

Etude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès

Abdelhakim EL OUALI LALAMI^{1,3}, Ouarda EL HILALI^{1,2}, Mohamed BENLAMLIH²,
Mohamed MERZOUKI², Nourédine RAISS², Saad IBENSOUDA KORAICHI³ & Oumnia HIMMI⁴

1. Direction Régionale de la Santé, Laboratoire régional de diagnostic épidémiologique et d'hygiène du milieu, Direction régionale de la santé, Hôpital El Ghassani, Fès, Maroc. e-mail : eloualilalami@yahoo.fr
2. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences, Laboratoire de Microbiologie, Fès, Maroc.
3. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de biotechnologie microbienne, Fès, Maroc.
4. Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Laboratoire de zoologie et écologie animale, Rabat Agdal, Maroc.

Résumé. Dans le cadre de la surveillance épidémiologique du paludisme dans la ville de Fès (Maroc), un suivi hydrobiologique a permis de caractériser du point de vue entomologique, bactériologique et physicochimique sept gîtes larvaires de Moustiques (Diptera, Culicidae). Les prélèvements de larves ont été effectués mensuellement, d'avril à juillet de l'année 2007. Un inventaire des espèces culicidiennes, en particulier des Anophèles, est donné ainsi que leur répartition en fonction des paramètres étudiés.

Mots-clés : Entomologie médicale, Ecologie larvaire, Paludisme, Physico-chimie, Bactériologie, Fès (Maroc).

Entomological, physicochemical and bacteriological study of breeding places of localities at potentiel risk for malaria in Fez city.

Abstract. Entomological, physicochemical and bacteriological study of breeding sites of localities at potential risk for malaria of town of Fès within the frame work of epidemiologic monitoring of malaria in the town of Fes (Morocco), hydrobiology follow-up was made to characterize; entomological, bacteriological and physico-chemical larval breeding sites of mosquitoes (Diptera, Culicidae). Larval sampling was carried out monthly from April to July (period of transmission). An inventory of Culicidae species, in particular Anopheline, was provided well as their distribution according these studied parameters.

Key words: Medical entomology, larval Ecology, Malaria, Physicochemistry, Bacteriology, Fès (Morocco).

INTRODUCTION

Riche en zones humides, le Maroc est parmi les pays d'Afrique du Nord menacés par le paludisme, bien qu'aucun cas n'ait été enregistré depuis 2004 (Ministère de la santé 2007). En effet, cette maladie continue à poser un problème de santé publique dans certaines régions du Royaume par le biais du paludisme d'importation.

Dans la ville de Fès le paludisme autochtone a disparu depuis 1998. Seuls quelques cas importés continuent à être enregistrés (El Ouali Lalami *et al.* 2009).

La ville de Fès, en tant que ville universitaire et capitale spirituelle, connaît un mouvement important de la population, elle se situe à proximité des zones à passé épidémiologique récent et à risque potentiel de transmission de paludisme ; provinces de Chefchaouen, Khouribga, Khémisset et Taounate (Faraj. *et al.* 2003). En outre, la présence des porteurs du parasite représentés par les immigrants africains ainsi que les changements climatiques rendent le contrôle de la maladie, sa surveillance et la connaissance écologique et biologique du moustique *Anopheles labranchiae* Falleroni, 1926, le vecteur principal du paludisme au Maroc (Trari *et al.* 2004), d'un intérêt particulier.

L'objectif de ce travail est de déceler les déterminants environnementaux (paramètres physico-chimiques et bactériologiques) qui conditionnent la prolifération des espèces larvaires culicidiennes.

PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

Situation géographique, climat et hydrographie

La ville de Fès est située au centre-nord du Maroc. Elle a une superficie de 20318 km² et est limitée par les provinces de Sefrou et de Zouagha Moulay Yacoub (Fig. 1)

Les perturbations hivernales provenant de l'ouest, du nord ouest ou de l'ouest-sud-ouest, sont d'abord interceptées par les hauts reliefs où elles se déchargent en grande partie. La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 500 mm dans le bassin du Saïs, ce qui classe cette région dans le climat semi-aride. Le régime annuel des précipitations montre la présence de deux périodes distinctes, une pluvieuse d'octobre à avril, et une autre sèche de juin à septembre (El Bouhali 2001).

La moyenne annuelle des températures est de l'ordre de 17°C, avec un écart thermique élevé entre les moyennes minimales du mois le plus froid (4°C, janvier) et les moyennes maximales du mois le plus chaud (34°C, juillet).

La ville de Fès est caractérisée par un système hydrographique axé sur l'Oued Fès qui s'écoule d'Ouest en Est, depuis ses sources de Ras El Ma jusqu'à l'oued Sebou en traversant l'ancienne Médina. L'Oued Fès reçoit plusieurs affluents alimentés par des résurgences de la nappe phréatique peu profonde (0,5 à 5 m) au Sud-Ouest. Cette nappe est particulièrement enrichie par les réseaux denses des oueds, notamment dans la partie amont d'oued Fès (El Bouhali 2001).

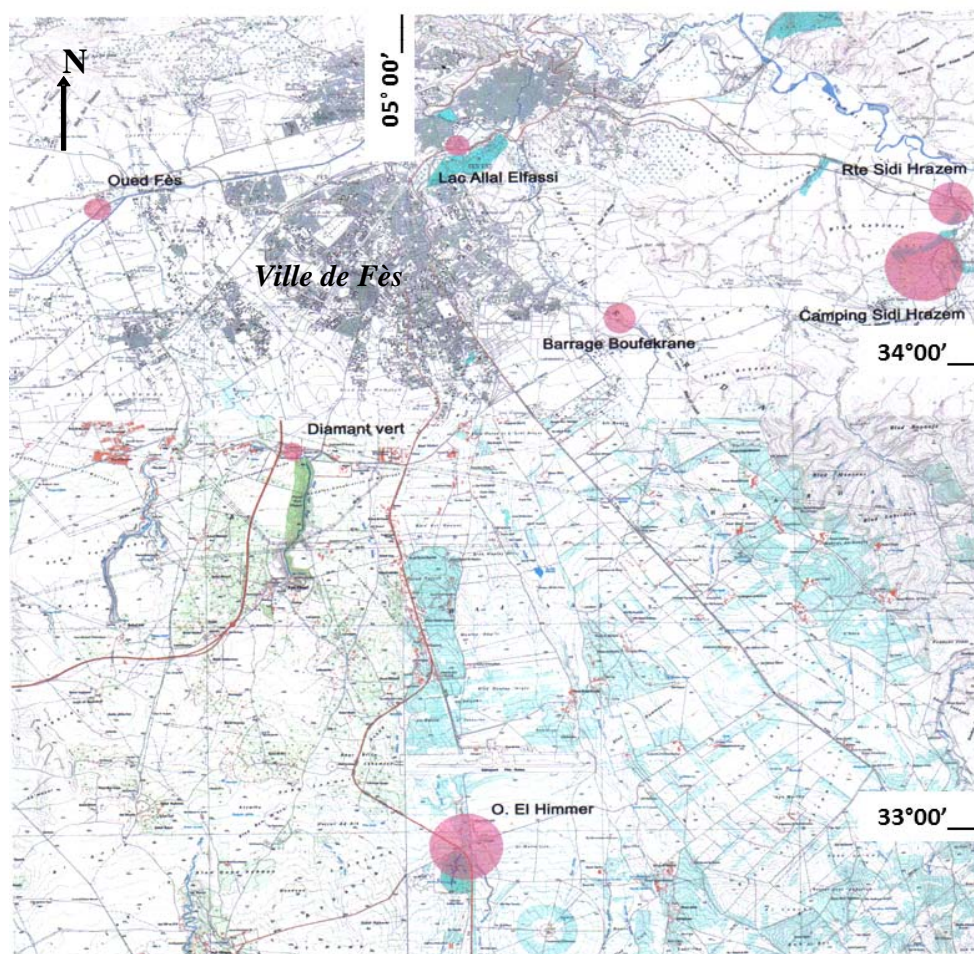


Figure 1. Situation géographique des stations étudiées. (Source : service de planification et d'informatique, Wilaya de Fès-Boulemane).

Choix et description des stations

La région étudiée est riche en eaux stagnantes où pullulent les *Culicidae*. D'autant plus que, depuis 2004, le vecteur potentiel du paludisme *Anopheles labranchiae* y a été fréquemment récolté.

Les stations prospectées sont représentées sur la figure 1.

Station I : Barrage Boufekrane (370 m ; 34°02,979'N ; 04°59,580'W) appelé également Gaâda. C'est un barrage collinaire d'une superficie de 130 000 m². Les deux localités limitrophes Awinat Elhajaj et Douar Sinia ont une population de 71 806 habitants.

Station II : Pont Diamant vert (410 m ; 33°59,483'N ; 05°02,412'W) est un débordement d'Oued Lahmar, ayant une superficie de 20 000 m². Ce gîte est situé à proximité de 10 localités limitrophes de 60 203 habitants.

Station III : Oued Fès (348 m ; 30°02,412'N ; 05°03,671'W) est un gîte permanent situé à proximité de 8 localités ayant 26 407 habitants.

Station IV : Allal El Fassi (229 m ; 34°02,979'N ; 04°59,580'W) est un petit plan d'eau de 1000 m² aménagé avec une fontaine. Ce gîte est à proximité d'une population dense (60 313 habitants) répartie sur 4 localités, Bab

Boujat, Boutouil, Bab Jiaf et la Ville Nouvelle, ce qui le rend un gîte à risque potentiel.

Station V : Oued El Himmer (554 m ; 33°00,946'N ; 04°59,163'W) est un gîte intermittent de 30 000 m² lié aux eaux d'irrigation du Golf Royal. Il est situé à proximité de l'aéroport de Fès-Saïss ainsi que de quatre localités de la Commune d'Ouled Taïb, avec une population de 5 480 habitants, d'où un double risque avec le nombre important des étrangers qui transitent par l'aéroport, notamment ceux de l'Afrique sub-saharienne.

Station VI : Route de Sidi Harazem (186 m ; 34°02,763'N ; 04°53,738'W), gîte de 5 000 m², issu de débordements des séguias d'irrigation de la région. C'est un passage pour une population importante qui visite la station thermique de Sidi Harazem toute l'année, plus particulièrement au printemps et en été, période de transmission. En outre, c'est la voie empruntée par les immigrants clandestins africains, porteurs potentiels du parasite. La population à risque autour du gîte est estimée à 1 867 habitants.

Station VII : Camping Sidi Hrazem (219 m ; 34°01,702'N ; 04°53,096'W), gîte d'une superficie de 7 500 m² est issu des rejets de la piscine de Sidi Hrazem. La population à risque est la même que pour le gîte précédent.

MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements d'eau et de faune ont été réalisés deux fois par mois durant la période d'avril à juillet 2007, sachant que la période de transmission du paludisme au Maroc commence vers la fin de la saison des pluies, vers mars, avec un pic entre juillet et octobre.

Onze paramètres physicochimiques (température, pH, oxygène dissous, conductivité, salinité, alcalinité, calcium, nitrates, phosphore total, orthophosphate et ammonium) ont été mesurés selon les méthodes décrites par Rodier (1996). De plus, des paramètres microbiologiques (coliformes totaux (ct), coliformes fécaux (cf) et entérocoques intestinaux (EI)) ont été dénombrés par la méthode de filtration sur membrane et la flore mésophile aérobie totale (FMAT) par ensemencement en profondeur selon la norme marocaine 0.3.7.001 (Bull. Officiel N° 5404 du 16 mars 2006).

L'échantillonnage des larves a été fait à l'aide d'un plateau en plastique rectangulaire à fond blanc. Les spécimens ont été ensuite récoltés à l'aide d'un compte-

gouttes puis mis dans des flacons contenant de l'alcool éthylique à 70%.

L'identification des espèces a été réalisée au microscope d'après les caractères morphologiques (Himmi *et al.* 1995).

La végétation aquatique des gîtes larvaires a été récoltée, conservée puis identifiée à l'Institut National des Plantes Médicinales et Aromatiques de Taouate.

Les données mésologiques et biotypologiques ont été traitées à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Cette méthode permet de visualiser les relations entre les différentes variables mesurées (Wolff 2003, Wolff & Visier 2005).

RESULTATS

Physico-chimie des eaux

Les paramètres physico-chimiques des eaux des gîtes étudiés montrent de grandes variations spatiotemporelles. Les valeurs moyennes mensuelles sont regroupées dans le tableau I.

Tableau I. Valeurs des mesures physicochimiques relevées dans les stations d'étude. Temp : température, Ca : Calcium, O₂ : Oxygène dissous, P : Phosphore, Ortho P : Orthophosphate, Ni : Nitrates

	Temp. (°C)	pH	Alcalinité (°f)	Ca	O ₂ (mg/l)	P (mg/l)	Ortho P (mg/l)	Ni (mg/l)	Ammonium (mg/l)	Conductivité électrique (µs/cm)	Salinité (g/l)
Min.	20,4	7,35	10	40	1,36	0,004	0	0,82	0,002	595,3	0,42
Max.	31,4	9,3	26	104	9,28	0,85	0,41	11,45	0,15	1549,6	1,17
Moy.± Écart type	23,7 ±3,20	7,96 ±0,55	18 ±4,70	72 ±19,52	4,04 ±2,16	0,07 ±0,16	0,022 ±0,094	5,11 ±2,17	0,01115 ±0,04	1196,45 ±326,43	0,905 ±0,26

La température des eaux des gîtes étudiés est généralement supérieure à 20,4°C, température favorable pour le développement des larves d'anophèles. Elle atteint le maximum (31,4°C) en juin. Les écarts entre le maximum et le minimum sont de 3,6 à 4,6 °C aux stations II, VI et VII, de 7 °C aux stations V et III et de 9,2 °C à la station I. La station IV est caractérisée par de faibles variations de température (écart de 1,2°C). Ces écarts thermiques sont dus à la durée de submersion et à la densité du couvert végétal.

Le pH de l'eau des gîtes est alcalin à cause de la nature calcaire des terrains traversés. Le pH maximum a été enregistré aux stations I et V. Les autres gîtes sont moins alcalins, ce qui est dû à la dégradation de la matière organique (végétaux, selles d'animaux...).

L'oxygénation des eaux des gîtes est inversement proportionnelle à la température de l'eau, à l'exception de la station IV où la teneur en oxygène est très basse en avril et en mai. Ceci est probablement dû aux déversements des égouts à ce niveau. De même, le développement des *Lemna* (Lemnaceae) contribue à l'oxygénation de l'eau des gîtes.

La conductivité et la salinité des eaux sont importantes aux stations I, III, IV, VI et VII, mais plus faibles aux stations II et V. Nous avons enregistré également une augmentation de la conductivité et de la salinité avec la température.

L'alcalinité des eaux est importante et varie de 10 à 26°f, en relation avec la nature des terrains traversés. De plus, la concentration du calcium dans les eaux des gîtes est élevée, entre 40 et 96 mg/l ; les valeurs maximales ont été enregistrées aux stations III, II, IV et VI.

Les concentrations des nitrates les plus élevées ont été enregistrées aux stations II et III, suivies par les stations V et VII. Les teneurs varient de 2,95 à 11,37 mg/l. Les nitrates ont une origine agricole (épandage d'engrais ou élevage de bétail) après lessivage des terres cultivées et proviennent de la minéralisation de la matière organique.

L'ammonium provient principalement des rejets agricoles (notamment le lisier) et industriels. Les valeurs maximales d'ammonium sont enregistrées à la station III, suivies par celle de la station I, tandis que les autres gîtes n'en contiennent que de faibles doses.

Le phosphore et les orthophosphates proviennent en grande partie des activités domestiques, agricoles et industrielles. La station VI enregistre des valeurs maximales de phosphore et d'orthophosphates en avril. La station III contient des teneurs en ces deux éléments qui augmentent vers le mois de juillet, alors que les autres gîtes enregistrent de faibles valeurs (Tableau annexe A-I).

Ainsi, nous pouvons déduire que les composantes physico-chimiques étudiées différencient les eaux des gîtes. Ces derniers, en plus de leurs régimes différents, se distinguent entre eux par les teneurs en oxygène dissous, en éléments phosphorés, en éléments azotés, en alcalinité et calcium, et aussi par la minéralisation.

Bactériologie

L'étude microbiologique des gîtes a mis en évidence une contamination bactérienne faible à importante d'origine humaine et/ou animale (Tab. II et A-II).

En effet, la station II enregistre un taux élevé des FMAT contrairement aux autres stations. Les stations I, II et notamment VII enregistrent des valeurs maximales des coliformes totaux.

La station II marque un maximum de coliformes fécaux (CF), les stations III et VI enregistrent un minimum de CF, alors que les autres gîtes contiennent des valeurs similaires.

La teneur des stations IV et VII en Entérocoques Intestinaux (EI) est très importante par rapport aux autres stations.

Végétation des gîtes larvaires

Les gîtes étudiés sont caractérisés par un couvert végétal omniprésent immergé et/ou submergé.

La végétation aquatique joue un rôle primordial dans la caractérisation des moustiques. En effet, l'écran qu'elle constitue diminue l'évaporation, ce qui est favorable à la ponte et au développement des œufs de certaines espèces. La végétation influe par l'apport de matières organiques, sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (Louah 1995). Les résultats de l'étude de la végétation aquatique des gîtes larvaires sont résumés dans le tableau III.

Inventaire faunistique

Cinq espèces de Culicidae ont été identifiées au niveau des différentes stations d'étude dont 3 appartiennent à la sous-famille des Anophelinae (*Anopheles labranchiae* Falleroni, 1926 ; *Anopheles algeriensis* Theobald, 1903, et *Anopheles cinereus* Theobald, 1901). Les deux autres espèces trouvées (*Culex hortensis* Ficalbi, 1889, et *Culex pipiens* Linnaeus, 1758) appartiennent à la sous-famille des Culicinae (Tab. IV).

La richesse spécifique la plus élevée est observée au niveau de la station V (4 espèces) suivie de la station VI (2 espèces). Pour les autres stations, seules *Culex hortensis* a été retrouvée au niveau des stations III et VII et *Anopheles labranchiae* au niveau des stations I, V et VI.

Pour les stations III et VII, nous n'avons récolté l'espèce *Culex hortensis* qu'une seule fois durant toute la période de prospection. Au niveau de la station I, *Anopheles labranchiae* a été également récoltée une seule fois.

Analyse des données

L'analyse des données physico-chimiques montre que les pourcentages d'inertie des trois premiers axes principaux totalisent 65% d'information sur la distribution des variables physico-chimiques et des stations étudiées.

Tableau II. Minima, maxima et valeurs de la moyenne et de l'écart-type de certaines composantes bactériologiques dans les stations d'étude.

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Entérocoques intestinaux	Microorganismes revivifiables
Min.	0,4	0	0	2
Max.	600	50	12	14000
Moy.± Ecart-type	33 ±140,54	1,95 ±13,44	0,3 ±2,82	370 ±2957,01

Tableau III. Espèces végétales identifiées dans les stations étudiées.

	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Typha angustifolia</i>	+	+				+	+
<i>Cynodon dactylon</i>		+		+		+	
<i>Paspalum paspalodes</i>	+	+				+	+
<i>Nasturtium officinale</i>				+	+		
Algues filamenteuses			+		+		
<i>Phragmites australis</i>				+			
<i>Lemna gibba</i>			+	+			
<i>Damasonium plantago aquatica</i>		+					
<i>Eupatorium cannabinum</i>		+					

Tableau IV. Distribution des espèces larvaires dans les gîtes. Al : *Anopheles labranchiae*, Aa : *Anopheles algeriensis*, Ac : *Anopheles cinereus*, Cp : *Culex Pipiens*, Ch : *Culex hortensis*, 0 : Absence, 1 : Présence. Les chiffres sur les noms des stations étudiées indiquent les dates des prélèvements et sont comme suit : 1 : 26-04-2007 ; 2 : 09-05-2007 ; 3 : 23-05-2007 ; 4 : 30-05-2007 ; 5 : 04-06-2007 ; 6 : 19-06-2007 ; 7 : 04-07-2007 ; 8 : 18-07-2007

	Al	Aa	Ac	Cp	Ch
I7	1	0	0	0	0
III1	0	0	0	0	1
III2	0	0	0	0	1
V4	1	0	0	0	1
V5	1	0	0	0	1
V7	0	1	1	0	0
VI1	0	0	0	1	0
VI7	1	0	0	1	0
VI8	0	0	0	1	0
VII7	0	0	0	0	1

La projection des paramètres physico-chimiques sur les plans factoriels 1-2 et 2-3 (Fig. 2) montre les résultats ci-dessous.

L'axe 1 est corrélé essentiellement avec la température, le pH, l'alcalinité, le calcium, la conductivité et la salinité. Le relevé V5 est opposé aux relevés IV7 et IV8 sur cet axe.

L'axe 2 reflète l'opposition de la température, la conductivité et la salinité à l'oxygène dissous, alors que l'axe 3 illustre une corrélation positive entre l'oxygène dissous, le phosphore total et les orthophosphates. De même, le relevé VII s'oppose à VI7 sur cet axe.

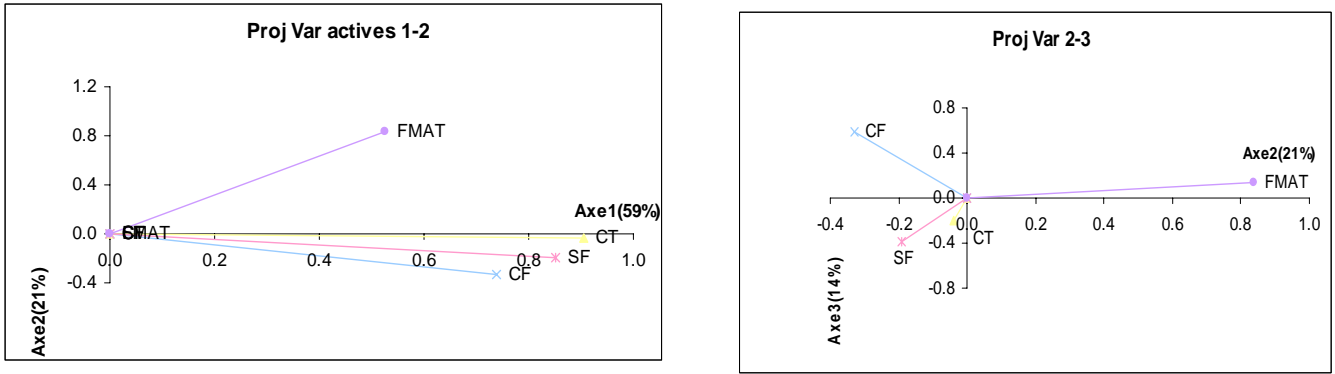


Figure 4. Projection des variables bactériologiques sur les plans 1-2 et 2-3.

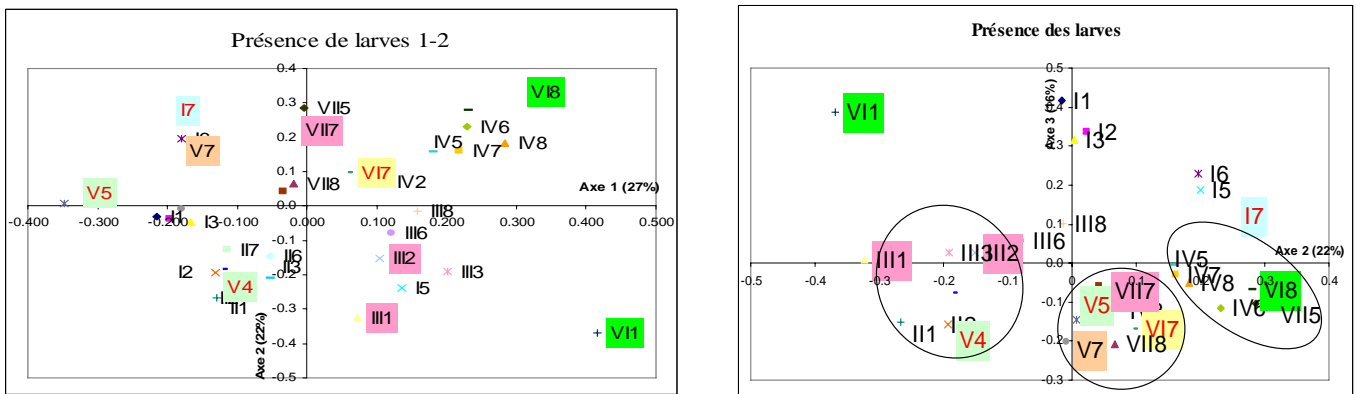


Figure 5. Projection des relevés sur les plans 1-2 et 2-3.

Les larves d’anophèles préfèrent des eaux douces, bien oxygénées, à température élevée avec des teneurs basses en éléments phosphorés, ce qui est en concordance avec les résultats trouvés par Louah (1995).

Les larves de *Culex* sont rencontrées plus fréquemment dans des eaux riches en matière organique et en ammonium, avec des températures élevées et une faible conductivité.

Nos observations concordent avec celles de Doby & Mouchet (1957) et de Mogi *et al.* (1986) qui ont montré l’influence des caractéristiques physico-chimiques des gîtes larvaires, en particulier le pH, qui semble jouer un rôle dans le contrôle du développement larvaire (De Alwis & Munasinghe 1971). En effet, les larves du genre *Culex* se développent à pH basique dans des eaux riches en matière organique, alors que les larves de *Anopheles* préfèrent des eaux bien oxygénées à pH acide (Rageau & Adam 1952).

La température et la salinité peuvent également favoriser ou limiter la croissance des larves. Himmi *et al.* (1998) ont montré que le développement des larves est accéléré chez les générations de printemps-été et retardé chez celles de l’automne-hiver et que la réduction de leur densité dans certaines stations pourrait être expliquée par les courtes durées de mise en eau, combinée parfois avec une forte variation de salinité et/ou de température de l’eau.

L’étude menée sur les gîtes de la ville de Fès a révélé l’existence de plusieurs espèces culicidiennes, notamment de *Anopheles labranchiae*, vecteur du paludisme au Maroc. Ce résultat montre également que les espèces trouvées concordent avec celles listées par Trari *et al.* (2002) et

exclut l’hypothèse de l’introduction d’autres espèces, comme le cas d’*Anopheles d’thali* Patton 1905, considérée comme un moustique des régions arides du Sud et de l’Est du Maroc, récemment mis en évidence à l’extrême nord du Maroc (Faraj *et al.* 2008).

CONCLUSION

La description générale et l’analyse typologique des sept gîtes choisis, basée sur les caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et entomologiques, a permis de distinguer trois types de biotopes :

- des biotopes caractérisés par des teneurs basses en oxygène dissous, en phosphore et en orthophosphates, des températures de l’ordre de 27°C, une faible conductivité variant entre 595 et 1300 μs , de faibles taux de coliformes fécaux, abritant l’espèce *Anopheles labranchiae* ;
- des milieux caractérisés par une température, une conductivité et une salinité élevées et de faibles teneurs en oxygène dissous, avec des taux élevés de flore mésophile aérobie totale ; les larves de *Culex* n’y sont récoltées qu’une seule fois ;
- des biotopes caractérisés par un pH et une alcalinité élevés, des taux bas d’oxygène et d’ammonium, une faible minéralisation, avec des faibles taux de flore mésophile aérobie totale abritant les larves de *Culex*.

Les gîtes prospectés sont hétérogènes, puisqu’ils diffèrent entre eux par les caractères physico-chimiques et bactériologiques, ainsi que par les espèces culicidiennes

récoltées. Nous avons pu dégager par cette étude que les conditions les plus favorables à la prolifération des anophèles sont des eaux douces, bien oxygénées, une température d'environ 27°C, une faible minéralisation, des taux faibles de phosphore total et d'orthophosphates avec des teneurs faibles de coliformes fécaux.

Nos résultats concordent avec les observations effectuées sur l'opposition de préférences écologiques des stations larvaires existant entre Anophélinés et Culicinés: les larves d'*Anopheles* ont des besoins en oxygène que des larves de *Culex* ou *Aedes* (Wang 1938, Trari & Himmi 1987, Piyaratne 2005). A quelques exceptions près, les larves d'*Anopheles* vivent dans des eaux claires et très rarement dans des eaux lourdement chargées en matières organiques qui semblent si favorables au développement de nombreux Culicinés (Muirhead-Thompson 1951).

Ces données sur l'écologie larvaire des espèces culicidiennes étudiés dans la ville de Fès seraient d'un

grand intérêt dans l'élaboration d'un programme de lutte antivectorielle dans la province de Fès ainsi que dans la prévention de nouvelles stations anophéliennes dans la région.

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce papier, particulièrement : Pr. Abdeslam Ennabili de l'Institut national des plantes aromatiques et médicinales de Taounate, Dr Faouzi Errachidi de La Wilaya de Fès, Dr Saâd Maniar de l'Observatoire Régional de la Santé, Dr Ibtissam Ameer, Tachfin Harrak et Nachi Hassan du Service de lutte Antivectorielle de la DELM Rabat, Dr Laila Bennani et Mohamed Aabouch de l'unité d'hygiène et Driss Lamraoui de l'Unité d'Entomologie du LDEHM de Fès, Mohammed Idir et Allal Zanibou de Service Préfectoral d'Hygiène du Milieu de la Délégation Médicale de Fès et Mimoun Lahrach de Service Provincial d'Hygiène du Milieu de la Délégation Médicale de Moulay Yacoub.

References

- De Alwis R.E. & Munasinghe C.H. 1971. Hydrogen-ion concentration in breeding habitats of *Culex pipiens* Fatigam (Wied.) and associated mosquitoes. *Bull. Org. mond. Santé*, 45, 853-854.
- Doby J.M. & Mouchet J. 1957. Ecologie larvaire de quelques espèces de culicidés dans la région de Yaoundé, Sud-Cameroun. *Bull. Soc. Path. exot.*, 50, 945-957.
- El Bouhali I. 2001. *Etude physico-chimique, bactériologique et faunistique à l'interface superficiel/interstitiel de deux cours d'eau dans la vallée sud de l'oued Fès*. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fac. Sci. Fès, 10-15.
- El Ouali Lalami A., Cherigui M., Ibsouda Koraichi S., Maniar S., EL Maimouni N. & Rhajaoui M. 2009. Le paludisme importé dans le Centre Nord du Maroc entre 1997 à 2007. *Cah. Santé*, 19, 1, 43-47.
- Faraj C., Adlaoui E., Rhajaoui M. & Lyagoubi M. 2003. Estimation of malaria transmission in high-risk provinces of Morocco. *East. Mediterr. Health J.*, 9, 21-26.
- Faraj C., Adlaoui E., Ouahabi S., Lakraa E., Elkohli M. & El Aouad R. 2008. Extension vers le nord du Maroc de l'aire de distribution d'*Anopheles (Cellia) d'thali* Patton, 1905. *C. Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 101, 1, 62-64.
- Himmi O., Dakki M., Trari B. & El Agbani M. 1995. Les Culicidae du Maroc : Clé d'identification, avec données biologiques et écologiques. *Trav. Inst. Sci.*, sér. Zool., 44, 49 p.
- Himmi O., Trari B., El Agbani M.A. & Dakki M. 1998. Contribution à la connaissance de la cinétique et des cycles biologiques des Moustiques (*Diptera, Culicidae*) dans la région de Rabat-Kénitra (Maroc). *Bull. Inst. Sci.*, Rabat, 21, 71-79.
- Louah A. 1995. *Ecologie des Culicidae (Diptères) et état du paludisme dans la péninsule de Tanger*. Thèse d'Etat ès-Sciences, Univ. Abdelmalek Essaadi, Fac. Sci. Tétouan, 266 p.
- Ministère de la Santé [en chiffres] 2007. Bilan des maladies parasitaires 2005-2007. Rabat. DPRF. www.santé.gov.ma.
- Mogi M., Okasawa T., Miyagi I., Sucharit S., Tumrasvin W., Deesin T. & Khamboonruang C. 1986. Development and survival of anopheline immatures in rice fields in northern Thailand. *J. Medical Entomol.*, 23, 244-250.
- Muirhead-Thompson R.C. 1951. *Mosquito behaviour in relation to malaria transmission and control in the tropics.*, Arlond & Cie éd., London.
- Piyaratne M.K., Amerasinghe F.P., Amerasinghe P.H. & Konradsen F. 2005. Physico-chemical characteristics of *Anopheles culicifacies* and *Anopheles varuna* breeding water in a dry zone stream in Sri Lanka. *J. Vect. Borne Dis.*, 42, 61-67.
- Rageau J. & Adam J.P. 1952. Culicidae du Cameroun. *Ann. Parasit. hum. comp.*, 27, 610-635.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L. 1996. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*, 8^{ème} édition, Dunod, Paris, 1384 p.
- Trari B. & Himmi O. 1987. Biotypologie et répartition spatio-temporelle des moustiques (*Diptera, culicidae*) du Gharb (Maroc). *Mém. CEA, Univ. Mohammed V, Fac. Sci. Rabat*, 103 p.
- Trari B., Dakki M., Himmi O. & El Agbani M.A. 2002. Les moustiques (*Diptera Culicidae*) du Maroc. Revue bibliographique (1916-2001) et inventaire des espèces. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 95, 4, 329-334.
- Trari B., Harbach R., Himmi O., El Agbani M.A., Dakki M. & Agoumi A. (2004). An inventory of the mosquitoes of Morocco. I-Genus *Anopheles (Diptera, Culicidae)*. *Europ. Mosq. Bull.*, 18, 1-19.
- Wolff M. 2003. Apports de l'analyse géométrique des données pour la modélisation de l'activité. In J.C. Sperandio & M. Wolff (eds.) - *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie*. Presses Univ. France, Paris, pp. 195-227.
- Wolff M. & Visser W. 2005. Méthodes et outils pour l'analyse des verbalisations : une contribution à l'analyse du modèle de l'interlocuteur dans la description d'itinéraires. *Activités*, 2, 99-118.
- Wang L.S. 1938. A comparative study of the oxygen requirement of mosquito larve. *China med. J.*, 487 p.

Manuscrit reçu le 23 octobre 2009

Version modifiée acceptée le 25 novembre 2010

Tableau A-I.: Matrice des données physico-chimiques

	TE	pH	AL	CA	O2	PT	OP	NI	AM	CO	SA
I1	21	9,11	10	40	8	0,13	0,065	4,63	0,033	1353	1,03
I2	20,8	8,82	10	40	7,28	0,068	0,015	4,73	0,038	1355,7	1,03
I3	23,5	8,82	10	40	9,28	0,016	0,011	5,6	0,033	1353	1,03
I5	26,7	9,29	14	40	3,28	0,022	0,018	5,14	0,04	1405,3	1,06
I6	23,8	8,98	10	40	1,92	0,046	0,035	4,83	0,043	1443,2	1,09
I7	30,2	8,5	10	40	2,4	0,053	0,015	4,83	0,045	1496,4	1,13
II1	22,7	8,01	14	72	6,4	0,073	0,03	9,13	0,0093	667,5	0,47
II2	23	8,16	14	72	6,88	0,04	0,0167	4,73	0,0083	660,2	0,5
II3	22,8	7,69	18	72	6,08	0,066	0,017	6,82	0,0031	666,5	0,47
II6	22,8	8,23	18	56	5,88	0,05	0	5,2	0,0032	720	0,46
II7	27,3	7,91	18	56	4,6	0,063	0,063	6,75	0,0032	718	0,46
III1	21,6	7,9	18	88	6,4	0,14	0,12	11,37	0,15	987,7	0,75
III2	23,2	8,01	18	88	4,48	0,18	0,093	5,14	0,13	977,7	0,74
III3	22,7	7,36	22	72	5,52	0,22	0,18	5,66	0,12	1046,3	0,79
III6	24,4	8,15	18	72	3,28	0,29	0,23	4,83	0,016	1059,8	0,8
III8	28,6	8,54	22	72	3,2	0,32	0,27	4,22	0,055	1175,3	0,89
IV2	24	7,72	18	88	2,08	0,109	0,062	5,23	0,0132	1202,3	0,91
IV5	20,6	8,12	26	72	2,56	0,15	0,04	4,73	0,006	1470,2	1,11
IV6	25	7,55	26	72	1,36	0,26	0,022	4,67	0,002	1515,3	1,15
IV7	23,8	7,58	22	88	3,6	0,17	0,032	4,77	0,024	1549,6	1,17
IV8	23,6	7,35	26	88	4,8	0,12	0,042	2,53	0,013	1543,3	1,17
V4	23,4	8,1	18	56	5,92	0,068	0,022	7,94	0,0035	704,4	0,5
V5	30,8	9,3	14	40	1,92	0,026	0,007	5,23	0,009	595,3	0,42
V7	27,3	7,91	14	40	1,6	0,115	0,011	5,31	0,0042	726,1	0,52
VII1	20,4	7,87	18	88	8	0,85	0,41	3,96	0,0035	1172,6	0,8
VI7	25	7,68	18	88	3,2	0,025	0,0022	5,08	0,0055	1190,6	0,9
VI8	23,8	7,65	22	104	3,2	0,004	0	0,82	0,002	1547,8	1,17
VII5	31,4	7,74	18	56	2,56	0,068	0,022	4,73	0,0035	1470,2	1,12
VII7	23,4	7,75	18	56	5,2	0,016	0,01	7,51	0,004	1273,6	0,96
VII8	31,8	7,82	18	72	3,2	0,17	0,021	11,45	0,034	1306,1	0,99

Remarque : Des codes ont été attribués aux gîtes afin de faciliter la présentation des résultats :

I, Gîte Barrage Boufekrane ; II, Gîte pont Diamant vert

III, Gîte Oued Fès; IV, Gîte Allal Elfassi

V, Gîte Oued Elhimmer; VI, Gîte Route Sidi Hrazem

VII, Gîte camping Sidi Hrazem

Les chiffres sur les noms des stations étudiées indiquent les dates des prélèvements et sont comme suit : 1 : 26-04-2007 ; 2 : 09-05-2007 ; 3 : 23-05-2007 ; 4 : 30-05-2007 ; 5 : 04-06-2007 ; 6 : 19-06-2007 ; 7 : 04-07-2007 ; 8 : 18-07-2007

Tableau A-II. Matrice des données bactériologiques.

	CT (10 ³)	CF (10 ³)	SF (10 ³)	FMAT (10 ³)
I1	0,5	0	0,11	2
I2	13,2	1,9	0	20
I3	23	5	0	130
I5	85	42	0,24	100
I6	38	0,3	0,018	400
I7	380	0,7	0,08	4000
II1	2	0,3	0,32	3,5
II2	28	0,9	0,3	38
II3	4,9	1,5	0,49	100
II6	72	2,7	0,3	14000
II7	250	50	1,6	5000
III1	0,4	0,05	0,004	10
III2	22	0,05	0,06	10
III3	54	5,5	0	150
III6	11,7	5,4	0,25	1100
III8	11	1	0,4	800
IV2	1,2	0,7	0,4	240
IV5	87	5	0,36	340
IV6	300	32	9	4700
IV7	71	0,8	0,19	540
IV8	220	19	0,035	800
V4	3,5	0,3	0,25	2800
V5	70	15,9	0,14	100
V7	85	1	0,41	5000
VI1	4	2	1	8
VI7	14	1	3,2	800
VI8	20	6	1,4	500
VII5	50	23	3,4	300
VII7	290	20	6	5900
VII8	600	26	12	3000

Remarque : Des codes ont été attribués aux gîtes afin de faciliter la présentation des résultats :

I, Gîte Barrage Boufekrane ; II, Gîte pont Diamant vert ; III, Gîte Oued Fès I ; IV, Gîte Allal Elfassi ; V, Gîte Oued Elhimmer ; VI, Gîte Route Sidi Hrazem ; VII, Gîte camping Sidi Hrazem.

Les chiffres sur les noms des stations étudiées indiquent les dates des prélèvements et sont comme suit : 1 : 26-04-2007 ; 2 : 09-05-2007 ; 3 : 23-05-2007 ; 4 : 30-05-2007 ; 5 : 04-06-2007 ; 6- : 19-06-2007 ; 7 : 04-07-2007 ; 8 : 18-07-2007

Tableau A-III. Matrice de la faune larvaire

	Al	Aa	Ac	Cp	Ch
I7	1	0	0	0	0
III1	0	0	0	0	1
III2	0	0	0	0	1
V4	1	0	0	0	1
V5	1	0	0	0	1
V7	0	1	1	0	0
VI1	0	0	0	1	0
VI7	1	0	0	1	0
VI8	0	0	0	1	0
VII7	0	0	0	0	1

Remarque :

Al : *Anopheles labranchiae*, Aa : *Anopheles algeriensis*, Ac : *Anopheles cinereus*, Cp : *Culex pipiens*, Ch : *Culex hortensis*, 0 : Absence, 1 : Présence.