

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Badji Mokhtar Annaba
Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Mer

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences de la mer

Option : Synécologie fonctionnelle des communautés et parasitisme en milieu aquatique

Thème

Caractérisation des peuplements de culicidés ornithophiles, mammophiles et anthropophiles responsables de la transmission de maladies au niveau des régions lacustres du Parc National d'El-Kala

BELAYADI Khalil

Membres du jury :

Président :

Encadreur :

Examinatrice :

Examineurs :

Pr. BENSOUILAH Mourad

Dr. BOUSLAMA Zihad

Dr. BENDALI Fatiha

Dr. BAIRI Abd-el-Madjid

Dr. OUALI Khaireddine

2009/2010

Remerciement

Je tiens à remercier en premier lieu le Professeur OUZROUT Rachid de m'avoir fait l'honneur de sa présence, chose qui me tenait énormément à cœur, je le remercie d'être cet exemple d'humilité et de modestie et je le remercie surtout de m'avoir guidé et de toujours avoir été présent tout au long de ma carrière.

Je remercie également le Professeur BENSOUILAH Mourad pour avoir bien voulu présider mon jury, mais également pour ses précieux conseils, son suivi, et son soutien tout au long de mes études au département de biologie marine. Puisse-t-il trouver là l'expression de ma plus grande et profonde estime et mon éternelle gratitude.

Je remercie vivement mes examinateurs, Dr. BENDALI Fatiha, Dr. BAIRI Abd-el-Madjid et Dr. OUALI Khairredine d'avoir bien voulu prendre la peine de lire ce document et de juger cet humble travail.

Je remercie le Professeur BENYAKOUB Slim, pour sa générosité, pour m'avoir éclairé de son savoir et partagé avec moi ses connaissances, d'avoir mis à ma disposition les infrastructures et les moyens dont j'avais besoin pour l'élaboration de ce travail et aussi pour ses conseils et ses indications qui m'ont été o combien utiles sur le terrain.

Je remercie également, et vivement, le Pr. KHARRAT Rafik de l'Institut Pasteur d'Alger pour m'avoir initié aux méthodes de capture et d'identification des culicidés.

Je tiens enfin à exprimer, ma plus profonde gratitude et mon incommensurable reconnaissance à mon encadreur, Dr. BOUSLAMA Zihad, d'abord pour son dévouement, son professionnalisme et l'investissement dont elle a fait preuve pour l'élaboration de ce mémoire, mais aussi pour ses qualités humaines, pour sa modestie pour sa confiance et sa patience. Je ne saurais assez lui témoigner ma gratitude, mon respect et mon estime.

Que toute personne qui, de près ou de loin, m'a aidé à élaborer ce travail, trouve là mes plus sincères remerciements.

Dédicace

Je dédie cet humble travail à mon père, mon idole et mon héros, cet homme de valeur, qui a fait de moi ce que je suis.

A ma mère, ma tendre et très chère mère, cet océan d'amour et d'affection, celle qui a toujours été là pour nous, mon meilleur coach.

Enfin, je dédie ce travail à ma très chère moitié, celle dont le cœur a choisi le pire des hommes pour lui donner le meilleur d'elle-même.

Sommaire

Sommaire	3
Liste des figures	6
Liste des tableaux.....	7
Résumé :	8
Abstract	9
ملخص	10
Introduction :	11
1. Matériels et Méthodes	15
1.1. Emplacements des collections et environnement associé.....	15
1.1.1. Zone d'étude.....	15
1.1.2. Parc National d'El Kala	16
1.1.2.1. Ecosystème lacustre.....	17
1.1.2.2. Richesse faunistique	17
1.1.2.3. Ecosystème forestier.....	18
1.1.2.4. Ecosystème dunaire - Ecosystème marin	19
1.1.2.5. L'aulnaie de Aïn Khiar.....	19
1.1.2.6. Le Lac des Oiseaux.....	20
1.1.2.7. Le marais de la Mekhada.....	21
1.1.2.8. Le lac Fetzara.....	22
1.1.2.9. Lac Oubeïra	23
1.1.2.10. Lac Tonga	25
1.1.2.11. Lac Mellah	27
1.1.3. Données météorologiques	32
1.1.4. Choix des sites de prélèvement	32
1.2. Collections de moustiques	36
1.3. Analyse des données.....	39
1.3.1. Caractérisation des peuplements	39
1.3.1.1. Richesse spécifique « S »	39
1.3.1.2. Abondance « N ».....	39
1.3.1.3. Diversité spécifique ou diversité observée « H »	39
1.3.1.4. Diversité maximale	40
1.3.1.5. Equitabilité	40
2. Matériel Biologique	41
2.1. Évolution	41
2.2. Taxonomie	42
2.2.1. Histoire	42
2.2.2. Classification taxonomique des culicidés d'Afrique méditerranéenne	46
2.3. Bioécologie des moustiques	48
2.3.1. Cycle de développement	48
2.3.2. Morphologie des divers stades de développement.....	50
2.3.3. Alimentation.....	53
2.3.4. Bio-indicateur.....	53
2.3.5. Nuisance	54
2.4. Intérêt médical et rôle vectoriel	55
2.4.1. Paludisme	56
2.4.2. Leishmaniose.....	57

2.4.3.	Filarioses lymphatiques.....	58
2.4.4.	Fièvre de la vallée du Rift	59
2.4.5.	Fièvre jaune	60
2.4.6.	chikungunya	61
2.4.7.	Le virus du Nil occidental	63
2.4.8.	Dengue	63
2.4.9.	L'encéphalite de Saint Louis	64
2.4.10.	L'encéphalite de la Murray Valley	65
2.4.11.	Encéphalite japonaise	66
3.	Résultats.....	67
3.1.	Caractérisation des peuplements de Culicidés	67
3.1.1.	Identification et description des espèces	67
3.1.2.	Etude de la biodiversité des moustiques	81
3.2.	Abondance et diversité	82
3.2.1.	Effectif total (capturé sur les quatre appâts).....	82
3.2.2.	Effectif capturé sur l'oiseau	84
3.2.3.	Effectif capturé sur le cheval.....	85
3.2.4.	Effectif capturé sur la vache	86
3.2.5.	Effectif capturé sur l'humain.....	87
3.3.	Paramètres structuraux.....	88
3.3.1.	Effectif total (capturé sur les quatre appâts).....	88
3.3.2.	Effectif capturé sur l'oiseau	88
3.3.3.	Effectif capturé sur le cheval.....	88
3.3.4.	Effectif capturé sur la vache	89
3.3.5.	Effectif capturé sur l'humain.....	89
3.5.	Dynamique des populations.....	90
3.5.1.	Dynamique des peuplements de culicidés.....	90
3.5.1.1.	Dynamique de la population totale capturée	90
3.5.1.2.	Dynamique de la population de culicidés capturée sur l'oiseau.....	91
3.5.1.3.	Dynamique de la population de culicidés capturés sur le cheval	92
3.5.1.4.	Dynamique de la population de culicidés capturés sur la vache	93
3.5.1.5.	Dynamique de la population de culicidés capturés sur humain.....	94
3.5.2.	Dynamique des espèces de culicidés capturées.....	95
3.5.2.1.	Effectif récolté sur l'oiseau.....	97
3.5.2.2.	Effectif récolté sur le cheval	98
3.5.2.3.	Effectif récolté sur la vache	99
3.5.2.4.	Effectif récolté sur l'humain.....	100
3.6.	Préférences trophiques des femelles de culicidés capturées.....	101
4.	Discussion	103
4.1.	Caractérisation des peuplements	106
4.2.	Paramètres structuraux	107
4.2.1.	Richesse spécifique « S ».....	107
4.2.2.	Equitabilité « E »	107
4.2.3.	Diversité spécifique « H' »	108
4.3.	Choix des sites d'échantillonnage	108
4.4.	Abondance et diversité	108
4.5.	Dynamique des peuplements	109
4.6.	Dynamique des espèces capturées	111
4.7.	Trophisme et rôle vectoriel.....	112
4.8.	Incidences	114

4.8.1. Incidences écologiques.....	114
4.8.2. Incidences vétérinaires	115
4.8.3. Incidences sur la santé publique.....	115
4.8.4. Incidences économique-sociales.	116
5. Perspectives.....	118
Conclusion.....	120
Références bibliographiques	122

Liste des figures

Figure 1 : Image satellitaire du parc national d'El-Kala	16
Figure 2 : Photographie de la cote d'El-Kala.....	19
Figure 3 : Photographie de laulnaie de Aïn Khiar	19
Figure 4 : Photographie du Lac des oiseaux	20
Figure 5 : Image satellitaire du lac des oiseaux	20
Figure 6 : Photographie du marais de Mekhada	21
Figure 7 : Photographie du lac fetzara	22
Figure 8 : Photographie du lac Oubeira	23
Figure 9 : Photographie du lac Tonga.....	25
Figure 10 : Photographie du lac Mellah	27
Figure 11 : Représentation cartographique du parc national d'El-Kala avec l'emplacement des sites d'échantillonnage	35
Figure 12: Pieu à appât oiseau	36
Figure 13 : Piégeage des culicidés sur le cheval.	37
Figure 14 : Piégeage des culicidés sur la vache	37
Figure 15 : Piégeage des Culicidés sur l'appât humain	38
Figure 16 : Méthode de capture par aspirateur à bouche	38
Figure 17 : Morphologie d'un Culicidé adulte	51
Figure 18 : Cycle de développement du moustique	52
Figure 19 : Proportions des femelles de culicidés collectées sur les quatre appâts dans	83
Figure 20 : Proportions des femelles de culicidés collectées sur appât oiseau.	84
Figure 21 : Proportions des femelles de culicidés collectées sur le cheval.	85
Figure 22 Proportions des femelles de culicidés collectées sur la vache.	86
Figure 23 : Proportions des femelles de culicidés collectées sur l'humain.	87
Figure 24 : evolution temporelles des peuplements de culicidés recoltés dans la région d'El-Kala sur l'ensemble des quatre appâts.	90
Figure 25: evolution temporelles du peuplement de culicidés recoltés sur l'oiseau.	91
Figure 26 : evolution temporelles des culicidés recoltés sur le cheval.....	92
Figure 27 : evolution temporelles des culicidés recoltés sur la vache.	93
Figure 28 : evolution temporelles des culicidés recoltés sur appat humain.....	94
Figure 29 : evolution temporelles des especes culicidiennes recoltées dans la région d'El-Kala sur l'ensemble des quatre appâts.	96
Figure 30 : evolution temporelles des especes culicidiennes recoltées sur l'oiseau	97
Figure 31 : evolution temporelles des especes culicidiennes recoltées sur le cheval	98
Figure 32 : evolution temporelles des especes culicidiennes recoltées sur la vache	99
Figure 33 : evolution temporelles des especes culicidiennes recoltées sur l'humain	100

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification taxonomique des culicidés d’Afrique méditerranéenne.....	47
Tableau 2 : classification des espèces de culicidés capturées.....	67
Tableau 3 : Composition des peuplements de culicidés capturées sur les quatre appâts tout le long de la période de récolte dans la région d’El-Kala.	81
Tableau 4 : abondance et diversité des femelles de culicidés collectées dans le parc national d’El-Kala	82
Tableau 5 : Espèces de femelles de culicidés récoltées sur l’oiseau.	84
Tableau 6 : Espèces de femelles de culicidés récoltées sur le cheval.....	85
Tableau 7 : Espèces de femelles de culicidés récoltées sur la vache.....	86
Tableau 8 : Espèces de femelles de culicidés récoltées sur l’humain.	87
Tableau 9 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé au PNEK	88
Tableau 10 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé sur oiseau	88
Tableau 11 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé sur cheval	88
Tableau 12 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé sur la vache.....	89
Tableau 13 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé sur humain.....	89
Tableau 14 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés dans la région d’El-Kala sur l’ensemble des quatre appâts.....	95
Tableau 15 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés sur l’oiseau...	97
Tableau 16 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés sur le cheval.	98
Tableau 17 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés sur la vache.	99
Tableau 18 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés sur l’humain.	100
Tableau 19: Préférences trophiques des femelles de culicidés capturées.....	102
Tableau 20 : Rôle vectoriel des culicidés capturés au PNEK sur les quatre appâts.	112

Résumé :

Chaque année, nous voyons la réémergence d'une maladie que l'on croyait avoir disparu (réapparition la peste à Oran) et l'émergence d'une nouvelle que l'on n'avait encore jamais rencontré (H5N1, H1N1). La tendance au réchauffement des températures observée et annoncée par les scénarios climatiques ces dernières années pourra favoriser l'augmentation de l'aire de distribution de ces maladies, dont la plupart sont vectorielles (West Nile, Malaria, fièvre jaune ...) Ces dernières ayant surtout tendance à sévir dans les régions humides, la région d'El Kala représente un risque potentiel important de devenir un foyer de propagation azootique qui peut aisément passer à l'épizootie, et ce, de par l'afflux phénoménal d'oiseaux migrateurs qui y transitent chaque année, ces volatiles peuvent transporter des germes « venus d'ailleurs » qui seront inoculés aux animaux de la région par le biais de vecteurs tel que les moustiques (culicidés) qui feront l'objet de notre étude.

Afin de mettre en évidence les espèces de moustiques impliquées dans la transmission de ces maladies, et dont les conséquences peuvent être dramatiques tant sur le plan écologique, vétérinaire, sanitaire ou socio-économique, nous avons utilisé des appâts d'animaux vivants (oiseau, cheval, vache et humain) et avons choisi les sites les plus stratégiques, regroupant un maximum de milieux différents dans la même zone de sorte à avoir les échantillons les plus hétérogènes que possibles.

Nous avons pu dénombrer au final de notre capture, 22 espèces différentes de moustiques. Nous en avons identifiés 04 dont l'existence n'a jamais été signalée en Algérie, à savoir (*Anophèle maculipennis*, *Anophèle stephensi*, *Coquillettidia buxtoni*, *Uranotaenia balfouri*), 10 de ces espèces sont reconnues comme vecteurs actifs de maladies et sont pour la plupart des espèces à trophisme généraliste.

Tous les éléments biotiques et abiotiques de la région du PNEK ajoutés aux données relatives aux peuplements de culicidés capturés, nous amènent à conclure que le risque d'apparition d'épidémies est non seulement réel, mais qu'il est également très élevé et nécessite une attention particulière de la part des autorités locales.

Abstract

Each year, we see the re-emergence of a disease which one believed to have disappeared (reappearance of the plague in Oran) and the emergence of a new one that had never been met yet (H5N1, H1N1). The tendency to the warming of the temperatures observed and announced by the climatic scenarios these last years will be able to support the increase the surface of distribution of these diseases, whose majority are vectorial (West Nile, Malaria, yellow fever...) these last having especially tendency to prevail in the wet areas, the area of El Kala represents a possibility to become an important hazard hearth of azootic propagation which can easily pass to epizooty, from the phenomenal surge of migratory birds which forward each year there, these birds can transport germs “come besides” which will be inoculated to the animals of the area by the means of vectors such as the mosquitos (culicidae) which will be the subject of our study.

In order to highlight the species of mosquitos implied in the transmission of these diseases whose consequences can be dramatic as well on the ecological and medical level as economic, we used soft foods of living animals (bird, horse, cow and human) and chose the most strategic sites, gathering a maximum of different mediums in the same zone in order to have the most heterogeneous samples.

We could count at the final of our capture, 22 different species of mosquitos. We identified 04 of them whose existence has never been announced in Algeria (*Anophele maculipennis*, *Anophele stephensi*, *Coquillettidia buxtoni*, *Uranotaenia balfouri*), 10 of those species are recognized as active vectors of diseases and are for the majority of them general trophism species.

All the biotic and non-biotic elements of the area of the PNEK added to the relative data of the captured culicidae populations, lead us to conclude that the risk of appearance of epidemics is not only real, but that it is also very high and requires a special attention from the local authorities.

ملخص

كل عام، نرى أمراضا كنا نعتقد أنها اختفت، تظهر من جديد (ظهور الطاعون مؤخرا في ولاية وهران)، و أخرى جديدة تظهر و لم نكن نسمع بها من ذي قبل (H5N1, H1N1). ارتفاع درجات الحرارة المسجل خلال السنوات الأخيرة قد يسبب اتساع مجال توزع هاته الأوبئة و التي هي في الأغلب أمراض منقولة (النيل الغربي، الملاريا، الحمى الصفراء...) و بما أن هاته الأمراض تنتشر عامة في المناطق الرطبة، فالحضيرة الوطنية للقالا تشكل تهديدا خطيرا لانتشار أمراض قد تنتقل من الشكل العدائي المحدود إلى وباء واسع المدى خاصة مع الأعداد الهائلة من الطيور المهاجرة التي تأتي بالمنطقة في كل عام، تلك الطيور قد تحمل معها أمراضا جلبتها معها، هاته الأمراض قد تنقل إلى حيوانات المنطقة عن طريق نواقل مثل البعوض، و الذين يشكلون محور دراستنا.

و حتى يتم تسليط الضوء على أنواع البعوض المتمردة في نقل الأوبئة التي قد تشكل خطرا مأساويا على الصعيد البيئي، البيطري، كالصحي منه أو الاقتصادي و الاجتماعي، اخترنا استخدام 4 أصناف حيوانية كطعم لاصطياد البعوض (دجاجة، حصان، بقر و أخيرا إنسان) و اخترنا الأماكن الأكثر استراتيجية و الشاملة لأكبر عدد من الأوساط المختلفة بهدف الحصول على النتائج الأكثر تنوعا.

بعد انتهاء مرحلة الاصطياد تمكنا من التعرف على 22 نوعا مختلفا من البعوض من بينها 4 أنواع لم يكتشف تواجدها في الجزائر من ذي قبل و هي (*Anophele maculipennis*, *Anophele stephensi*, *Coquillettidia buxtoni*,) و *Uranotaenia balfouri*) 10 من هاته الأنواع تم التعرف رسميا على كونها ناقلة فعالة للأمراض و تبين أن معظمها يتمتع بمجال غذائي واسع.

بل العوامل الحيوية و اللاحوية للحضيرة الوطنية للقالا، بالإضافة إلى المعطيات الخاصة بالبعوض المصطاد، تؤدي بنا إلى الاستنتاج أن خطر ظهور وباء ليس سوى حقيقي، بل يشكل خطرا كبيرا جدا يستدعي اليقظة والحرص من طرف السلطات المحلية.

Introduction :

Au cours des dernières années, de nombreux pays ont déjà dû faire face à des flambées de maladies transmissibles émergentes et ré-émergentes.

Les maladies émergentes ont pour cause des infections identifiées depuis peu et inconnues jusqu'alors qui donnent lieu à des problèmes de santé publique, comme dans le cas de l'hépatite C et de la grippe de type A (H5N1) « grippe aviaire » ou plus récemment la grippe porcine à H1N1. (Activité de l'OMS dans la région du pacifique occidental, 1998–1999).

Les maladies ré-émergentes ont pour cause la réapparition et l'augmentation d'infections connues mais dont le nombre de cas était devenu si faible qu'elles n'étaient plus considérées comme des problèmes de santé publique, comme pour le choléra, la dengue, la méningite et la tuberculose. (Activité de l'OMS dans la région du pacifique occidental, 1998–1999)

La tendance au réchauffement des températures observée et annoncée par les scénarios climatiques ces dernières années pourra favoriser l'augmentation de l'aire de distribution de certaines de ces maladies, transmises par les animaux et les insectes. (Giguere & Gosselin 2006)

Il serait en effet possible de voir apparaître dans certaines régions et pays du monde, tel que l'Algérie, des maladies zoonotiques et à transmission vectorielle qui normalement ne s'y propagent pas, ou que certaines maladies déjà présentes gagnent en intensité.

Les régions du monde les plus touchées par ces maladies sont essentiellement les régions humides à climat chaud ou tempéré, avec les tendances au réchauffement de la planète ces zones auparavant aux limites bien déterminées se verront grandir en envergure, des secteurs habituellement tempérés ou même des régions plus froides se transformeront en zones à climat chaud, non seulement propice à la résurgence de certaines pathologies déjà recensées précédemment dans ces régions et dont la propagation fut limitée dans l'espace et dans le temps, qu'on verrait réapparaître de manière plus violente et dont la propagation serait bien plus étendue, mais nous verrions également l'apparition de nouvelles pathologies non précédemment recensées dans ces régions, soit parce que les conditions n'étaient pas propices

au développement de ces maladies, soit parce qu'elles ne l'étaient pas pour la survie et le développement des vecteurs de ces dernières, dans les deux cas de figure, on verrait se propager des maladies auxquelles ni les animaux ni les humains de ces régions ne sont habitués, l'apparition de ces maladies et leur propagation mais surtout l'impact et la virulence de ces dernières feraient bien mieux que l'imagination des plus aguerris des scénaristes de films de science-fiction, surtout si l'on prend en considération que nous parlons de régions dont la densité des populations humaines surpasse de très loin celles dans lesquelles ces maladies ont l'habitude de sévir, nul besoin d'avoir une grande imagination pour prévoir les conséquences plus que dramatique si un tel scénario venait à se réaliser.

Parmi les vecteurs de ces maladies, les animaux, sauvages (renards, loups, cerfs, canards...) ou domestiques (chiens, chevaux, rongeurs...) sont souvent reconnus comme vecteurs actifs ou passifs ou réservoirs naturels d'un grand nombre de maladies, mais ils ne sont pas les seuls, d'autres êtres vivants sont également connus pour leur rôle actif dans la transmission des maladies, ce sont les insectes, en effet, les arthropodes, notamment ceux piqueurs tels que les tiques et surtout les culicidés (moustiques) jouent un rôle prépondérant dans l'expansion de certaines pathologies virales et parasitaires, cette notion fut approuvée pour la première fois en 1877 suite à la découverte de larves de la filaire chez un moustique par un chercheur du nom de Manson, on découvrit alors que les insectes et surtout les moustiques nous étaient nuisibles bien au-delà de ce que nous croyions, depuis, les études et recherches pour mieux connaître ces redoutables ennemis et sur leur culpabilité dans la transmission de pathologies n'a pas cessé.

La place importante qu'occupent ces diptères dans la faune terrestre comme dans la faune aquatique d'une part, et leur capacité à transmettre un grand nombre de maladies par les piqûres des femelles d'autre part, font des moustiques un matériel d'étude important pour les biologistes. Le rôle des moustiques dans la transmission des maladies à parasites et à virus étant devenue une notion classique, l'étude de la faune culicidienne d'une région donnée, de leur abondance et de leur trophisme n'est donc plus à faire valoir, chose qui a déjà fait l'objet de grand nombre d'études depuis 1877 jusqu'à nos jours, et ce, dans les quatre coins du monde.

Parmi ces chercheurs certains se sont focalisés sur les culicidés méditerranéens tel que *Hasson, Weiss, Langeron, Villain, Wassilief et Ristorcelli, Callot, Sicart*, leurs travaux ont été poursuivis par C. Vermeil 1951 qui a travaillé sur la biogéographie des culicidés

tunisiens et leur rôle en pathologie méditerranéenne, plus tard, J. Bruhnes *et al.* en 1999 ont effectué un travail phénoménal en mettant en place une base de données qu'ils ont rendu accessible sous forme d'un logiciel d'identification des culicidés méditerranéens, puis en 2006 T. Balenghien travaille sur l'identification des culicidés vecteurs du West Nile virus dans le sud de la France en faisant intervenir des pièges à appâts vivants pour capturer les moustiques, la même année F. Bendali a fait une Etude bioécologique systématique et biochimique des Culicidés de la Région d'Annaba.

Dans cet humble travail, nous avons tenté de mettre en évidence les espèces de culicidés impliquées dans la transmission de maladies animales dans la région d'El-Kala. Cette région du sud du bassin méditerranéen étant très humide mais surtout très fréquentée par les oiseaux migrateurs aussi bien que sédentaires, elle représente un foyer potentiel aux maladies véhiculées par ces oiseaux qui, s'ils sont porteurs de maladies, peuvent être piqués par des moustiques, qui peuvent piquer ensuite des animaux de la région, aussi bien sauvages que domestiques, et leur inoculer l'agent pathogène de la maladie en question, un scénario de ce genre s'est produit à plusieurs reprises à travers le monde, nous citerons à titre d'exemple la maladie du *West Nile* en Camargue (France), où le virus s'est vu transmis depuis les oiseaux, porteurs naturels du germe, aux chevaux, puis à l'homme, par les moustiques, causant de grandes pertes d'un point de vue vétérinaire mais aussi un véritable problème de santé publique, l'Algérie a elle aussi connu un épisode dramatique de cette épidémie en 1996 selon un rapport de l'institut Pasteur où le virus a été identifié suite à des atteintes humaines.

Ainsi, nous avons axé notre étude sur l'identification et la caractérisation des peuplements des culicidés capturés sur quatre appâts vivants (oiseau, vache, cheval et enfin l'homme) sur une période étendue du 15 Novembre 2007 au 15 Octobre 2008, puis de mettre en évidence la dynamique de ces peuplement en fonction des saisons et par la suite évaluer le risque potentiel de transmission des maladies entre ces espèces animales à travers les espèces de culicidés qui leurs sont communes et donc le risque épidémiologique que représentent ces populations de vecteurs.

Au terme de notre travail nous avons capturé un effectif total de 6963 moustiques dont 6854 femelles et 109 mâles, que nous avons pu identifier et classer en 22 espèces différentes dont 4 faisant partie de la sous-famille des anophélineae et 18 espèces faisant partie de la sous-famille des culicinae.

Parmi ces 22 espèces, **04** ne sont pas répertoriées selon la bibliographie comme existant en Algérie, (clé d'identification des culicidés d'Afrique méditerranéenne, Logiciel de J. Brunhes et al. 1999) il s'agit de :

Anophèle maculipennis

Anophèle stephensi

Coquillettidia buxtoni

Uranotaenia balfouri

A partir de tous les résultats obtenus et des différentes analyses et interprétation qui s'y imposent, nous avons mis en évidence la dynamique des populations de culicidés de la région du PNEK, leur trophisme, le potentiel vectoriel de ces derniers et donc les risques liés aux culicidés de la région et les incidences que cela pouvait avoir sur le plan écologique, vétérinaire, sanitaire, et socio-économique.

Une conclusion générale viendra à la fin de ce document faire le point sur les résultats de notre travail et ce que ces données traduisent sur la vie et le comportement des espèces de culicidés de la région du Parc National d'El-Kala, et le risque potentiel qu'ils représentent dans la propagation de maladies animales.

1. Matériels et méthodes

1.1. Emplacements des collections et environnement associé

1.1.1. Zone d'étude

Les manifestations des maladies vectorielles se produisant essentiellement dans des secteurs humides, et sur les secteurs secs situés aux alentours, nous avons porté notre choix sur une région réunissant la majorité des conditions favorables à la reproduction, la ponte, le développement et la vie de la majorité des espèces de culicidés connues de la méditerranée en prenant en ligne de compte les exigences et les préférences de ces dernières quant à l'environnement dans lequel elles évoluent et les conditions nécessaires pour leur développement.

La région d'El-Kala abrite l'un des plus importants centres de la biodiversité en Méditerranée. Il rassemble sur une superficie relativement peu étendue plusieurs écosystèmes typiques de cette région de la planète.

La côte que se partagent des criques rocheuses et de petites plages de sable servaient il n'y a pas si longtemps encore d'abris pour le phoque moine ou de lieu de ponte pour la tortue verte ou la tortue caouane. Les maquis littoraux de chêne kermès et les forêts de chêne liège qui surplombent les basses collines et qui enserrant les zones humides au centre, cèdent la place au majestueux chêne zeen dans la partie montagneuse du Sud. C'est le domaine du cerf de barbarie, du lynx caracal, et de bien d'autres espèces animales ... Autour des lacs et des cours d'eau qui les alimentent dans les marécages et les sols détrempés, et qui ensemble forment la zone humide, le chêne s'efface pour laisser la place à l'aulnaie, la forêt humide de la région. Le patrimoine du parc est impressionnant : 850 plantes endémiques, le tiers de la flore d'Afrique du nord, 60 mammifères dont deux chiroptères, 25 rapaces dont l'aigle pêcheur et le faucon d'Eléonore, 64 oiseaux d'eau dont le fuligule nyroca ou l'érismature à tête blanche, 9 oiseaux marins, une centaine d'oiseaux forestiers... (Moumen 2007) La région d'El-Kala accueille ainsi de grandes populations d'oiseaux migrateurs et résidents, elle compte en plus des animaux sauvages, quelques élevages sporadiques de bovins ovins et caprins et gallinacés et de manière plus rare, des chevaux.

1.1.2. Parc National d'El Kala

Créé en 1983, Le Parc National d'El-Kala s'étend sur une superficie de 76438 ha. Situé au nord-est de l'Algérie, il est limité à l'est par la frontière algéro-tunisienne, au nord par la mer méditerranée, à l'ouest par le Cap Rosa, au sud par les contreforts du djebel El Ghorra. Le Parc est composé d'une mosaïque d'écosystèmes forestiers, lacustres, dunaires et marins, lui conférant une haute valeur biologique et écologique dans le bassin méditerranéen. Sa flore, sa faune et son patrimoine culturel lui ont valu son inscription en tant que réserve de la Biosphère par l'UNESCO en 1990. (BOUAZOUNI 2004)

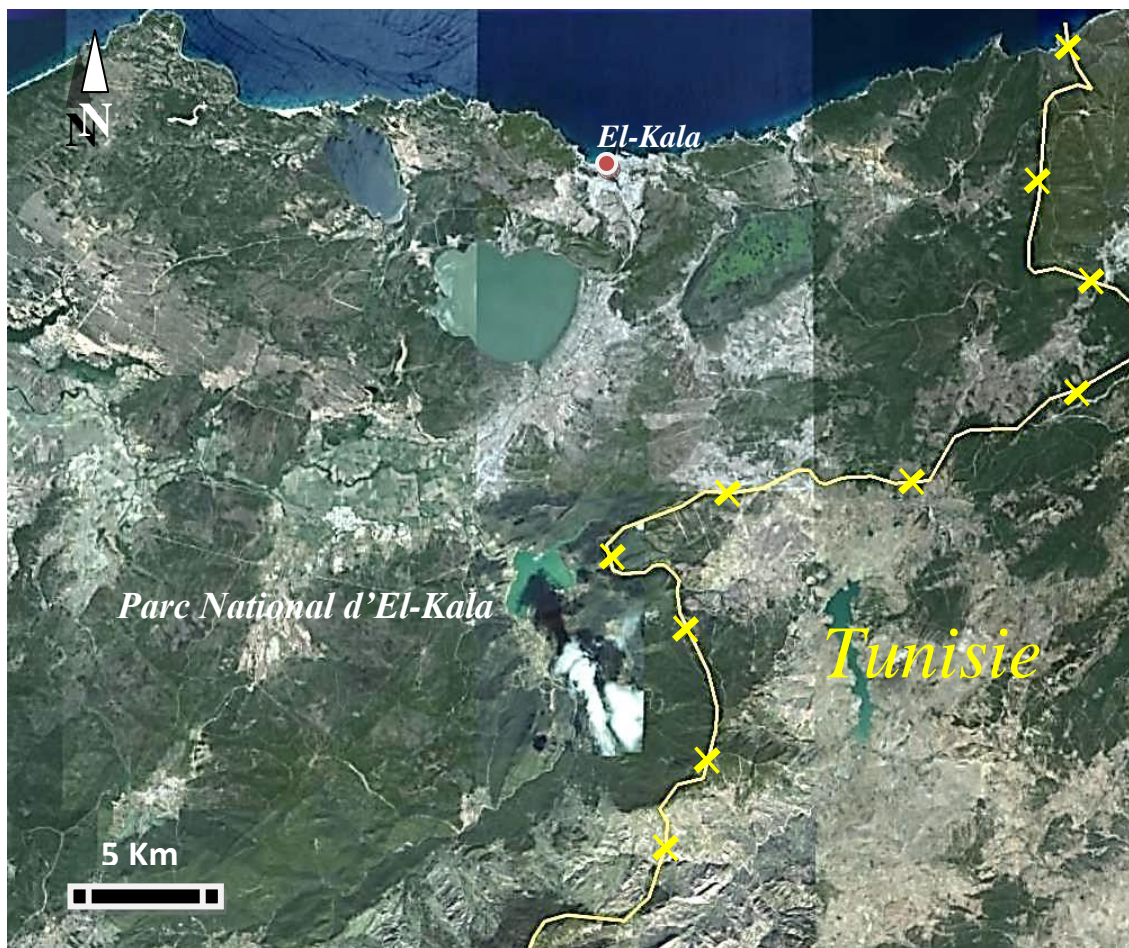


Figure 1 : Image satellitaire du parc national d'El-Kala (Google images)

1.1.2.1. Ecosystème lacustre

Trois grands lacs d'importance internationale, sont disposés en arc de cercle autour d'El Kala : le lac Mellah (eau salé), réserve intégrale de 860 ha (lagune unique en Algérie), est en contact avec la méditerranée par un chenal ; c'est un écosystème d'une richesse considérable, car il dispose en plus des apports aquatiques marines (poissons, crustacés), des sources de montagne ; le lac Tonga (eau saumâtre) et le lac Oubeïra (eau douce) sont des lacs poissonneux, plus ou moins profonds et d'une superficie respective d'environ 2600 ha et 2200 ha. Ces zones humides sont situées sur la voie de migration de dizaines de milliers d'oiseaux venant d'Europe et d'Asie soit pour hiverner, et certains pour se reproduire, soit pour faire une halte après l'épreuve de la traversée de la Méditerranée avant d'entamer la suivante, la traversée du Sahara. C'est en hiver en effet que la région d'El Kala prend son importance internationale de centre de biodiversité avec ses lacs considérés comme le plus important site d'hivernage ornithologique du bassin méditerranéen. Cet écosystème lacustre constitue le dernier sanctuaire pour la survie de certaines espèces rares et endémiques. A ce titre le lac Tonga et le lac Oubeïra ont été inscrit, en 1982, sur la liste Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale. En ratifiant le traité Ramsar (ville iranienne où fut adoptée en 1971 la Convention sur les zones humides) l'Algérie a bénéficié d'une aide internationale pour entretenir ce vaste réseau de migration des oiseaux, à l'échelle du monde. (Kamel 2008)

1.1.2.2. Richesse faunistique

En raison de la diversité des écosystèmes et des niches écologiques, une importante faune vit dans cette région. Ainsi le groupe des mammifères est représenté par 40 espèces connues et recensées dont 9 chiroptères (chauve-souris) et 2 espèces marines, le phoque moine et le dauphin commun. Mais le mammifère emblématique de la région est le cerf de Barbarie ; c'est une espèce endémique et reste la seule espèce connue de cervidé africain. L'hyène tachetée ou rayée, le renard roux, le chacal doré, le lynx caracal, le chat sauvage, la genette, la mangouste, le porc-épique se font de plus en plus rares. Le sanglier, comme partout en Algérie, prolifère dangereusement. La loutre, espèce protégée à l'échelle mondiale, vit discrètement dans les eaux du lac Oubeïra. Quant aux deux espèces de tortues marines, les plus connues dans la région, la tortue caouane et la tortue verte, florissantes il y a si peu de temps, ont régressé de façon inquiétante à cause de leurs plages de pentes perturbées par la multiplication des routes et le développement inconscient de ces prétendues zones dites "

d'expansion touristique ". La majorité de la population est en effet peu soucieuse de la protection de l'environnement et n'est, à ce jour, pas suffisamment sensibilisée au geste écologique. Le Parc abrite également 25 espèces de rapaces, dont le balbuzard pêcheur et le vautour percnoptère ; 9 espèces d'oiseaux marins, dont le cormoran huppé et le goéland argenté ; 64 espèces d'oiseaux d'eau, dont la poule sultane, la sarcelle marbrée et surtout deux espèces de canards, le fuligule nyroca et l'erismature à tête blanche, qui ont contribué au classement international des zones humides d'El Kala parce qu'elles rassemblent chaque hiver une forte proportion de leurs effectifs mondiaux. (Kamel 2008)

1.1.2.3. Ecosystème forestier

La flore de la réserve d'El Kala compte environ 850 espèces qui représentent le tiers de la flore algérienne. Elle est constituée de plantes aquatiques, d'un ensemble de plantes faisant partie des cortèges floristiques du chêne liège, du chêne zèen et de certaines très rares, la châtaigne d'eau et le nénuphar jaune qui tapissent la surface du lac Oubeïra, dont c'est la seule station dans le Maghreb. L'écosystème forestier est composé principalement de forêts naturelles telles que le chêne zèen et le chêne liège abritant de nombreuses essences comme le châtaignier et le chêne vert, et de forêts de reboisements à savoir le pin maritime et l'eucalyptus. Par endroit grâce à l'action de l'homme, le cèdre a repris sa place dans la région. Les sous-bois sont évidemment très riches. Le chêne vit en symbiose avec la bruyère, qui fournit la matière première pour la petite fabrique locale de pipes. Arbousier, myrte, ciste, romarin, laurier noble... embaument de leurs senteurs enivrantes la montagne quand ce n'est pas les genêts qui dorment les maquis. (Kamel 2008)

1.1.2.4. Ecosystème dunaire - Ecosystème marin



Figure 2 : Photographie de la cote d'El-Kala (source : annabacity.com)

Le littoral est formé de plages, de dunes, de falaises de grès et de grottes qui sont des lieux de nidification de nombreuses espèces d'oiseaux. La fixation des dunes littorales, d'une altitude variant entre 20 et 120 m, est tributaire d'une végétation abondante et diversifiée. Le littoral d'El Kala s'étend sur environ 50 Km entre le Cap Segleb (ou Cap Roux) et le Cap Rosa. Il est composé de formation corallienne abritant plusieurs espèces de poissons. Les fonds marins sont infiltrés par les courants d'eaux douces riches en nutriments provenant des lacs côtiers et qui, au fil du temps, ont façonné un monde sous-marin d'une incomparable beauté où foisonne une vie aquatique qui singularise les rivages de la réserve d'El Kala. (Kamel 2008)

1.1.2.5. L'aulnaie de Aïn Khiar



Figure 3 : Photographie de l'aulnaie de Aïn Khiar (source : annabacity.com)

L'aulnaie d'Aïn Khiair (Commune de Berrihane) est une petite zone marécageuse qui se situe au nord de la plaine agricole d'El Tarf. Ce petit écosystème, fragile et original, reçoit en période hivernale les eaux des crues de l'oued El Kebir. C'est un milieu extrêmement rare de zone humide naturelle de la région méditerranéenne qui peut être considéré comme un site d'importance internationale. Les formations d'aulnaies se caractérisent par une composition spécifique du peuplement d'oiseaux qui les exploite. Elles se composent d'arbres de grande taille, pouvant atteindre 20 m de hauteur en moyenne. (Kamel 2008)

1.1.2.6. Le Lac des Oiseaux



Figure 4 : Photographie du Lac des oiseaux (source : annabacity.com)



Figure 5 : Image satellitaire du lac des oiseaux (source : Google Earth)

A 45 Km à l'ouest d'El Kala, se trouve le Lac des Oiseaux classé également réserve naturelle. C'est un lac d'eau douce d'une superficie de 120 ha en période hivernale et 70 ha en période sèche. Malgré sa taille réduite en été, il abrite toutefois la nidification de nombreuses espèces rares. Sa flore est également très riche, et pour certaines espèces c'est l'unique station. (Kamel 2008)

1.1.2.7. Le marais de la Mekhada



Figure 6 : Photographie du marais de Mekhada (source : annabacity.com)

Le marais de la Mekhada se situe à 20 Km à l'est de la ville d'Annaba et à 45 Km à l'ouest de la ville d'El Kala. C'est un immense bassin marécageux, occupant la partie centrale de la plaine de la Mafragh. Lieu de confluence de l'oued El Kébir et de l'oued Bounamoussa, il est séparé de la mer par un cordon dunaire (plage El Battah). D'une profondeur de 0,5 à 1 mètre, sa surface est recouverte à plus de 80% d'une végétation émergente constituée principalement de scirpes. C'est ici que se regroupe la plus grande concentration d'oiseaux d'eau du complexe de zones humides de la région d'El Kala. Le marais abrite habituellement 20000 à 30000 oiseaux d'eau en hiver. En été, le marais héberge la nidification de plusieurs espèces intéressantes, dont au moins une, l'erismature à tête blanche, qui est à un stade critique de son cycle de vie. (Kamel 2008)

1.1.2.8. Le lac Fetzara



Figure 7 : Photographie du lac fetzara (source : annabacity.com)

Outre les lacs d'El Kala, on distingue à 18 Km au sud-ouest de la ville d'Annaba, près de la commune de Berrahal, l'un des lacs les plus étendue d'Algérie : le lac Fetzara (Garât Fzara). Sa superficie est estimée à plus de 20000 hectares. Le fond du lac est à 10 mètres au-dessus du niveau de la Méditerranée. Soupçonné par la Compagnie des minerais de fer de Mokta El Hadid d'être la source de fièvres paludéennes durant l'époque coloniale, le lac fut dès 1877 asséché durant de longues années et, de ce fait, a perdu ses qualités de site de nidification le plus important. Ces travaux d'assèchement ont par ailleurs fait découvrir dans son bassin des vestiges d'époque romaine. Ce lac, considérablement réduit en été, est une réserve naturelle d'une richesse ornithologique remarquable et particulièrement en hiver où il constitue un quartier d'hivernage d'une grande importance à l'échelle régionale et internationale. (Kamel 2008)

1.1.2.9. Lac Oubeïra



Figure 8 : Photographie du lac Oubeïra (source : annabacity.com)

Le Lac Oubeïra est situé à 3 Km à l'Ouest de la ville d'El-Kala, dans la Wilaya d'El-Tarf à l'extrême Nord-Est de l'Algérie. La grande ville la plus proche est Annaba à 70 Km à l'Ouest. L'Oubeïra est situé près des Lacs Mellah et Tonga.

Lac endoréique d'eau douce d'origine naturelle occupant une superficie de 2.200 hectares de forme subcirculaire, il est situé au centre d'un bassin versant de 9.900 hectares, à 4 kilomètres à vol d'oiseau de la mer. Très important pour l'hivernage des oiseaux d'eau et, à un degré moindre, pour la nidification de quelques espèces rares, il abrite une flore aquatique intéressante dont la châtaigne d'eau (*Trapa natans*), le nénuphar blanc *Nymphaea alba* et l'unique station du Nénuphar jaune (*Nuphar luteum*). C'est également le lieu d'une pêche artisanale.

Le lac Oubeïra est un bon exemple d'une zone humide représentative, rare et unique de type de zone humide naturelle de la région méditerranéenne se situant dans un complexe de zones humides qui viendrait en troisième position après ceux du Delta de l'Ebre, en Espagne et la Camargue en France.

Hydrologie : Le lac Oubeïra est un lac endoréique jouant un rôle de réservoir permettant la maîtrise des crues parfois spectaculaires, de l'Oued El-Kebir. Le lac constitue un réservoir de dépôt des sédiments provenant du bassin versant et charriés par les eaux de crues. Les eaux du lac sont très turbides surtout en hiver (10 à 15 m au disque de Secchi en 1976) avec un PH variant entre 8 et 10,65.

Flore : Le lac Oubeïra est le seul site algérien abritant la châtaigne d'eau *Trapa natans* et le nénuphar jaune *Nuphar luteum*. On note également le nénuphar blanc *Nymphaea alba*, le Scirpe incliné *Scirpus inclinatus*, le *Sparganium erectum* et le Rubanier rameux *Zanichelia palustris*. Une ceinture d'Hélophytes indispensable à la nidification des oiseaux d'eau. Parmi les Espèces rares et très rares, nous citons, la châtaigne d'eau *Trapa natans* et le Nénuphar jaune *Nuphar luteum* (seule station en Algérie), le Nénuphar blanc *Nymphaea alba*. Le Polygomum *Polygonum senegalense*, le Scirpe incliné *Scirpus inclinatus* et l'Utriculaire *Utricularia exoleta*.

Faune :

Les oiseaux sédentaires sont représentés par le Blongios nain *Ixobrychus minutus*, la Talève sultane *Porphyrio porphyrio*, la Rousserolle turdoïde *Acropcephalus arundinaceus*, le Butor étoilé *Botaurus stellaris*, le Busard des roseaux *Circus aeruginosus* et le balbuzard pêcheur *Pandion halieetus*.

Les oiseaux hivernants sont représentés par l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, la grande aigrette *Egretta alba*, la Spatule blanche *Platalea leucorodia*, l'Oie cendrée *Anser anser*, le Grand cormoran *Phalacrocorax carbo*, la Grue cendrée *Grus grus* et plusieurs espèces de limicoles, telles que l'Avocette *Recurvirostra avosetta*, les chevaliers, les bécasseaux, la bécassine des marais *Gallinago gallinago* etc. Les oiseaux d'eau observés tout au long de l'année mais de façon irrégulière sont l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* et le Flamant rose *Phoenicopterus ruber*.

Les insectes sont représentés par au moins 28 espèces d'Anisoptères (Odonates), parmi elles nous citons *Anax imperator*, *Anax parthenope*, *Ashna mixta*, *Aeschna affinis*, *Hemianax ephippiger*, *Orthetrum cancellatum*, *Acisoma panorpoides ascalaphoides*, etc.

Les Mammifères sont notamment représentés par la loutre *Lutra lutra*, et quelques animaux domestiques élevés par la population locale.

Valeur sociale

Le lac Oubeïra est d'un intérêt social et culturel de par la Production halieutique, l'exploitation de l'eau pour l'agriculture autour du Lac (il s'agit surtout de cultures spéculatives telles que la culture d'arachides consommatrice d'eau), la présence d'un site archéologique (Mégalithique) au Sud-Est du Lac et l'éducation et la recherche scientifique (aspect paysager ouvert et présence de deux postes d'observation ornithologique). (Boumezbeur & Ameer, & Bakaria 2003)

1.1.2.10. Lac Tonga



Figure 9 : Photographie du lac Tonga (source : annabacity.com)

Le lac Tonga est situé à 36° 49' N-8° 32' E à l'extrême nord-est du Parc National d'El Kala (wilaya d'El Tarf) et de l'Algérie. Il est à l'Est de la ville d'El Kala, à 70 Km à l'est de la ville d'Annaba et à 3 km à vol d'oiseau de la mer. Au nord, le Tonga est bordé par des dunes littorales le séparant de la mer et au sud.

C'est un lac de type palustre d'eau douce en communication avec la mer Méditerranée par un canal artificiel, le Canal Messida. Il se caractérise par une importante couverture végétale en mosaïque composée d'hélophytes (scirpes, phragmites et typhas). 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, comme l'Erismaure à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) la poule Sultane (*Porphyrio porphyrio*), la guifette moustac (*Chlidonias hybridus*), etc. Ses 2 bassins occupent une superficie de 15 km² chacun. Mais le bassin versant nord ne semble plus alimenter le site depuis les tentatives d'assèchement entrepris durant la période coloniale.

Hydrologie : Le Tonga est alimenté d'une part par de nombreux affluents (petits ravins) secs en été tout au long des rives Ouest et sud et d'autre part par à l'Est et au Nord Est par des oueds et de 02 sous bassins versants, celui d'oued EL Hout au sud et d'oued El Eurg au Nord ; L'exutoire du Tonga étant l'oued Messida.

La flore: Le Tonga compte quatre-vingt-deux espèces végétales qui appartiennent à 31 familles botaniques, parmi elles 32 espèces (39% de l'ensemble) sont classées d'assez rares à rarissimes. Parmi les espèces rares nous citons *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba*, *Utricularia exoleta*.

La faune : Du fait de la qualité de ses habitats, le lac Tonga abrite une diversité biologique très importante, parmi les groupes d'espèces nous citons :

Les oiseaux d'eau : Le Tonga est le plus important site de nidification en Afrique du Nord pour une multitude d'espèces dont une colonie d'Ardéidés représentée par des Hérons et des Aigrettes. Le Busard des roseaux *Circus aeruginosus*, la Poule d'eau *Gallinula chloropus*, le râle d'eau *Rallus aquaticus*, les Grèbes castagneux et huppé, l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Talève sultane *Porphyrio porphyrio*, le Blongios nain *Ixobrychus minimus*, la Guifette moustac *Chlidonias hybridus*, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* et bien d'autres espèces. On y rencontre également la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* et la Sarcelle d'été *Anas querquedula*.

Les insectes: 22 espèces d'odonates sont inventoriées au niveau du lac Tonga. Elles appartiennent à quatre familles taxonomiques : Lestidae, Coenagrillonidae, Aeshnidae et Libellulidae.

Les reptiles et les amphibiens : Plusieurs espèces de Reptiles et d'Amphibiens vivent dans le Tonga: L'Emyde lépreuse *Mauremys leprosa*, la Grenouille verte *Rana saharica*, le Discoglosse peint *Discoglossus pictus*, le Crapaud de Mauritanie *Bufo mauritanicus*, le Triton de poiret *Pleurodels poireti*, le Psammodrome algiré *Psammodromus algirus*, le Sep ocellé *Chalcides ocellatus*, le Lézard ocellé *Lacerta pater* et la couleuvre vipérine *Natrix maura*.

Les mammifères : La loutre *Lutra lutra* et le Cerf de Barbarie *Cervus elaphus barbarus*, espèce endémique de l'Algérie et de la Tunisie.

Valeur sociale : Pêche de l'anguille et présence d'un site archéologique préhistorique (dolmens) et d'un centre équestre. (Bakaria & Boumezbeur 2003)

1.1.2.11. Lac Mellah



Figure 10 : Photographie du lac Mellah (source : annabacity.com)

Le site est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les forêts des Deux Lacs et d'Aïn Khiar, à l'Est par la Forêt de Boumalek et l'agglomération du Pont de la République (Melha) et, à l'Ouest, par les plaines de Boutheldja et de Ben M'hidi. Le lac El Mellah, situé à une distance de 10 Km à l'Est de Cap-Rosa, fait partie d'un ensemble de dépressions du complexe de zones humides dit d'El Kala, et à 15 Km à l'Ouest de la ville du même nom. Le lac Bleu est une petite dépression inter-dunaire d'eau douce située entre le lac El Mellah et le cordon dunaire qui le sépare de la mer Méditerranée.

Le Lac El Mellah se compose de 2 plans d'eau, il se caractérise par une diversité de situations hydrologiques, dont le gradient de salinité lui confère une grande richesse halieutique et limnologique. Il est relié à la mer par un chenal de 900 mètres de long, de 20 mètres de large et d'une profondeur de 0,5 à 2 mètres. Cette lagune d'une profondeur maximale de 6 mètres, de forme ovoïde, dont le grand axe est orienté Nord-Ouest, est reliée à la mer par un chenal artificiel qui reçoit les eaux des Oueds El Mellah, Erguibet et El Aroug. Ce dernier oued en se jetant au Sud du lac forme un delta de milieux saumâtres constitués de Salicornes et de Joncs, et inonde une ripisylve constituée de frêne (*Fraxinus angustifolia*). Sporadiquement ouverte à la mer par un chenal traversant le cordon dunaire, elle fait partie du complexe de zones humides du Parc National d'El-Kala.

Et le lac Bleu, une petite dépression inter-dunaire d'eau douce de 4 hectares, située sur la berge-Est du lac mellah, est alimenté par la remontée du niveau de la nappe phréatique et les eaux de pluies qui s'infiltrant à travers les sables du cordon de dunes qui l'entourent.

Le lac El Mellah se caractérise par l'existence de rives extrêmement réduites dont une grande partie de la végétation très diversifiée est terrestre. En effet, la configuration générale des rives permet à la végétation ligneuse constituée de maquis de *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Calycotum villosa*, *Cistus salvifolius*, *Quercus coccifera*, *Quercus suber* et *Quercus faginea* de s'installer très près de la limite des eaux du lac. Au niveau de la rive Ouest s'élèvent des massifs de chêne liège (*Quercus suber*) avec un cortège de végétation allant jusqu'à 2 ou 3 mètres de la limite des eaux. La partie Nord-Ouest a fait l'objet d'un reboisement d'eucalyptus qui cède la place vers le Nord à une vaste aulnaie développée à la faveur du delta de l'Oued Erriguibet. Sur le plan floristique, un groupement de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) se situe au Nord-Ouest d'El Mellah sur des sables et des argiles lagunomars riches en lumachelles ou calcaires issus de la décomposition de coquillages marins. Il occupe environ 2 % de la superficie étudiée à une altitude de 10 mètres. Il existe aussi une variété de groupements végétaux composés d'une suberaie pure, d'une cocciferaie pure, d'un mélange de chêne liège (*Quercus suber*) et de chêne kermes (*Quercus coccifera*) avec une prédominance de chêne liège et un mélange de ces deux espèces avec la bruyère *Erica arborea* (Anonyme, 1982). La pinède de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) constitue une curiosité floristique sur les dunes car cette espèce est essentiellement calcicole. Le maquis à *Myrtus communis*, celui à *Calycotum villosa* et à lavande (*Lavandula stoechas*), les pelouses, le peuplement à Pin maritime (*Pinus maritima*), les peuplements à Eucalyptus, l'olivieraie et les cultures, constituent la couverture végétale du bassin versant de la lagune.

Une première aulnaie, ripisylve ou forêt humide, située sur la rive-Est est alimentée par une nappe phréatique dunaire et une chaâba (ou ruisseau), favorisant ainsi l'existence d'un milieu marécageux.

Elle se présente comme une mosaïque où alternent de petites dépressions inondées et de petites éminences exondées.

Hydrologie

Le bassin versant, avec un périmètre de 56,15 kilomètres, couvre une superficie de 81,45 kilomètres carrés, le site reçoit les eaux des Oueds Eriguibet au Nord-Ouest et El Aroug au Sud-Ouest. Son régime hydrologique est influencé d'une part, par les mouvements de l'eau

marine pénétrant par le chenal, les échanges entre le lac se faisant dans une lente rotation périphérique dans le sens des aiguilles d'une montre, et d'autre part, par les apports directs d'eau douce lors des pluies et, enfin, les eaux charriées par les Oueds. Ceux du El Mellah et Laroug au sud, Riguibet au Nord-Ouest et Setha. Le chevelu hydrographique, très lâche, est constitué par 4 ordres de cours d'eau, on note au total une longueur de réseau d'environ 94,89 kilomètres (Messerer 1999) subdivisée par l'ordre 1 avec 134 cours d'eau totalisant 46,45 kilomètres, l'ordre 2 avec 36 cours d'eau et 22,82 kilomètres, l'ordre 3 avec 25 cours d'eau et 10,55 kilomètres, et l'ordre 4 avec 3 cours d'eau et 15,07 kilomètres (Oueds El Mellah, El-Aroug et Riguibet). El Mellah se caractérise par une diversité de situations hydrologiques, dont le gradient de salinité lui confère une grande richesse halieutique et limnologique. Il est relié à la mer par un chenal de 900 mètres de long, de 20 mètres de large et d'une profondeur de 0,5 à 2 mètres.

L'altitude d'El Mellah étant au niveau de la mer, le chenal évacue à son niveau moyen, lorsque l'apport des précipitations est important, le trop-plein d'eau douce. Ce phénomène qui s'observe surtout d'octobre à avril permet au lac d'avoir un bilan positif. A l'inverse, pendant la saison chaude, de mai à septembre, la réduction des précipitations et l'augmentation de l'évaporation ont tendance à diminuer le niveau moyen du lac, et on assiste alors à une compensation du volume général par un apport d'eau marine par le biais du chenal. Ce bilan négatif du lac provoque un courant lent prenant naissance dans la baie du chenal qui, conjugué aux vents dominants Nord-Ouest, circule du Nord au Sud en ce qui concerne la rive-Est du lac et du Sud au Nord pour la rive-Ouest adoptant ainsi un mouvement circulaire en boucle.

Flore : La flore du lac Bleu, composée essentiellement d'une ceinture de végétation émergente qui occupe le pourtour du site, est constituée de phragmites (*Phragmites australis*) et au centre par le nénuphar (*Nymphaea alba*). La végétation immergée est constituée principalement par des espèces du genre *Myriophyllum*.

Le lac El Mellah se caractérise par l'existence de rives extrêmement réduites dont une grande partie de la végétation très diversifiée est terrestre. En effet, la configuration générale des rives permet à la végétation ligneuse constituée de maquis de *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Calycotum villosa*, *Cistus salvifolis*, *Quercus coccifera*, *Quercus suber* et *Quercus faginea* de s'installer très près de la limite des eaux du lac. Au niveau de la rive Ouest s'élèvent des massifs de chêne liège (*Quercus suber*) avec un cortège de végétation allant jusqu'à 2 ou 3 mètres de la limite des eaux. La partie Nord-Ouest a fait l'objet d'un

reboisement d'eucalyptus qui cède la place vers le Nord à une vaste aulnaie développée à la faveur du delta de l'Oued Erriguibet. Sur le plan floristique, un groupement de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) se situe au Nord-Ouest du Mellah sur des sables et des argiles laguno-marins riches en lumachelles ou calcaires issus de la décomposition de coquillages marins. Il occupe environ 2 % de la superficie étudiée à une altitude de 10 mètres. Il existe aussi une variété de groupements végétaux composés d'une suberaie pure, d'une cocciferaie pure, d'un mélange de chêne liège (*Quercus suber*) et de chêne kermes (*Quercus coccifera*) avec une prédominance de chêne liège et un mélange de ces deux espèces avec la bruyère *Erica arborea* (Anonyme, 1982). La pinède de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) constitue une curiosité floristique sur les dunes car cette espèce est essentiellement calcicole. Le maquis à *Myrtus communis*, celui à *Calycotum villosa* et à lavande (*Lavandula stoechas*), les pelouses, le peuplement à Pin maritime (*Pinus maritima*), les peuplements à Eucalyptus, l'oliveraie et les cultures, constituent la couverture végétale du bassin versant de la lagune.

Une première aulnaie, ripisylve ou forêt humide, située sur la rive-Est est alimentée par une nappe phréatique dunaire et une chaâba (ou ruisseau), favorisant ainsi l'existence d'un milieu marécageux. Elle se présente comme une mosaïque où alternent de petites dépressions inondées et de petites éminences exondées. L'accumulation de la matière organique est très irrégulière dans l'eau. Cette aulnaie renferme un seul type de groupement ou faciès à Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) et une espèce de fougère (*Athyrium filix femina*). Elles sont accompagnées par l'Iris (*Iris pseudo-acorus*), le lière (*Hedera helix*), la salsepareille (*Smilax aspera*), la laiche (*Carex remota*), la garance (*Rubai tinctorum*), le saule (*Salix pedicellata*), le liseron (*Convolvulus sepia*), le callitriche (*Callitriche palustris*), les joncs (*Juncus effusus* et *J. bufonius*), la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) et l'euphorbe (*Euphorbia pubescens*). Une deuxième aulnaie, se situant sur la rive Est, est alimentée par des chaâbas (ruisseaux) et de petits fossés drainant l'eau des sables dunaires et par des sources qui jaillissent au pied des dunes. La surface est recouverte par une litière de feuilles plus au moins dégradée. On trouve dans cette aulnaie 3 types de faciès, un premier à *Alnus glutinosa* et *Nerium oleander*, un deuxième à *Alnus glutinosa* en contact avec *Quercus coccifera*, une forêt humide composée de *Convolvulus sepia*, *Nerium oleander*, *Rubus ulmifolius*, *Myrtus communis*, *Pteridium aquilinum*, *Phillyrea angustifolia* et enfin un troisième milieu submergé à *Alnus glutinosa* et *Rhynchospora glauca*. Une troisième aulnaie se situant sur la rive-Ouest est alimentée par Oued Erreguibet qui s'est frayé une voie entre les dunes sablonneuses au Nord et une plaine recouverte d'alluvions limoneux au sud. A l'embouchure de l'Oued, ces alluvions évoluent en

sables et argiles laguno-marins. Au fur et à mesure que l'Oued s'écoule vers la plaine, le milieu devient de plus en plus marécageux.

Le bilan positif des eaux douces au niveau des embouchures des Oueds Satha, El arroug, El Mellah et Erriguibet a permis le développement et le maintien d'aulnaies denses et bien développées. Les bourrelets de sable blanc sont colonisés par *Tamarix gallica*. On remarque aussi de petites zones à végétation aquatique constituée de *Scirpus maritimus* et *S. lacustris* au niveau d'une ancienne carrière, lorsque la salinité se fait moins sentir, et cela au Nord et à l'Est. Le delta de l'Oued El arroug au Sud du lac présente une importante scirpaie à *Scirpus maritimus* et *S. lacustris* d'une cinquantaine d'hectares qui est isolée des eaux lacustres par des bourrelets sableux colonisés par *Tamarix gallica*. La flore algale abondante est surtout représentée par *Ruppia cirrhosa* et, dans une moindre mesure, *Potamogeton pectinatus* (Morgan, 1982). Les zones à forte salinité au Nord du lac, à proximité du chenal, hébergent quelques herbiers à *Zostera moltii* ainsi que des phodophycées, algues typiquement marines.

Faune : Sur le plan de la diversité planctonique, 200 espèces de phytoplancton ont été identifiées par Remita (1999) et 47 espèces de zooplancton par Haridi (1999). En outre, El Mellah et sa périphérie font l'objet d'une importante fréquentation faunique qui utilise ses potentialités biologiques. La périphérie du site, grâce à une végétation dense, est largement fréquentée par des mammifères, comme le chacal (*Canis aureus*), le renard (*Vulpes vulpes*), la Genette (*Genetta genetta*) et la mangouste (*Herpestes ichneumon*) dont de nombreuses traces sont visibles sur le sable des rives, des fèces, des empreintes ou des restes de repas, généralement des plumes. Le sanglier (*Sus scrofa*) ne dédaigne pas fréquenter les abords immédiats du lac pour y consommer des champignons ou des mollusques gastropodes, de nombreux retournements de sable et de terre témoignent de ses fréquentes visites.

Les eaux du lac possèdent une forte productivité et hébergent un peuplement piscicole relativement diversifié composé d'une quinzaine d'espèces dont l'anguille (*Anguilla Anguilla*), la sole (*Solea vulgaris*), le loup (*Dicentrachus labrax*), cinq espèces de mulets (*Mugil cephalus*, *M. saliens*, *Liza aurata*, *L. ramada* et *Chelon labrosus*) qui font l'objet d'une exploitation extensive, surtout pour l'anguille. Un riche peuplement d'invertébrés benthiques constitué d'annélides et de Mollusques bivalves suscitent un intérêt certain pour la conchyliculture, faisant du El Mellah la principale zone de production d'huîtres et de moules d'Algérie. Cette exploitation épisodique et mal maîtrisée techniquement se maintient actuellement à travers un projet qui est à l'étude pour la production et la commercialisation de la palourde.

Valeur sociale : La valeur socio-économique du site est reconnue à travers les emplois générés par les activités de pêche au niveau de la lagune. Sur le plan des pêcheries, cette lagune exploitée par une entreprise de l'état joue un rôle socio-économique important dans la région. Les prises annuelles de poissons varient en moyenne de 24 à 36 tonnes entre 1994 et 1999. En plus de la pêche, l'exploitation de la palourde (*Ruditapes decussatus* L.) et de la coque (*Cardium edule*) représente une activité non négligeable. La production de palourde avoisine les 2 tonnes pour l'année 2000. L'élevage d'huître (*Crassostrea gigas*) constitue une activité marginale encore mal maîtrisée (112 kg produits en 2000).

Les eaux du lac Bleu servaient à l'irrigation des riverains avant l'installation de l'eau courante en 2001. (Boumezbeur & Bouteldji 2005)

1.1.3. Données météorologiques

El-Kala bénéficie d'une forte pluviométrie qui fait d'elle une des régions les plus arrosées d'Algérie, se situant dans l'étage bioclimatique Sub-humide chaud, le minimum absolu observé a lieu en décembre avec 6°C. et le maximum en août avec 39°C. La région, particulièrement sa partie lacustre, bénéficie d'une forte pluviométrie et reçoit une moyenne annuelle de 910 millimètres, avec un maximum de 1300 mm. Le paramètre «humidité de l'eau» atteint ses valeurs les plus fortes au lever et au coucher du soleil et dans les mois les plus froids, en janvier et décembre. Les vents dominants, ceux de Nord-Ouest, avec une vitesse moyenne variant de 3.3 à 4.8 m/s, apportent les précipitations les plus importantes venues de l'atlantique. A l'opposé, le Sirocco souffle principalement en été venant du Sud-Est, assèche l'atmosphère et favorise, avec les T° élevées, les incendies de forêts. L'évapotranspiration relative et potentielle moyenne est respectivement de 600 à 640 mm/an, et 889 mm/an. (Boumezbeur & Bouteldji 2005)

1.1.4. Choix des sites de prélèvement

Vu la diversité des écosystèmes dans la région, afin de choisir les sites les plus pertinents pour capturer les moustiques susceptibles de transmettre des maladies animales, nous devons prendre en ligne de compte le fait que tous les moustiques ne vivent pas dans les mêmes milieux, certaines espèces tel que *Anophèle multicolor* pondent leurs œufs en eau très salée, allant parfois jusqu'à 50-60 g/litre ou *Aedes mariaae* pondant ses œufs dans l'eau de mer

emprisonnée dans creux des rochers, certaines, tel que *Culex pusillus* affectionnent les eaux saumâtres, d'autres espèces, elles, préfèrent l'eau douce, et même dans cette catégorie nous avons des espèces qui préfèrent des eaux propres et limpides *Uranotaenia balfouri*, d'autres préfèrent des eaux turbides ou eutrophisées et parfois même riche en matière organique en décomposition tel que *Aedes detritus*, *Culex pipiens* lui pond ses œufs en eaux polluées, certaines espèces aiment une végétation dense tel que *Culiseta litorea*, d'autres tel que *Orthopodomyia pulcripalpis* pondent carrément leurs œufs dans les cavités des troncs d'arbres.

Nous devons donc faire un choix stratégique qui assurerait la présence au même endroit, du maximum possible de ces paramètres qui différencient les préférences des espèces culicidiennes, de sorte à avoir un éventail plus large d'espèces à étudier, et maximiser les chances d'avoir une hétérogénéité relative aux différences de types de milieux.

Après avoir pris conseil auprès de spécialistes, après avoir consulté quelques données bibliographiques sur la région et après une prospection personnelle sur le terrain, nous avons découvert qu'un site en particulier offrait une diversité de milieux incroyable réunis dans un espace très réduit, il s'agit de la rive droite du lac El-Mellah avec :

- La mer méditerranée au nord avec des criques rocheuses.
- Toujours au nord, le littoral formé de dunes maintenues par une végétation abondante et diversifiée, des falaises de grès et de grottes.
- Le lac mellah (seule lagune en Algérie) et donc source d'eau saumâtre.
- Des forêts, à l'Est (forêt de Boumalek) et au Sud (forêt des Deux Lacs et forêt de Aïn Khiar).
- Des eaux douces courantes à l'Est des ruisseaux ; les Oueds Eriguibet et Setha au Nord-Ouest et El Mellah et Laroug au Sud-ouest
- Des surfaces d'eaux douces stagnantes limpides engendrées par des ramifications des cours d'eau.
- Des surfaces d'eaux douces stagnantes eutrophisées riches en matières organiques en décomposition.
- Proximité des lacs Oubeïra au Sud-est et le lac Bleu au Nord.
- Des Buissons d'une densité peu à très élevée.
- Une végétation plus ou moins dense aux abords des rives du lac.
- La présence d'habitations humaines ainsi que de l'élevage bovin, ovin, caprin, et de volaille, qui dans le cas d'enzootie favoriseraient la propagation de pathologies, sans

compter les animaux sauvages vivant dans les forêts avoisinantes, jouant souvent le rôle de réservoirs.

Le but étant de trouver des culicidés mammophiles, anthropophiles et ornithophiles, provenant des différents milieux (sec, humide, dans les eaux salées, saumâtres, douces, limpides, turbides, polluées, courantes, stagnantes, dans les végétations, ou dans les arbres... etc.) afin de mettre en évidence la diversité des espèces de moustiques vivant dans la région mais surtout leurs susceptibilité de transmettre des maladies d'une espèce animale à une autre (y compris l'homme) et donc le risque de propagation d'épidémies dans la région et même plus loin, nous avons choisi quatre appâts (un oiseau, un cheval, une vache et un humain).

❖ **Le premier site** se trouve au sein de l'agglomération d'El-Mellah qui est en fait un petit douar d'à peine quelques dizaines d'habitants pratiquant une agriculture sporadique et de petits élevages de mammifères tel que des vaches des moutons des chèvres mais aussi des poules, et de manière bien plus rare, des équidés tels que des ânes ou des chevaux.

Vu la difficulté de travailler avec les équidés de cette région, soit à cause de la méfiance des propriétaires, soit à cause du caractère peu commode de ces équidés non habitués à la stabulation, à la contention ou à l'approche par des personnes autres que leurs propriétaires -chose qui les mettait dans un état d'énervement rendant le travail avec eux quasi impossible- nous avons été obligés de déporter les captures des culicidés sur les chevaux vers un deuxième site, où les chevaux sont habitués aux hommes, à la stabulation et au caractère bien plus commode, à savoir les chevaux du centre équestre du lac Tonga.

❖ **Le second site** (centre équestre du lac Tonga), ce dernier est également proche du littoral marin dont il est séparé par une ère dunaire, il bénéficie de la présence d'une grande diversité des milieux : grandes surfaces d'eau libre, végétation en mosaïques et îlots de forêts flottants de Saule pédicellé et aulnaie-ripisylve.



Figure 11 : Représentation cartographique du parc national d’El-Kala avec l’emplacement des sites d’échantillonnage (source :www.fondation-nicolas-hulot.org)

1.2. Collections de moustiques

Des collections de moustique ont été effectuées deux (02) fois par mois à partir du 15 du mois de Novembre 2007 jusqu'au 15 du mois d'Octobre 2008 dans les deux sites en utilisant des pièges à appâts :

Un piège à appât oiseau.

Les box des chevaux.

Les étables ou « Koukh » des bovins.

Un piège a appât humain.

- Le pièges à appât oiseau était une cage en bois (0,5 m x 0,4 m x 0,4 m) recouverte de tulle avec une ouverture de 5 cm sur un coté pour permettre la pénétration des moustiques, ceux-ci étaient ensuite prélevés grâce à un aspirateur a bouche.

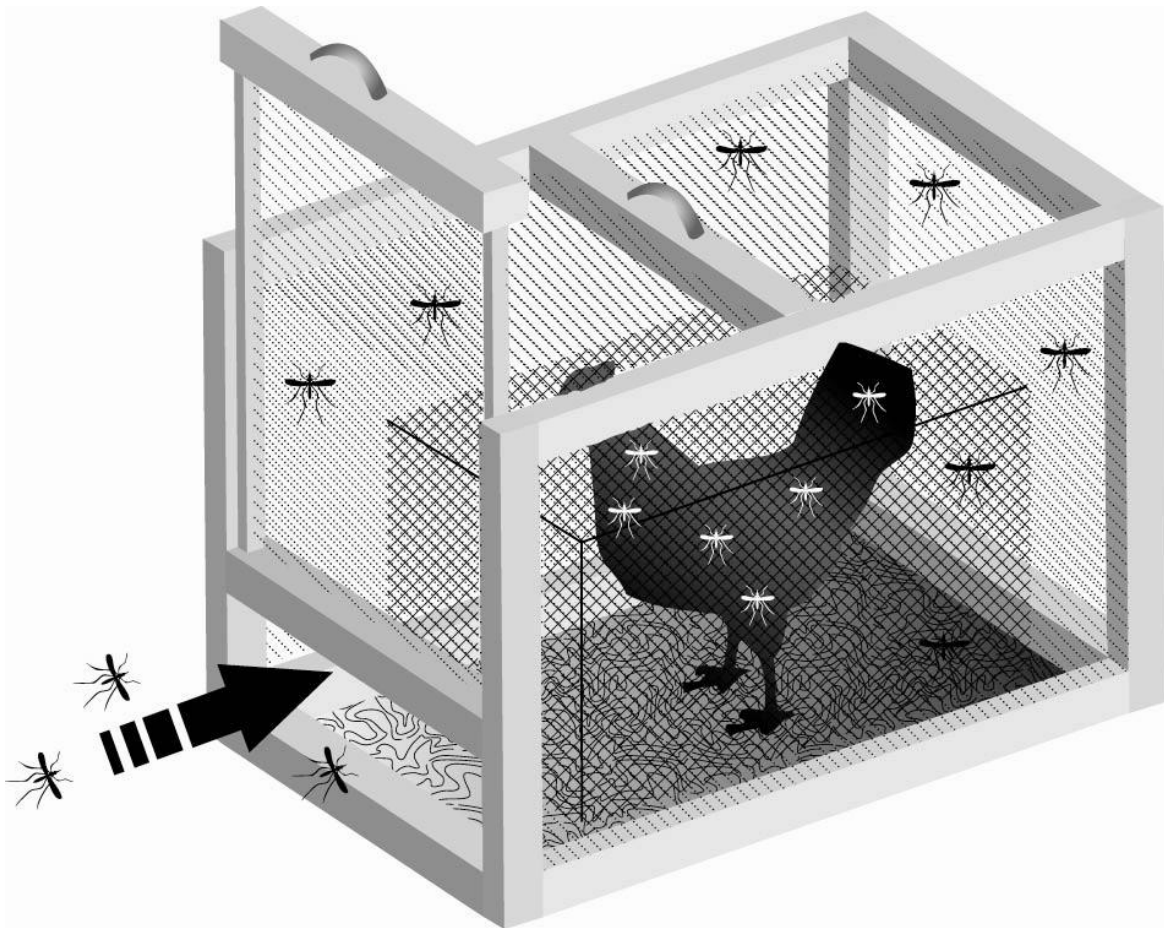


Figure 12: Piège à appât oiseau

- Le prélèvement sur le cheval se faisait par atterrissage à l'intérieur même des box des chevaux, les moustiques étaient donc ainsi prélevés par un aspirateur à bouche confectionné par nos soins directement sur l'animal et sur les parois des box, mais aussi à l'aide d'un piège CDC placé à l'intérieur des box.

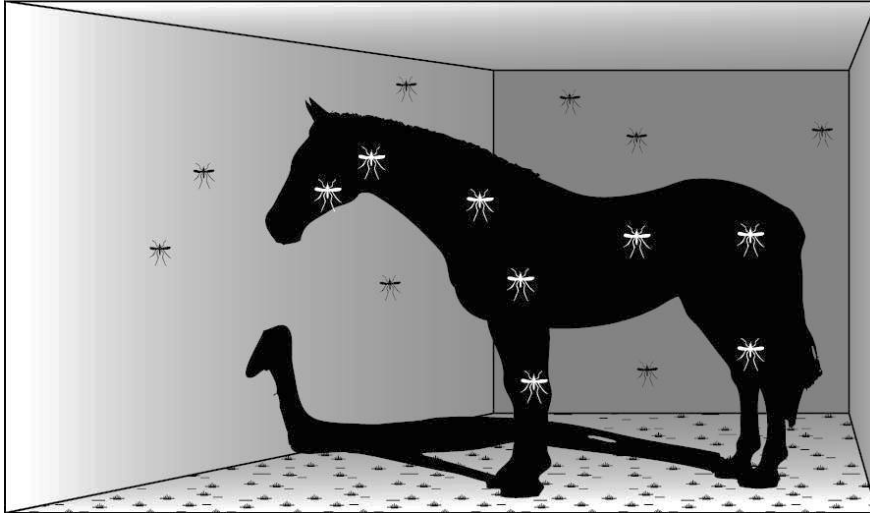


Figure 13 : Piégeage des culicidés sur le cheval.

- Le prélèvement sur le bovin se faisait par atterrissage à l'intérieur de l'étable ou du « koukh » (habitation faite à base de branchages) par aspiration sur l'animal directement, sur les parois intérieures de l'abri et grâce à un piège CDC.

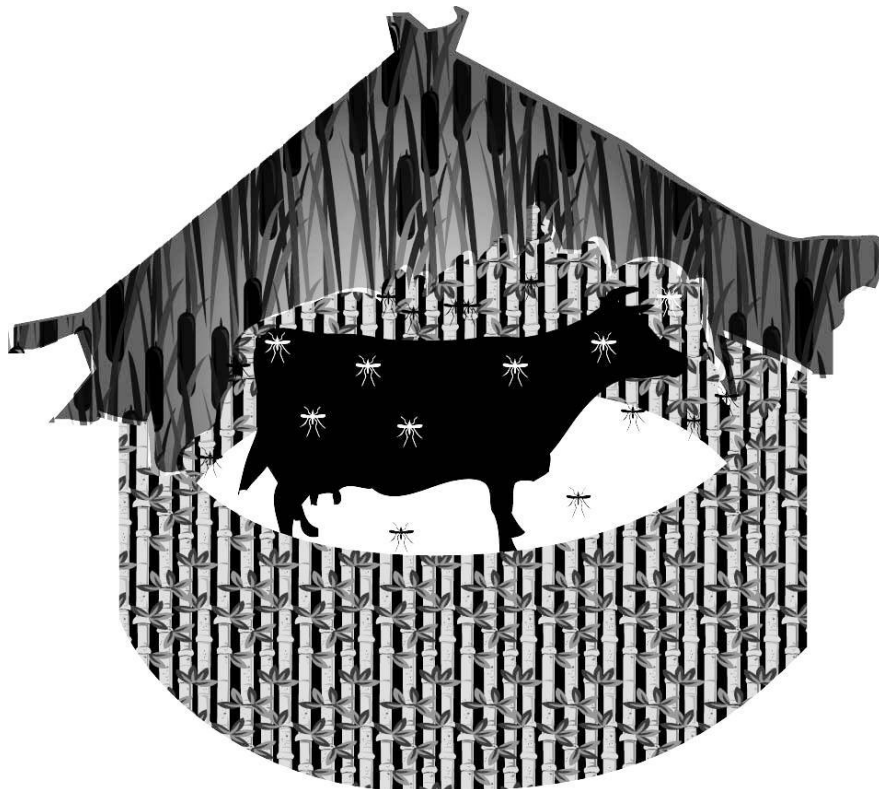


Figure 14 : Piégeage des culicidés sur la vache

- Le prélèvement des moustiques sur appât humain se faisait essentiellement par aspiration des moustiques directement sur la peau grâce à un aspirateur à bouche.

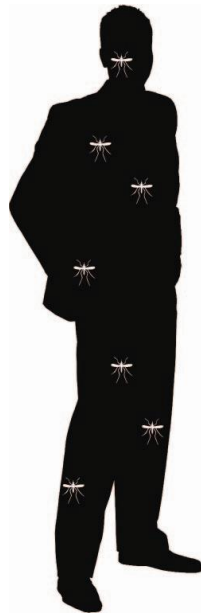


Figure 15 : Piégeage des Culicidés sur l'appât humain

Les moustiques récoltés sont ensuite tués par le froid (en les mettant quelques instants dans un congélateur) puis identifiés dans les plus brefs délais pour éviter leur dessiccation les rendant très fragiles et donc difficiles à manipuler, l'identification s'est effectuée grâce à la clé d'identification des culicidés d'Afrique méditerranéenne (J. Brunhes et al. 1999 IRD de Montpellier et Institut Pasteur de Tunis,).

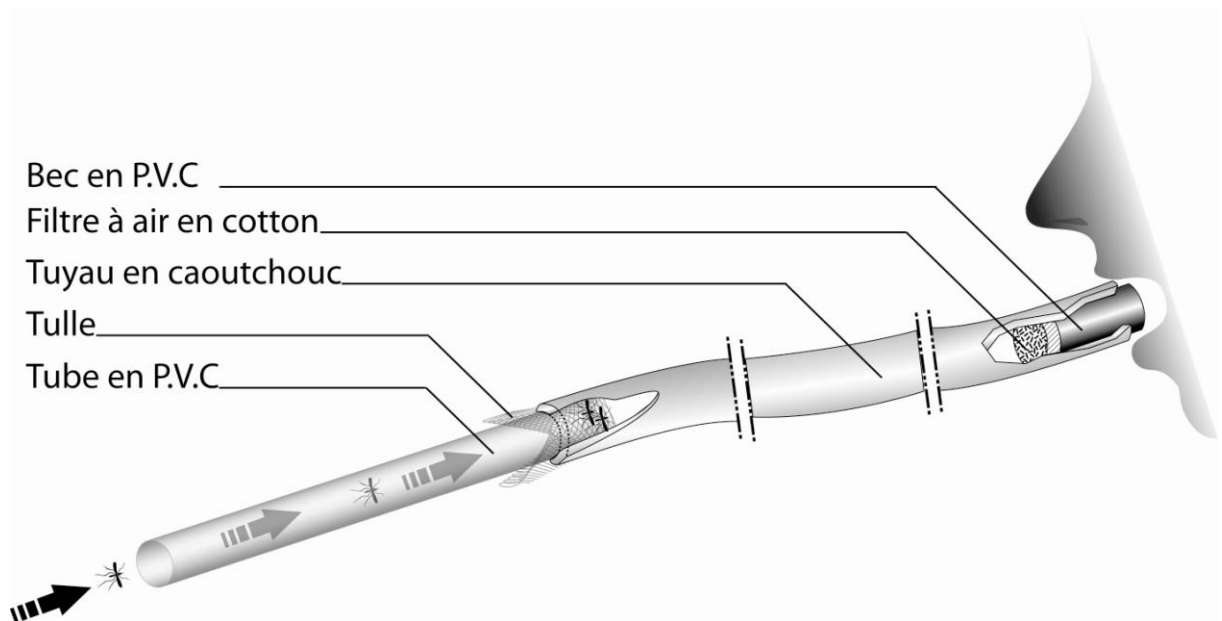


Figure 16 : Méthode de capture par aspirateur à bouche

1.3. Analyse des données

1.3.1. Caractérisation des peuplements

Le peuplement des moustiques peut être caractérisé par l'analyse des paramètres structuraux suivants :

1.3.1.1. Richesse spécifique « S »

C'est le nombre d'espèce « S » contacté au moins une fois au terme de « N » relevés (Blondel ,1975).

1.3.1.2. Abondance « N »

L'abondance représente le nombre d'individus collectés ou observés durant la saison d'échantillonnage pour chaque milieu (in Benyacoub, 1993).

1.3.1.3. Diversité spécifique ou diversité observée « H »

La diversité d'un peuplement exprime son degré de complexité. Elle est calculée à partir de l'indice de Shannon et Weaver (1949) (Daget, 1976 in Benyacoub, 1993).

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

P_i = La fréquence relative de l'espèce i dans un peuplement.

S : la richesse totale de ce peuplement

H' : est exprimé en Bit par individu (Binary digit)

Cet indice mesure le degré de complexité d'un peuplement. Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée.

A l'inverse, une valeur faible de cet indice correspond soit à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'espèce pour un grand nombre d'individus, soit a un peuplement dans lequel il y a une espèce dominante.

La diversité varie en fonction de la richesse du peuplement et de la distribution d'abondance des espèces de ce peuplement. Plus la richesse est élevée et la distribution d'abondance équilibrée, plus la diversité est forte. Les fortes valeurs de « H » traduisent généralement d'un degré élevé de complexité et de maturité d'un peuplement et, par la même, la complexité des facteurs mais en jeu dans l'environnement (Benyacoub, 1993).

1.3.1.4. Diversité maximale

La diversité maximale d'un peuplement H'_{Max} se calcule comme suit :

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

S : Richesse totale de ce peuplement.

H'_{Max} : La diversité théorique maximale.

1.3.1.5. Equitabilité

L'équitabilité est le rapport de la diversité observée à la diversité maximale. Elle mesure le degré d'équilibre et de complexité d'un peuplement par l'écart de H' par rapport à H'_{Max} (BENYACOUB, 1993).

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

Quand E est proche de 1, la diversité observée est proche de la diversité maximale. Elle traduit alors une distribution d'abondance proche de l'équilibre. A l'inverse, quand E est proche de la valeur 0, la diversité observée est faible et illustre une distribution d'abondance fortement hiérarchisée qui est le reflet d'un environnement simple, contraignant, dans lequel peu de facteurs structurent le peuplement (BENYACOUB, 1993).

1.3.2. Analyses statistiques

La présentation graphique des données s'est appuyée sur l'élaboration d'histogrammes ; de courbes par Excel.

2. Matériel Biologique

Culicidés (Moustiques)

Les **Culicidae** regroupent les insectes communément appelés **moustiques** ou **maringouins** (**Office québécois de la langue française (OQLF)** 2010 au Québec). Classée dans l'ordre des Diptères et du sous-ordre des Nématocères, cette famille est caractérisée par des individus aux antennes longues et fines à multiples articles et par des femelles possédant de longues pièces buccales en forme de trompe rigide de type piqueur-suceur.

Les moustiques ont un rôle extrêmement important en santé humaine (ou animale) car ils constituent, de par les piqûres douloureuses qu'ils infligent, le plus important groupe de vecteurs d'agents pathogènes transmissibles à l'homme. Les moustiques sont responsables, entre autres, du paludisme, une des toutes premières causes de mortalité humaine, de nombreuses maladies à virus (arboviroses) telles que la dengue, la fièvre jaune, la fièvre de la vallée du Rift, la fièvre du Nil occidental (West Nile Virus), le chikungunya, d'encéphalites virales diverses ainsi que de filarioses et constituent à ce titre l'un des sujets majeurs d'études en entomologie médicale.

À ce jour (Harbach, 2010), 3 525 espèces de moustiques sont décrites, réparties (Harbach & Kitching, 1998) en deux sous-familles : Anophelinae (473 espèces) et Culicinae (3049 espèces) et plus de 44 genres. Pour être complet, il faut rajouter à cette liste 157 sous espèces.

2.1. Évolution

Les moustiques sont apparus au Jurassique, il y a environ 170 millions d'années. Le fossile le plus ancien date du Crétacé. Ils ont évolué sur ce qui correspond aujourd'hui à l'Amérique du Sud avant de s'étendre d'abord vers la Laurasia au nord avant de redescendre vers les tropiques.

Les moustiques préhistoriques étaient environ trois fois plus gros que les espèces actuelles et étaient un groupe voisin des *Chaoboridae* (mouche à piquants).

2.2. Taxonomie

2.2.1. Histoire

En 1758, Carl Von Linné désigne sous le genre *Culex* les quelques moustiques -et assimilés- connus de l'époque. Meigen en 1818, redistribue ce genre en 3 genres selon le critère morphologique de la longueur des palpes : genre *Anopheles* pour les moustiques à palpes longs dans les 2 sexes, *Culex* avec les palpes longs chez les mâles et courts chez les femelles et *Aedes* aux palpes courts chez les deux sexes. Entre 1828 et 1896, au fil des nouvelles découvertes, les entomologistes Robineau-Desvoidy, Macquart, Lynch-Arribalzaga puis Williston apportent leur remaniement à la classification de ce qui deviendra la famille des *Culicidae*, créant les genres *Megharinus* (actuel *Toxorhynchites*), *Psorophora*, *Sabethes*, *Ochlerotatus*, *Taeniorhynchus* (actuel *Mansonia*), *Ianthinosoma*, *Heteronycha*, *Uranotaenia* et *Hodgesia*.

À la toute fin du 19^{ème} siècle, le monde scientifique découvrit soudainement que les moustiques transmettaient de graves maladies telles que le paludisme (1880), les filarioses (1899) et la fièvre jaune (1900). Cette découverte provoqua la prospection intense de moustiques dans le monde entier, enrichissant les musées d'un abondant matériel et permettant une étude plus poussée de la taxonomie de ce groupe. Travaillant au British Museum de Londres, Frederick Vincent Theobald, dans son ouvrage en 6 volumes, « A Monograph of the *Culicidae* of the world » paru de 1901 à 1910, créa de nombreux genres pour déboucher sur une classification de la famille quelque peu rigide toutefois et comprenant 6 sous familles. Frederick Wallace Edwards, en 1932, inclut au rang de sous famille les Dixines et Chaoborines dans la famille des *Culicidae*, les moustiques formant la sous famille des *Culicinae* divisée en 3 tribus : Anophelini, Toxorhynchitini et Culicini, ces derniers divisés en 5 groupes : *Sabethes*, *Uranotaenia*, *Theobaldia* (actuel *Culiseta*), *Aedes* et *Culex*. Stone, en 1957, supprima les *Dixinae* et *Chaoborinae* des *Culicidae* et en 1959, Knight, Stone et Starke, dans leur ouvrage « A synoptic Catalog of the Mosquitoes of the World (Diptera, *Culicidae*) » reconnaissent 3 sous familles : *Anophelinae*, *Toxorhynchitinae* et *Culicinae*, ceux-ci divisés en 2 tribus : les **Culicini** et **Sabethini**. Belkin en 1962 réintègre *Chaoborinae* et *Dixinae* mais subdivise les *Culicinae* en 10 tribus. Knight et Stone, pour la réédition de leur catalogue en 1977, adoptent dans son ensemble la classification de Belkin en excluant toutefois *Chaoboridae* et *Dixidae*. (Wikipedia 2008)

Durant ces dernières décennies, le nombre d'espèces et de sous genres a considérablement augmenté, avec des remaniements taxonomiques à divers niveaux. Ainsi, Reinert, (2000) divisa, sur la base des génitalia mâles et femelles, le prolifique genre *Aedes* en 2 genres : *Aedes* conservant 23 sous genres et le genre *Ochlerotatus* (anciennement sous genre du genre *Aedes*) captant 21 sous genres. Dernièrement, Reinert et al (2004) proposèrent de diviser la tribu des Aedini en 63 genres au lieu de 12 mais ils furent peu suivis.

En 1959, 2 462 espèces de moustiques étaient décrites et validées de par le monde, 3 209 espèces en 1992 pour un total actuel dépassant les 3 500 espèces réparties en 44 genres et 145 sous genres (Harbach, 2007). La classification phylogénétique est toujours non totalement définie. Si certaines tribus sont monophylétiques (Aedini, Culicini et Sabethini) la phylogénie de la plupart des tribus reste incertaine (Harbach & Kitching, 1998 ; Harbach, 2007).

Liste des sous familles, Tribus, genres et sous genres

Liste des sous-familles, tribus, genres et sous-genres

D'après (Harbach, 2010)

- **sous-famille Anophelinae**
 - genre *Anopheles* Meigen, 1818 (7 sous-genres, 486 espèces : régions néotropicale, afrotropicale, asiatique)
 - sous-genre *Anopheles* Meigen, 1818 (188 espèces : région afrotropicale)
 - sous-genre *Cellia* Theobald, 1902 (216 espèces : Ancien Monde)
 - sous-genre *Kerteszia* Theobald, 1905 (12 espèces : région néotropicale)
 - sous-genre *Lophodomyia* Antunes, 1937 (6 espèces : région néotropicale)
 - sous-genre *Nyssorhynchus* Blanchard (28 espèces : région néotropicale)
 - sous-genre *Stethomyia* Theobald (région néotropicale)
 - genre *Bironella* Theobald, 1905 (3 sous-genres, 8 espèces : région australasienne)
 - sous-genre *Bironella* Theobald, 1905 (2 espèces)
 - sous-genre *Brugella* Edwards, 1930 (3 espèces)
 - sous-genre *Neobironella* (3 espèces)
 - genre *Chagasia* Cruz, 1906 (4 espèces : région néotropicale)

- **sous-famille Culicinae** Meigen, 1818 (39 genres)

Du fait de leur abondance, les sous-genres ne sont pas cités pour cette sous-famille. Se reporter à la page de chaque genre.

- Tribu Toxorhynchitini
 - genre *Toxorhynchites* Theobald, 1901 (4 sous-genres, 91 espèces)
 - sous-genre *Toxorhynchites* (56 espèces et sous espèces: présent sur l'Ancien Monde)
 - sous-genre *Afrorhynchus* (20 espèces : uniquement présent en région afrotropicale)
 - sous-genre *Ankylorhynchus* (4 espèces : Nouveau Monde)
 - sous-genre *Lynchiella* (16 espèces : Nouveau Monde)
- Tribu Aedeomyiini
 - *Aedeomyia* Theobald, 1901 (2 sous-genres, 6 espèces : régions afrotropicale, néotropicale, orientale et australasienne)
- Tribu Aedini Neveu-Lemaire, 1902
 - *Aedes* Meigen, 1818 (263 espèces, 23 sous-genres : cosmopolite)
 - *Armigeres* Theobald, 1901 (2 sous-genres, 58 espèces : région orientale, australasienne)
 - *Ayurakitia* Thurman, 1954 (2 espèces : région asiatique (Thaïlande))
 - *Borichinda* Harbach & Rattanarithikul, 2007 (1 espèce : région orientale)
 - *Eretmapodites* Theobald, 1901 (48 espèces : région afrotropicale exclusivement)
 - *Haemagogus* Williston, 1896 (2 sous-genres, 28 espèces : région néotropicale principalement)
 - *Heizmannia* Ludlow 1905 (2 sous-genres, 39 espèces : région orientale)
 - *Ochlerotatus* Lynch Arribalzaga, 1891 (22 sous-genres, 550 espèces : cosmopolite)
 - *Opifex* Hutton, 1902 (2 espèces : Nouvelle-Zélande)
 - *Psorophora* Robineau-Desvoidy, 1827 (3 sous-genres, 48 espèces : Nouveau Monde)

- *Udaya* Thurman, 1954 (3 espèces : région orientale)
- *Verrallina* Theobald, 1903 (3 sous-genres, 95 espèces : région australasienne, orientale essentiellement)
- *Zeugnomysia* Leicester, 1908 (4 espèces : région orientale)
- Tribu Culicini Meigen, 1818
 - *Culex* Linnaeus, 1758 (23 sous-genres, 763 espèces : cosmopolite)
 - *Deinocerites* Theobald, 1901 (18 espèces : Nouveau Monde)
 - *Galindomyia* Stone & Barreto, 1969 (1 espèce : région néotropicale (Colombie))
 - *Lutzia* Theobald, 1903 (3 sous-genres, 7 espèces : cosmopolite, initialement sous-genre du genre *Culex*, ressuscité par Tanaka (2003) au rang de genre)
- Tribu Culisetini
 - *Culiseta* Felt, 1904 (37 espèces : région néarctique, ancien monde)
- Tribu Ficalbiini
 - *Ficalbia* Theobald, 1903 (8 espèces : régions afrotropicale (4 spp.), orientale (3 spp.), australasienne)
 - *Mimomyia* Theobald, 1903 Theobald (3 sous-genres, 42 espèces : régions afrotropicale, orientale, australasienne)
- Tribu Hodgesiini
 - *Hodgesia* Theobald, 1904 (11 espèces : régions afrotropicale, orientale, australasienne)
- Tribu Mansoniini
 - *Coquillettidia* Dyar, 1905 (66 espèces : région afrotropicale, néotropicale, australasienne)
 - *Mansonia* Blanchard, 1901 (24 espèces : région afrotropicale, Ancien Monde)
- Tribu Orthopodomyiini
 - *Orthopodomyia* Theobald, 1904 (38 espèces : cosmopolite, pas d'importance médicale - ne piquent pas l'homme-)
- Tribu Uranotaeniini

- *Uranotaenia* Lynch Arribalzaga, 1891 (2 sous-genres, 266 espèces : région afrotropicale, orientale, asiatique)
- Tribu Sabethini
 - *Isostomyia* Coquillett, 1906 (4 espèces : région néotropicale)
 - *Johnbelkinia* Zavortink, 1979 (3 espèces : région néotropicale)
 - *Limatus* Theobald, 1901 (8 espèces : région néotropicale)
 - *Malaya* Leicester, 1908 (12 espèces : régions afrotropicale, orientale, australasienne, ex genre « *Harpagomyia* »)
 - *Maorigoeldia* Edwards (une espèce : Nouvelle Zélande)
 - *Onirion* Harbach & Peyton, 2000 (7 espèces : région néotropicale, issu du genre *Wyeomyia* Theobald)
 - *Runchomyia* Theobald (7 espèces : région néotropicale)
 - *Sabethes* Robineau-Desvoidy, 1827(5 sous-genres, 38 espèces : région néotropicale)
 - *Shannoniana* Lane & Cerqueira (3 espèces : région néotropicale)
 - *Topomyia* Leicester, 1908 (2 sous-genres, 58 espèces : région orientale, australasienne)
 - *Trichoprosopon* Theobald, 1901 (13 espèces : région néotropicale)
 - *Tripteroïdes* Giles, 1904 (5 sous-genres, 122 espèces : régions orientale, australasienne)
 - *Wyeomyia* Theobald (15 sous-genres, 140 espèces : région néotropicale principalement, Nouveau Monde)

2.2.2. Classification taxonomique des culicidés d'Afrique méditerranéenne

Tableau 1 : Classification taxonomique des culicidés d'Afrique méditerranéenne

Famille	CULICIDAE						
Ss-famille	Anophelinae	Culicinae					
Tribu		Aedini	Culicini	Culisetini	Mansoniini	Uranotaeniini	Orthopodomyiini
Genre	Anopheles	Aedes	Culex	Culiseta	Coquilletidia	Uranotaenia	Orthopodomyia
<i>Ss-genre</i>	<i>Anopheles</i>	<i>Aedimorphus</i>	<i>Barraudius</i>	<i>Allotheobaldia</i>	<i>Coquilletidia</i>	<i>Uranotaenia</i>	<i>Orthopodomyia</i>
<i>Espèce</i>	<i>An. algeriensis</i> <i>An. claviger</i> <i>An. hyrcanus</i> <i>An. labranchiae</i> <i>An. marteri</i> <i>An. petragrani</i> <i>An. plumbeus</i> <i>An. tenebrosus</i> <i>An. ziemanni</i> <i>Cellia</i> <i>An. cinereus</i> <i>An. dthali</i> <i>An. gambiae s.l</i> <i>An. multicolor</i> <i>An. pharoensis</i> <i>An. rhodesiensis</i> <i>rupicola</i> <i>An. rufipes</i> <i>broussesi</i> <i>An. sergentii</i> <i>sergentii</i> <i>An. stephensi</i> <i>An. superpictus</i> <i>An. turkhudi</i>	<i>Ae. vexans</i> <i>Ae. vittatus</i> <i>Finlaya</i> <i>Ae. echinus</i> <i>Ae. geniculatus</i> <i>Ochlerrotatus</i> <i>Ae. albineus</i> <i>Ae. berlandi</i> <i>Ae. biskraensis</i> <i>Ae. caspius</i> <i>Ae. coluzzii</i> <i>Ae. detritus</i> <i>Ae. dorsalis</i> <i>Ae. dzeta</i> <i>Ae. mariae</i> <i>Ae. flavescens</i> <i>Ae. pulcritarsis</i> <i>Ae. pullatus</i> <i>Ae. punctor</i> <i>Ae.</i> <i>quasirusticus</i> <i>Ae. zammitii</i> <i>Stegomyia</i> <i>Ae aegypti</i>	<i>Cx. modestus</i> <i>Cx. pusillus</i> <i>Culex</i> <i>Cx. antennatus</i> <i>Cx. brumpti</i> <i>Cx. duttoni</i> <i>Cx. laticinctus</i> <i>Cx. mimeticus</i> <i>Cx. perexiguus</i> <i>Cx. pipiens</i> <i>Cx. poicilipes</i> <i>Cx.</i> <i>quinquefasciatus</i> <i>Cx. simpsoni</i> <i>Cx. sinaiticus</i> <i>Cx. theileri</i> <i>Cx.</i> <i>tritaeniorhynchus</i> <i>Lasiosiphon</i> <i>Cx. adairi</i> <i>Maillotia</i> <i>Cx. arbieeni</i> <i>Cx. hortensis</i> <i>Neoculex</i> <i>Cx. destricola</i> <i>Cx. impudicus</i> <i>Cx. martinii</i> <i>Cx. territans</i>	<i>Cs. longiareolata</i> <i>Culicella</i> <i>Cs. fumipennis</i> <i>Cs. litorea</i> <i>Cs. morsitans</i> <i>Culiseta</i> <i>Cs. annulata</i> <i>Cs. subochrea</i>	<i>Cq. buxtoni</i> <i>Cq. richardii</i>	<i>Ur. balfouri</i> <i>Ur.</i> <i>unguiculata</i>	<i>Or. pucripalpis</i>
					<p>Super-règne : Eucaryotes;</p> <p>Règne : Métazoaires;</p> <p>Phylum : Arthropodes;</p> <p>Superclasse : Hexapodes;</p> <p>Classe : Insectes</p> <p>Sous-classe : Neopteres</p> <p>Infraclasse : Endopterygotes</p>		

2.3. Bioécologie des moustiques

2.3.1. Cycle de développement

Beaucoup d'espèces de moustiques ont une activité très rythmée, saisonnière et nyctémérale. L'accouplement a lieu peu de temps après l'émergence des adultes, chaque femelle étant fécondée une seule fois pour toute sa vie.

Avant l'accouplement, les mâles forment un essaim, peu après le coucher du soleil, à quelques mètres du sol. Ce phénomène est observable en Afrique pour *An. gambiae* et *An. funestus* et il est probable qu'il existe également chez d'autres espèces.

Le repas de sang est alors indispensable à la ponte pour les espèces hématophages. Toutefois, les femelles peuvent parfaitement se gorger d'eau sucrée et de nectar et vivre longtemps, mais alors elles constituent des réserves adipeuses au lieu de pondre. Quarante-huit heures après la prise du repas de sang, les femelles fécondées déposent leurs œufs, selon les espèces : à la surface d'eaux stagnantes (mare, étang) ou courantes (torrent, bord de rivière), dans des réceptacles naturels (flaque, trou de rocher, aisselles de feuilles, trou d'arbres...) ou artificiels (pneu, gouttière, pot de fleurs, carcasse de voiture...) ou sur des terres inondables (marécage, rizière...). Ces œufs sont pondus soit isolément (*Toxorhynchites*, *Aedes*, *Anopheles*), soit en amas (*Culex*, *Culiseta*, *Coquillettidia*, *Uranotaenia*) ou bien fixés à un support végétal immergé (*Mansonia*). La fécondité totale d'une femelle varie selon les espèces de 800 à 2 500 œufs.

Ces œufs se développent en un à deux jours et éclosent, donnant naissance à des larves aquatiques de premier stade qui possèdent (à l'exception des *Anopheles*) au bout de l'abdomen un siphon respiratoire qui émerge à la surface de l'eau. Chez certains genres (*Aedes*, *Haemagogus*, *Psorophora*), les œufs sont résistants à la dessiccation, dans l'attente de la remise en eau de leur gîte de ponte.

Les gîtes larvaires sont très diversifiés selon les genres et les espèces et comprennent les eaux courantes (torrent de montagne, rivière) ou stagnantes (étang, mare, rizière, marécage, bord de rivière, fossé, flaque), ensoleillées ou ombragées (en forêt), de grande dimension (lac, fleuve) ou de petite taille (feuille morte), à forte teneur en sels minéraux (eau de mer ou eau saumâtre) ou chargées de matières organiques, les gîtes naturels de type phytothelmes (aisselle de feuille, bambou fendu, trou d'arbre, urne de plante carnivore) ou

autres (trou de crabe, coquille d'escargot, trou de rocher) ou artificiels (citerne, latrine, rejet d'égout, abreuvoir, pneu, carcasse de voiture, boîte de conserve, pot de fleur...).

Les larves s'alimentent et se maintiennent au repos sous la surface de l'eau, respirant par leurs spiracles qui affleurent à la surface et se situent soit au niveau du 8e segment abdominal pour les *Anopheles* (qui doivent donc pour respirer se maintenir parallèle à la surface de l'eau), soit à l'extrémité du siphon respiratoire pour les Toxorhynchitinae et les Culicinae (qui doivent donc maintenir leur corps oblique par rapport à la surface pour respirer). Enfin, certains genres de Culicinae ont leurs larves immergées, respirant par l'intermédiaire de la tige d'un végétal dans lequel elle insère son siphon (*Coquillettidia*, *Mansonia*, quelques espèces du genre *Mymomyia*).

Les larves passent par quatre stades de développement et se métamorphosent en une nymphe.

La nymphe est aquatique et respire l'air atmosphérique au moyen de ces deux trompettes respiratoires. L'extrémité abdominale de la nymphe est aplatie en palettes ou nageoires. Ce stade ne se nourrit pas et est un stade de transition vers l'adulte durant lequel il subit de profonds remaniements physiologiques et morphologiques

De la nymphe émergera au bout de deux à cinq jours l'adulte volant.

La plupart des espèces ont une activité nocturne (genre *Culex*, *Anopheles*, *Mansonia*) ou bien essentiellement diurne (*Toxorhynchites*, *Tripteroïdes*) à crépusculaire (genre *Aedes*). En région afrotropicale, la majorité des moustiques se nourrissent la nuit ou au crépuscule, au moins en zone de savanes et à basse altitude ; en montagne, où il fait très froid la nuit, et en forêt dense, où règne en permanence une mi-obscurité, un certain nombre d'espèces ailleurs nocturnes ou crépusculaires attaquent couramment de jour. Chaque espèce de moustique semble posséder, dans des conditions climatologiques déterminées, un cycle d'activité qui lui est propre. Chez le genre *Anopheles*, la durée du stade larvaire est d'environ sept jours (si les conditions extérieures sont favorables : qualité de l'eau, température et nourriture essentiellement). Les adultes vivent selon les conditions et les espèces de 15 à 30 jours.

Dans les zones tempérées, à l'arrivée de l'hiver, certains moustiques cherchent un endroit pour hiverner, et s'ils n'en trouvent pas (ce qui arrive fréquemment), ils meurent, laissant leurs larves perpétuer seules l'espèce à l'arrivée du printemps (PETERSON, E. L.,

1980). En état de diapause (hibernation), l'espérance de vie d'un moustique peut atteindre plusieurs mois (selon l'espèce). (Wikipedia 2010)

2.3.2. Morphologie des divers stades de développement

Stade adulte

Au stade adulte, leur taille varie selon les genres et espèces de 3 à 40 mm mais elle ne dépasse que très rarement les 10 mm, à l'exception des moustiques de la tribu des Toxorhynchitini.

Les moustiques au stade adulte possèdent, comme tous les Diptères, une seule paire d'ailes membraneuses, longues et étroites, repliées horizontalement au repos. Cependant, les ailes des Culicidae sont particulières en ce qu'elles sont pourvues d'écailles le long de ses nervures. La deuxième paire d'ailes est réduite à une paire de balanciers.

Les Culicidae possèdent un corps mince et des pattes longues et fines. Ils se reconnaissent facilement par la présence d'écailles sur la majeure partie de leur corps.

Au niveau de la tête, ils se différencient des autres familles de Diptères Brachycères (exemple les mouches) par des antennes longues et fines à nombreux articles, dépourvues de style ou d'arista. Les femelles se distinguent facilement des mâles qui sont les seuls à présenter des antennes plumeuses. Les femelles possèdent de plus de longues pièces buccales caractéristiques de type piqueur-suceur : la trompe, également appelée rostre ou proboscis, qui inflige la douloureuse piqûre si redoutée. Signalons que la tête des Culicidae est dépourvue d'ocelles.

Le thorax des moustiques présente un segment médian hypertrophié renfermant les muscles des ailes. Ce segment porte les ailes longues et étroites pourvues d'écailles qui peuvent être rares ou abondantes, larges ou étroites, claires ou sombres. La répartition des soies et des écailles sur le thorax revêt une grande importance dans la détermination des différents genres et espèces de Culicini. Citons : les soies acrosticales (sur le « dos » du thorax), les soies pré ou postspiraculaires (avant ou après le spiracle), les soies mésépimérales inférieures et supérieures.

L'abdomen des moustiques est formé de dix segments dont les deux derniers sont télescopés à l'intérieur du 8ème segment : ils sont modifiés en organes reproducteurs. Les premiers

segments forment des anneaux emboîtés les uns dans les autres et réunis par une membrane flexible. La partie dorsale (tergite) et la partie ventrale (sternite) de chaque anneau sont réunies latéralement par des membranes souples qui permettent à l'abdomen de se dilater lors du repas de sang. Cette capacité assure également la respiration du moustique par les mouvements de dilatation et de contraction de grande amplitude de l'abdomen, permettant la circulation de l'air au niveau de ses spiracles. Chez les mâles, les 9ème et 10ème segments qui forment les génitalia ont une structure d'une assez grande variété. Leurs caractères morphologiques sont très utilisés pour la détermination de l'espèce. (Wikipedia 2010)

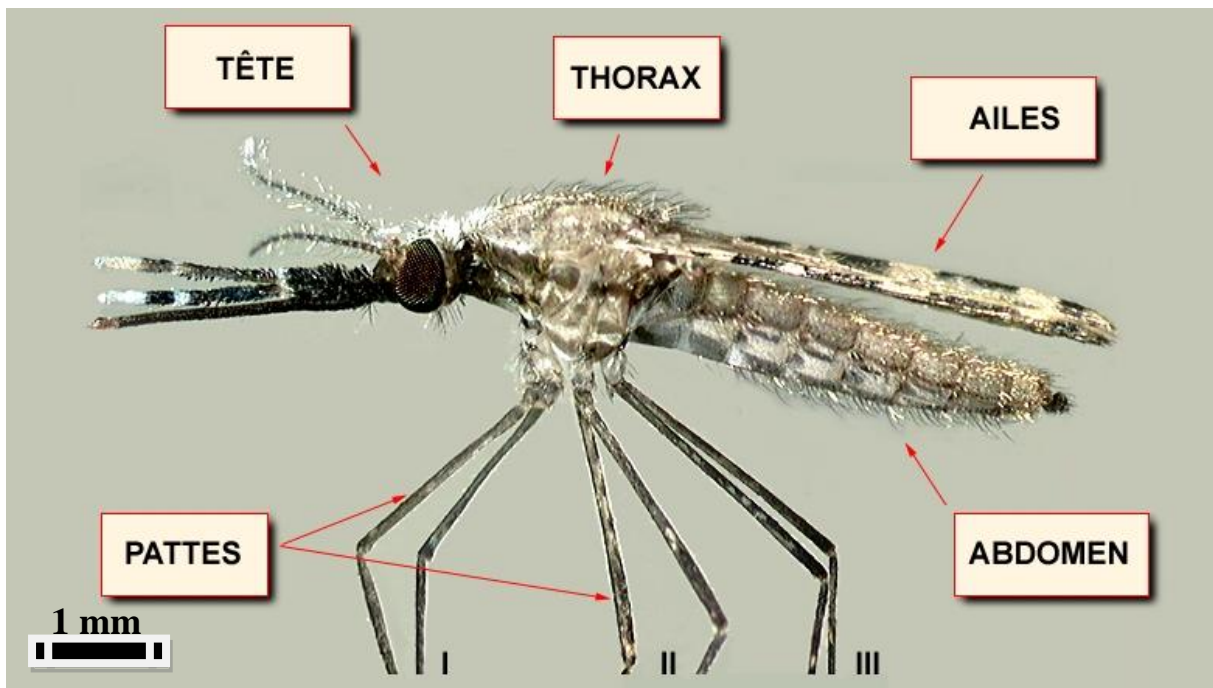


Figure 17 : Morphologie d'un Culicidé adulte (Source : BRUNHES J. 1999)

Stade larvaire

Ce stade est aquatique. Les larves de Culicidae se différencient des autres insectes aquatiques par l'absence de pattes. Ces larves sont clairement constituées de trois parties :

- une tête pourvue d'une paire d'antennes, d'une paire de mandibules armées de dents sur leur bord distal et qui forment avec le mentum l'appareil masticateur, l'ensemble flanqué d'une paire de brosses buccales qui entraînent les aliments vers cet appareil ;
- un thorax plus large que la tête ;
- un abdomen pourvu au niveau du huitième segment d'un siphon respiratoire pour deux des trois sous-familles : Toxorhynchitinae et Culicinae. Les espèces de la sous-famille

des Anophelinae en sont dépourvues, respirant directement à partir de papilles anales postérieures.

Stade nymphal

La nymphe, également appelée puppe, présente un céphalothorax fortement renflé avec deux trompettes respiratoires. L'extrémité abdominale est aplatie en palettes ou nageoires. Au niveau du céphalothorax se distinguent les ébauches de divers organes : yeux, proboscis, pattes, ailes. La nymphe, également aquatique, ne se nourrit pas mais, durant ce stade (soit 1 à 5 jours), le moustique subit de profondes transformations morphologiques et physiologiques préparant le stade adulte. (Wikipedia 2008).

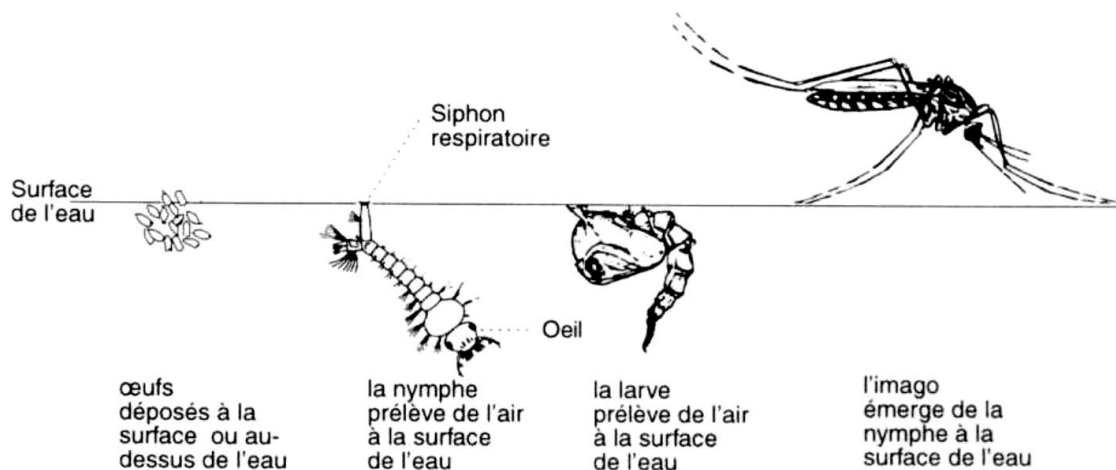


Figure 18 : Cycle de développement du moustique (source : OMS 2008)

2.3.3. Alimentation

Les **adultes** mâles et femelles se nourrissent de nectar de fleurs, et participent ainsi à la pollinisation des plantes, au même titre que les papillons, par exemple.

De plus, les femelles (à l'exception des espèces du genre *Toxorhynchites*), afin d'assurer le développement de leurs œufs, ont recours à des repas de sang sur des vertébrés divers à sang chaud (oiseaux, mammifères dont l'homme) ou à sang froid comme les batraciens (grenouille, crapaud), les reptiles (serpent, tortue) ou d'autres insectes (larves de Lépidoptères, nymphe de cicadelle, mantes). Traversant la peau jusqu'à un vaisseau, elle effectue une prise de sang. Chaque espèce a sa propre spécificité plus ou moins affirmée dans le choix de l'hôte pour ce repas de sang. On parle de moustique anthropophile s'il pique préférentiellement l'homme ou zoophile s'il pique préférentiellement les animaux dont les mammophiles, les ornithophiles et autres...

Les **larves** de moustiques ont pour la plupart une alimentation constituée de phytoplancton, de bactérioplancton, d'algues microscopiques et de particules de matière organique en suspension dans l'eau du gîte. La larve s'alimente grâce aux battements de ses soies buccales qui créent un courant suffisant pour aspirer les aliments.

D'autres espèces sont prédatrices au stade larvaire, se nourrissant essentiellement de larves de Culicidae divers. Ce type de comportement alimentaire est assez rare parmi les Culicidae, ne se rencontrant que pour l'ensemble des espèces des genres *Toxorhynchites*, *Psorophora* et *Lutzia*, chez les *Aedes* du sous genre *Mucidus*, les *Tripteroides* du sous genre *Rachisoura* et chez des espèces des genres *Sabethes*, *Eretmapodites* et *Culiseta*. (Wikipedia 2008)

2.3.4. Bio-indicateur

Une distinction essentielle concerne la manière dont pondent les différentes espèces. Certaines (genre *Aedes*) pondent leurs œufs sur des zones humides temporaires, donc dans des secteurs susceptibles de se mettre en eau et de s'assécher au gré des conditions climatiques. Leurs œufs peuvent survivre à la dessiccation. D'autres espèces (genres *Culex* ou *Anopheles*) pondent leurs œufs à la surface des eaux stagnantes.

Pour les *Aedes*, la prolifération en très grand nombre est due à des événements climatiques importants (fortes précipitations après une longue période de sécheresse). Il y a alors apparition concomitante d'une très grande quantité de larves aquatiques, due à la submersion d'une grande quantité d'œufs. Quelques jours plus tard, les adultes (imago) vont apparaître.

Ceci est un phénomène naturel qui n'a rien à voir avec une action anthropique. Dans ce cas, le moustique ne peut être considéré que comme un bio-indicateur. De même, pour les autres espèces appartenant aux genres précités, même si parfois leur nombre augmente avec la teneur en matière organique, il est toujours délicat de les utiliser comme bio-indicateurs. C'est pour cela qu'ils ne figurent jamais dans les différents indices biotiques existants (IBGN par exemple) établis pour les rivières, peu colonisées par les moustiques. (Wikipedia 2008)

2.3.5. Nuisance

La femelle adulte, pour sa reproduction, pique les vertébrés pour prélever leur sang contenant des protéines nécessaires à la fabrication des œufs.

Tout comme la tique, le moustique repère sa cible grâce à son odorat : celui-ci leur révèle la présence de dioxyde de carbone et celle d'acides gras comme l'acide butyrique, aux relents ammoniaqués, émis par la respiration de la peau (c'est ce facteur qui fait que certaines personnes sont plus souvent piquées que d'autres). Des scientifiques américains ont identifié plus de 340 odeurs émises par la peau humaine susceptibles d'attirer les moustiques.

Pendant la piqûre, la femelle injecte de la salive anticoagulante qui chez l'Homme provoque une réaction inflammatoire plus ou moins importante selon les individus : c'est la formation d'un « bouton » qui démange.

Les différentes espèces de moustiques ne s'attaquent pas aux mêmes cibles. Ainsi, *Culex hortensis*, *Culex impudicus* piquent de préférence les batraciens, *Cusileta longiareolata* les oiseaux alors qu'*Aedes caspius* et *Culex pipiens* préfèrent l'homme. (Wikipedia 2008)

2.4. Intérêt médical et rôle vectoriel

Les Culicidae constituent le tout premier groupe d'insectes d'intérêt médical. Les moustiques sont vecteurs de 3 groupes d'agents pathogènes pour l'homme : Plasmodium, filaires des genres Wuchereria et Brugia ainsi que de nombreux arbovirus. Plus de 150 espèces de Culicidae relevant de 14 genres ont été observé porteuses de virus impliqués dans des maladies humaines (Mattingly, 1971). C'est par sa trompe qui lui sert à piquer que le moustique transmet les pathogènes à l'homme ou aux animaux.

La trompe (proboscis) de la femelle est composée par des pièces buccales vulnérantes ou stylets (maxilles, labre, hypopharynx) qui sont enveloppées par le labium souple qui se replie au moment de la piqûre.

Le moustique enfonce les stylets dans l'épiderme jusqu'à un capillaire sanguin grâce aux maxilles qui perforent la peau et qui permettent à la trompe de se maintenir en place lors du prélèvement sanguin.

Les stylets délimitent 2 canaux : l'un, formé par l'hypopharynx, par lequel est injecté une salive anesthésiante et anticoagulante, l'autre, au niveau du labre, par lequel est aspiré le sang qui, s'il est infecté, contamine le moustique. La quantité de sang prélevée varie de 4 à 10 µl en 1 à 2 minutes.

Mêlé au sang aspiré, le parasite pathogène -excepté les filaires- (Plasmodium spp. responsables du paludisme, le virus de la dengue, de la fièvre jaune, le virus du Nil occidental ou le virus du chikungunya...) parvient dans l'estomac du moustique, puis franchit la paroi stomacale. Une fois multiplié, il se retrouve dans les glandes salivaires du moustique qui l'inocule à son hôte lors de la piqûre, par la salive infectée, via l'hypopharynx.

Les genres Aedes, Culex, Eretmapodites, Mansonia et Anopheles contiennent la majorité des espèces qui s'attaquent à l'homme.

2.4.1. Paludisme

Le **paludisme** (du latin palus, paludis, marais), appelé aussi **malaria** (de l'italien mal'aria, mauvais air), est une parasitose due à un protozoaire transmis par la piqûre d'un moustique femelle, l'**anophèle**, provoquant des fièvres intermittentes. Avec 300 à 500 millions de malades et 1,5 à 2,7 millions de décès par an, le paludisme demeure la parasitose tropicale la plus importante. 80 % des cas sont enregistrés en Afrique subsaharienne, où ils concernent majoritairement les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes (OMS, 2005).

La cause de la maladie a été découverte le 6 novembre 1880 à l'hôpital militaire de Constantine (Algérie) par un médecin de l'armée française, Alphonse Laveran, qui reçut le prix Nobel de médecine et de physiologie en 1907. C'est en 1897 que le médecin anglais Ronald Ross (prix Nobel 1902) prouva que les moustiques (Anopheles) étaient les vecteurs de la malaria. Auparavant, c'était le mauvais air (male aria en italien) émanant des marécages qui était incriminé. Palud (zone de marécages en France) est à l'origine du terme "paludisme".

Les parasites Plasmodium (surtout *P. falciparum* (anciennement dénommé *praecox*), *P. vivax*, plus rarement *P. ovale* et *P. malariae*) sont transmis par la piqûre de la femelle d'un moustique appelé anophèle (genre Anopheles). Le parasite sévit à l'état endémique, infecte les cellules hépatiques de la victime puis circule dans le sang, en colonisant les hématies (globules rouges) et en les détruisant.

Le vecteur du parasite ainsi que son hôte primaire et définitif est la femelle du moustique du genre Anophèle. Les jeunes moustiques ingèrent le parasite en se nourrissant sur un sujet humain infecté ; le moustique infecté transporte ensuite les sporozoïtes Plasmodium dans leurs glandes salivaires. Une fois déglutis, les gamétocytes du parasite passent dans le sang et se différencient en gamètes mâles et femelles et se conjuguent dans l'intestin du moustique. Ceci produit un ookinète qui pénètre la paroi intestinale et produit un oocyste sur la face externe du gastre. Quand l'oocyste rompt, il relâche des sporozoïtes qui migrent dans le corps du moustique jusqu'aux glandes salivaires, où ils peuvent infecter un nouvel hôte humain. Les sporozoïtes sont injectés dans la peau, avec la salive, lors d'un nouveau repas de sang.

Seules les moustiques femelles se nourrissent de sang : les mâles ne transmettent pas la maladie. Les femelles anophèles se nourrissent de préférence la nuit, et commencent à

chercher leur repas au crépuscule, en continuant pendant la nuit jusqu'à ce qu'elles aient trouvé leur repas.

Les parasites peuvent aussi être transmis par transfusion sanguine, bien que ce moyen de transmission soit assez rare

2.4.2. Leishmaniose

Les **leishmanioses** sont des affections cutanées ou viscérales dues à des protozoaires flagellés appartenant au genre *Leishmania* de la famille des Trypanosomidae et transmises par la piqûre de certaines espèces de phlébotomes, comprenant les mouches du genre **Lutzomyia** dans le nouveau monde et phlébotome dans l'ancien monde.

La maladie a été identifiée en 1901 par l'anatomopathologiste écossais William Boog Leishman.

Elle est également connue sous le nom de leishmaniose, leishmaniose et était autrefois nommée **bouton** d'Orient, Clou de Biskra , Bouton d'Alep, kala azar , fièvre noire , fièvre à phlébotome , fièvre Dum-Dum ou espundia .

La plupart des formes de la maladie sont transmissibles seulement aux animaux (zoonose), mais certaines peuvent être transmises aux humains. L'infection humaine est provoquée par environ 21 des 30 espèces qui infectent les mammifères. Parmi celles-ci on regroupe le complexe de *L. donovani* avec trois espèces (*L. donovani*, *L. infantum* et *L. chagasi*) ; le complexe de *L. mexicana* avec 3 espèces principales (*L. mexicana*, *L. amazonensis* et *L. venezuelensis*) ; *L. tropica* ; *L. major* ; *L. aethiopica* ; et le sous-genre *Viannia* avec quatre espèces principales (*L. (V.) braziliensis*, *L. (V.) guyanensis*, *L. (V.) panamensis*, *L. (V.) peruviana*). Les différentes espèces sont morphologiquement impossibles à distinguer, mais elles peuvent être différenciées par analyse des isoenzymes, analyse des séquences ADN, ou anticorps monoclonaux.

La leishmaniose viscérale est une forme sévère dans laquelle les parasites ont migré dans les organes vitaux.

Cycle parasitaire : La leishmaniose est transmise par la piqûre des phlébotomes femelles. Les phlébotomes injectent la larve au stade infectieux, de **promastigotes métacycliques**,

pendant le **repas de sang**. Les **promastigotes métacycliques** qui atteignent la plaie de piqûre sont phagocytées par les **macrophages** et se transforment en **amastigotes**. Les **amastigotes** se multiplient dans les cellules infectées et atteignent différents tissus, suivant (du moins en partie) l'espèce de *Leishmania* qui est impliquée. Ces spécificités d'atteinte tissulaires différentes sont la cause des manifestations cliniques qui diffèrent dans les diverses formes de leishmaniose. Les phlébotomes s'infectent pendant les repas de sang sur un hôte infecté quand ils ingèrent des macrophages porteurs d'amastigotes. Dans l'intestin du phlébotome, les parasites se différencient en **promastigotes**, qui se multiplient et se différencient en **promastigotes métacycliques** et migrent dans la **trompe** du phlébotome. (Lindgren E., Naucke T. 2006).

2.4.3. Filarioses lymphatiques

Plus de 40 espèces de Culicidae, relevant de 4 genres, sont impliquées dans la transmission des filarioses lymphatiques. Ce sont des infections parasitaires engendrées par trois espèces de filaires : *Wuchereria bancrofti*, la plus fréquente est sa variété *pacifica*, *Brugia malayi* et *Brugia timori*.

La **filariose de Bancroft** à *Wuchereria bancrofti* sévit dans toute la zone intertropicale (Caraïbes, Amérique latine, Afrique, Inde, Asie du Sud-Est et les îles du Pacifique). La variété *pacifica* sévit en Océanie.

La **filariose de Malaisie** (ou filariose lymphatique orientale) due à *Brugia malayi*, est exclusivement asiatique (Asie du Sud-Est, Inde, Sri Lanka, Corée et Chine). *Brugia timori* ou filaire de Timor sévit dans les îles du Sud-Est de l'Indonésie (Timor).

Des moustiques des genres *Culex* (en particulier *Culex quinquefasciatus*), *Anopheles* et *Aedes* sont vecteurs des 2 types de filarioses.

En Afrique, *W. bancrofti* est transmis par *Cx quinquefasciatus* et, en Afrique centrale et occidentale, uniquement par des *Anopheles* : *An. funestus*, *An. Complexe gambiae*.

De plus, des espèces du genre *Mansonia* transmettent la filariose de Malaisie (*Brugia malayi*). Des espèces vivant dans des marécages ouverts (*Mansonia uniformis*, *M. annulifera*, *M. indiana*) sont vectrices de l'Inde jusqu'en Asie de l'est. Des espèces zoophiles et rurales,

Mansonia bonnea, *M. dives* et *M. uniformis* sont vectrices en Thaïlande, Malaisie et aux Philippines. Des espèces *Coquillettidia* sont signalées vectrices en Indonésie.

Wuchereria bancrofti pacifica présente dans les îles du Pacifique sud est transmise majoritairement par *Aedes (Stegomyia) polynesiensis*, *Ae. (Stegomyia) pseudoscutellaris*, *Ae. (Stegomyia) tongae*, *Ae. (Stegomyia) hebridea* ainsi que par *Ae. (Ochlerotatus) vigilax*, espèce de Mangrove très agressive envers l'homme. *Brugia timori* est transmise par *Anopheles barbirostris*.

Le cycle est indirect et fait intervenir l'homme comme hôte définitif et un moustique comme hôte intermédiaire. Les microfilaires (larve de 1er stade) sont absorbées par le moustique lors d'un repas de sang chez un hôte infesté. Dans les 12 heures, elles traversent la paroi stomacale et gagnent la musculature thoracique du moustique. Là, après 2 mues, elles se transforment en une dizaine de jours en formes infectantes. Enfin, les larves de troisième stade migrent vers le labium et sont inoculées à l'hôte lors d'un nouveau repas de sang du moustique, pénétrant activement par la blessure créée par la pique. Le parasite ne subit aucune multiplication chez le vecteur.

La forte présence de microfilaires au niveau des muscles thoraciques du Culicidae entraîne chez ce dernier une diminution de sa capacité de vol.

Les filarioses lymphatiques touchent 120 millions de personnes dans 80 pays d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie et 40 millions d'entre elles souffrent de difformités et d'invalidités graves. Près d'un tiers des porteurs de la maladie vivent en Inde, un autre tiers en Afrique, tandis que le dernier tiers se répartit entre l'Asie du Sud-Est, le Pacifique occidental et l'Amérique latine.

2.4.4. Fièvre de la vallée du Rift

La **fièvre de la vallée du rift** (RVF) est une zoonose virale (affectant principalement les animaux domestiques (bétail), mais pouvant se transmettre aux humains) en se manifestant par une fièvre. Elle est disséminée par la pique d'un moustique infecté. La maladie est propagée par le virus RVF, rattaché au genre Phlebovirus (famille des *Bunyaviridae*). La maladie a été rapportée pour la première fois chez le bétail du Kenya aux alentours de 1915, mais le virus n'a pas été isolé avant 1931. Les manifestations du RVF surviennent en Afrique

sub-saharienne mais des épisodes peuvent éclater ailleurs, rarement (mais parfois sévèrement) en Égypte - pendant les années 1977 et 78, plusieurs millions de personnes ont été infectés et des milliers sont mortes au cours d'une violente épidémie – Au Kenya en 1998, le virus a entraîné le décès de plus de 400 Kenyans. En septembre 2000 un épisode a été confirmé en Arabie saoudite et au Yémen.

Chez l'homme le virus peut se manifester sous l'apparence de plusieurs syndromes différents. Habituellement les victimes n'ont aucun symptôme ou seulement une maladie peu bruyante avec de la fièvre, des maux de tête, des myalgies et des anomalies hépatiques. Dans un petit nombre de cas (< 2%) la maladie peut évoluer vers un syndrome de fièvre hémorragique, de méningo-encéphalite (inflammation du cerveau), ou encore affecter l'œil. Les patients qui tombent malades présentent habituellement de la fièvre, un état de faiblesse généralisée, des douleurs dorsales, des vertiges, et une perte de poids au début de la maladie. En règle générale, les patients entrent en convalescence 2 à 7 jours après le début de la maladie.

Approximativement 1% des humains victimes de la maladie en meurent. Parmi le bétail le niveau de mortalité est sensiblement plus élevé. Chez les femelles gravides infectées par le RVF, le taux d'avortement est de pratiquement 100% des foetus. Une épizootie (maladie épidémique atteignant les animaux) de RVF se manifeste habituellement d'abord par une vague d'avortements inexplicables.

2.4.5. Fièvre jaune

La **fièvre jaune**, parfois appelée **vomi noir** (vomito negro) ou **peste américaine**, est une maladie virale aiguë. C'est une arbovirose zoonotique des grands singes de la forêt équatoriale et elle est transmise de singe à singe par divers moustiques du genre *Aedes*, hôtes intermédiaires et vecteurs.

L'homme traversant ces foyers sauvages d'endémie est sporadiquement piqué par les moustiques infectés et fait alors une fièvre jaune humaine dite "forme sylvatique". Revenu vers les centres habités, il joue le rôle de réservoir de virus et, piqué par le moustique commensal qu'est *Aedes aegypti*, hôte vicariant très efficace, il est à l'origine d'une fièvre jaune purement humaine et épidémique : la redoutable "forme urbaine". La fièvre jaune reste toujours une cause importante de maladies hémorragiques dans plusieurs pays africains et sud-américains, malgré l'existence d'un vaccin efficace.

La maladie est provoquée par un arbovirus de la famille Flaviviridae (qui comprend également la dengue, l'encéphalite de Saint Louis et le virus du Nil occidental). C'est un des plus petits virus à ARN que l'on ait réussi à isoler chez l'homme.

Les moustiques sont le vecteur principal de la maladie par transmission des singes à l'homme et par transmission d'homme à homme. Les moustiques impliqués sont *Aedes simpsoni*, *Aedes africanus*, et *Aedes aegypti* en Afrique, ainsi que les *Haemagogus* et *Sabethes*. Il y a une différence entre les symptômes de la maladie dans des secteurs ruraux et dans les villes. Les symptômes de la maladie dans les villes et chez les personnes d'origine étrangère sont habituellement plus sérieux. (Staples JE, Monath TP, 2008) (Delort Robert 1984) (Reed W, Carroll J, Agramonte A, 1901) (Rice CM, Lenches EM, Eddy SR et als. 1985)

2.4.6. chikungunya

Le **chikungunya** (en abrégé **chik**), est une maladie infectieuse tropicale, due à un arbovirus (*Alphavirus* de la famille des *Togaviridae*), transmise par des moustiques du genre *Aedes*. Le nom est d'origine bantoue¹ et signifie : « qui se recourbe, qui se recroqueville », à l'image des feuilles tombées des arbres qui se recourbent en séchant ; on a aussi traduit *chikungunya* en français « maladie qui brise les os » ou « maladie de l'homme courbé » car elle occasionne de très fortes douleurs articulaires associées à une raideur, ce qui donne aux patients infectés une attitude courbée très caractéristique.

La transmission du virus d'un humain malade à un moustique se fait par le sang aspiré lors de la piqûre. La contamination d'un homme sain est réalisée par la salive de moustiques qui ont été infectés quelques jours ou quelques semaines auparavant. Seules les moustiques femelles piquent.

Plusieurs espèces de moustiques sont susceptibles de transmettre le chikungunya, mais seules *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* ont été à ce jour identifiées comme vecteurs épidémiques, à cause de leur adaptation aux zones d'habitat humain. Ces mêmes espèces sont également impliquées dans la transmission d'autres arbovirus : dengue, fièvre dengue hémorragique (DHF), fièvre jaune, ... etc.

Le moustique est le vecteur de transmission locale du chikungunya. Quelques cas de contaminations sanguines existent toutefois dans la littérature médicale. Ils sont

extrêmement rares et concernent du personnel soignant qui s'est involontairement inoculé le virus.

Cycle du virus : Comme chez toutes les espèces de moustiques, seule la femelle est hématophage (c'est à dire qu'elle doit se nourrir de sang pour assurer le développement de ses ovaires et de ses œufs) et donc capable de transmettre le chikungunya. La trompe de la femelle est munie de 2 tuyaux parallèles : l'un pour injecter la salive et le virus, l'autre pour pomper le sang après l'anesthésie locale par la salive. Les mâles étant des suceurs de sève d'herbacées ou de nectars de fruit, ils sont donc démunis de pièces buccales capables de transpercer la peau des vertébrés. Cette capacité « vectorielle » de la femelle *Aedes* s'explique par une faculté à dupliquer le virus (et non pas la quantité de sang absorbé, bien insuffisante). Et contrairement aux idées reçues, ce n'est pas en absorbant le sang mais juste avant, en injectant un peu de salive anticoagulante dans un vaisseau sanguin de sa victime, que le moustique infecte l'hôte. Un moustique s'infecte en effet en piquant (à proprement parler, il convient de parler de morsure et non de piqûres de moustiques) un humain ou un animal contaminé. Le sang traverse ensuite la frontière stomacale de l'animal pour passer dans ses glandes salivaires. La femelle devenue infectante le reste toute sa vie, soit environ un mois si elle ne croise pas sur son chemin l'humain muni de vaporisateur. Or, elle pique et pond tous les quatre jours environ. Sept à huit transmissions du virus par le moustique sont donc possibles avec contamination d'autant de personnes. Une femelle *Aedes* pond environ 300 œufs au cours de son existence. Les œufs peuvent persister plusieurs mois dans la nature en cas de conditions défavorables (sécheresse, avant de se transformer en larves puis en nymphes dès la mise en eau du site de ponte. L'adulte (imago) s'envole ensuite et s'accouple rapidement.

Il existe une transmission verticale, c'est-à-dire que les œufs pondus par une femelle infectée sont contaminés dans une très faible proportion (1 à 2 %), et donc sans répercussion réelle sur la transmission de la maladie. (Gaüzere Bernard-Alex, Aubry Pierre, 2006), (Lombard Jean 2006), (Pialoux G., Gaüzere B.-A., Strobel M., 2006).

2.4.7. Le virus du Nil occidental

Le **virus du Nil occidental** (en anglais : *West Nile Virus*) est un *flaviviridae* du genre *Flavivirus* (qui comprend également le virus de la fièvre jaune, le virus de la dengue, le virus de l'encéphalite de Saint Louis et le virus de l'encéphalite japonaise).

Son nom vient du district de *West Nile* en Ouganda où il a été isolé pour la première fois en 1937 chez une femme souffrant d'une forte fièvre. Il a ensuite été détecté chez des hommes, des oiseaux et des moustiques en Égypte dans les années 1950, et a depuis été retrouvé chez l'homme ou l'animal dans divers pays.

Des cas humains de fièvre, liés au virus du Nil occidental, ont été rapportés en Afrique, au Moyen-Orient, en Inde, en Europe, et plus récemment sur le continent américain, où une première épidémie s'est déclarée dans la ville de New York en 1999.

Mode de transmission : Les moustiques, et en particulier les *Culex*, sont les principaux vecteurs du virus du Nil occidental, et tous les facteurs favorisant la pullulation des moustiques (pluies abondantes, irrigation, températures plus élevées que la normale...) sont susceptibles d'augmenter l'incidence de la fièvre liée à ce virus dans les secteurs géographiques où il circule.

Les principaux hôtes sont les oiseaux, qu'ils soient sauvages ou domestiques (canards, pigeons...), car ils jouent un rôle crucial dans la dissémination de ce virus. Les oiseaux migrateurs permettent notamment le passage du virus de l'Afrique aux zones tempérées d'Europe et d'Asie au printemps. Une fois arrivés, les moustiques locaux s'infectent lorsqu'ils piquent ces oiseaux pour leur repas de sang, disséminant sur d'autres oiseaux sains le virus et perpétuant le cycle moustiques/oiseaux essentiel à la circulation du virus.

Les mammifères (bétail, chiens, chats, chevaux, humains ...) sont quant à eux considérés comme des hôtes accidentels du virus. (Olejnik E, 1952), (Smithburn KC, Jacobs HR, 1942).

2.4.8. Dengue

La **dengue**, anciennement appelée *grippe tropicale* ou le *petit palu*, est une infection virale, endémique dans les pays tropicaux. Une forme déclenchant une fièvre hémorragique, la **dengue hémorragique** (ou DHF, pour *dengue hemorrhagic fever*), est potentiellement mortelle. L'aggravation du syndrome hémorragique, généralement pour les enfants de moins de 15 ans, conduit vers la **dengue avec choc** (ou DSS, pour *dengue shock syndrom*)

Décrite pour la première fois en 1779, elle fut à l'origine d'importantes épidémies en Australie (1897), aux Seychelles (1926), à Tunis (1927), à Athènes (1928) et à Taïwan (1931).

Il est à remarquer que les quatre flavivirus (DEN-1, DEN-2, DEN-3 et DEN-4), à l'origine de l'infection sont très proches les uns des autres, sans qu'il n'existe d'immunité croisée entre ces virus de la dengue, ce qui permet des infections successives chez un même individu.

Elle est transmise à l'homme par l'intermédiaire de moustiques (*Aedes aegypti* et en de rares cas *Aedes albopictus*) et se répand souvent en milieu urbain ou semi-urbain.

Les moustiques se contaminent en piquant l'homme, et rarement par transmission verticale de la mère à l'œuf (1 cas sur 600).

L'être humain serait le principal réservoir naturel de ces virus de la dengue, mais aussi le disséminateur de la maladie. (Wikipedia 2009)

2.4.9. L'encéphalite de Saint Louis

L'**encéphalite de Saint Louis** est une maladie causée par un virus transmis à l'homme par un moustique. Ce virus est proche de celui de l'encéphalite japonaise. La maladie touche principalement les États Unis mais peut causer des cas occasionnels au Canada et au Mexique. Des moustiques, du genre *Culex*, s'infectent en se nourrissant de sang d'oiseaux contaminés. Les moustiques infectés transmettent alors le virus de l'encéphalite de Saint Louis aux humains et aux animaux durant le repas de sang. Le virus de l'encéphalite de St. Louis se développe à la fois dans les moustiques infectés et dans les oiseaux, mais ne rend malade aucun de ceux-ci. Une fois qu'un humain a été infecté avec le virus, celui-ci ne peut pas être transmissible de cet individu aux autres humains.

La majorité des infections se traduisent par des maladies légères, incluant fièvres et maux de tête. Lorsque l'infection est plus sévère la personne peut faire l'expérience de maux de tête, de fortes fièvres, raideurs du cou, stupeur, désorientation, coma, trémors, convulsions occasionnelle et paralysie spatique. Le taux de mortalité va de 3 à 30%, les personnes âgées courent plus de risque à cet égard.

Aux États-Unis, une moyenne de 128 cas d'encéphalite de St Louis est enregistrée annuellement. Dans les zones au climat tempéré, l'encéphalite de St. Louis se produit à la fin de l'été ou au début de l'automne. Dans les États du sud où le climat est plus doux, cette encéphalite peut survenir tout au long de l'année.

Il n'y a pas de vaccin ou d'autres traitements spécifiques au virus de l'encéphalite de St. Louis. (Anonyme 2008).

2.4.10. L'encéphalite de la Murray Valley

Le **virus de l'encéphalite de la Murray valley** (MVEV) est un flavivirus responsable d'une zoonose endémique au nord de l'Australie et à la Papouasie-Nouvelle-Guinée. C'est l'agent causal de l'encéphalite de Murray valley (auparavant connue sous le nom d'encéphalite australienne) qui peut provoquer chez l'homme une maladie neurologique chronique ou la mort. Le MVEV est lié au virus de Kunjin qui a une écologie analogue mais présente un taux de morbidité inférieur.

Le MVEV est un arbovirus transmis par les moustiques qui parcourt un cycle oiseau-moustique-oiseau. Les oiseaux aquatiques de l'ordre des Ciconiiformes, dont font partie les hérons et les cormorans, constituent le réservoir normal du MVEV. (Marshall I D., Brown BK., Keith K., Gard GP., Thibos E., 1982). Le principal moustique vecteur est *Culex annulirostris*. L'infection humaine survient seulement après pique par des moustiques infectés, elle ne peut pas être transmise d'homme à homme par contact direct.

Les premières épidémies de MVE sont survenues en 1917 et 1918 en Australie du sud-est après des années de précipitations importantes. Le virus a été isolé dans des prélèvements humains en 1951 au cours d'une épidémie dans la vallée de Murray, en Australie. Les épidémies se produisent habituellement à cause de migrations d'oiseaux ou de moustiques infectés venant de zones endémiques et se déplaçant vers des zones non-endémiques.

La majorité des infections par le MVEV sont infra-clinique, c.-à-d. qu'elles ne provoquent pas de symptômes apparents de la maladie, bien que certaines personnes puissent présenter une forme atténuée de la maladie avec des symptômes tels que de la fièvre, des maux de tête, des nausées et des vomissements et seulement un très petit nombre de ces cas continuent à évoluer pour développer une MVE. En fait, la surveillance sérologique qui mesure le niveau des anticorps anti-MVEV dans une population permet d'estimer que seulement 1 cas sur 800 à 1 000 infections a pour conséquence une maladie clinique. La période d'incubation après l'exposition au virus est d'environ 1 à 4 semaines. Après avoir été infectée, une personne gardera toute sa vie une immunité à l'égard du virus. Quand un patient présente des symptômes évoquant une MVE et a séjourné dans une zone d'endémie pour le MVE pendant la saison des pluies (de novembre à juillet), époque où les épidémies surviennent habituellement, l'infection par le MVE doit être confirmée par diagnostic de laboratoire, habituellement par détection d'une élévation significative des anticorps spécifiques du MVE dans le sérum du patient.

L'étude scientifique du génome du MVEV a été facilitée par le clonage de l'ADN infectieux du virus (Hurrelbrink *et coll.*, 1999). Des mutations survenues dans le gène de l'enveloppe du virus ont été reliées à l'atténuation de la virulence de la maladie sur des souris utilisées comme modèles de l'infection (French, EL. 1952).

2.4.11. Encéphalite japonaise

Les Culex, principalement *Culex tritaeniorhynchus* et dans une moindre mesure *Culex annulus*, *Culex gelidus*, *Culex fuscocephala* et le complexe *Culex vishnui*, sont les vecteurs de l'encéphalite japonaise. Ces espèces sont normalement zoophiles, mais s'attaquent à l'homme lors de fortes pullulations. *Aedes japonicus* est également cité comme espèce vectrice et peut transmettre le virus à sa descendance (transmission transovarienne) (Takashima & Rosen, 1989). Signalons également qu'une transmission verticale des virus des encéphalites japonaise et de St. Louis par *Aedes albopictus* est possible (Rosen, 1988).

Cette maladie virale (Flavivirus) est endémique dans le sud-est de l'Inde et au Sud-Est asiatique (Malaisie, Thaïlande, Vietnam, Philippines, Indonésie). Elle est épidémique en Chine (partie), en Corée ainsi que dans certaines régions d'Océanie, au nord de l'Australie et au Japon. L'encéphalite japonaise est une cause majeure d'encéphalite virale avec 30 000 à 50 000 cas cliniques signalés chaque année, provoquant 15 000 décès.

Les zones touchées sont essentiellement les zones rurales où les moustiques pullulent dans les rizières et zones inondées avec une forte activité crépusculaire et nocturne, infligeant alors à l'homme et aux animaux domestiques des piqûres douloureuses. L'homme n'est qu'un hôte accidentel du virus, favorisé en cela par la création de rizières et de porcheries à proximité d'habitations humaines. Le réservoir de base du virus est constitué par les oiseaux *Ardeidae* (hérons et aigrettes) et des canards vivant dans les zones humides, et pour réservoir relais les animaux domestiques (porcs principalement). Les chevaux, les chauves-souris et les reptiles sont également cités comme hôtes.

Il n'y a pas de transmission inter-humaine. Il existe un vaccin efficace contre cette maladie.

3. Résultats

3.1. Caractérisation des peuplements de Culicidés

3.1.1. Identification et description des espèces

Notre capture de culicidés s'est effectuée dans le parc national d'El-Kala, essentiellement sur la rive droite du lac El-Mallah et partiellement dans le centre équestre du Lac Tonga (les raisons sont citées précédemment *réf.* « 1.1.3 Choix des sites de prélèvement »), sur une période qui s'étend du 15 Novembre 2007 au 15 Octobre 2008 avec une fréquence d'un (01) échantillonnage par site tous les 15 jours sur quatre types d'appâts (poule, cheval, vache, humain).

A la lumière de cette phase d'échantillonnage, nous avons dénombré un effectif total de 6963 moustiques dont 6854 femelles et de 109 mâles. Sur la base du logiciel de J. Brunhes et al. 1999 en 22 espèces

Tableau 2 : classification des espèces de culicidés capturées.

Famille		Espèce
<i>Anophelinae</i>	1	<i>An. labranchiae</i>
	2	<i>An. plumbeus</i>
	3	<i>An. stephensi</i>
	4	<i>An. maculipennis</i>
<i>Culicinae</i>	5	<i>Cs. litorea</i>
	6	<i>Cx. pipiens</i>
	7	<i>Cx. modestus</i>
	8	<i>Ae. detritus</i>
	9	<i>Cs, longiareolata</i>
	10	<i>Ae. caspius</i>
	11	<i>Or, pulcripalpis</i>
	12	<i>Ae, vexans</i>
	13	<i>Ae. dorsalis</i>
	14	<i>Ur. balfouri</i>
	15	<i>Ae. echinus</i>
	16	<i>Cs, morsitans</i>
	17	<i>Cs, annulata</i>
	18	<i>Ae, biskransis</i>
	19	<i>Cq. buxtoni</i>
	20	<i>Cx. laticinctus</i>
	21	<i>Cx. impudicus</i>
	22	<i>Ae. geniculatus</i>

1. *Aedes biskraensis*

Ae. biskraensis a été décrit à partir de larves, nymphes et adultes des deux sexes capturés en Algérie, dans la région de Biskra. Compte tenu de la brièveté de son cycle de développement et de son abondance dans sa région d'origine, il est probable que cette espèce a une aire de répartition plus large que celle que nous connaissons actuellement.

Les larves se développent dans les cavités creusées autour des pieds de palmiers dattiers et qui, dans cette région, sont mises en eau 4 ou 5 fois par an. L'eau de ces gîtes est claire fraîche (14 à 20°C). Le développement complet de la larve L1 à l'imago s'effectue en 5 à 6 jours. Dans ce type de gîtes, les espèces associées étaient *Ae. vexans*, *Ae. detritus* et *Ae. dorsalis*.

Les femelles piquent aussi bien l'homme que les mammifères domestiqués, l'âne en particulier. Elles sont endophages et nocturnes.

Le rôle vecteur de cette espèce reste inconnu. Avec 4 sous-genres totalisant 18 espèces, le genre *Aedes* est, en l'Afrique méditerranéenne, l'un des plus diversifiés.

Ses œufs sont dépourvus de flotteurs et pondus séparément. La coque, dure et imperméable, leur permet de résister, parfois pendant plusieurs années, à la dessiccation.

La larve a des antennes courtes souvent spéculées. Le segment X n'est qu'exceptionnellement entouré par la plaque sclérifiée qui reste dorsale. Une seule soie subventrale est présente sur le siphon.

Chez la nymphe, le réseau trachéen basal des trompettes respiratoires est rudimentaire. La soie 8-C est insérée en avant ou au plus, légèrement en arrière de la base de la trompette et très en avant de la soie 9-C.

La présence sur le thorax de soies postspiraculaires suffit souvent à identifier un adulte d'*Aedes* car ce caractère n'est partagé qu'avec les anophèles.

Les stades pré-imaginaux des *Aedes* se rencontrent dans de nombreux types de gîtes (trous d'arbres, récipients, trous de rocher, mares temporaires et permanentes, eau douce ou saumâtre, etc.). Les imagos piquent le plus souvent de jour, plus rarement au crépuscule.

De nombreuses espèces piquent l'homme. Certaines d'entre elles transmettent des arboviroses (fièvre jaune, fièvre de la vallée du Rift, dengues, etc.). (le logiciel de Brunhes *et al.*, 2001).

2. *Aedes Caspius*

Moustique paléarctique, *Ae. Caspius* a été observé dans tous les pays d'Afrique méditerranéenne mais toujours à basse altitude. *Ae. Caspius* ne doit pas être confondu avec *Ae. dorsalis*, espèce qui est morphologiquement très proche.

L'exochorion des œufs est marqué de bourrelets ponctués dessinant des pentagones ou des hexagones. Ils sont pondus isolément, à la base des touffes de végétation, dans un sédiment riche en matière organique mais relativement peu salé (4 à 7g de NaCl P .1000). Les œufs peuvent être associés à ceux d'*Ae. coluzzii* mais ces derniers affectionnent les sédiments nettement plus salés. Plusieurs cycles d'immersion et de dessiccation peuvent être nécessaires pour provoquer l'éclosion des larves.

Les gîtes larvaires sont très variés, le plus souvent de grande taille (mares, marais, rizières, canaux ...) mais parfois de dimensions plus réduites (puits abandonnés...); l'eau peut y être douce ou salée (1 à 30g p.1000) La présence d'une abondante végétation halophile est la règle. 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. (le logiciel de Bruhnes *et al.* 2001).

3. *Aedes detritus*

Moustique paléarctique décrit à partir d'insectes captures en Irlande, *Ae. detritus* est particulièrement bien représenté dans les régions septentrionales d'Europe ou il affectionne les gîtes méso-halins. Dans les régions plus méridionales, et tout particulièrement au Maghreb, *Ae. detritus* est presque totalement remplacé par *Ae. coluzzii*. Ces 2 espèces jumelles, encore morphologiquement indifférenciables, sont néanmoins valides car génétiquement isolées.

Les œufs, résistants à la dessiccation et au gel, sont déposés au pied de la végétation halophile. Ils ne présentent pas de diapause et éclosent lors de la mise en eau, quelle que soit la période de l'année.

Les gîtes larvaires 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. Les larves sont présentes dans les gîtes pendant toute l'année.

L'espèce est eurygame. Les femelles se déplacent sur plus de 10 km pour rechercher leur repas de sang ; elles constituent ainsi une nuisance importante à une grande distance des vastes zones d'émergence. Les agressions se produisent essentiellement le jour. Les femelles piquent tous les vertébrés à sang chaud.

Ae. detritus participe a la transmission de la myxomatose. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

4. *Aedes dorsalis*

Aedes dorsalis a été décrit sur des insectes capturés près de Berlin. Présent dans toute l'Europe septentrionale, il a été signalé aussi au Maroc et en Egypte. Il est fort probable que espèces distinctes soient actuellement confondues sous le nom d'*Ae. dorsalis* : l'une serait présente dans les parties septentrionales de la région holarctique et serait propriétaire du nom de *dorsali*, l'autre pourrait être *Ae. albineus* Seguy, 1923, que l'on rencontrerait seulement dans les régions désertiques du sud de la région paléarctique.

L'éclosion des œufs est ornementée de dessins polygonaux dont les parois sont ponctuées. Des dessins analogues présentent des parois striées chez *Ae. caspius*. Les œufs sont pondus par petits groupes, ils sont résistants au gel et a la dessiccation. Ils éclosent lors de la mise en eau des gites.

Les larves se développent dans les mares et marécages dont l'eau est saumâtre ou salée, généralement peu profonde. Ces gites se trouvent le plus souvent près des cotes mais aussi dans les régions où affleurent des terrains salés.

Les adultes apparaissent en avril et mai; ils disparaissent en octobre. Les femelles piquent l'homme et tous les autres mammifères ; elles sont agressives pendant la journée et plus particulièrement avant le coucher du soleil. Portées par le vent, elles peuvent créer une nuisance a plusieurs kilomètres du gite larvaire. L'espèce est multivoltine.

Ae. dorsalis est une espèce très anthropophile qui peut pulluler car ses gites larvaires sont très étendus ; la nuisance qui en découle est alors importante pour l'homme et pour les animaux. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

5. *Aedes echinus*

Aedes echinus est une espèce morphologiquement et écologiquement si proche d'*Ae. geniculatus* que certains entomologistes la considèrent comme synonyme. Dans ces conditions, il est Bien difficile de distinguer les observations qui concernent chacun des 2 taons. Si *Ae. geniculatus* présente une aire de répartition très vaste allant de la Norvège a l'Afrique du Nord et du Portugal a l'Azerbaïdjan, *Ae. echinus* ne semble abondant qu'au Maroc et en Algérie.

Les œufs sont pondus dans les trous d'arbres contenant de l'eau. Ils sont déposés soit sur l'eau, soit sur la boue organique humide contenue dans le gîte. Ces œufs, très résistants à la dessiccation, éclosent de façon asynchrone après chaque mise en eau.

Les larves se développent exclusivement dans les creux d'arbres. Un seuil thermique de 12 °C semble exister pour la nymphose. Les éclosions se produisent essentiellement à la fin de l'hiver et au printemps.

Ae. echinus pique en plein jour et à l'extérieur des habitations. Le vol des femelles est lourd et de faible portée. C'est une espèce multivoltine.

Les femelles piquent occasionnellement l'homme mais n'ont pas de rôle vecteur connu. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

6. *Aedes geniculatus*

Ae. geniculatus est une espèce paléarctique présente depuis la Norvège jusqu'au Maghreb et du Portugal au Kazakhstan.

L'œuf est noir et fusiforme. La réticulation de son chorion est suffisamment apparente pour être visible à un faible grossissement. Les femelles déposent isolément de 70 à 130 œufs sur l'eau ou sur les parois du gîte. Ces œufs sont résistants aussi bien au gel qu'à la dessiccation. Leur éclosion se produit de façon asynchrone pendant les 2 ou 3 mois qui suivent une importante mise en eau.

Ae. geniculatus se développe essentiellement dans les trous d'arbre mais il peut aussi coloniser de petites collections d'eau comme les trous de rocher. Le développement larvaire s'effectue au minimum en 2 semaines mais, lorsque la température est basse, la durée du développement peut dépasser un an. L'éclosion différée des œufs ainsi que les longues diapauses larvaires rendent compte de la présence permanente des larves dans les gîtes. L'eau de ces gîtes est riche en matière organique et en tannins. Les mâles éclosent plusieurs semaines avant les femelles de la même génération.

Dans les forêts ou les vieux arbres cariés abondent, les adultes peuvent constituer une nuisance non négligeable. Cependant, leur vol lourd et peu soutenu ne permet pas aux femelles d'aller rechercher bien loin des gîtes leur source de nourriture. L'espèce est sténogame et produit une ou deux générations par an. Les femelles piquent l'homme, divers mammifères, mais aussi les oiseaux et les reptiles. Cette agressivité s'exerce pendant tout le nyctémère et aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur des habitations.

Ae. geniculatus se déplace trop peu pour causer une nuisance hors des forêts ou se développent les larves. Il ne semble pas avoir été impliqué dans la transmission de parasitoses humaines. (Le logiciel de Bruhnes *et al.* 2001).

7. *Aedes vexans*

Aedes vexans est une espèce qui été signalée au Maroc et en Libye ; son aire de répartition s'étend aux régions paléarctique, néarctique, orientale et australienne.

Les œufs sont pondus sur la vase humide des mares partiellement asséchées. Ils sont aplatis aux deux extrémités et, au microscope, de fines réticulations sont visibles en surface. Après une incubation qui dure de 4 à 10 jours, ces œufs peuvent rester à sec pendant plusieurs années. Si les conditions de température et d'éclairement sont favorable, ils éclosent de façon synchrone lors de la remise en eau du gîte. Les œufs résistent également au gel.

Les larves se développent généralement en grande quantité dans le nombreux gîtes temporaires, petites ou grands, avec ou sans végétation. On les rencontre surtout dans les prairies inondées, les rizières, les fossés, les mares, les bords d'oueds. Le développement larvaire dure de 4 à 25 jours.

Le cycle de développement d'*Ae. Vexans*, espèce multivoltine, est rapide. Bons voiliers, 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.

Ae. vexans est l'un des *Aedes* nuisants le plus largement répandus dans le monde. Il est vecteur du virus Tahyna. Très agressif et parfois très abondant, ce moustique est responsable, au printemps, d'une forte nuisance dans les zones de marais et de rizières. (Le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

8. *Anophele maculipennis*

Anopheles maculipennis est une espèce paléarctiques à vaste aire de répartition européenne et asiatique (in Wright et Pal, 1967). La ponte se fait aussi bien en eau douce que saumâtre Swelengrebel N-H 1933.

Il s'agit d'une espèce incontestablement affine au *labranchiae*, elle n'est pas affectée en période hivernale de diapause ovarienne spontanée, son activité reproductrice

apparaît continue, il pond en hiver a température modérée, le comportement trophique, traduit une orientation zoophile indifférenciée et une anthropophile élective, (bulletin de la société de pathologie exotique Tome XXVIII - 1935). L'Anophèle maculipennis est impliqué dans la transmission du paludisme. (Swelengrebel 1933)

9. *Anophèle plumbeus*

Cette espèce, abondante dans toute l'Europe, est présente jusqu'en Iran. En Afrique méditerranéenne, sa présence n'est certaine qu'en Algérie et en Tunisie.

An. plumbeus est par excellence une espèce forestière car ses larves se développent essentiellement dans les trous d'arbres. En période de sécheresse, les femelles peuvent aussi pondre dans de petits gîtes domestiques. Des pullulations de femelles agressives ont été signalées a proximité de fosses a purin dans lesquelles les larves se développaient. Les œufs résisteraient a la fois au gel et a la dessiccation ; les larves qui passent l'hiver peuvent vivre sous la glace.

C'est une espèce agressive qui pique les mammifères, les oiseaux et les reptiles ; elle peut transmettre expérimentalement des Plasmodium, des virus et des filaires mais elle ne semble pas jouer de rôle effectif dans la transmission de parasitoses humaines. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

10. *Anophèle stephensi*

Cette espèce orientale ne figure pas de façon certaine dans la faune de l'Afrique méditerranéenne. Glick (1992) l'a signalée pour la première fois en Egypte et cette mention devra être confirmée.

Les larves d'*An. stephensi* se développent dans les flaques qui se trouvent dans le lit de rivières a l'étiage ainsi que dans des récipients.

Son anthropophilie marquée en fait une nuisance importante dans le sud-ouest asiatique. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

11. *Anopheles labranchiae*

An. Labranchiae est le seul représentant en Afrique méditerranéenne du complexe « *maculipennis* » ; on peut le rencontrer depuis les zones côtières jusqu'à 1 900 mètres d'altitude. Il atteint aussi les zones sahariennes.

Les gîtes larvaires sont des plus variés (mares, rivières, canaux, bassins, rizières, creux d'arbres... etc.). Ils sont généralement ensoleillés au Maroc, les dayas (petites

dépressions couvertes de végétation) sont, au printemps, les gîtes les plus productifs de cette espèce.

Les femelles, essentiellement endophiles, sont aussi très anthropophiles. On peut trouver des adultes au repos dans les anfractuosités de rocher ou dans les haïes de roseaux. L'hiver est passé à l'état adulte et les femelles pondent dès les premiers beaux jours.

Dans les zones de plaine et de piémont, *An. labranchiae* est le vecteur majeur du paludisme au Maghreb. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

12. *Coquillettidia buxtoni*

Cq. buxtoni est une espèce méditerranéenne qui n'est, sur le continent africain, signalée que des plaines nord-atlantiques du Maroc.

Les œufs, cylindriques et de couleur marron clair, sont pondus en nacelles allongées semblables à celles de *Cx. pipiens*.

La larve vit fixée aux racines des plantes aquatiques par son siphon respiratoire. Ce siphon est muni de dents et de crochets qui lui permettent d'inciser les tissus tendres des racines et de se fixer à la végétation immergée. Ce dispositif vulnérant lui permet aussi d'atteindre les tissus aérifères de la plante et de respirer l'air qu'ils contiennent. Cette vie fixée aux racines des plantes aquatiques soustrait largement les larves à la prédation. Par contre, la recherche active de nourriture étant pratiquement impossible, l'eau des gîtes doit être riche en matières organiques et en microorganismes en suspension.

Les gîtes larvaires sont des plans d'eau permanents encombrés de végétation et notamment de *Phragmites* et de *Typhas*.

La nymphe vit, elle aussi, fixée à la végétation immergée grâce à ses trompettes respiratoires pourvues de crochets ; elle ne se détachera de son support pour remonter en surface que quelques heures avant l'éclosion de l'imago.

Les femelles, généralement peu abondantes, sont à la fois exophiles et largement exophages. Elles piquent essentiellement les petits mammifères et les oiseaux.

Cq. buxtoni est une espèce trop peu abondante pour être à l'origine d'une nuisance importante ; elle n'a pas été impliquée dans la transmission de parasitoses. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

13. *Culex modestus*

Culex modestus est une espèce largement représentée dans le sud de région paléarctique. Elle a été signalée dans tout le Maghreb mais sa présence y est toujours discrète.

Les larves se développent dans les rizières, les canaux d'irrigation, les marais semi-permanents. L'eau de ces gîtes peut être douce ou légèrement salée.

Les adultes apparaissent en juillet et peuvent être abondant à la fin du mois d'août ; ils disparaissent en septembre. Les femelles sont agressives au crépuscule. Elles constituent parfois, mais toujours localement, une gêne sérieuse pour l'homme et les autres mammifères. Les femelles ne sont pas endophages et à plus forte raison endophiles.

Cette espèce a été impliquée en France dans la transmission du virus West Nile, du virus Tahyna et de la myxomatose. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

14. *Culex impudicus*

Cx. impudicus est une espèce méditerranéenne dont l'aire de répartition s'étend vers l'est jusqu'en Iran. Sa présence a été signalée dans les 3 pays du Maghreb.

Les larves de cette espèce affectionnent les eaux claires, fraîches et ombragées. Elles se développent tout particulièrement le long des ruisseaux ombragés, parfois dans les rizières, les fossés herbeux, les mares temporaires. On peut aussi les trouver dans gîtes de petites tailles comme les bassins ombragés. Les larves se rencontrent essentiellement du début du printemps jusqu'au mois d'octobre.

Les femelles passent l'hiver dans des cavités naturelles grotte ou anfractuosité de rochers, elles pondent en mars ou avril. L'espèce semble essentiellement batracophile.

Compte tenu de sa rareté et de ses préférences trophiques, cette espèce ne joue aucun rôle dans la transmission de parasitoses humaines. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

15. *Culex laticinctus*

Son aire de répartition, essentiellement méditerranéenne, s'étend des îles Canaries au Moyen Orient. Sa présence a été signalée dans tous les pays de l'Afrique méditerranéenne.

Les gîtes larvaires de *Cx. laticinctus* sont très variés. On peut en effet les trouver dans de l'eau stockée (citernes, futs, bassins, puits) mais aussi dans des trous de rocher, des puits, des sources, des canaux d'irrigation, des lits d'oued, des flaques temporaires

d'importances variables. L'eau de ces gîtes est très généralement douce mais elle peut être aussi très légèrement salée.

La biologie des adultes est très peu connue. Les imagos ont une activité estivale et les femelles ne semblent pas avoir été observées dans les maisons ni piquant l'homme.

Cx. laticinctus est sans importance médicale. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

16. *Culex pipiens*

Culex pipiens est une espèce largement représentée dans toute la région holarctique ; dans la région afro-tropicale elle occupe les zones les plus fraîches (Ethiopie, hauts plateaux malgaches...)

Sa grande plasticité écologique et morphologique est à l'origine des nombreuses descriptions dont il a fait l'objet sous des noms très divers. Des femelles sombres, aux bandes claires tergales peu marquées, ainsi que des larves dont les proportions du siphon sont anormales, ont été signalées. Dans ces cas qui rendent l'identification difficile, il est nécessaire d'examiner les génitalia mâles.

Les larves se développent dans des eaux très polluées par les matières organiques (fossé de drainage d'eaux usées, mare temporaire de la périphérie des villes, vide sanitaire inondé). On peut aussi les rencontrer dans des gîtes dont l'eau est fraîche et pure (bidon contenant des populations, non isolées génétiquement, mais dont certaines se développent préférentiellement en eau polluée et sont anthropophiles et autogènes alors que d'autres, qui se développent en eau non polluée, sont essentiellement ornithophiles). Dans le bassin méditerranéen, les deux populations sont probablement toujours mélangées ; il semble cependant que la forme ornithophile soit dominante en altitude et dans les gîtes extérieurs non pollués. La forme anthropophile est par contre dominante dans les gîtes hypogés.

Les femelles piquent de nuit tous les vertébrés à sang chaud ; elles prennent leur repas surtout à l'intérieur des habitations.

Dans certaines agglomérations gérant mal les eaux usées, *Cx. pipiens* peut être une nuisance de première importance. Par ailleurs, cette espèce est un vecteur majeur de filariose de Bancroft en Egypte ; elle a été trouvée aussi naturellement infectée par les virus Sindbis et West Nile en Israël et par les virus West Nile et Rift Valley en Egypte. (Le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

17. *Culiseta longiareolata*

Cs. longiareolata est une espèce à large répartition qui est présente dans le sud de la région paléarctique, dans les régions orientale et Afro-tropicale. Elle est très commune dans toute l'Afrique méditerranéenne.

Les œufs sont solidarisés au moment de la ponte, ils forment ainsi une nacelle.

Les gîtes larvaires sont de types très variés (bassins, abreuvoirs, puits abandonnés, trous de rochers, rizières, canaux ...) mais l'eau y est toujours stagnante et généralement riche en matières organiques. Ces gîtes sont permanents ou temporaires, ombragés ou ensoleillés, remplis d'eau douce ou saumâtre, propre ou polluée. Un aussi large spectre de possibilités rend bien compte de la vaste répartition et de l'abondance de l'espèce.

Les larves sont carnivores et peuvent hiverner mais sans subir de vraie diapause. Au Maroc, elles sont présentes de l'automne au printemps et le développement larvaire dure entre 2 et 8 semaines selon la température.

Les adultes sont présents toute l'année avec un maximum de densité au printemps et un autre en automne. Les femelles piquent les oiseaux ; elles pénètrent très rarement dans les maisons. L'espèce est multivoltine, sténogame et autogène.

Cs. longiareolata ne pique pas l'homme et son rôle de vecteur de parasitoses humaines ne peut être que des plus réduits. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

18. *Culiseta annulata*

L'espèce est présente dans toute l'Europe, depuis les régions les plus septentrionales jusqu'à la méditerranée ; elle a été aussi signalée dans les 3pays du Maghreb où elle se rencontre le plus souvent en altitude.

Les œufs, solidarisés au moment de la ponte, forment une barquette. Les œufs éclosent 4 jours après la ponte.

Les larves se développent dans de très nombreux gîtes qui peuvent être naturels (mare riche en matière organique, prairie inondée, fossé, bords de rivières) ou artificiels (bassin dont l'eau est polluée, citerne). Les eaux riches en azote sont tout particulièrement fréquentées et les larves peuvent y être très nombreuses.

Les adultes qui émergent à la fin de l'été passent l'hiver en se réfugiant dans les maisons, grottes et trous d'arbres. Les femelles pondent au printemps mais des larves peuvent être trouvées en hiver. L'espèce est multivoltine, en particulier dans les régions les plus méridionales.

Les femelles piquent tous les vertébrés à sang chaud mais avec une préférence pour les oiseaux. Les femelles n'hésitent pas à pénétrer dans les habitations et les étales pour prendre leur repas de sang.

Cs .annulata a été impliqué dans la transmission du virus de la myxomatose (Le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

19. *Culiseta litorea*

Décrite d'Angleterre, cette espèce a son aire de répartition centrée sur les régions basses, mais pas obligatoirement littorales, de l'Europe occidentale et de la Méditerranée. En Afrique méditerranéenne, elle a été signalée en Algérie et au Maroc ou elle semble toujours peu fréquente.

Les larves se développent essentiellement dans les marais littoraux encombrés de végétation dressée ; elles peuvent supporter des eaux contenant jusqu'à 5 grammes pour 1 000 de chlorure de sodium mais on peut aussi les trouver en eau douce.

Il n'y a qu'une génération par an. A la fin de l'été, les femelles pondent des œufs résistant à la dessiccation qui éclosent en automne ou en hiver donnant des générations printanières d'imagos. La femelle est opportuniste dans le choix de son hôte, elle présente cependant une tendance ornithophile ; elle ne pique qu'exceptionnellement les mammifères.

Cette espèce n'a pas été impliquée dans la transmission de parasitoses humaines. (Le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

20. *Culiseta morsitans*

Cs. morsitans est une espèce très fréquente en Europe centrale et septentrionale, elle se raréfie dans les régions méridionales ; elle est absente du Portugal et rare en Espagne. Sa présence a été signalée au Maroc et en Algérie mais ces mentions sont anciennes et la présence de l'espèce en Afrique méditerranéenne reste à confirmer.

Ses œufs, résistants à la dessiccation, sont déposés isolément dans les dépressions inondables dont le fond est tapissé de débris végétaux ou sur les berges des mares en cours d'assèchement. Les œufs éclosent en automne, lors de la mise en eau de ces gîtes.

Les larves se développent dans les mares temporaires mais aussi dans les drains encombrés de végétation dont l'eau peut être légèrement courante. Ces gîtes peuvent être ombragés ou ensoleillés. L'espèce passe l'hiver à l'état larvaire.

Les adultes éclosent à la fin du printemps et se rencontrent d'avril à août. Les femelles semblent se nourrir essentiellement sur oiseaux et. Contrairement à ce que pourrait laisser supposer le nom de l'espèce, elles sont peu agressives tout au moins vis-à-vis des mammifères.

Cette espèce n'a pas été impliquée dans la transmission de parasitoses humaines. (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

21. *Orthopodomyia pulcripalpis*

Or. pulcripalpis se rencontre dans l'Europe occidentale ainsi que dans la sous-région paléarctique méditerranéenne ; il se développe du Maroc à la Tunisie.

L'œuf présente un réseau de dessins hexagonaux ainsi qu'une frange ajourée très originaire qui se déploie dans le plan équatoriale. Les œufs sont pondus isolément sur les parois du gîte, au-dessus du niveau de l'eau, avant d'être recouvert d'un enduit gélatineux.

Les larves se développent dans les cavités naturelles, creusées dans les troncs d'arbres, qui retiennent longuement de l'eau de pluie. Le chêne-liège et le platane, qui se carient fréquemment, sont particulièrement fréquentés.

L'eau de ces gîtes est chargée de tannins et de matière organique ; sa couleur est toujours brun foncé. Les larves peuvent s'enfouir dans la vase du fond et remonter que rarement en surface. Le développement pré imaginal dure en général un an. L'espèce passe l'hiver à l'état larvaire ; la nymphose se produit au début du printemps. Les adultes d'*Or. pulcripalpis* ne sont pas attirés par la lumière et, comme ils ne sont pas agressifs pour l'homme, ils ne sont qu'exceptionnellement capturés. Les seuls imagos connus ont été obtenus à la suite d'élevage de larves et de nymphes. *Or. pulcripalpis* est autogène ; il ne développe, au maximum, que deux générations par an. *Or. pulcripalpis* n'a jamais été impliqué dans la transmission de parasitoses (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

22. *Uranotaenia balfouri*

Uranotaenia balfouri est une espèce afro-tropicale qui est présente au Maroc, en particulier dans les plaines nord-atlantiques.

Les larves se développent en eau douce, dans des gîtes où la végétation est abondante : marais, mares, sources, rizières, ornières, trous d'emprunt de terre ; on les rencontre plus rarement dans les trous de rochers et les bassins.

Les adultes sont attirés par la lumière ; on peut aussi les capturer alors qu'ils sont au repos dans la végétation bordant les marécages. Les femelles piquent essentiellement les amphibiens, plus rarement les oiseaux.

Ur. balfouri est suspecté de transmettre des virus de batraciens (le logiciel de Bruhnes *et al.*, 2001).

3.1.2. Etude de la biodiversité des moustiques

Afin d'étudier la biodiversité des moustiques capturés, nous avons établi le tableau suivant qui met en évidence les espèces capturées sur chaque appât et dans chaque site.

Tableau 3 : Composition des peuplements de culicidés capturées sur les quatre appâts tout le long de la période de récolte dans la région d'El-Kala.

Appât	Site El Mellah			Centre d'équitation du lac Tonga		
	Espèces	femelles	mâles	Espèces	femelles	mâles
Oiseau	<i>Cx. pipiens</i>	1044	/	/	/	/
	<i>Cx. modestus</i>	388	/	/	/	/
	<i>Cs. longiareolata</i>	340	/	/	/	/
	<i>Cs. litorea</i>	140	/	/	/	/
	<i>Cs. morsitans</i>	64	/	/	/	/
	<i>An. labranchiae</i>	43	/	/	/	/
	<i>Or. pulcripalpis</i>	40	/	/	/	/
	<i>Ae. biskransis</i>	36	/	/	/	/
	<i>Cs. annulata</i>	27	/	/	/	/
	<i>Ae. caspius</i>	21	/	/	/	/
	<i>Ae. vexans</i>	17	/	/	/	/
	<i>Ae. echinus</i>	3	/	/	/	/
Cheval	/	/	/	<i>Ae. détritius</i>	290	6
	/	/	/	<i>Ae. caspius</i>	281	/
	/	/	/	<i>An. maculipennis</i>	247	18
	/	/	/	<i>Ae. vexans</i>	110	/
	/	/	/	<i>Cx. modestus</i>	36	/
	/	/	/	<i>Cx. pipiens</i>	32	/
	/	/	/	<i>Cs. annulata</i>	12	/
Vache	<i>Cs. litorea</i>	809	46	/	/	/
	<i>An. labranchiae</i>	730	18	/	/	/
	<i>An. stephensi</i>	262	/	/	/	/
	<i>An. plumbeus</i>	217	3	/	/	/
	<i>Or. pulcripalpis</i>	136	/	/	/	/
	<i>Ae. dorsalis</i>	126	8	/	/	/
	<i>Ae. Detritus</i>	93	10	/	/	/
	<i>Ae. echinus</i>	77	/	/	/	/
	<i>Cq. buxtoni</i>	13	/	/	/	/
	<i>Cx. laticinctus</i>	10	/	/	/	/
	<i>Cx. impudicus</i>	7	/	/	/	/
Humain	<i>Cs. Litorea</i>	240	/	<i>Cs. litorea</i>	75	/
	<i>An. labranchiae</i>	262	/	<i>An. labranchiae</i>	111	/
	<i>Cx. Modestus</i>	168	/	<i>Cx. modestus</i>	150	/
	<i>Ur. Balfouri</i>	98	/	/	/	/
	<i>An. plumbeus</i>	52	/	/	/	/
	<i>Cx. Pipiens</i>	44	/	/	/	/
	/	/	/	<i>Ae. geniculatus</i>	1	/
	/	/	/	<i>Ae. caspius</i>	2	/

Notre étude portant essentiellement, comme cité précédemment, sur les moustiques piqueurs, nous ne prendrons en ligne de compte que l'effectif femelle de notre capture, les mâles n'étant pas piqueurs et donc non susceptibles de transmettre des agents pathogènes par inoculation, de plus, du fait qu'ils ne mettent pas en évidence la présence d'une espèce non révélée par la capture de femelles, ils ne présentent aucun intérêt dans notre étude.

3.2. Abondance et diversité

3.2.1. Effectif total (capturé sur les quatre appâts)

Le tableau qui suit met en évidence l'abondance et la diversité des femelles de culicidés récoltées sur l'ensemble des quatre appâts dans le parc national d'El-Kala.

Tableau 4 : abondance et diversité des femelles de culicidés collectées dans le parc national d'El-Kala

Famille		Espèce	Effectif Total	%
Anophelinae	1	<i>An. labranchiae</i>	1146	16,72%
	2	<i>An. plumbeus</i>	269	3,92%
	3	<i>An. stephensi</i>	262	3,82%
	4	<i>An. maculipennis</i>	247	3,60%
Culicinae	5	<i>Cs. litorea</i>	1264	18,44%
	6	<i>Cx. pipiens</i>	1120	16,34%
	7	<i>Cx. modestus</i>	742	10,83%
	8	<i>Ae. detritus</i>	383	5,59%
	9	<i>Cs. longiareolata</i>	340	4,96%
	10	<i>Ae. caspius</i>	304	4,44%
	11	<i>Or. pulcripalpis</i>	176	2,57%
	12	<i>Ae. vexans</i>	127	1,85%
	13	<i>Ae. dorsalis</i>	126	1,84%
	14	<i>Ur. balfouri</i>	98	1,43%
	15	<i>Ae. echinus</i>	80	1,17%
	16	<i>Cs. morsitans</i>	64	0,93%
	17	<i>Cs. annulata</i>	39	0,57%
	18	<i>Ae. biskransis</i>	36	0,53%
	19	<i>Cq. buxtoni</i>	13	0,19%
	20	<i>Cx. laticinctus</i>	10	0,15%
	21	<i>Cx. impudicus</i>	7	0,10%
	22	<i>Ae. geniculatus</i>	1	0,01%
		Total	6854	

Sur la totalité des 6854 femelles culicidae capturées nous pouvons distinguer 22 especes différentes dont 4 faisant partie de la sous-famille des anophélineae et 18 especes faisant partie de la sous-famille des culicinae.

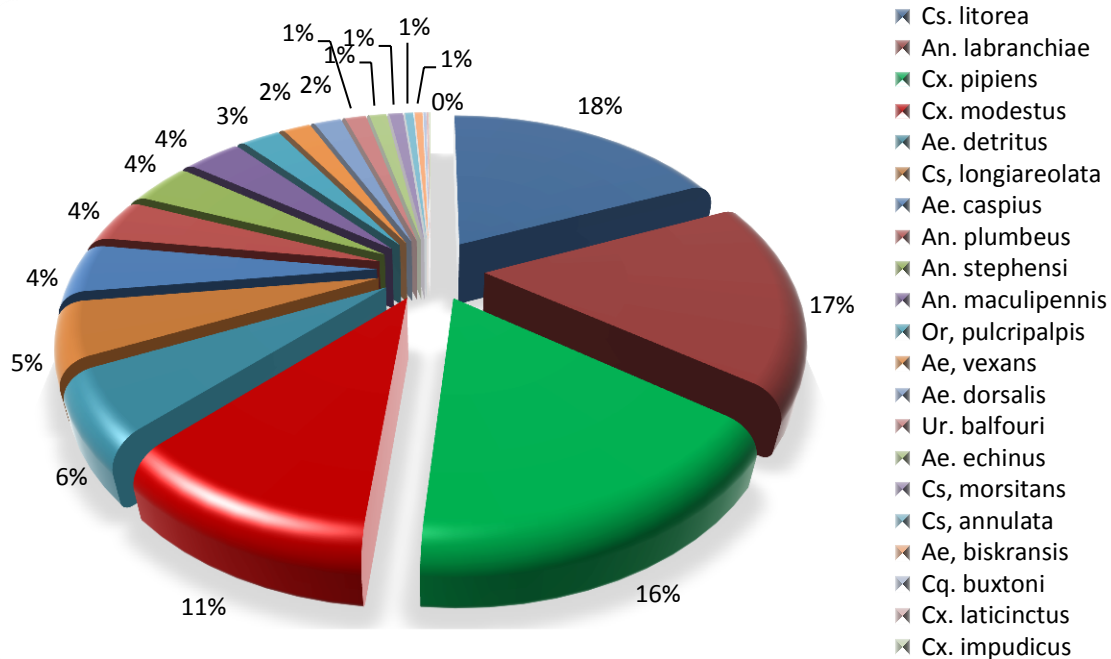


Figure 19 : Proportions des femelles de culicidés collectées sur les quatre appâts dans le parc national d’El-Kala.

D’après la figure ci-dessus nous pouvons remarquer que les espèces de culicidés les plus abondantes sont *Cs. litorea* avec 1264 individu capturé représentant 18,44% de la totalité de l’effectif capturé, *An. labranchiae* avec 1146 individus représentant 16,72% et *Cx. pipiens* avec 1120 individu représentant 16,34% et *Cx. Modestus* avec 742 individu soit 10,83 % du peuplement, les autres espèces (*An. plumbeus*, *An. stephensi*, *An. maculipennis*, *Ae. detritus*, *Cs. longiareolata*, *Ae. caspius*, *Or. pulcripalpis*, *Ae. vexans*, *Ae. dorsalis*) bien que moins dominantes demeurent bien représentées avec des effectifs variant de 126 à 383 individus, d’autres cependant sont moins bien représentées tel que *Ur. balfouri*, *Ae. echinus*, *Cs. morsitans*, *Cs. annulata*, *Ae. biskransis* avec des effectifs variant entre 36 et 98 individu, les espèces les plus rares sont *Cq. buxtoni*, *Cx. laticinctus*, *Cx. impudicus*, *Ae. geniculatus* avec respectivement 13, 10, 7 et 1 individus capturé.

En partant de ces résultats, nous pouvons mettre en évidence la répartition et l’abondance et la diversité des femelles de culicidés récoltées sur chaque appât pris séparément.

3.2.2. Effectif capturé sur l'oiseau

Chez la poule nous avons dénombré un effectif total de **2163** femelles de culicidés appartenant à **12** espèces différentes et réparties comme suit :

Tableau 5 : Espèces de femelles de culicidés récoltées sur l'oiseau.

	Espèce	Total	%
1	<i>Cx. pipiens</i>	1044	48.27
2	<i>Cx. modestus</i>	388	17.94
6	<i>Cs, longiareolata</i>	340	15.72
3	<i>Cs. litorea</i>	140	6.47
5	<i>Cs, morsitans</i>	64	2.96
7	<i>An, labranchiae</i>	43	1.99
8	<i>Or, pulcripalpis</i>	40	1.85
11	<i>Ae, biskransis</i>	36	1.66
4	<i>Cs, annulata</i>	27	1.25
9	<i>Ae, caspius</i>	21	0.97
10	<i>Ae, vexans</i>	17	0.79
12	<i>Ae. echinus</i>	3	0.14
	Total	2163	

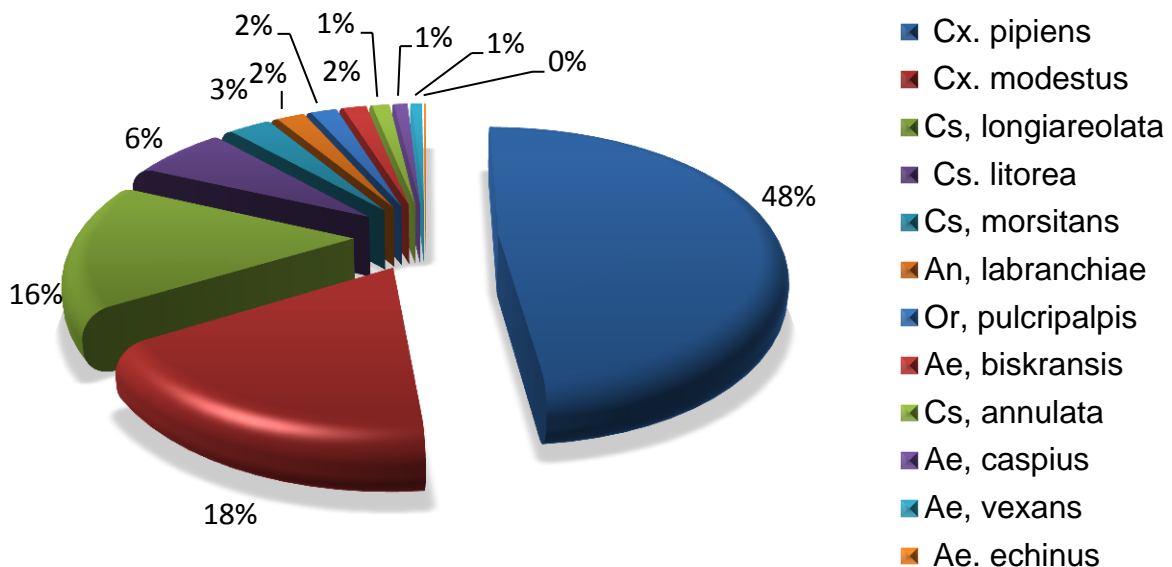


Figure 20 : Proportions des femelles de culicidés collectées sur appât oiseau.

La figure ci-dessus nous montre une nette dominance de *Cx. pipiens* sur les autres espèces avec une abondance de **1044** individu représentant **48%** de la totalité des moustiques capturés sur l'oiseau, *Cx. modestus* et *Cs. longiareolata* sont moins bien représentées avec successivement **388** et **340** individus représentant **18%** et **16%** de l'effectif, les autres espèces sont nettement moins abondantes avec des effectifs variant entre **3** et **64** individus il s'agit de *Ae. echinus* *Ae, vexans*, *Ae, caspius* *Cs, annulata* *Ae, biskransis* *Or, pulcripalpis* *An, labranchiae* *Cs, morsitans*.

3.2.3. Effectif capturé sur le cheval

Chez le cheval nous avons trouvé **1008** femelles de culicidés faisant partie de **7** especes differentes réparties de la maniere suivante :

Tableau 6 : Espèces de femelles de culicidés récoltées sur le cheval.

	Espèce	Total	%
1	<i>Ae. détritius</i>	290	28,77
2	<i>Ae. caspius</i>	281	27,88
3	<i>An. maculipennis</i>	247	24,50
4	<i>Ae. vexans</i>	110	10,91
5	<i>Cx. modestus</i>	36	3,57
6	<i>Cx. pipiens</i>	32	3,17
7	<i>Cs. annulata</i>	12	1,19
	Total	1008	

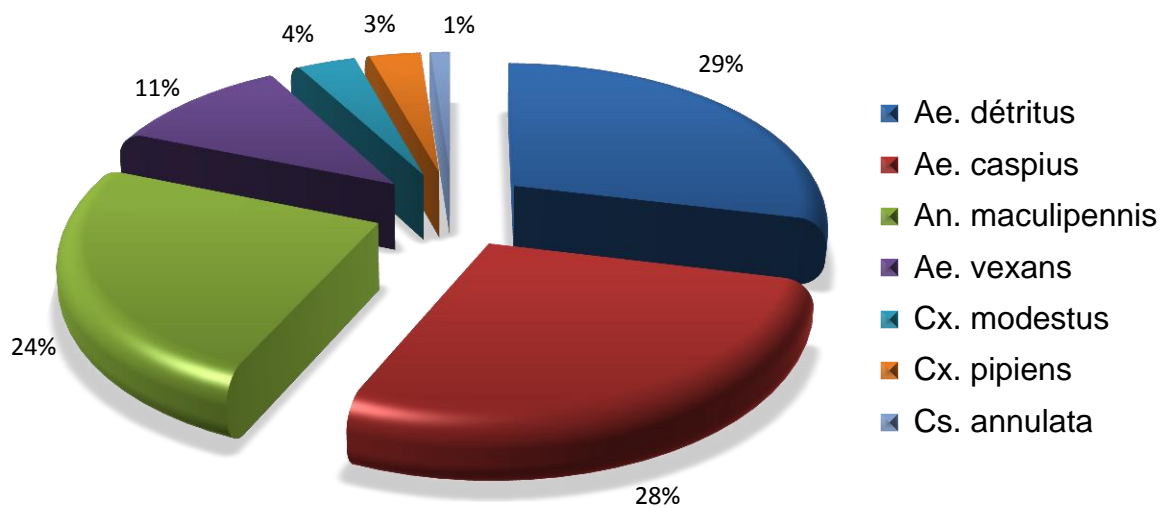


Figure 21 : Proportions des femelles de culicidés collectées sur le cheval.

Cette figure nous montre une dominance de trois especes *Ae. détritius* *Ae. caspius* et *An. maculipennis* avec une abondance de **290**, **281** et **247** individus représentant respectivement **29%** **28%** et **24%** de la totalité des culicidés capturés sur le cheval, *Ae. vexans* est également représentée avec un effectif de 110 individu représentant 11% de l'effectif, les autres especes sont moins bien représentées avec une abondance variant de **12** à **36** individus il s'agit de *Cx. pipiens* *Cs. annulata* *Cx. modestus*

3.2.4. Effectif capturé sur la vache

Le score le plus élevé d'effectif de femelles est détenu par l'appât bovin, avec un total de **2480** femelles appartenant à **11** espèces différentes, réparties de la manière suivante :

Tableau 7 : Espèces de femelles de culicidés récoltées sur la vache.

	Espèce	Total	%
1	<i>Cs. litorea</i>	809	32,62
2	<i>An. labranchiae</i>	730	29,44
3	<i>An. stephensi</i>	262	10,56
4	<i>An. plumbeus</i>	217	8,75
5	<i>Or. pulcripalpis</i>	136	5,48
6	<i>Ae. dorsalis</i>	126	5,08
7	<i>Ae. detritus</i>	93	3,75
8	<i>Ae. echinus</i>	77	3,10
9	<i>Cq. buxtoni</i>	13	0,52
10	<i>Cx. laticinctus</i>	10	0,40
11	<i>Cx. impudicus</i>	7	0,28
Total		2480	

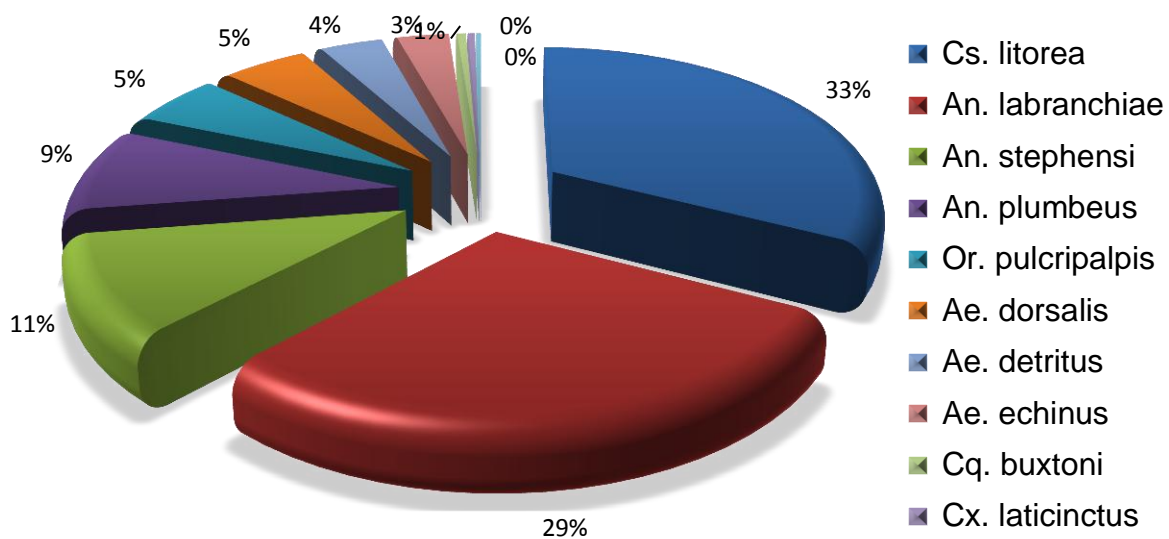


Figure 22 Proportions des femelles de culicidés collectées sur la vache.

La figure ci-dessus montre la dominance de deux espèces *Cs. litorea* avec une abondance de **809** individus représentant **33%** de l'effectif récolté sur la vache et *An. labranchiae* avec une abondance de **730** individu représentant **29%** de l'effectif, *Ae. echinus*, *Ae. detritus*, *Ae. dorsalis*, *Or. pulcripalpis*, *An. plumbeus* et *An. stephensi*, sont représentés avec des effectifs variant de 77 à 262 individus, *Cq. buxtoni*, *Cx. laticinctus* et *Cx. impudicus* sont les moins bien représentées avec une abondance variant entre 7 et 13 individus.

3.2.5. Effectif capturé sur l'humain

En ce qui concerne l'appât humain, nous avons récolté un effectif total de **1203** femelles appartenant à **8** espèces différentes réparties de la manière suivante :

Tableau 8 : Espèces de femelles de culicidés récoltées sur l'humain.

	Espèce	Total	%
1	<i>An. labranchiae</i>	373	31,01
2	<i>Cx. modestus</i>	318	26,43
3	<i>Cs. litorea</i>	315	26,18
4	<i>Ur. balfouri</i>	98	8,15
5	<i>An. plumbeus</i>	52	4,32
6	<i>Cx. pipiens</i>	44	3,66
7	<i>Ae. caspius</i>	2	0,17
8	<i>Ae. geniculatus</i>	1	0,08
	Total	1203	

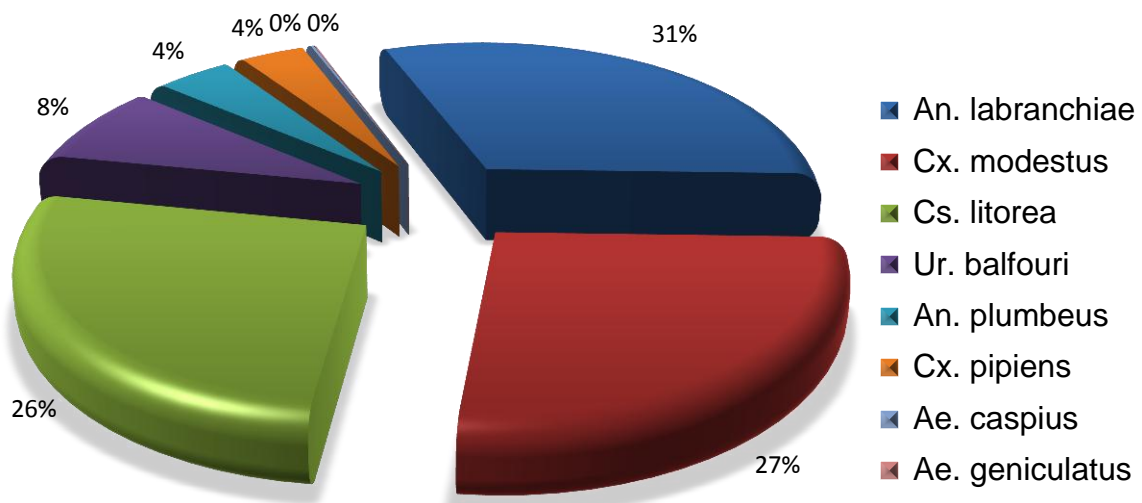


Figure 23 : Proportions des femelles de culicidés collectées sur l'humain.

La figure précédente démontre une dominance de trois espèces *An. labranchiae* avec une abondance de 373 individus représentant 31% de l'effectif capturé sur l'appât humain suivi de *Cx. modestus* avec 318 individus soit 27% de l'effectif puis *Cs. litorea* avec une abondance de 315 individus soit 26% de l'effectif capturé, *Ur. balfouri*, *An. plumbeus* et, *Cx. pipiens* sont également représentées avec respectivement 98, 52 et 44 individus, *Ae. caspius* et *Ae. geniculatus* sont les moins bien représentées avec seulement 2 et 1 individu récoltés.

3.3. Paramètres structuraux

3.3.1. Effectif total (capturé sur les quatre appâts)

Tableau 9 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé au PNEK

S	22
H'	1,06486853
H max	1,34242268
E	0,79324385

L'examen du (**Tableau 9**), fait ressortir une richesse totale de 22 espèces. La diversité est égale à 1,06. L'équitabilité, présente une valeur de 0,793 indiquant un équilibre dans la distribution d'abondance des espèces.

3.3.2. Effectif capturé sur l'oiseau

Tableau 10 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé sur oiseau

S	12
H'	0,69434586
H max	1,07918125
E	0,6434006

L'examen du (**Tableau 10**), fait ressortir une richesse totale de 12 espèces. La diversité est égale à 0,69. L'équitabilité, présente une valeur de 0,643 indiquant un équilibre dans la distribution d'abondance des espèces qui piquent l'oiseau.

3.3.3. Effectif capturé sur le cheval

Tableau 11 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé sur cheval

S	7
H'	0,68711817
H max	0,84509804
E	0,81306326

L'examen du (**Tableau 11**), fait ressortir une richesse totale de 7 espèces. La diversité est égale à 0,68. L'équitabilité, présente une valeur de 0,813 indiquant un équilibre dans la distribution d'abondance des espèces qui piquent le cheval.

3.3.4. Effectif capturé sur la vache

Tableau 12 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé sur la vache.

S	11
H'	0,7747354
H max	1,04139269
E	0,74394166

L'examen du (**Tableau 12**), fait ressortir une richesse totale de 11 espèces. La diversité est égale à 0,77. L'équitabilité, présente une valeur de 0,743 indiquant un équilibre dans la distribution d'abondance des espèces qui piquent la vache.

3.3.5. Effectif capturé sur l'humain

Tableau 13 : Paramètres structuraux du peuplement de Culicidés capturé sur humain

S	8
H'	0,67022959
H max	0,90308999
E	0,7421515

L'examen du (**Tableau 13**), fait ressortir une richesse totale de 8 espèces. La diversité est égale à 0,67. L'équitabilité, présente une valeur de 0,742 indiquant un équilibre dans la distribution d'abondance des espèces qui piquent l'humain.

3.5. Dynamique des populations

3.5.1. Dynamique des peuplements de culicidés

3.5.1.1. Dynamique de la population totale capturée

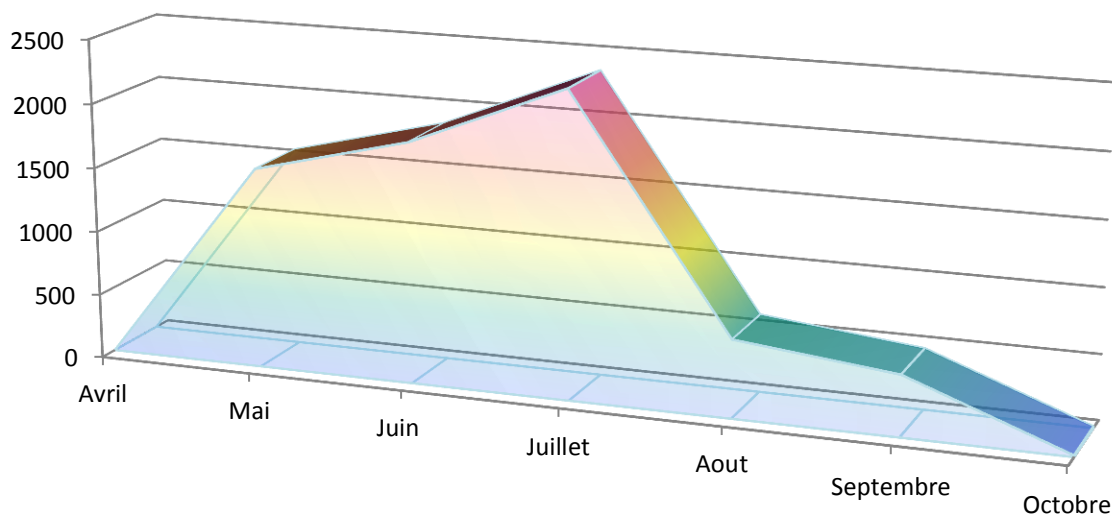


Figure 24 : evolution temporelles des peuplements de culicidés récoltés dans la région d'El-Kala sur l'ensemble des quatre appâts.

La figure ci-dessus nous montre que le pic d'abondance des culicidés capturés dans la région d'El-Kala sur l'ensemble des quatre appâts est observé au mois de juillet avec un effectif total de **2357** individu. les valeurs les moins élevées quand à elles sont surtout observées en début et en fin de saison. Nous observons clairement que l'activité des moustiques débute entre Avril et Mai, croit pour atteindre son pic au mois de Juillet puis diminue sensiblement au mois d'Aout et continue a décliner pour finalement cesser au mois d'octobre. l'activité la plus intense étant durant les mois de **Mai, Juin et Juillet**.

3.5.1.2. Dynamique de la population de culicidés capturée sur l’oiseau

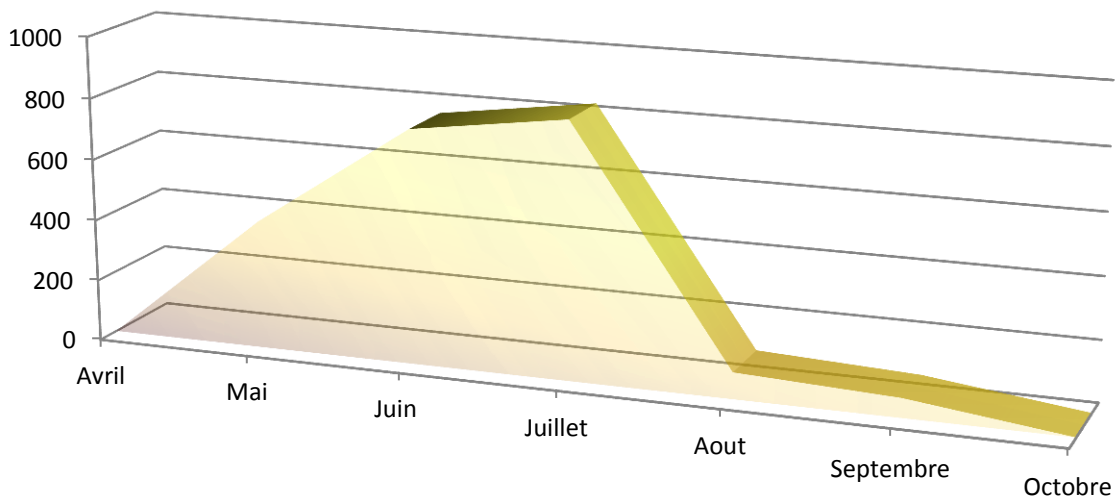


Figure 25: evolution temporelles du peuplement de culicidés récoltés sur l’oiseau.

La figure ci-dessus nous montre que le pic d’abondance des culicidés capturés sur l’oiseau est observé au mois de **juillet** avec un effectif de **833** individus. les valeurs les moins élevées quand à elles sont surtout observées en début et en fin de saison. Nous pouvons notamment observer que l’activité des moustiques débute entre Avril et Mai, croit pour atteindre son pic au mois de Juillet puis diminue subitement au mois d’Aout et continue a décliner pour finalement s’éteindre au mois d’octobre. l’activité la plus intense étant durant les mois de **Mai, Juin** et **Juillet**.

3.5.1.3. Dynamique de la population de culicidés capturés sur le cheval

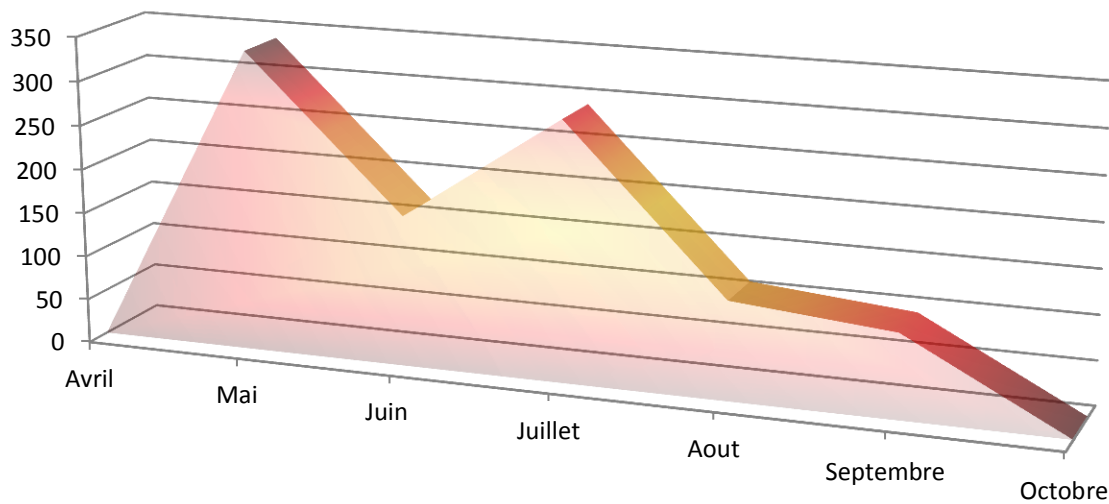


Figure 26 : evolution temporelles des culicidés récoltés sur le cheval.

La figure ci-dessus nous montre deux pics d'abondance des culicidés capturés sur le cheval, un au mois de **Mai** avec (340 individu) et un autre relativement moins important au mois de **Juillet** (292 individu). les valeurs les moins élevées quand à elles sont surtout observées en début et en fin de saison. Nous pouvons notamment observer que l'activité des moustiques débute entre Avril et Mai, et diminue en fin de saison pour se terminer en Octobre. l'activité la plus intense étant durant les mois de **Mai** et **Juillet**.

3.5.1.4. Dynamique de la population de culicidés capturés sur la vache

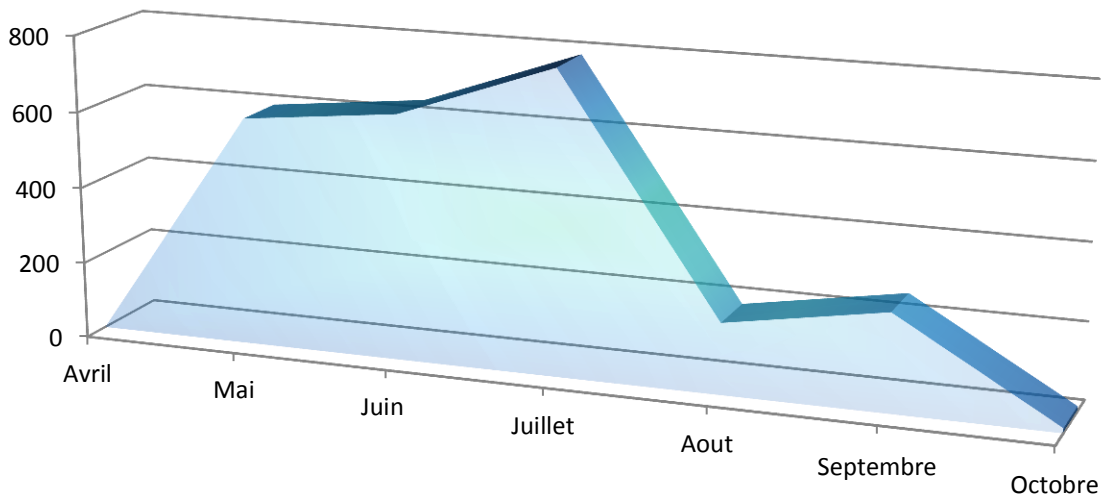


Figure 27 : evolution temporelles des culicidés récoltés sur la vache.

La figure ci-dessus nous montre que le pic d'abondance des culicidés capturés sur la vache est également observé au mois de **juillet** avec un effectif de 789 individus cette activité baisse subitement au mois d'Aout puis reprend au mois de Septembre. les valeurs les moins élevées quand à elles sont surtout observées en début et en fin de saison. l'activité la plus intense étant durant les mois de **Mai, Juin** et **Juillet**.

3.5.1.5. Dynamique de la population de culicidés capturés sur humain

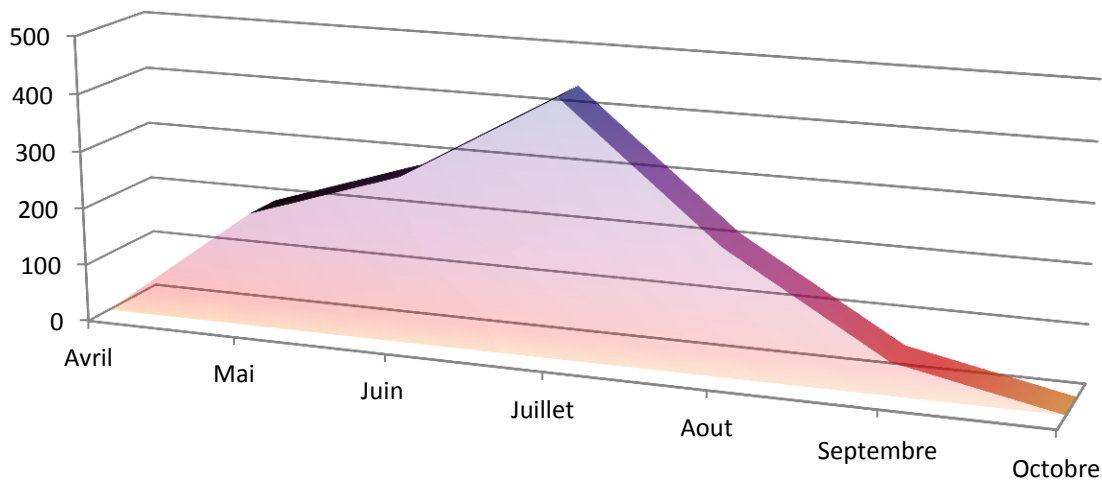


Figure 28 : evolution temporelles des culicidés récoltés sur appat humain.

La figure ci-dessus nous montre que le pic d'abondance des culicidés capturés sur appat humain est observé au mois de **juillet** avec un effectif de **443** individus. les valeurs les moins élevées quand à elles sont surtout observées en début et en fin de saison. Nous pouvons notamment observer que l'activité des moustiques débute entre Avril et Mai, croit pour atteindre son pic au mois de Juillet puis commence une lente diminution pour prendre fin au mois d'octobre. l'activité la plus intense étant **entre** les mois de **Mai** et **Aout**.

3.5.2. Dynamique des espèces de culicidés capturées

Tableau 14 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés dans la région d'El-Kala sur l'ensemble des quatre appâts.

		Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre
1	<i>Cs. litorea</i>	0	277	299	392	88	195	13
2	<i>An. labranchiae</i>	0	373	312	401	45	15	0
3	<i>Cx. pipiens</i>	0	353	451	271	29	16	0
4	<i>Cx. modestus</i>	0	0	56	452	208	26	0
5	<i>Ae. detritus</i>	0	106	73	95	54	55	0
6	<i>Cs, longiareolata</i>	0	15	158	167	0	0	0
7	<i>Ae. caspius</i>	0	55	85	141	23	0	0
8	<i>An. plumbeus</i>	0	24	138	45	37	25	0
9	<i>An. stephensi</i>	0	0	12	148	75	27	0
10	<i>An. maculipennis</i>	0	78	31	99	0	39	0
11	<i>Or, pulcripalpis</i>	0	58	36	42	21	19	0
12	<i>Ae, vexans</i>	0	113	12	2	0	0	0
13	<i>Ae. dorsalis</i>	0	24	85	17	0	0	0
14	<i>Ur. balfouri</i>	0	24	23	39	0	12	0
15	<i>Ae. echinus</i>	0	1	76	3	0	0	0
16	<i>Cs, morsitans</i>	0	23	13	28	0	0	0
17	<i>Cs, annulata</i>	0	0	0	0	0	39	0
18	<i>Ae, biskransis</i>	0	0	0	15	20	1	0
19	<i>Cq. buxtoni</i>	0	13	0	0	0	0	0
20	<i>Cx. laticinctus</i>	0	10	0	0	0	0	0
21	<i>Cx. impudicus</i>	0	7	0	0	0	0	0
22	<i>Ae. geniculatus</i>	0	1	0	0	0	0	0
	Total	0	1555	1860	2357	600	469	13

La figure ci-dessous montre que les culicidés capturés sur les quatre appâts dans la région d'El-Kala sont, d'un point de vue d'ensemble, plutôt actif au mois de juillet (2357 individu capturé), de plus, la plupart des espèces capturées *Cs. litorea* (392 individus) *An. labranchiae* (401 individu) *Cx. modestus* (452 individus) *Cs, longiareolata* (167 individus) *Ae. caspius* (141 individu) *An. stephensi* (148 individus) *An. maculipennis* (99 individus) *Ur. balfouri* (39 individus) *Cs, morsitans* (28 individus) soit 9 espèces sur 22, ont toutes leurs pic d'activité au mois de Juillet, contre 7 espèces pour le mois de Mai *Ae. detritus* (106 individus) *Or, pulcripalpis* (58 individus) *Ae, vexans* (113 individus) *Cq. buxtoni* (13 individus) *Cx. laticinctus* (10 individus) *Cx. impudicus* (7 individus) *Ae. geniculatus* (1 individu), les pics observés au mois de Juin sont ceux de *Cx. pipiens* (451 individus) *An. plumbeus* (138 individus) *Ae. dorsalis* (85 individus) *Ae. echinus* (76 individus) par contre lors du mois de Septembre nous observons un seul pic *Cs, annulata* (39 individus) il en est de même pour le mois d'Aout dans lequel nous observons le pic le moins élevé des 22 espèces capturées *Ae, biskransis* (20 individus).

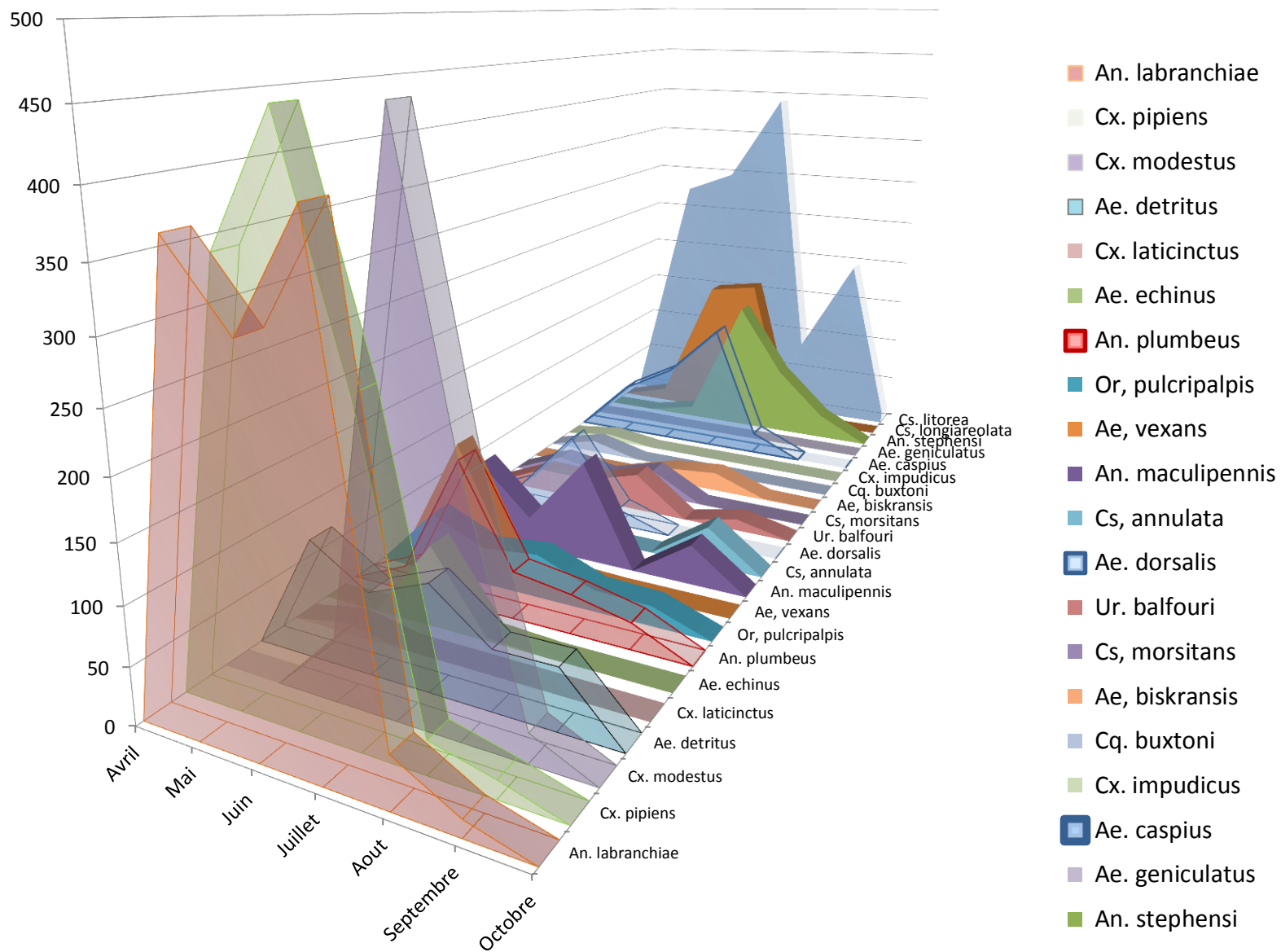


Figure 29 : evolution temporelles des especes culicidiennes recoltées dans la région d'El-Kala sur l'ensemble des quatre appâts.

3.5.2.1. Effectif récolté sur l'oiseau

Tableau 15 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés sur l'oiseau.

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre
<i>Cx. pipiens</i>	0	335	419	245	29	16	0
<i>Cx. modestus</i>	0	0	56	316	16	0	0
<i>Cs, longiareolata</i>	0	15	158	167	0	0	0
<i>Cs. litorea</i>	0	29	68	43	0	0	0
<i>Cs, morsitans</i>	0	23	13	28	0	0	0
<i>An, labranchiaie</i>	0	6	28	9	0	0	0
<i>Or, pulcripalpis</i>	0	0	0	0	21	19	0
<i>Ae, biskransis</i>	0	0	0	15	20	1	0
<i>Cs, annulata</i>	0	0	0	0	0	27	0
<i>Ae, caspius</i>	0	5	9	7	0	0	0
<i>Ae, vexans</i>	0	6	10	1	0	0	0
<i>Ae. echinus</i>	0	0	1	2	0	0	0
Total	0	419	762	833	86	63	0

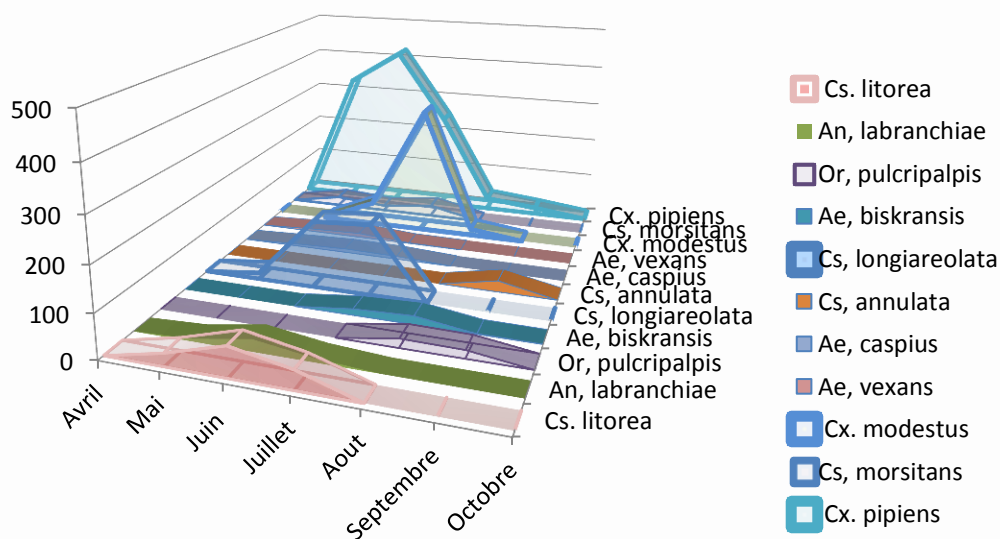


Figure 30 : evolution temporelles des especes culicidiennes récoltées sur l'oiseau

La figure ci-dessus montre que le mois de juillet est le mois qui voit la plus grande activité des culicidés capturés sur l'oiseau (833 individus), les pics d'activité de *Cx. modestus* (316 individus), *Cs. longiareolata*(167 individus), *Cs. morsitans* (28 individus), et *Ae. echinus* (2 individus) sont observés durant ce meme mois, suivi par le mois de juin (762 individus) sur lequel nous pouvons observer le pic d'activité des aspeces suivantes *Cx. pipiens* (419 individus), *Cs. litorea* (68 individus), *An. labranchiaie* (28 individus) et *Ae. vexans* (10 individus), durant le mois d'Aout nous observons le pic d'activité de deux especes *Or*.

pulcripalpis (21 individu), *Ae. biskransis* (20 individus), nous pouvons également observer un pic de *Cs. annulata* (27 individus) au cours du mois de Septembre.

3.5.2.2. Effectif récolté sur le cheval

Tableau 16 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés sur le cheval.

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre
<i>Ae. détrit</i>	0	89	47	58	52	44	0
<i>Ae. caspius</i>	0	48	76	134	23	0	0
<i>An. maculipennis</i>	0	78	31	99	0	39	0
<i>Ae. vexans</i>	0	107	2	1	0	0	0
<i>Cx. modestus</i>	0	0	0	0	36	0	0
<i>Cx. pipiens</i>	0	18	14	0	0	0	0
<i>Cs. annulata</i>	0	0	0	0	0	12	0
Total	0	340	170	292	111	95	0

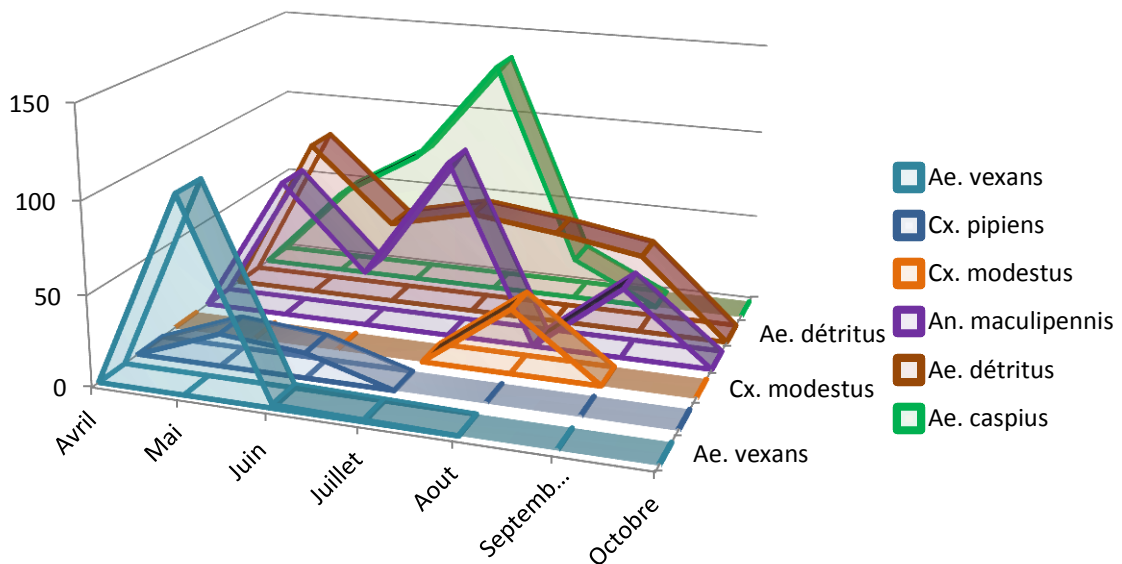


Figure 31 : evolution temporelles des especes culicidiennes récoltées sur le cheval

La figure ci-dessus nous montre que l'activité des culicidés récoltés sur le cheval est à son maximum durant le mois de **Mai** (340 individus), ce mois voit un pic d'activité de trois espèces *Ae. detritus* (89 individus), *Ae. vexans* (107 individus) *Cx. pipiens* (18 individus), d'autre part le mois de juillet voit une activité culicidienne non négligeable avec 292 individus capturés, et un pic de deux espèces *Ae. caspius* (134 individus) et *An maculipennis* (99 individus), le mois d'Aout voit le pic d'activité de *Cx. modestus* (36 individus), et en Septembre nous observons celui de *Cs. annulata* (12 individus).

3.5.2.3. Effectif récolté sur la vache

Tableau 17 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés sur la vache.

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre
<i>Cs. litorea</i>	0	144	156	233	71	192	13
<i>An. labranchiae</i>	0	299	165	266	0	0	0
<i>An. stephensi</i>	0	0	12	148	75	27	0
<i>An. plumbeus</i>	0	24	86	45	37	25	0
<i>Or. pulcripalpis</i>	0	58	36	42	0	0	0
<i>Ae. dorsalis</i>	0	24	85	17	0	0	0
<i>Ae. detritus</i>	0	17	26	37	2	11	0
<i>Ae. echinus</i>	0	1	75	1	0	0	0
<i>Cq. buxtoni</i>	0	13	0	0	0	0	0
<i>Cx. laticinctus</i>	0	10	0	0	0	0	0
<i>Cx. impudicus</i>	0	7	0	0	0	0	0
Total	0	597	641	789	185	255	13

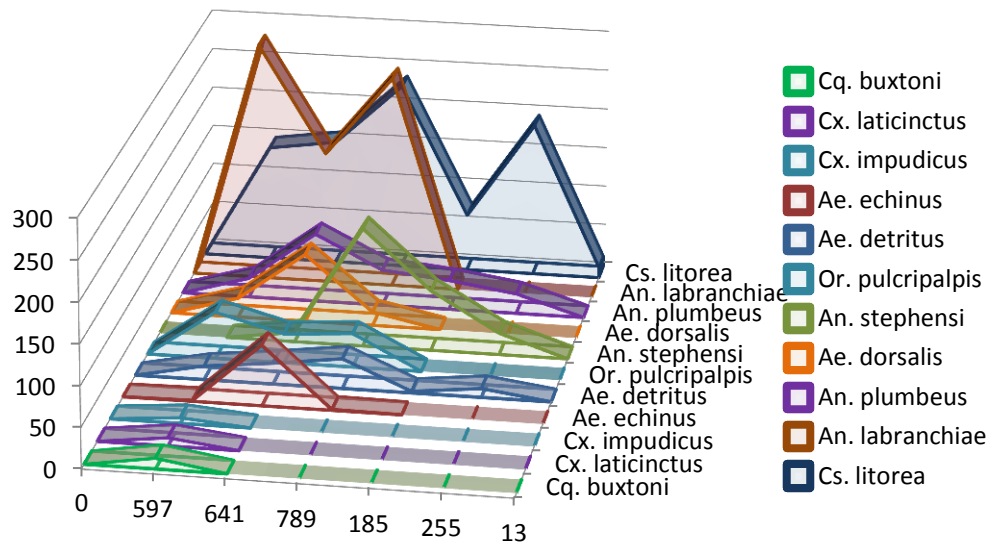


Figure 32 : evolution temporelles des especes culicidiennes récoltées sur la vache

La figure ci-dessus nous montre que l'activité des culicidés récoltés sur la vache est à son maximum durant le mois de **Juillet** (789 individus), ce mois voit un pic d'activité de trois espèces *Cs. litorea* (233 individus), *An. stephensi* (148 individus) et *Ae. detritus* (37 individus), le mois de juin fait ressortir un pic d'activité pour trois espèces *An. plumbeus* (86 individus), *Ae. dorsalis* (85 individus) et *Ae. echinus* (75 individus), le mois de mai voit le pic d'activité de *An. labranchiae* (299 individus), *Or. pulcripalpis* (58 individus) *Cq. buxtoni* (13 individus), *Cx. laticinctus* (10 individus) et *Cx. impudicus* (7 individus).

3.5.2.4. Effectif récolté sur l'humain

Tableau 18 : Composition et évolution temporelle du peuplement de culicidés récoltés sur l'humain.

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre
<i>An. labranchiae</i>	0	68	119	126	45	15	0
<i>Cx. modestus</i>	0	0	0	136	156	26	0
<i>Cs. litorea</i>	0	104	75	116	17	3	0
<i>Ur. balfouri</i>	0	24	23	39	0	12	0
<i>An. plumbeus</i>	0	0	52	0	0	0	0
<i>Cx. pipiens</i>	0	0	18	26	0	0	0
<i>Ae. caspius</i>	0	2	0	0	0	0	0
<i>Ae. geniculatus</i>	0	1	0	0	0	0	0
Total	0	199	287	443	218	56	0

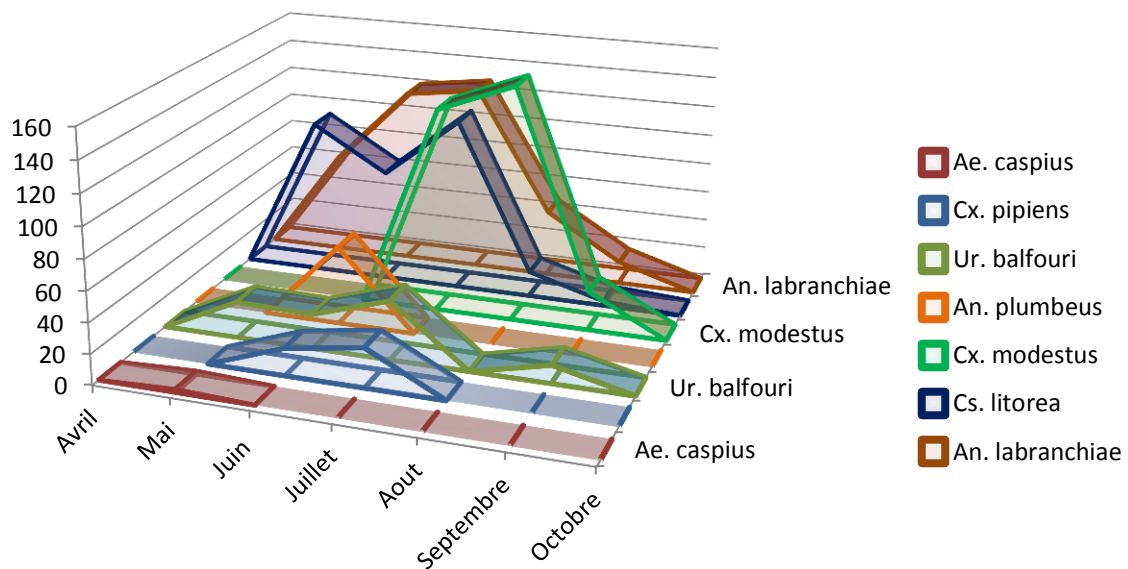


Figure 33 : evolution temporelles des especes culicidiennes récoltées sur l'humain

La figure ci-dessus nous montre que le mois de Juillet est celui qui voit l'activité culicidienne la plus élevée (443 individus capturés), avec des pics d'activité de quatre espèces de culicidés *An. labranchiae* (126 individus) *Cs. litorea* (116 individus) *Ur. balfouri* (39 individus) et *Cx. pipiens* (26 individus) contre une seule espèce pour le mois de Juin : *An. plumbeus* (52 individus) et Aout : *Cx. modestus* (156 individus), le mois de mai quant à lui voit seulement une apparition discrète de *Ae. caspius* (2 individus) et *Ae. geniculatus* (1 individu).

3.6. Préférences trophiques des femelles de culicidés capturées

Les espèces de moustique ont des spécificités d'hôtes plus ou moins strictes. On peut distinguer les espèces qui piquent préférentiellement une classe de vertébrés (oiseaux, mammifères ou batraciens/reptiles), de celles qui sont opportunistes (Clements 1999). Néanmoins, si on connaît la spécificité d'hôtes des moustiques, la question de savoir comment ils sélectionnent leur hôte reste entière (Scott et Edman 1991). Le choix de l'hôte est important pour la transmission vectorielle. En effet, cette dernière nécessite qu'un vecteur s'infecte sur un vertébré en phase de virémie (ou de parasitémie) et repique dans un repas ultérieur un vertébré naïf. Par définition, un vecteur doit donc montrer un comportement trophique lui permettant de piquer successivement ces deux hôtes. Dans le cas de maladies comme la fièvre West Nile, les hôtes peuvent appartenir à des classes de vertébrés différentes (oiseaux et mammifères). Le virus West Nile est un virus dont les hôtes naturels sont les oiseaux (Taylor et al. 1956). Le caractère ornithophile des moustiques transmettant le virus dans les populations d'oiseaux est communément admis. De plus, le virus West Nile est transmis à l'homme ou au cheval par des moustiques piquant à la fois les oiseaux et les mammifères. Pour certains auteurs, ce rôle revient à des espèces opportunistes ou mammophiles qui jouent le rôle de vecteur « pont » (Turell et al. 2005). Pour d'autres, la relative non-spécificité des espèces ornithophiles et leur forte compétence vectorielle leur permettent de jouer ce rôle (Kilpatrick 2005). C'est pourquoi l'étude du comportement trophique des vecteurs est essentielle pour comprendre les schémas de transmission.

Dans le tableau suivant nous tendons à mettre en évidence le trophisme des femelles de culicidés capturées vis-à-vis de différentes espèces animales, selon le fait qu'elles piquent un ou plusieurs appâts à la fois, ceci nous permettra d'avoir une vision plus précise sur le potentiel vectoriel des moustiques de la région d'El-Kala d'après le nombre d'espèces qu'elles peuvent piquer nous pouvons déterminer leur potentiel de transmission de maladies.

Tableau 19: Préférences trophiques des femelles de culicidés capturées.

Espèce culicidienne	Appât				
	Oiseau	Equidé	Bovin	Humain	
<i>Cs. litorea</i>	140		809	315	1264
<i>An. labranchiae</i>	43		730	373	1146
<i>Cx. pipiens</i>	1044	32		44	1120
<i>Cx. modestus</i>	388	36		318	742
<i>Ae. caspius</i>	21	281		2	304
<i>Ae. detritus</i>		290	93		383
<i>An. plumbeus</i>			217	52	269
<i>Or, pulcripalpis</i>	40		136		176
<i>Ae, vexans</i>	17	110			127
<i>Ae. echinus</i>	3		77		80
<i>Cs, annulata</i>	27	12			39
<i>An. maculipennis</i>		247			247
<i>Ae. dorsalis</i>			126		126
<i>Cs, longiareolata</i>	340				340
<i>An. stephensi</i>			262		262
<i>Cs, morsitans</i>	64				64
<i>Ur. balfouri</i>				98	98
<i>Ae, biskransis</i>	36				36
<i>Cq. buxtoni</i>			13		13
<i>Cx. laticinctus</i>			10		10
<i>Cx. impudicus</i>			7		7
<i>Ae. geniculatus</i>				1	1
	2163	1008	2480	1203	6854

Le tableau précédent nous permet de distinguer clairement parmi les espèces culicidiennes capturées dans la région d'El-Kala, celles qui ont un trophisme plutôt large et celles qui en ont un plus ou moins restreint, nous remarquons que des espèces telles que *Cs. litorea*, *An. labranchiae*, *Cx. pipiens*, *Cx. modestus* et *Ae. caspius* ont le trophisme le plus large car elles piquent trois types d'appâts sur les quatre utilisés au cours de notre étude, d'autres telles que *Or, pulcripalpis*, *An. plumbeus*, *Ae. detritus*, *Ae. vexans*, *Ae. echinus* et *Cs, annulata* piquent deux appâts à la fois ; ce qui reste des autres espèces (*An. maculipennis*, *Ae. dorsalis*, *Cs, longiareolata*, *An. stephensi*, *Cs, morsitans*, *Ur. balfouri*, *Ae, biskransis*, *Cx. laticinctus*, *Cq. buxtoni*, *Cx. impudicus*, *Ae. geniculatus*) se montrent plus ou moins sélectives car elles n'ont piqué qu'un seul type d'appât sur toute la longueur de notre période d'échantillonnage.

4. Discussion

L'importance de l'étude de la faune culicidienne d'une région donnée n'échappe à personne. Le rôle des moustiques dans la transmission des maladies à parasites et à virus est une notion devenue classique depuis bien longtemps. En dehors des endémies bien connues comme le Paludisme et la Dengue par exemple, tout un groupe de maladies virales ou parasitaires, maladies d'avenir, si l'on peut employer ici cette expression que *Charles N.* appliquait à d'autres affections, a fait son entrée dans la pathologie humaine ou animale, groupe dont la transmission se fait aussi par des culicidés telles que les encéphalites et méningo-encéphalite de Saint-Louis ou H5N1 et H1N1 pour ne citer que celles-ci.

Avec l'étude précise des culicidés du Parc National d'El-Kala, étude indispensable pour toute enquête épidémiologique de la région et incriminant la transmission vectorielle des maladies par les moustiques, nous essaierons, en une vue d'ensemble, d'intégrer le rôle de ces diptères dans les contextes pathologiques et faunistiques de cette partie du monde méditerranéen.

Nous citerons alors les noms de *Hasson, Weiss, Langeron, Villain, Wassilief et Ristorcelli, Callot, Sicart*, qui nous ont devancé dans la caractérisation des culicidés méditerranéens. et plus récemment, les recherches de T. Balenghien sur l'identification des vecteurs du virus West Nile dans le sud de la France, et qui a utilisé des appâts animaux et humains.

Les espèces de culicidés méditerranéens se répartissent en 6 genres (*Anopheles, Uranotaenia, Culex, Culiseta, Coquilletidia, Aedes, Orthopodomyia*) qui possèdent des représentants dans toutes les régions du globe (logiciel de J. Brunhes et al.). Toutes ne sont pas directement impliquées dans la transmission de maladies, ou du moins pas encore, nous citerons à titre d'exemple *Cs. litorea* qui bien que nous l'ayons vu précédemment, a piqué trois types d'appâts sur les quatre choisis pour notre étude, elle n'est, selon le logiciel de J. Brunhes et al., incriminée jusqu'à ce jour dans aucune transmission de parasitoses humaines. Mais la plupart des culicidés prennent une part

importante dans l'expansion de grand nombre de pathologies, De plus, avec cette nouvelle notion de maladies émergentes et réémergentes liées aux changements climatiques et au réchauffement de la planète, nous ne sommes pas à l'abri de voir des espèces de moustiques jusqu'alors réputées inoffensives (pathologiquement parlant) tel que *Cs. litorea* qui pique plusieurs espèces d'hôtes à la fois devenir vecteur principal de pathologies graves et très mortelles.

Nous avons pu durant nos recherches bibliographiques découvrir que les études de De Vogel 1907 et par la suite celles de Van der Hoeven 1924 ont parlé de l'influence de la salinité de l'eau sur la capacité des *An. maculipennis* à transmettre le paludisme, ces recherches ont été appuyées par la suite par Van Thiel en 1926, selon leurs recherches l'espèce *An. maculipennis* serait transmetteuse du paludisme quand elle avait pour origine des régions à eaux saumâtres, et qu'elles ne le seraient pas ailleurs, selon ces chercheurs l'influence des facteurs environnementaux, en l'occurrence la salinité de l'eau, est un facteur déterminant sur la capacité de *An. maculipennis* à transmettre le paludisme.

Nous pouvons extrapoler, puisque l'environnement influence la capacité d'une espèce culicidienne à passer du stade de simple insecte nuisible, à celui de vecteur d'une épidémie aussi grave que le paludisme, nous pouvons émettre l'hypothèse que d'autres facteurs environnementaux pourraient en faire de même, hausse ou baisse de la température, hygrométrie, pollution ...etc. et donc porter le seuil du risque d'apparition d'une épidémie à un niveau bien plus élevé qu'il ne l'est dans l'état actuel des choses.

Nous verrions par exemple *Cs. litorea*, qui est l'espèce la plus représentée parmi les effectifs que nous avons capturé (1264 individus soit 18,44%) et dont le trophisme englobe trois espèces d'appâts sur les quatre choisis pour notre étude (oiseau, cheval, bovin et l'homme) devenir vecteur principal hautement actif de nouvelles maladies qui ne sont même pas sensées se développer dans une région telle que le Parc National d'El-Kala, nous pouvons aisément imaginer un scénario d'apparition et de propagation de maladies tropicales et l'impact que cela aurait tant sur le plan écologique et l'équilibre de l'écosystème de la région que sur la production animale et

la santé vétérinaire et aussi sur la santé publique, « **les maladies venues d'ailleurs** » ferait une bonne accroche pour un film de science-fiction.

Le risque est d'autant plus grand si l'on prend en considération le fait que cette région voit arriver chaque année des dizaines de milliers d'oiseaux migrateurs, qui vont se confondre avec les espèces sédentaires ; si l'on prend également en ligne de compte l'incroyable richesse faunistique du parc et donc l'incroyable nombre de vecteurs potentiels et de réservoirs naturels pour d'éventuelles germes apportés par ces oiseaux ; le fait que cette région soit une zone humide, et donc très propice en elle-même au développement d'épidémies ; si à cela nous ajoutons le fait que lorsqu'on parle de maladies réémergentes cela va encore car nous connaissons déjà ces maladies, mais lorsqu'il s'agit de maladies émergentes cela implique une ignorance totale ou presque de la pathologie ; de son caractère enzootique, épizootique ou zoonotique ; de l'agent pathogène responsable ; du mode de transmission ; des vecteurs directes ou indirectes impliqués ; des réservoirs naturels potentiels ; de la méthode de prévention ou de lutte ; tout cela nous conduit à conclure que le risque en santé publique et en médecine vétérinaire est des plus élevés. Et pour pouvoir prétendre à maîtriser une épidémie, il est impératif de maîtriser tous les facteurs intervenant directement ou indirectement à son apparition, sa propagation et sa réapparition ultérieure, et il faut avouer qu'avoir un tel nombre de facteurs que ceux cités précédemment à gérer est loin d'être une tâche aisée.

Prenant en considération le fait qu'un tel risque existe, et qu'il est d'autant plus élevé si l'on a affaire à des « germes venus d'ailleurs », il nous est apparu plus judicieux de nous intéresser de *prima bord* au facteur risque lié à la principale cause de transmission et de propagation des germes importés par les oiseaux migrateurs dans la région d'El-Kala, vers les espèces sédentaires et vers les animaux de la région, en prenant essentiellement en considération que le vecteur le plus connu par la communauté scientifique dans la transmission de ce genre de maladies est notre très cher et vieil ennemi le moustique. Notre étude s'est donc axée sur le rôle potentiel des culicidés du Parc National d'El-Kala dans la transmission de maladies émergentes et réémergentes dans la région, nous avons à cet effet choisi quatre espèces différentes d'appâts : un oiseau, un cheval, une vache, et un humain et ce, afin de pouvoir estimer

l'étendu de la propagation potentielle d'épidémies et la transmission éventuelle intra et inter-espèces si l'une d'elles venait à se déclarer.

4.1. Caractérisation des peuplements

A la lumière de notre phase d'échantillonnage des culicidés sur appâts, et après identification des effectifs capturés d'après la clé d'identification des culicidés d'Afrique méditerranéenne (Logiciel de J. Brunhes et al. 1999 IRD de Montpellier et Institut Pasteur de Tunis,) nous avons dénombrés un total de 6854 femelles et de 109 mâles, les femelles ont été les seules prises en ligne de compte, car seules piqueuses et hématophages et donc seules transmetteuses potentielles de maladies, ces dernières ont pu être classées en 22 espèces différentes dont 4 faisant partie de la sous-famille des anophélineae et 18 espèces faisant partie de la sous-famille des culicinae (**voir tableau 4**).

Parmi les 22 espèces identifiées, nous avons découvert que **04** d'entre elles ne sont pas répertoriées comme existant en **Algérie** (clé d'identification des culicidés d'Afrique méditerranéenne, Logiciel de J. Brunhes et al. 1999), il s'agit de :

- ***Anophèle maculipennis*** :

Selon le logiciel de J. Brunhes et al. 1999 l'espèce n'a pas été signalée en Afrique méditerranéenne. bien que les frères Sergent 1902 ont comparé l'*An maculipennis* de la banlieue de Paris à celle de l'Algérie, ce qui sous-entend qu'elle y a été identifiée et étudiée, E. Roubaud en 1935 affirme en avoir étudié des spécimens qui lui ont été transmis depuis le Maroc. Ces informations n'ont vraisemblablement pas été prises en compte par la bibliographie actuelle car officiellement cette espèce n'existe pas en Afrique méditerranéenne, et encore moins en Algérie. Il nous semble à ce propos important de mentionner que cette espèce est incriminée dans la transmission du paludisme (Swelengrebel N-H 1933)

- ***Anophèle stephensi*** :

A été signalée en Egypte par Glick 1992. (J. Brunhes et al. 1999)

- ***Coquillettidia buxtoni***

A été signalée uniquement dans les plaines nord atlantiques du Maroc. (J. Brunhes et al. 1999)

- ***Uranotaenia balfouri***

De même que *Cq. buxtoni* n'a été signalée que dans les plaines nord atlantiques du Maroc. (J. Brunhes et al. 1999).

4.2. Paramètres structuraux

4.2.1. Richesse spécifique « S »

Le (tableau 9) fait ressortir une richesse spécifique de 22 espèces, ce qui exprime une grande richesse de la faune culicidienne au Parc National d'El-Kala, les tableaux 10, 11, 12 et 13 montrent que la richesse spécifique relative aux appâts sélectionnés varie entre 7 et 12, la moins importante est retrouvée chez le peuplement de culicidés piquant le cheval et la plus élevée est retrouvée chez l'oiseau. Nous expliquons ceci par la disponibilité de l'appât sélectionné dans la région, en effet, les oiseaux sont bien plus nombreux que les équidés dans la zone de notre étude, cette région lacustre est surtout connue pour l'afflux annuel de dizaines de milliers d'oiseaux migrateurs qui viennent s'ajouter à l'effectif d'oiseaux sédentaires de la région, par contre les chevaux ne font pas partie de la faune sauvage de la région, c'est à peine s'ils font l'objet de l'intérêt de certains éleveurs ou du centre équestre de l'auberge du lac Tonga, de ce fait, ils ne suscitent pas un intérêt particulier de la part des culicidés de la région, contrairement aux oiseaux qui représentent un hôte idéal car très disponible.

4.2.2. Equitabilité « E »

L'équitabilité du peuplement de culicidés capturés au PNEK est de 0,79 (tableau 9) ce qui exprime une distribution d'abondance équilibrée, et traduit une grande richesse des ressources de l'environnement dans lequel ils vivent, et donc une très faible compétition interspécifique. Nous expliquons cela par le fait que les différentes populations de culicidés capturés ne sont pas toutes actives à la même période ce qui diminue le risque d'une compétition interspécifique forte et donc la dominance d'une espèce au dépens d'une autre.

L'équitabilité calculée en fonction des appâts varie entre 0,64 et 0,81 (tableau, 10, 11, 12 et 13), la plus faible étant celle de l'oiseau alors qu'il présente la plus grande richesse spécifique, et la plus élevée a été relevée chez le cheval bien qu'il présente la plus faible richesse spécifique, nous expliquons ces résultats par le fait que les culicidés relevés sur le cheval sont pour la plupart généralistes alors celles relevées sur l'oiseau sont pour la plupart ornithophiles bien qu'il y ait également des généralistes, ces espèces spécialistes piquent donc plus souvent l'oiseau que les autres espèces culicidiennes, d'où l'infériorité de l'équitabilité des espèces culicidiennes relevées sur l'oiseau par rapport aux autres appâts. A l'inverse les espèces culicidiennes piquant le cheval sont des

espèces généralistes qui piquent en même temps les autres mammifères de la région dont la vache et l'homme qui font partie de notre étude, de par ce caractère généraliste nous retrouvons un équilibre dans les peuplements des culicidés piquant le cheval.

4.2.3. Diversité spécifique « H' »

La diversité spécifique du PNEK est de 1,06 (tableau 9) ce qui est très élevé et exprime un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée.

Concernant les indices de biodiversité relevés sur les différents appâts, nous retrouvons des valeurs variant entre 0,67 et 0,77 (tableaux 10, 11, 12 et 13) la valeur la plus élevée étant relevée chez la vache et la plus faible chez l'homme, ceci s'explique par le fait que notre zone d'étude soit très peu anthropisée et surtout par le fait que la vache présente une plus grande surface épidermique que toutes les autres espèces et donc plus de surface à piquer et ce fait est renforcé par l'effectif bovin élevé dans la région.

4.3. Choix des sites d'échantillonnage

Notre choix des sites d'études avait pour objectif d'obtenir une capture constituée du peuplement le plus hétérogène que possible et le plus représentatif des culicidés présents dans la région du PNEK.

Nous estimons que cet objectif est atteint.

En effet, non seulement nous avons capturé pas moins de 22 espèces différentes de culicidés dont 4 non répertoriées auparavant en Algérie, mais elles sont surtout très hétérogènes du point de vue habitat (forêt, buissons, herbes, types de plans d'eau), lieu de ponte (eau, boue, troncs d'arbres, flaques, marécages, mer) qualité et salinité de l'eau (douce, saumâtre, salée, propre, polluée, courante, stagnante) et de leur trophisme (ornithophiles, mammophiles, anthropophiles, batracophiles, à trophisme spécifique et/ou généraliste) (réf : 3.1.1. **Identification et description des espèces**).

4.4. Abondance et diversité

Sur les 22 espèces capturées la plus dominante est *Cs. litorea* **18,44%**, suivie de *An. labranchiae* avec **16,72%**, *Cx. pipiens* **16,34%** et *Cx. modestus* avec **10,83%**, les moins dominantes étant *Cq. buxtoni*, *Cx. laticinctus*, *Cx. impudicus*, *Ae. geniculatus* avec respectivement **13**, **10**, **7** et **1** individus capturés sur un total de 6854.

Ce résultat fait jallir une richesse spécifique de 22 espèces, ce qui est supérieur à celle dévoilée en camargue, France (T. Balenghien 2006) et qui est de 15 espèces, cependant, la bibliographie fait référence à une richesse spécifique de 24 espèces (Rioux et Arnold 1955).

Au sein de l'effectif récolté sur l'**oiseau**, nous avons noté une nette dominance de **Cx. pipiens** avec un taux de **48,27%**. La richesse spécifique étant de 12 contre 6 en camargue avec une dominance de Cx. pipiens avec 85% de l'effectif capturé (T. Balenghien 2006).

Au sein de l'effectif capturé sur le **cheval** nous avons pu observer la dominance de trois espèces *Ae. détritius*, *Ae. caspius* et *An. maculipennis* avec une abondance représentant respectivement **29%**, **28%** et **24%** et une richesse spécifique de 7 contre 15 en camargue avec la dominance de *Ae. caspius* **33%**, *Ae. vexans* **31%** et *An. maculipennis sensu lato* **30%** (T. Balenghien 2006).

Chez la vache, les espèces dominantes sont *Cs. litorea* **32,62%** et *An. labranchiae* **29,44%**, cette espèce n'a pas été sélectionnée comme appât en camargue car ne faisant pas partie du cycle de transmission de la maladie de West Nile.

Pour finir les espèces dominantes au sein de l'effectif récolté sur l'humain sont au nombre de trois *An. labranchiae* avec **31%**, *Cx. modestus* avec **27%** puis *Cs. litorea* avec **26%**, la richesse spécifique étant de 8 contre 11 en Camargue avec une dominance de *Ae. caspius* **54%** et *Ae. vexans* **35%** (T. Balenghien 2006).

4.5. Dynamique des peuplements

Il est important de signaler que bien que la période de capture que nous avons choisie s'est étendue du 15 Novembre 2007 au 15 Octobre 2008, les moustiques ne se sont mis en activité qu'à partir du mois de Mai 2008, date avant laquelle aucune activité d'adultes ou apparition de larves n'a été observée. Cependant, lors de notre investigation auprès de la population locale aux abords du lac El-Mellah, nous avons été informés par celle-ci qu'elle souffrait de la nuisance des moustiques tout le long de l'année, mais bien qu'ayant vérifié à maintes reprises la plupart des étendues d'eaux environnantes, nous n'avons décelé absolument aucune activité larvaire, nous en avons conclu par la suite que ces moustiques nichaient tout le long de

l'année à l'intérieur même des domiciles des populations locales, ayant trouvé les conditions idéales de survie (gîte, température, repas...) elles sont restées en activité même en période de froid, mais il semblait que cette activité se limitait exclusivement à l'intérieur des domiciles, cette hypothèse se confirma par deux faits :

- D'abord, en nous exposant régulièrement en tant qu'appât selon notre protocole d'échantillonnage nous n'avons pas été piqué une seule fois, ni les autres appâts que nous avons utilisé d'ailleurs.
- Ensuite, en poussant plus loin notre enquête auprès des locaux, nous avons découvert que certaines maisons ne souffraient pas de ce problème de nuisance, il s'est avéré par la suite lorsque nous avons soulevé la question d'hygiène, que celles-ci aient effectivement été nettoyées de fond en comble pour le mois sacré de Ramadhan 2007 (13 Septembre au 13 Octobre) ce qui tombe précisément à la même période de diminution de l'activité culicidienne. Ces maisons ayant été investies par les moustiques durant l'été (qui se sont vus délogés par le nettoyage) n'ont pas été réinfectées ou l'ont faiblement été par la suite (c'est à dire à l'automne), d'où les propriétaires qui ne se plaignaient pas.

La capture des moustiques a révélé une fluctuation d'abondance en fonction du temps, le graphique de la figure 24 démontre que globalement l'activité culicidienne est à son maximum durant le mois de juillet, et à son plus bas en début et en fin de saison.

Les figures 25,26, 27 et 28 relatives à l'évolution temporelle de l'activité culicidienne pour les quatre appâts pris séparément, démontrent un schéma pratiquement similaire au schéma global, avec une activité optimale au mois de juillet.

De la même manière, on peut également remarquer, sur l'ensemble des figures précitées, une très nette baisse d'activité culicidienne au mois d'Aout, ceci vient pourtant en contradiction avec la bibliographie qui stipule, et l'ensemble des spécialistes s'accordent là-dessus, que l'activité culicidienne est proportionnelle à la hausse de température.

Au niveau du Parc National d'El-Kala, le mois d'Aout est pourtant le mois le plus chaud de l'année.

Alors pourquoi cette contradiction ? Y aurait-il un seuil, ou un plafond de température qui aurait, une fois atteint, un effet inhibiteur sur l'activité des culicidés du PNEK? Ces espèces seraient-elles différentes de celles observées ailleurs ?

La réponse s'est avérée simple, à condition de prendre en considération les conditions d'aboutissement à une activité culicidienne optimale, certes il y a le paramètre de la température, mais aussi le gîte de ponte et la disponibilité du repas.

Concernant la disponibilité du repas, le problème ne se pose pas au PNEK vu la richesse faunistique de ce dernier, cependant pour les gîtes de ponte, l'une des conditions principales pour arriver à l'éclosion des œufs, c'est la mise à l'eau.

Hors, au mois d'Aout, la plupart des plans d'eau sont asséchés par la température qui est très élevée. Même les Lacs perdent une quantité considérable d'eau. Le résultat est que les œufs pondus aux bords des rivières, sur la surface des étangs et des petites nappes d'eau, et sur les bords des lacs, ne sont plus en contact avec l'eau, et donc n'éclosent pas, d'où la diminution du nombre d'adultes et par conséquent de l'activité culicidienne de façon générale.

4.6. Dynamique des espèces capturées

La période d'activité maximale des culicidés n'est pas la même pour toutes les espèces, certaines ont une activité printanière, certaines estivales et d'autres sont plus actives en automne. Ici nous avons tenté de mettre en évidence l'activité des différentes espèces de culicidés au cours de la période d'échantillonnage.

La **figure 29** démontre clairement les fluctuations des effectifs de chaque espèce au fil des mois, sur toute la longueur de la saison chaude. Nous pouvons y remarquer qu'effectivement le ou les pics d'activité des espèces de culicidés capturées ne se situent pas toujours sur le même mois.

Si l'on prend à présent en considération l'évolution temporelle des espèces de culicidés capturées, nous pouvons remarquer que *Ae. detritus*, *Or. pulcripalpis*, *Ae. vexans*, *Cq. buxtoni*, *Cx. laticinctus*, *Cx. impudicus* *Ae. geniculatus* sont les espèces les plus actives à la fin du printemps, d'autres manifestent un pic d'activité en début de la saison chaude notamment *Cx. pipiens*, *An. plumbeus*, *Ae. dorsalis* et *Ae. echinus*, en milieu de saison chaude, et surtout durant le mois de Juillet, l'activité culicidienne globale atteint son apogée avec plus de 2357 individus capturés répartis sur 9 espèces *Cs. litorea*, *An. labranchiae*, *Cx. modestus*, *Cs. longiareolata*, *Ae. caspius*, *An. stephensi*, *An. maculipennis*, *Ur. balfouri*, *Cs. morsitans*. Seule *Ae. biskraensis* démontre un pic d'activité au mois d'Aout, et *Cs. annulata* au mois de Septembre (**tableau 14**). Ces résultats concordent parfaitement avec la bibliographie relative à la période d'activité des espèces de culicidés que nous avons capturés.

Si l'on extrapole ces résultats avec l'activité des espèces en fonction des appâts, nous remarquons que les résultats sont pratiquement similaires, à quelques différences près, nous avons pu noter que même si le pic d'activité d'une espèce de culicidé donnée pouvait varier d'un appât à un autre elle demeurerait cependant active à la même période de la saison. Cependant cette différence serait très intéressante à étudier de manière plus approfondie de sorte à mettre en évidence l'impact de ce facteur sur l'activation ou la transmission d'une maladie donnée telle que le paludisme, la période séparant la pique d'une espèce d'appât et une autre, peut concorder avec le temps nécessaire aux larves de paludisme pour devenir actives et donc pathogènes pour la seconde espèce d'appât.

4.7. Trophisme et rôle vectoriel

Afin de mettre en évidence le danger potentiel de d'apparition et de transmission d'épidémies dans le PNEK, nous avons établi le tableau suivant qui recense, parmi les 22 espèces culicidiennes que nous avons capturées, celles d'entre-elles transmetteuses de maladies, nous en avons dénombré 10 qui sont les suivantes :

Tableau 20 : Rôle vectoriel des culicidés capturés au PNEK sur les quatre appâts.

Espèce culicidienne	%	Trophisme	Maladie parasitaire	Maladie virale	Maladie bactérienne
<i>An.labranchiae</i>	16,72	3	paludisme		
<i>Cx.pipiens</i>	16,34	3	filariose de Bancroft	virus Sindbis virus West Nile et virus Rift Valley	
<i>Culex modestus</i>	10,83	3		virus West Nile, virus Tahyna et la myxomatose.	
<i>Ae. detritus</i>	05,59	2		myxomatose	
<i>An. plumbeus</i>	03,92	2	Transmet expérimentalement (Plasmodium, filaires)	Transmet expérimentalement (des virus)	
<i>An. maculipennis</i>	03,60	1	paludisme		
<i>Ae. vexans</i>	01,85	2		virus Tahyna	
<i>Ur. balfouri</i>	01,43	1		virus de batraciens	
<i>Cs .annulata</i>	00,57	2		myxomatose	
<i>Ae. biscraensis</i>	00,53	1		arboviroses (fièvre jaune, fièvre de la vallée du Rift, dengues, etc.)	

Ce qui est très remarquable sur ce tableau c'est l'absence de maladies bactériennes, ceci s'accorde en fait avec la bibliographie, car nous n'avons trouvé nulle part aucun document impliquant les culicidés dans la transmission de maladies bactériennes. La quasi-totalité des documents relatifs aux maladies transmises par les moustiques que nous avons consulté, qu'ils soient francophones ou anglo-saxons, ne parlent que de maladies virales (arbovirus) ou, à des parasites (des protozoaires de type *filaires*).

Nous supposons donc que les atteintes d'infections bactérienne liées aux piqûres de moustiques, si elles ont lieu, ne sont probablement que des complications survenant suite à une atteinte préalable d'un virus ou d'un protozoaire par inoculation suite à un repas sanguin, causant une dépression immunitaire et ouvrant les portes à une surinfection bactérienne.

D'autre part, si l'on s'intéresse au trophisme des dix espèces reconnues comme responsables de la transmission de maladies, nous pouvons remarquer que le tiers de ces espèces ont le trophisme le plus large car elles piquent trois espèces animales à la fois, et il s'avère que ces mêmes culicidés sont les mieux représentés dans la région du PNEK avec des taux de présence variant de 11% à 17%, de l'effectif total capturé, il s'agit notamment de *An. labranchiae*, *Cx. pipiens* et *Cx. modestus*, d'autres espèces, moins bien représentées montrent un trophisme moins large, car ayant piqué deux appâts sur quatre, il s'agit de *Ae. detritus* 6%, *An. plumbeus* 4%, *Ae. vexans* 2% et *Cs. annulata* 0.5%, les trois espèces restantes, à savoir, *An. maculipennis* 4%, *Ur. balfouri* 1% et *Ae. biscraensis* 0.5% ne piquent qu'un seul appât.

Si l'on observe à présent le tableau 19 on peut remarquer que les espèces les plus généralistes, sont les mieux adaptées à l'environnement du PNEK, leur aptitude à se nourrir sur plusieurs espèces animales leur a vraisemblablement conféré la place d'espèces dominantes quand les autres, moins généralistes ou spécialistes sont moins bien représentées.

Les 10 espèces de culicidés recensées sur le tableau 20, sur le total des 22 espèces capturées, sont officiellement reconnues comme étant transmetteuses de pathologies.

Les 12 espèces restantes, en sont-elles donc pour autant discriminées ?

Des études sont actuellement en cours, notamment au CNRS en France, afin de déterminer le rôle des changements climatiques ou l'influence de certains polluants dans le pouvoir activateur des moustiques pour certains agents pathogènes tel que le plasmodium. Les moustiques sous l'influence de certains produits chimiques ou à cause des changements climatiques, seraient susceptible de ne plus activer la mue des filaires dans leur organisme et

donc ne plus devenir pathogènes, ceci est le scénario idéal, d'autre part, il est également possible que ces facteurs influencent cette activation de sorte à ce qu'elle se fasse plus rapidement, et c'est déjà moins rassurant, mais il est également envisageable de voir certaines espèces, jamais impliquées auparavant dans la transmission de maladies, devenir hautement actives dans leur transmission, dans notre cas de figure, au PNEK, si un tel scénario devait se produire pour une espèce telle que *Cs. litorea*, qui est l'espèce dominante par excellence dans l'effectif que nous avons capturé et qui est également, comme nous l'avons vu dans le **tableau 19**, une espèce au trophisme généraliste, car elle s'est nourrie sur trois des quatre appâts que nous avons employés pour notre étude (notamment l'homme), les conséquences seraient tout simplement dramatiques.

4.8. Incidences

La propagation d'une maladie à transmission vectorielle (par les moustiques) dans le PNEK aurait de sérieuses incidences sur la région entière, tant sur le plan écologique, que celui vétérinaire, mais également sur le plan de la santé publique et enfin économique-social de la région.

4.8.1. Incidences écologiques

L'expansion d'une maladie vectorielle à partir d'animaux migrateurs vers les animaux sédentaires via les moustiques serait susceptible d'induire une épidémie au sein d'une ou de plusieurs espèces, non habituées à contracter cette maladie, les conséquences pour les espèces vivant en groupe et dont la vie sociale présente une certaine proximité des individus composant le peuplement ne ferait que favoriser la propagation de l'épidémie et intensifier sa virulence.

La diminution du nombre d'individus de cette espèce, on parle parfois de décimation, ou encore les séquelles chroniques de la maladie sur les survivants, aurait un impact considérable sur la reproductivité des individus, défavoriseraient ces espèces face à leurs compétiteurs interspécifiques et leur prédation deviendrait plus facile, il peut même arriver que certaines espèces disparaissent. Les conséquences d'une telle disparition d'un maillon de la chaîne alimentaire, serait la pullulation des espèces prédatées par ce dernier, qui vont épuiser les ressources, et d'autre part la disparition ou la diminution du nombre de prédateurs ; ou encore, par nécessité, ces derniers vont incessamment prédateur une autre espèce et la mettre en danger ce qui dans l'ensemble constitue un réel déséquilibre.

Il n'est plus à démontrer que l'équilibre d'un écosystème dépend de l'équilibre maintenu entre ses composants floristiques et faunistiques, si cet équilibre venait à être rompu, c'est tout l'écosystème qui en subirait les conséquences et serait déséquilibré à son tour.

Le pire cependant à envisager, serait la disparition d'une espèce rare ou déjà menacée.

De plus la lutte anti vectorielle, implique l'utilisation de produits chimiques (insecticides et pesticides) très hautement toxiques pour les vecteurs certes, mais également pour la faune et la flore locale.

4.8.2. Incidences vétérinaires

De la même manière que les animaux sauvages les animaux domestiques d'élevage, notamment les élevages extensifs mais surtout intensifs, subiraient de lourdes pertes en têtes de cheptel, pour les animaux de rente, la viande n'est pas commercialisables, les produits dérivés tels que le lait et les œufs non plus, lors de cas de maladies à déclaration obligatoires, des zones de quarantaines sont instaurées, des mesures préventives sont parfois prises en effectuant un abattage systématique des troupeaux atteints ou même suspects, les conséquences sur la production animale sont lourdes à long terme car la productivité et la reproductivité des animaux diminue, d'un point de vue zootechnique également on peut déplorer des pertes de la qualité, lorsqu'il s'agit d'animaux nobles tel que le cheval il y a le risque de perdre des étalons d'une valeur génétique inestimable.

4.8.3. Incidences sur la santé publique

De par l'atteinte suite à une transmission vectorielle, ou suite à la consommation de denrées alimentaires d'origine animale provenant d'animaux atteints, ou suite a des fautes professionnelles au sein même des services de santé, l'homme peut aussi être atteint par ces pathologies. Le cas le plus probable et surtout le plus dangereux étant une épidémie due à une transmission vectorielle.

Si un tel scénario venait à se produire, les conséquences en santé publique seraient catastrophiques, sachant que la région du PNEK offre les conditions optimales pour le développement et l'expansion d'épidémies, à fortiori si le vecteur est présent en grand nombre, si son trophisme est plus ou moins anthropophile, et si le germe responsable de l'épidémie présente une virulence élevée.

La sonnette d'alarme est souvent tirée tardivement dans ce genre de cas, car les services de santé et d'épidémiologie ne sont souvent pas préparés pour faire face à une apparition

subite d'épidémies, les services de santé se retrouvent souvent submergés d'une flopée de malades présentant les mêmes symptômes mais ne répondant à aucun traitement administré, à plus forte raison si le germe n'est pas identifié à temps, et que dans l'attente le nombre de malades augmente considérablement. Les services de santé se retrouvent dans l'incapacité d'assurer des soins adéquats à tous les patients car en manque d'effectifs, de logistique et de produits pharmaceutiques, conséquence, les malades les plus immunodéprimés, faibles, les femmes enceintes et les individus âgés ou très jeunes présentent souvent des atteintes graves et même des cas de mortalité.

4.8.4. Incidences économique-sociales.

La tentative de préserver l'équilibre au PNEK induira un investissement en personnel spécialisé et en logistique. L'investissement dans la lutte anti vectorielle et la protection des espèces en danger s'avèrera onéreuse.

Les autorités locales se verront dans l'obligation d'accorder des aides financières aux éleveurs qui auront perdu leur cheptel soit décimés par la maladie soit abattus de façon préventive.

L'approvisionnement en denrées alimentaires d'origine animale se fera à partir d'autres wilayas, ce qui coûterait plus cher avec les frais de transport. Ou encore, la population, devenue craintive, se refusera d'acheter de la viande animale, nous avons déjà vu cela se produire lors de l'épidémie de la grippe aviaire, les viandes blanches étaient boycottées sur tout le territoire national.

Les maladies vectorielles sont également à l'origine de soins médicaux, de prise en charge hospitalière, et d'arrêts de travail, soit suite à une inoculation vectorielle (pique de moustique) soit par consommation de chair animale contaminée ou provenant d'un animal malade (toxi-infection alimentaire ou intoxication).

Le passage de certains malades à la chronicité induit une prise en charge à vie par la Caisse Nationale des Assurances Sociales, aussi ces personnes seront-elles moins efficaces au travail, et donc moins productives.

De manière globale, le plan budgétaire de la willaya ou de la région se verra dépassé de très loin, même les aides étatiques ne suffiront qu'à couvrir les frais relatifs à l'épidémie, ce qui aura des répercussions sur le développement local, sur le budget initialement réservé au

développement des infrastructures de la région et à la création d'emploi ce qui favorise le chômage et donc la pauvreté, qui est une des causes principales de banditisme et de maladies, et donc plus de charges pour les autorités locales.

5. Perspectives

Au bout d'une fastidieuse période d'échantillonnage et d'identification prolongée sur la période d'une année et avec très peu de moyens logistiques, les résultats que nous avons obtenus ont dépassé nos espérances, en effet, nous sommes tout de même arrivés à mettre à la lumière du jour quatre espèces de culicidés jusqu'alors jamais répertoriées sur le territoire algérien, sur un total de 22 espèces. Cependant, bien que nous nous en réjouissons, nous savons pertinemment que ces résultats ne sont que la partie émergée de l'iceberg. Le Parc National d'El-Kala recèle encore beaucoup d'espèces culicidiennes et qui restent à découvrir. A cet effet, nous estimons judicieux d'approfondir les recherches sur les culicidés du PNEK et ce en entamant les actions suivantes :

- Elargir le champ d'échantillonnage aux différents écosystèmes du PNEK, en partant du littoral marin (ex : la vielle Calle, la Messida, l'Aouinet) jusqu'au aux forêts situées en altitude (ex : El Ghorra, Haddada) en passant par les zones dunaires, les lacs, les rivières, les zones anthropisées, les régions demeurées sauvages, les zones sèches et humides.
- Maximiser le nombre de sites d'échantillonnage, et faire en sorte qu'ils soient les plus diversifiés que possible.
- Désigner une équipe de recherche au sein de laquelle chaque intervenant aurait pour charge l'étude précise et approfondie de la faune culicidienne d'une zone donnée en fonction des différents facteurs caractérisant ce site.
- En effectuant l'échantillonnage des culicidés adultes, procéder systématiquement en parallèle à la pêche larvaire pour identification après leur passage au stade adulte.
- Faire analyser le sang des femelles gorgées, et ce pour deux raisons :
 - Savoir si elles transportent ou non des germes, les identifier, et pouvoir de la sorte évaluer le risque d'apparition d'une épidémie.
 - Déterminer le trophisme de celles-ci et savoir quelle espèce animale ont-elles piquées avant d'être capturées, et donc à quelle autre espèce animale seraient-elles susceptibles de transmettre des maladies.
- Identifier les différents prédateurs naturels des culicidés, tant durant la phase larvaire que la phase adulte.
- Expérimenter le rôle vectoriel des culicidés recensés dans le PNEK au niveau des laboratoires de l'Université et déterminer, d'une part, les maladies qu'ils peuvent

transmettre et d'autre part, quantifier la compétence vectorielle de ces derniers pour chacune des maladies identifiées comme pouvant être transmises.

Sur le plan préventif et afin de palier le risque relatif au déclenchement d'une épidémie ayant pour origine le PNEK et qui pourrait atteindre les grandes villes de l'Est algérien aussi bien que la Tunisie, nous recommandons les mesures suivantes :

- Assurer la coordination entre les différents secteurs concernés, à savoir, l'université, les services forestiers, les autorités locales et la santé publique, et faire en sorte que les résultats des recherches scientifiques effectuées dans la région soient profitables et utiles.
- Mettre en œuvre des mesures adéquates afin de pouvoir faire face au déclenchement d'une éventuelle épidémie.

Conclusion

Le climat de notre planète est en train de changer, le réchauffement climatique et les conséquences de ce phénomène sur le plan écologique n'est plus à faire valoir. Par contre, l'impact de ce dernier sur l'aire d'expansion d'épidémies connues d'une région et de leur intensité, ou sur l'apparition de nouvelles maladies jusqu'alors inconnues, bien que certain, n'est pas encore quantifiable, car nous ignorons encore quel impact cela va avoir sur les germes pathogènes et sur leurs vecteurs surtout dans le cas de maladies émergentes.

Ce que nous savons en revanche c'est que les zones humides et à climat tempéré à chaud sont très propices au développement des épidémies. Le Parc National d'El-Kala, qui est une zone humide de référence de par sa richesse en étendues d'eau, de par également sa richesse faunistique et aussi de par l'afflux annuel de dizaines de milliers d'oiseaux migrateurs, représente un milieu favorable au développement d'épidémies, à fortiori si les germes sont véhiculés par les oiseaux migrateurs, et qu'ils sont transmis par la suite aux animaux sédentaires sauvages ou domestiques.

Parmi les vecteurs principaux de transmission de pathologies (animales ou humaines), les arthropodes occupent une place de choix, notamment les culicidés qui sont les plus incriminés dans la transmission des maladies vectorielles. Raison pour laquelle nous avons porté notre choix sur l'étude des culicidés ornithophiles, mammophiles et anthropophiles susceptibles de transmettre des maladies dans la région lacustre du PNEK.

Les résultats obtenus ont mis en évidence l'existence de 22 espèces de culicidés dont 4 qui n'ont jamais été identifiés en Algérie (*Anophèle maculipennis*, *Anophèle stephensi*, *Coquillettidia buxtoni*, *Uranotaenia balfouri*) et sur ces 22 espèces, 10, c'est-à-dire près de la moitié des espèces capturées, sont reconnues comme vecteurs de maladies graves telles que la *filariose de Bancroft*, le *paludisme*, le *virus West Nile*, la *myxomatose*, la *fièvre jaune*, la *fièvre de la vallée du Rift*, la *dengue*, etc. Ces espèces se sont avérées, qui plus est, à trophisme généraliste, et piquent plusieurs classes animales.

Les épisodes des épidémies dues au moustique à travers le monde mais aussi en Algérie, élèvent le taux du risque d'apparition ou de réapparition d'une épidémie et à son expansion à un niveau bien plus élevé. Si une telle chose venait à se produire, les conséquences sur le plan écologique et la biodiversité de la région en seraient irréversiblement néfastes, mais aussi sur le plan vétérinaire, sanitaire et socio-économique. Et nos résultats nous ont prouvé que le PNEK était très propice au développement et à l'expansion d'épidémies.

C'est pourquoi, il serait très judicieux de la part des autorités compétentes et de tous les intervenants de ce secteur de prendre en considération ce qui n'est plus une simple suspicion mais un fait en latence, le risque d'apparition d'épidémies de maladies émergentes ou réémergentes est bien présent et nécessite une attention particulière et une surveillance très intime des vecteurs.

Références bibliographiques

1. **Anonyme (1999)** . Activité de l'OMS dans la région du Pacifique occidental, 1998–1999
2. **Anonyme (2008)**. Centers for Disease Control and Prevention. CDC Answers Your Questions About St. Louis Encephalitis.
http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/arbor/sle_qa.htm
3. **Anonyme (2009)** Pourquoi les moustiques sont plus attirés par certaines peaux. sur www.pourquois.com.
4. **Anonyme (2010)** . Ces petites bêtes qui nous embêtent. sur http://www.tv5.org/TV5Site/sciences/page-11-Ces_petites_betes_qui_nous_embetent.htm
5. **Anonyme 2 (2009)** Les moustiques du palu aiment la bière. sur effetsdeterre.fr.
6. **Anonyme 2 (2010)** . Les moustiques. sur <http://www.chambon.ac-versailles.fr/science/sante/moustiq.htm>.
7. **Anonyme 3 (2010)** . Semaine sans pesticides : 5 conseils pour jardiner bio. sur http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/maison-4/d/semaine-sans-pesticides-5-conseils-pour-jardiner-bio_18648/.
8. **Anonyme 4 (2010)**. Faune et flore du Canada - Moustique , sur *Faune et flore du pays*. http://www.hww.ca/hww2_F.asp?id=414
9. **Anonyme 5 (2010)**. L'anophèle piégé par une chaussette sale sur mondedurable.science-et-vie.com –
10. **Anonyme 6 (2010)**. La Dengue en quelques mots . sur *Scienc'@ction*.
11. **Aynsley C. Thielman and Fiona F. Hunter (2007)**. Photographic Key to the Adult Female Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Canada, *Canadian Journal of Arthropod Identification*.
12. **Bakalem A. et Romano J.C. et Semroud R. (1981)** : Contribution à l'étude des milieux saumâtres en Algérie : les peuplements benthiques du lac el mellah. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 27 (4) : 135-136.

13. **Bakaria Fatiha & Boumezbeur Ammar – (2003) -**, MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL - DIRECTION GENERALE DES FORETS - Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar - Réserve Intégrale du Lac Tonga, Wilaya d'El Tarf -
14. **BALENGHIEN T. – (2006) .** De l'identification des vecteurs du virus West Nile à la modélisation du risque d'infection dans le sud de la France
15. **Balenghien T., Fouque F., Sabatier P. et Bicout D.J. (2006)** Horse, bird and human-seeking behavior and seasonal abundance of mosquitoes in a West Nile virus focus of southern France. *J Med Entomol* 43 (5) : 936-46.
16. **Bellatreche M., Chalabi B. (1988):** Recensement hivernal annuel des oiseaux d'eau, Algérie 1988 INA, 19p.
17. **Bellatreche M., Lellouchi M.(1989) :** Recensement hivernal annuel des oiseaux d'eau, Algérie 1982 INA,
18. **Bellatreche M., Ochando B. (1986) :** Recensement hivernal annuel des oiseaux d'eau, Algérie 1986 INA, 13p.
19. **Bellatreche M., Ochando B. (1987) :** Recensement hivernal annuel des oiseaux d'eau, Algérie 1987 INA, 12p.
20. **Benyacoub.s (1993) :** Ecologie de l'Avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord-est algérien) Thèse doctorat. Univ. Bourgogne. 271p
21. **BOUAZOUNI Omar – (2004) .** Projet Régional pour le Développement d'Aires marines et côtières Protégées dans la région de la Méditerranée (MedMPA) - Parc National d'El KALA Etude socio-économique du PNEK -
22. **Bouhayene et Merdaci (1998) :** Approche sédimentaire et physico-chimique d'un milieu lagunaire méditerranéen : lac el Mellah (El Kala). Mémoire de fin d'études (DES).
23. **Boukra N. (1982) :** Investigations permettant l'appréciation de la biomasse zoo planctonique dans le lac el Mellah. Mémoire de DES, Uni. Annaba 26 pp.
24. **Boumezbeur Ammar & Ameer Naziha & Bakaria Fatiha (2003)-**, MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL - DIRECTION GENERALE DES FORETS - Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar - Réserve Intégrale du Lac Oubeïra, Wilaya d'El Tarf –
25. **Boumezbeur Ammar & Bouteldji Ali, (2005)** MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL - DIRECTION GENERALE DES FORETS -

Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar - Réserve intégrale du Lac El Mellah, Wilaya d'El Tarf -

26. **Bourehail N., Laouira L. (1999)** : Caractéristiques biologiques et potentiel piscicole de la lagune du Mellah. Mémoire d'ingénieur d'état en aquaculture. Univ. Annaba.
27. **Brunhes J. et al. (1999)** . Logiciel : clé d'identification des culicidés d'Afrique méditerranéenne. IRD de Montpellier et institut pasteur de Tunis.
28. **Cataudella S. (1982)** : Analyse et développement d'exploitation lagunaire intensive. Exemple du lac El Mellah (Algérie). Projet régional de développement de l'aquaculture en Méditerranée., FD/82/07, FAO, Novembre 1982 : 37p.
29. **Chaïbi R.(1999)** : Caractéristiques biologiques, pêche et potentialité piscicole de la lagune de El Mellah (El Kala). Données préliminaires sur *Aphanius fasciatus* (Nordo,1927).
30. **Clements A.N. (1999)** The biology of mosquitoes. Volume 2. Sensory reception and behaviour. London, Chapman & Hall. 740 p.
31. **Cywinska A ., Hunter F.F. and Herbert P.D.N.(2006)**. Identifying Canadian mosquito species through DNA barcodes, *Medical and Veterinary Entomology* (2006) 20, 413–424
32. **Delort Robert (1984)**. , Les animaux ont une histoire, Éditions du Seuil.
33. **Enayati AA, Hemingway J, Garner P., (2007)** . « Electronic mosquito repellents for preventing mosquito bites and malaria infection », *Cochrane Database Syst Rev.*, 2007 18 ; CD005434.
34. **Feuillet C.- Dassonval, F. Lavaud, H. Viniaker, E. Bidat (2010)** Réactions allergiques aux piqûres de moustiques, quelle prévention ?, sur www.allergienet.com. Consulté le 9 mai 2010
1. **Feuillet-Dassonval C. , Lavaud F., Viniaker H. , Bidat E., (2006)** . Réactions allergiques aux piqûres de moustiques, quelle prévention ? *Archives de pédiatrie* pp. 93–99.
35. **French, EL. (1952)**. Murray Valley encephalitis isolation and characterization of the aetiological agent. *Medical Journal of Australia*. **1(4)**:100–103.
36. **Gaüzere Bernard-Alex, Aubry Pierre, (2006)** . *Le chik, le choc, le chèque : l'épidémie de chikungunya à la Réunion 2005-2006 en questions*, Azalées Éditions, - ISBN 2-915923-13-2

37. **Giguere M. , Gosselin P. (2006)** - Maladies zoonotiques à transmission vectorielle : examen des initiatives actuelles d'adaptation aux changements climatiques au Québec.
38. **GRJEBINE A., COZELOUARD J., J.M., MOUCHET J. et RAGEAU J. (1976)** . La notion d'espèce, chez les moustiques :étude de quatre complexes Société Zoologique de France,.
39. **Harbach R. – (2010)** - Mosquito Taxonomic Inventory
40. **Harbach R. E. & Peyton E. L. (2000)**. Systematics of Onirion, a new. genus of Sabethini (Diptera : Culicidae) from the Neotropical region. Bull. nat. Hist. MUS. Lond. (Ent.) 69(2): 115-169. <http://www.mosquitocatalog.org/pdfs/wr363.pdf>
41. **Harbach R. E. (2007) The Culicidae (Diptera):** a review of taxonomy, classification and phylogeny. Zootaxa 1668:591–638.
42. **Harbach, R.E. & Kitching, I.J. (1998)**. Phylogeny and classification of the Culicidae (Diptera). Systematic Entomology 23: 327–370.
43. **Harbach, R.E. (2007)**. The Culicidae (Diptera): a review of taxonomy, classification and phylogeny, pp. 591–688. In: Zhang, Z.-Q. & Shear, W.A. (Eds), Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy. Zootaxa 1668: 1–766
44. **Harbach, R.E., Vu Duc Huong & Kitching, I.J. (2007)**. Systematics of Kimia, a new genus of Sabethini (Diptera: Culicidae) in the Oriental Region. Proceedings of the Entomological Society of Washington 109: 102–120.
45. **Hoeven (Van Der), (1924)** . Uitbreken en verdwyen van malaria (Nygh and v. Ditmar, Rotterdam, , 26 p)
46. **Kamel – (2008)** . Parc National d'el-kala – annaba et sa région - www.annaba.net.free.fr –
47. **Kilpatrick A.M. (2005)** West Nile virus risk assessment and the bridge vector paradigm. Emerg Infect Dis 11 (3) : 425-9.
48. **Knight, Stone et Starke, (1959)**. *A synoptic Catalog of the Mosquitoes of the World (Diptera, Culicidae)*.
49. **Lane R. & Crosskey. (1993)**. Medical insects and arachnids. The natural History Museum. London. 723 pp. (ISBN 0-412-40000-6).
50. **Lindgren E., Naucke T. (2006)**. *Leishmaniasis: influences of climate and climate change, epidemiology, ecology and adaptation measures*. In : Menne B., Ebi K. Climate change and adaptation strategies for human health, Springer, Darmstadt, p. 131-156.

51. **Lombard Jean (2006)** *L'épidémie moderne et la culture du malheur, petit traité du chikungunya*, L'Harmattan, - ISBN 2-296-01091-1
52. **Mark S. Fradin, M.D. et John F. Day (2002)**, Comparative Efficacy of Insect Repellents against Mosquito Bites , New England Journal of Medicine, volume 347 : 13-18, 4 juillet 2002, n° 1
53. **Mark S. Fradin, M.D. et John F. Day, (2004)** .« Comparative Efficacy of Insect Repellents against Mosquito Bites », New England Journal of Medicine, volume 347 : 13-18 July 4, 2002, n° 1.
54. **Marshall, ID, Brown, BK, Keith, K, Gard, GP, Thibos, E (1982)**. Variation in arbovirus infection rates in species of birds sampled in a serological survey during an encephalitis epidemic in the Murray Valley of South-eastern Australia, February 1972. *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*. **60(5)**:471–478.
55. **Moumen . (2007)** . ALERTE DANGER SUR LE PARC NATIONAL EL-KALA ALGERIE – Forum de la fondation Nicolas Hulot <http://forum.fondation-nicolas-hulot.org> –
56. **Neveu-Lemaire M. (1923)**. L'évolution de la classification des Culicidae. *Annales de Parasitologie*. T. 1 (1). 18 pp.
57. Office québécois de la langue française (OQLF) (2010)
58. **Olejnik E, (1952)**. « Infectious adenitis transmitted by *Culex molestus* », dans *Bull Res Counc Isr, vol. 2, , p. 210–1*
59. Pajot (1975). *Er. dracaenae*, prédateur des larves d'*Aedes simpsoni*.
60. **Paul Frimat, Marie-Bernadette Cleenewerck, Collectif (2010)** .Progrès en dermatologie, Lille 2004, sur Book.google. Consulté le 9 mai.
61. **PETERSON, E. L., 1980** A limit cycle interpretation of a mosquito circadian oscillator, *J. Theor. Biol.* 84 : 281–310.
62. **Pialoux G., Gaüzere B.-A., Strobel M., (2006)**. *Infection à virus Chikungunya : revue générale par temps d'épidémie*, in *Médecine et maladies infectieuses*, - ISSN 0399-077X
63. **Reed W, Carroll J, Agramonte A, (1901)** *The etiology of yellow fever: an additional note*, *JAMA*,;36:431-440
64. **Reinert, J.F. (2000)**. New classification for the composite genus *Aedes* (Diptera: Culicidae: Aedini), elevation of subgenus *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.

65. **Rice CM, Lenches EM, Eddy SR et als. (1985)** *Nucleotide sequence of yellow fever virus: implications for flavivirus gene expression and evolution* Science,;229:726-730
66. **Rioux J.A. et Arnold M. (1955)** Les Culicidés de Camargue (étude systématique et écologique). Paris, Société Nationale d'Acclimatation. 42 p.
67. **Rosen L. (1988)**. Further observations on the mechanism of vertical transmission of flaviviruses by Aedes mosquitoes. The American journal of tropical medicine and hygiene. Vol. 39, no1, pp. 123-126. (ISSN 0002-9637).
68. **Roubaud E.. (1935)** - bulletin de la société de pathologie exotique Tome XXVIII.
69. **SCIAMA Yves (2006)** , Moustiques, la grande menace, Sciences et Vie, juin 2006.
70. **Scott T.W. et Edman J.D. (1991)** Effects of avian host age and arbovirus infection on mosquito attraction and blood-feeding success. In : Bird Parasite Interactions. Loye J.E. et Zuk M. Oxford, Oxford University Press : 179-204.
71. **Sergent (Ed. et Et.) (1902)**: observation sur les anopheles de la banlieue de Paris (Ann. de l'inst. Pasteur XVI n°12 pp 940-946)
72. **Smithburn KC, Jacobs HR, (1942)**. « Neutralization-tests against neurotropic viruses with sera collected in central Africa », dans *Journal of Immunology*, vol. 44, , p. 923
73. **Staples JE, Monath TP, (2008)**. *Yellow fever: 100 years of discovery* JAMA,;300:960-962
74. **Stephen Higgs.(2005)** Vector-Borne and Zoonotic Diseases. June 1, 2005, 5(2): 93-94. doi:10.1089/vbz.2005.5.93.
75. **Swelengrebel N-H, (1933)** paludisme dans les deltas, delta du Rhin Geneve.
76. **Takashima I. & Rosen L. (1989)**. Horizontal and vertical transmission of Japanese encephalitis virus by Aedes japonicus (Diptera: Culicidae). Journal of medical entomology. Vol. 26 (5), pp.454-458. (ISSN 0022-2585).
77. **Taylor R.M., Work T.H., Hurlbut H.S. et Rizk F. (1956)** A study of the ecology of West Nile virus in Egypt. Am J Trop Med Hyg 5 (4) : 579-620.
78. **Tennstedt, (2004)** . « Peaux et moustiques ». Dans Progrès en dermatologie-allergologie - Lille 2004. Groupe d'études et de recherches en dermatologie-allergologie (pp 91-104 sur Book-Google.)
79. Theobald F. V. (1910)., *A Monograph of the Culicidae of the World*. British Museum de Londres.
80. **Thiel (Van) .(1926)** . Maxillenzahl und flügelänge bei anopheles maculipennis (Arch. f. Sch. u. Trop. Hyg. XXX, Beiheft n°1, , pp 67-76.

81. **Tsai TF, Popovici F, Cernescu C, Campbell GL, Nedelcu NI, (1998)** . « West Nile encephalitis epidemic in southeastern Romania », dans *Lancet*, vol. 352, n° 9130, , p. 767–71
82. **Vogele (de) (1907)** . les anopheles de l'eau de mer (Atti. Soc. Stud. d. malaria, VIII p896)
83. **Wikipédia l'encyclopédie libre. (2008)**. Culicidae Page consultée à partir de <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Culicidae>
84. **Wikipédia l'encyclopédie libre. (2009)**. Page consultée à partir de <http://fr.wikipedia.org/wiki/Dengue>
85. **Wikipédia l'encyclopédie libre. (2010)**. Culicidae Page consultée à partir de <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Culicidae&oldid=54393579>.
86. **Wright, J.W. S; Pal, R.. (1967)** - Genetics of Insect Vectors of diseases. Pubi. Organisation mondiale de la Santé. Elsevier Amsterdam).