabiensis* se reproduisent préférentiellement dans des gîtes naturels et leurs larves se trouvent généralement dans des zones rurales. De son côté **Hmaidia, (2020)**, a prouvé d'après une étude sur la distribution des espèces de Culicidae au niveau des six catégories de gîte (permanent; temporaire; rural; urbain; avec végétation et sans végétation) dans la région de Tébessa, la majorité des espèces préfèrent beaucoup plus les gîtes permanents, ruraux riches en végétation sauf, quelques espèces ayant des préférences écologiques particulières comme *An. sergentii sergentii*; *An. multicolor*; *Cs. subochrea*; *Cx. deserticola* et *Ae. caspius*, comme, elle signale la présence de *Cs. longiareolata* dans tous les types de gîtes.

D'autre part les sites Péri-Urbains et Urbains, présentent une considérable dynamique anthropique, comme l'urbanisation qui se poursuit d'un rythme très accéléré et l'augmentation de la pollution. Cela favorise l'apparition de gîtes potentiellement convenables au développement larvaire et favoriserait la prolifération des espèces des moustiques, adaptés à la présence humaine notamment *Cx. pipiens*. Les résultats obtenus sont parfaitement en accord avec ceux de **Amara-korba et al., (2016)** travaillant dans la même zone (P.N.E.K), **Hamiadia, (2020)** dans la région Nord-est de l'Algérie. Ainsi que d'autres travaux notamment ceux de **Pecoraro et al., (2007); Johnson et al., (2008); Cardoso et al., (2011) et ceux de Mwangangi et al., (2012)**. En revanche d'autres études ont prouvé que les gîtes artificiels (anthropiques) sont les plus abondants en Culicidés comme celle de **Chahed, (2022)** dans la région de Tizi-Ouzou qui a montré la forte contribution de l'Homme au développement des moustiques par la création des gîtes artificiels, **Koumba et al., (2018)** ont recensé dans une étude faite à Mouila au Gabon 178 gîtes larvaires, dont 122 sont des surfaces d'eau artificielles et 9 sont des surfaces d'eau

naturels. Dans l'étude réalisée par **Mahamane Iro et al., (2020)** à **Saga** (Niger) de juillet **2007** à **mars 2018**, les surfaces d'eau artificiels ont été les plus abondantes (64,71%). **Djègbè et al., (2019)** ont prospecté 37 gîtes larvaires au Bénin, dont la plupart sont artificiels et issus des activités anthropiques. Plus récemment l'étude de **Drissa et al.,(2023)** en Côte d'Ivoire, a révélé que les moustiques peuvent se reproduire et se développer dans tous les types de points d'eau considérés comme gîtes larvaires, mais les gîtes artificiels sont plus nombreux, mettant au jour la responsabilité de l'Homme dans la gestion de son environnement. Ces auteurs ont rapporté que la dominance des gîtes anthropiques est due aux activités économiques et industrielles de l'Homme, ainsi que l'urbanisation mal contrôlée et le manque de mesures d'hygiène appropriées dans leurs villes, ce qui favorise le développement des espèces de moustique, qui s'adaptent aux milieux créés par l'Homme (par exemple les espèces des genres *Aedes* & *Anopheles*) (**Simard et al., 2005**). Le moustique tigre *Aedes albopictus*, était considéré comme une espèce rurale selon **Higa, (2011)**, alors qu'elle s'est bien adapté à l'environnement urbain et sub-urbain (**Wu et al., 2010; Caputo et al., 2012; Arroussi et al., 2021**). Les femelles d'*Ae. albopictus* pondent fréquemment leurs œufs dans des pneus, des trous de briques, des récipients en plastique abandonnés, des mares de roches et les trous d'arbres. En revanche, une autre étude a confirmé que le nombre de sites de reproduction d'*Ae. albopictus* était plus élevé dans les zones urbaines que dans les zones rurales (**Li et al., 2014; Nabti, 2020**). L'étude de **Matubil et al., (2015)**, a mentionnée la présence de 1.258 d'*An. gambiae* sl parmi 4 588 moustiques ont été capturés et identifiés à Bandundu-ville, République Démocratique de Congo. L'importance d'*An. gambiae* sl par rapport aux autres anophèles dans cette zone, désigne un phénomène d'adaptation ou de réinstallation du vecteur, dans la ville exploitant les diverses petites mares créées par les fuites comme cette espèce (*An. gambiae* sl) est l'unique responsable de la transmission du paludisme à Bandundu-ville.

Les indices écologiques compositionnelle, des communautés Culicidienne de la région d'El-Kala, a révélé la richesse en espèces au niveau des stations 4 et 8 avec un nombre important d'espèce (13 espèces), suivi par la deuxième station avec 12 espèces et une nette variation spatiale de la fréquence d'occurrence des espèces identifiées, avec la présence de 25 espèces fréquentes, 19 espèces communes et 14 espèces occasionnelles. D'autre part la richesse spécifique et l'abondance des espèces inventoriées a montré une biodiversité importante en Automne (14 espèces), suivi par le Printemps avec 13 espèces, ensuite l'Eté (11 espèces). Alors que, la valeur la plus faibles de la richesse spécifique a été observées en Hiver au nombre de 9 espèces.

Tandis que dans la région de Laghouat, quinze espèces ont été identifiées. La richesse

spécifique de cette région, au niveau de la station 4 (Lalmaya) le nombre d'espèces est important (13 espèce), suivi par la station 5 (Kaf-elmaleh) (7espèces), puis par la station 8 (El-Khneg) (5espèces), ensuite par la station 3 (Sebgag) (3espèces). Cependant le reste des stations ont hébergées une seule espèce, avec la dominance d'*Ae. vexans* dans la station 1; l'espèce *Cs. longiareolata* au niveau des stations 2, 6, 7, 8, 10, 11 et l'espèce *Cx. laticinctus* au sein de la station 9. Par ailleurs l'étude saisonnière de la richesse spécifique et de l'abondance des espèces inventoriées, ont montré que les eaux au printemps sont riches en espèces avec (14 espèces), suivi par l'été qui enregistre 13 espèces. Alors que, les valeurs les plus faibles sont au nombre de 8 espèces en Hiver et 6 espèces ont été observées en Automne. L'apparition des espèces : *An. cinereus*, *An. d'thali* et *An. multicolor* a eu lieu le plus souvent en été; l'espèce *Cx. brumpti* en Automne; les espèces *Ae. vexans*, *Cx. hortensis* et *An. labranchae* au Printemps et les espèces; *Cx. deserticola*, *Cx. laticinctus*, *Cx. antennatus*, *Cs. annulata* et *Cs. longiareolata* en Hiver, ce qui concorde avec les résultats de **Nabti, (2020)**. Les résultats obtenus par **Ben Ayed et al., (2019)** en Tunisie, ont montré la présence de larves d'*Ae. caspius* (Espèce abondante) tout au long de l'année, avec une forte densité au Printemps, ce qui signifie que le nombre élevé de cette espèce sont enregistrés après les inondations où les œufs attendent d'être immergés. Tandis que **Lubna et al., (2023)** à Pakestan, ont mentionné que l'intensité la plus élevée de moustiques, a été observée en Juin (2 243 adultes émergés) et en novembre (2 667 adultes émergés), tandis que l'intensité la plus faible a été observée en Janvier (203 adultes émergés).

4.2.2. Caractérisation écologique de structure

Blondel (1979), souligne qu'un peuplement est d'autant plus diversifié, que l'indice de diversité est plus grand. Selon **Faurie et al., (2003)**, l'indice de la diversité spécifique (indice de Shannon-Weaver) est élevé lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée et l'indice de faibles valeurs traduit un peuplement moins diversifié avec des espèces dominantes (**Belkhiri, 2022**)

L'évaluation qualitatif de la diversité de la faune culicidienne (la structure) au sein des deux régions étudiées, par l'analyses des indices écologiques structurelles (l'indice de diversité de Schannon-Weaver qui varient entre (0 & 2, 206 bits) au sein des neuf stations et (1.352 & 2.155bits) pendant les quatre saisons au niveau du P.N.E.K. Dans la région de Laghouat, et entre (0 & 2.25 bits) au sein des onze stations et (1.21 & 2.11) pendant les quatre saisons, ces valeurs indiquent que les deux régions étudiées (El- Kala & Laghouat) sont moyennement diversifiées en espèces culicidienne, ce qui signifie que les espèces trouvées n'ont pas les

mêmes abondances. Cependant le peuplement culicidien de la station⁴ (Lac Obéira) du P.N.E.K, est le plus diversifié par rapport au peuplement des autres stations, et le printemps représente la saison la plus diversifiée dans cette région, qui est caractérisée par un climat de type méditerranéen, présentant un Hivers pluvieux, ce qui permet d'avoir un Printemps humide, qui favorise la biologie des insectes en générale. **Eyraud-Griffet *et al.*, (2009)** ont signalé que les précipitations hivernales et automnales sont déterminantes pour le bon remplissage des gîtes. Alors que le peuplement Culicidien de la station 4' (Lalmaya) de la région de Laghouat est le plus diversifié par rapport aux autres stations et l'été représenté la saison la plus diversifiée dans cette région. D'autre coté les valeurs de l'indice d'équitabilité de Piélou sont varient entre (0.26 & 0.39); (0.34 & 0.50) spatial et (0.203 & 0.344); (0.29 & 0.33) saisonnière dans les deux régions (P.N.E.K & Laghouat) respectivement, ce qui indique que tous les espèces du peuplement culicidien, sont déséquilibrées entre elles, selon leur distribution spatiale et saisonnières, sauf au niveau du station 3' de la région de Laghouat, où les espèces sont moyennement équilibrées entre elles, ce qui peut expliquer par la dominance d'une ou de deux espèces dans le milieu par rapport les autres espèces prospectées dans les deux régions (la dominance et l'omniprésente de l'espèce *Cx. pipiens* au niveau du P.N.E.K & de l'espèce *Cs. longiareolata* dans la région de Laghouat)

Malgré la richesse de ces deux régions marécageuses en espèces (18 & 15) respectivement, la diversité de la faune culicidienne est moyenne. On peut expliquer cette moyenne diversité par les conditions défavorable, surtout la sècheresse, les incendié et les changements climatiques qui vont traduis les pluies. **Marting *et al.*, (2012)** ont bien marqué le lien existant entre les moustiques vecteurs du paludisme et le climat, ils ont déclaré que le genre *Anopheles* a besoin pour survivre de conditions climatiques et environnementales très spécifiques. Nos résultats sur la structure de la faune culicidienne, sont en accord avec plusieurs études dont la plus récente celle de **Chahed, (2022)** dans la région de Tizi-Ouzou, l'indice de diversité, varie entre 0,58 et 2,66 bits, ce qui prouve que les milieux sont moyennement diversifiés, de même **Belkhiri, (2022)** dans les Aurès à Batna (H' est de 1,399; E est de 0,439). Selon l'étude de **Djeddar, (2022)** dans le Nord-est Algérien, les résultats des indices structurelles régionales de diversité (H' l'indice de Shannon-Weaver & E l'indice équitabilité), ont montré que la région de Souk-Ahras donne la plus forte valeur (2.02 bits) puis la région d'Annaba (1.78 bits) et enfin la région de El Taref avec (1.63 bits). Ces résultats indiquent que le peuplement Culicidien de Souk-Ahras est le plus diversifié, par rapport au peuplement des autres régions. Par ailleurs, les peuplements Culicidien d'El Taref et Annaba sont peu homogènes et la valeur de l'équirépartition est de 0.54

à Annaba et 0.51 à El Taref. Ce qui signifie que les espèces de Culicidae présentes dans ces régions sont modérément équilibrées. **Hamaidia, (2020)** a montré une valeur de diversité de 2,01 bits et une équitabilité de 49 % ce qui explique une population culicidienne moyennement diversifiée et moyennement équilibré. Alors **Hamaidia, (2014)** a mentionné que l'indice de Shannon-Weaver est de (1,11) ce qui indique une faible diversité, qui est probablement associée à la forte dominance de *Cx. pipiens* par une valeur d'abondance relative de 76,97 %.

4.2.3. Influence des paramètres Physico-chimiques de l'eau sur la distribution des Culicidae

Après avoir déterminé la structure et la dynamique de la population de moustiques. Il devient indispensable de comprendre leur relation avec les paramètres physico-chimiques de l'eau dans les gîtes larvaires des deux régions étudiées. Les résultats de l'analyse des caractéristiques physico-chimiques de l'eau de chaque gîte larvaires au niveau du P.N.E.K, ont conclu que la majorité des eaux des gîtes au Printemps sont douces, présentant de faibles concentrations en sels dissous et qui varient de 0.19 mg/l à 0.5 mg/l). Puis le pH paramètre, qui permet de mesurer la concentration des protons H⁺ dans un milieu aqueux. Il joue un rôle très important dans le développement de la vie aquatique. De plus, il influe sur l'état de certains éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la mise en solution et donc la toxicité en les rendant biodisponibles (**Benkaddour, 2018**). Il dépend de la diffusion du gaz carbonique à partir de l'atmosphère, du bilan des métabolismes respiratoires et photosynthétiques (**Hutchinson, 1987**) ainsi que de l'origine des eaux, la nature géologique du milieu traversé, les rejets des eaux usées, etc. (**Oumar, 2014**). Ensuite la salinité qui mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) au travers de la conductivité électrique de cette eau (**Khedimallah, 2019**). Le potentiel hydrogène ou pH acide neutres, les valeurs varient respectivement de pH : 6.9 à pH : 8.3, avec des fortes concentrations de DBO5 (5mg/L – 200 mg/L), ce qui indique une pollution organique modérée, ainsi que la température présentant une valeur moyenne de 18.61±2°C. Cependant en Eté l'eau était alcaline (pH: 7.05 - 8.29), avec des concentrations plus ou moins faibles de DBO5 (4mg/L – 190 mg/L), ce qui caractérise une pollution organique faible à forte et les valeurs de la température entre 19.1°C à 29.8°C, ce qui présente une hétérogénéité claire, avec une différence hautement significative (**P ≤0,001**) entre les deux saisons (Estivale & Printanière). Ces fluctuations de la température caractérise le climat méditerranéen (**Sahli, 2012; Bendjam, 2014**), ces plans d'eau sont classer selon **Mouissi & Alayat, (2016)**, dans la catégorie des plans monomictiques (dont les eaux ne se mélangent qu'une seule et unique fois par an) chauds. Ainsi

que l'augmentation de la température conduit vers la formation de carbonates d'après le phénomène de la photosynthèse, ce qui provoque une augmentation du pH (**Melghit, 2012; Naili, 2022**), cela explique également l'élévation du pH des eaux du P.N.E.K, durant la saison estivale. Cependant la DBO5 a montré une nette hétérogénéité spatiale entre la station 7(KU2) d'une part, et le reste de stations d'autre part, cette station qui est représenté par une cave d'eau usée d'un bâtiment au centre-ville d'El-Kala, ce qui désigne la forte pollution de ce gîte.

Selon certaines études à savoir de **Messai et al., (2016)**, d'**El Ouali Lalami et al., (2010)** et celle de **Darriet, (2010)** ont permis de constater que les paramètres physico-chimiques des eaux des gîtes larvaires limitent la présence des larves de Culicidae. Egalement au Nord-ouest du Maroc, **El Joubari et al., (2014)** ont déclaré que le degré de salinité des eaux des gîtes larvaires semble être un facteur limitant du développement des espèces de Culicidae.

Parmi ces paramètres, la température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci, en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (**Guerfi, 2019**). De nombreux facteurs environnementaux, peuvent influencer la température, telle que l'air et la saison, la position géographique comme la localité et l'altitude, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et la profondeur du plan d'eau (**Razkallah, 2019**). De plus, la variation de la température a des effets sur tous les d'autres paramètres comme (le pH, la conductivité électrique, le taux des sels dissous); de même, elle a un effet sur toutes les réactions de dégradation, de minéralisation des matières organiques et le développement des micro-organismes; d'autre part elle favorise au moyen d'autres facteurs la productivité primaire et donc une augmentation de nourriture pour la faune aquatique (**Djamia, 2020; Naili, 2022**). En outre, la présence d'une corrélation nette entre l'augmentation de la température et la diminution de la DBO5 permet l'intensification de l'activité des micro-organismes, qui vont permettre la dégradation de la matière organique (**Khatabi, 2002; Boubryem & Derradji, 2018**).

Les résultats des paramètres physico-chimique déterminés au cours de cette étude, concordent avec ceux de **Saadali et al., (2015)**, qui montrent que les valeurs du potentiel hydrique (pH) de toutes les eaux de la région du P.N.E.K étaient admissibles et oscillent entre (5,5 et 8,5), la salinité indique des valeurs majoritairement moins salées (inférieur à 0,5 g/l), alors que les eaux superficielles varient d'une pollution modérée à forte pollution organique en raison de la différence de concentrations des rejets urbains. Egalement avec ceux de **Mesikh, 2016**, l'analyse des données physiques des trois stations au sein du P.N.E.K (mare Mellah, lac Oubeïra

et lac Tonga), a enregistré des valeurs du pH variant de 7.23 à 7.85 (neutres et légèrement alcalin) durant la saison printanière, et varient de 7.09 à 7.62 durant l'Eté. La température de l'eau a marqué une moyenne de (17°C) au Printemps et de (28°C) en Eté. D'autre part la conductivité varie de (467.83 $\mu\text{s}/\text{cm}$ -774.4 $\mu\text{s}/\text{cm}$) durant le printemps, et entre (542.25 $\mu\text{s}/\text{cm}$ – 995.75 $\mu\text{s}/\text{cm}$) durant l'Eté. Par ailleurs l'étude de **Loucif et al., 2020**, concernant l'analyse physico-chimique de l'eau du lac Tonga (Nord-est de l'Algérie), a révélé que l'eau de ce lac est légèrement alcaline (6,5<pH<8,5), avec une conductivité électrique <1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, une turbidité >7,02 NTU, résidus secs <2000 mg/L, matières solides en suspension (11,8 mg/L,<30 mg/L), oxygène dissous<5 mg/L, phosphates>5 mg/L, DBO5<5 mg/L. Ces valeurs signifient l'état actuel du lac, en état d'eutrophisation et de dégradations sévères. Ainsi que le travail de **Naili, (2022)** dans le même site (lac Tonga, a prouvé que l'évolution spatiotemporelle des paramètres physico-chimiques de ce plan d'eau varie d'une station à l'autre selon les saisons, ces variations reviennent particulièrement, aux changements périodiques de la température en période de crue et période d'étiage, précipitations et évaporation. Le pH et la conductivité indiquent que les eaux de cette zone humide ont une minéralisation importante. Cette dernière est liée au régime hydrique du système lacustre et l'influence terrestre ou la nature géologique du bassin versant. Concernant la turbidité des eaux, les valeurs les plus importantes ont été enregistrées pendant la saison hivernale. D'après la classification de **Rodier (2009)**, on peut classer les eaux du Lac Tonga comme troubles.

En revanche dans la région aride (Laghouat), les eaux des gîtes larvaires sont salées (1.02mg/L - 5.86mg/L), neutres à plus alcalines, moins chargées en MES, la température variée et des taux élevés de DBO5 durant l'Eté. Au printemps les eaux sont salines, légèrement acide et plus ou moins alcaline, plus chargées en MES et de faible taux de DBO5, avec une température variée. La comparaison spatiotemporelle a marqué une différence très hautement significative entre les onze stations, concernant la salinité ($P= 0.000$), ces résultats sont confirmés par les travaux de **Hakimi-Dedjell et al., (2019)**, qui ont indiqué la minéralisation du sol et de l'eau du Sahara, particulièrement les deux régions arides Ghardaia et Laghouat. La turbidité (MES) contribue à la diminution de la photosynthèse et à la baisse de la teneur en oxygène dissous, à cause de la présence de colloïdes biodégradables (MES) dans les eaux (**Mouissi & Alayat, 2016; Dehbi, 2021; Naili, 2022**). Ainsi que le taux très faible de la DBO5 alors que la turbidité (MES) est très forte pendant les deux saisons d'étude, ce qui signifie, selon la classification de **Rodier, (2009)** que les eaux de ces stations sont classées comme des eaux troubles.

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des gîtes larvaires obtenus par

Benhassin et al., (2018) dans la région de Boussaâda, a montré des variations spatio-temporelles plus importantes. Où Les valeurs du PH varient entre 8 et 10 ce qui indique que l'eau de la région est alcaline, et cette forte alcalinisation du milieu peut être causée par une hausse de l'activité photosynthétique. Par ailleurs le total de matière solide (TDS) des eaux analysées, étaient très fortes dans les sites échantillonnés (varie de 1 366 à 2 808 ppm), et la conductivité de l'eau des différents sites varient de $1,19 \pm 0,39 \mu\text{S}/\text{cm}$ à un minimum de $1 \mu\text{S}/\text{cm}$ dans les quatre sites. En ce qui concerne la température, elle varie de 21°C à 24°C , favorable au développement de plusieurs espèces de moustiques.

D'autre part la Corrélation de Pearson et l'analyse multi-variée en composant principale (ACP) des paramètres physico-chimiques des eaux des gîtes et les espèces des moustiques inventoriées dans notre étude, ont permis de répartir les espèces inventoriées en deux groupes dans la région de Laghouat et en trois groupes dans la région d'El-Kala, en fonction, de la teneur en salinité, pH, MES et DBO5, et avec une nette préférence des cinq espèces d'Anophèles pour les gîtes larvaires ensoleillés, d'eau salée et riche en végétations aquatiques surtout les algues filamenteuse vertes notamment (*Myxophyta sp* et *Spirogira sp*), alors que l'espèce *Cx pipiens* est ubiquiste, adapté la majorité des eaux des gites larvaires. Selon **Amara Korba et al., (2016)**, l'analyse physicochimique de dix gîtes larvaires au niveau du P.N.E.K a montré que les larves de *Cx. pipiens* se développent avec une forte densité dans les eaux modérément chargées en matière organique. Ainsi que la grande plasticité écologique de l'espèce, lui permet de tolérer plusieurs types d'habitats à savoir des eaux douces ou légèrement salées à saumâtres. D'autre part, dans la région d'Annaba l'étude de **Arroussi et al., (2021)**, a montré que la distribution des espèces des moustique, présente une corrélation avec la végétation des gîtes larvaire, tandis que la densité maximale des espèces a été observée sous une température élevée et un pH alcalin.

En Tunisie **Ben Ayed et al., 2019**, d'après l'analyse de La salinité et le pH de l'eau de chaque gite larvaire héberge deux espèces des moustiques du genre Aedes (*Ae. caspius* et *Ae. detritus*), les plus abondantes et les plus répandues localement, ont indiqué que les larves d'*Ae. caspius* ont été collectées dans une eau douce, dont la salinité ne dépassait pas 0,9 g/litre et également en eau salée (41,3 g/litre) et les larves d'*Ae. detritus* ont été collectées à partir d'une eau, dont la salinité varie de 1,9 g/litre à 57,3 g/litre. Dans les habitats larvaires mixtes (*Ae. caspius* et *Ae. detritus*), la salinité de l'eau était au minimum de 26,8 g/litre et au maximum de 29,4 g/litre. D'autre part les larves d'*Ae. caspius* semble être alcalophile puisque les valeurs de pH des eaux des gites larvaires varient entre 7,7 et 8,7. Pour *Ae. detritus*, les gammes de pH observées

indiquent que les stades pré-imaginaux se produisent dans des eaux acides ou alcalines (6,7 à 8,1). Au cours de notre étude, lorsque les larves des deux espèces ont été observées ensemble, le pH de l'eau était alcalin avec des valeurs de 7,6 à 8,2. Dans le Sud de la Mauritanie (à Nouakchott) **Ould Lemrabott et al., (2020)**, ont signalé la première présence de larves d'*An. arabiensis* avec celles d'*An. multicolor*. Au niveau des gîtes larvaire ensoleillé, caractérisés par des eaux très salées avec une teneur en NaCl comprise entre 16,8 et 28,9 g/l, avec une profondeur maximale moins de 20 cm, dépourvus de végétation et la température moyenne de l'eau était de $28,8 \pm 2,7$ °C, avec une fourchette de (24,8-32,2 °C). De son côté **Lubna et al., (2023)** dans la région de Peshawar à Pakistan ont montré, une corrélation positive parfaite ($r = +0,8$) entre la température et la population de moustiques (df 10 et α 0,05) inventoriées dans cette région. Selon **Matubi1 et al., (2015)**, la densité larvaire Anophélienne à Bandundu-ville (République Démocratique de Congo), a été influencée négativement par la turbidité, la conductivité. Tandis que cette densité a été influencée positivement par la superficie, et par la température. D'après **Ntonga Akono et al., (2022)**, l'étude des gîtes des larves d'*An. gambiae* s.l, a montré que les paramètres physico-chimiques des eaux des gîtes urbains température; conductivité; salinité; turbidité sont plus élevés dans les gîtes urbains par rapport aux gîtes ruraux de Kribi au Sud du Cameroun. (**Sérandour et al., 2010**) ont confirmé que la qualité de l'eau affecte également la sélection de l'habitat chez les espèces de Coquillettidia, elles préfèrent les eaux à faible concentration en sel et un pH neutre, ce qui est possible dans les sites peu turbides. De même, les larves d'Anophèles ont une tendance à se développer dans des eaux claires (**Tabbabi et al., 2017; Dom, 2019**).

4.3.Enquête Ethnobotanique des plantes testées

Malgré l'évolution de la chimie de synthèse, l'utilisation des plantes médicinales persiste en raison de leur efficacité. Elles contiennent des substances actives utilisées dans le traitement de diverses maladies (**Lazli et al., 2018**). Ces dernières années, un regain d'intérêt pour les plantes médicinales a conduit à des analyses dévaluation de leurs effets thérapeutiques, ainsi que leurs aspects toxicologiques. Il faut savoir que certaines plantes non toxiques peuvent avoir des effets nocifs sur divers organes chez les humains et les animaux, par une utilisation excessive ou une absorption à long terme ou une interaction entre plusieurs plantes ou médicaments (**Zeggwgh et al., 2013 ; Zitouni & Bendiaf, 2019**).

Cependant le recours à la phytothérapie est profondément ancré dans notre culture, car l'Algérie est caractérisé par la richesse de sa flore médicinale qui renferme des centaines d'espèces

végétales qui présentent une source inépuisable de substances et de composés naturels bioactifs (Miara *et al.*, 2018; Lazli *et al.*, 2019). Les études ethnobotaniques apparaissent comme une meilleure approche, pour comprendre dans une région donnée, les utilisations ainsi que les perceptions socioculturelles et économiques des ressources végétales, par les populations locales (Agbogidi, 2010). De plus les industries pharmaceutiques sont les plus intéressées, ces études (Dibong *et al.*, 2011). Donc de multiples études ethnobotaniques à l'échelle nationale ont permis valoriser les caractéristiques botaniques, écologiques et les constituants chimiques des plantes médicinales, utilisées par la population locale, de déterminer leurs usages traditionnels et d'évaluer les risques et les conséquents à l'emploi de certaines plantes toxiques et d'adopter une nouvelle approche de gestion pour la sauvegarde et la préservation des ressources naturelles (Rebbas *et al.*, 2012; Benderradji Laid *et al.*, 2021). Les enquêtes ethnobotaniques de cette étude, ont permis de déterminer les différents usages des quatre plantes médicinales utilisées (*Ar.campestris*, *R.officinalis*, *Ar.herba alba*, *J.pheonacea*). Ces plantes sont connues et utilisées par la population locale en médecine traditionnelle dans la région d'Oued-Souf. Les données de cette enquête révèlent que les quatre plantes, sont connu sous leurs noms vernaculaires, El Klil pour *R. officinalis* très utilisées par la population locale, avec un taux de 94%, suivi par Chih (*Artemisia herba alba* : 84%), puis le Dgouft (*Artemisia campestris*: 74%) et finalement l'Arar (Jun: 68%). Le feuillage reste la partie la plus utilisée (52%), sous forme d'une poudre ou d'infusion. Les femmes (64%) utilisent exagérément ces produits que les hommes (36%). Les meilleures saisons de la récolte de ces plantes sont l'Automne et le Printemps, en raison du bon rendement des extraits. Les données de l'enquête ethnobotanique, ont évoqué que ces plantes sont indiquées dans le traitement des appareils: digestives, urinaire et génital.

D'autre part 237 enquêtes ethnobotaniques réalisées par Lazli *et al.*, (2019) dans le Parc National d'El Kala ont révélé 39 espèces médicinales connues et utilisées par la population locale, surtout les personnes moyennement âgées (35-55 ans) et principalement les femmes qui ont le plus recours, à la phytothérapie traditionnelle. Cette enquête indique que les feuilles préparées en décoction sont les parties de la plante les plus utilisées dans le traitement des troubles digestifs et métaboliques ainsi que des affections cutanées. Par ailleurs dans la région de M'sila (Sud Algérie), selon l'étude ethnobotanique comparative de Benderradji Laid *et al.*, (2021) sur l'utilisation des plantes dans la médecine traditionnelle par la population locale, 64 plantes médicinales ont été identifiées appartiennent à 35 familles botaniques, dont la plus importante est celle des Lamiaceae à savoir, *Mentha Viridis* L., *Artemisia herba-alba* Asso,

Juniperus communis L., *Artemisia Campestris* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Peganum harmala* L., *Allium sativum* L., *Teucrium polium* L. et *Allium cepa* L., dont la partie la plus utilisée sont les feuilles (31%); l'infusion et la décoction sont les modes de préparations les plus appliqués (39,06%, 26,04% respectivement), alors que les affections digestives sont les plus largement traitées avec un taux de 41,32%. D'autre part la variation d'utilisation des plantes médicinales dans la zone d'étude est liée au profil des personnes enquêtées. En effet, les jeunes ne connaissent généralement ni les noms, ni les usages thérapeutique de la plupart des espèces végétales. Par contre, les personnes âgées sont plus expérimentées dans ce domaine. Les analphabètes connaissent mieux les usages thérapeutiques des plantes médicinales que les personnes scolarisées.

Dans l'Ouest Algérien (Sidi Bel Abbès), l'étude ethnobotanique de **Saidi et al., (2022)** a permis de valider les informations thérapeutiques et le mode d'emploi des cinq plantes de la famille des Lamiacées, ainsi que les maladies qu'elles traitent, auprès d'une population de 600 personnes dont 70% sont des femmes, avec une prédominance chez les personnes de 20 à 35 ans (75%). D'après l'enquête, nous avons constaté que le romarin est le plus utilisé avec un taux de 57%, et la plupart de nos plantes sont utilisées sous forme de tisane avec la méthode d'infusion de feuilles séchées. Les maladies les plus fréquemment traitées par ces plantes sont le cholestérol et les affections du tube digestif. Le romarin est meilleur pour les affections respiratoires et le cholestérol, la sauge est meilleure pour les affections respiratoires.

À l'échelle internationale, l'enquête approfondie sur les plantes médicinales dans le Parc National de Talassemtane au Maroc (**Rhattas et al., 2016**) a montré que les feuilles constituent la partie la plus utilisée, avec un pourcentage de 71,75 %, et la majorité des remèdes sont préparés sous forme d'infusion (30,43 %) et de macération (14,41 %). La fréquence de l'utilisation de ces plantes médicinales chez les jeunes âgés de 20 à 39 ans (47 %), alors qu'elle est de l'ordre de 17 % pour les personnes âgées de 60 à 79 ans. Les femmes et les hommes ont un savoir médicinal partagé avec un léger avantage pour les femmes (57 %). D'autre part, les maladies traitées par ces plantes médicinales sont dominées par les affections digestives (37,78 %), les affections cutanées (15 %), les affections génito-urinaires (8,89 %), et les affections neurologiques (6,67 %). Dans la même région, l'enquête de **Zahir et al., (2020)** a mis en évidence que le thuya de barbarie est utilisé principalement pour ses vertus thérapeutiques, notamment contre les affections gastro-intestinales (26,69%), la fièvre (25,05%) et les maux de tête (21,07%). Cette essence végétale est également employée en cosmétique comme une lotion pour le corps. La majorité des remèdes sont préparés par macération à partir des feuilles

et généralement administrés par voie orale sous forme de poudre sans dose précise (59,87%). Ils confirment que plus de 90% des gens interrogés sont satisfaits après l'emploi des préparations à base de *T. articulata* en thérapie et en cosmétique, ainsi que 86,33% des enquêtés jugent qu'elle n'est pas toxique. D'autre part, 13,67% des enquêtés affirment sa toxicité en provoquant des effets secondaires tels que les affections cutanées (25,71%) et des diarrhées (41,42%).

Dans la Côte d'Ivoire l'enquête effectuée de **Béné et al., (2016)** a permis d'inventorier 94 espèces de plantes appartenant à 44 familles. Les feuilles constituent la partie la plus utilisée (63,48%) et le produit pharmaceutique le plus employé est le décocté (36%), de plus la voie cutanée (35%) constitue le mode d'administration le plus usuel. De toutes les pathologies traitées, le paludisme est la maladie la plus citées (33,93%). Les infections les plus traitées dans le Département sont les infections infantiles (51,79%) et obstétriques (26,79%). D'après **Gbouhoury Eric-Kévin Bolou et al., (2022)** dans le Sud de la Côte d'Ivoire, des entretiens avec des herboristes dans la région d'Abidjan, ont révélé que le zona, la fièvre jaune et la varicelle sont les maladies virales traités beaucoup plus par des remèdes traditionnels. Ils ont identifié au total, 61 espèces de plantes médicinales antivirales réparties dans 59 genres et 54 familles. Les familles les plus représentées sont les Fabaceae (14,75 %), les Asteraceae (9,8 %) et les Apocynaceae (9,8 %). Six espèces sont les plus couramment utilisées dans le traitement des maladies virales. Il s'agit, par ordre décroissant de fréquence d'utilisation, *d'Ocimum gratissimum*, *Citrus aurantiifolia*, *Spondias mombin*, *Allium sativum*, *Gymnanthemum amygdalinum*, *Kalanchoe crenata*. Les feuilles sont les parties les plus utilisées, sous forme de décoction (73,84 %) par la voie orale (42 %). La dominance des feuilles se justifie par le fait qu'elles sont le lieu de la majorité des réactions photochimiques et le réservoir de la matière organique qui en dérive (**Chamouleau, 1979**).

Enfin l'enquête ethnobotanique, se positionne comme une orientation dans la recherche de principes actifs efficaces contre les maladies émergentes et réémergentes.

Les rendements des extractions (HEs, Exts-Meths et Exts- Aqx) des feuilles sèches des quatre plantes médicinales (Eklil, Dgouft, Arar et chih) utilisées ont été déterminés, dans cette étude. Les résultats prouvent que le rendement le plus important est celui de l'huile essentielle de *Ros. Officinalis* (1,30%), alors qu'*Artemisia herba alba* a le rendement le plus élevé de l'extrait méthanolique (8,80%) et de l'extrait aqueux (52,10%). Plusieurs études ont marquées des rendements variés de *Ros. Officinalis*, d'une région à l'autre (**Zeghib et al., 2020**). Dans la région de Tébessa le rendement était presque le même (1.24%). Ces rendements sont supérieurs

par rapport à ceux d'Égypte (0,33 %) (**Abdelgaleil et al., 2016**) et ceux d'Italie (1%) (**Tuttolomondo et al., 2015**). Alors qu'ils sont inférieurs que ceux de Turquie (1,9 %) (**Zcan et al., 2008**) et ceux du Maroc (2,7 %) (**Bouyahya et al., 2017**), et approximatifs à ceux de la Tunisie (1,71 %) (**Ben Jemia et al., 2014**).

Par ailleurs, le rendement de cette même plante diffère aussi d'un pays à un autre, il est de 0,31 % en Tunisie (**Chaieb et al., 2018**), de 0,18% en Libye (**Janačković et al., 2019**). En outre, les travaux d'**Al Jahid et al., (2016)** au Maroc et de **Neffati et al., (2008)** en Tunisie ont signalé un rendement nettement supérieur à celui obtenu dans cette étude avec des pourcentages de 1,7% et 1,5% respectivement. Cette différence peut être due à plusieurs facteurs à savoir : les facteurs bioclimatiques, géographiques, édaphiques, les variations génétiques, le séchage, la méthode d'extraction, la partie utilisée de la plante et la saison de récolte (**Lagunez-rivera, 2006; Jordan et al., 2013**).

4.4. Toxicité de quatre plantes médicinales à l'égard de *Culiseta longiareolata* et *Anopheles sergentii sergentii*

Les insecticides peuvent perturber le métabolisme des insectes et avoir des effets nocifs sur le système nerveux des mammifères, des altérations tant chroniques qu'aiguës chez des personnes exposées. Le DDT et ses produits de dégradation, DDE, perturbent l'activité oestrogénique et, éventuellement, peuvent induire le cancer du sein chez la femme fœtale au DDT réduit la taille du pénis chez les animaux et peut provoquer la non-descente des testicules. Les pesticides peuvent affecter le fœtus dans les premiers stades de développement, in utero et même avant la conception si un des parents a été lui-même exposé. La perturbation de la reproduction peut se produire par des réactions chimiques et par des changements structurels (**Poiré & Pasteur, 1991; Paoletti & Pimentel, 2000; Köhler & Triebkorn, 2013**).

Un nouveau concept de méthodes de lutte a été développé actuellement, concerne la lutte biologique (**Guilet et al., 1997; Paoletti & Pimentel, 2000; Bendali-Saoudi, 2001; 2006 ; Hamaidia & Berchi, 2018**). Les méthodes de la lutte biologique anticulicidienne visent à l'utilisation d'agents entomopathogènes du moustique. Ces organismes pathogènes ou parasites sont potentiellement plus intéressants dans le contrôle biologique des moustiques. Parmi ces méthodes, les organismes antagonistes utilisés seront des micro-organismes (Champignon; Bactérie; Virus, un Protozoaire, ou encore un nématode: *Empidomermis riouxi n*). Ces pathogènes possèdent la capacité de surpasser les défenses de l'insecte hôte et de l'infecter, il s'y multiplie et provoque sa mort à plus ou moins long terme que ce soit par l'émission de substances toxiques et/ou la destruction de certains tissus (**Bawinet al., 2014**). Cependant deux

bactéries entomopathogènes le *Bacillus sphaericus* et le *Bacillus thuringiensis israelensis* a la capacité de synthétiser des inclusions cristallines, associées aux spores ayant des propriétés insecticides. Elles sont formées de protéines variées appelées toxines Cry (**Bravo et al., 2011**). Une fois ingérées (inclusions cristallines-spores) par les larves des insectes, les protoxines contenues dans les inclusions sont solubilisées par les protéases de l'intestin moyen, libérant ainsi les d-endotoxines. Ces protéines toxiques vont ensuite se lier aux récepteurs cadherin-like situés à la surface des microvillosités des cellules épithéliales et subir une protéolyse permettant l'oligomérisation des protéines toxiques puis la liaison avec d'autres types de récepteurs (GPI anchored receptor) et enfin l'insertion dans la membrane des cellules épithéliales pour former des pores. Cette étape va induire un choc osmotique au niveau de l'intestin moyen et favoriser la germination des spores. Le *Bti* va alors se multiplier et se répandre dans l'organisme provoquant la mort de l'insecte par septicémie. Les larves de *Cs. longiareolata* sont plus sensibles à une formulation commerciale du *B. thuringiensis* var. *israelensis* (Vectobac WDG 37%) que les larves de *Culex pipiens* (**Nielsen-Le Roux et al., 2012**).

D'autre part, l'utilisation d'organismes prédateurs ou ennemis naturels des moustiques, dans ce cadre plusieurs organismes ont été testés. On constate toutefois l'utilisation de Copépodes dans des récipients de stockage d'eau permettant d'éliminer les stades immatures d'*Ae. aegypti* au Vietnam. Ainsi, l'activité prédatrice de deux espèces autochtones de poissons Cyprinidae, *Pseudophoxinus callensis* et *Pseudophoxinus guichenoti* et d'une espèce *Poeciliidae* introduite en Algérie, *Gambusia affinis* a été évaluée à l'égard des larves de *Culex pipiens* cette dernière espèce est doté d'un potentiel prédateur important (**Bendali et al., 2001**). Elle a été par la suite testée sur les larves d'*Ae. caspius* et *Cs. longiareolata* son potentiel anti-culicidien était efficace essentiellement à l'égard des larves des premiers stades, avec une préférence à l'égard de *Cs. longiareolata* (**Saadi, 2009**).

Une autre source de lutte biologique est présentée par l'utilisation de produits à base de plantes, c'est l'une des meilleures alternatives pour la lutte anti-culicidienne. Ainsi, l'étude des préparations à base de plantes, est sans effets indésirables chez les organismes non ciblés, sont facilement biodégradables, est l'un des buts de recherche pour la lutte anti-vectorielle. Les plantes constituent une source riche de composés bioactifs à effets toxiques et larvicides et antipaludiques, tels que les terpénoïdes, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins et les polyacétylènes.

De nos jours, l'utilisation des extraits d'origine végétale comprenant des mélanges de composés chimiques qui agissent de manière concertée, sur les processus comportementaux et

physiologiques des moustiques (**Ghosh et al., 2012**). A cet effet et dans le cadre de la valorisation de la flore en Algérie et de trouver des alternatifs naturels, on a testé l'effet de trois types d'extrait (Huile essentielle, Extrait-Methanolique & Extrait Aqueux) de quatre plantes de quatre plantes médicinales (*Artemisia campestris*; *Artemisia herba alba*; *Rosmarinus officinalis* & *Juniperus phoenicea*) à l'égard des larves de quatrième stade de deux espèces des moustiques (*Cs. longiareolata* & *An. sergentii sergentii*). Les résultats obtenus ont révélé un effet larvicide important concernant toutes les plantes testées, manifestant des taux de mortalité qui varient selon le temps d'exposition et les concentrations utilisées. L'étude toxicologique nous a permis de calculer les différentes doses létales, et l'analyse statistique à donner une variabilité de la mortalité moyenne, selon les tests (ANOVA a un facteur, Tukey & Analyse en composant principale (ACP). En revanche l'efficacité de chaque extrait (Ext-Meth, HE & Ext-Aq) de ces quatre plantes est corrélée à la concentration testée et le temps d'exposition par ces bioproduits, est traduit par la variation et la diminution des valeurs des concentrations létales selon le temps. où l'efficacité de l'EM de **R.officinalis** contre les larves des moustiques (*An. sergentii sergentii*), est importante selon le temps surtout après 72h d'exposition. Ensuite l'efficacité de l'EM d'**A. campestris** contre les larves des moustiques (*An. sergentii sergentii*) a augmenté selon le temps de contact. L'efficacité d'EA & L'EM de **J. phoenicea** (ml/L) augmente précisément après 48h d'exposition, contre les larves d'*An. sergentii sergentii*, ainsi que l'EA et EM de **J. phoenicea** (ml/L) contre les larves de *Cs. longiareolata* après 48h et 72h de contact. Enfin l'EM d'*A.herba alba* devient très efficace avec le temps après (48h & 72) d'exposition contre les larves d'*An. sergentii sergentii*.

Plusieurs expériences ont été réalisées sur l'activité larvicide des extraits des plantes contre de nombreuses espèces de moustiques, en comparaison avec celles de **Nabti et al., (2019)** qui a testé les mêmes espèces de plantes qui nous avons testées. Les tests ont concerné les plantes d'une région steppique (Sétif) (*Thymus vulgaris*, *Artemisia herba-alba*, *Juniperus phoenicea*, *Rosmarinus officinalis*, et *Eucalyptus globulus*) et les huiles des cinq plantes ont présenté une activité larvicide à l'égard de *Culiseta longiareolata*, mais l'huile de *Thymus vulgaris* a montré une mortalité élevée de 100 % à une concentration finale de 80 ppm, tandis que les autres huiles ont montré une mortalité de 100 % à 200 ppm. En outre, les concentrations létales (CL50 et CL90) étaient variables, et reste l'HE de *Thymus vulgaris* la plus efficace, suivie de l'HE de *J. phoenicea*; *R. officinalis*; *Ar. herba-alba* enfin *E. globulus*. Les valeurs des concentrations létales obtenues, sont plus élevées par rapport à ceux obtenus dans nos résultats, ce qui montre que les plantes testées dans cette étude, ont efficacité plus importante à l'égard de *Cs.*

longiareolata et *An. sergentii sergentii*. De son côté **Zeghib, (2022)** dans la région de Tébessa, a étudié l'efficacité comparée des extraits des deux plantes médicinales (*R. officinalis* & *A. campestris*) sur *Cx. pipiens*. Les tests toxicologiques réalisés, ont révélé une activité larvicide importante des HEs et l'extrait d'éther de pétrole des deux plantes. Alors que les autres extraits organiques testés (Dichlorométhane (DM), Acétate d'éthyle (AE), Méthanol (ME), l'extrait aqueux (ED) et l'extrait hydroalcolique (HA)) des deux plantes étaient inefficaces. En comparant avec nos résultats, on montre que quel que soit nos extraits (HE, Ext-Meth & Ext-Aq) de ces deux plantes (*A. campestris* & *R. officinalis*), la toxicité est plus supérieure contre *Cs longiareolata* et *An. sergentii sergentii*. En outre, les travaux **d'Aouati, (2016)** ont montré que l'extrait méthanolique de *R. officinalis* était inefficace contre *Cx. pipiens* avec une CL50 de 4809 ppm et une CL90 de 8701 ppm après 24h d'exposition. Par contre l'étude de **Govindarajan, (2011)** en Inde a révélé l'importance de l'activité larvicide de l'HE de *Rosmarinis. officinalis* contre deux espèces des moustiques à savoir : *Anopheles subpictus Grassi, Bignami & Bastianelli, 1899* i avec (CL50= 64,5ppm ; CL90= 113,74ppm) et *Culex tritaeniorhynchus* Giles 1901 avec (CL50= 115,38ppm ; CL90= 211,53ppm). Ainsique **Abdelali et al., (2022)**, ont testé l'effet toxique de trois concentrations (1µl/ml, 5µl/ml et 10µl/ml) d'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* contre les larves du quatrième stade (L4) et les nymphes de l'espèce *Cx. pipien*, et les résultats obtenus montrent que cette huile essentielle a une activité larvicide et pupicide très importante, et leur efficacité est exprimée par les paramètres toxicologiques calculés qui sont successivement (CL50 et CL90), pour les larves 3,278 µl/ml et 7,573 µl/ml, et pour les nymphes 1,213 µl/ml et 2,288 µl/ml, avec rendement de l'huile extraite égale à (1.5%).

Par ailleurs plusieurs études ont concerné l'effet larvicide de certaines plantes sur la même espèce de moustiques étudiée *Cs. Longiareolata*, celle de **Aissaoui et al., (2022)**, qui a estimé la toxicité des extraits méthanoliques de quatre plantes autochtones *Marrubium vulgare*, *Laurus nobilis*, *Eucalyptus globulus*, et *Myrtus communis* contre les larves du quatrième stade de la même l'espèce, les résultats obtenus indiquent une sensibilité larvaire aux quatre plantes testées, avec une relation dose-réponse, et des concentrations létales importantes pour la CL50 et la CL90 étaient respectivement pour *M. vulgare*, *L. nobilis*, *E. globulus*, et *Myrtus communis*. De même l'étude de **Belkhiri et al., (2021)**, de l'effet toxique de six extraits aqueux de plantes appartenant à trois familles botanique à savoir les *Asteraceae* (*Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia* et *Xanthium strumarium*), la famille des *Solanaceae* (*Datura stramonium* et *Solanum elaeagnifolium*) et les *Lamiaceae* (*Salvia verbinaca*), cette étude a montré une activité

larvicide remarquable de chaque plante testée, contre les larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata*, et les taux de mortalité augmente en fonction de la concentration de l'extrait utilisé et du temps d'exposition, avec des concentrations létales (CL50 et CL90) intéressantes : *A. Maritima* (11,65 µg / ml et 52,40 µg/ ml) après 120 h et *D. stramonium* (16,94 µg / ml et 28,36 µg / ml) après 96 h. Alors que les temps létaux LT50% et LT90% ne dépassent pas (0,01 jour à 2,14 jours) à une dose de 219,9 µg / ml de *S. elaeagnifolium* (0,95 jour à 1,34 jour) avec une dose de 160 µg / ml de *H. centifolia*. **Asloum et al., 2021** ont testé trois doses (0.22g/L; 0.4g/L et 0.55g/L), de l'extrait de *R. chalpensis*, contre larves de 4ème stade de *Cs. Longiareolata*, les résultats obtenus montrent que *R. chalpensis* entraîne une mortalité variable selon la concentration utilisée et le temps de traitement. Les concentrations létales (CL50 et CL90) diminuent en fonction de la durée du traitement. Après une journée d'exposition des larves les doses létales la CL50 et la CL90 étaient respectivement de 0,391 g/L et 3,879 g/L. Après 2 jours de traitement les CL50% étaient respectivement de 0,225 g/L et CL90% 2.296 g/L, alors que le quatrième jour elles étaient respectivement de 0,117 g/LCL ; 0,286g/L. Tous ces auteurs montrent d'après leurs résultats obtenus que les plantes étudiées soient prometteuses et peuvent être considérées comme larvicide contre *Cs. longiareolata*, ils pourraient être des bonnes alternatives aux pesticides chimiques, tout en préservant la santé humaine et l'environnement.

De même, les composés testés de la plante *B. officinalis* ont montré une activité larvicide significative contre plusieurs espèces culicidiennes (**Pavela, 2009; El haddad et al., 2018 ; Hazaa et al., 2021**). D'autre part **Ntonga Akono et al., (2022)**, ont prouvé que *An. gambiae* s.l. colonise une gamme variée de gîtes dans les deux sites d'étude, et développe des résistances de types métabolique et génétique vis-à-vis des insecticides recommandés, ce qui nécessite la recherche de molécules alternatives

Les agents de lutte biologique microbiens et invertébrés fournissent donc des services essentiels pour la santé et l'environnement, en réduisant les incidences des organismes nuisibles et des maladies, les dépenses pour les pesticides et leurs menaces. Avec la crise actuelle relative à l'appauvrissement de la biodiversité, l'utilisation des agents de lutte biologique en tant qu'alternative aux pesticides qui soit respectueuse de la biodiversité prend de plus en plus d'importance et requiert beaucoup plus d'attention à tous les niveaux, y compris dans les domaines de la recherche, de l'éducation et de la formation, du financement et de l'élaboration des politiques.

CONCLUSION
&
PERSPECTIVES

Conclusion

Dans cette étude on a contribué de déterminer la taxonomie des espèces de moustiques a été effectuée au sein de deux zones bioclimatiques et géographiquement différentes (Aride vierge : Wilaya de Laghouat Sahara Septentrional de l'Algérie & Humide : El Kala située à l'extrême Nord-est Algérien), au niveau de trois sites différents (Urbain ; Péri-Urbain & Rural), durant une année (Décembre 2018 à Novembre 2019). On a élucidé la présence de 23 espèces culicidiennes, appartenant à deux Sous-familles (Anophelinae et Culicinae) et six genres. Le P.N.E.K est le plus riche en espèce de moustique avec 18 espèces réparties entre six genres. La répartition spatio-temporelle des espèces a révélé une biodiversité Culicidienne importante des sites ruraux, par rapport aux sites urbains et périurbains. De plus l'étude saisonnière de la richesse spécifique et de l'abondance des espèces inventoriées ainsi que, la répartition saisonnière, défini la richesse spécifique avec 14 espèces, au Printemps dans la région aride Laghouat et elle est très élevée avec 14 espèces au niveau du P.N.E.K en Automne. D'autre part l'analyse des paramètres physico-chimique (PH ; T°C ; DBO5 ; MES & Salinité) de l'eau des gîtes larvaires ont montré leur impact sur la répartition spatio-temporelle des larves de moustiques prospectées dans les deux régions.

L'étude systématique indique que les deux régions (El-Kala & Laghouat) héberge des espèces de moustiques, potentiellement vecteurs d'agents pathogènes et qui peuvent causer de réels problèmes de santé humaine et animale (*Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. perexiguus*, *An. sergenti*, *An. multicolor*, *An. labranchae*, *Aedes vexans*). C'est ce qui nous a incité a réalisé des tests larvicides par des Extraits Méthanoliques ; Extraits aqueux et des Huiles Essentielles de quatre plantes médicinales (*Ar. Campestris*; *Ar. herba alba*; *Ros. Officinalis* et *J. phoenicea*), à l'égard de deux espèces des moustiques : la plus abondante *Cs. longiareolata* et le vecteur potentiel dupaludisme *An. sergentii sergentii*. L'enquête ethnobotanique montre que les quatre plantes étudiées ont une importance thérapeutique confirmée par la population locale, en raison des indications phytothérapeutique. Les tests toxicologiques des quatre plantes ont révélé un potentiel larvicide important. L'analyse statistique des valeurs toxicologiques indiquent que les HEs des quatre plantes testées, sont les plus efficace, par rapport aux Extraits Aqueux et aux Extraits Méthanoliques.

A l'avenir, afin de compléter ce travail, il serait intéressant d'aborder les perspectives suivantes :

- Améliorer et approfondir la taxonomie culicidienne de certaines espèces complexes comme le complexe *maculipennis*, complexe *Aedes & Culex pipiens*, à l'aide des techniques moléculaires, comme l'utilisation de la PCR (**Polymerase Chain Reaction**).
- L'abondance d'espèces considérées comme responsables de maladies vectorielles les plus redoutables telles que le paludisme, la fièvre de West-Nile et la fièvre jaune souligne donc le risque élevé d'émergence/réémergence d'agents pathogènes dans les régions d'étude. Cela nécessite l'actualisation annuelle des inventaires de Culicidae dans ces régions, il faut aussi prospecter d'autres stations et établir des surveillances entomologiques annuelles qui nécessitent des études de contrôle des vecteurs (moustiques) avec des dissections des glandes salivaires ou bien d'estomac de l'insecte afin de déterminer l'existence d'agent pathogène.
- L'effet larvicide important des quatre plantes médicinales étudiées, ouvre des perspectives intéressantes pour son application dans la production des bio-insecticides. Nous envisageons de suivre cette étude afin de préciser la nature des composé(s) responsable(s) de cette activité par fractionnement (isolement) mené en parallèle avec les tests biologiques, à l'aide d'une migration (électrophorèse) et l'étude phytochimique approfondie de chaque plante (Purification; identification & caractérisation des composés actifs). Nous envisageons à déterminer l'action additive ou synergique des quatre plantes. La voie donc reste ouverte vers la découverte de nouvelles plantes et par la suite de nouvelles molécules à effet bio-insecticide.
- Il serait très important d'étendre les investigations à d'autres espèces de plantes afin de ressortir leur effet sur plusieurs espèces de Culicidae, il serait également très intéressant d'étudier les mécanismes d'action des extraits et des huiles essentielles sur les larves de moustiques, ainsi que sur la faune non ciblée (la faune associée) qui jouent un rôle très important dans le maintien de l'équilibre des écosystèmes aquatiques.

RESUMES

Résumé :

La présente étude vise à réaliser l'identification taxonomique des espèces de moustiques récoltées à partir de deux zones bioclimatiques et géographiquement différentes, une zone aride vierge la Wilaya de Laghouat, Sahara Septentrional de l'Algérie et une zone humide, située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, El Kala. Plusieurs sites ont été pris en considération (Urbains ; Péri-urbains et Ruraux) durant une année de Décembre 2018 à Novembre 2019. L'étude systématique a concerné tous les individus de Culicidae collectés, ce qui a révélé la présence de 23 espèces appartenant à deux sous familles (Anophelinae et Culicinae). La région d'El-Kala est la plus peuplée en moustiques avec 4 748 individus ont été récoltés, représentée par 18 espèces réparties en six genres : *Aedes* (4 espèces) ; *Anopheles* (1 espèce) ; *Culex* (9 espèces) ; *Culiseta* (2 espèces) ; *Uranotaenia* (une espèce) et *Coquillettidi* (une espèce). A partir de la région de Laghouat 2 844 individus récoltés, répartie en quatre genres et 15 espèces : le genre *Anopheles* avec 5 espèces, qui ont été signalées pour la première fois dans cette région ; le genre *Aedes* avec une seule espèce ; *Culex* avec 7 espèces et *Culiseta* avec 2 espèces).

L'analyse de la composition, l'abondance et la répartition spatio-temporelle des espèces a révélé une biodiversité culicidienne importante des sites ruraux, par rapport aux sites urbains et périurbains. D'autre part, la répartition saisonnière, prouve que le Printemps présente une richesse spécifique plus importante avec 14 espèces pour la zone aride Laghouat, et l'Automne était la saison la plus riche en espèces pour la zone du P.N.E.K. *Culex pipiens* est l'espèce la plus abondante dans la région d'El-Kala au niveau de toutes les stations d'étude, alors que l'espèce *Culex perexiguus* est dominante dans la deuxième station et l'espèce *Anopheles labranchiae* dans la station 4. Dans la région de Laghouat l'espèce *Cs. longiareolata* est la plus abondante et la plus fréquente au sein des différentes stations, suivies par *Culex theileri* puis *An. sergentii sergentii*.

Cependant, on a procédé à une analyse physico-chimique de l'eau des gîtes larvaires pour déterminer l'influence des paramètres abiotiques sur la distribution des moustiques. Les résultats de l'analyse de cinq paramètres (PH ; T°C ; DBO5 ; MES & Salinité), ont montré leur impact sur la répartition spatio-temporelle des larves de moustiques prospectées dans les deux régions. Ce qui a permis de répartir les espèces inventoriées en deux groupes dans la région de Laghouat et en trois groupes dans la région d'El-Kala. Vue l'importance épidémiologique des espèces du genre *Anopheles*, l'analyse de l'eau a déterminé leurs abondances dans des gîtes caractérisés par une eau salée, alcaline, moins chargée en MES et riche en DBO5 et la présence des Algues vertes.

La lutte contre les Culicidae est devenu un intérêt mondial, et la lutte biologique est une méthode alternative qui préserve l'environnement et la faune non visée. On a contribué aux tests larvicides par des extraits (Extraits méthanoliques ; extraits aqueux et des huiles essentielles) de quatre plantes médicinales à savoir : *Ar. campestris*; *Ar. herba alba*; *Ros. Officinalis* et *J. phoenicea*, sur deux espèces des moustiques : *Cs. longiareolata* et *An. sergentii sergentii*.

Comme on a réalisé une enquête ethnobotanique sur les quatre plantes étudiées, qui a montré l'importance thérapeutique confirmée par la population locale, en raison des indications phyto-

thérapeutiques. L'extraction par hydrodistillation, macération et évaporation dans un rotavapeur de la matière sèche (feuilles) de chaque plante, donnent des Huiles Essentielles, des extraits méthanoliques et des extraits aqueux, ayant des rendements qui varient selon les plantes : *Ros. officinalis* a le rendement le plus important de l'HE (1,30%), alors que *Artemisia herba alba* a le rendement le plus élevé de l'extrait méthanolique (8,80%) et de l'extrait aqueux (52,10%).

En fin les tests toxicologiques effectués selon le protocole standard de l'OMS, (1963), ont révélé l'activité larvicide de ces quatre plantes selon les concentrations des doses appliquées, le type de l'extrait (la bioformulation) utilisé prouve que les HEs. des trois plantes testées: *A. campestris*, *R. officinalis*, *J. phoenicea* sont plus efficaces que l'Ext. Aqueux et l'Ext. Méthanolique (à l'exception de la plante *Ar. herba alba* qui n'a présenté aucune différence significative entre les différentes préparations), ainsi que le temps d'exposition (Les taux de mortalité varient de 0% à 100% selon le temps du test 24h, 48h & 72). De plus les résultats obtenus des concentrations létales (CL50 & CL90) et la mortalité moyenne montrent que les quatre plantes testées (*J. phoenicea*, *A. herba alba*, *R. officinalis* et *A. campestris*) sont toutes efficaces, mais les HEs des quatre plantes, dévoilent une activité larvicide importante et variables, sont respectivement: (CL50 : de 2 μ L/L..... à 31.50 μ L) & (CL90 : de 12.02 μ L/L..... à 67.51 μ L/L). De plus l'espèce *An. sergentii sergentii* est plus sensible pour tous les 4 Extraits aqueux testés; pour les HEs de (*J. phoenicea*, d'*A. campestris* & *Ar. herba alba*), et pour les Extraits Méthanolique de *A. campestris* & *A. herba alba*. Alors que l'espèce *Cs. longiareolata* est plus sensible à l'HE de *Ros. officinalis*, et aux Exts. Méthanoliques de *J. phoenicea* & *Ros. officinalis*.

Mots clés : Taxonomie; Bio-écologie; Culicidae; Analyse physico-chimique; Enquête ethnobotanique ; Toxicités.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تصنيف أنواع البعوض التي تم جمعها من منطقتين مختلفتين مناخياً وجغرافياً، منطقة قاحلة عذراء: ولاية الأغواط، الصحراء الشمالية في الجزائر ومنطقة رطبة تقع في أقصى الشمال الشرقي للجزائر: القالة. تم جمع البعوض من عدة مواقع (حضرية وشبه حضرية وريفية) خلال عام واحد من ديسمبر 2018 إلى نوفمبر 2019. وشملت الدراسة التصنيفية جميع الأفراد التي تم جمعها من البعوض والتي كشفت عن وجود 23 نوعاً تنتمي إلى تحت عائلتين (Anophelinae) و(Culicinae)، حيث أن منطقة القالة هي الأكثر وفرة بالبعوض حيث تم جمع 4748 فرداً، ممثلة بـ 18 نوعاً موزعة على ستة أجناس (Aedes: 4 أنواع)؛ Anopheles (نوع واحد)؛ Culex (9 أنواع)؛ Culiseta (2 أنواع)؛ Uranotaenia (نوع واحد) و Coquillettidi (نوع واحد). في حين منطقة الأغواط، فتحتوي على 2844 فرداً موزعة على في أربعة أجناس و 15 نوعاً: Anopheles بـ 5 أنواع (أبلغ عنها لأول مرة في هذه المنطقة)؛ جنس Aedes (نوع واحد فقط)؛ Culex (7 أنواع) و Culesita نوعين

كشفت تحليل كمية الأنواع ووفرتها وتوزيعها المكاني والزمني عن تنوع بيولوجي هام للبعوض في المواقع الريفية مقارنة بالمواقع الحضرية والشبه حضرية. كما أثبت التوزيع الفصلي وجود ثراء نوعي في الربيع بـ 14 نوعاً بالنسبة لمنطقة الأغواط، و الخريف هو الأكثر غناء من الأنواع (14 نوعاً) في منطقة القالة. النوع *Culex pipiens* هو الأكثر وفرة في منطقة القالة على مستوى جميع محطات الدراسة، في حين أن النوع *Culex perexiguus* هو السائد في المحطة الثانية والنوع *Anopheles labranchiae* في المحطة 4. في منطقة الأغواط، النوع *Cs. longiareolata* هو الأكثر وفرة وتردداً في المحطات المختلفة، تليه *Culex theileri* ثم *An. sergentii sergentii*.

كما تم إجراء تحليل فيزيائي-كيميائي للمياه في مواقع التكاثر (مكامن اليرقات) لتحديد تأثير العوامل اللاحيوية على توزيع البعوض. أظهرت نتائج تحليل خمسة خصائص (PH الرقم الهيدروجيني؛ درجة الحرارة؛ الطلب البيولوجي للأكسجين لمدة خمس أيام؛ المواد العالقة في الماء؛ والملوحة) تأثيرها على التوزيع المكاني والزمني ليرقات البعوض التي تم مسحها في المنطقتين. وقد أتاح ذلك تقسيم توزيع الأنواع التي تم جردها إلى فئتين في منطقة الأغواط وثلاث فئات في منطقة القالة. ونظراً للأهمية الوبائية لأنواع جنس الأنوفيليس، فقد حدد تحليل المياه وفرة هذه الأنواع في المواقع التي تتميز بمياه مالحة وقلوية وأقل حمولة بالمواد العالقة وتحتوي على نسبة عالية من الـ BOD5، ووجود كثيف للطحالب الخضراء.

أضحت مكافحة البعوض تولى باهتماماً عالمياً، وتعد مكافحة البيولوجية طريقة بديلة تحافظ على البيئة والحيوانات غير المستهدفة. لهذا أجريت اختبارات مبيدات اليرقات باستخدام مستخلصات (مستخلصات ميثانولية، مستخلصات مائية وزيتية أساسية) لأربعة نباتات طبية وهي: *Ar. herba alba*، *Ar. campestris*، *Ros. officinalis* و *J. phoenicea*. على نوعين من البعوض *An. sergentii sergentii* و *Cs. longiareolata*

تم إجراء استبيان على النباتات الأربعة التي تمت دراستها، مما دل على أهميتها العلاجية التي أكدها السكان المحليون بسبب دلالات العلاج النباتي لها. يعطي الاستخلاص عن طريق التقطير المائي والنقع والتبخير للمادة الجافة (الأوراق) لكل نبتة زيوت أساسية ومستخلصات ميثانولية ومستخلصات مائية، مع اختلاف المردود حسب النبتة: تمتلك نبتة اكليل الجبل أعلى مردود من الزيوت الأساسية (1.30%)، بينما تمتلك نبتة أشيخ أعلى مردود من المستخلص الميثانولي (8.80%) والمستخلص المائي (52.10%).

أخيراً، كشفت الاختبارات السمية التي أجريت وفقاً لبروتوكول منظمة الصحة العالمية المعتمد (1963) عن نشاط مبيد اليرقات لهذه النباتات الأربعة بدلالة التراكيز المختبرة. اثبت نوع المستخلص (التركيبية الحيوية) المستخدم أن الزيوت الأساسية للنباتات الثلاثة التي تم اختبارها: *A. campestris*، *R. officinalis* و *J. phoenicea* أكثر فعالية من المستخلص المائي والمستخلص الميثانولي (باستثناء نبات *Ar. herba alba*، الذي لم يظهر أي فرق كبير بين المستخلصات المختلفة)، وكذلك فترة الاختبار (سجل تفاوت في نسبة الوفيات من 0% إلى 100% حسب وقت الاختبار: 24 ساعة، 48 ساعة و 72 ساعة). كما أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة للتركيزات المميثة (LC50 و LC90) ومتوسط الوفيات أن النباتات الأربعة التي تم اختبارها (*A. campestris*، *R. officinalis*، *A. herba. alba*، *J. phoenicea*) جميعها فعالة، ولكن الزيوت الأساسية لهذه النباتات الأربعة أظهرت نشاطاً كبيراً ومتفاوتاً في إبادة اليرقات بتركيز مميثة مقدر على التوالي ب: (LC50: من 2 ميكرو لتر/لتر..... إلى 31.50 ميكرو لتر) و (LC90: من 12.02 ميكرو لتر/لتر..... إلى 67.51 ميكرو لتر/لتر). بالإضافة إلى ذلك، فإن النوع *An. sergentii sergentii* أكثر حساسية لجميع المستخلصات المائية

الأربعة المختبرة؛ و الزيوت الأساسية لكل من *J. phoenicea* ، *A. compestris* & *Ar. herba alba* ، وللمستخلصات الميثانولية من *A.compestris* & *A.herba alba*. بينما يظهر أن النوع *Cs. longiareolata* أكثر حساسية لزيت *Ros. officinalis* ، وللمستخلصات الميثانولية لكل من *J. phoenicea* و *Ros. officinalis*

كلمات مفتاحية: التصنيف؛ البيو-إيكولوجيا؛ البعوض؛ تحليل فيزيائي-كيميائي؛ استنباط نباتي؛ تسمم.

Abstract:

The present study aims to carry out the taxonomic identification of mosquito species collected from two bioclimatic and geographically different areas: a Virgin Arid zone the Province of Laghouat, Sahara Septentrional of Algeria and a Humid zone, located in the extreme North-East of Algeria, El Kala. Several sites were considered (Urban; Peri-urban; and Rural) during one year from December 2018 to November 2019. The systematic study involved all Culicidae individuals collected, revealing the presence of 23 species belonging to two subfamilies (Anophelinae and Culicinae), with the El-Kala region having the highest mosquito population. A total of 4,748 individuals were collected, represented by 18 species distributed among six genera: *Aedes* (4 species), *Anopheles* (1 species), *Culex* (9 species), *Culiseta* (2 species), *Uranotaenia* (1 species), and *Coquillettidia* (1 species). From the Laghouat region, 2,844 individuals were grouped into four genera and 15 species: *Anopheles* with 5 species (reported for the first time in this region), the genus *Aedes* (only one species), *Culex* (7 species), and *Culiseta* (2 species).

Analysis of species composition, abundance and spatio-temporal distribution revealed significant culicid biodiversity at rural sites compared to urban and peri-urban sites. On the other hand, seasonal distribution showed that Spring was the most species-rich season, with 14 species in the Laghouat arid zone, while Autumn was the most species-rich season in the P.N.E.K. zone. *Culex pipiens* was the most abundant species in the El-Kala region at all study stations, while *Culex perexiguus* was dominant at the second station and *Anopheles labranchiae* at station 4. In the Laghouat region, *Cs. longiareolata* was the most abundant and frequent species across the different stations, followed by *Culex theileri* and *An. sergentii sergentii*.

However, a physico-chemical analysis of the water in the breeding sites was carried out to determine the influence of abiotic parameters on mosquito distribution. The results of the analysis of five parameters (PH ; T°C ; DBO5 ; MES & Salinity), showed their impact on the spatio-temporal distribution of mosquito larvae surveyed in the two regions. This enabled us to divide the species inventoried into two groups in the Laghouat region and three groups in the El-Kala region. Given the epidemiological importance of species of the *Anopheles* genus, water analysis determined their abundance in deposits characterized by saline, alkaline water, less changed in MES and with a high level of BOD5, and the presence of green algae.

Controlling Culicidae has become a worldwide interest, and biological control is an alternative method that preserves the environment and non-target fauna. Larvicidal tests were carried out using extracts (methanolic extracts; aqueous extracts and essential oils) of four medicinal plants, namely: *Ar. Campestris*; *Ar. herba alba*; *Ros. Officinalis* and *J. phoenicea*, on two mosquito species: *Cs. longiareolata* and *An. sergentii sergentii*.

An ethnobotanical survey was carried out on the four plants studied, showing the therapeutic importance confirmed by the local population, due to the phytotherapeutic indications. Extraction by hydrodistillation, maceration and evaporation in a rota-vapor of the dry matter (leaves) of each plant yields Essential Oils; methanolic extracts and aqueous extracts, with yields varying according to the plant: *Ros. officinalis* has the highest yield of EO (1.30%), while *Artemisia herba alba* has the highest yield of methanolic extract (8.80%) and aqueous extract (52.10%).

Finally, toxicological tests carried out in accordance with the standard WHO protocol (1963) revealed the larvicidal activity of these four plants depending on the concentrations of doses applied. The type of extract(bioformulation) used proves that the essential oils (EOs) of the three tested plants - *A. campestris*, *R. officinalis*, *J. phoenicea* - are more effective than the Aqueous Extract and the Methanolic Extract (except for the plant *Ar. herba alba*, which showed

no significant difference between the different preparations), as well as the exposure time (mortality rates vary from 0% to 100% according to the test duration of 24h, 48h & 72h). Furthermore, the results obtained from lethal concentrations (LC50 & LC90) and mean mortality show that the four tested plants (*J. phoenicea*, *A. herba alba*, *R. officinalis*, and *A. campestris*) are all effective, but the EOs of the four plants reveal significant and variable larvicidal activity, respectively: (LC50: from 2µL/L to 31.50 µL) & (LC90: from 12.02µL/L to 67.51 µL/L). Additionally, the species *An. sergentii sergentii* is more sensitive to all four tested Aqueous Extracts; to the EOs of (*J. phoenicea*, *A. campestris* & *Ar. herba alba*), and to the Methanolic Extracts of *A. campestris* & *A. herba alba*. Whereas the species *Cs. longiareolata* is more sensitive to the EO of *R. officinalis*, and to Methanolic Extracts of *J. phoenicea* & *R. officinalis*.

Keywords: Taxonomy; Bio-ecology; Culicidae; Physicochemical Analysis; Ethnobotanical Survey; Toxicities

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelgaleil, S.A.M., Mohamed, M.I.E., Shawir, MS. and Abou-Taleb, H.K. (2016).** Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of essential oils of different plant species from Northern Egypt on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. *J. Pest. Sci.* 89: 219-229.
- Abdelali S k; Souttou K; Elhassani M K; Aissaoui L 2022.** Chemical composition of *Artemisia herba alba* essential oil and its larvicidal and pupicidal effects against *Culex pipiens* (Diptera; Culicidae). *Creative Commons Attribution 4.0 International License*. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1519765/v1>
- Aboul-Ela M., El-Shaer N., El-Azim T.A, (2005).** Chemical constituents and antihepatotoxic effect of the berries of *Juniperus phoenicea* Part II. *Natural Produc. Sciences*, 11(4), 240-247p.
- Abou El-Hamd H. M., Magdi. A. E., Mohamed E. H., Soleiman E. H., Abeer M.E., & Naglaa S. M. (2010).** Chemical Constituents and Biological Activities of *Artemisia herba alba*. *Academy of Chemistry of Globe Publications*, (4:1): 1-25.
- Achak, N., Romane, A., Abbad, A., Ennajar, M., & Romdhane, M. (2008).** Essential oil composition of *Juniperus phoenicea* from Morocco and Tunisia. *J. Essent. Oil Bear. Plants*, 11, 137-142.
- Adams, R.P., Barrero, A.F., & Lara, A. (1996).** Comparisons of the leaf essential oils of *Juniperus phoenicea*, *J. phoenicea* subsp. eu-mediterranea Lebr.et Thiv. and *J. phoenicea* var. *turbinata* (Guss) Parl. *J. Essent. Oil Res*, 8: 367-37.
- Adams, RP., Pandey, N., Rezzi, S. and Casanova, J. (2002).** Geographic variation in the Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs) of *Juniperus phoenicea*, *J. p.* var. *canariensis*, *J. p.* subsp. *eumediterranea*, and *J. p.* var. *turbinata*. *Biochemical Systematic Ecology* 30: 223-229.
- Adisso, D.N., & Alia, A.R. (2005).** Impact des fréquences de lavage sur l'efficacité et la durabilité des moustiquaires à longue durée d'action de types Olyset Net et Permanet dans les conditions de terrain. Mémoire de fin de formation en. Abm-Ditepac-Uac, Cotonou. 79p
- Adja, A.M., N'goran, E.K., Koudou, B.G., Dia, I., Kengne, P., Fontenille, D., & Chandre, F. (2011).** Contribution of *Anopheles funestus*, *An. gambiae* and *An. nili* (Diptera: Culicidae) to the perennial malaria transmission in the southern and western forest areas of Côte d'Ivoire. *Ann Trop Med Parasitol*, 105(1), 13-24. doi: 10.1179/136485910X12851868780388.
- Adour G. (2001).** Le nouveau système d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières : le seq-eau François Simonet, *Revue de l'Agence de l'Eau*, N°81, 7-8.

- Affi M.S. (1992).** Essential oils of *Thuja occidentalis*, *Thuja orientalis*, *Cupressus sempervirens* and *Juniperus phoenicea* from the Mansoura. *J. Pharm. Sci.*,8 (1), 37-46.
- Agbogidi O.M., 2010.** Ethno-botanical survey of the non-timber forest products in Sapele Local Government Area of Delta State, Nigeria. *African Journal of Plant Science*, 4, 3, 183-189.
- Alaoui Slimani N., Jouid N., Benhoussa A. & Hajji K. (1999).** Typologie des habitats d'Anopheles dans une zone urbaine (Diptera Culicidae). *L'Entomologiste*, 55 (5), 181-190.
- Aissaoui, R., Tahar, A., Saheb, M., Guergueb, L. & Houhamdi, M. (2011).** Diurnal behaviour of Ferruginous Duck (*Aythya nyroca*) wintering at the El-Kala wetlands (Northeast Algeria). *Bull. Ins. Sci. Rabat, Sec. Sci. de la Vie*, 33 (2), 67-75.
- Aissaoui L, Bouaziz A. & Boudjelida H. 2022.** Toxic effect of a certain medicinal plant extracts against larvae of mosquito species *Culiseta longiareolata* (macquart, 1838). *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 19-25.
- Aissaoui L. 2014.** Etude écophysiological et systématique des Culicidae dans la région de Tébessa et lutte biologique. Thèse de doctorat en Biologie animale, Université d'Annaba.
- Alayat, M.S. (2012).** Bio-écologie, position taxonomique et compétence vectorielle du complexe *Culex pipiens* (Diptera ; Culicidae) responsable de la transmission du virus West Nile et du virus de la Fièvre de la Vallée du Rift en Algérie, Département de Biologie, Faculté des Sciences thèse Magistère Université Badji Mokhtar -Annaba- Algérie.
- Alves, J.B., Gomes, R., Rodrigues, J., Silva, A.P., Pinto, A.J., & Sousa C.A. (2010).** Mosquito fauna on the Cape Ver de Islands (West Africa): an update on species distribution and a new finding. *Vect. Ecol*, 35, 307-312.
- Al-Wahaibi, L.H.N., Mahmood, A., Khan, M., & Alkathlan, H.Z. (2020).** Comparative study on the essential oils of *Artemisia judaica* and *A. herba-alba* from Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Amara Korba, R., Alayat, M.S., Bouiba, L., Boukraa, S., Francis, F., Boudrissa, A., Bouslama, Z., Failloux, A.B.& Boubidi, S.C. (2016).** Ecological differentiation of members of the *Culex pipiens* complex, potential vectors of West Nile virus and Rift Valley fever virus in Algeria. *Parasites & Vectors*. 9:455. doi:10.1186/s13071-016-1725-9.

Amara Korba, R., Boukraa, R. & Alayat, M. S. (2015). Preliminary report of Mosquitoes survey at Tonga Lake (North-East Algeria). *Advances in Environmental Biology*. 9 (27):288–94.

Amor, L., (2010). Etude de quelque prioritaire biochimique d'*Artemisia herba alba*. Université de farhat Abbas, Sétif. Thèse de majestère.

Anthony, J.P., Fyfe, L. and Smith, H., (2005). Plant active components - a resource for antiparasitic agents? *TRENDS in Parasitology*, 21,.10

Anupam, G., Nandita, C. & Goutam, C. (2012). Plant extracts as potential mosquito larvicides Indian. *Journal of Medical Research* 135(5): 581–598.

Aouati, A. (2016). Etude de la toxicité de certaines plantes sur les larves de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) Thèse de Doctorat. Université des frères Mentouri de Constantine.

Aouinty Mahari, S Oufara, S., Mellouki, F., & Aouinty, B., (2006). Evolution préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatres moustiques culicidae: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 10 (2), 67-71.

Arroussi, D.E.R., Bouaziz, A. & Boudjelida, H. (2021). Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area Annaba district Northeastern Algeria. *Pol J Entomol*, 90(1): 14-26.

Asloum A.Y., Benhissen S., Habbachi W., Habbachi S., Hedjouli Z., Bouselama Z. & Tahraoui A., (2021). Preliminary inventory and general aspect of the distribution of Culicidae species in the Steppe region (M'Sila, Algeria). *Journal of bioresource managment*, 8(3),79-88.

B

Baba Aissa F. (2011). Encyclopédie des plantes utiles : Flore Méditerranéenne (Maghreb, Europe méridionale) substances végétales d'Afrique, d'orient et d'Occident, *1er édition, El Maarifa, 10 avenue Abderrahmane Mira BEO Alger*, Algérie. 158 -167- 316.

Baba Ahmed R., (2008). Identification des sources d'effluents domestiques et voies de contamination d'une zone humide : cas du lac El Mellah. Thèse de Magister, Université d'El Tarf, 120p.

- Baba-Aissa, A. Hafsi, N. E. H., Hamaidia, K., & Soltani, N. (2022).** Chemical screening, insecticidal and reprotoxic activities of *Tecoma stans* ethanolic leaf extract against the vector mosquito *Culex pipiens*. *Physiological Entomology*, 1-12. doi: 10.1111/phen.12386
- Balenghien T. (2006).** Identification des vecteurs du virus West Nile à la modélisation du risque d'infection en Camargue. *Thèse d'Université en ligne à <http://tel.archives-ouvertes.fr>*
- Barr, D. W., (1982).** Comparative morphology of the genital acetabula of aquatic mites (Acari, Prostigmata): Hydrachnoidea, Eylaoidea, Hydryphantoidea, Lebertioidea. *Journal of Natural History* 16: 147-160
- Barrero Alejandro F, José F Qu lez del Moral, M Mar Herrador, MohamedAksira, Ahmed Bennamara, Said Akkad, Mohamed Aitigri. (2004).** Oxygen a tedditerpenes and other constituents from Moroccan *Juniperus phoenicea* and *Juniperus thurifera* var. *Africana*. *Phytochemistry*, 65(17): (2507–2515).
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., & Kaiser A. (2010).** Mosquitoes and their control. *Springer, Heidelberg, Dordrecht, New York*, 577 p.
- Belabed, B.E. (2010).** La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». Thèse de Doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 199 p.
- Bellakhder J. (1997).** La pharmacopée marocaine traditionnelle. *Éd. Ibis Press, Paris*, 271-272.
- Belkhiri, N., Habbachi, W., Benhissen, S., Frah, N., Asloum, A. Y., & Aberkane, N. (2021).** Inventory and Distribution of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) in the Aures Region (Batna, Algeria). *Journal of Bioresource Management*, 8(4), 3.
- Beloued A. (2014).** Plantes médicinales d'Algérie, Office des Duplications universitaires, Département de Botanique à l'institut national Agronomique. El Harrach, Algérie. 187P.
- Benderradji Laid, Bounar Rabah, Ghadbane Mouloud, Rebbas Khellaf (2021).** Etude ethnobotanique comparative et utilisation thérapeutique de plantes médicinales de djebel djedoug (Hammam Dhalaa) et du milieu oasien (oasis de Boussaâda). *Journal of Oasis Agriculture and Sustainable Development*, 3 (1), 2021, 1-11. p-ISSN: 2724 – 699X e-ISSN: 2724-7007

- Benkhniq O, Ben Akka F, Salhi S, et al (2014).** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète dans la région d'Al Haouz-Rhamna (Maroc). *Anim Plant Sci* 23:3539–68.,
- Benlamdini N, Elhafian M, Rochdi A, et al. (2014).** Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale du Haut Atlas oriental (Haute Moulouya) Maroc. *J Appl Biosci*, 78 :6771–87.
- Bendali-Saoudi, F. (1989).** Etude de *Culex pipiens pipiens* anautogène. Systématique, biologie, lutte (*Bacillus thuringiensis israeliensis* serotype H14, *Bacillus sphaericus* 1953) et deux espèces d'hydracariens. Thèse de Magister en Arthropodologie, Université d'Annaba.
- Bendali-Saoudi, F. (2006).** Etude bioécologique, Systématique et Biochimique des Culicidae (Diptera- Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte Biologique anticulicidienne. Thèse de Doctorat d'Etat en Science Naturelle, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Bendali-Saoudi, F., Djebbar, F., & Soltani, N. (2001).** Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire. *Parasitica*, 57 (4), 255-265.
- Bendjama, A. (2014).** Variation de la qualité des eaux et son impact sur le sol des zones humides du PNEK. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba, 238 p.
- Benhissen S, Habbachi W, Rebbas K, Masna F. (2018).** Entomological and typological studies of mosquito breeding sites (Diptera: Culicidae) in the region of Bousaâda (Algeria). *Bull Roy Soc Sci Lie* 87:11-120.
- Benmalek, L. (2010).** Etude bioécologique des Culicidae des zones urbaines et rural de l'extrême Nord-est Algérien. Lutte bactériologique par le *Bacillus thuringiensis israelensis* sérotype H14 à l'égard des adultes femelles et des larves néonates d'*Anopheles maculipennis* labranchiae.
- Benmalek, L., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2018).** Inventory and distribution of mosquitoes (Diptera; Culicidae) of the Burgas lakes (Northeast Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 838-843.
- Ben Sassi A, Harzallah-Skhiri F, & Aouni M. (2007).** Investigation of some medicinal plants from Tunisia for antimicrobial activities. *J. Pharmaco.Bio.*, 45 80,(5):421-428 p
- Benyacoub, S., Louanchi, N., Baba Ahmed, R., Benhouhou, S., Boulahbel, R., Chalabi, B., Caou, F., Rouag, R. & Ziane, N. (1998).** Plan directeur de gestion du Parc National d'El Kala et du complexe de zones humides (Wilaya d'El -Tarf). 300p.
- Benyacoub, S. (1993).** Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El Kala (Nord Est Algérien). Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne. 273p

- Benyacoub, S., & Chabi, Y. (2000).** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Composition, statut de répartition. Synthèse n: 7 Juin 2000. *Revue des sciences et technologie*, Univ. Annaba.
- Benyacoub, S. (1997).** Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'Elkala. Composition - statut - répartition. Etude individuelle. N° E I 10. Projet Banque Mondiale. 67 p.
- Benyacoub, S., Louanchi, M., Baba Ahmed, R., Benhouhou, S., Chalabi, B., Haou, F., Ziane, N., & Rouag, R. (1998).** Plan directeur de gestion du Parc National d'El-Kala et du complexe de zones humides. Projet. G.E.F- Banque mondiale. 220 p+28 cartes.
- Ben Jemia, M., Tundis, R., Pugliese, A., Menichini, F., Senatore, F., Bruno, M., Kchouk, M.E. and Loizzo, M.R. (2014).** Effect of bioclimatic area on the composition and bioactivity of Tunisian *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Nat. Prod. Res.* 29(3): 213-222.
- Berchi S. (2000).** Bio écologie de *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte. Thèse Doc. Es. Science. Univ. Constantine, 133p.
- Bérenge R S., Goetz P. & Paris M. (2000).** Les plantes médicinales. selection du rearer's digest, Paris, 235p.
- Bezza, L., Mannarino, A., Fattarsi, K., Mikail, C., Abou, L., HadjiMinaglou, F. & Kaloustian, J. (2010).** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba alba* issuep.15
- Blanc M. (2010).** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de limoges, 144p;
- Blot N. & Bernard J.G., (2012).** Atlas illustre des Médicinales et curatives *1er Ed, De Barrée*, La rue des grands R Angustinus 75006 Paris, France. 232p.).
- Bouabida H., Djebbar F. & Noureddine S. (2012).** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie faunistique*, 65, 99-103.
- Boubakeur, F.Z. (2021).** Contribution à l'étude de la biodiversité des zones humides de l'Est Algérien : état des lieux, gestion et valorisation. Thèse de doctorat. Université de Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès. 131p
- Boubidi SC, Gassen I, Khechache Y, Lamali K, Tchicha B, Brengues C, Menegon M, Severini C, Fontenille D, Harrat Z. (2010).** *Plasmodium falciparum* Malaria, Southern Algeria. *Emerging Infectious Diseases.* 16(2):301–303. doi:10.3201/eid1602.090914.
- Boubidi, S.C. (2016).** Surveillance et contrôle du moustique tigre, *Aedes albopictus*

- Boubrouta Iguernlala, (2015).** Contribution à l'étude des arthropodes à intérêt médical et vétérinaire dans la réserve de chasse de Zéralda (RCZ). Thèse. Université de Blida 1. 55p.
- Boudemagh, N. (2015).** Etude bioécologique de quelques espèces de Culicidae et hydracariens dans la région de Collo. Essais de lutte biologique anticulicidienne par les hydracariens. Thèse de Doctorat L.M.D (3ème cycle) en Biologie animale environnementale. Université Badji Mokhtar Annaba.)
- Boudjelida, H., Bouaziz, A., Thomas, S., Smaghe, G., & Soltani N. (2005).** Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pest. Bioch. and Physiol*, 83, 115- 123.;
- Boudemagh, N., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2013).** Inventory of Culicidae (Diptera: Nematocera) in the region of Collo (North-East Algeria). *Ann. Biol. Res*, 4 (2), 94-99.;
- Bouguerra N, Tine-Djebbar and Soltani N. (2019).** Oregano Essential Oil as Potential Mosquito Larvicides. *Transylv Rev J* 27(39): 9612-9619.
- Bourlière F., Barbault, R. (1981).** Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Paris, Masson, Collection Maîtrises de Biologie. In: *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, tome 35, n°4, 1981. p. 674.
- Boudy, P. (1950).** Guide du forestier en Afrique du nord. Tome IV, Paris ,274-278.
- Boudy, P. (1952).** Guide du forestier en Afrique du nord. *Ed. La maison rustique*, Paris, 211-222.
- Bouguerra, N., Tine-Djebbar, F., & Soltani, N. (2019).** Oregano Essential Oil as Potential Mosquito Larvicides. *Transylvanian Review*, 39, 9612-9619.
- Bouguerra, N. (2019).** Efficacité comparée des extraits de deux plantes, *Thymus vulgaris* et *Origanum vulgare* à l'égard d'une espèce de moustique, *Culex pipiens* Composition chimique, Toxicité, Biochimie et Biomarqueurs. Thèse de Doctorat Université de Tebessa. 143p
- Boukhatem (2018).** Contribution à l'inventaire des mousses dans le bassin versant du lac Tonga. Départ. Université Badji Mokhtar Annaba
- Bouguerra N., Tine F. & Soltani N., 2017.** Algerian *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and larvicidal activity against the mosquito *Culex pipiens*. *International Journal of Mosquito Research*, 4(1), 37-42.;
- Bouguerra, N., Tine-Djebbar, F., & Soltani, N. (2018).** Effect of *Thymus vulgaris* L. (Lamiales: Lamiaceae) Essential Oil on Energy Reserves and Biomarkers in *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) from Tebessa (Algeria). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21 (4), 1082-1095.;

- Boukraa S, Raharimalala FN, Zimmer JY, Schaffner F, Bawin T, Haubruge E, & Francis F. (2013).** Reintroduction of the invasive mosquito species *Aedes albopictus* in *Belgium*. *Parasite*. 20(54):1–3. doi:10.1051/
- Boulahbal, R. (1999).** Caractéristiques d'un modèle de peuplement d'oiseaux d'eau nicheurs. Cas du lac Oubeïra et du marais du lac Mellah (parc national d'El-Kala). Thèse de Magistère. Univ. Annaba. 80 p.
- Boumezbeur, A. (1993).** Écologie et biologie de la reproduction de l'Érismature à tête blanche (*Oxyuraleu cocephala*) et du *Fuligule nyroca* (*Aythya nyroca*) sur le Lac Tonga et le Lac des Oiseaux, Est algérien. Thèse de doctorat. Université de Montpellier. 250 p.
- Bouzeriba, L. (2001).** Contribution à la caractérisation du peuplement de Lépidoptères (Hétérocères) dans le parc national d'El-Kala (Nord-Est Algérien). Mémoire d'ingénieur. Univ. Annaba. 41 p.
- Bouzouita N., Kachouri F., Ben Halima M. & Chaabouni M.M. (2008).** Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *J. Soc. Chim. Tunis.*, 10, 119-125.
- Bouyahya, A., Et-Touys, A., Bakri, Y., Ahmed, T., Fella, H., Abrini, J. and Dakka, N. (2017).** Chemical composition of *Mentha pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. *Microb. Pathog.* 111 : 41-49.
- Boyer S. (2006).** Résistance métabolique des larves de moustiques aux insecticides : conséquences environnementales. These pour l'obtention du titre de docteur de l'université Joseph Fourier – Grenoble I Spécialité : Biologie.
- Brunhes, J., Rhaim, A., Geoffroy, B., Angel, G., & Hervy, J.P. (1999).** Les Culicidae d'Afrique méditerranéenne. Logiciel de l'institut de recherche et de développement de Montpellier, France.
- Brunhes, J., Rhaim A., Geoffroy, B., Angel, G. & Hervy, J.-P. (2000).** Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne. Institut de recherche pour le développement IRD. Logiciel d'identification.

C

- Caratini R. (1971).** Bordas encyclopedie. Bodased, Belgique.pp:137-195p.cité par Boudjouref, (2011) Boudjouref, M.,(2011). Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Thèse de magister, Université Ferhat Abbes, Sétif. Pp :40- 45.

- Carnevale P., Robert V., Manguin S., Corbel V., Fontenille D., Garros C R. et Ogier C. (2009).** Les anophèles, Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle. *IRD éditions institut de recherche pour le développement Marseille.* :
- Carnevale, P., & Robert, V. (2009).** Les anophèles : biologie, transmission du plasmodium et lutte antivectorielle, Marseille, 391 p.
- Carrubba, A., La Torre, R., & Zaffuto, G. (2006).** Exploitation of native Labiatae in Sicily (p. 111-116). Présenté à l'International Symposium on the Labiatae: *Advances in Production, Biotechnology and Utilisation* 723 (pp. 111-116).
- Cavaleiro C. et al., (2000).** Intraspecific chemical variability of the leaf essential oil of *Juniperus phoenicea* var. *turbinata* from Portugal. *Biochem. Syst. Ecol.*, 29, 117,51183.
- Chahed S, Belkacem H, Boukhari L, & Brahma K. (2022).** Mosquito survey in Tizi-Ouzou (Algeria Northern): updated inventory with new reports. *Journal of Bioresource Management.* 9(1):41–55.
- Chalchat, Jean-Claude, Cabassu, Patrick, Petrovic, S.D. et al. (2003).** Composition of essential oil of *Artemisia campestris* L. from Serbia. *Journal of Essential Oil Research*, vol.15, no 4, p. 251-253.
- Seghier, H., Tine-Djebbar, F., Loucif-Ayad, W., & Soltani, N. (2020).** Laticidal and Pupicidal Activities of *Petroselinum crispum* Seed Essential Oil on *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* Mosquitoes. *Transylvanian Review*, 47, 14669-14677.
- Clements AN. (1999).** The Biology of Mosquitoes: Sensory Reception and Behaviour. CAB Inter Publ, Eastbourne. 576.
- Cloutier, C., Cloutier, C. (1992).** Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures. In Vincent, C. et Coderre, D. (éd.), La lutte biologique. Boucherville (Québec), *Gaëtan Morin Éditeur*. Chap. 2, 19-88.
- CNEV, (2014).** Utilisation des insecticides et gestion de la résistance, 71p.
- Christos A. Damalas et Ilias G. Eleftherohorinoscite,** « Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators », *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 8, n° 5, 2011, p. 1402-1419. DOI 10.3390/ijerph8051402.
- Croset H., Papierok B., Rioux J.A., Gabinaux A., Cousserans J. & Arnaud D. (1976).** Estimates of larval population of Culicid mosquitoes: comparison of « capture – recapture », « Removal » and « Dipping » methods. *Ecological entomology*, 1, 51-256.

Dane, Y. Mouhouche, F. Canela-Garayoa, R. Delpino-Rius, (2015). A Phytochemical analysis of methanolic extracts of *Artemisia absinthium* L. 1753 (Asteraceae), *Juniperus phoenicea* L. and *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast, 1892 (Cupressaceae) and evaluation of their biological activity for stored grain protection. *Arab. J. Sci. Eng.*),

Daget J. (1976). Les modèles mathématiques en écologie [The mathematical models in ecology]. Paris: Masson; p. 172. France

Dahchar, Z., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2016). Larvicidal activity of some plant extracts against two mosquito species *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4), 346-350.

Dahchar, (2017). Inventaire des Culicidae de la région Ouest de la ville d'Annaba. Etude bio-écologique, systématique des espèces les plus abondantes. Lutte biologique anti larvaire par les extraits aqueux de quelques plantes (Médicinales et toxiques) et le *Bacillus thuringiensis israelensis* H14. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie.

Dajoz R. (1975). Précis d'écologie. 2^{ème} Edition Bordas, Paris. 549p.

Darriet, F. (1998). La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies : l'évaluation de nouveaux insecticides utilisables contre les moustiques en Afrique tropicale. *Karthala Editions. Paris.* 91 p.

Dawidar A.M., Ezmirly S.T. & Abdel-Mogib M. (1991). Sesquiterpenes and diterpenes from *Juniperus phoenicea* L. *Pharmazie*, 46, 472-473.

De Belair, G. (1995). Habitats dulçaquicoles en Numidie algérienne, Communication présentée au colloque scientifique BIO'MES 97, 7^e rencontre de l'ARPE, Dignes-les-Bains.

De Belair, N. (1990). Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre éco-complexes lacustres et marécageux (El Kala est algérien). Thèse de doctorat. Université de Languedoc, Montpellier.

De la Mauritanie Holstein M. H. (1952). Biology of *Anopheles gambiae*. Studies in French West Africa. World Health Organization Monograph Series, Genève, 9, 176.

Derradji-Heffaf F. (2013). Composition chimique et activité insecticide de trois extraits végétaux à l'égard de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Thèse de Magister, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, 92 p.

Derwich, E., Benziane, Z., Taouil, R., Senhadji, O. and Touzani, M., (2010). A Comparative Study of The Chemical Composition of The Leaves Volatil Oil of *Juniperus phoenicea* and *Juniperus oxycedrus*. *Middl-Eas.t J. Res.* 5(5): 416-424.

Diallo, D., (2000). Ethnopharmacological survey of medicinal plants in Mali and phytochemical study of four them: *Glinus oppositifolius* (Aizoaceae), *Diospyros abyssinica* (Ebenaceae), *Entada africana* (mimosaceae), *Trichilia emetica* (Meliaceae). Thèse de doctorat, 221 P, Lausanne (Suisse)

Djamai, S. (2020). Variations Spatiales des Macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (El-Kala – Wilaya El-Tarf). Thèse de Doctorat. Université Mohamed Boudiaf - M'sila. 156 p.

Djamai, S., Mimeche, F., Bensaci, E., & Oliva-Paterna, F.J. (2019). Diversity of macroinvertebrates in Lake Tonga (northeast Algeria). *Biharean Biologist*, 13(1), 8-11.

Djeddar, (2022). Faune culicidienne dans le Nord-Est algérien : inventaire, corrélation avec les facteurs écologiques et essais de lutte. Thèse de Doctorat . Univ. Annaba

Djeddar, H., Boudjelida, H., & Arroussi, D.E.R. (2021). New alternative for culicidian fauna control using *Borago officinalis* and *Drimia maritima* plant extracts. *Biodiversitas*, 22 (12): 5688-5694. doi: 10.13057/biodiv/d221255

Djellab, S., 1993. Inventaire et écologie des Syrphidés (Ordre: Diptera) dans le parc national d'El - Kala. Thèse de Magistère. Univ. Annaba, 184 p.

Dob, T., & Ben Abdelkader, T.,(2005). Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* asso grown in Algeria. *J.Essen. Oil Res.*18: 685-690;

DobT. Dahmane, Chelghoum Chaabane (2008). Chemical Composition of the Essential Oil of *Juniperus phoenicea* L. from Algeria, *The Journal of essential oil research*. 20(1): 15–20.).

Duke J.A. (1998). Phytochemical database. Beltsville, MD, USA: Beltsville Agricultural Research Center.;

Duvallet & Gentile, (2012) a. Protection personnelle antivectorielle antivectorielle *IRD Edition Institut de Recherche pour le Développement*, 49p.

Duvallet & Gentile, (2012) b. Introductions aux Arthropodes nuisant aux vecteurs et aux maladies à transmission vectorielles, pp.44-45.

E

Edwards F. W. 1941. Mosquitoes of the Ethiopian Region, part III: Culicinae adults and pupae, *Brit. Mus. Nat. Hist.*, London, 449 p

El-Sawi, S.A., Motawae, H.M. & Ali, A.M., (2007). Chemical composition, cytotoxic activity and antimicrobial activity of essential oils of leaves and berries of *Juniperus phoenicea* L grown in Egypt. *Afr. J. Tradit. Complementary Altern. Med.*, 4(4), 417- 426.

Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav.Lab. Bot. Géol. Fac. Se.*, 7(11): 3-43.

Esteves A., Almeida A.P.G., Galão R.P., Parreira R., Piedade J., Rodriguez J.C., Sousa C.A. & Novo M.T. (2005). West Nile virus in southern Portugal, Vector-Borne and Zoonotic Diseases, 5 (4), 410–413.

F

Failloux A.B., Vazeille-Falcoz M., Mousson L. & Rodhain F. (1999). Contrôle génétique de la compétence vectorielle des moustiques du genre *Aedes*. *Bull. Soc. Pathol. Exot*; 92(4): 266-273.

Faraj C., Adlaoui E., Saaf N., Romi R., Boccolini D., Di Luca M. & Lyagoubi M. (2004). Note sur le complexe *Anopheles maculipennis* au Maroc. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 97 (4), 293-294.

Faurie, C., Ferra, C. & Medori, P. (1980). Ecologie. (eds.) Baillière J. B., Paris, 1091.

Fekroune, 1998 : Fekroune, K. (1998). Caractérisation des populations des Chiroptères dans le Parc National d'El - Kala (Nord - Est algérien). Mémoire d'Ingénieur. Univ. Annaba. 37p.

Foley H. (1923). Les moustiques du Sahara algérien. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, 1 (3), 295-300.

Fontenille, D. (2010). Vecteurs d'arbovirus et indicateurs de lutte. Caractérisation et contrôle des populations de vecteurs, Département Sociétés et Santé, IRD, Montpellier.

Fontenille, D., Cohuet, A. & Awono-Ambene, P. (2003). Systématique et biologie des anophèles vecteurs de plasmodium en Afrique données récentes. *Med Trop*: 63: 247-53.

G

Gentile & Scabiose, 2012 :De Gentile, L., & Scabiose, C. F. (2012).pédiculoses et piqûres d'arthropodes. *EMC-Mal Infect*, 9(3), 1-12.

Gherib, A. (2018). Contribution à l'étude des oiseaux d'eau nicheurs de l'Arborétum du Tonga (Nord-est algérien). Thèse de doctorat, Université Chadli Bendjedid El Tarf. 218 p.

- Gherib, A., Lazli, A., Naili, S., Bouchecker, A., Ikhlef, D. & Mechaka, N.I. (2021).** Avifauna diversity and phenology in a Ramsar site: Lake Tonga (Northeastern Algeria). *Arxius de Miscel·lània Zoològica.*, 19 : 321–344.
- González, Mikel A., Goiri, Fátima., Cevidanes, Aitor., Hernández-Triana, Luis M., Barandika, Jesús F., García-Pérez, Ana L.(2023).** Mosquito community composition in two major stopover aquatic ecosystems used by migratory birds in northern Spain. *Medical and Veterinary Entomology*. DOI:10.1111/mve.12661. <https://www.researchgate.net/publication/370495751>
- Goodwin W.J. (1961).** A list of the mosquitoes of Lybia. *Mosquito News*, 21 (2), 106-109.
- Guerfi, S. (2019).** Evaluation spatio-temporelle physicochimique et biologique des zones humides du PNEK (Nord-est Algérien). Thèse de Doctorat. Université de Chadli Bendjedid, El Tarf. 247 p.
- Guilet P., Chandre F. & Mouchet J. (1997).** L'utilisation des insecticides en santé publique : état et perspectives. *Medical malpractice infection*, 27(25), 525-527.
- Guillaumot, L. (2006).** Les moustiques et la dengue. Institut Pasteur de Nouvelle Calédonie. 15 p. Article. Site : Institut Pasteur.

H

- Haluk, J.P. & Roussel, C. (2000).** Caractérisation et origine des tropoloneses ponsables de la durabilité naturelle des Cupressacées. Application potentielle of Pharmaceutical Education p120.
- Hamad MAH & Aisha MRA., (2017).** Separarion and Identification the Speciation of the Phenolic Compounds in Fruits and Leaves of Some Medicinal Plants (Juniperus phoenicea and Quercus coccifera) Growing at Al –Gabal Al –Akhder Region (LIBYA). *Indian J of Pharmaceutical Education and Research.*;51(3) Suppl: S299-303.
- Hamaidia H. & Berchi S. (2018).** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Souk-Ahras (Algérie). *Entomologie Faunistique*, 71, 1-8.
- Hamaidia K. & Soltani N., 2014.** Laboratory Evaluation of a Biorational Insecticide, Kinoprene, against *Culex pipiens* Larvae: Effects on Growth and Development. *Annual Research & Review in Biology*, 4(14), 2263-2273.
- Hammadi D., Boubidi S.C., Chaib S.E., Saber A., Khechache Y., Gasmi M., & Harrat Z. (2009).** Le paludisme au Sahara algérien. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 102 (3), 185.

Harbach RE, Knight KL. (1980). Taxonomists' glossary of Mosquito Anatomy. *New Jersey: Plexus Publ;*

Harbach R.E. (1988). The mosquitoes of the subgenus *Culex* in South-Western Asia and Egypt (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute*, 24 (1), 1-240.

Harwood R.F. & James M.T. (1979). *Entomology in Human and Animal Health*. 7th edition, New York, MacMillan, 548 pp.

Hassaine K. (2002). Bioécologie et biotypologie des Culicidae (Diptera: Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Biologie des espèces les plus vulnérantes (*Ae. caspius*, *Ae. detritus*, *Ae. mariae* et *C. pipiens*) dans la région occidentale algérienne. Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, 191 pp;

Heinz-R. Köhler1, Rita, « Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond? », *Science*, vol. 341, n° 6147, 16 août 2013, p. 759-765

Himmi, O., Dakki, M., Trari, B., Elagbani, M.A. (1995). Les Culicidae du Maroc. Clés d'identification avec données biologiques et écologiques. *Trav. Inst. Sci., Zool.*, 44, Rabat : 50 p.

Himmi, O. (2007). Les Culicidae (Insectes, Dipteres) du Maroc: Systématique, Ecologie et Etudes Epidemiologiques Pilotes. Thèse de doctorat d'état en Biologie spécialité ecologie. Univ. Mohamed V- Agdal, Faculté des sciences Rabat.

Houmani, M., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2023). Impact of physicochemical parameters of water on the biodiversity of the invertebrate fauna from Echatt Lake, North-east Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(1).

Hubalek Z. & Halouzka J. (1999). West Nile Fever, a reemerging mosquito-borne viral disease in Europe. *Emerging Infectious Diseases*, 5, 643-650.).

Husson, C., Aguayo, J., Revellin, C., Frey, P., Ioos, R., & Marçais, B. (2015). Evidence for homoploid speciation in *Phytophthora alni* supports taxonomic reclassification in this species complex. *Fungal Genetics and Biology*, 77, 12-21.

I

Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). R : A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*. 5 (3), 299-314. <https://doi.org/10.2307/1390807>).

J

J.F. Trape, E. Lefebvre-Zante, F. Legros, G. Ndiaye, H. Bouganali, P. Druilhe, et al.

Jamaleddine, (2010) Les feuilles

Joleaud L., (1936). Etude géologique de la région de Bône et la calle. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, Imp. Typo. Litho et Cie, Alger, 2ème Série, Strat., N° 12, 185 p., 4 pl., 25 Fig. et Tab.

Jordan, M.J., Lax, V., Rota, M.C., Loran, S. and Sotomayor, J.A. (2013). Effect of the bioclimatic area on the essential oil composition and antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* L. Food Control. 30: 463e468.

Jolivet, P. (1980). Les Insectes et l'homme. Insecte d'importance médicale. Masson. Edspestic. Sci, 55, 909-918.

K

Kadid, Y. (1989). Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. Mémoire d'Ingénieur d'état en agronomie INA, Alger.

Kerbouche L., (2010). Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de quelques plantes des familles de labiacées et de cupressacées, Thèse de Magister en science Agronomique, Ecole Nationale Supérieure Agronomique –El Harrach, Alger. 76p.

Khaznadar M., Vogiatzakis I. N., Griffiths G. H., (2009). Land degradation and vegetation distribution in Chott El-Beida wetland, Algeria - Journal of Arid Envir. 73: 369-377.

Kherifi.W, Kherici-Bousnoubra.H, (2012). Evolution saisonnière de la qualité microbiologique des eaux du lac mellah (nord-est algérien). *Rev. Sci.pp.* 109-118.

Kilpatrick A.M., Kramer L.D., Campbell S.R., Alleyne E.O., Dobson A.P. & Daszak P. (2005). West Nile virus risk assessment and the bridge vector paradigm. *Emerg Infect Dis.* 11(3): 425-429.

Kirkpatrick B.A.F.E.S. (1925). The mosquitoes of Egypt. Government Press, Cairo, 224 pp, 144 figures, 1 carte.

Knight K.L. & Stone A. (1977). A catalog of the mosquitoes of the world. Entomological Society of America, Thomas Say Foundation, Maryland, 621 pp.

Krida G., Bouattour A., Rodhain F. & Failloux A.-B. (1998). Variability among Tunisian populations of *Culex pipiens*: genetic structure and susceptibility to a filarial parasite, *Brugia pahangi*. *Parasitology research.* 84(2): 139.

Kundan S., and Anupam S. (2010). The Genus *Artemisia*: A Comprehensive). (Kundan Singh Bora & Anupam Sharma (2011) The Genus *Artemisia*: A Comprehensive Review, Pharmaceutical Biology, 49:1, 101-109, DOI: 10.3109/13880209.2010.497815 l'original

L

Laboudi M., Sadak A., Ouahabi S., Boccolini D. & Faraj C. (2014b). Molecular characterization of *Anopheles maculipennis* complex (Diptera: Culicidae) in Northern Morocco. *Faunistic Entomology*, 67, 37-42.),

Laboudi M., Sadak A., & Faraj C. (2014a). Essai préliminaire d'élevage d'*Anopheles labranchiae*, vecteur du paludisme au Maroc. *Revue Mondiale de la Recherche Biologique*, 6 (1), 10-15

Lafri I, Bitam I, Beneldjouzi A, Ben Mahdi H (2014). An inventory of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Algeria. *Bull Soc zool Fr.*, 139(1-4): 255-261.

Lane P. R. et Crosskey R. W., (1993). Medical insects and arachnids, Chapman and Hall, London. 723p.

Lazli, A. (2011). Contribution à la connaissance de l'écologie et de la biologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyuraleucocephala* et du Fuligule nyroca *Aythyanyroca* au lac Tonga. Thèse de doctorat, Université de Béjaia. Algérie.

Lazli A, Beldi M, Ghouri L, Nouri NH. 2019. Étude ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales dans la région de Bougous (Parc National d'El Kala, - Nord-est algérien). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 88:22-43.

Lecollinet Sylvie, Fontenille Didier, Pages Nonito 2020. Linné, C. (1758). *Systema naturae per regna tria naturae*. Edition 10. Vol. 1. Holmiae: 824p.

Lecollinet, S., Fontenille, D., Pagès, N., & Failloux, A. (2022). *Le moustique, ennemi public n° 1 ? (French Edition)* (1st ed.). Quae.

Linton 2003 : Yvonne-Marie Linton, Lisa Smith, George Koliopoulos, Anna Samanidou-Voyadjoglou, Athanassios K. Zounos and Ralph E. Harbach. 2003. Morphological and molecular characterization of *Anopheles (Anopheles) maculipennis* Meigen, type species of the genus and nominotypical member of the Maculipennis Complex. *Systematic Entomology* (2003)28, 39±55#2003 *The Royal Entomological Society*39

Louah A. (1995). Écologie des Culicidae (Diptera) et état du paludisme dans la Péninsule de Tanger. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, 266 pp.

Louah A., Ramdani M., Saoud Y. & Mahjour J. (1995). Biotypologie de la faune culicidienne de la péninsule tingitane. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 19, 93-102.;

Loucif, K., Neffar, S., Menasria, T., Maazi, M.C., Houhamdi, M. & Chenchouni, H. (2020). Physico-chemical and bacteriological quality assessment of surface water at Lake Tonga in Algeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management.*, 13, 100-284.

Louis P., Boulevard P. et Raffelstrasse S., (2010). Plantes médicinales, Alpen, Tilier 45012 Paris, France.118p.

Loughégnon, O.T., Gbesso G. H. F. et Codjia, J.T.C., (2015). Diversité et formes d'utilisations des plantes médicinales vendues sur les marchés de la commune d'Ouidah au sud du Bénin. *Revue de géographie du laboratoire Leïdi* – ISSN 0851 – 2515 –N°13. 263- 281.

M

Maatooq, G.T., El-Sharkawy, S.H., Afifi, M.S., Risazza, J.Pn., (1998). Flavonoid From Cupressaceae Plants. *Natural Product Sciences*. 4(2) : 9-14;

Mahmoudi K, Bendali-Saoudi F, Soltani N. (2022a). Do water physicochemical parameters explain richness and phenology of aquatic beetles (Coleoptera) in Tonga Lake (Northeast Algeria)? *Oriental Insects*. 57(1):1–24. doi:10.1080/00305316.2022.2033335.

Mahmoudi K, Bendali-Saoudi F, Soltani N. (2022b). Potential predation of *Cyclops fuscus* Jurine, 1820 (Crustacea Copepoda) against two mosquito species *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 and *Culiseta longiareolata* Macquart, 1838 (Diptera Culicidae). *Biodiversity Journal*. 13(4):805–812. Doi : 10.31396/Biodiv.Jour.2022.13.4.805.812

Mahmoudi, 2022) Mahmoudi, K. (2022). Etude bioécologique des Culicidae et de la faune associée au niveau du lac Tonga. Lutte biologique (plantes et prédation) de quelques espèces inventoriées. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba

Main BJ, Everitt A, Cornel AJ, Hormozdiari F and Lanzaro GC. (2018). Genetic variation associated with increased insecticide resistance in the malaria mosquito *Anopheles coluzzii*. *Parasitology* 148: 225-234.

Mansouri, M. (2015). Inventaire des Hydrachnidia au Nord-Est Algérien et dosage de la GST au niveau du Lac des Oiseaux. Toxicité de biocides : Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et des extraits aqueux végétaux sur les espèces non ciblées : les Hydrachnidia et les Mollusques d'eau douce. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba, Algérie.

Maissiat J., Jean-Claude Baehr J.C. et Picaud J . L. (2005). Biologie animale (invertébrés). 2ème édition Dunod, Paris.239p.

Mansour S. (2014). Evaluation de l'effet anti inflammatoire de trois plantes médicinales : *Artemisia absinthiu* L , *Artemisia herba Alba* Asso et . Etude in vivo- .24,105.).

Matile L. (1993). Les diptères d'Europe occidentale. Tome I, Societe Nouvelle des Editions Boubee, Paris. 439p.

- Mansour S. (2014).** Evaluation de l'effet anti inflammatoire de trois plantes médicinales : *Artemisia absinthiu* L, *Artemisia herb a Alba* Asso et *Hypericum scarboides* . Etude in vivo-24,105.).
- Martinet JP, Ferté H, Failloux AB, Schaffner F, Depaquit J. (2019).** Mosquitoes of North-Western Europe as Potential Vectors of Arboviruses: A Review. *Viruses*. 2019;11(11). (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
- Marting N., Dessay N., Yaka P., Toure O., Sultan B., Rebaudet S., Broutin H., Piarroux R., Chiapello I., Sagara I. & al., 2012.** Le climat, un facteur de risque pour la santé en Afrique de l'Ouest. Hal. La météorologie-spécial, AMMA.
- Matubi E M, Bukaka E, Bakambana LuembaT, Situakibanza H, Sangaré I, Mesia G, Mumba Ngoyi1 D, Kalemba Maniania N, Akikwa C N, Basilua Kanza J P, Jean-Muyembe Tamfum J J, Bongosudi J N(2015).** Détermination des paramètres bioécologiques et entomologiques d'*Anopheles gambiae* sl dans la transmission du paludisme à Bandunduville, République Démocratique de Congo. *Pan African Medical Journal*. 2015; 22:108. doi:10.11604/pamj.2015.22.108.6774.<http://www> - ISSN: 1937- 8688
- Mazur, M., Boratynska, K., Marcysiak, K., Gomez D., Tomaszewski, D., Didukh,J., and Boratynski, A.,(2003).** Morphological variability of *Juniperus phoenicea* from three distant localities on Iberian Peninsula. *Acta Asocietatis Botanicorum Poloniae*. 72 (1): 71-78p.
- Melanie, M., Perini, D., Filegheddu, R. & Binelli, G., (2006).** Genetic Variation in Five Mediterranean Populations of *Juniperus phoenicea* as Revealed by Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers . *Annals of Botany* .97: 299-304,
- Merabeti I. & Ouakid M.L., (2011).** Contribution à l'étude des moustiques (Diptera : Culicidae) dans les oasis de la région de Biskra (nord-est d'Algérie). Actes Du Séminaire International Sur La Biodiversité Faunistique En Zones Arides et Semi-Arides, 185-189.
- Merabti B., Lebouz I., Adamou A E et Ouakid M L., (2015).** Effet toxique de l'extrait aqueux des fruits de *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad sur les larves des Culicidae.*Jour. Vol 5 N° 2.RBRS*. (10) :120-130.
- Messikh, S. (2016).** Etude Bio-écologique des Hydracariens de la région d'El Kala. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba. Algérie.

Messai N, Berchi S, Boulknafd F, Louadi K. (2010). Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie) [Systematic inventory and biological diversity of Culicidae (Diptera: Nematocera) in the Mila region (Algeria)]. *Entomologie faunistique*. 63:203–206. French.

Miller S.A et Harley J.P.Zoologie. (2015). 9ème édition de Boeck supérieur, Louvain-la-Neuve. 621p.

Mouchet J., Carnevale P., Coosemans M., Julvez J., Manguin S., Richard-Lenoble D. & Sircoulon J. (2004). Biodiversité du paludisme dans le monde. John Libbey Eurotext Editions, Paris, 428 p.

Moulinier, C. (2003). Parasitologie et mycologie médicales, éléments de morphologie et biologie. Cachan. EM inter. 562-587.

Moussiégt O. (1983). Les moustiques de Tunisie, leur répartition, bibliographie. Documents EID, Montpellier, France, 47, 3-29.

Moutailler S., Krida G., Schaffner F., Vazeille M. & Failloux A.B. (2008). Potential vectors of Rift Valley fever virus in the Mediterranean Region. *Vector-Born and Zoonotic Diseases*. 8, 749–753.

Mucciarelli, M., & Maffei, M.,(2002). Artemisia: Introduction to the Genus Vol. 18 Ed Colin W.W. in Taylor & Francis. Ed. London and New York. pp: 10-16.

Muller Y., (1985). L'avifaune forestière nicheuse des Vosges du Nord. Sa place dans le contexte médio – européen. Thèse Doctorat Sci., Univ. Dijon, 318 p.

Murgue, B., Murri, S., Triki, H., Deubel, V., Zeller, H.G. (2001). West Nile in the Mediterranean basin: 1950-2000. *Ann NY Acad Sci* 951: 117-126.;

Mares_et_moustiques.pdf [Internet]. [cité 5 févr 2020]. Disponible sur: https://www.pram-grandest.fr/medias/fichiers/mares_et_moustiques.pdf.

N

Nabli M. A. (1989). Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes, tome I. Ed MAB (Faculté des sciences de Tunis) ; 186-188 p.

Nabti I., Bounechada M. 2019- Mosquito biodiversity in Setif region (Algerian high plains), density and species distribution across two climate zones. *Faunistic entomology* 72: 161-176.

Nabti, I. (2020). Inventory, Biology and Ecology of Culicidae (Diptera) of Setif region and control tests using plant extracts doctoral thesis Université Ferhat Abbas Sétif 1.1pp.

Neveu-Lemaire. (1923). L'évolution de la classification des Culicidae. Annales de Parasitologie, T.1(1).18 p.

Ntonga Akono P, Serge Mbongue R, Foko Dadjji G A, Tsila H G, Enama L O, Nopowo Takap F, Ekoko W E, MBIDA J A (2022). Habitats larvaires d'*Anopheles gambiae* s.l. et mécanismes de résistance à Kribi (Cameroun). *Med Trop Sante Int.* 2022 Dec 31; 2(4): mtsi.v2i4.2022.284. DOI : 10.48327/mtsi.v2i4.2022.284.. <http://revuemtsi.soiete-mtsi.fr/>

O

OMS. (1963). Méthode à suivre pour déterminer la sensibilité ou la résistance des larves de moustiques aux insecticides. In Résistance aux insecticides et lutte contre les vecteurs. Treizième rapport du comité OMS d'experts des insecticides, Genève, Organisation Mondiale de la Santé, Sér. Rapp. Techn, 265, 55-60.

OMS. 2016. Procédures d'essai pour la surveillance de la résistance aux insecticides chez les moustiques vecteurs du paludisme, (Deuxième édition) (Mise à jour juin 2018). pp. 1-48. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250677/9789241511575-eng.pdf>

OMS (Organisation mondiale de la santé). (2018). Moniteur épidémiologique hebdomadaire. Volume 11;numéron°41;14octobre2018.https://applications.emro.who.int/docs/epi/2018/Epi_Monitor_2018_11_41

OMS 2020(Organisation mondiale de la santé). 2020.Éthique et maladies à transmission vectorielle : orientations de l'OMS.Organisation mondiale de la santé. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/336075>. Data analysis. Ggplot2. Cham : Springer ; p. 189-201.

Ouchtati, N., 1993. Contribution à l'inventaire et à l'étude des Brachinidés, Carabidés et Cicindelidés de la région d'El-kala. Mémoire de Magistère. Univ. Annaba.93 p.

Ould Lemrabott MA, Le Goff G, Kengne P, Ndiaye O, Costantini C, Mint Lekweiry K , Ould Ahmedou Salem MS, Robert V, Basco L, Simard F et al. 2020.First report of *Anopheles (Cellia) multicolor* during a study of tolerance to salinity of *Anopheles arabiensis* larvae in Nouakchott, Mauritania. *Parasites Vectors.*13:522. doi:10.1186/s13071-020-04400-y.

Ozenda, P. (1977). Flore du Sahara. 2ème Ed. CNRS. Paris, 622 pp.

P

Patz, J.A., Epstein, P.R., Burke, T.A. & Balbus, J.M. 1996- Global climate change and Emerging Infectious diseases. *Jama-Journal Of The American Medical Association* 275: 217-223.

Paoletti & Pimentel 2000. Environmental risks of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control. *J. Agr. Environ. Ethic.*, 12 (3): 279-303.

Perry, N S., Bollen, C., Perry, E K., Ballard, C.,(1911). Salvia for dementia therapy: review of pharmacological activity and pilot tolerability clinical trial, *Pharmacol. Biochem. Behav.*75. 651-659.

Q

Quezel, P. Santa, S., (1963). Nouvelle Flore d'Algérie et de régions Désertiques Méridionales. Tomes I et II. CNRS.

Quezel P., Santa, S.,(1962). Nouvelle flore de l'Algérie et de régions désertiques méridionales.Ed. C.N.R.S, Paris. 11-65-565p.

Okuda, T., Kimura, Y., Yoshida, T., Hatano, T., Okuda, H. and Arichi, S., (1983). Studies on the activities of tannins and related compounds from medicinal and drugs. Inhibitory effects of lipid peroxidation in mitochondria and microsomes of liver. *Chem. Pharm. Bull.* 31:1625-1631.

R

Ramade F, (1984). Éléments d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Mc GrawHill, Paris, 397p;).

Ramade, F. (2003). Éléments d'écologie -Ecologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 690 p. in Naili, 2022

Rameau, J-C., Mansion, D. et Dumé, G., (2008). Flore forestière française : Région méditerranéenne. Institut pour le développement forestier. P 2426.

Ranson H and Lissenden N. 2016. Insecticide resistance in African Anopheles mosquitoes: a worsening situation that needs urgent action to maintain malaria control. *Trends Parasitol.* 32: 187-196.

R Core Team. 2020. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna; [accessed 2021 Nov 12]. www.r-project.org.

Rhattas M., Douira A. & Zidane L. 2016 : Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Parc National de Talassemtane (Rif occidental du Maroc). *Journal of Applied Biosciences*.97:9187

Rehimi N., Soltani N., 2002. Laboratory evaluation of andalin, an insect growth regulator interfering with cuticle deposition, against mosquito larvae. *Rev. Sci. Tech.* 18: 106-110.

Reinert, J.F. (2000). New classification for the composite genus *Aedes* (Diptera: Culicidae: Aedini), élévation of subgenera *Ochlerotatus* to generic rank, reclassification of the other subgenera, and notes on certain subgenera and species. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 16, 175-188.

Rezzi S. et al., (2001). Intraspecific chemical variability of the leaf essential oil of *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* from Corsica. *Biochem. Syst. Ecol.*, 29, 179-188.

Rioux, J.A. (1958). Les Culicides du Midi Méditerranéen. P. Lechevalier, édit, 303 p.;

Rizi, H. (1994). Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction de la Guifelle moustac *Chlidonias hybridus* dans le lac Tonga. Mémoire d'Ingénieur d'état en écologie environnement, Université de Annaba, 163 p.

Rodhain F. & Perez C. (1985). Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Maloine Editions, Paris, 458 pp.

Rodhain F., (2015) –Les insectes comme vecteurs : systématique et biologie Académie

Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2009). L'analyse de l'eau, 9e édition. Dunod (éditeur), Paris, France.1579 p.

Rouag, R., 1999. Contribution à l'inventaire de l'Herpétofaune dans la région d'El -Kala (Nord-Est algérien). Thèse. Magistère. Univ. Annaba. 79 p.

S

Saiki R.K., Gelfand D.H., Stoffel S., Scharf S.J., Higuchi R., Horn G.T., Mullis K.B. & Erlich H.A. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, 239 (4839), 487-491.;

Sinka M.E., Bangs M.J., Manguin S., Coetze M., Mbogo C.M., Hemingway J., Patil A.P., Temperley W.H., Gething P.W., Kabaria C.W. et al. (2010). The dominant *Anopheles*

vectors of human malaria in Africa, Europe and the Middle East: occurrence data, distribution maps and bionomic précis. *Parasites & Vectors*, 4 (1), 89p.

Senevet G., Bernet I., Clastrier I. & Abonnenc E. (1960b). Présence d'Anopheles (*Myzomyia*) d'thali Patton en deux régions de l'Afrique voisines de l'Atlantique, sa répartition géographique dans le continent africain. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 38, 108-111.;

Sarri, D. (2017). Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National d'El Kala et des sites d'intérêts biologique de la région d'El Tarf. Thèse de Doctorat. Université de Ferhat Abbas, Sétif. 240 p.

Schaffner F., Van Borel W. & Coosemans M. (2004). First record of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* in Belgium. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 20 (2), 201-203.

Séguy E. (1923). Remarques sur quelques moustiques (Maroc). *Annales de la Société Entomologique de France*, 205-208.

Séguy E. (1955). Introduction à l'étude Biologique et Morphologique des insectes diptères. Ed. Muséum Nationale, Rio-de- Janeiro, 260 p.

Seltzer P., 1946. Le Climat de l'Algérie. Imp. La Typo-Litho. EEJ.C In 4e, Alger, 219 p.

SensuReid & Knight, 1961; Harbach, 1994), qui a été initialement décrit et nommé à partir de spécimens collectés en Allemagne par Meigen, (1818)(Linton, 2003).

Shaffner, 2004 a Schaffner F., Van Borel W. & Coosemans M. (2004). First record of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* in Belgium. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 20 (2), 201-203.

Shehata M.G., Kenawi M.A., El Said S.M., Beier J.C., Gwads R. & Shaaban M. (1989). *Anopheles sergenti* (Theobald). A potential malaria vector in Egypt. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 64 (1), 72-76.

Smith, B.P. (1983). The potential of mites as biological control agents of mosquitoes, in "Research needs for development of biological control of pest by mites", (M. Hoy, G. Cunningham and L. Knutson, eds.). *Agric. Exp. Stn. Univ. Calif., USA* p79-85.

Smith, B.P., McIver, S.B. (1984). Factors influencing host selection and successful parasitism of *Aedes* spp. mosquitoes by *Arrenurus* spp. *Mites, Can. J. Zool*, 62,1114- 1120.

Soliman, M. M. M., (2006). Phytochemical and toxicological studies of *Artemisia* L. (*Compositae*) essential oil against some insect pests. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 41(3-4): 395-406. Soro, L.C., Grosmaire, L., Ocho-Anin Atchibri).

Southwood TRE. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. 1st ed. Switzerland: *Springer Dorfrecht*; pp. XXIV,524. 06 December 2012. doi:10.1007/978-94-009-5809-8.

Starnes, R.L., Liu C.L., & Marone P.G. (1993). History, use and future of microbial insecticides. *Amer. Entomol*, 39, 83-91.

Stewart, P. (1969). Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Natu., Afr. Nord.*, 59: 23 – 36.

Sukumar, K., Perich, M.J., & Boobar, L.R. (1991). Botanical derivatives in mosquito control: a review. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 7(2), 210-237.

Swadesh, J.K., (2001). HPLC:Practical and Industrial Applications.2eme Ed.,America.459p.
LARSEN K., 1969- *Ann. Clin. Biochem.* 66, 209. Cité par fiche technique de Creatinine de Biomaghreb, FT Fr 24.

T

Taai K et Harbach R. E., 2015.- Systematics of the *Anopheles barbirostris* species complex (Diptera: Culicidae: Anophelinae) in Thailand: The *Anopheles Barbirostris* Complex. *Zoological Journal of the Linnean Society*.174 p 244–264.

Tabbabi A., Boussès P., Rhim A., Brengues C., Daaboub J., Ben-Alaya-Bouafif N., Fontenille D., Bouratbine A., Simard F. & Aoun K. (2015). Larval habitats characterization and species composition of *Anopheles* mosquitoes in Tunisia, with particular attention to *Anopheles maculipennis* complex. *The American Journal of Tropical Medicine and Higiene*, 92 (3), 653-659.

Tabbabi A. & Daaboub J., (2017). Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Tunisia, with Particular Attention to Proven and Potential Vectors: A Review. *Journal of Tropical Diseases & Public Health*. 5, 249.

Team R. **2019:** Integrated Development Environment for R. Boston, MA: RStudio,Inc.; 2019.

Trari, 2017 les moustiques (insectes, diptères) du Maroc : atlas de répartition et études épidémiologiques. Thèse de Doctorat, Université Mohammed V.

Tahraoui, Ch. (2012). Abondance saisonnière des Culicidae dans l'écosystème humide du parc national d'El-Kala. Identification et lutte. Mémoire de Magistère en Biologie Animale Environnementale. Option : Biologieet Ecologie Animale.

Toubal, O., 1986. Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord-Orientale). Cartographie au 1/25000 USTM. Thèse de Doctorat 3ème cycle. Univ. Grenoble.109 p.

Trari, B., & Dakki, M. (2017). Atlas des moustiques (diptera culicidae) du Maroc.Université Mohammed V de Rabat. Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat *Série Zoologie*, n°51.

U

Uphof, 1968 ; Hagar H.H.J.,(1979).Hagers Handbuch des pharmazeutischen Praxis. Berlin, Deutschland: Springer -Verlag; Le Floch E.,(1983). Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne. Radès ville, Tunisie : Imprimerie officielle de la République tunisienne.; **Urquhart, G.M., Armour, J. & Duncan J.L. (1996).**Vector density gradients and the epidemiology of urban malaria in Dakar, Senegal.Veterinary Parasitology, 2° Edition, Oxford: Blackwell sciences, 307 p.

V

Virgo, J., Ruppert, A., Lampert, K.P., Grafe, T.U. et Eltz, T. (2019).The sound of a blood meal: Acoustic ecology of frog- biting midges (*Corethrella*) in lowland Pacific Costa Rica', *Ethology*. Edited by C. Rutz, 125(7), pp. 465–475. doi:10.1111/eth.12871.

W

Wigglesworth, V.B. (1972). The principal of Insect physiology. Chapman and Hill. London, NY.

Y

Yvonne-Marie Linton, Lisa Smith, George Koliopoulos, Anna Samanidou-Voyadjoglou, Athanassios K. Zounos and Ralph E. Harbach.2003. Morphological and molecular characterization of *Anopheles* (*Anopheles*)*maculipennis* Meigen, typespecies of the genus and nominotypical member of the Maculipennis Complex. *Systematic Entomology* (2003)28, 39±55#2003 *The Royal Entomological Society* 39

Z

Zaim, A., El Ghadraoui, L., & Farah, A.,(2012). Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie.* 34(2):127-133p.).

Zeggwagh A, Lahlou Y. et Bousliman Y. 2013. Enquête sur les aspects toxicologiques de la phytothérapie utilisée par un herboriste à Fès, Maroc, *The Pan African Medical Journal*, 14.

Zeghib F, Tine-Djebbar F, Zeghib A, Bachari K, Sifi K, Soltani N.2020. Chemical Composition and Larvicidal Activity of *Rosmarinus officinalis* Essential Oil Against West Nile Vector Mosquito *Culex pipiens* (L.). *TEOP* 2020; 23(6): 1463–1474.

Zeller H.G. & Schuffenecker I. (2004). West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 23(3), 147-156.

Zhiri A., Baudoux D., (2006). Huiles essentielles chymotypées et leurs synergies, ISBN, (4), 68p.

Zirihi, G.N. (2006). Études botanique, pharmacologique et phytochimique de quelques plantes médicinales anti-paludiques et/ou immunogènes utilisées chez les Bété du Département d’Issia, dans l’ouest de la Côte d’Ivoire. Thèse de Doctorat d’Etat, Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences, p126.

Zirihi, G.N., Datté, J.Y., Kra-Adou, K.M., Grellier, P. (2007). Phytochemical and pharmacological studies of the alcoholic extract (MFA) of *Fagara macrophylla* (Oliv.) Engl. (Rutaceae): the chemical structure of the active compound inducing antipaludic activity. *Journal of Chinese Clinical Medicine*, 2 (4), 205-210.

Zitouni, A., Tahar, A., Bouslama, Z. & Houhamdi, M. (2014). Premières données sur la structure et l’écologie des populations de la Foulque macroule *Fulica atra* (Rallidés) dans les zones humides de la région d’El-Kala (Nord-Est de l’Algérie). *Rev. Sci. Technol., Synthèse.*, 28, 25-33.

Zitouni M. et Bendiaf A. 2019. Etude ethnobotanique sur l’utilisation de cinq plantes toxiques dans la région de Bordj Bou Arreridj (mémoire) Spécialité : Toxicologie Université Mohamed El Bachir El Ibrahim- B.B.A. p30

DSA: Direction des Services Agricoles de Laghouat, 2021.

CDF: Conservation des Forêts de Laghouat, 2021.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'Enquete Ethnobotanique

Artemisia campestris L

Fiche d'enquête

SECTION A				
Date :	Lieu :المكان			
Sexe : الجنس	Masculin ذكر <input type="checkbox"/>	Féminin أنثى <input type="checkbox"/>		
Age : العمر	[18-25] <input type="checkbox"/>	[26-35] <input type="checkbox"/>	[36-60] <input type="checkbox"/>	plus de 60 ans <input type="checkbox"/>
Niveau Educatif : analphabète	primaire	secondaire <input type="checkbox"/>	lycée <input type="checkbox"/>	universitaire <input type="checkbox"/>
Profession : <input type="checkbox"/>	Chômage <input type="checkbox"/>	étudiant <input type="checkbox"/>		

SECTION B			
Connaissez-vous la Dgouft ? هل تعرف توفت	Oui نعم <input type="checkbox"/>	non لا <input type="checkbox"/>	
1. Source d'information : media الاعلام <input type="checkbox"/>	medecin طبيب <input type="checkbox"/>	Tradipraticiens العشاب <input type="checkbox"/>	مجرب exercé <input type="checkbox"/>
2. Sous quel nom connaissez-vous la Dgouft? تحت اي اسم تعرف توفت?			
Dgouft <input type="checkbox"/>	Asteraceae <input type="checkbox"/>	Artemisia campestris L. <input type="checkbox"/>	Autres noms <input type="checkbox"/>
3. Est-ce que vous l'utilisez? هل تستعملها?	Oui نعم <input type="checkbox"/>	non لا <input type="checkbox"/>	

Artemisia herba Alba

Fiche d'enquête

SECTION A				
Date :	Lieu :المكان			
Sexe : الجنس	Masculin ذكر <input type="checkbox"/>	Féminin أنثى <input type="checkbox"/>		
Age : العمر	[18-25] <input type="checkbox"/>	[26-35] <input type="checkbox"/>	[36-60] <input type="checkbox"/>	plus de 60 ans <input type="checkbox"/>
Niveau Educatif : analphabète	primaire	secondaire <input type="checkbox"/>	lycée <input type="checkbox"/>	universitaire <input type="checkbox"/>
Profession : <input type="checkbox"/>	Chômage <input type="checkbox"/>	étudiant <input type="checkbox"/>		

SECTION B			
Connaissez-vous la Chih ? هل تعرف الشيح	Oui نعم <input type="checkbox"/>	non لا <input type="checkbox"/>	
1. Source d'information : media الاعلام <input type="checkbox"/>	medecin طبيب <input type="checkbox"/>	Tradipraticiens العشاب <input type="checkbox"/>	مجرب exercé <input type="checkbox"/>
2. Sous quel nom connaissez-vous la Chih? تحت اي اسم تعرف الشيح?			
Chih <input type="checkbox"/>	Asteraceae <input type="checkbox"/>	Artemisia herba alba Asso <input type="checkbox"/>	Autres noms <input type="checkbox"/>
3. Est-ce que vous l'utilisez? هل تستعملها?	Oui نعم <input type="checkbox"/>	non لا <input type="checkbox"/>	

Juniperus phoenicea.

Fiche d'enquête

SECTION A				
Date :	Lieu :المكان			
Sexe : الجنس	Masculin ذكر <input type="checkbox"/>	Féminin أنثى <input type="checkbox"/>		
Age : العمر	[18-25] <input type="checkbox"/>	[26-35] <input type="checkbox"/>	[36-60] <input type="checkbox"/>	plus de 60 ans <input type="checkbox"/>
Niveau Educatif : analphabète	primaire	secondaire <input type="checkbox"/>	lycée <input type="checkbox"/>	universitaire <input type="checkbox"/>
Profession : <input type="checkbox"/>	Chômage. <input type="checkbox"/>	étudiant <input type="checkbox"/>		

SECTION B				
Connaissez-vous la Arar ? هل تعرف العرعار ?		Oui نعم <input type="checkbox"/>	non لا <input type="checkbox"/>	
1. Source d'information : media الاعلام <input type="checkbox"/>		medecin طبيب <input type="checkbox"/>	Tradipraticiens العشاب <input type="checkbox"/>	مجرب exercé <input type="checkbox"/>
2. Sous quel nom connaissez-vous la Arar ? تحت أي اسم تعرف العرعار ?				
Arar <input type="checkbox"/>	Cupressaceae <input type="checkbox"/>	Juniperus phoenicea L. <input type="checkbox"/>	Autres noms <input type="checkbox"/>	
3. Est-ce que vous l'utilisez ? هل تستعملها ?		Oui نعم <input type="checkbox"/>	non لا <input type="checkbox"/>	

Rosmarinus officinalis.

Fiche d'enquête

SECTION A				
Date :	Lieu :المكان			
Sexe : الجنس	Masculin ذكر <input type="checkbox"/>	Féminin أنثى <input type="checkbox"/>		
Age : العمر	[18-25] <input type="checkbox"/>	[26-35] <input type="checkbox"/>	[36-60] <input type="checkbox"/>	plus de 60 ans <input type="checkbox"/>
Niveau Educatif : analphabète	primaire	secondaire <input type="checkbox"/>	lycée <input type="checkbox"/>	universitaire <input type="checkbox"/>
Profession : <input type="checkbox"/>	Chômage. <input type="checkbox"/>	étudiant <input type="checkbox"/>		

SECTION B				
Connaissez-vous la Klil, ? هل تعرف الكليل ?		Oui نعم <input type="checkbox"/>	non لا <input type="checkbox"/>	
1. Source d'information : media الاعلام <input type="checkbox"/>		medecin طبيب <input type="checkbox"/>	Tradipraticiens العشاب <input type="checkbox"/>	مجرب exercé <input type="checkbox"/>
2. Sous quel nom connaissez-vous la Klil, ? تحت أي اسم تعرف الكليل ?				
Klil <input type="checkbox"/>	Lamiacées. <input type="checkbox"/>	Rosmarinus officinalis <input type="checkbox"/>	Autres noms <input type="checkbox"/>	
3. Est-ce que vous l'utilisez ? هل تستعملها ?		Oui نعم <input type="checkbox"/>	non لا <input type="checkbox"/>	

Suite de l'enquête ethnobotanique

	4. Partie utilisée le plus souvent						5. utilisation pour						6. source			7. فترة الجني					
	النباتية كاملة entière	Partie aérienne الجزء الهوائي	القسم المزهرية Sommités fleuries	Feuille الأوراق	Racines الجذور	أخرى Autres	علاجي Thérapeutique	طبخ Culinaire	بيطري vétérinaire	غذائي Fouragère	تجميل Cosmétique	أخرى Autre utilisation	استعمالات أخرى	Herboriste المشاب	الجمي Cueille (plante spontanée)	التربية Culture (Plante cultivée)	الصيف été	الخريف automne	الشتاء hiver	الربيع printemps	
10. Pourquoi utiliser la plante ?	8. Comment Utilisez-vous la plante ?						9. Forme d'utilisation avec la quantité ()						11. Ses contre-indications.			12. عن طريق par voie		13. Prix (100g)			
.....	مجمدة	عصا	وحيدة	en association avec مشتركة		صبغة	مغلي	رقع في الساخن	مسحوق	قوامها لذيذ متفوح	مستنشق	أخرى				داخلي	خارجي				
.....	
.....	
.....	

Annexe 2 : Indices Ecologiques

Tableau 1': Indices écologiques des espèces inventoriées au niveau de 11 stations de la région de Laghouat (Décembre 2018 – Novembre 2019).

Facteur	S	H'	D	J'
Hiver	8	1.355	0.619	0.298
Printemps	14	1.706	0.727	0.275
Été	13	2.117	0.845	0.329
Automne	6	1.216	0.592	0.331
St_1	1	0	0	Na
St_2	1	0	0	Na
St_3	3	0.9022	0.551	0.501
St_4	13	2.248	0.871	0.339
St_5	7	1.675	0.757	0.389
St_6	1	0	0	Na
St_7	1	1.266	0	Na
St_8	5	0	0.645	0.411
St_9	1	0	0	Na
St_10	1	0	0	Na
St_11	1	0	0	Na

Traitement statistique des données

Variation inter-variables : Matrice de corrélation de Spearman

Tableau 2' : Variation inter-variables : Matrice de corrélation de Spearman des descripteurs physico-chimiques et biologiques (08 variables).

	pH	DB05	T	Sal	MES	AED	CULE.hor	CULE.pip	CULE.ant	CULE.the	CULE.des	CULE.lat	CULE.bru	CULI.lon	CULI.ann	ANO.mul	ANO.ser	ANO.lab	ANO.d.tha	ANO.cin
pH		0.1594	0.8231	0.1975	0.0424	0.6915	0.6721	0.9052	0.7538	0.3597	0.6760	0.8223		0.8272	0.6765	0.4861	0.4723	1.4390	0.4661	0.4687
DB05	0.1594		0.1194	0.2185	0.1768	0.3062	0.1125	0.9288	0.6465	0.0739	0.1045	0.8749		0.1873	0.1035	0.0109	0.0130	1.0185	0.0131	0.0130
T	0.8231	0.1194		0.9292	0.6576	0.8527	0.5033	0.5316	0.7294	0.1192	0.4616	0.9713		0.1978	0.4562	0.0794	0.1027	1.1411	0.0927	0.0975
Sal	0.1975	0.2185	0.9292		0.8924	0.1913	0.0124	0.1401	0.1720	0.1516	0.0125	0.2289		0.5117	0.0125	0.0073	0.0065	1.0087	0.0091	0.0076
MES	0.0424	0.1768	0.6576	0.8924		0.5696	0.4704	0.7302	0.1751	0.3302	0.4787	0.3373		0.6345	0.4799	0.0628	0.0627	1.0488	0.0522	0.0568
AED	0.6915	0.3062	0.8527	0.1913	0.5696		0.7604	0.5535	0.7603	0.5552	0.7603	0.5547		0.0305	0.7603	0.6501	0.6495	1.6490	0.6494	0.6490
CULE.hor	0.6721	0.1125	0.5033	0.0124	0.4704	0.7604		0.0210	0.6582	0.0104	0.0000	0.0268		0.5689	0.0000	0.0005	0.0002	1.0009	0.0015	0.0006
CULE.pip	0.9052	0.9288	0.5316	0.1401	0.7302	0.5535	0.0210		0.0134	0.0211	0.0208	0.0236		0.2140	0.0208	0.3051	0.2712	1.3427	0.3706	0.3185
CULE.ant	0.7538	0.6465	0.7294	0.1720	0.1751	0.7603	0.6582	0.0134		0.0396	0.6579	0.0211		0.4900	0.6579	0.5097	0.5089	1.5083	0.5088	0.5083
CULE.the	0.3597	0.0739	0.1192	0.1516	0.3302	0.5552	0.0104	0.0211	0.0396		0.0105	0.0314		0.2695	0.0106	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
CULE.des	0.6760	0.1045	0.4616	0.0125	0.4787	0.7603	0.0000	0.0208	0.6579	0.0105		0.0265		0.5694	0.0000	0.0005	0.0002	1.0009	0.0014	0.0006
CULE.lat	0.8223	0.8749	0.9713	0.2289	0.3373	0.5547	0.0268	0.0236	0.0211	0.0314	0.0265			0.1771	0.0265	0.3322	0.2978	1.3719	0.3995	0.3464
CULE.bru																				
CULI.lon	0.8272	0.1873	0.1978	0.5117	0.6345	0.0305	0.5689	0.2140	0.4900	0.2695	0.5694	0.1771			0.5694	0.4448	0.4415	1.4423	0.4457	0.4430
CULI.ann	0.6765	0.1035	0.4562	0.0125	0.4799	0.7603	0.0000	0.0208	0.6579	0.0106	0.0000	0.0265		0.5694		0.0005	0.0002	1.0009	0.0014	0.0006
ANO.mul	0.4861	0.0109	0.0794	0.0073	0.0628	0.6501	0.0005	0.3051	0.5097	0.0000	0.0005	0.3322		0.4448	0.0005		0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
ANO.ser	0.4723	0.0130	0.1027	0.0065	0.0627	0.6495	0.0002	0.2712	0.5089	0.0000	0.0002	0.2978		0.4415	0.0002	0.0000		1.0000	0.0000	0.0000
ANO.lab	0.4390	0.0185	0.1411	0.0087	0.0488	0.6490	0.0009	0.3427	0.5083	0.0000	0.0009	0.3719		0.4423	0.0009	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
ANO.d.tha	0.4661	0.0131	0.0927	0.0091	0.0522	0.6494	0.0015	0.3706	0.5088	0.0000	0.0014	0.3995		0.4457	0.0014	0.0000	0.0000	1.0000		0.0000
ANO.cin	0.4687	0.0130	0.0975	0.0076	0.0568	0.6490	0.0006	0.3185	0.5083	0.0000	0.0006	0.3464		0.4430	0.0006	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	

Analyse statistique multi-variée : l'analyse en composant principal ACP

Tableau 3' : Valeurs propres et pourcentage des 3 premiers axes de l'ACP

Dim.1	Dim.2	Dim.3	
Valeur propre	1.524	1.288	0.987
Variance (%)	30.487	25.753	19.741
Variance cummulé (%)	30.487	56.240	75.981

Tableau 4': Corrélations des variables avec les axes (Dim.1 x Dim.2).

	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr	cos2
pH	0.599	23.511	0.358	-0.503	19.632	0.253	0.410	17.042	0.168
DBO5	0.875	50.187	0.765	0.116	1.040	0.013	-0.156	2.470	0.024
T	0.172	1.950	0.030	0.428	14.252	0.184	0.794	63.859	0.630
Sal	0.413	11.182	0.170	-0.516	20.658	0.266	-0.247	6.165	0.061
MES	0.448	13.170	0.201	0.756	44.418	0.572	-0.321	10.464	0.103

Supplementary continuous variable

	Dim.1	cos2	Dim.2	cos2	Dim.3	cos2
DL	0.045	0.002	-0.013	0.000	-0.347	0.120

Contribution des individus

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
St1_Prin	2.922913525	1.343873207	0.29715229	1.5875207	3.451743e-03
St1_Ete	1.094998921	0.433569799	14.10446056	0.6322463	1.384032e-01
St2_Prin	3.519276442	2.010906954	0.57549699	0.7857902	3.111061e-01
St2_Ete	3.522169302	0.738789232	0.74486859	8.6672074	2.476684e-04
St3_Prin	0.006049707	1.039915254	0.16992629	8.2304843	2.724787e+00
St3_Ete	0.541869301	13.734099516	0.08508077	0.1472547	1.122893e+01
St4_Prin	1.283478222	0.846682830	0.17406877	31.0560290	1.300319e-01
St4_Ete	6.029654345	8.281030109	19.16116870	2.6167145	1.065728e+01
St5_Prin	0.129224216	7.801504575	5.75340818	2.0409835	7.673191e+00
St5_Ete	4.527664005	0.615150040	16.11148327	0.7269149	1.066177e+00
St6_Prin	9.911987892	2.350541343	11.33214292	1.5767005	1.154629e+01
St6_Ete	7.807707433	13.863655234	0.52476436	23.0424336	2.461570e+00
St7_Prin	1.566786525	21.521911408	6.26137556	1.9994405	2.949215e+01
St7_Ete	43.789174271	15.487282262	8.67117315	1.2648617	1.479611e+01
St8_Prin	7.722897092	0.299494593	1.37499177	2.4131417	3.622859e+00
St8_Ete	0.446224135	0.830350537	2.95348830	3.2038066	9.145745e-02
St9_Prin	0.638399022	0.004732337	3.16674774	2.6768391	7.330602e-02
St9_Ete	0.005542534	3.037585673	1.56581229	1.0597183	4.081859e-01
St10_Prin	3.394552912	0.710753494	2.00768162	1.0188893	3.079670e+00
St10_Ete	0.495488639	2.005853592	0.23214785	1.5164658	1.331018e-02
St11_Prin	0.638399022	0.004732337	3.16674774	2.6768391	7.330602e-02

St11_Ete 0.005542534 3.037585673 1.56581229 1.0597183 4.081859e-01

Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Répartition spatiale

Tableau 5': Valeurs propres et pourcentage des 2 premiers axes de l'AFC spatiale

Axe	Valeur propre	variance	variance cumulative
Dim.1	0.9845268	30.246797	32.46797
Dim.2	0.8015029	20.643216	58.90014

Coordonnées des colonnes

Tableau 6': Corrélations des variables avec les axes (Dim.1 x Dim.2).

Axe	Corrélations	
	Dim 1	Dim 2
St_1	-1.8183131	-0.06510304
St_2	0.4720804	1.06158301
St_3	0.2417965	0.88113062
St_4	0.5817302	-0.60457393
St_5	0.5856029	-0.68540411
St_6	0.4720804	1.06158301
St_7	0.4720804	1.06158301
St_8	0.4839532	1.02720674
St_9	0.5610935	3.49919618
St_10	0.4720804	1.06158301
St_11	0.4720804	1.06158301

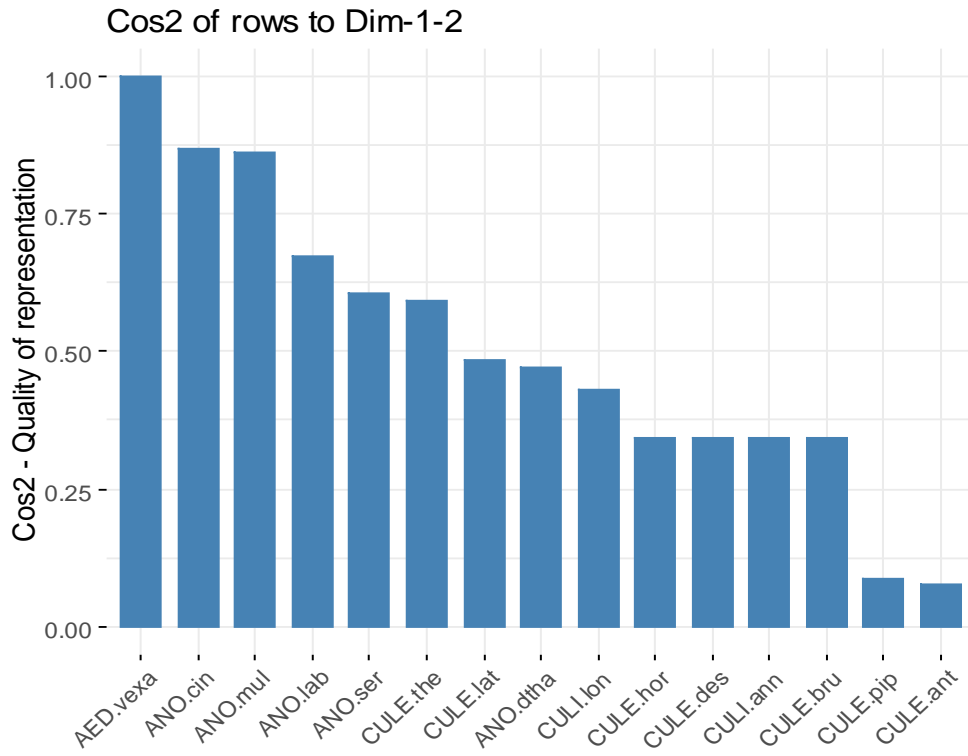


Fig. 1': Analyse factoriel des correspondances (AFC) : qualité de représentation des espèces inventoriées au niveau de 11 stations d'étude.

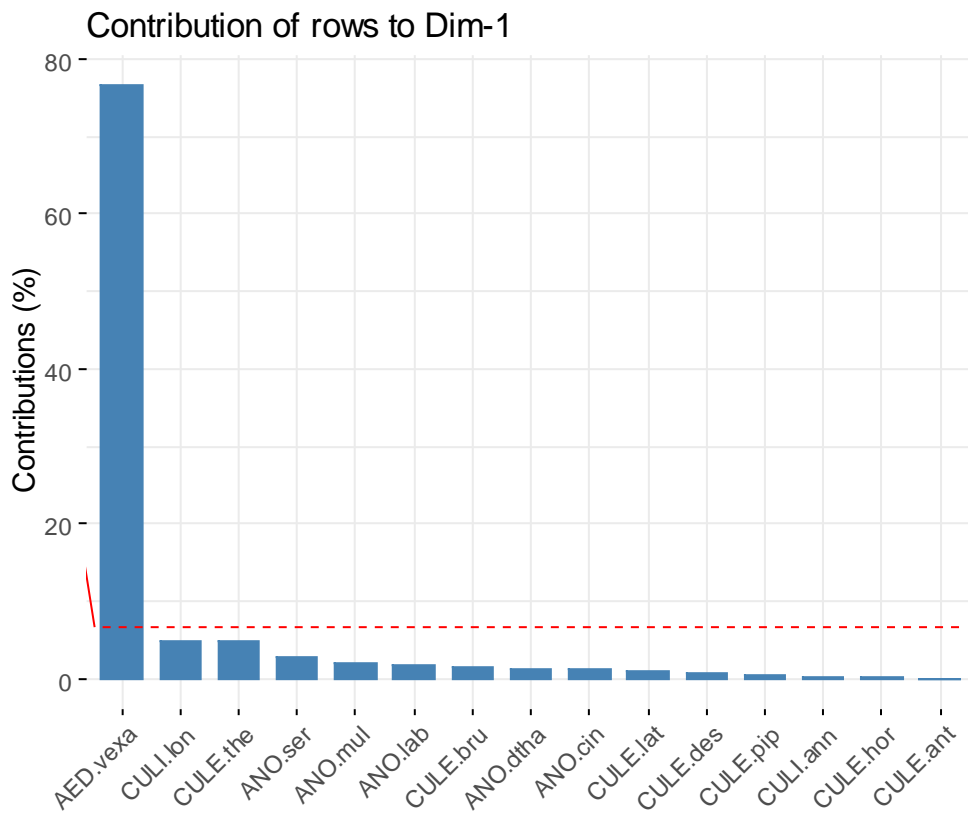


Fig. 2': Analyse factoriel des correspondances (AFC) : contribution totale des espèces inventoriées à la dimension 1 au niveau de 11 stations.

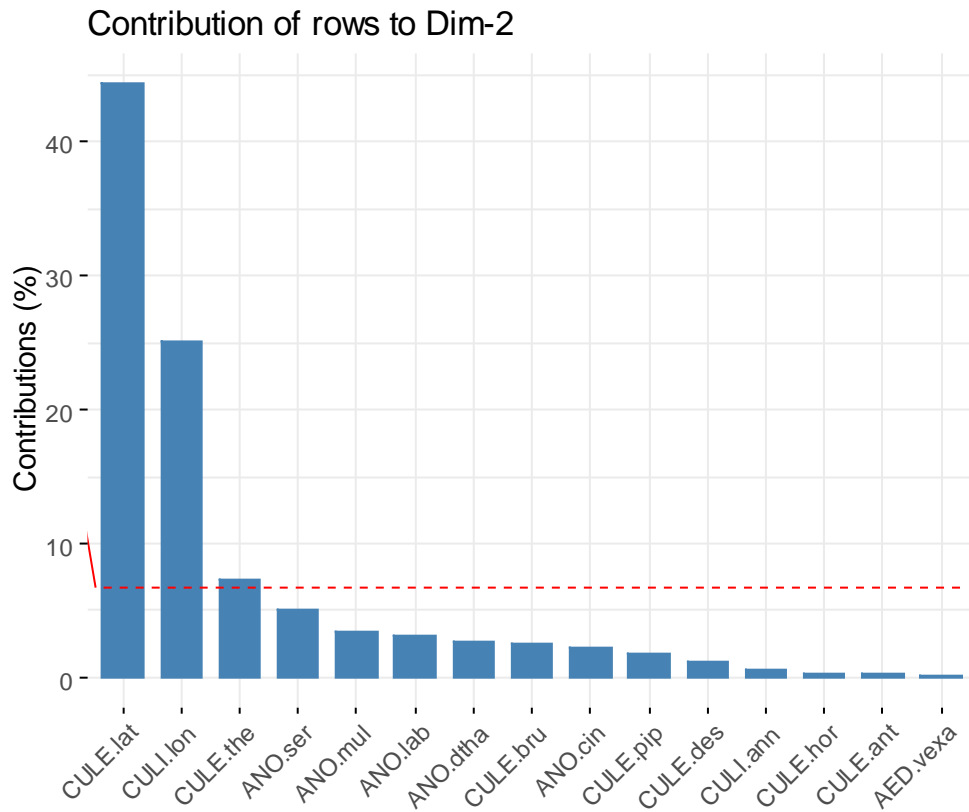


Fig.3' : Analyse factoriel des correspondances (AFC) : contribution totale des espèces inventoriées à la dimension 2 au niveau de 11 stations

Répartition saisonnière

Tableau 7': Valeurs propres et pourcentage des 2 premiers axes de l'AFC saisonnière

Axe	valeur propre	variance	variance cumulative
Dim.1	0.6214102	51.95070	51.95070
Dim.2	0.3518389	29.41419	81.36489

Coordonnées des colonnes

Tableau 8' Corrélations des variables avec les axes (Dim.1 x Dim.2).

Axe		
	Dim 1	Dim 2
Hiver	-0.1290102	0.1509476
Printemps	-0.3028331	-0.5090768
Ete	-0.1272697	0.8242683
Automne	2.7409398	-0.2097423

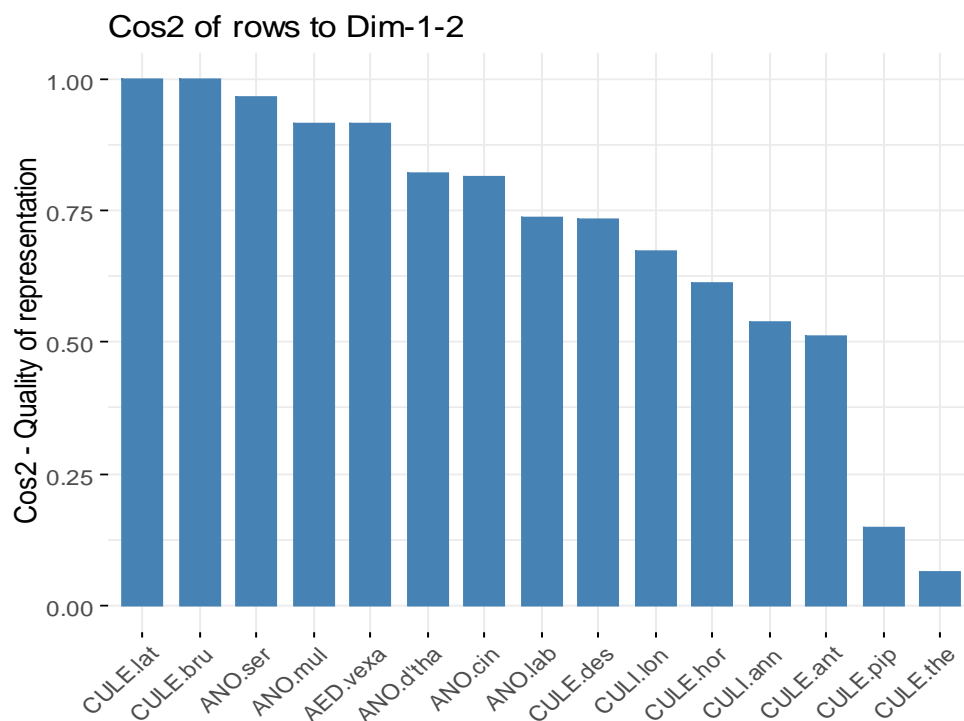


Fig. 4': Analyse factoriel des correspondances (AFC) : qualité de représentation des espèces inventoriées pendant les quatre saisons.

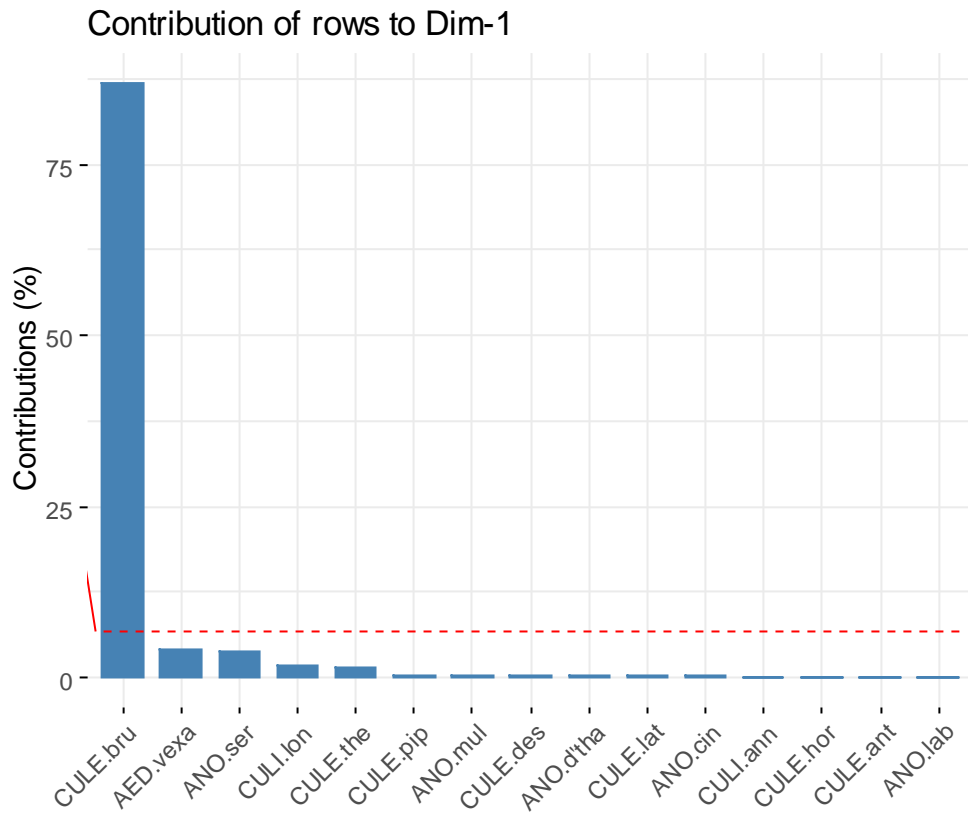


Fig. 5': Analyse factoriel des correspondances (AFC) : contribution totale des espèces inventoriées à la dimension 1 pendant les quatre saisons.

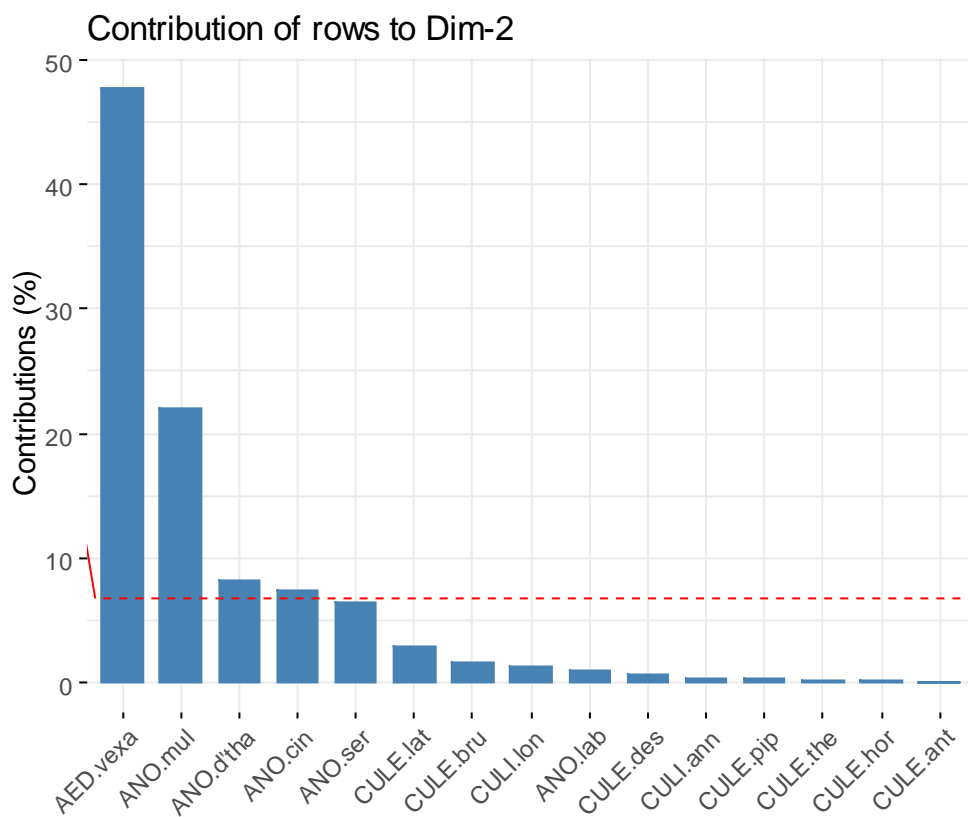


Fig. 6': Analyse factoriel des correspondances (AFC) : contribution totale des espèces inventoriées à la dimension 2 pendant les quatre

Tableau D1: Intervalle des classes des paramètres de la pollution organique « méthode de l'IPO, Adnour 2001 ».

Paramètres Classes	DBO ₅ mg-O ₂ /l	NH ₄ ⁺ mg-N/l	NO ₂ ⁻ µg-N/l	PO ₄ ³⁻ µg-P/l
5	<2	<0,1	<5	<15
4	2-5	0.1-0.9	6-10	16-75
3	5.1-10	1-2.4	11-50	76-250
2	10,1-15	2.5-6	51-150	251-900
1	>15	>6	>150	>900

Tableau D2 : Grille du degré de la pollution organique selon la méthode de l'IPO, (Adnour, 2001).

Degré de la pollution	Pollution organique nulle	Pollution organique faible	Pollution organique modérée	Pollution organique forte	Pollution organique très forte
IPO	5.0 – 4.6	4.5 – 4.0	3.9 – 3.0	2.9 – 2.0	1.9 – 1.0

Annexe 3

I. Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) de *Cs. longiariolata* & *An.sergentii sergentii* traitée par les trois extraits (A : HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) des quatre plantes selon le temps.

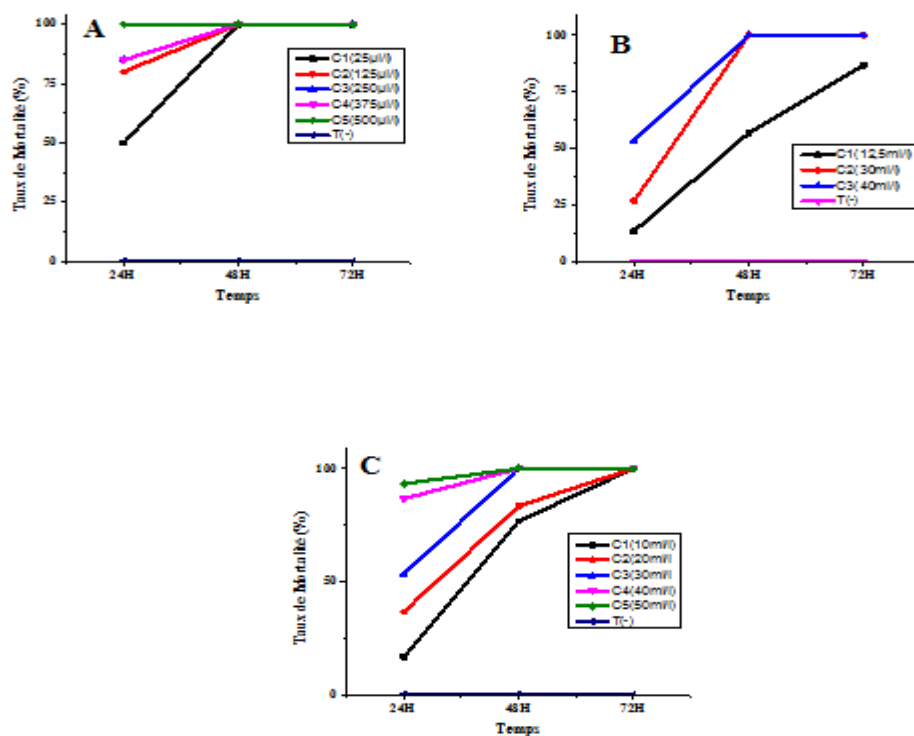


Fig. a1: Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) de *Cs. longiariolata* traitée par les trois extraits de *R. officinalis* (A : HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) selon le temps.

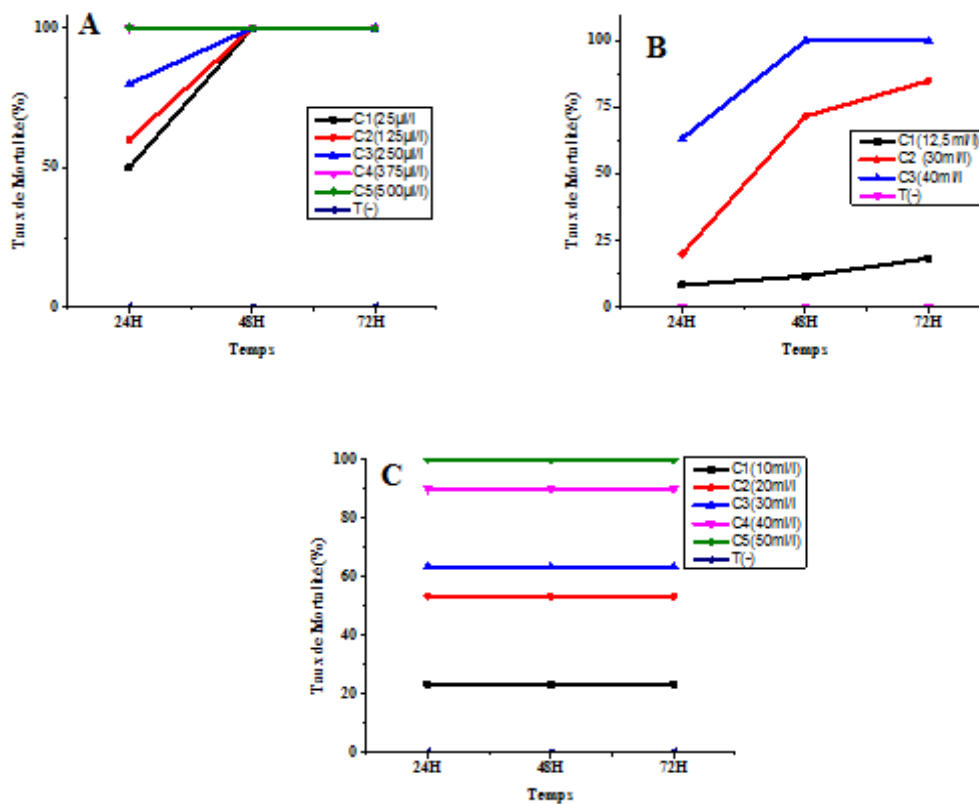


Fig. a2: Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) d'*Anopheles sergentii* traitée par les trois extraits de *R. officinalis* (A : HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) selon le temps.

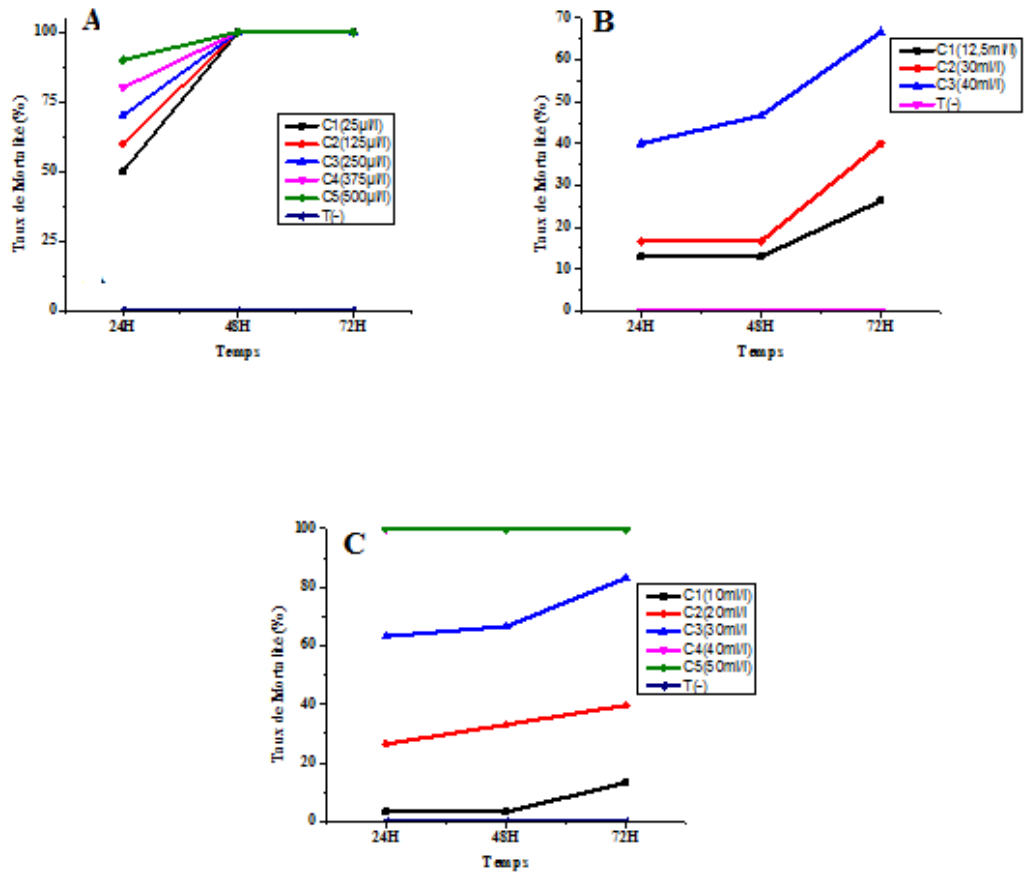


Fig. b1: Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) de *Cs.longiareolata* traitée par les trois extraits de *A. campestris* (A : HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) selon le temps.

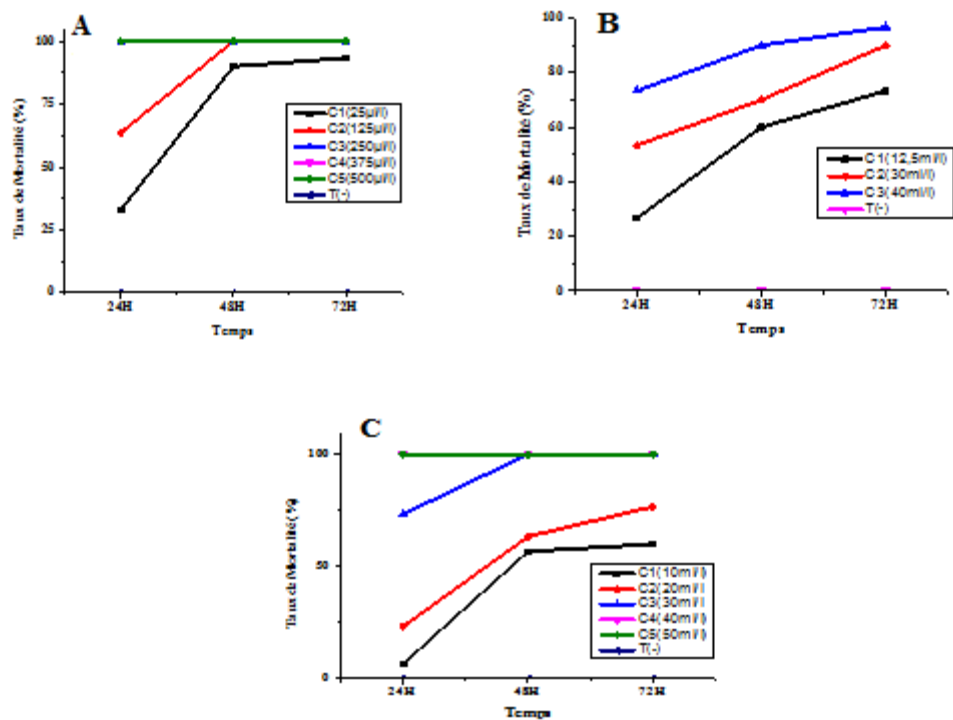


Fig. b2: Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) de *Anopheles sergentii sergentii* traitée par les trois extraits de *A. campestris* (A : HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) selon le temps.

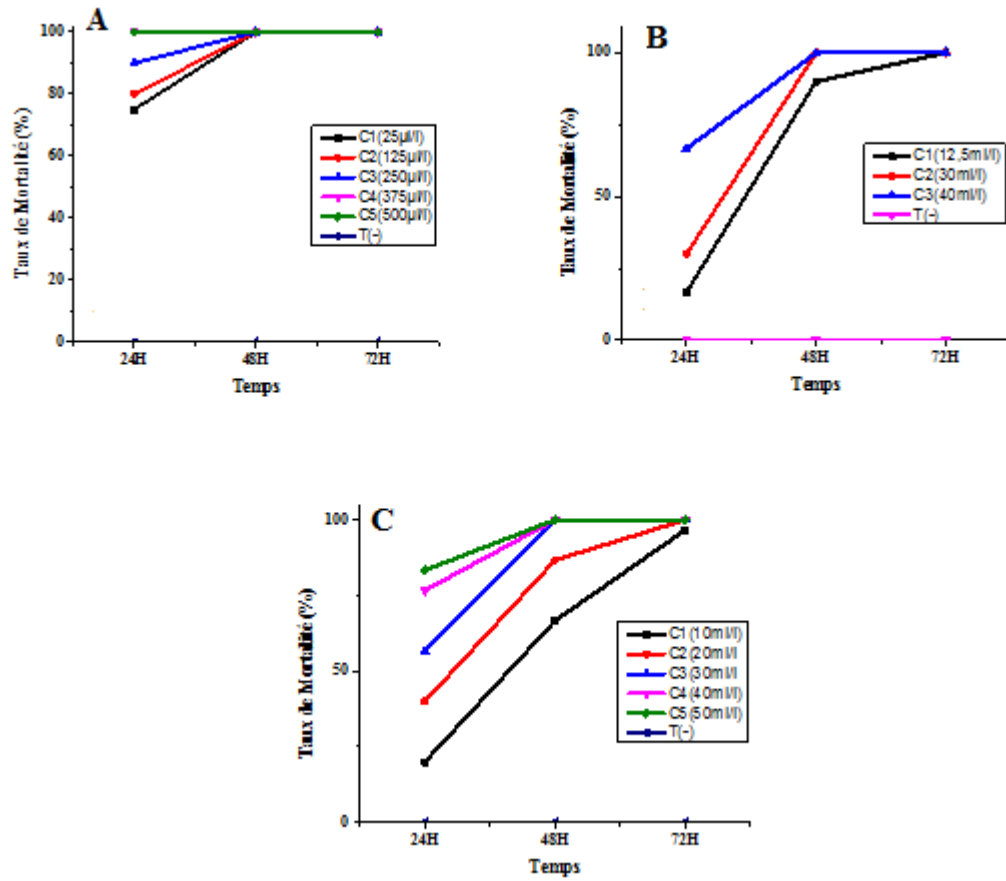


Fig. c1: Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) de *Cs.longiareolata* traitées par les trois extraits de *J. phoenicea* (A : HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) selon le temps.

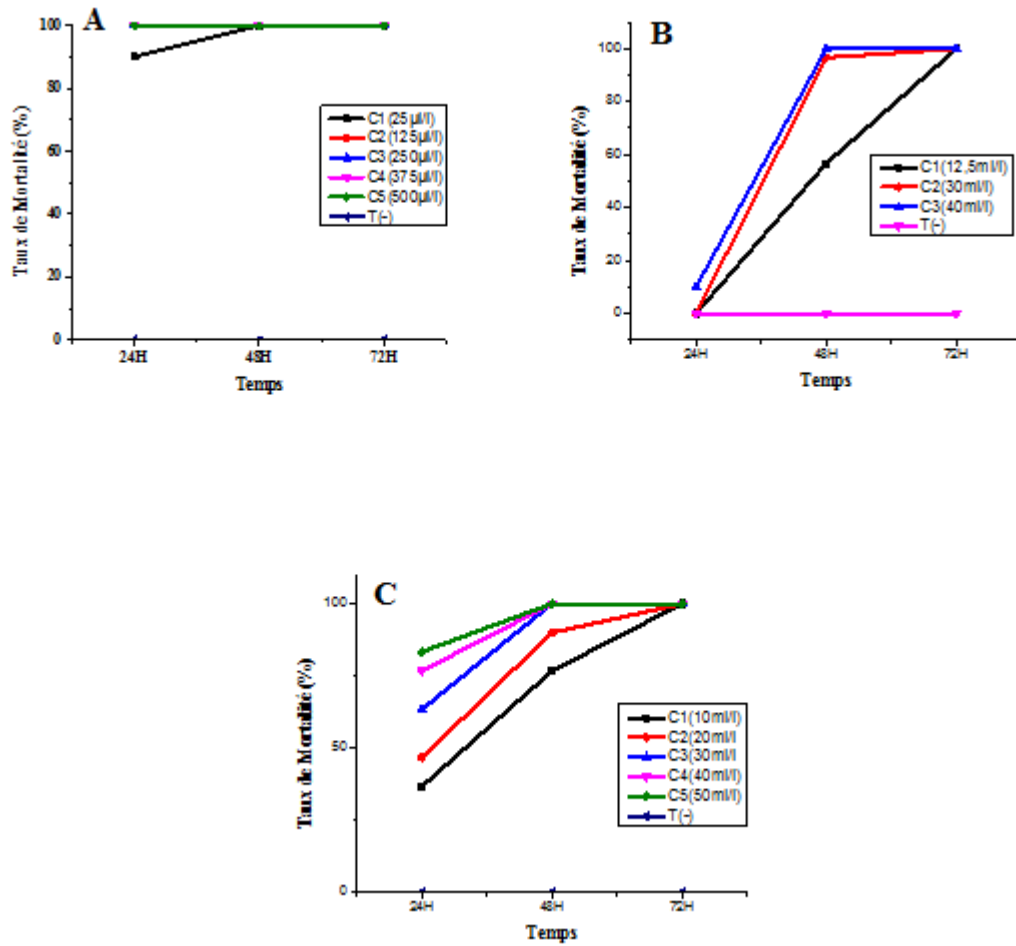


Fig. c2: Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) d'*An.sergentii sergentii* traitées par les trois extraits de *J. phoenicea* (A : HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) selon le temps.

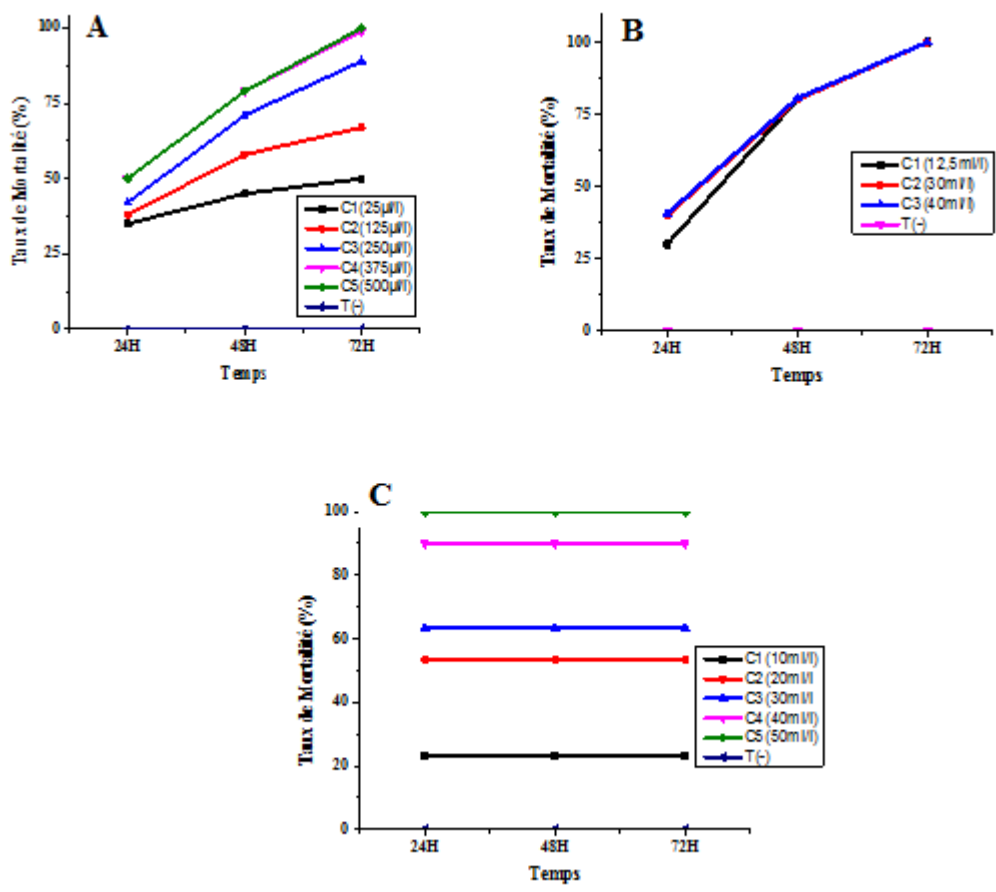


Fig. d1: Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) de *Cs.longiareolata* traitée par les trois extraits de *A.herba alba* (A : HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) selon le temps.

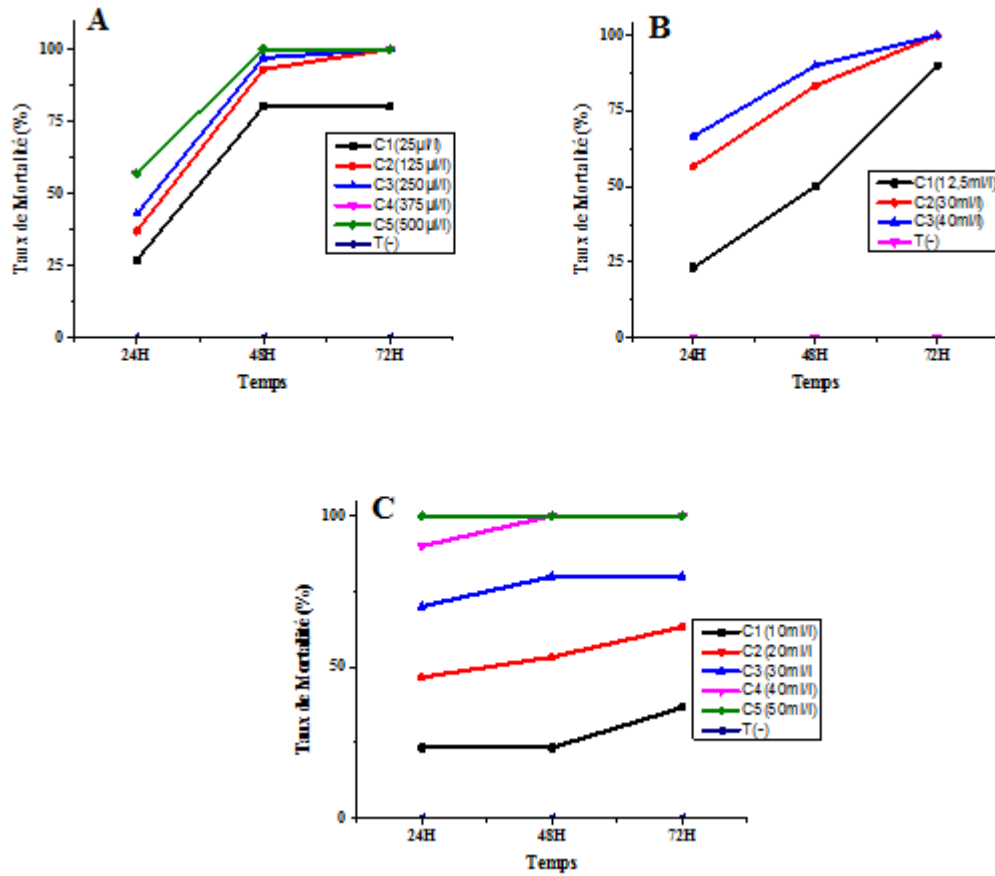


Fig. d2: Taux de mortalité observé (%) chez les larves(L4) *d'An. sergentii* *sergentii* traitée par les trois extraits d'*A. herba alba* (A: HE; B: Ext. Meth & C:Ext. Aq.) selon le temps.

Annexe 3

II. LES DROITES DE REGRESSION

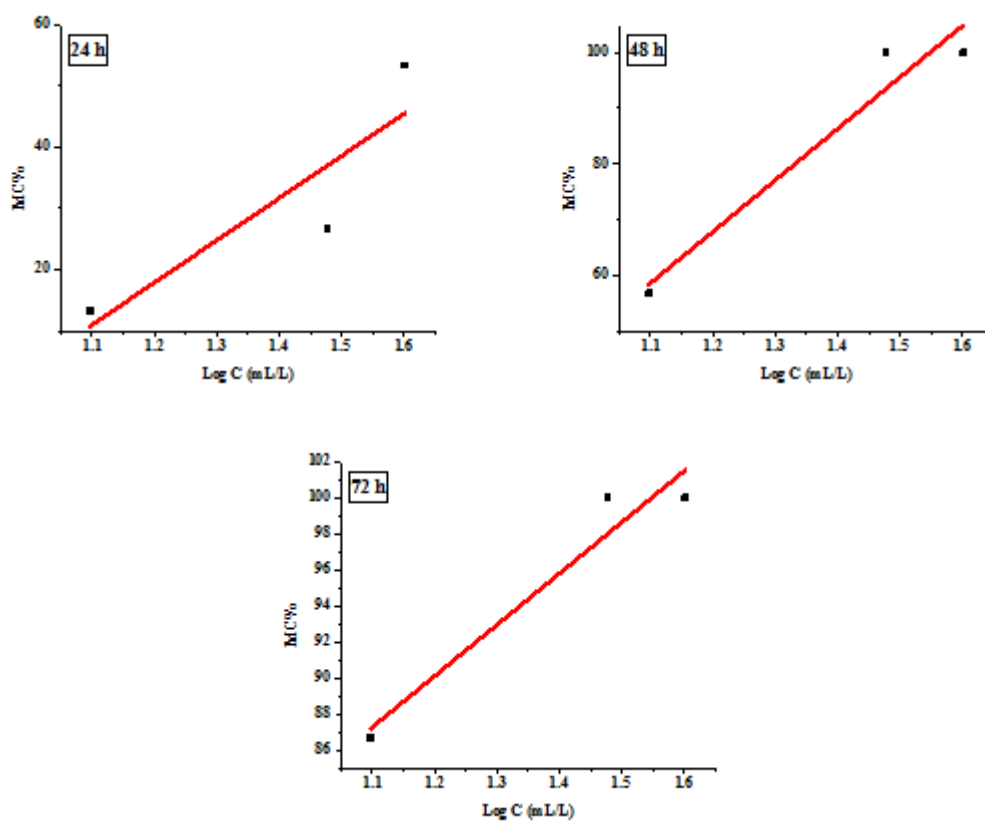


Fig. A.1: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'EM de *R. officinalis*

a.2

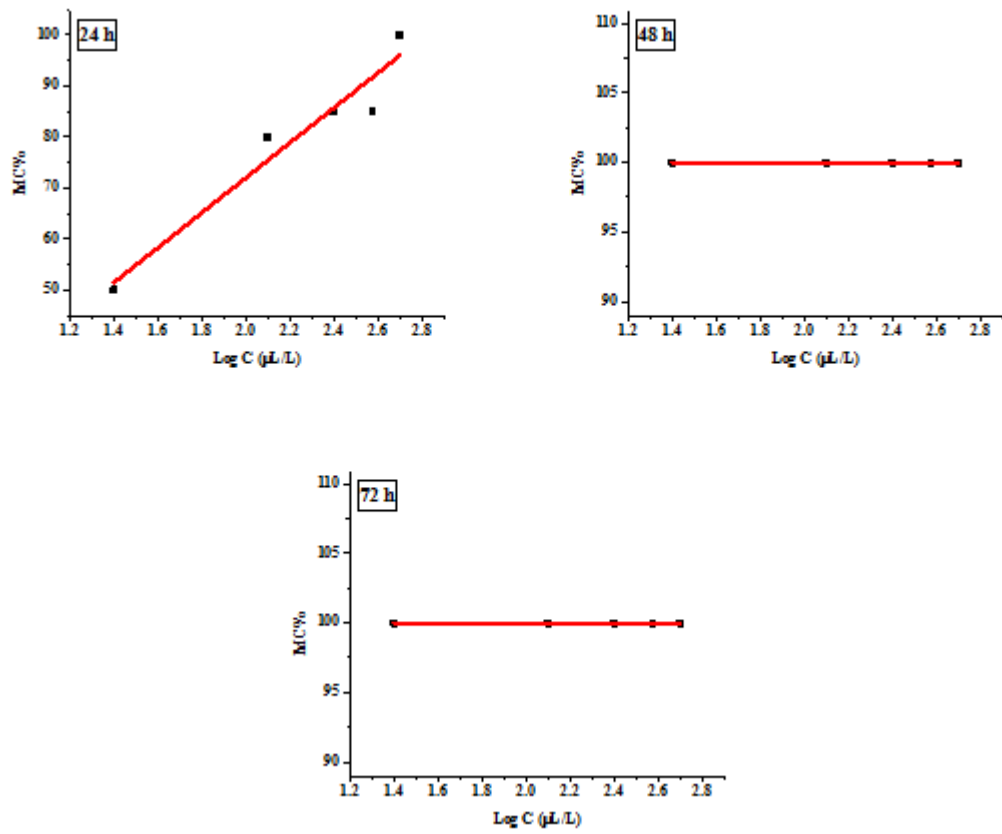


Fig. A.2: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'HE de *R. officinalis*

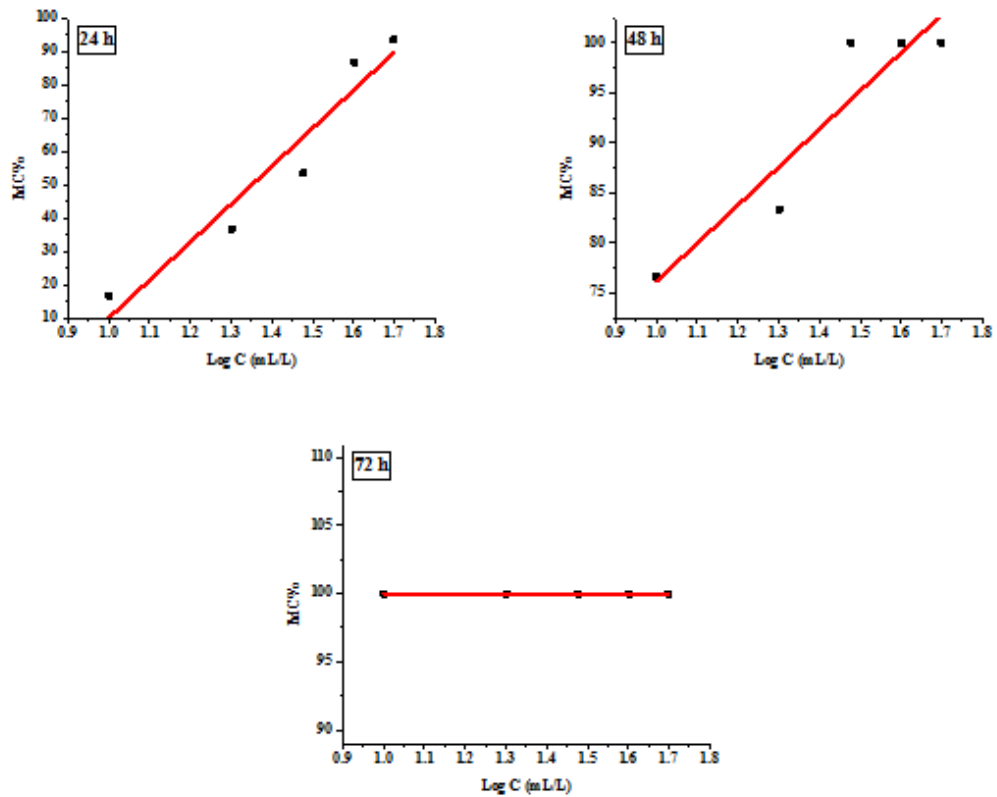


Fig. A.3: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EA de *R.officinalis*

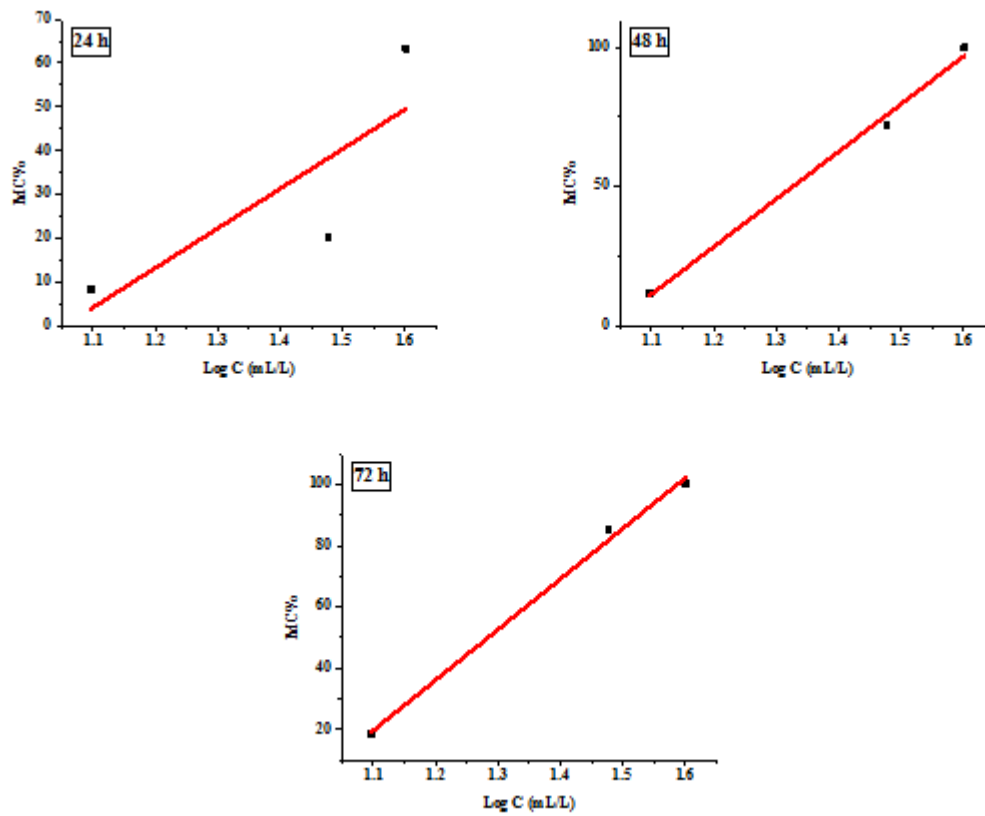


Fig. A.4: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 d'*An. sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EM de *R.officinalis*

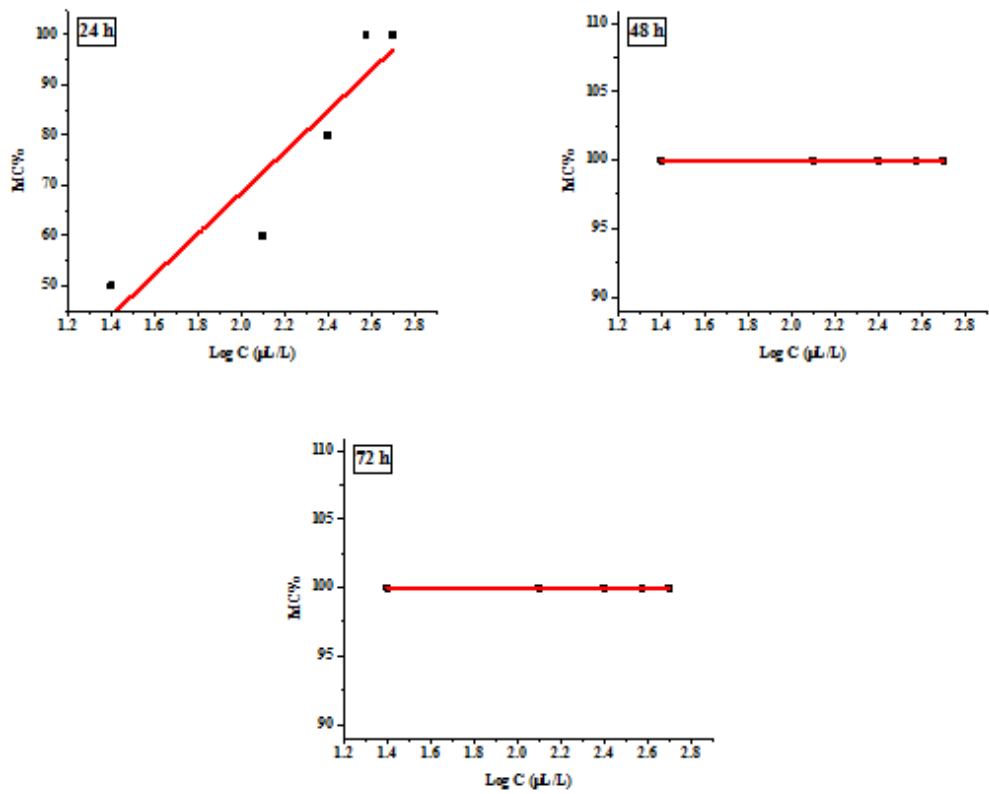


Fig. A.5: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 d'*An. sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'HE de *R.officinalis*

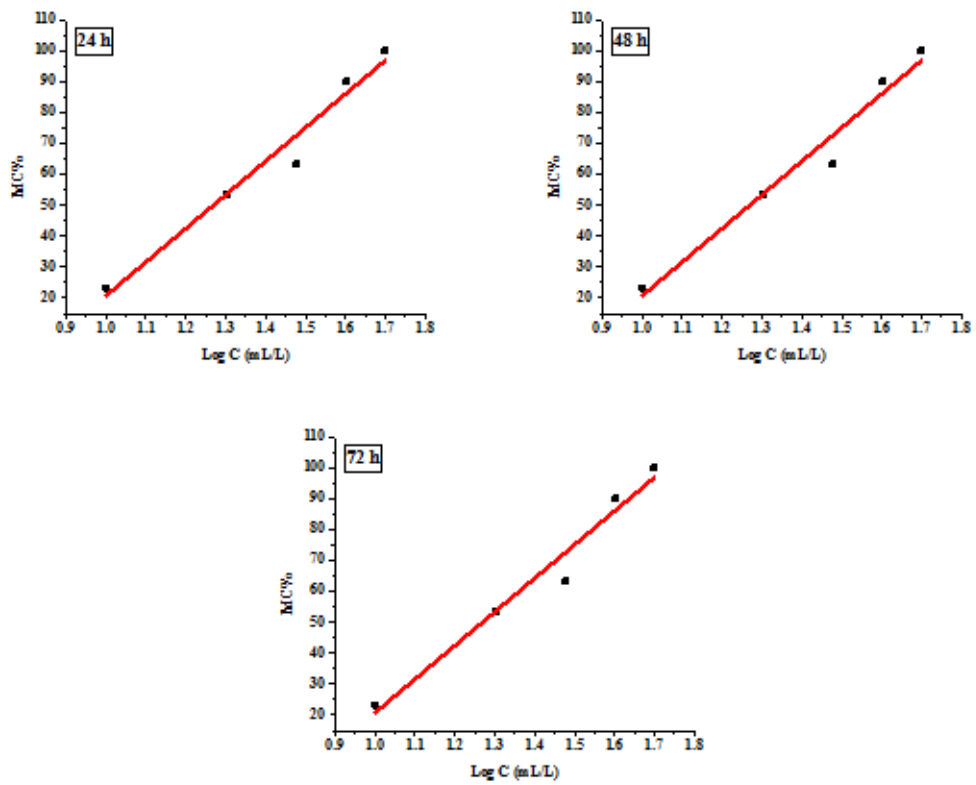


Fig. A.6: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 d'*An. sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'EA de *R.officinalis*

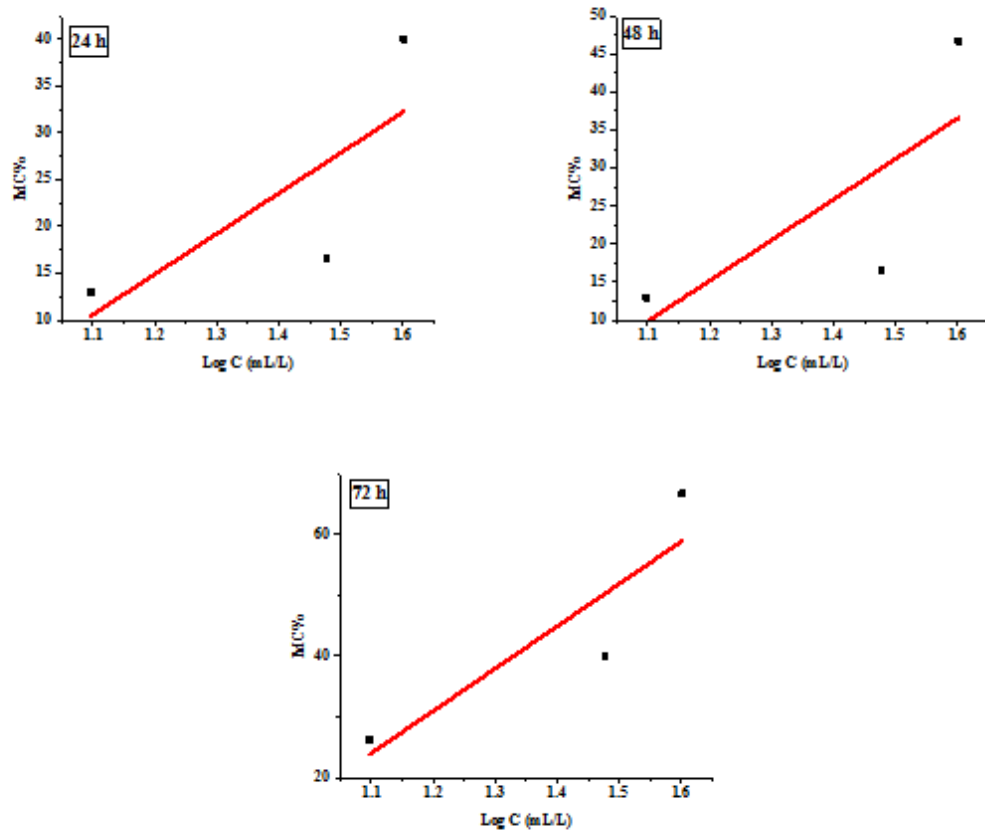


Fig. B.1: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'EM d'*A.campestris*

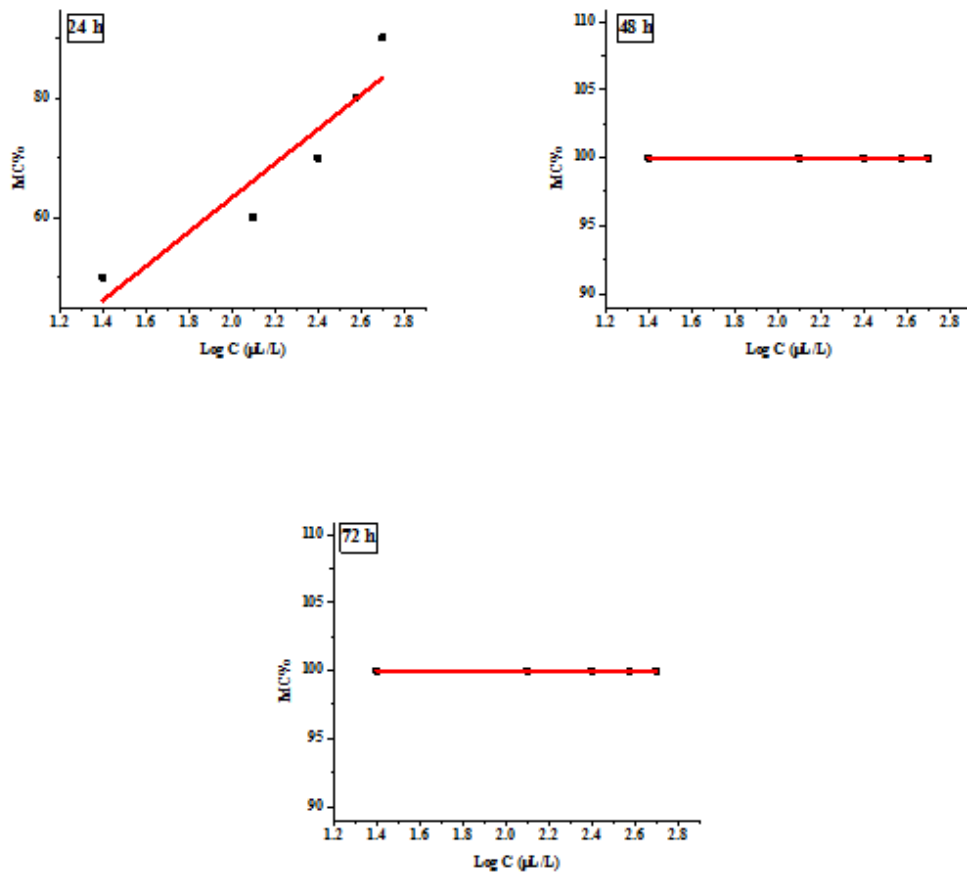


Fig. B.2 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'HE d'*A.campestris*

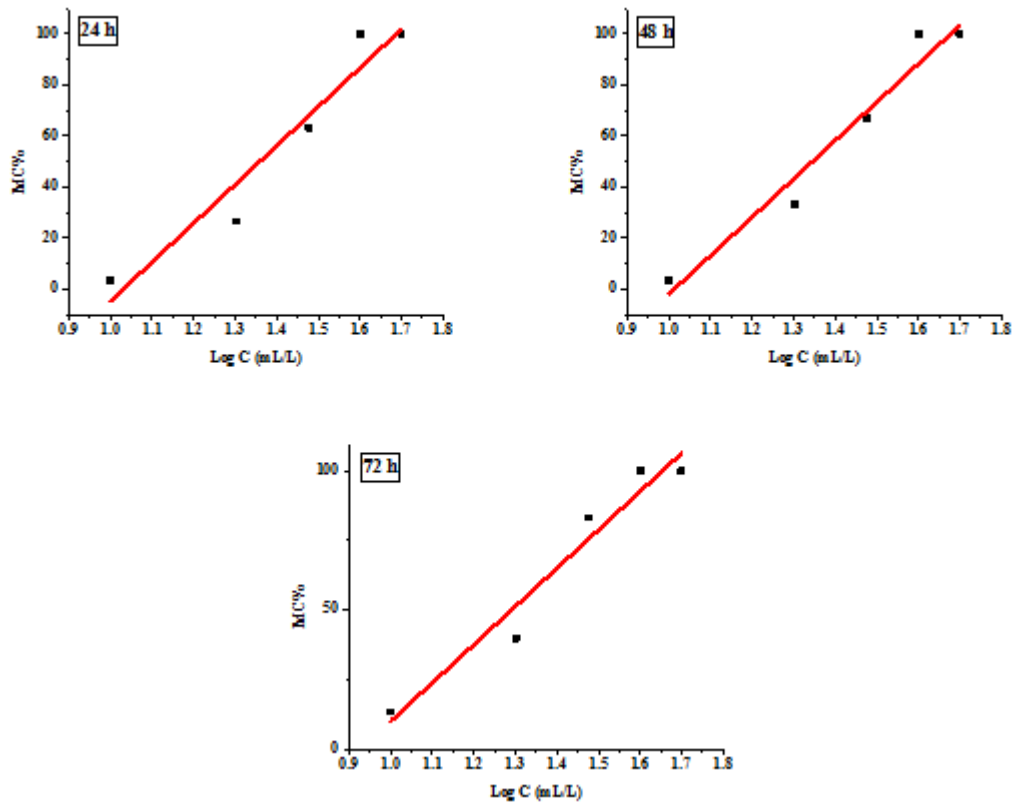


Fig. B.3 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EA d'*A.campestris*

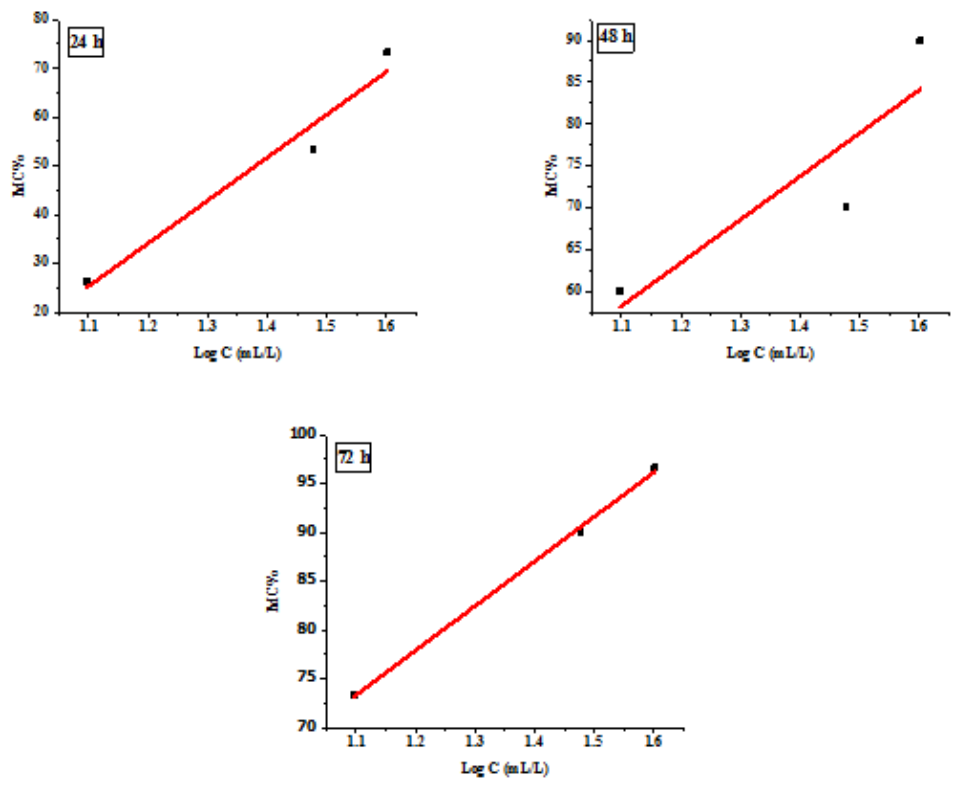


Fig. B.4 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 *d'An. sergentii sergentii*. en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EM d'*A. campestris*

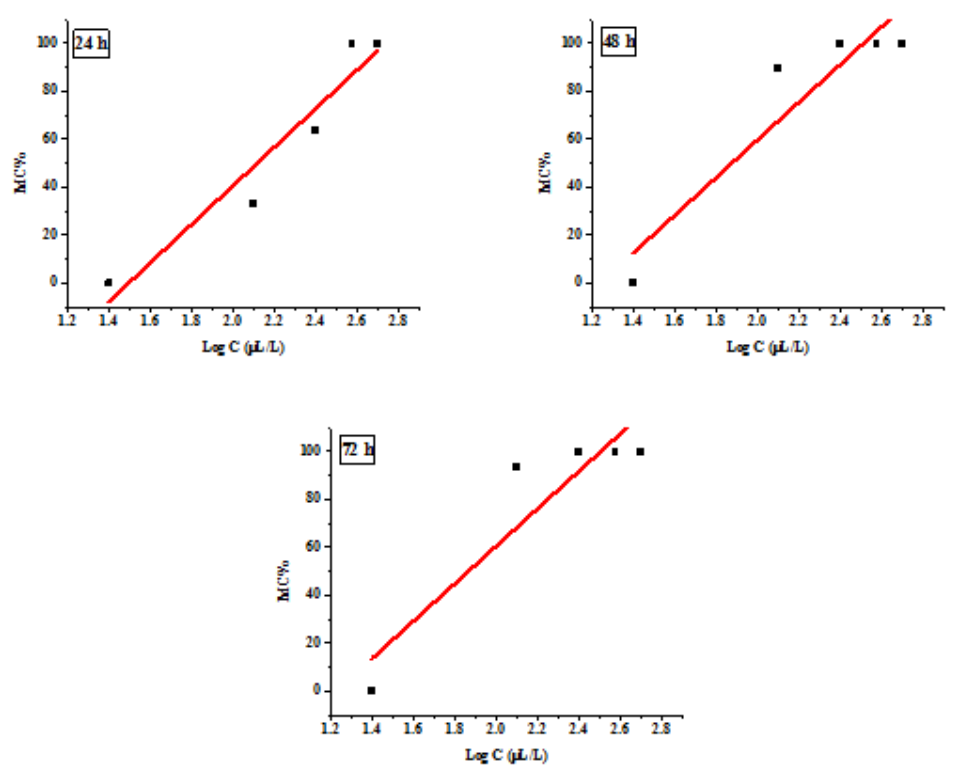


Fig. B.5: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 *d'An. sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'HE d'*A.campestris*

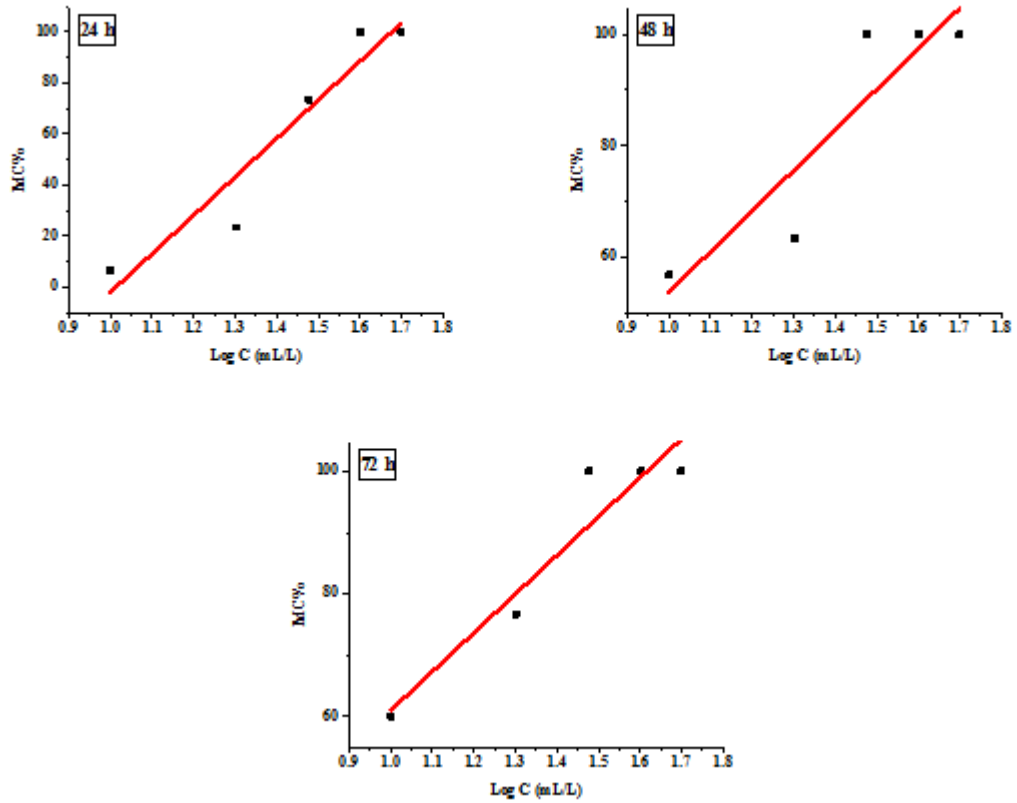


Fig. B.6: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 *d'An. sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EA d'*A.campestris*

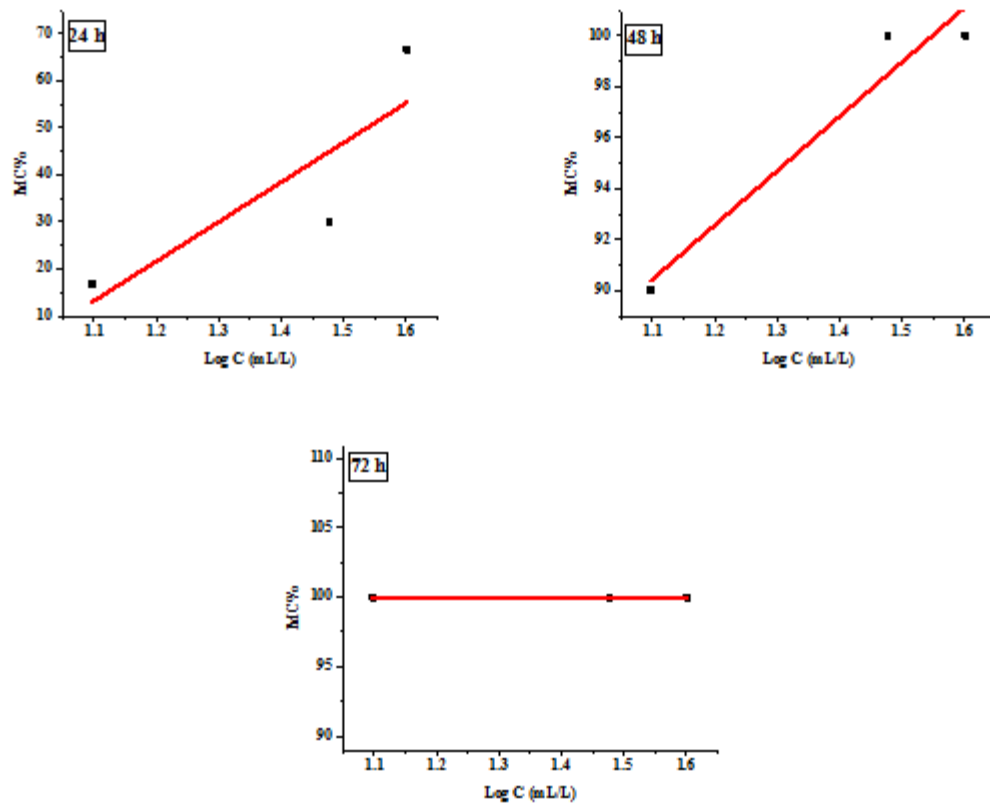


Fig. C.1: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'EM de *J. phoenicea*

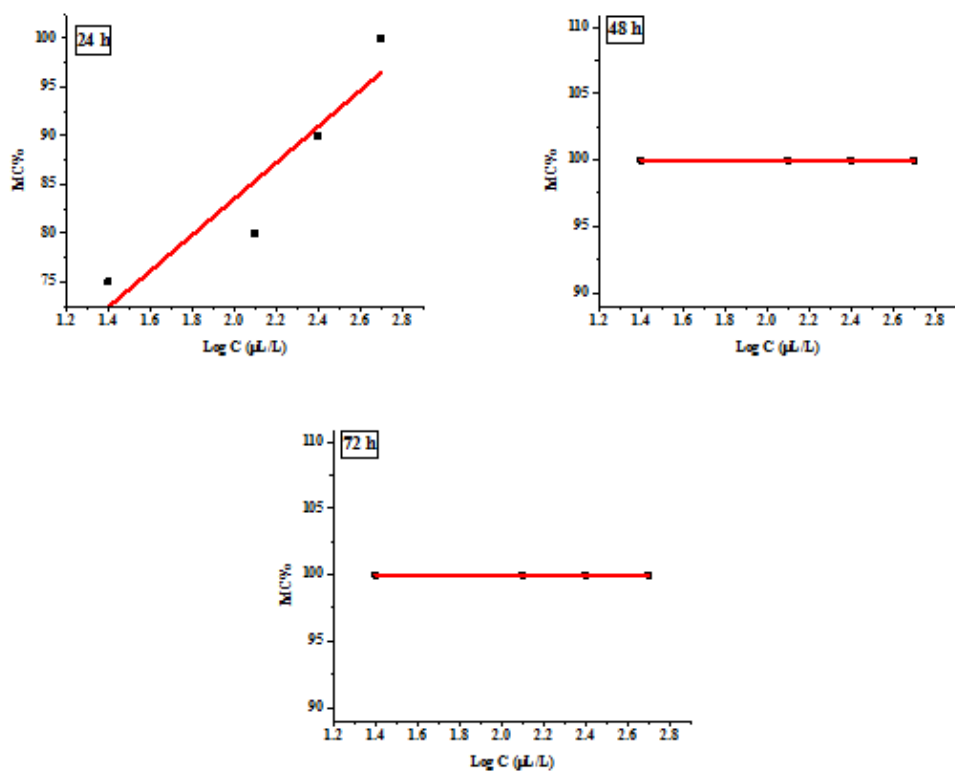


Fig. C.2 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'HE de *J. phoenicea*

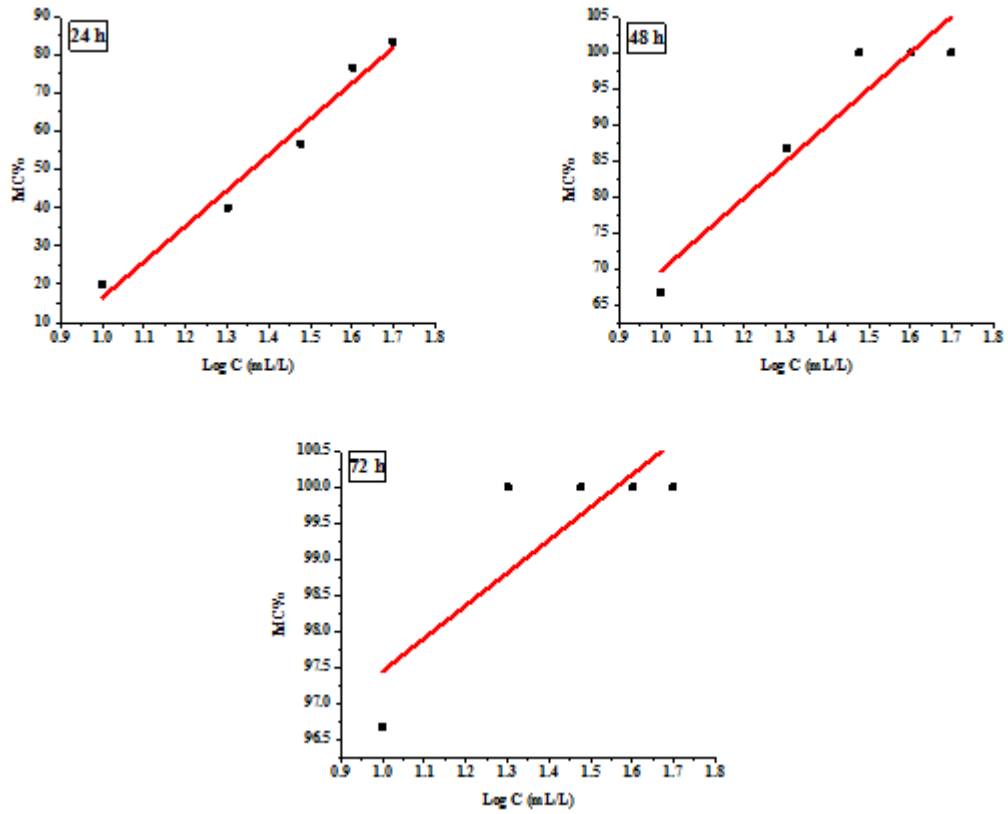


Fig. C.3 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'EA de *J. phoenicea*

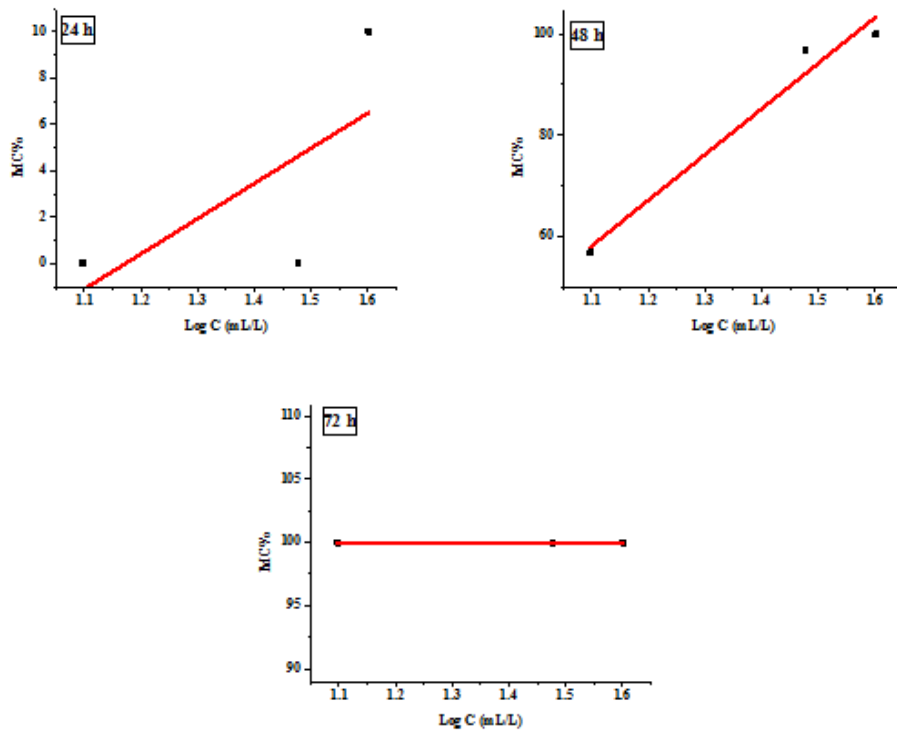


Fig. C.4 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 *d'An.sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EM de *J. phoenicea*

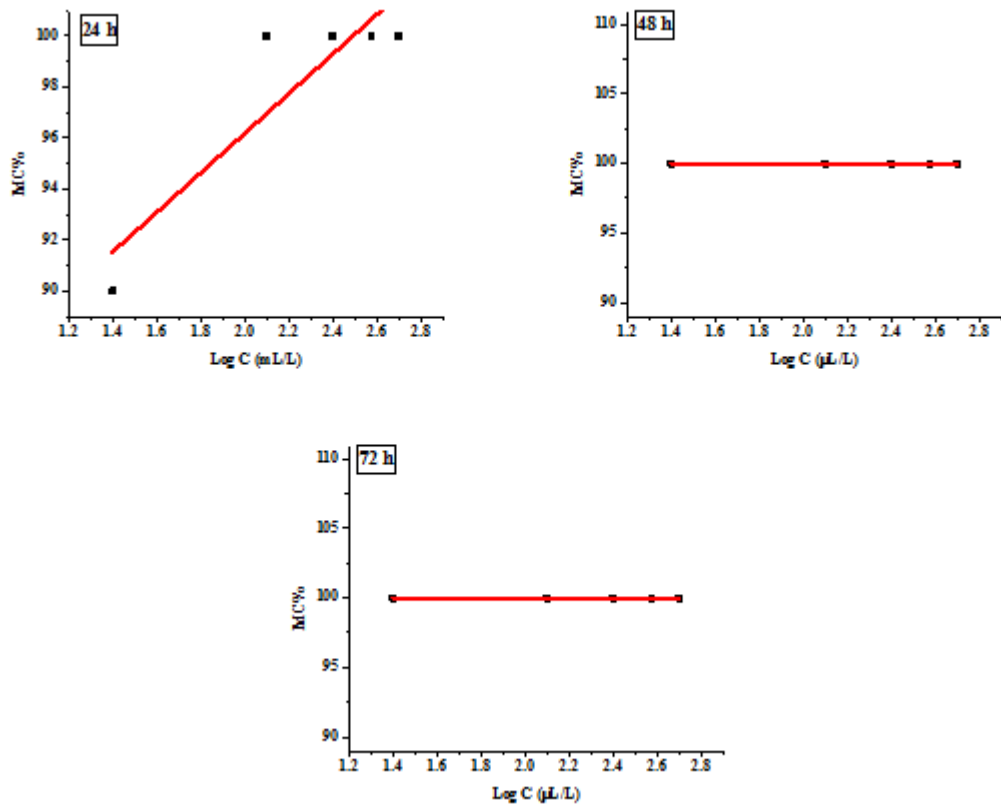


Fig. C.5: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 *d'An.sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'HE de *J. phoenicea*

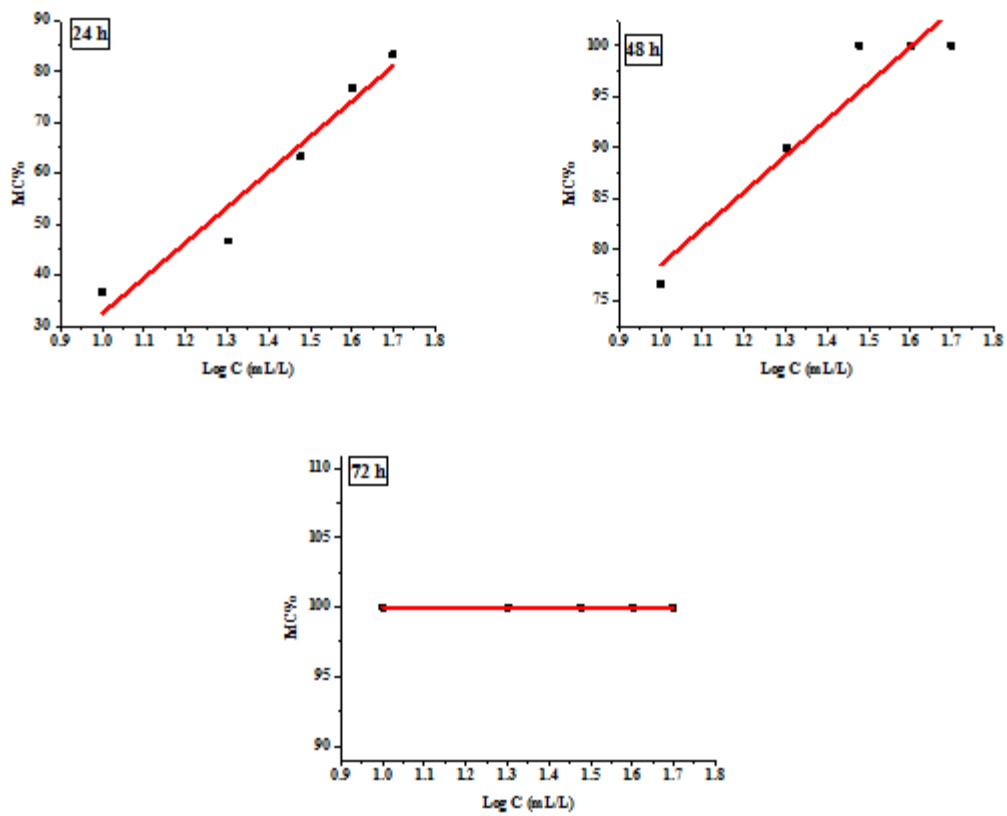


Fig. C.6 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 *d'An.sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EA de *J. phoenicea*

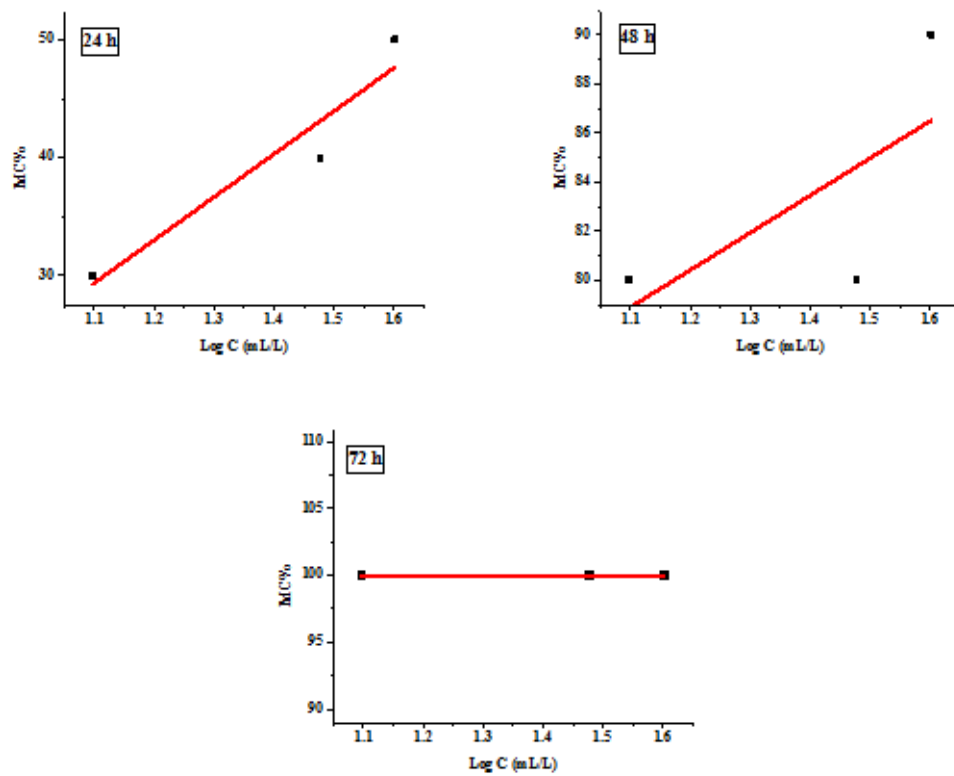


Fig. D.1 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EM d'*A.herba alba*

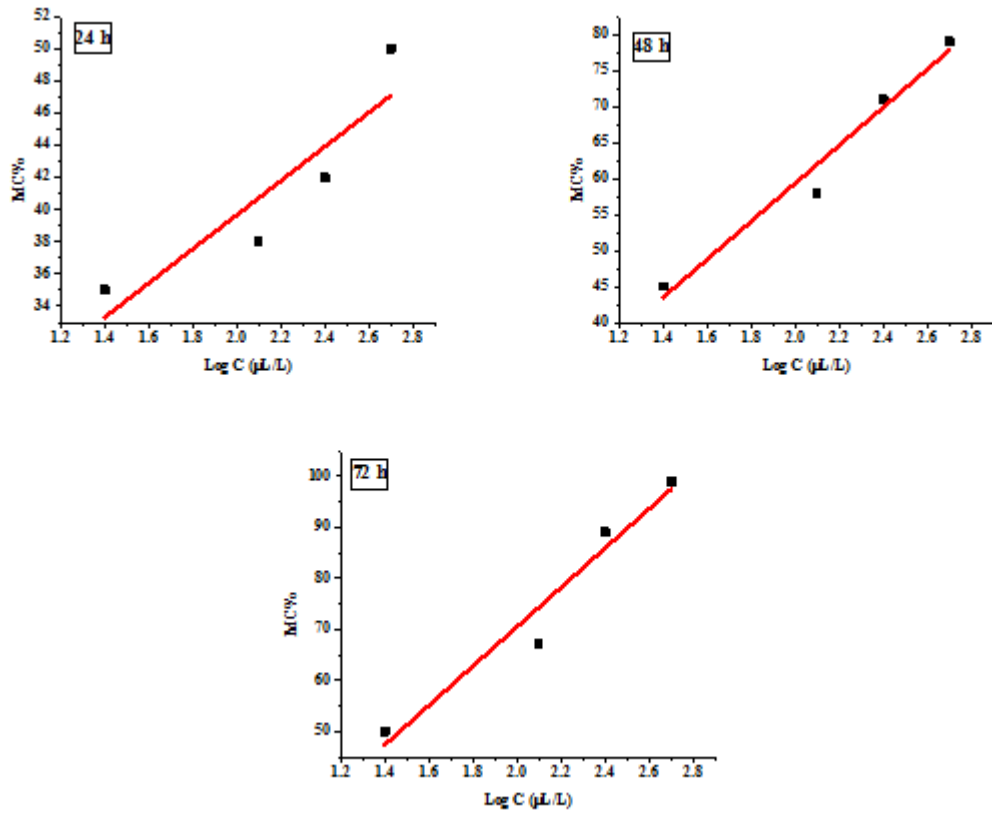


Fig. D.2: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'HE d'*A.hera alba*

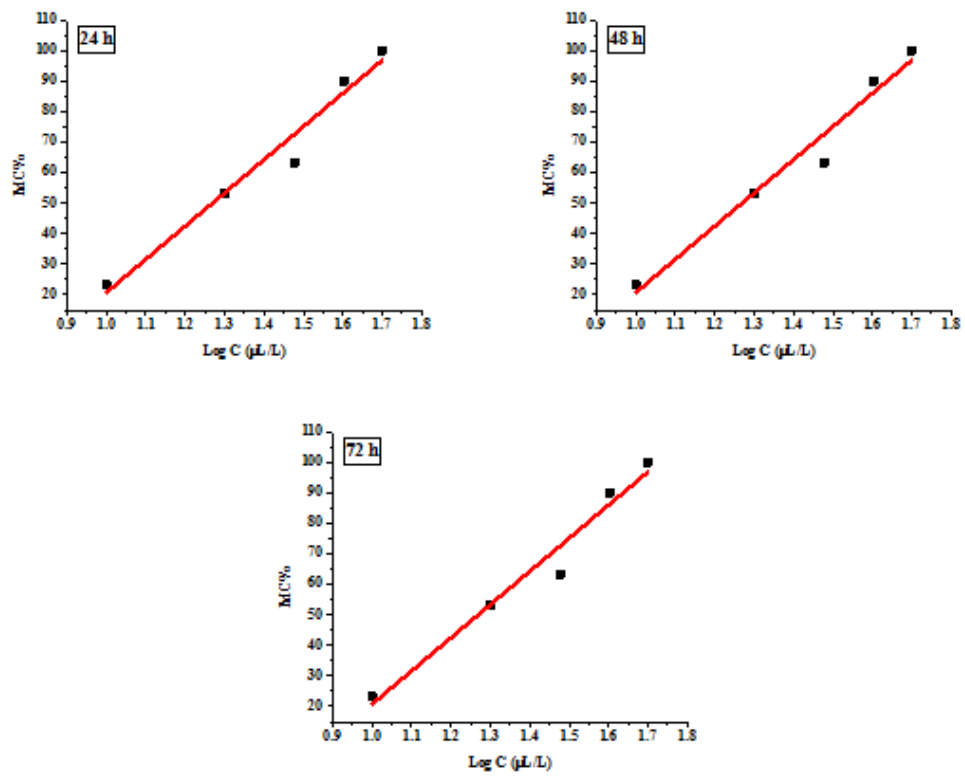


Fig. D.3 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction des logarithmes décimaux des concertations d'EA d'*A.herba alba*

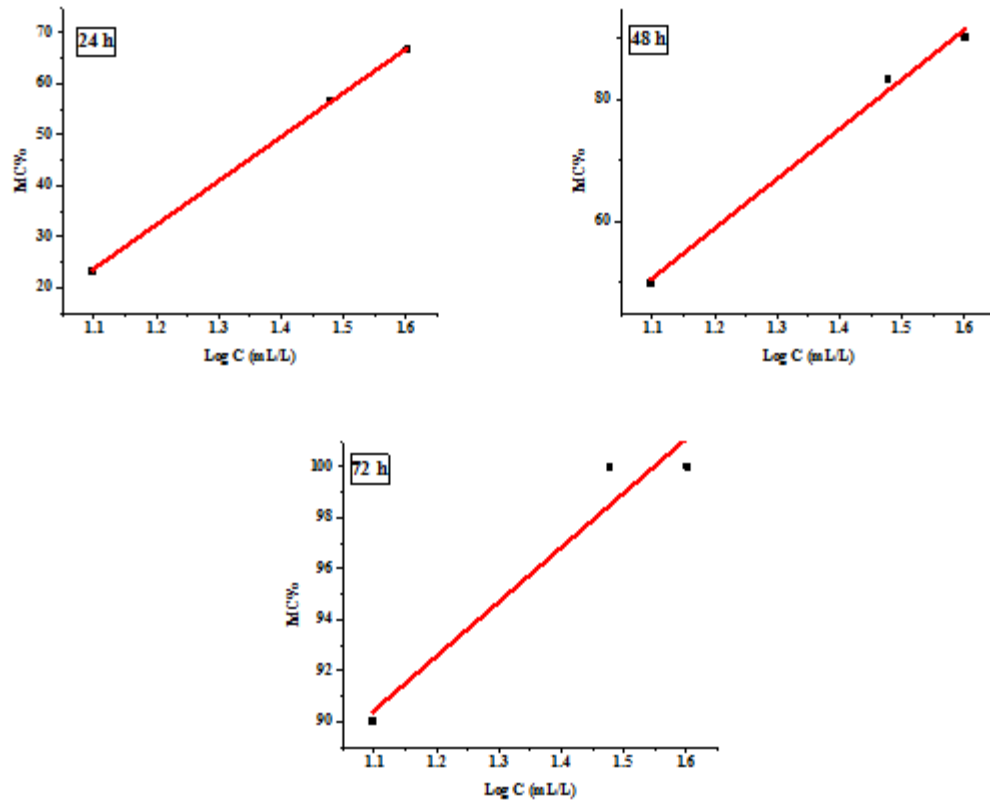


Fig. D.4 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 d'*An. sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'EM d'*A.herba alba*

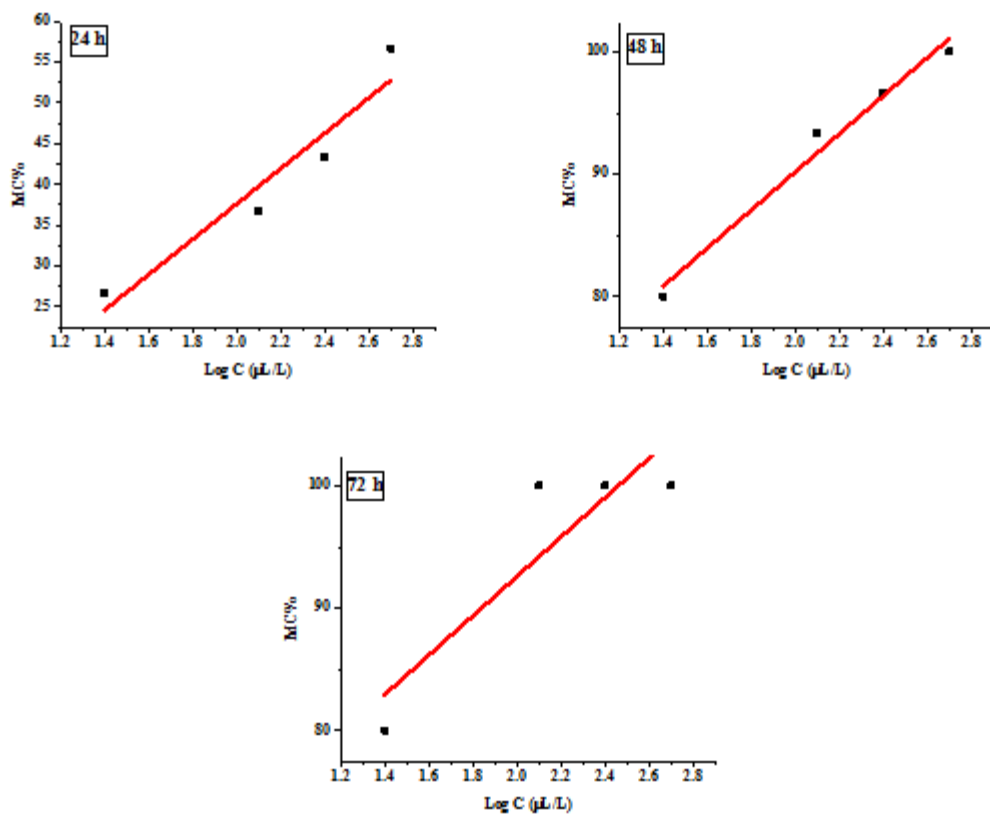


Fig. D.5: Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 d'*An. sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'HE d'*A.herba alba*

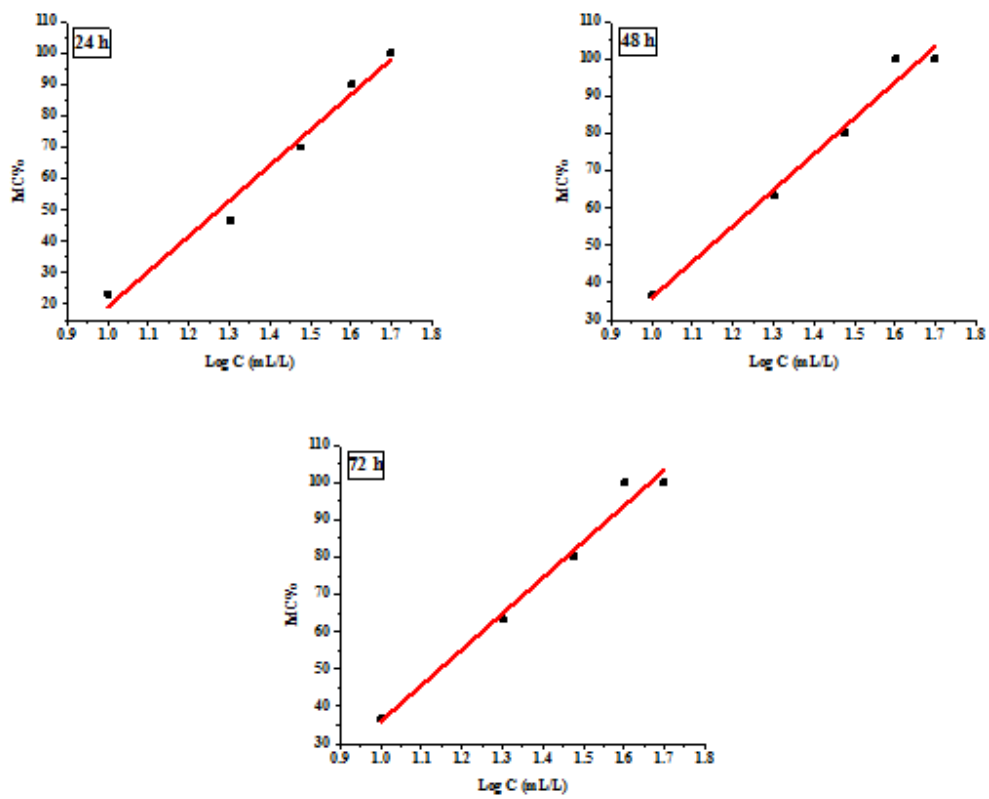


Fig. D.6 : Droite de régression des probits de la mortalité cumulée des larves L4 d'*An. sergentii sergentii* en fonction des logarithmes décimaux des concentrations d'EA d'*A.herba alba*

ANNEXE : 04 Production scientifique

Publication : (03)

ALAYAT Moufida Saoucen, Fatiha Bendali-Saoudi, Khaoula Mahmoudi & Nouredine Soltani(2023): Diversity and spatio-temporal distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Laghouat arid region (Algerian northern Sahara), *Oriental Insects*, DOI: 10.1080/00305316.2023.2187892

Amara Korba Raouf, **Alayat Moufida Saoucen**, Lazhari Bouiba, Abdelkarim Boudrissa, Zihad Bouslama, Slimane Boukraa, Frederic Francis, Anna-Bella Failloux & Saïd Chaouki Boubidi(2016): Ecological differentiation of members of the *Culex pipiens* complex, potential vectors of West Nile virus and Rift Valley fever virus in Algeria, *Parasites & Vectors*
DOI 10.1186/s13071-016-1725-9

Raouf Amara Korba, Slimane Boukraa, **Alayat Moufida Saoucen**, Mohammed Lamine Bendjeddou, Frédéric Francis, Saïd Chawki Boubidi & Bouslama(2015): Preliminary report of mosquitoes survey at Tonga Lake (North-East Algeria), *Advances in Environmental Biology.*, 9(27) : 288-94.

Communications (16) :

Internationales (9) :

ALAYAT Moufida Saoucen, Mahmoudi Khaoula ,Mouane Aicha, Guehef Zohra hada , Kadri Mounira, Bouafiane Mabrouka, Bendali-Saoudi Fatiha. le Premier Signalement d'espèces d'*Anopheles* vecteur du Paludisme (Diptera :Culicidae) dans la région Arid Laghouat (Sahara Septentrional Algerien).VBEH-2023, 1st International Séminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health, Université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued, May 10-11, 2023

ALAYAT Moufida Saoucen, Mahmoudi Khaoula ,Mouane Aicha, CHENNA Adala, MEKHADMI Nour el-Houda, BENDALI-SAOUDI Fatiha. Contribution à l'effet larvicide d'une plante médicinale cultivé dans la région d'Oued Souf à l'égard de deux espèces des moustiques vecteurs de West-Nile. VBEH-2023, 1st International Séminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health, Université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued, 10-11 May, 2023

ALAYAT Moufida Saoucen, CHENNA Adala, Bendali-Saoudi Fatiha, Mouane Aicha, Kadri Mounira. Enquête ethnobotanique et étude phytochimique d'une plante médicinale (*Rosmarinus officinalis*) cultivé dans la région d'Oued Souf. VBEH-2023, 1st International Séminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health, Université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued, 10-11 May, 2023

KADRI Mounira, ALAYAT Moufida Saoucen, RAMDANE F, MOUANE A. Estimation of Polyphenols and Flavonoids in Aqueous extract of ephedra alata". VBEH-2023, 1st International Séminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health, Université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued, 10-11 May, 2023

MAHMOUDI Khaoula, Alayat Moufida Saoucen, Fatiha BENDALI-SAOUDI, Nouredine SOLTANI Détermination taxonomique saisonnière des espèces d'Hétéroptères d'eau douce au Nord-est de l'Algérie. VBEH-2023, 1st International Séminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health, Université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued, 10-11 May, 2023

NATIONALES (7):

ALAYAT M S, MAOUANE A ,MAHMOUDI K KADRI M ,SAOUDI B F Lutte biologique contre deux espèces des moustiques (Diptera :*Anopheles sergentii sergentii* & *Culiseta longiareolata*) par l'huile essentielle, extrait méthanolique et poudre des feuilles d'*Artemisia campestris L.* (Asteraceae). 6th Scientific Day on :Biological Sciences (6 SDBS 2023), Université El-Oued 25April 2023.

ALAYAT Moufida Saoucen. Etude Comparative de l'effet larvicide de deux plantes médicinales (*Artemisia Compestris* et *Juniperus phoenicea*) sur le développement des moustiques dans la région d'Oued Souf. Le 1er Séminaire national : Biotechnologie, Santé et Agro-Environnement (SNBSAE 2022), Université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued, 14 -15 Mars 2022

BELKHEIR Naima, CHIKHAOUI Hadjer, ALAYAT Moufida Saoucen, ABD EL SALEM Amira, SOUTTOU Karim ET HAKEM Ahcene. Effet d'extrait aqueux d'ortie *Urtica dioica* sur des activités larvicides du *Culiseta longiareolata*. 2 ème Séminaire National en ligne sur Etat des lieux, conservation et possibilités de valorisation des ressources biologiques en Algérie (SNECPVRBA-2023), Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila, 12-13 Avril 2023

Brevet d'invention

R2-FO-03
E1

Nature de la demande de protection *

Brevet d'invention Extension de la demande internationale selon le PCT Certificat d'addition

[71] - DEPOSANT(S) : Nom, Prénom, [dénomination], et Adresse complète

Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued
BP 789 le nouveau groupement * El Oued * Algérie * 39000

Nationalité du ou des déposants Algérienne

[72] - INVENTEUR(S) : Nom, Prénom, Adresse

ALAYAT Moufida Saoucen, hai ELchouhada Guemar, ELoued 39000, Algérie
BENDALISAUDI Fatiha, cité Mechri Hocine Sidi Amar Annaba 23000, Algérie
MOUANE Aicha, Hai Boumerdes TAIBET, 30015, Algérie
CHENNA Adala, Guemar, ELoued 39000, Algérie.
MEKHADMI Nour Elhouda, City ELAMEL TAIBET, 30015, Algérie
MAHMOUDI Khaoula, Cité Achouri Mouldi2/3Djebel Anoual, Tébessa1200, Algérie

[54] - TITRE DE L'INVENTION :

Bio-insecticide à base de Juniperus phoenicea et Rosmarinus officinalis anti-moustiques des maladies épidémiques dangereuses

[30] - REVENDICATION DE PRIORITE (S)

[31] - N°[s] de dépôt	[32] - date[s]	[33] - pays d'origine	Nature de la demande

Numéro de dépôt	Date de dépôt	Heure
230683	04 JUIN 2023	11:09
N° de la demande internationale et date internationale de dépôt		

Visa

inApi
BOUASSIF El Hafsi
Service Dépôt
D Z P
Chef de Service


Brevet d'invention

MOUANE, Aicha, Hai Boumerdes
MEKHADMI NOUR ELHOUDA c
ALAYAT, Moufida Saoucen, Haï

Complément alimentaire pour augmenter la fertilité chez les deux sexes à base de reptiles de la région de Oued Souf

Numéro de dépôt	Date de dépôt	Heure
230118	09 FEV. 2023	11:40

N° de la demande internationale et date internationale de dépôt

Visa
 inApi BOUMEDIENE EL Hafsi Service Dépôt D Z P Chef de Service

[72] - INVENTEUR[S] : *Nom, Prénom, Adresse*


MOUANE, Aicha, Hai Boumerdes, Taibet, 30015, Algérie
HOUMRI, Nawal, Cité EL nacer, Kouinine, ELOued, 39000, Algérie
MEKHADMI, NOUR ELHOUDA city elamel taibet ,30015, Algérie
ALAYAT, Moufida Saoucen, Haï El chouhada Guemar, El Oued 39000, Algérie

[54] - TITRE DE L'INVENTION :

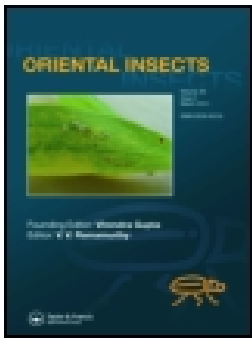
Antibiotique à base d'Euphorbia Guyoniana anti-venin de vipère à Oued Souf

Numéro de dépôt	Date de dépôt	Heure
230119	09 FEV. 2023	11:42

N° de la demande internationale et date internationale de dépôt

Visa
 inApi BOUMEDIENE EL Hafsi Service Dépôt D Z P Chef de Service

ARTICLE
SCIENTIFIQUE



Diversity and spatio-temporal distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Laghouat arid region (Algerian northern Sahara)

Moufida Saoucen Alayat, Fatiha Bendali-Saoudi, Khaoula Mahmoudi & Nouredine Soltani

To cite this article: Moufida Saoucen Alayat, Fatiha Bendali-Saoudi, Khaoula Mahmoudi & Nouredine Soltani (2023): Diversity and spatio-temporal distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Laghouat arid region (Algerian northern Sahara), *Oriental Insects*, DOI: [10.1080/00305316.2023.2187892](https://doi.org/10.1080/00305316.2023.2187892)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00305316.2023.2187892>



Published online: 13 Mar 2023.



Submit your article to this journal [↗](#)







View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



Diversity and spatio-temporal distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Laghouat arid region (Algerian northern Sahara)

Moufida Saoucen Alayat ^{a,b}, Fatiha Bendali-Saoudi ^b, Khaoula Mahmoudi ^c and Nouredine Soltani ^b

^aDepartment of Natural and Life Sciences, Faculty of Sciences, University El Chahid Hamma Lakhader, El-Oued, Algeria; ^bLaboratory of Applied Animal Biology Research (L.B.A.A), Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria; ^cLaboratory of Animal Ecophysiology Research (L.R.E.A), Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria

ABSTRACT

The study concerned the mosquitoes of the region of Laghouat (Septentrional Sahara of Algeria), for one year (December 2018 to November 2019). This study contributes to the identification and systematic determination of collected species. The surveyed sites are of rural, peri-urban, and urban types. The systematic study revealed the presence of fifteen species belonging to the Anophelinae and Culicinae subfamilies. Four registered genera were presented by *Anopheles* with 5 species identified for the first time; *Aedes* with (1 single species), *Culex* (7 species) and *Culiseta* (2 species). *Culiseta longiareolata* was the most abundant and frequent species with 633 individuals, followed by *Culex theileri* (403 individuals) and *Anopheles sergentii sergentii* (238 individuals). Concerning the bio-ecological aspect of the distribution of these species, the influence of 5 physicochemical parameters and other biotic parameters (aquatic vegetation, lodges) on the spatio-temporal distribution of the species revealed the existence of two groups of sites and species collected with a preference of the presence of all the species of the genus *Anopheles* in the saline waters (brackish), alkaline, less charged in MES, with a high level of DBO5 and rich in green algae.

ARTICLE HISTORY

Received 22 October 2022
Accepted 2 March 2023

KEYWORDS

Systematics; Culicidae; vectors; physicochemical parameters; Sahara of Algeria

Introduction

Vector-borne diseases are one of the major public health problems worldwide with significant health and economic consequences (WHO 2012). They have played a major role in global morbidity and mortality since human settlement began 15 000 years ago, with more than 700 000 deaths per year attributable to vector-borne diseases (WHO 2020). Among these, malaria, the most prevalent

CONTACT Fatiha Bendali-Saoudi  bendalisauodif@gmail.com  Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria

© 2023 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

and deadly disease, is transmitted by *Anopheles* mosquitoes, with one to two million deaths per year and an estimated 405 000 deaths in 2018, most of which are children under 5 years of age (WHO 2020). Lymphatic filariasis is transmitted by *Culex* and *Aedes*, affecting 100 million people (Rhodain and Perez 1985). In addition, WHO (2007) reports 100 million infections per year due to dengue (a virus transmitted by *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*). Many other arboviruses such as yellow fever; chikungunya; Rift Valley fever are also transmitted by mosquitoes. Culicidae can also be pathogens vectors of animal diseases, such as equine encephalitis or zoonoses including West Nile Virus, which now occurs on all continents except Antarctica, making it the most widespread virus in the world (Cailly et al. 2012). Algeria is also affected on several occasions by some of these diseases, finding malaria in the first place, since the sixties in the north of the country where 95 424 cases have occurred (Hammadi et al. 2009), then the regular increase in the number of reported cases and the resurgence of epidemic foci in the Saharan Oases from the 1980s. This increase coincided with the opening of the trans-Saharan route and the increase in the volume of trade with Sahelian countries (Hammadi et al. 2009). North Africa, particularly Algeria, is bounded by the Mediterranean basin to the north and the Saharan regions to the south. This region seems to play the role of transition or emergence in several mosquito-borne diseases, manifested by the large and diverse Culicidae fauna. In Algeria, over the last twenty years, the Culicidae fauna has been the subject of a large number of studies particularly on systematics, biochemistry, morphometry, and chemical, as well as biological control, according to different bioclimatic stages concerning mosquitoes in various regions (Bendali et al. 2001; Messai et al. 2010; Tine-Djebbar et al. 2011; Bouabida et al. 2012; Hamaidia and Soltani 2014; Boudemagh et al. 2018; Arroussi et al. 2021; Djeddar et al. 2021; Hafsi et al. 2021; Chahed et al. 2022; Mahmoudi et al. 2022b). Studies in the Sahara are weak, even though there are five significant malaria foci in southern Algeria. This requires the development of mosquito fauna monitoring programmes, especially the main vectors in certain neglected and little-studied areas. This monitoring requires the systematic and taxonomic identification of species present in the arid zones of Algeria (Benhissen et al. 2017). Clastrier and Senevet (1961) studied the Culicidae fauna of Oued Rig, a group of about fifty oases extending over 160 km in the north-eastern part of the northern Algerian Sahara, Touggourt located in the north-eastern part of the Algerian Sahara and Djamâa located in the northwestern part of El Oued State. More recently, Merabeti and Ouakid (2010) and Benhissen et al. (2014, 2017) were interested in the Culicidae from the Biskra region. On the other hand, Benhissen et al. (2018) and Boukraa et al. (2013) studied involved mosquitoes from Boussaâda and Ghardaïa regions, respectively. Unfortunately, the taxonomic structure of the Culicidae fauna is still poorly known in Laghouat region (Algerian North Sahara), which is close to Ghardaïa, an important malaria focus in Algeria. In this context, we carried out this work,

intending to study the biodiversity and the systematics of Culicidae species and the influence of the physicochemical parameters of deposit water on their seasonal variations and their spatial distribution.

Materials and methods

Study area

The region of Laghouat (Algeria), located in the North of the Sahara, at the foot of the Saharan Atlas, is the capital of the steppe region. It is bordered to the north by the state of Djelfa, to the west by the state of El Bayadh, to the northwest by the state of Tiaret, and the south by the state of Ghardaïa. It is located at the limit of the Sahara (33°46'N, 2°56'E) at an altitude of 752 m, and is 400 km away from the capital Algiers. It covers a total area of 25,052 km². Due to its geographical position and its climatic characteristics, it is part of the nine pastoral regions of the country as well as the region of the South. The climate is continental in the Northwest of Laghouat with rainfall varies from 300 to 400 mm. In the Highlands and Saharan Plateaux area the climate is arid, with a rainfall of 150 mm in the Center and 50 mm in the South. The weather in Laghouat is characterised by hard frosts in winter and high temperatures in summer with sandy winds. (DPSB 2020) (Fig. 1).

Study sites

Surveys and sampling were conducted from December 2018 to November 2019 and a total of 11 breeding sites were selected and distributed as follows: urban (2 sites), peri-urban (2 sites), and rural (7 sites) (Fig. 1). The study sites are potentially favourable for larval development. Their distribution is presented as follows: Maamoura (St10) and the University (St11) are two urban sites, El kheneg (St8) (an empty sanitary) and Oued M'zi (St9) (a swamp) are two peri-urban sites, site 7 is a rural site (Pond in Oued Morra), site 6 is Elghicha (Bank Oued Elghicha), site 5 is Kafalmelh (Pond in the banks of Oued Zargoun), site 4 is Lalmaya (Located in the banks of a dam), site 3 is a marsh at the Oued Touglatine, and site 2 is a clear water pond located near the Tadjmoute dam. Finally, Ain Madhi represents the first site, a rainwater reservoir. The sites were chosen according to the presence of Culicidae larvae, accessibility, durability and non-treatment with pesticides (Fig. 2).

Mosquito sampling and preservation

Samples were collected monthly from December 2018 to November 2019. Using the dipping technique (Subra 1975; Croset et al. 1976; Silver 2008) with ten dips in different deposits of the

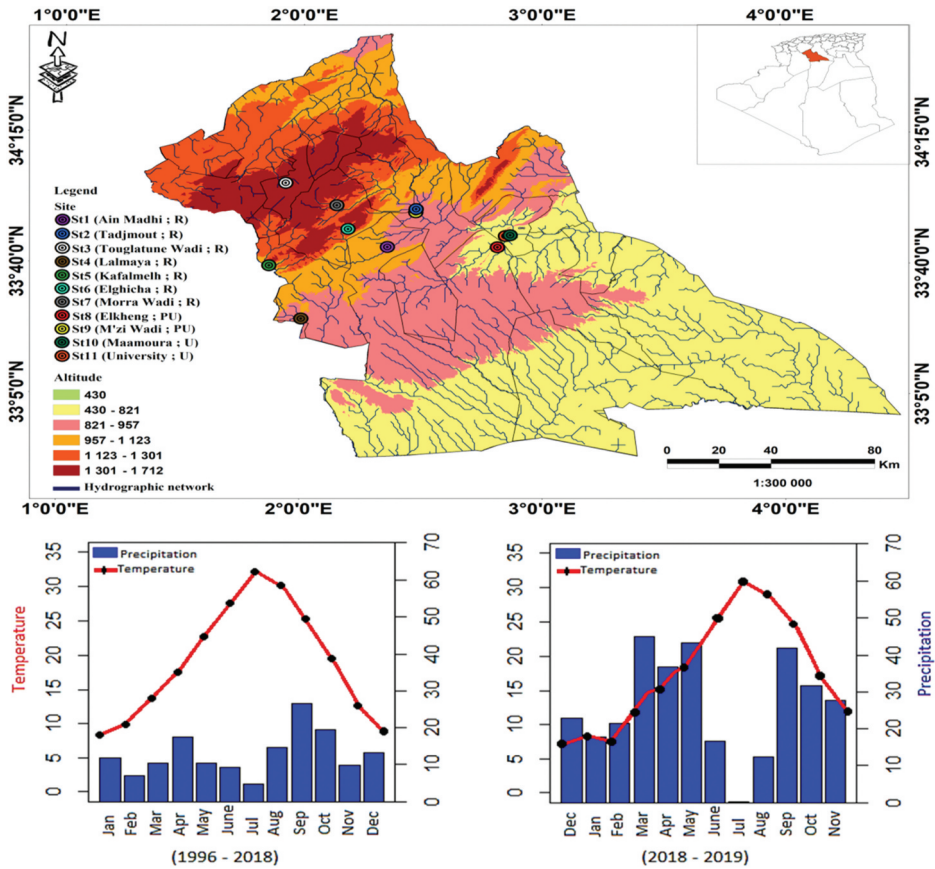


Figure 1. Geographical location of the Laghouat region with ombrothermic diagrams, and sampling sites.

breeding site. The dipper with a known capacity of 1 L is immersed in water. Samples are kept in tightly closed containers and labelled (Date, site). The nymphs are placed in jars containing dechlorinated water, set inside a wooden cube (40×40×35cm), and covered with fine mesh tulle for the emergence of the adults. Food was composed of a biscuit and yeast mixture (biscuit 75% - yeast 25%) and was given to the larvae (Mahmoudi et al. 2022b). Adults were collected with a mouth aspirator and killed by the cold. Before mounting them, the adults are kept in small tubes, in presence of Silica gel and a piece of cotton, and subsequently frozen, until their identification (Amara Korba et al. 2015). The 4th instar larvae was immersed for 48 h in a 10% NaOH solution for brightening, which allowed a good microscopic observation (Houmani et al. 2017). Systematic identification was carried out using a dichotomous key (Himmi et al. 1995) and identification software (Mosquitoes from North Africa) (Brunhes et al. 1999).



Figure 2. Samples breeding sites distributed among the 3 lodges. **A:** Rural lodging sites; **B:** Peri-urban lodging sites; **C:** Variety of urban lodges.

Physico-chemical analysis of the water

Five physicochemical water parameters were carried out in parallel with a seasonal sampling of the benthic fauna (Biological oxygen demand: DBO5, pH: Hydrogen potential, MES: Suspended matter, Temperature: T °C, and Salinity). Sampling was done by immersing a bottle, opening it downwards to 30 cm below the water surface, and then lifting it in a 'U'

shape to avoid particles deposited on the surface and those coming from the sediments (Rodier 1996). The samples are taken in plastic bottles carefully sterilised by autoclave; the samples were kept at 4°C (Aminot and Chaussepied 1983). All parameters were measured at the level of the NPO (National Planning Office), wastewater treatment plant of the Laghouat state using the P4 multiline apparatus (WTW).

Analysis of benthic populations and ecological indices

Daget (1976) and Southwood (1978) recommended studying animal communities, especially insects, by analysing the abundance distribution and ecological indices, especially diversity. The results obtained are first processed by the quality of the sampling and then exploited by the ecological indices of composition and structure. In this context, the similarity index was calculated between the study sites. The ecological indices of composition are represented by the total richness and the average (Blondel 1975); the relative abundance ($AR = n_i/N \times 100$) (Daget 1976), and the frequency of occurrence ($FO = R_i/R \times 100$). On the other hand, the ecological indices of structure used have been referred to as Shannon's diversity index ($H' = -\sum p_i \log_2 p_i$), Simpson's reciprocal index 'SRI' ($1/D$), where $D = \sum N_i (N_i - 1) / (N(N - 1))$, where N_i is the number of individuals of the given species and N is the total number of individuals. Species, and the equitability index ($E(J') = H'/H'_{max}$), where H'_{max} is the maximum diversity ($H'_{max} = \log_2 S$). AR is the relative abundance, n_i is the number of individuals of each species, N is the total number of individuals of all species combined, FO is the frequency of occurrence, R_i is the number of surveys containing the species under consideration, R is the total number of surveys conducted, H' is the Shannon Weaver index expressed in bit units, p_i is the relative frequency of the species under consideration, \log_2 is the base-2 natural logarithm, and S is the total number of species identified in each survey.

Rarity and extrapolation

Species richness is considered a simple and easily analysed index of diversity (Gotelli and Colwell 2001). To determine if the applied sampling effort correctly estimated this index, the rarity and extrapolation curves were constructed based on an appropriate set of statistical sampling models. These curves allow, from the observed data, to derive an estimate of the cumulative species richness as a function of the sampling effort provided. This method also has the advantage of comparing different data sets collected with varying sampling efforts (Colwell et al. 2012; Colwell 2013). With interpolation curves, species richness can be predicted for a sample

size larger than the reference size. Species richness interpolations have been assigned lower and upper bounds of a 95% confidence interval.

Seasonal similarity of Culicidae communities

Species diversity (interspecific) of a community is the variation in species composition between sites in a given area. It can be measured in several and in particular, by the total variance of the community observed at different sites (Magurran 2004). To compare Culicidae beta diversity between the eleven sites, several qualitative (Jaccard and Sørensen) and quantitative indices were calculated. The quantitative indices included the 2 crude and estimated Chao-Jaccard indices, the crude and estimated Chao-Sørensen indices, the Morisita-Horn index, and the Bray-Curtis index (Magurran 2004; Colwell 2013). Similarity calculations were performed using the free Estimate S software (Colwell 2013).

Statistical analysis

All the statistical analyses were performed in R, version 3.6.3 (R Core Team 2020). The Shapiro-Wilk test tested the normality of all variable data, and the median differences between seasons and sites were tested by the non-parametric Kruskal Wallis rank-based test, followed by posthoc pairwise comparisons using Dunn's test with Holm's P-value adjustment using the 'Dunn test' package (Dinno 2017). The spatial and temporal variation of our tested biotic and abiotic variables is plotted through numerous whisker box plots using the 'ggplot2' package (Wickham 2016). Results are provided as mean \pm standard deviation (SD). The threshold of significance was set at 5%. In addition, non-parametric Spearman correlation using the packages 'ggcorrplot' (Kassambara 2019) and 'Hmisc' (Harrell et al. 2020) analysed the relationships between physicochemical and biological parameters. We also performed principal component analysis (PCA) using the 'FactoMineR' (Husson et al. 2020) and 'facto extra' (Kassambara and Mundt 2020) packages on standardised data to characterise spatiotemporal variation, of biotic and abiotic variables measured at the different study sites.

Results

Composition of the Culicidae fauna

The examination of Culicidae inventoried in the region of Laghouat during the sampling period of December 2018 to November 2019 at three types of sites Urban, Peri-urban, and Rural showed the presence of fifteen species

belonging to the Subfamilies: of Anophelinae and Culicinae (Table 1). The subfamily Culicinae takes an important part in the present inventory. The subfamily Anophelinae, is represented by five species *Anopheles labranchiae* Meigen, 1818; *Anopheles cinereus* Theobald, 1903; *Anopheles dthali* Patton, 1905; *Anopheles multicolour* Caamboliu, 1902 and *Anopheles sergentii sergentii* Theobald, 1907. The genus *Anopheles* was reported for the first time in the region of Laghouat and only in rural sites, characterised by rich aquatic vegetation, especially the green algae *Myxophyta sp* and *Spirogira sp*. The genus *Culex* occupies the first position, represented by 7 species, *Culex theileri* is the most abundant with a total of 403 individuals. Followed by *Culiseta longiareolata* considered a cosmopolitan species, is the most frequent in the different sites (urban, peri-urban, rural) with a total of 633 individuals. Next is the species *Anopheles sergentii sergentii* with 238

Table 1. Inventory and ecological indices of Culicidian fauna collected in the Laghouat region, Algeria (2018 – 2019).

Species	Winter				Spring				Summer				Autumn			
	N	AR	FO	C	N	AR	FO	C	N	AR	FO	C	N	AR	FO	C
<i>Anopheles labranchiae</i> Meigen, 1818	6	0.21	18	Rar	89	3.12	18	Rar	30	1.05	18	Rar	10	0.35	18	Rar
<i>Anopheles sergentii sergentii</i> Theobald, 1907	35	1.23	18	Rar	37	1.3	18	Rar	118	4.14	18	Rar	48	1.69	18	Rar
<i>Anopheles dthali</i> Patton, 1905	—	—	—	—	26	0.91	18	Rar	83	2.91	18	Rar	—	—	—	—
<i>Anopheles cinereus</i> Theobald, 1903	—	—	—	—	24	0.84	18	Rar	77	2.70	18	Rar	—	—	—	—
<i>Anopheles multicolour</i> Camboliu, 1902	4	0.14	18	Rar	13	0.45	18	Rar	142	4.99	18	Rar	—	—	—	—
<i>Aedes vexans</i> Meigen, 1830	—	—	—	—	650	22.85	9	Acc	—	—	—	—	9	0.31	9	Acc
<i>Culiseta annulata</i> Schrank, 1776	—	—	—	—	14	0.49	9	Acc	15	0.52	9	Acc	—	—	—	—
<i>Culiseta longiareolata</i> Macquart, 1838	36	1.27	90	Frq	330	11.60	90	Frq	270	9.49	90	Frq	15	0.52	72	Cmn
<i>Culex pipiens</i> Linnaeus, 1758	25	0.88	27	Occ	18	0.63	27	Occ	19	0.66	27	Occ	10	0.35	9	Acc
<i>Culex antennatus</i> Becker, 1903	—	—	—	—	2	0.07	9	Acc	2	0.07	9	Acc	—	—	—	—
<i>Culex deserticola</i> Kirkpatrick, 1924	—	—	—	—	34	1.19	9	Acc	35	1.23	9	Acc	—	—	—	—
<i>Culex hortensis maderensis</i> Ficalbi, 1889	—	—	—	—	11	0.39	9	Acc	4	0.14	9	Acc	—	—	—	—
<i>Culex brumpti</i> Galliard, 1931	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	127	4.46	9	Acc
<i>Culex theileri</i> Theobald, 1903	166	5.84	27	Occ	179	6.29	27	Occ	58	2.03	27	Occ	—	—	—	—
<i>Culex laticinctus</i> Edwards, 1913	11	0.39	27	Occ	27	0.94	27	Occ	51	1.79	27	Occ	—	—	—	—

Index abbreviations: AR, relative abundance (%); N, number of individuals captured; FO, frequency of occurrence; C, class (Acc, accidental species; Rar, rare species; Cmn, common species; Occ, occasional species; Frq, frequent species).

individuals. On the other hand, the seasonal study of the specific richness (S) and abundance (A) of the inventoried species showed, in spring the specific richness presents 14 species identified from the 1 448 individuals. During the summer 13, species were identified with 897 individuals. The lowest biodiversity was recorded during the winter and *Cx. theileri* was the predominant species (A = 166 individuals). During this season, 7 species were identified among 282 individuals. In autumn 6 species were identified, with 215 individuals. Among these taxa, *Aedes vexans* occurred in a high abundance in spring (A = 650 individuals); in summer *Cs. longiareolata* predominated (A = 263 individuals); in autumn *Cx. brumpti* was the most represented (A = 127 individuals) (Table 1).

Seasonal occurrence and phenology of species

The analysis of the occurrence and spatial phenology of 15 Culicidae species inventoried in the Laghouat region indicates the following characteristics according to figure 3: Two species were classified as accidental: *Ae. vexans* at site 3 and *Cx. pipiens* at site 2, Acc (FO < 10%). Two species ranked rare: *Ae. vexans* at site 1 and *Cx. brumpti* at site 4, Rar (25% > FO ≥ 10%). Six species were ranked casual: *Cx. hortensis*, *Cx. deserticola* and *Cs. annulata* at site 4; *Cx. antennatus* at site 8; *An. multicolour* and *An. cinereus* at site 4 and 5, Occ (50% > FO ≥ 25%). Five species were ranked common: *Cx. pipiens* at sites 3,

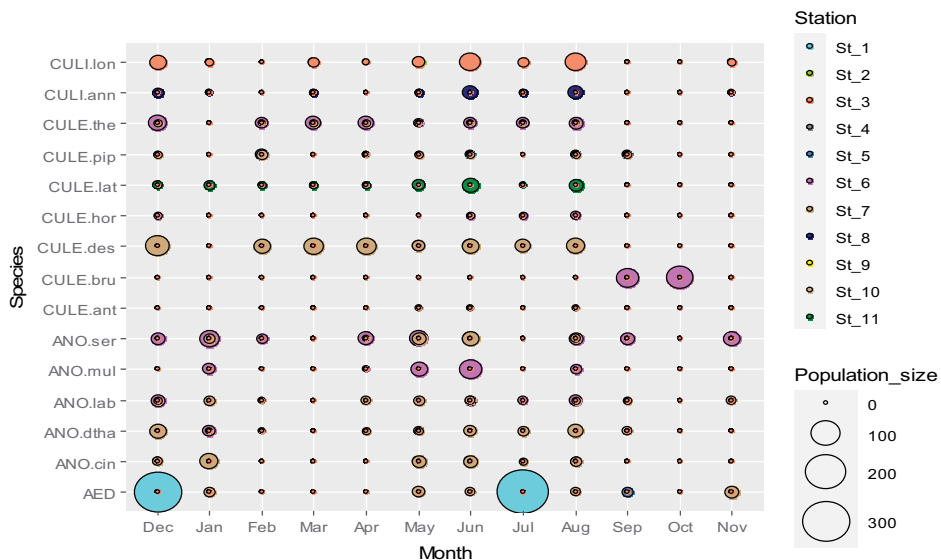


Figure 3. Phenology of abundances of Culicidae species sampled in the Laghouat region (December 2018 - November 2019), ANO: *Anopheles*, CULE: *Culex*, AED: *Aedes* and CULI : *Culiseta*.

4, and 8; *Cx. theileri* at sites 4, 5, and 8; *Cx. laticinctus* at site 4, 8, and 9; *Cs. longiareolata* at sites 3, 4, 5, 6, 7, 8, and 9; *An. dthali* at sites 4 and 5, Cm (75% > FO ≥ 50%) (Fig. 3). The following three species are ranked as frequent: *Cs. longiareolata* at sites 10 and 11; *An. sergentii sergentii* and *An. labranchiae* at sites 4 and 5, Frq (FO ≥ 75). Regarding the study of seasonal occurrence and phenology shows that seven species are considered accidental: *Ae. vexans* in spring and autumn; *Cx. hortensis*, *Cx. desertical*, *Cx. antennatus* and *Cs. annulata* in spring and summer; *Cx. pipiens* and *Cx. brumpti* in autumn, five species were classified rare: *An. multicolour* during the seasons: winter, spring, and summer as well as *An. sergentii sergentii* and *An. labranchiae* in the four seasons. Three species were classified occasional: *Cx. pipiens*, *Cx. theileri* and *Cx. laticinctus* in the seasons winter, spring, and summer, the species *Cs. longiareolata* was classified as frequent during all the seasons, except the season of autumn, in which it is presented as common species (Table 1) (Fig. 3).

Seasonal and spatial patterns of diversity indices

The results of the diversity and homogeneity indices are shown in Table 2. Indeed, the maximum richness was observed in spring (S = 14 species) with an abundance of 1 448 individuals, while the other indices present maximum values in summer (H' = 2.117, D = 0.845 (Simpson's Index), J' = 0.329) with an abundance of 897 individuals. Regarding the specific spatial richness, the highest values of the ecological indices are recorded in site 4 (S = 13 species; H' = 2.248 and D = 0.871, N = 854 individuals), with the exception of Piélou's equitability, whose maximum value is recorded at site 3 (J' = 0.501, N = 102 individuals).

Table 2. Spatio-temporal evolution of biodiversity indices of Culicidae species sampled in the Laghouat region (December 2018 - November 2019).

Factor	S	N/S	H'	D	SRI	SRI/S	J'	N
Winter	8	35.5	1.355	0.619	1.616	0.202	0.298	284
Spring	14	103.43	1.706	0.727	1.376	0.098	0.275	1448
Summer	13	69	2.117	0.845	1.184	0.091	0.329	897
Autumn	6	35.83	1.216	0.592	1.688	0.281	0.331	215
St_1	1	650	0	0	Inf	Inf	Na	650
St_2	1	64	0	0	Inf	Inf	Na	64
St_3	3	34	0.902	0.551	1.814	0.605	0.501	102
St_4	13	65.69	2.248	0.871	1.148	0.088	0.339	854
St_5	7	80.71	1.675	0.757	1.321	0.189	0.389	593
St_6	1	58	0	0	Inf	Inf	Na	58
St_7	1	64	1.266	0	Inf	Inf	Na	64
St_8	5	26	0	0.645	1.551	0.311	0.411	132
St_9	1	80	0	0	Inf	Inf	Na	80
St_10	1	98	0	0	Inf	Inf	Na	98
St_11	1	149	0	0	Inf	Inf	Na	149

(Inf: Infinity; Na: not available).

Correlation between diversity indices

All diversity parameters were positively correlated, except for the SRI parameter: S showed negative correlations with the other parameters. However, all correlations were significant ($P < 0.05$) (Fig. 4).

Interpolation of Culicidae species richness

Seasonal analysis of the richness curves as a function of the number of individuals observed (Fig. 5) shows that diversity is quite similar between the four seasons. In particular, spring and summer show a comparable richness, containing significantly more diverse populations of Culicidae than the other seasons. Although the species richness is comparable to the other seasons, winter and autumn have a lower diversity and provide a reduced number of species and individuals. Concerning the spatial study, the richness curves according to the number of individuals observed (Fig. 6) indicate that site 4 is the most diverse Culicidae population with a very high number of individuals, followed by site 5, then site 8 and finally site 3, whose number of individuals is proportional to the intensity of diversity. However, site 1 has weaker diversification than the other sites, so the number of individuals is higher. However, the diversity is quite close and too low for the remaining six sites: St2, St6, St7, St9, St10, and St11.

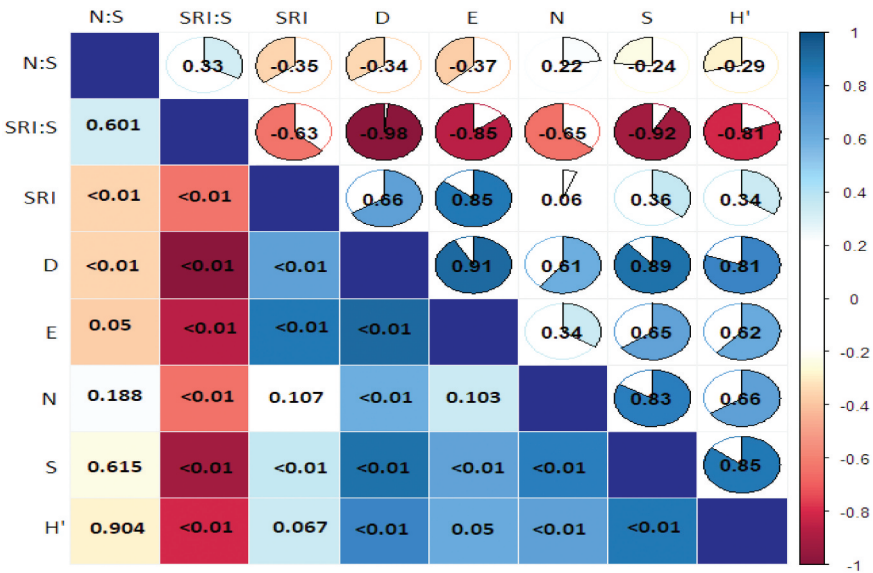


Figure 4. Corrplot displaying the correlation matrix between the identified species diversity parameters.

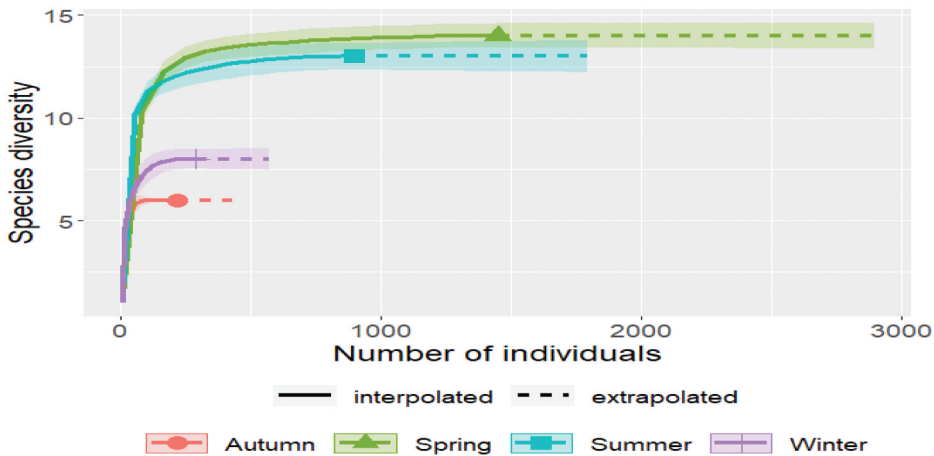


Figure 5. Individual seasonal rarefaction and extrapolation (R/E) curves with 95% confidence intervals (shaded areas) for the Culicidae community as a function of diversity order $q=0$ (species richness, Chao1), solid and dashed segments represent rarefaction and extrapolation respectively. Solid shapes represent reference samples.

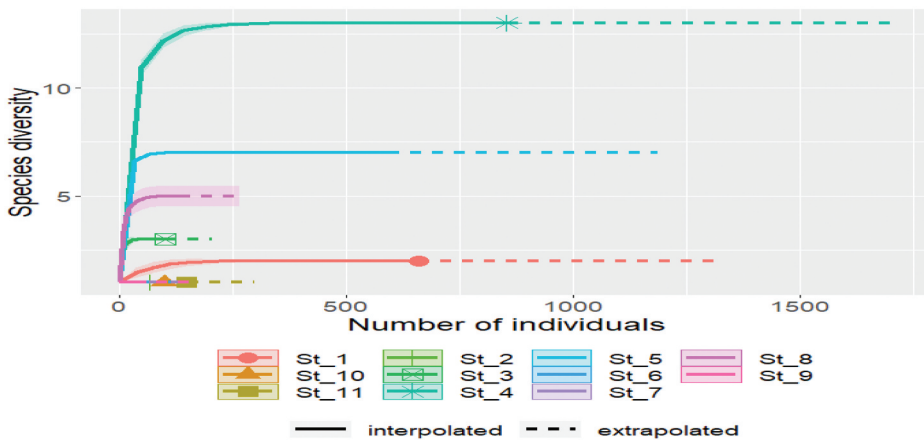


Figure 6. Individual spatial rarefaction and extrapolation (R/E) curves with 95% confidence intervals (shaded areas) for the Culicidae community as a function of diversity order $q=0$ (species richness). Solid and dashed segments represent rarefaction and extrapolation, respectively. Solid shapes represent reference samples.

Spatio-temporal similarity analysis

Figure 7 shows the Venn diagram. It represents the distribution of species between the seasons studied. This diagram shows four ubiquitous species common to all seasons studied, *Cx. pipiens*, *Cs. longiareolata*, *An. sergentii sergentii*, *An. labranchiae*. Most of the common species were present during spring. However, the winter and spring seasons did not have exclusive species. They are all identified during the other seasons. In contrast, only one species *Ae. vexans* was

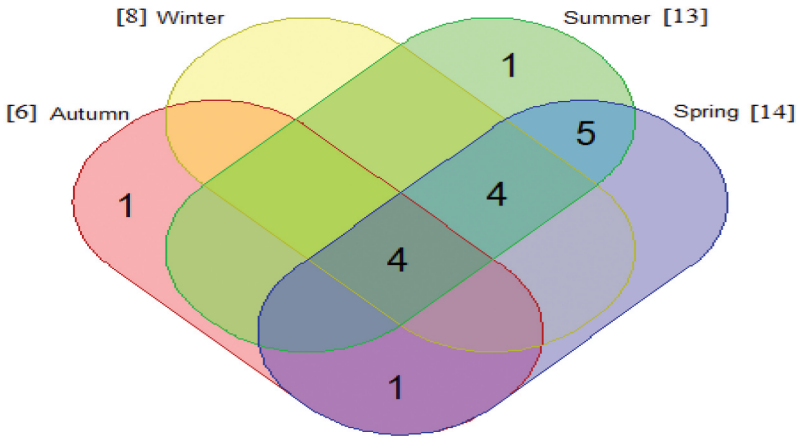


Figure 7. Four-series Venn diagram showing the species richness (S) recorded during the four seasons. The S values reported in square brackets represent the total number of species in each season, while the numbers in the diagram are species shared exclusively between the corresponding seasons.

commonly recorded, between the two seasons of spring and autumn. Four species were common during all three seasons: winter, summer, and spring (*Cx. theileri*, *Cx. deserticola*, *Cx. laticinctus*, *An. multicolour*). Five species of mosquitoes were ubiquitous at all sites in summer and spring (*Cx. hortensis*, *Cx. antennatus*, *Cs. annulata*, *An. dthali*, *An. cinereus*). Regarding the spatial similarity shown in (Fig. 8), a common and ubiquitous species was found between nine sites, except for sites 1, and 9. In contrast, sites 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, and 11 had no exclusive species. Site 4 had 4 exclusive species (*Cx. hortensis*, *Cx. deserticola*, *Cx. brumpti*, *Cs. annulata*) while site 5 had 1 unique species (*Cx. antennatus*). In contrast, sites 4 and 5 had 5 common species (*An. multicolour*, *An. sergentii sergentii*, *An. labranchiae*, *An. dthali*, *An. cinereus*). However, sites 1 and 3 shared one species (*Ae. vexans*). In addition, sites 3, 4, and 8 shared the species *Cx. pipiens*; sites 4, 8, and 9 shared the species *Cx. laticinctus* and sites 5, 4, and 6 shared the species *Cx. theileri*.

Effect of water physico-chemical parameters on species richness

The Generalized Linear Model: multiple linear regression (GLM) analysis revealed that the increase in Culicidae species richness was significantly related to salinity. However, the interaction between this parameter and the suspended solids content and the pH was not significant. On the other hand, the other parameters (LD, BOD5, and T.) did not influence the evolution of this parameter (Table 3).

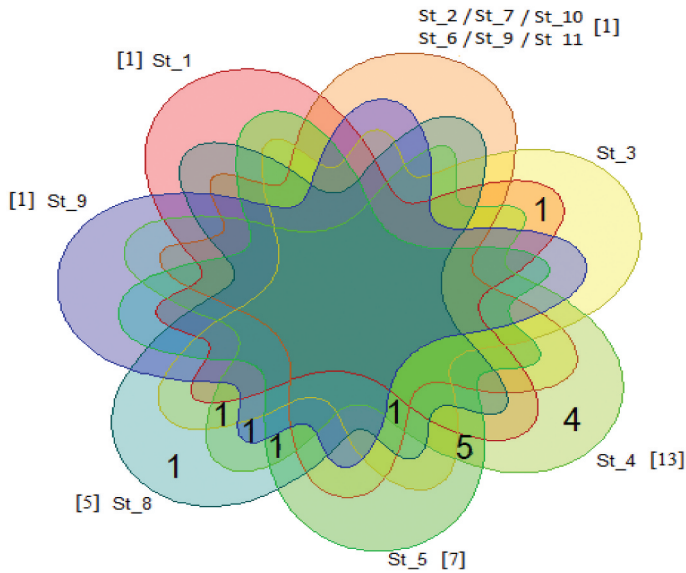


Figure 8. Four-series Venn diagram showing the species richness (S) recorded at the 11 sites. The S values reported in square brackets represent the total number of species at each site, while the numbers in the diagram are species shared exclusively between the corresponding sites.

Table 3. Multiple linear regression shows the effect of physicochemical parameters of water on the variation of species richness of Culicidae sampled in the region of Laghouat (December 2018 - November 2019).

S	Estimate	Se	z-value	P	Signification
(Intercept)	14.67	7.35	1.996	0.071	Ns
LD	0.000	0.005	0.016	0.987	Ns
pH	-2.092	0.988	-2.118	0.057	*
DBO5	-0.092	0.299	-0.309	0.799	Ns
T	-0.087	0.088	-0.989	0.344	Ns
Sal	1.651	0.276	5.977	0.000	***
SM	0.003	0.001	2.088	0.060	Ns

* ($P \leq 0,05$), ** ($P \leq 0,01$), *** ($P \leq 0,001$), ns ($P > 0,05$).

Spatial and temporal variation of the physico-chemical parameters of the water in the mosquito breeding sites

The results obtained from the one-way analysis of variance (one-way ANOVA) reveal the existence of very highly significant differences between sites for salinity ($P = 0.000$) and highly representative for TSS ($P = 0.003$). On the other hand, there are very high significant inter-seasonal differences for pH ($P = 0.000$) (Table 4).

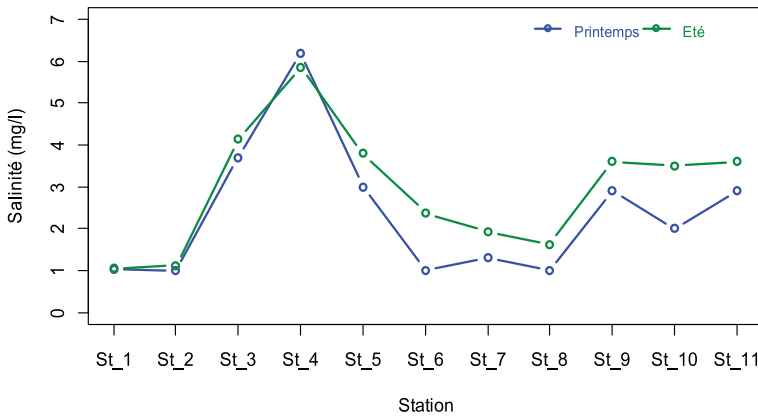
Salinity levels at all sites and throughout the study period showed two peak values. At site 4 (the most diverse site), one in summer (5.86 mg/l) and the other in spring (6.2 mg/l). While the lowest value (1 mg/l) was recorded at sites 2, 6, and 8 (Fig. 9).

Table 4. Inter-site and inter-season comparison of physico-chemical parameters (5 variables).

Variables	Factor			
	Sites (df = 10)		Season (df = 1)	
	P value	Observation	P value	Observation
Temperature	0.506	Ns	0.423	Ns
pH	0.996	Ns	0.000	***
Salinity	0.000	***	0.378	Ns
DBO5	0.291	Ns	0.066	Ns
MES	0.003	**	0.145	Ns

* ($P \leq 0,05$), ** ($P \leq 0,01$), *** ($P \leq 0,001$), Ns: not significant.

df: degree of freedom, DBO5: biological oxygen demand, MES: suspended matter.

**Figure 9.** Spatio-temporal evolution of water salinity at the 11 study sites.

Pearson correlation

The correlation analysis applied to the data obtained concerning the environmental parameters (Temperature, BOD5, pH, salinity, and suspended matter), and the larval density is presented in [figure 10](#). The results showed significant correlations between species of Culicidae fauna collected and salinity, these being all the species of the genus *Anopheles* and species *Cx. deserticola*, *Cx. hortensis* and the species *Cs. annulata*. The value of (r) varies between 0.5 and 0.56. On the other hand, highly significant correlations are found between the species of the genus *Anopheles* and the parameter BOD5 ($r = 0.50$ – 0.53).

The analysis of the spatiotemporal variation of physicochemical parameters (Temperature, BOD5, pH, salinity, and suspended solids) of mosquito breeding waters and the Pearson correlation between these environmental parameters and larval population density, allowed us to classify the culicidal species of our region into two groups: The first group includes species adapted to saline (brackish), alkaline waters, less loaded in TSS, with a high BOD5 level, we mention essentially all species of the genus *Anopheles* (registering their maximum abundance in waters

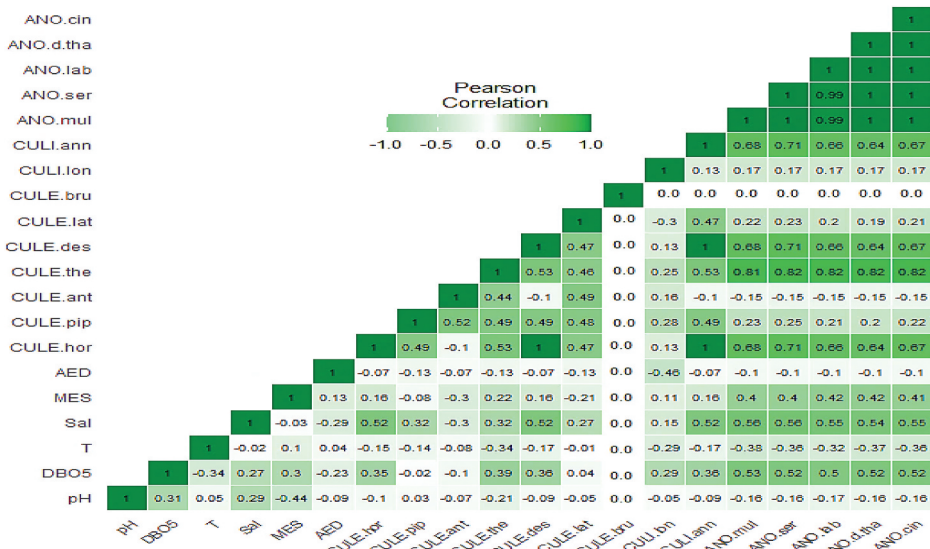


Figure 10. Corrplot of the Spearman correlation calculated between all the physico-chemical parameters analysed and the species inventoried. T: Temperature; Sal: Salinity; BOD5: Biological oxygen demand; pH: Hydrogen potential, MES: Suspended matter, LD: Larval density.

where the salinity content varies from 5.86 mg/l to 6.2 mg/l at stations 4 and 5), followed by *Cx. pipiens*, *Cx. brumpti*, *Cx. deserticola*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, and the species *Cs. annulata*, this group comprised mainly sites 3, 4, 5, and 6. The Oued el Maleh and a salt cave, where the water is very salty, feed these sites. The second group includes species that prefer weakly salted water (oligosauematic) to fresh water; they are less alkaline, more loaded with TSS, have a low rate of BOD5, and include the species *Ae. vexans*, *Cx. laticinctus*, and *Cx. antennatus*. This group essentially includes stations 1, 2, 7, 8, and 9 which are rain-fed, groundwater-fed and wadi-fed sites. As an exception, the species *Cs. longeoriolata* in both groups present good ecological plasticity and can tolerate several types of environments, namely medium salty to brackish sites and fresh waters (Fig. 10).

Relationships between physico-chemical parameters of the water

The Pearson correlation between the physico-chemical parameters of the water was displayed in a heat map. The samples were classified into three groups: the first group contains temperature and suspended matter. The second group contains pH and the third group contains LD, BOD5, and Salinity. However, only one negative correlation was found between suspended matter and pH ($r = -0.51$) (Fig. 11).

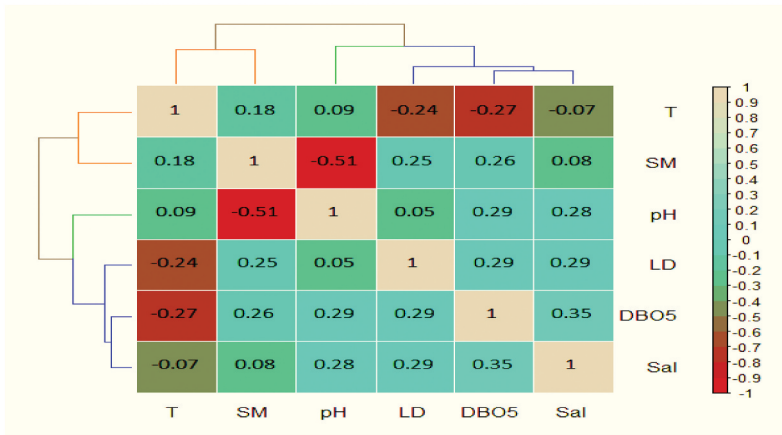


Figure 11. Heat map of the correlation matrix between physico-chemical water variables in the Laghouat region (December 2018 - November 2019).

Discussion

Several species of mosquitoes (Diptera : Culicidae), notably belonging to the genera *Aedes* Meigen, *Culex* Linnaeus, or *Anopheles* Meigen, are vectors of pathogenic organisms responsible for considerable human and animal infectious diseases (Bawin et al. 2015; Goddard 2018), in addition to the nuisance they cause. Currently, the Algerian Sahara and our region have undergone a considerable change in the diversity and geographical distribution of these vectors, mainly due to anthropogenic factors such as the intensification and globalisation of trade, population movements, and temperature increases are also likely to affect the phenology, behaviour, and life cycles of animal species, which could lead to an expansion of the vector's range of uses. Temperature increases are also likely to affect the phenology, behaviour, and life cycles of animal species, which could lead to a rise in the number of parasites and invasive species, as well as an increase in the incidence of certain human diseases (Ref. from the European Union website). The first work on the Algerian Culicidae fauna date from 1960 and were carried out by Senevet and Andarelli (1960), where they counted over a period of thirty years of fieldwork, a total of 27 species of Culicidae in the region of Algiers, belonging to sub-families, of Anophelinae and Culicinae. The work of Brunhes et al. (2000) on Mediterranean Africa, reported that the Culicidae fauna of Algeria is rich with 48 species. Boubidi et al. (2010) identified two new species: *An. gambiae* and *Cx. quinquefasciatus* (in Tinzaountine, South Algeria). The results obtained from this study have allowed us to identify fifteen species of mosquitoes divided between two subfamilies Anophelinae and Culicinae and four genera: *Aedes* : with one species *Ae. vexans*; *Anopheles* with five species: *An. labranchiae*, *An. cinereus*, *An. dthali*, *An. multicolour* and *An. sergentii sergentii*; *Culex* with seven

species: *Cx. pipiens*, *Cx. laticinctus*, *Cx. theileri*, *Cx. deserticola*, *Cx. brumpti*, *Cx. hortensis maderensis* and *Cx. antennatus* finally the genus *Culiseta* : with two species: *Cs. annulata* and *Cs. longiareolata*. The genus *Culex* is the most represented with seven species. However *Cs. longiareolata* is a cosmopolitan species and the most frequent in all sites and the most abundant during the nine months of the study in a total of 633 individuals, followed by *Cx. theileri* with a total of 403 individuals. The species *An. sergentii sergentii* was found with a total of 238 individuals. A significant result in this study is the presence of the genus *Anopheles* for the first time in the Laghouat region with five species. This finding might be due to the lack of studies on mosquitoes in this region. While the high abundance of *Cs. longiareolata* is explained by its excellent adaptation to the varying environmental conditions of its colonised habitats. Our results are consistent with those obtained by Bouabida et al. (2012), in the region of Tebessa (located in the extreme east of Algeria), indicating that in this situation, the genus *Culex*, represented by 5 species, occupies the first place. The species *Cs. longiareolata* is the most abundant and frequent in the different studied sites with 19 881 larvae, followed by *Cx. pipiens* with 10 442 larvae. In the region of Bousaâda, Benhissen et al. (2018) reported 11 species belonging to two subfamilies: Anophelinae and Culicinae, of which *Cs. longiareolata* is the dominant species, accounting for more than half of the mosquitoes collected. This region is located in the same bioclimatic stage as Laghouat (arid with mild winter). In the region of Biskra in the north-eastern Sahara, Merabeti and Ouakid (2010) reported the presence of 22 species, of which *Cx. pipiens* was the most common and well-represented species, found in various niches with a total of 484 individuals, followed by *Cs. longiareolata* with 466 individuals and *Ae. caspius* with 219 individuals. In the Ghardaïa region located in the northern Sahara, Boukraa et al. (2013) noted the presence of 10 species of Culicidae, belonging to 2 subfamilies Anophelinae and Culicinae. More recently, Nabti and Bounechada (2019). In the region of Sétif (Hauts Plateaux) identified 9 species of mosquitoes, 6 of which were confirmed by molecular analysis (*Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, *Oc. caspius*, *An. Labranchiae*, *An. cinereus hispaniola*), the other three species were confirmed by morphological identification (*Cs. longiareolata*, *Cq. richiardii*, *Cx. simpsoni*) with a new record of *Cx. simpsoni*. In the five sites of the present study (1, 3, 4, 5, and 8), the species richness can be explained by the large number of specimens collected. This was well discussed by Faurie et al. (1980), who found that the number of species inventoried depends on the number of individuals collected. On the other hand, the most diverse sites are rural sites characterised by their richness in aquatic vegetation, including green algae (*Spirogira sp.* and *Myxophyta sp.*). Food sources and shelter for mosquito larvae are essential for the genus *Anopheles*, providing a thermal and sunny microclimate favourable to their

development. According to Seguy (1947), the abundance of Culicidae species decreases with decreasing tree cover and shade. While the low anthropogenic activities on these rural sites and the presence of the host and reservoirs, provided by grazing and livestock favour the development of the imaginal stages. The seasonal influence on the species richness and abundance of the species inventoried in the Laghouat region was significant in spring (14 species and 1,448 individuals). The seasonal effect on the species richness and the abundance of the species inventoried in the Laghouat region was significant in spring (14 species and 1,448 individuals). During the summer, 13 species and 897 individuals were recorded. The lowest values were revealed during winter in 7 species among 282 individuals and 6 species identified among 215 individuals in autumn. Of the taxa determined, *Ae. vexans* showed a high abundance in spring in about 650 individuals. In summer *Cs. longiareolata* stood out with 263 individuals; in autumn *Cx. brumpti* dominated with 127 individuals. In winter, *Cx. theileri* predominated with 166 individuals. This result indicates a significant variation in the temporal repair of Culicidae according to the number of species inventoried and their abundances. This seems to be linked to the fluctuation of climatic conditions. Indeed, according to White (1974), besides nutrition, temperature is the main factor affecting the development and growth of mosquito larvae.

In addition, the physicochemical parameters of water can play an important role both in the biology of a species and in the structure and dynamics of the whole biocenosis (Berchi 2000; Enkhnasan and Boldgiv 2020). Thus, according to Mahmoudi et al. (2022a), the physicochemical variables of aquatic environments are the main factors influencing the distribution of aquatic organisms. Having determined the structure and dynamics of the mosquito population. It becomes imperative to understand their relationship with the physicochemical parameters of the water in larval habitats. The analysis of physicochemical parameters showed an influence of water parameters, in particular salinity, pH, and TSS on the spatial and temporal richness and distribution of breeding specimens. The results revealed a significant increase in species richness related to salinity. This occurred at all sites and throughout the period. The study indicated two peaks at site four with the most diverse species (one in summer with 5.86 mg/l and the other in spring with 6.2 mg/l). Both seasons have the highest species richness. This result can be explained by the mineralisation of the Saharan soil and water (Hakimi-Dedjelle et al. 2019). Statistical comparisons reveal very highly significant differences between sites regarding salinity ($P = 0.000$) and highly significant differences regarding SS ($P = 0.003$). However, the statistical analysis indicates extremely significant inter-seasonal differences for pH ($P = 0.000$). This explains the spatiotemporal variation of Culicidae species in our study area. Indeed, this variation allows us to establish the distribution of

species in two main groups: a group of litter, water rich in aquatic vegetation, alkaline, rich in TSS, with a high rate of BOD5 and very brackish (Halophile). This group mainly comprises five species of the genus *Anopheles* (*An. labranchiae*, *An. cinereus*, *An. dthali*, *An. multicolour*, and *An. sergentii sergentii*) associated with the species *Cx. pipiens*, *Cx. brumpti*, *Cx. deserticola*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, and *Cs. annulata*. On the other hand, numerous typological and mesological studies have indicated the intolerance of certain species of Culicidae like *An. labranchiae*, *An. multicolour*, *Cx. theileri*, *Cx. brumpti* to brackish water (Rioux 1958, southern Mediterranean; Brunhes et al. 2000 Mediterranean Africa). In a study by Ould Lemrabott et al. (2020) on high-salinity habitats in Nouakchott, Mauritania, they reported the first occurrence of breeding specimens of *An. multicolour* and *An. arabiensis*. Furthermore, in Morocco, Trari et al. (2004) and El Joubari et al. (2014), reported that the latter species prefer oligosaumatic (low salinity) waters to freshwater. This opposition explains the high adaptation of culicid species to the different physicochemical parameters of the larval site water and notably, the high degree of salinity in the Laghouat region. The second group is represented by oligosaumatic (low salinity) to freshwater sites, less alkaline, more loaded in TSS with a low BOD5, and includes the following species: *Ae. vexans*, *Cx. laticinctus*, *Cx. antennatus*. In Egypt, work by Kenawy et al. (2013) on the physicochemical characteristics of mosquito breeding waters in two urban areas of Cairo revealed that the density of *Cx. pipiens* and *Cx. perexiguus* were directly related to temperature, pH, DO (dissolved oxygen) and nitrite. However, they were indirectly related to salinity and turbidity. According to Amara Korba et al. (2016), physicochemical analysis of ten larval sites showed that *Cx. pipiens* larvae grow at high density in waters moderately loaded with organic matter. The variation in the results of the mesological factors obtained for the *Cx. pipiens* species proved the high ecological plasticity of the species. This allows it to tolerate several different habitat types, i.e. sites with fresh or slightly salty to brackish water. A study of the physicochemical parameters of water in larval habitats in the Bousaada region showed a broad spatiotemporal variation in the distribution of mosquitoes, where measurements of water pH in the different collection sites indicated that the water in the area is alkaline (Benhissen et al. 2018). The pH of the water also reflects the biological activity of the environment. The alkalinisation of the environment may be caused by an increase in photosynthetic activity in the lake (Serghini et al. 2010). Furthermore, the total solid matter (TDS) of the analysed waters is very high in the sampled sites and varies from 1,366 to 2,808 ppm, at the same time; the conductivity has an average of 1.19 ± 0.39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ to a minimum of 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the four sites. The temperature ranged from 21 to 24°C, which is favourable for the development of several species of mosquitoes. In Morocco, according to El Joubari et al. (2014), the spatiotemporal mesological analysis of data from the Smir marshes

reveals the existence of three categories of sites according to the degree of salinity of their water. Indeed, we find species that prefer strictly salty water points. These are the *Ochlerotatus* species, which occupy the coastal stations closest to the sea. The species of the genus *Culex* inhabit the fresh or slightly salty waters of the Smir marshes. The third species category is represented by species with a high ecological range, which can withstand high concentrations of dissolved salts. Aouinty et al. (2017) showed that the study of mosquito species variation, under the influence of larval site characteristics, by CFA, combining larval density and mesological site characteristics, revealed strong affinities between the most damaging species and suitable sites. A strong affinity between *Ae. caspius* and *Ae. detritus* and wetland sites with the most saline water occur during almost all seasons of the year, confirming the halophilic character of these two species. While *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata*, which are not tolerant of salinity, shows an affinity for polluted sites rich in organic matter, unlike the other species, *An. maculipennis* only associates with sites with clear, unpolluted, and well-oxygenised water, which is positive in summer and spring. Concerning the analysis of abiotic factors (Temperature & pH); Arroussi et al. (2021) showed that the maximum density of species was observed under a temperature ranging from $24.9 \pm 2.64^{\circ}\text{C}$ in an alkaline environment, with a pH of about 8.6 ± 0.54 , in a coastal region (Annaba) located in the North-East of Algeria, which was similar to our results in the Algerian Sahara (Laghout).

Conclusion

The present study has shown that the Laghout region is home to several species of mosquitoes, including potential vectors of pathogens, which can pose real problems for human and animal health (*Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *An. sergentii sergentii*, *An. multicolour*, *An. labranchiae*, *Ae. vexans*). This merits the use of the mesological and faunal variations of the region as a database to develop and guide entomological surveillance and mosquito control programmes.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

Funding

This work was supported by the National Fund for Scientific Research of Algeria to laboratory of Applied Animal Biology (to Pr. N. Soltani) and by the Ministry of Higher Education and Scientific Research of Algeria (PRFU project no. D01N01UN230120190005 to Pr F. Bendali-Saoudi) [D01N01UN230120190005].

ORCID

Moufida Saoucen Alayat  <http://orcid.org/0000-0002-8885-4013>

Fatiha Bendali-Saoudi  <http://orcid.org/0000-0002-2780-5330>

Khaoula Mahmoudi  <http://orcid.org/0000-0003-4648-9668>

Nouredine Soltani  <http://orcid.org/0000-0002-1563-2049>

References

- Amara Korba R, Alayat MS, Bouiba L, Boukraa S, Francis F, Boudrissa A, Bouslama Z, Failloux AB, Boubidi SC. 2016. Ecological differentiation of members of the *Culex pipiens* complex, potential vectors of West Nile virus and Rift Valley fever virus in Algeria. *Parasites & Vectors*. 9:455. doi:10.1186/s13071-016-1725-9.
- Amara Korba R, Boukraa R, Alayat S, Saoucen M. 2015. Preliminary report of mosquitoes survey at Tonga Lake (North-East Algeria). *Advances in Environmental Biology*. 9 (27):288–294. doi:10.1186/s13071-016-1725-9.
- Aminot A, Chaussepied M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin [Manual of chemical analysis in marine environment]. France: Centre National por l'Exploitation des Océans, Brest; p. 395. French.
- Aouinty B, Rihane A, Chennaoui M, Mellouki F. 2017. Etude des gîtes larvaires de moustiques culicidés de la région de Mohammedia, littoral atlantique Marocain [Study of culicid mosquito breeding sites in the region of Mohammedia, Moroccan Atlantic coast]. *Afrique science*. 13(2):120–129. French.
- Arroussi DER, Bouaziz A, Boudjelida H. 2021. Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area Annaba District Northeastern Algeria. *Polish Journal of Entomology*. 90(1):14–26. doi:10.5604/01.3001.0014.8065.
- Bawin T, Seye F, Boukraa S, Zimmer JY, Delvigne F, Francis F. 2015. La lutte contre les moustiques (Diptera : Culicidae) : diversité des approches et application du contrôle biologique [Mosquito (Diptera: Culicidae) control: diversity of approaches and application of biological control]. *Entomological Society of Canada*. 147(4):476–500. French. doi:10.4039/tce.2014.56.
- Bendali F, Djebbar F, Soltani N. 2001. Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* dans des conditions de laboratoire. *Parasitica*. 57 (4):255–265.
- Benhissen S, Habbachi W, Masna F, Mecheri H, Ouakid ML, Bairi AM. 2014. Inventaire des Culicidae Des Zones Arides: cas Des Oasis d'Ouled Djellal (Biskra; Algérie) [Inventory of the Culicidae of the arid zones: case of the Oases of Ouled Djellal (Biskra; Algeria)]. *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes*. 7(2):1112–7163. French.
- Benhissen S, Habbachi W, Ouakid ML. 2017. Biodiversité et répartition des moustiques (Diptera: Culicidae) dans les oasis de la région de Biskra (Sud-Est Algérien) [Biodiversity and distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the oases of the Biskra region (Southeast Algeria)]. *Algerian Journal of Arid Environment*. 7(1):96–101. French. doi:10.12816/0045920.
- Benhissen S, Habbachi W, Rebbas K, Masna F. 2018. Entomological and typological studies of mosquito breeding sites (Diptera: Culicidae) in the region of Bousaâda (Algeria). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 87:11–120. doi:10.25518/0037-9565.8221.
- Berchi S. 2000. Résistance de certaines populations de *Culex pipiens pipiens* L. au malathion à Constantine (Algérie) (Diptera, Culicidae) [Resistance of some populations of *Culex*

- pipiens pipiens* L. to malathion in Constantine (Algeria) (Diptera, Culicidae). Bulletin de la Société entomologique de France. 105(2):125–129. French. doi:10.3406/bsef.2000.16649.
- Blondel J. 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique I. la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP) [Analysis of bird populations, elements of an ecological diagnosis I. the method of progressive frequency sampling (PFS)]. Revue d'Ecologie, Terre et Vie. 4 533–589. French.
- Bouabida H, Djebbar F, Soltani N. 2012. Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébesa (Algérie) [Systematic and ecological study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the region of Tebessa (Algeria)]. Faunistic Entomology. 65:99–103. French.
- Boubidi SC, Gassen I, Khechache Y, Lamali K, Tchicha B, Brengues C, Menegon M, Severini C, Fontenille D, Harrat Z. 2010. *Plasmodium falciparum* Malaria, Southern Algeria. Emerging Infectious Diseases. 16(2):301–303. doi:10.3201/eid1602.090914.
- Boudemagh NH, Bendali-Saoudi F, Soltani N. 2018. Morphometry of three mosquito species vectors of West Nile *Culiseta longiareolata* Macquart 1838, *Culiseta subochrea* Edwards 1921 and *Culiseta glaphyroptera* Schiner 1864 collected at Collo (Northeast Algeria). International Journal of Mosquito Research. 5(1):12–18.
- Boukraa S, Raharimalala FN, Zimmer JY, Schaffner F, Bawin T, Haubruge E, Francis F. 2013. Reintroduction of the invasive mosquito species *Aedes albopictus* in Belgium. Parasite. 20(54):1–3. doi:10.1051/parasite/2013054.
- Brunhes J, Hassaine K, Rahaim A, Hery JP. 2000. Les Culicidae d'Afrique méditerranéenne. Liste et repartition des espèces [Culicidae of Mediterranean Africa. List and distribution of species]. Bulletin de la Société entomologique de France. 8(2):91–100. French.
- Brunhes J, Rhaim A, Geoffroy B, Angel G, Hery JP. 1999. Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne [The Culicidae of Mediterranean Africa]. France: Logiciel de l'Institut de Recherche et de Développement de Montpellier. French.
- Cailly P, Tran A, Balenghien T, L'ambert G, Toty C, Ezanno P. 2012. A climate-driven abundance model to assess mosquito control strategies. Ecological Modelling. 227:7–17. doi:10.1016/j.ecolmodel.2011.10.027.
- Chahed S, Belkacem H, Boukhari L, Brahmi K. 2022. Mosquito survey in Tizi-Ouzou (Algeria Northern): updated inventory with new reports. Journal of Bioresource Management. 9(1):41–55.
- Clastrier J, Senevet G 1961. Les moustiques de Sahara Central [The mosquitoes of Central Sahara]. Edi Institut Pasteur d'Algérie et Laboratoire d'Entomologie der Service Antipaludique de la Délégation Générale du Gouvernement en Algérie. t. XXXZX, n° 2. French.
- Colwell RK. 2013. Estimate S: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Ver. 9; [accessed 2020 Apr 25]. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell RK, Chao A, Gotelli NJ, Lin SY, Mao CX, Chazdon RL, Longino JT. 2012. Models and estimators linking individual -based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. Journal of Plant Ecology. 5(1):3–21. doi:10.1093/jpe/rtr044.
- Croset H, Papierok B, Rioux JA, Gabinaud A, Cooserans J, Arnaud D. 1976. Absolute estimates of larval populations of culicid mosquitoes: comparison of «capture-recapture», «removal» and «dipping» methods. Ecological Entomology. 1:251–256. doi:10.1111/j.1365-2311.1976.tb01229.x.
- Daget J. 1976. Les modèles mathématiques en écologie [The mathematical models in ecology]. Paris: Masson; p. 172. French.

- Dinno A. 2017. Dunn's test of multiple comparisons using rank sums. R package version 1.3.5. College Station (TX): Stata Software Package.
- Djeddar H, Boudjelida H, Arroussi DER. 2021. New alternative for culicidian fauna control using *Borago officinalis* and *Drimia maritima* plant extracts. Biodiversitas. 22:5688–5694. doi:10.13057/biodiv/d221255.
- DPSB. 2020. Direction de la Programmation et Suivi Budgetaire Laghouat [Directorate of programming and budget monitoring Laghouat]. Laghouat (DZ): Monographie de la wilaya de Laghouat Edition. French.
- El Joubari M, Louah A, Himmi O. 2014. Les moustiques (Diptera, Culicidae) des marais de Smir (nord-ouest du Maroc): inventaire et biotypologie [Mosquitoes (Diptera, Culicidae) of the Smir marshes (northwest Morocco): inventory and biotology]. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique. 107(1):48–59. French. doi:10.1007/s13149-014-0327-4.
- Enkhnasan D, Boldgiv B. 2020. Community and habitat analysis of predaceous diving beetles (Coleoptera: dytiscidae) in central and western Mongolia. Inland Waters. 10(3):409–417. doi:10.1080/20442041.2020.1730679.
- Faurie C, Ferra C, Medori P. 1980. Ecologie [Ecology]. French. Paris: Baillière J.B; p. 1091.
- Goddard J. 2018. Mosquito-borne diseases. In: Infectious diseases and Arthropods Springer. Cham (Switzerland): Humana Press; p. 39–89. doi:10.1007/978-3-319-75874-9_3.
- Gotelli NJ, Colwell RK. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters. 4(4):379–391. doi:10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x.
- Hafsi NH, Hamaidia K, Barour C, Soltani N. 2021. A survey of Culicidae (Insecta Diptera) in some habitats in Souk-Ahras province (Northeast Algeria). Biodiversity Journal. 12(1):3–16. doi:10.31396/Biodiv.Jour.2021.12.1.3.16.
- Hakimi-Dedjelle Y, Orban P, Chettih M, Brouyere S. 2019. Pour une exploitation raisonnée des ressources en eaux souterraines du Sahara algérien, région de Ghardaïa : état des lieux et recommandations [Towards a rational exploitation of the groundwater resources of the Algerian Sahara, Ghardaia region: actual situation and recommendations]. Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales. 43(3):375–384. French.
- Hamaidia K, Soltani N. 2014. Laboratory evaluation of a biorational insecticide, Kinoprene, against *Culex pipiens* Larvae: effects on growth and development. Annual Research & Review in Biology. 4(14):2263–2273. doi:10.9734/ARRB/2014/9729.
- Hammadi D, Boubidi SC, Chaib SE, Saber A, Khechache Y, Gasmi M, Harrat Z. 2009. Le paludisme au Sahara algérien. Le Bulletin de la Société de Pathologie Exotique. 102(3):185–192. French.
- Harrell CR, Jovicic BP, Djonov V, Volarevic V. 2020. The rapeutic potential of Mesenchymal stem cells and their Secretome in the treatment of SARS-CoV-2-induced acute respiratory distress syndrome. Analytical Cellular Pathology (Amst). 20:1939768. doi:10.1155/2020/1939768.
- Himmi O, Dakki M, Trari B, Elagbani MA. 1995. Les Culicidae du Maroc : clés d'identification avec données biologiques et écologiques [Culicidae of Morocco: identification keys with biological and ecological data]. Travaux de l'Institut des Sciences, série Zoologie, Rabat. 44:50–58. French.
- Houmani M, Bendali-Saoudi F, Soltani N. 2017. Inventory of Culicidae in the region of El Taref (North-east Algeria). Journal of Entomology and Zoology Studies. 5(6):263–267.
- Husson F, Josse J, Le S, Mazet J. 2020. Package 'factominer'. R_2.6; [accessed 2021 Nov 12]. <https://cran.r-project.org/web/packages/FactoMineR/index.html>.
- Kassambara A. 2019. Practical Statistics in R for Comparing Groups: numerical variables. Michigan: Independently Published; p. 206.

- Kassambara A, Mundt F. 2020. Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7; [accessed 2021 Nov 12]. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>.
- Kenawy MA, Ammar SE, Abdel-Rahman HA. 2013. Physico-chemical characteristics of the mosquito breeding water in two urban areas of Cairo Governorate, Egypt. *Journal of Entomological and Acarological Research*. 45:e17. doi:10.4081/jeur.2013.e17.
- Magurran AE. 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford (UK): Wiley-Blackwell.
- Mahmoudi K, Bendali-Saoudi F, Soltani N. 2022a. Do water physicochemical parameters explain richness and phenology of aquatic beetles (Coleoptera) in Tonga Lake (Northeast Algeria)? *Oriental Insects*. 57(1):1–24. doi:10.1080/00305316.2022.2033335.
- Mahmoudi K, Bendali-Saoudi F, Soltani N. 2022b. Potential predation of *Cyclops fuscus* Jurine, 1820 (Crustacea Copepoda) against two mosquito species *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 and *Culiseta longiareolata* Macquart, 1838 (Diptera Culicidae). *Biodiversity Journal*. 13(4):805–812. doi:10.31396/Biodiv.Jour.2022.13.4.805.812.
- Merabeti I, Ouakid ML. 2010. Contribution à l'étude des moustiques (Diptera: Culicidae) dans les oasis de la région de Biskra (nord-est d'Algérie). *Actes Du Séminaire International Sur La Biodiversité Faunistique En Zones Arides et Semi-Arides [Contribution to the study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the oases of the region of Biskra (north-east Algeria)]*. Proceedings of the International Seminar on Faunal Biodiversity in Arid and Semi-Arid Zones Ouargla. Algeria; p. 185–189. French.
- Messai N, Berchi S, Boulknaft F, Louadi K. 2010. Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie) [Systematic inventory and biological diversity of Culicidae (Diptera: Nematocera) in the Mila region (Algeria)]. *Entomologie faunistique-Faunistic entomology*. 63:203–206. French.
- Nabti I, Bounechada M. 2019. Mosquito biodiversity in Setif region (Algerian high plains), density and species distribution across two climate zones. *Entomologie faunistique-Faunistic entomology*. 72:161–176.
- Ould Lemrabott MA, Le Goff G, Kengne P, Ndiaye O, Costantini C, Mint Lekweiry K, Ould Ahmedou Salem MS, Robert V, Basco L, Simard F, et al. 2020. First report of *Anopheles (Cellia) multicolor* during a study of tolerance to salinity of *Anopheles arabiensis* larvae in Nouakchott, Mauritania. *Parasites Vectors*. 13:522. doi:10.1186/s13071-020-04400-y.
- R Core Team. 2020. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna; [accessed 2021 Nov 12]. www.r-project.org.
- Rhodain F, Perez C. 1985. *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire [Precis of medical and veterinary entomology]*. Paris: Maloine, SA Editeur; p. 443. French.
- Rioux JA. 1958. Les Culicides de “Midi méditerranéen” [The Culicids of “Mediterranean South”]. Paris: Lechevalier; p. 1–303. French.
- Rodier J. 1996. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer [Analysis of natural water, wastewater, sea water]. Paris: Dunod; p. 1383. French.
- Seguy E. 1947. *La vie des mouches et des moustiques [The life of flies and mosquitoes]*. Paris: Lechevalier; p. 252. French.
- Senevet G, Andarelli L. 1960. Contributions à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara Algérien [Contribution to the study of the biology of mosquitoes in Algeria and in the Algerian Sahara]. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*. 38 (2):305–326. French.
- Serghini A, Fekhaoui M, EL Abidi A, EL Bliidi S, ben Akkame R. 2010. Caractérisation hydrochimique d'un site Ramsar: le complexe zones humides de Mohammedia (Maroc) [Hydrochemical characterization of a Ramsar site: the wetland complex of Mohammedia

- (Morocco)]. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie. 32 (2):133–145. French.
- Silver JB. 2008. Mosquito ecology: field sampling methods. 3rd ed. Springer: New-York; p. 1477.
- Southwood TRE. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. 1st ed. Switzerland: Springer Dorfrecht; pp. XXIV,524. 06 December 2012. doi:10.1007/978-94-009-5809-8.
- Subra R. 1975. Urbanisation et Filariose de Bancroft en Afrique et Madagascar [Urbanization and Bancroft's Filariasis in Africa and Madagascar]. Cah ORSTOM Sér Ent méd Parasitol. 13:193–203. French.
- Tine-Djebbar F, Bouabida H, Soltani N. 2011. Caractérisation morphométrique et biochimique de certaines espèces de moustiques inventoriées dans la région de Tébessa [Morphometric and biochemical characterization of some species of mosquitoes inventoried in the region of Tebessa]. Bulletin de la Société zoologique de France. 136(1–4):177–185. French.
- Trari B, Harbach RE, Himmi O, Dakki M, Agoumi A. 2004. An inventory of the mosquitoes of Morocco. I. Genus *Anopheles* (Diptera: Culicidae). European Mosquito Bulletin Journal of the European Mosquito Control Association. 18:1–19.
- White GB. 1974. *Anopheles gambiae* complex and disease transmission in Africa. Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. 68(4):278–298. doi:10.1016/0035-9203(74)90035-2.
- WHO (World Health Organization). 2007. Monitoring and evaluation of mental health policies and plans. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43631>.
- WHO (World Health Organization). 2012. Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/75303>.
- WHO (World Health Organization). 2020. Ethics and vector-borne diseases: WHO guidance. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/336075>.
- Wickham H. 2016. Data analysis. ggplot2. Cham: Springer; p. 189–201.