

## Les moustiques (Diptera, Culicidae) des marais de Smir (nord-ouest du Maroc) : inventaire et biotypologie

### Mosquitoes (Diptera, Culicidae) of Smir marshes (northwest of Morocco): inventory and biotypology

M. El Joubari · A. Louah · O. Himmi

Reçu le 9 mai 2013 ; accepté le 28 novembre 2013  
© Société de pathologie exotique et Springer-Verlag France 2014

**Résumé** Les marais de Smir constituent un milieu favorable à la prolifération de nombreux moustiques (Diptera, Culicidae). L'inventaire des espèces culicidiennes dévoile 14 espèces, soit près de 33 % des espèces du Maroc, réparties en quatre genres : *Culex*, *Culiseta*, *Ochlerotatus* et *Anopheles* avec (cinq, deux, cinq et deux espèces respectivement) dont *Anopheles labranchiae*, vecteur de l'agent du paludisme au Maroc jusqu'en 2004. Dans cette étude, nous avons recherché les affinités mésologiques spatiotemporelles et nous avons tenté d'expliquer la biotypologie des populations de moustiques du site. Ces analyses ont révélé plusieurs groupements de stations et d'espèces en fonction de nombreux paramètres, principalement la salinité.

**Mots clés** Culicidae · Gîte larvaire · Salinité · Analyse mésologique · Biotypologie · Marais de Smir · Maroc · Maghreb-Afrique du Nord

**Abstract** The Smir marshes are a favorable environment for the growth of many mosquitoes (Diptera, Culicidae). The inventory of Culicidae species reveals 14 species, is 33% of the species of Morocco, distributed in four genera: *Culex*, *Culiseta*, *Ochlerotatus* and *Anopheles* (with 5, 2, 5 and 2 species respectively) which *Anopheles labranchiae*, vector of the agent of the malaria in Morocco until 2004. In this study, we investigated the spatiotemporal mesological affinities and we tried to explain the biotypology of mosquito populations of the site. These analyzes revealed several groups of stations and species according to various parameters, especially salinity.

M. El Joubari (✉) · A. Louah · O. Himmi  
Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des sciences de Tétouan.  
Laboratoire de biodiversité et conservation des systèmes biologiques (LDICOSYB), Avenue de Sebta,  
Mhannech II 93002, Tétouan  
e-mail : eljoubari@gmail.com

**Keywords** Culicidae · Larval site · Salinity · Mesological analysis · Biotypology · Marshes of Smir · Morocco · Maghreb-Northern Africa

### Introduction

La lutte contre les moustiques a toujours été une préoccupation majeure pour se protéger contre l'agression de ces insectes hématophages. C'est un outil essentiel de la prévention contre les maladies à vecteurs et de contrôle des insectes nuisibles. C'est même dans certains cas le seul disponible [25].

Ces moustiques présentent une grande importance dans le domaine médical et en particulier en épidémiologie, du fait qu'ils peuvent être des vecteurs de plusieurs agents pathogènes causant des maladies infectieuses graves et parfois mortelles, notamment le paludisme [4,7,12,20,21,26,27,29,34,36,47].

L'approche la plus efficace de démoustication demeure celle basée sur l'élimination, sinon la réduction suffisante de populations larvaires de moustiques, étant donné que c'est à ce stade que le moustique occupe un espace géographique minimum et qu'il est le plus facilement localisable et contrôlable.

Cette lutte doit être adaptée aux vecteurs : la connaissance de leurs gîtes larvaires, de leurs comportements et de leurs écologies est donc fondamentale pour assurer l'efficacité de cette action [13].

C'est dans cette optique que s'intègre notre étude sur les Culicidae des marais de Smir dont l'objectif est de dresser l'inventaire des espèces culicidiennes présentes, d'établir une biotypologie des gîtes larvaires et d'étudier les différents paramètres abiotiques régissant la distribution spatiotemporelle de la faune culicidienne de la zone.

Les résultats de notre étude dans les marais de Smir serviront pour la planification des futures campagnes de lutte contre les moustiques.

## Milieu d'étude

Les marais de Smir sont situés sur la façade méditerranéenne de la péninsule tingitane à 20 km au nord de Tétouan (Fig. 1) entre les latitudes 35°38' et 35°46' nord et les longitudes 5° 15' et 5°28' ouest. Leur altitude ne dépasse pas les 10 mètres et leur superficie est d'environ 175 hectares. Ce SIBE « site d'intérêt biologique et écologique » englobe la lagune, les marais, l'oued ainsi que le barrage de Smir. Il est délimité au nord par les reliefs de Zem-Zem (435 m), au sud par la ville de M'diq, à l'est par le littoral méditerranéen et à l'ouest par les collines paléozoïques.

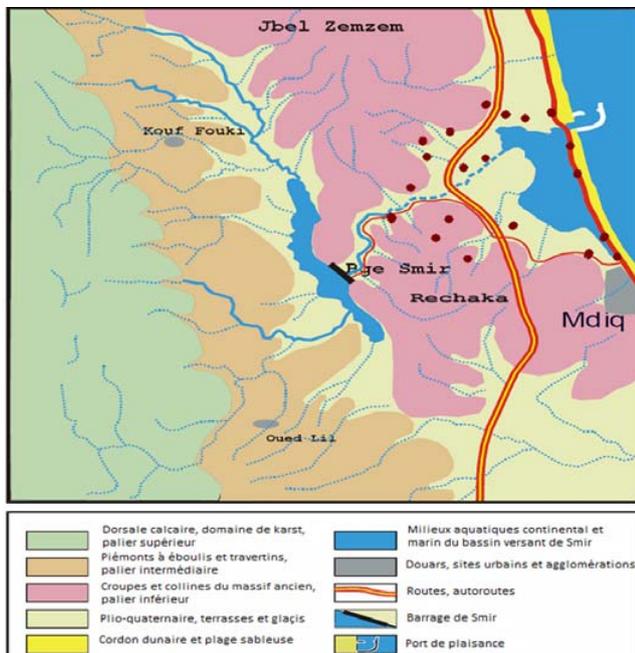
Les apports hydriques qui alimentent les marais de Smir sont les apports souterrains (nappe phréatique), pluviaux et de ruissellements, continentaux (oued Smir) et marins ainsi qu'une grande partie des déchets liquides déversés dans le site [44].

Le climat de la région est de type méditerranéen avec une moyenne annuelle de précipitation de 982,2 mm. La moyenne minimale de température annuelle du site est enregistrée en février avec 13,9°C et la moyenne maximale est celle du mois d'août par 24,7°C.

La zone de Smir subit l'influence humide des vents atlantiques du Nord-Ouest (Gharbi) et celle des vents d'Est (Chergui) légèrement rafraîchis par la mer en hiver, voire humides et même brumeux en été [14].

La région de Smir est essentiellement argilo-limoneuse.

Les marais de Smir abritent une végétation bien diversifiée, comptant 88 espèces inventoriées [2,18].



**Fig. 1** Localisation de l'aire et des stations d'étude [14] / Location of the area and sites of study [14]

Les espèces floristiques abondantes dans les marais de Smir sont : *Salicornia fruticosa*, *Juncus maritimus*, *Juncus acutus*, *Tamarix gallica*, *Tamarix africana*, *Phragmites communis*, *Thypha angustifolia*, *Carex divisa*, *Carex flava*, *Ranunculus aquatilis*, *Rubus ulmifolius* et *Lemnion sp.*

## Matériels et méthodes

Dans le but de documenter la dynamique spatio-temporelle des moustiques des marais de Smir, 20 gîtes potentiels ont été retenus, représentant différents types d'habitats écologiques (Fig. 1).

L'échantillonnage des larves de moustiques a été effectué via la méthode de « Dipping » [12]. Elle consiste à réaliser des coups de filet à différents endroits (bords et milieu) de chaque gîte. Pour chaque séance de prélèvement, nous avons effectué 20 coups à l'aide d'un filet à vide de maille 0,1 mm, de diamètre de 25 cm et de longueur du trait de 50 cm.

Pour les milieux profonds (puits), les larves sont prélevées à l'aide d'un seau de 30 cm de diamètre, attaché à une corde.

Les prélèvements de larves ont été régulièrement effectués à un intervalle de 3 à 4 semaines durant les années 2010-2011.

Les échantillons de faune récoltés ont été conservés dans l'alcool à 70°.

L'identification des espèces a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire et/ou d'un microscope optique de marque OPTTECH et en se basant sur la clé d'identification marocaine [28].

Pour suivre la variation des composantes physico-chimiques de l'eau des gîtes larvaires, 1 litre de cette dernière a été prélevé de chaque station et quatre fois par an, à chaque saison.

Les paramètres abiotiques mesurés sont : la température de l'eau (T°C), l'oxygène dissous (O<sub>2</sub> mg/l), la salinité (S ‰), la conductivité électrique (Cd ms/cm), le pH, le taux de sels dissous (TDS mg/l), la dureté (TH °F) et la profondeur de l'eau (cm).

## Résultats et discussions

### Analyse mésologique spatio-temporelle

Les données ont fait l'objet d'une analyse en composantes principales ou ACP. Les valeurs propres et les cercles de corrélation ont été obtenus avec le logiciel « Statistica, version 8 ». En effet, afin d'établir une typologie des gîtes étudiés et des variables physico-chimiques, une analyse multivariée « analyse en composantes principales » (ACP), classiquement utilisée dans les études écologiques [6,5,16,18,22,23] a été réalisée afin de ressortir les affinités mésologiques spatio-

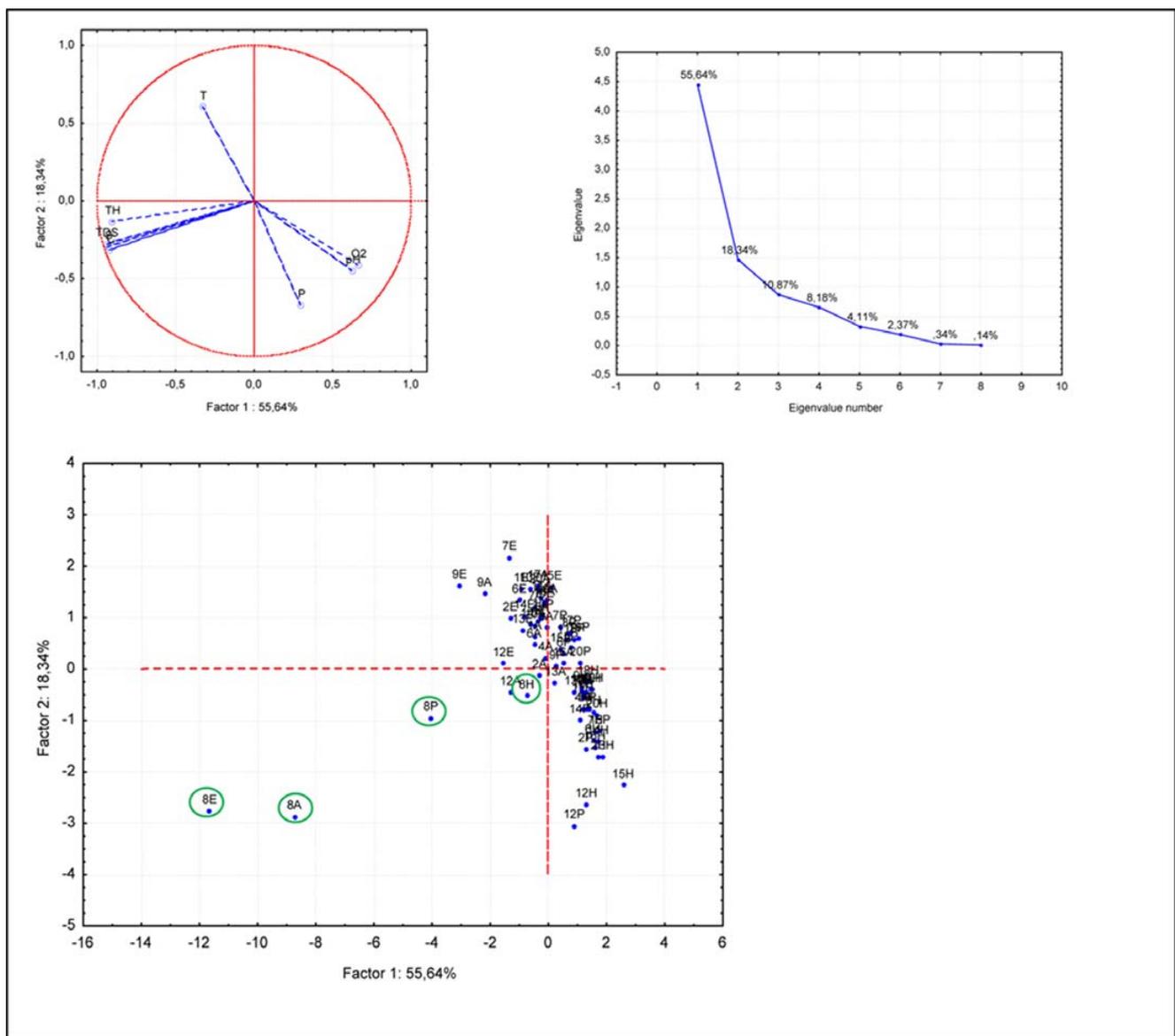
temporelles existantes et de dégager la structure typologique du milieu étudié.

Dans le cas présent, il est question de ressortir les facteurs abiotiques qui régissent la distribution spatio-temporelle des larves de moustiques dans la région de Smir en se basant sur des variables quantitatives [10]. En effet, l'ensemble des mesures physico-chimiques brutes mesurées nous permet après traitement de dégager les affinités abiotiques entre les différents relevés. Des cartes factorielles sont ainsi obtenues et permettent de ressortir les éventuels groupements de relevés.

Une première analyse en composantes principales est effectuée sur la matrice de données formée par des prélève-

ments dans 20 stations à l'occasion de 4 campagnes saisonnières au cours desquelles 8 variables météorologiques du milieu ont été retenues (colonnes). Parmi ces 20 stations, 7 sont temporaires et n'ont pas pu être échantillonnées en été en raison de leur assèchement. Ce qui ramène le total des relevés à 73 (lignes).

La carte factorielle, le cercle de corrélation et les valeurs propres obtenus sont reportés sur la Figure 2. Lors de cette première analyse, il s'est avéré que les relevés de la station 8 présentaient une forte inertie due à sa salinité. De ce fait, les relevés de la station 8 présentent une forte disparité avec le reste des relevés. L'information recherchée sur la



**Fig. 2** (a) : Projection des descripteurs météorologiques selon le plan factoriel F1x2. (b) : Valeurs propres selon le plan F1x2. (c) : Distribution des relevés spatio-temporels selon le plan F1x2 (Analyse avec tous les relevés) / (a) *Projection of the meteorologic descriptors according to the factorial plan F1x2*. (b) *Eigen values according to F1x2*. (c) *Distribution of spatiotemporal statements (Analysis with the statements of the S8 station)*

répartition des nuages de points est alors masquée par cette disparité. Ce qui risque de biaiser les interprétations.

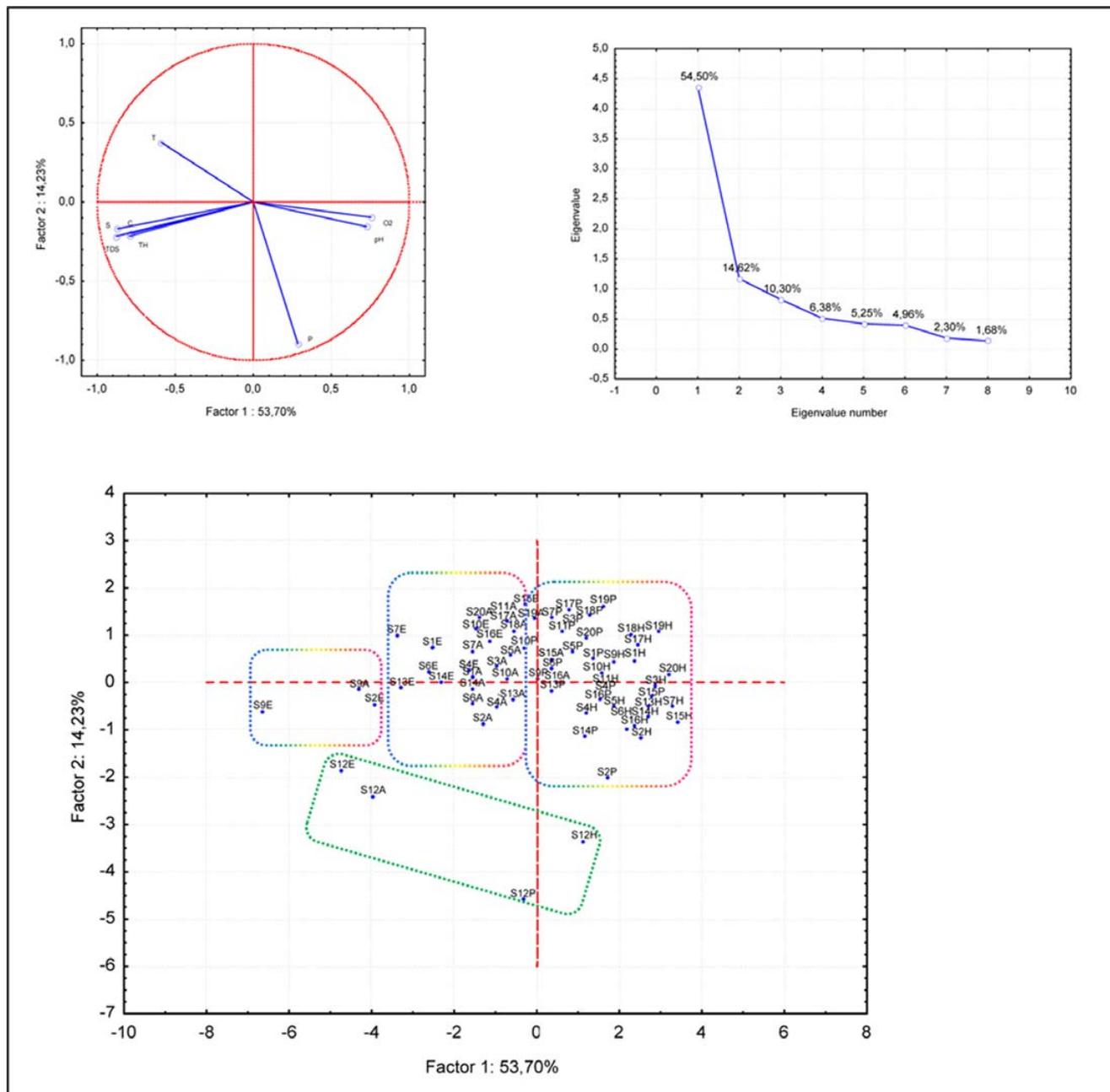
Pour pallier cela, nous avons procédé dans un deuxième temps à la même analyse, mais en éliminant les relevés de la station S8 de la matrice des données. La matrice obtenue est composée de 8 colonnes et 69 relevés.

L'analyse des données physico-chimiques montre que les pourcentages d'inertie des trois premiers axes totalisent

79,42 % d'information sur la distribution des variables météorologiques et des relevés effectués.

Les deux premiers axes F1 et F2 sont pris en compte pour la description des corrélations entre les variables liées aux relevés spatio-temporel et ce car les valeurs propres décroissent linéairement (Fig. 3).

En effet, ces deux premiers axes totalisent plus de 69 % de l'information projetée recueillie (Tableau 1) et donnent une



**Fig. 3** (a) : Projection des descripteurs météorologiques selon le plan factoriel F1xF2. (b) : Valeurs propres selon F1xF2. (c) : Distribution des relevés spatio-temporels (Analyse sans les relevés de la station S8) / (a) : *Projection of the mesologic descriptors according to the factorial plan F1xF2.* (b) : *Eigen values according to F1xF2.* (c) : *Distribution of spatiotemporal statements (Analysis without the statements of the S8 station)*

<b>Tableau 1</b> Valeurs propres et pourcentages d'inertie des trois premiers axes de l'analyse ACP / <i>Eigen values and percentages of inertia of the first three axes of the analysis ACP.</i>			
Axes	Valeurs propres	% d'inertie	Inertie cumulée %
F1	4,36	54,5	54,5
F2	1,17	14,62	69,12
F3	0,82	10,3	79,42

meilleure représentation des projections des relevés en fonction des variables physico-chimiques.

En effet, la Figure 3b montre une grande part de variabilité prise par les deux premiers axes qui résument respectivement 54,5 % et 14,62 % de l'information totale. L'axe F3 présente un faible pourcentage d'inertie (10,30 %) et n'a pas été retenu pour les interprétations.

De cet ensemble, il ressort une typologie générale qui exprime la qualité de l'eau des relevés en fonction des paramètres physico-chimiques (Fig. 3a). En effet, les variables corrélées positivement avec F1 sont l'oxygène dissous et le pH de l'eau des gîtes. La corrélation négative entre les descripteurs exprime une minéralisation des relevés avec la première composante principale.

L'axe F2 est corrélé avec la température et la profondeur de l'eau.

Ainsi, suivant cette distribution, l'axe F1 explique un gradient de minéralisation, car il oppose les stations à eaux douces faiblement minéralisées, à pH basique et richement oxygénées aux eaux saumâtres bien minéralisées, à pH acide et peu oxygénées.

L'axe F2 différencie les stations à profondeur d'eau importante et à température d'eau généralement faible aux stations de faible profondeur d'eau et à température d'eau élevée.

Ainsi l'axe F2 expliquerait un gradient de saisonnalité qui s'exprime par le niveau d'eau des gîtes.

Notons que le gradient de minéralisation ressortie masque un gradient de la qualité de l'eau sous-jacent et qui est expliqué par l'oxygénation des relevés et leur pH basique dues à la prolifération de la végétation.

De cette analyse spatio-temporelle à part les points des relevés de la station S12 qui constituent à eux seuls un corpuscule de relevés dont la profondeur est relativement importante, nous pouvons dégager trois grands groupements de stations (Fig. 3c).

**Groupe I :** avec les points d'eau 1, 2 et 9 qui sont les stations côtières ou celles situées près du lac Smir, qui échangent avec les eaux à forte salinité, notamment en période estivale et au moment de la marée haute. La profondeur de l'eau au niveau de ces stations est généralement faible et ne

dépasse pas 30 cm en période pluvieuse. Leur température d'eau ainsi que leur concentration en sels sont maximales pour la région d'étude (31°C et 7,19 ‰ respectivement pour la station 9 en juillet). Le taux d'oxygène dissous de ce groupement de stations est généralement faible notamment en saison sèche (3,1 mg/l et 2,76 mg/l respectivement dans les stations 2 et 9).

La station S8 éliminée de l'analyse ACP présente des valeurs bien élevées de minéralisation. Elle appartient également à cette catégorie de stations (49,7 ‰ de salinité en été).

**Groupe II :** réunit les points d'eau moyennement minéralisés et oxygénés et présentant une profondeur et une température d'eau moyennes.

Ce groupement englobe essentiellement les stations 4, 5, 6, 7, 10 et 13 qui sont peu salées.

Le degré de minéralisation des eaux varie avec la température et la profondeur de l'eau.

L'ensemble de stations de ce groupement sont généralement de moyenne profondeur (qui varie entre un minima de 10 cm en station 13 et un maxima de 65 cm en station 6).

Lorsque les stations sont peu profondes, l'évaporation en période estivale augmente significativement la concentration de leurs eaux en minéraux et par conséquent, une élévation de la conductivité, TDS et TH est observée.

Les stations permanentes ont une moindre amplitude de température que celle des stations semi-permanentes grâce à leur profondeur importante, tandis que les petites stations à profondeur faible sont plus susceptibles de se réchauffer facilement et leurs eaux se concentrent plus rapidement.

Le taux de sels dissous de ce groupement oscille entre 0,6 ‰ (station 4) et 4,7 ‰ (station 6), la concentration en oxygène dissous est minimale à la station 6 par 2,89 mg/l et la température de l'eau varie entre 29°C en station 10 et 13°C en station 7.

**Groupe III :** où les stations présentent un taux faible de minéralisation (S, TDS C et TH). Ces stations sont bien oxygénées, ont une profondeur moyenne à élevée et leur température d'eau est généralement basse. Il s'agit des points d'eau les plus éloignés de la mer (stations 3, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19 et 20) qui sont généralement des points d'eaux légèrement oligosaumâtres à douces.

Ces eaux sont essentiellement alimentées de la pluie, la nappe phréatique ou par l'oued Smir.

Le taux de salinité de ce groupement est faible, les valeurs minimales du tout le site sont enregistrées dans les stations 13 et 14 avec 0,1‰, tandis que la profondeur de l'eau de ces stations est bien élevée et connaît son maxima en stations 16 et 14 avec 70 cm et 75 cm respectivement.

Ce groupement englobe également les stations les plus oxygénées de la zone d'étude, les taux maxima d'oxygène dissous sont ceux de la station 13 (8,6 mg/l) et la station 15

(10,2 mg/l), alors que les taux de température d'eau sont faibles, 15°C pour les stations 13 et 16.

Selon le plan F1XF3, la projection de données donne une distribution des stations des marais de Smir ressemblant à celle obtenue via le plan F1XF2. Ainsi, on peut dégager 3 groupements de stations (Fig. 4) en tenant compte des mêmes paramètres physico-chimiques traités précédemment: minéralisation (salinité), oxygène dissous, profondeur et température d'eau.

Par ailleurs, et dans la mesure où nous essayons d'expliquer la typologie spatiotemporelle, notons qu'un gradient de saisonnalité peut également être ressorti selon l'axe F1 (Fig. 5).

Nous constatons que, pour chaque saison, il y a une individualisation spatiale qui regroupe les relevés selon leurs caractéristiques mésologiques au sein de chaque groupe.

Ce gradient résume toute la fonctionnalité recherchée dans les habitats. En effet, la qualité des eaux semble dépendante du niveau d'eau à son tour dépendant de la pluviomé-

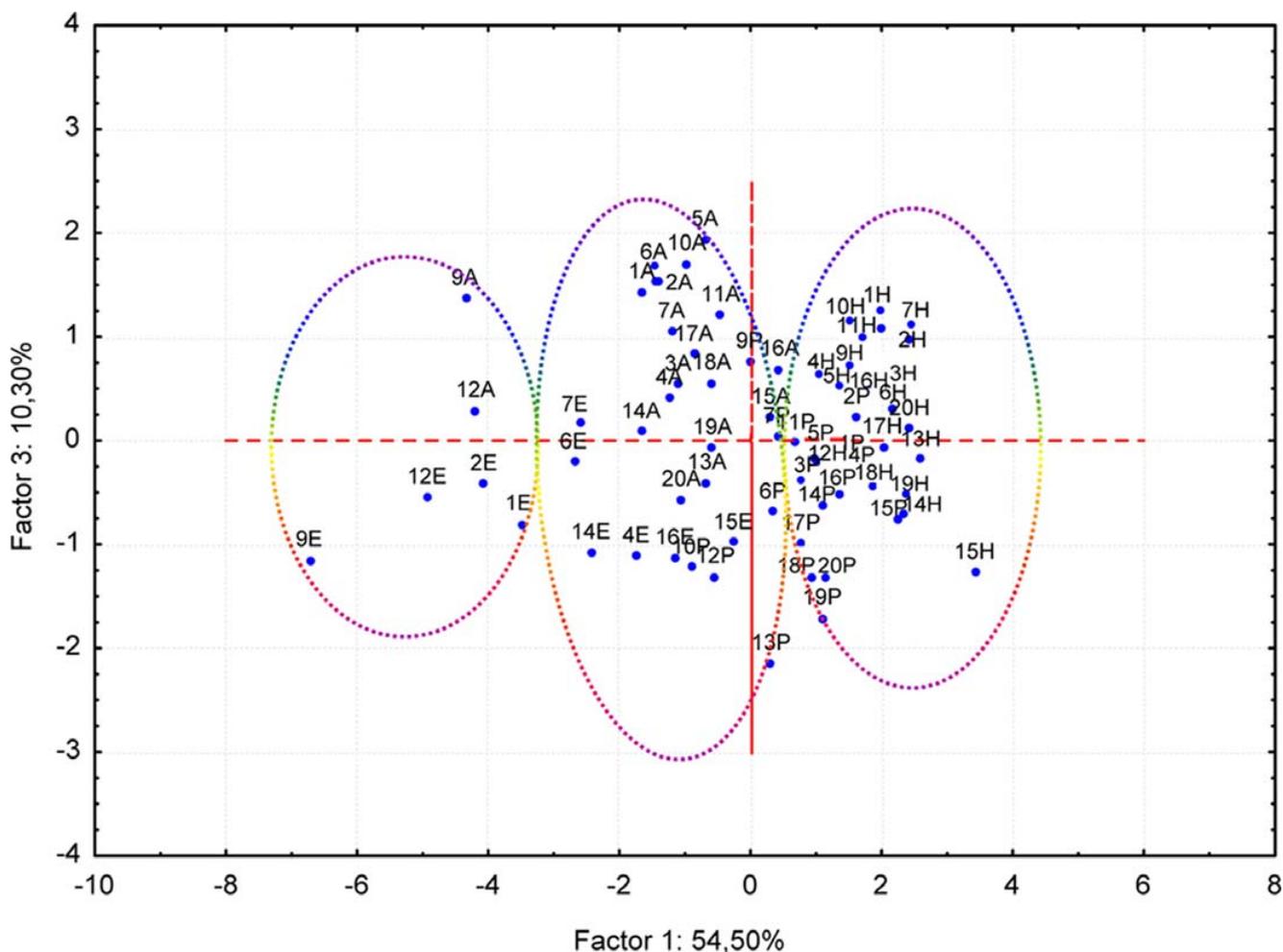
trie et de l'oxygène qui fait que la production algale est augmentée. La dispersion du nuage de points est bien marquée en été à cause de la persistance d'une certaine humidité.

### Inventaire faunistique

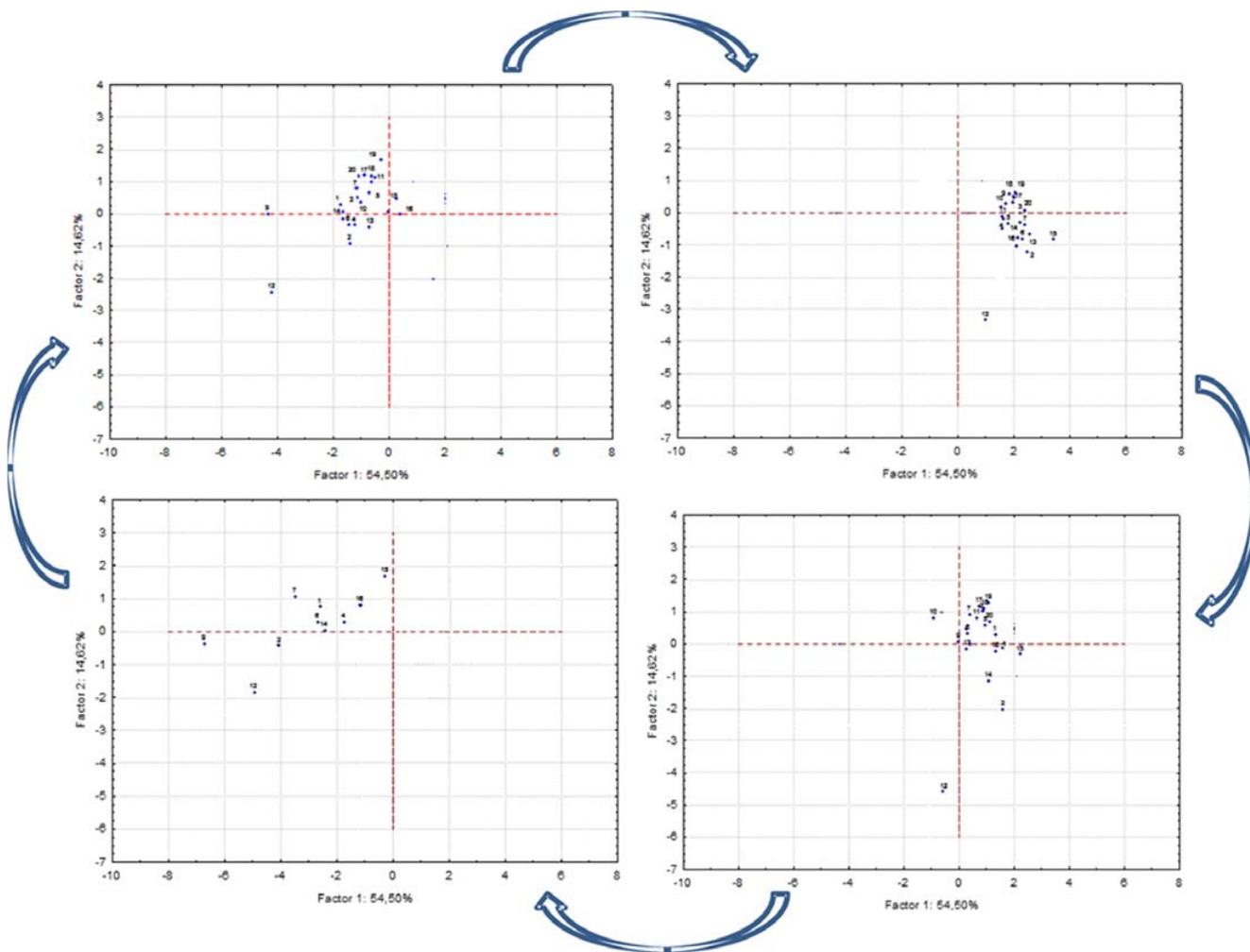
Le suivi régulier de 20 gîtes des marais de Smir a permis de recenser 14 espèces de Culicidae, réparties entre cinq espèces de *Culex*, deux espèces de *Culiseta*, deux espèces d'*Anopheles* et cinq espèces d'*Ochlerotatus* (Tableau 2).

### Analyse biotypologique

Le traitement de données faunistiques via l'analyse factorielle des correspondances (AFC) nous a permis d'extraire trois catégories d'espèces culicidiennes. Cette ségrégation se fait selon le plan F1-F2 qui donne la meilleure projection de données (Fig. 6).

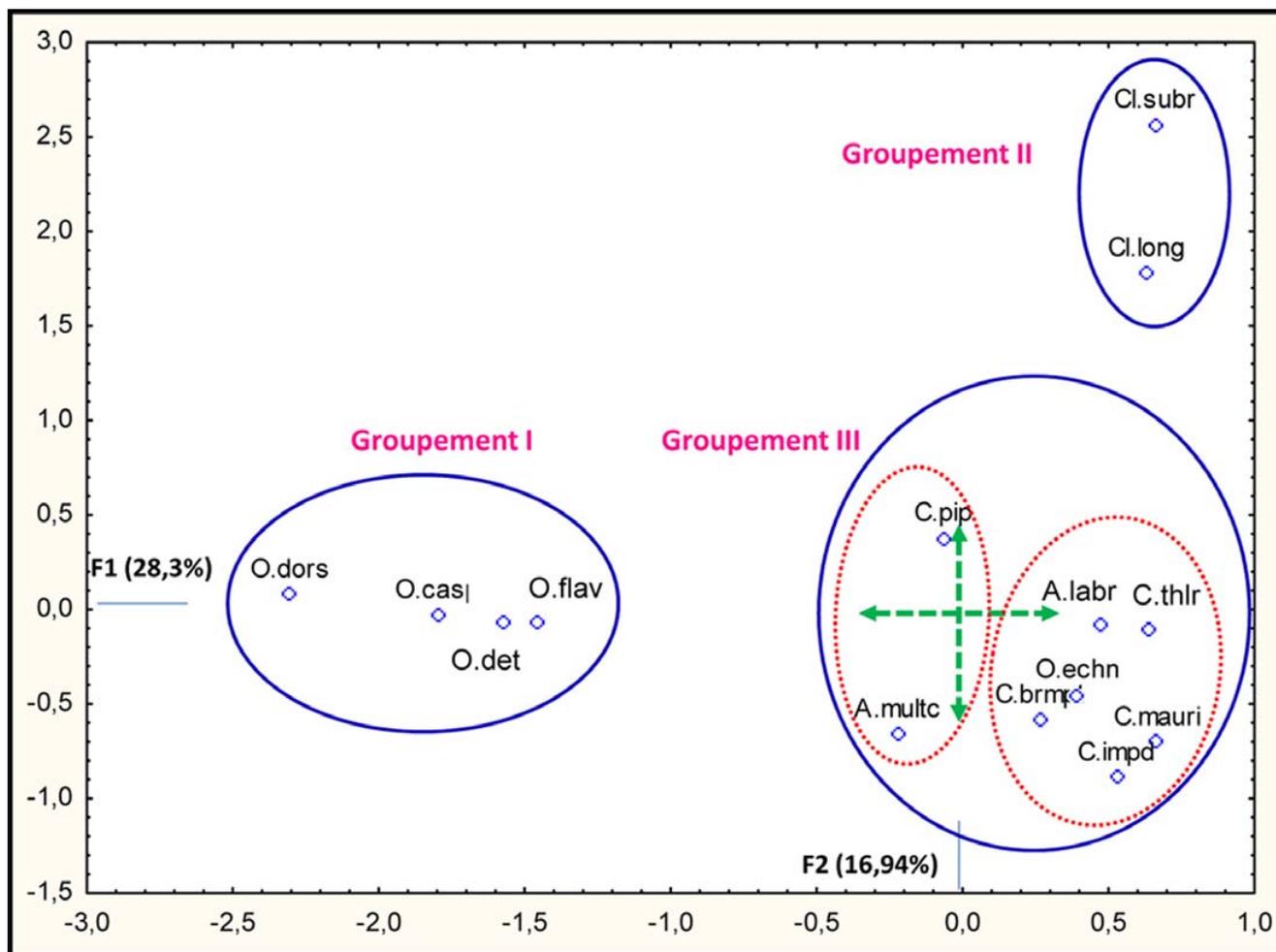


**Fig. 4** Distribution des stations des marais de Smir selon le plan factoriel F1xF3 / *Distribution of the stations of the marshes of Smir according to the factorial plan F1xF3*



**Fig. 5** Distribution des projections des relevés selon les saisons / *Distribution of projections of the statements according to the seasons*

<b>Tableau 2</b> Inventaire des espèces de <i>Culicidae</i> des marais de Smir / <i>Inventory of Culicidae species of Smir marshes.</i>	
<b>Espèces</b>	<b>Types de gîtes</b>
<i>Ochlerotatus flavescens</i> (Muller, 1764)	Marais et merjas salés
<i>Ochlerotatus caspius</i> (Pallas, 1771)	
<i>Ochlerotatus detritus</i> (Halliday, 1833)	
<i>Ochlerotatus dorsalis</i> (Meigen, 1830)	
<i>Culiseta longiareolata</i> (Macquart, 1838)	Puits, marais et merjas saumâtres et moyennement salés
<i>Culiseta subochrea</i> (Edwards, 1921)	
<i>Culex pipiens</i> (Linné, 1758)	Marais, merjas et puits saumâtres et oligosaumâtres
<i>Anopheles multicolor</i> (Cambouliu .1902)	Marais et merjas légèrement salés et oligosaumâtres
<i>Anopheles labranchiae</i> (Falleroni, 1926)	Puits, marais et merjas et oligosaumâtres et aux eaux douces
<i>Culex theileri</i> (Theoblad, 1903)	
<i>Ochlerotatus echinus</i> (Edwards, 1920)	Marais et merjas oligosaumâtres
<i>Culex impudicus</i> (Ficalbi, 1890)	
<i>Culex brumpti</i> (Galliard, 1931)	
<i>Culex mauritanicus</i> (Callot, 1912)	Marais et merjas oligosaumâtres et à eaux douces



**Fig. 6** Distribution des espèces de *Culicidae* des marais de Smir selon le plan F1-F2 / *Culicidae* species distribution of Smir marshes according to the plan F1-F2

**Le groupement I** est constitué des espèces de *Culicidae* qui tolèrent des taux élevés de minéralisation, notamment de salinité ainsi qu'un taux faible d'oxygène dissous. Ces espèces présentent généralement leur abondance maximale dans des eaux où le taux de sels dissous varie de 7,19‰ à 46,7‰, et une concentration en oxygène dissous qui ne dépasse pas 4,8 mg/l. Ce groupement compte :

*Ochlerotatus detritus* est un complexe d'espèce au Maroc formé de deux espèces : *Ochlerotatus detritus* et *Ochlerotatus coluzzii* [28,46]. Cependant, au niveau des marais de Smir, seule la première espèce est citée dans la bibliographie [31,32].

*O. detritus* tolère des concentrations en sels dissous de 46,7 ‰ à la station 8 où l'espèce présente son abondance maximale.

Les taux de salinité tolérés par *O. detritus* ont été étudiés par de nombreux écologistes : Pandazis [37] trouve les larves de cette espèce dans une lagune dont l'eau a une salinité à peu près égale à celle de la mer. Senevet et al [42] signalent

qu'*Ochlerotatus detritus* cherche les gîtes salés comme les mares littorales et semble adaptée à des concentrations en NaCl qui varient de 8 à 52 mg/l. El Kaïm B [15] cite un seuil plus élevé de salinité égale à 70 à 75 g/l, tandis que Rioux et al [40] invoquent des seuils plus élevés de tolérance à la salinité allant jusqu'au 103 g/l.

La corrélation du développement de cette espèce avec le degré de salinité a été confirmée également par plusieurs études [8,27,30,39,45].

*Ochlerotatus caspius* qui est un moustique des marais saumâtres littoraux ou continentaux [39] et qui a la même écologie que l'espèce précédente (*detritus*) occupe souvent le même biotope [19].

Néanmoins, le développement de *caspius* est souvent retardé par rapport à celui de *detritus*.

Cette même observation a été invoquée par Rioux et al [40] qui ont constaté que, contrairement à *Ochlerotatus detritus*, la période d'activité d'*Ochlerotatus caspius* débute

plus tardivement à la fin de l'hiver et cesse plus tôt au début de l'automne.

Cela est probablement lié au degré de salinité du milieu.

Dans ce même sens, Himmi [27] signale qu'*Ochlerotatus caspius* semble tolérer des concentrations plus élevées en sels dissous que celles tolérées par *Ochlerotatus detritus* et qu'elle atteint son optimum à 25 g/l.

Contrairement, El Kaïm B [15] trouve que les taux très élevés de salinité (tolérés par *Ochlerotatus detritus*) semblent létaux pour *Ochlerotatus caspius* et contribuent quelquefois à la constitution de peuplements larvaires monospécifiques d'*Ochlerotatus detritus*.

Dans les gîtes larvaires culicidiens, l'association la plus fréquente observée de *caspius* est avec *Aedes detritus* [35]. Les deux espèces fréquentent les gîtes saumâtres à régime hydrique temporaires [40].

*Ochlerotatus dorsalis* se développe également dans les points d'eau saumâtres et bien salés, généralement peu profonds et faiblement oxygénés. Il s'agit des deux stations côtières 8 et 9 dont les eaux présentent le taux le plus haut en sels dissous.

D'après Brunhes et al [11], les larves se développent dans les mares et marécages dont l'eau est saumâtre ou salée, généralement peu profonde. Ces gîtes se trouvent le plus souvent près de côtes mais aussi dans les régions où affluent des terrains salés. De même, Rioux et al [40] signalent la présence d'*Ochlerotatus dorsalis* dans des eaux saumâtres.

Rageau et al [38] indiquent que les deux espèces *dorsalis* et *caspius* sont susceptibles de vivre en eau saumâtre. Ce que confirment nos résultats.

*Ochlerotatus flavescens* est modestement représentée au niveau des marais de Smir. Cette espèce cohabite avec *Ochlerotatus detritus* au niveau de certains points d'eau.

Elle semble préférer les eaux saumâtres peu oxygénées et peut supporter des concentrations très élevées en sels dissous. Les données sur la biologie et l'écologie de cette espèce au Maroc sont très rares voir introuvables. Trari et al [46] signalent qu'*Oc. flavescens* a été identifiée à deux reprises uniquement sur la base de spécimens larvaires.

Brunhes et al [11] signalent que les gîtes larvaires de cette espèce sont constitués par de vastes plaines inondables où l'eau peut y être douce ou saumâtre.

**Le groupement II** compte deux espèces : *Culiseta longiareolata* et *Culiseta subochrea* qui présentent une bonne plasticité écologique et peuvent tolérer plusieurs types de milieux, à savoir des gîtes dont l'eau est moyennement salée à saumâtre et moyennement minéralisée et oxygénée.

*Culiseta longiareolata* est une espèce de grande valence écologique, capable de supporter les conditions abiotiques de milieux différents.

Brunhes et al [11] trouvent que les gîtes larvaires de l'espèce sont de types très variés où les eaux peuvent être douces et saumâtres.

L'espèce est récoltée dans cinq stations, généralement moyennement oxygénées et de concentrations relativement élevées en sels dissous (6,5 ‰ en station 2). Le taux d'oxygène dissous où l'espèce trouve son optimum d'abondance oscille entre 4 et 5 mg/l.

*Culiseta subochrea* est une espèce connue par son exigence pour les eaux relativement saumâtres. Au niveau des marais de Smir, cette espèce a été récoltée au niveau de deux puits dont les eaux sont relativement oxygénées et d'une concentration importante en sels dissous.

Plusieurs études ont confirmé les mêmes paramètres écologiques où se développe *Culiseta subochrea* ; ainsi Louah [31] signale que l'espèce pullule dans les milieux riches en sels dissous et relativement oxygénés.

Trari [45] a confirmé également que *Culiseta subochrea* tolère les eaux à salinité relativement élevée. De même, Schachter [41] considère que ce Culicidae est typiquement halophile et occupe des eaux avec degré important de salinité.

D'autre part, Himmi [27] déclare que cette espèce peuple les milieux d'eau douce et saumâtre et trouve son abondance maximale dans des milieux légèrement saumâtres. Le même résultat a été déclaré par Rioux et al [40], qui trouvent que *Subochrea* peut indifféremment voisiner avec les espèces halophiles et dulçaquicoles.

**Le groupement III** est formé des espèces qui préfèrent des eaux oligosaumâtres à douces et bien oxygénées. Il peut être partagé en deux sous-groupes :

**Le sous-groupement 1** qui regroupe les espèces préférant des eaux moyennement salées à oligosaumâtres. En fait, les deux espèces de cette catégorie supportent une large ampleur de paramètres mésologiques et notamment celle du taux de sels dissous.

Connue par sa grande valence écologique, l'espèce *Culex pipiens* est présente dans environ 90 % des points d'eaux de Smir.

Himmi [27] signale que l'espèce ne tolère pas de forte minéralisation et salinité mais peut coloniser les milieux peu oxygénés.

A l'inverse, Mestari [33] confirme que la présence maximale de cette espèce est au niveau des gîtes fortement minéralisés. De même, Berchi et al [7] confirment que *Culex pipiens* affectionne les eaux polluées où les teneurs en chlorures sont particulièrement élevés.

Autrement, Louah [31] constate que *Culex pipiens* fréquente les eaux douces, ainsi que celles salées mais préfère des milieux à salinité et conductivité relativement élevées et peu oxygénés.

Rioux et al [39] trouvent que l'espèce colonise divers types de gîtes et surtout les eaux douces riches en matières organiques.

Ces résultats différents ne peuvent que confirmer que *Culex pipiens* est doté d'une grande plasticité écologique lui permettant de coloniser différents types de gîtes [19].

*Anopheles multicolor* semble supporter de grandes variations de taux de salinité. Elle trouve son maximum d'abondance au niveau des points d'eau bien oxygénés (jusqu'à 6,9 mg/l en station 10), légèrement salés mais peut supporter un degré de salinité atteignant 4,7‰ (station 6).

Louah [31] a récolté l'espèce au niveau des eaux oligohalines et douces de la péninsule tingitane. Bouallam [11] signale que l'espèce pullule dans les gîtes présentant une concentration en sels de 0,2 à 2,7 ‰.

Cependant, Gaud [24] confirme que le développement de cette espèce semble être lié aux gîtes fortement salés (9 à 52 ‰). De même, Trari B et al [47] signalent que les larves préfèrent les eaux salines.

**Le sous-groupe 2**, formé des espèces *Culex theileri*, *Cx. mauritanicus*, *Cx. brumpti*, *Cx. Impudicus*, *Ochlerotatus echinus* et *Anopheles labranchiae*. Ces espèces peuplent généralement les eaux douces à très légèrement saumâtres et bien oxygénées.

*Anopheles labranchiae* a été recensée dans 14 stations (environ 70 % du total de stations) présentant un degré de salinité généralement faible pouvant aller jusqu'à 0,2 ‰. L'espèce est absente dans les points d'eau hautement salés.

La préférence de cette espèce pour les eaux bien oxygénées, oligosaumâtres à relativement douces a été confirmée par de nombreuses études. Himmi [27] signale la préférence de cette espèce pour les eaux peu profondes, faiblement minéralisées. De même, Alaoui Slimani et al [1] trouvent qu'*An. labranchiae* préfère des eaux faiblement minéralisées. Brunhes et al [11] indiquent que l'espèce peuple les gîtes ensoleillés dont l'eau est douce ou légèrement saumâtre.

Le même résultat a été déclaré par Rioux et al [40] qui ont recensé *An. labranchiae* dans des biotopes dulçaquicoles et semihalophiles, ainsi que par Louah et al [32] qui constatent que les gîtes où l'espèce est bien représentée sont caractérisés par des eaux douces à oligosaumâtres où la teneur en sels est inférieure à 1,05 ‰.

L'espèce atteint son maximum d'abondance dans les points d'eau bien oxygénés des stations 13 et 15 avec 8,6 mg/l et 10,2 mg/l respectivement.

*Culex impudicus* est une espèce récoltée dans une seule station des marais de Smir (station 6). Elle semble préférer les milieux bien oxygénés et faiblement minéralisés.

La salinité de la station varie entre 4,7 ‰ en été et 0,3 ‰ en hiver et le taux d'oxygène dissous arrive à 6,48 mg/l en période hivernale.

Himmi [27] a signalé l'espèce dans des eaux faiblement minéralisées et de profondeur d'eau importante.

De même, Louah [31] a noté que les larves de cette espèce préfèrent les gîtes d'eau douce à légèrement saumâtres.

Malgré le fait que l'espèce *Culex brumpti* a été signalée au Maroc depuis 1964 par Bailly-Choumara [3], ainsi que par d'autres auteurs [17,46], l'écologie de cette espèce reste presque inconnue !

Au niveau de la zone de Smir, l'espèce a été récoltée dans plusieurs gîtes où la salinité oscille entre 0,2 ‰ et 4,7‰.

L'espèce semble donc peupler les gîtes légèrement saumâtres voir quelques points d'eau douce (stations 7, 15, 17, 18).

La concentration d'oxygène dissous de ces gîtes a son plafond à la station 15 avec 10,2 mg/l.

*Culex theileri* a été recensé dans 11 stations de la zone de Smir. Cette espèce fréquente généralement les points d'eaux douces à oligosaumâtres d'un taux de salinité qui ne dépasse pas généralement 2,5 ‰ et d'une concentration en oxygène dissous qui oscille entre 3,3 mg/l et 8,6 mg/l.

De nombreuses études ont montré l'intolérance de cette espèce aux concentrations élevées en sels dissous.

Himmi [27] a trouvé que cette espèce préfère se développer dans des milieux à faible minéralisation. De même, Louah [31] a signalé que *Culex theileri* préfère les eaux oligosaumâtres. Rioux [39] indique que cette espèce peuple des eaux à concentration en sel dissous de 2,3 ‰ alors que Bouallam [9] signale un taux plus faible, inférieur à 2 ‰.

*Ochlerotatus echinus* a été récolté une seule fois dans la station 5 à eaux oligosaumâtres et relativement oxygénées. La salinité au niveau de ce point d'eau ne dépasse pas 0,1 ‰ en hiver et 2,6 ‰ en été et le taux d'oxygène dissous atteint son maximum en printemps avec un taux de 6,33 mg/l.

Pandazis [37] cite que les larves de cette espèce vivent dans l'eau légèrement saumâtre qui s'accumule dans les trous des arbres.

Bien que les données écologiques et biologiques sur *Culex mauritanicus* au Maroc soient très rares, l'espèce est bien représentée au niveau de la zone d'étude dans 9 stations où les eaux sont généralement bien oxygénées, légèrement saumâtres (stations 3, 4, 6, 7 et 16) ou douces (stations 17 et 18). Senevet et al [43] mentionne que *Mauritanicus* a été recensée dans plusieurs stations dont les eaux sont très peu salées.

La salinité des eaux des marais de Smir peuplées par cette espèce varie entre 0,2 ‰ et 4,4 ‰, et le leurs taux d'oxygène dissous oscillent entre 3,3 mg/l et 8,62 mg/l.

## Conclusion

L'analyse mésologique spatiotemporelle de données des marais de Smir relève l'existence de trois catégories de gîtes culicidiens en tenant compte principalement du degré de salinité de leurs eaux. Cette caractéristique physico-chimique primordiale pour la phase aquatique des moustiques semble le facteur limitant de la distribution de différentes espèces au niveau de l'aire d'étude.

En effet, on trouve des espèces préférant les points d'eau strictement salés, il s'agit des espèces d'*Ochlerotatus* occupant les stations côtières les plus proches de la mer.

Les espèces du genre *Culex* peuplent les eaux douces ou très légèrement saumâtres des marais de Smir. Une troisième catégorie des espèces est représentée par les espèces ayant une grande amplitude écologique et qui peuvent supporter de fortes concentrations en sels dissous.

Les différents résultats mésologiques et faunistiques des marais de Smir, serviront de référence pour la démostication de cette zone d'étude.

**Remerciement** Les auteurs tiennent à remercier vivement Monsieur Fekhaoui Mohamed, enseignant chercheur à l'Institut scientifique, Université Mohammed V-Agdal, Rabat pour son aide dans la réalisation de l'ACP.

## Références

- Alaoui Slimani N, Joudi N, Benhoussa A, Hajji K (1999) Typologie des habitats d'*Anopheles* dans une zone urbaine (Diptera, Culicidae). L'Entomologiste 55 (5):181–90
- Ater M, Dakki M (1997) Potentialités écologiques et socio-économiques des marais côtiers de Smir (côte méditerranéenne du Maroc) : principales menaces et chances de conservation. In: Ater M. & Dakki M. (eds.). Actes du Séminaire sur les marais Smir-Restinga (Maroc) : écologie et propositions d'aménagement. Tétouan, 16-17 mars 1995. Trav Inst Sci Rabat mém hors série : 1-8
- Bailly-Choumara H (1964) Récapitulation des récoltes d'entomologie médicale effectuées dans le Rif de 1964 à 1967. Lab Entomol ISC Maroc.
- 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. Thèse doct, Université des Sciences des Technologies et de la Santé de Grenoble.
- Belghiti ML, Chahlaoui A, Bengoumi D (2013) Caractéristiques physicochimiques des eaux de certains puits utilisés comme source d'eau potable en milieu rural dans la région de Meknès (Maroc). Science Lib 5(130115)
- Ben Moussa A, Chahlaoui A, Rour EH et al (2012) Etude du changement de l'état des eaux de l'oued Khoumane à la confluence avec les eaux thermales de la source Ain Hamma Moulay Idriss. Maroc. Larhyss Journal 11:17–36
- Berchi S, Aouati A, Louad K (2012) Typologie des gîtes propices au développement larvaire de *Culex pipiens* L. 1758 (Diptera : Culicidae), source de nuisance à Constantine (Algérie). Ecologia Méditerranéa 38:5–16
- Berner L (1974) Liste des moustiques provençaux. Bull Mus His Nat Marseille 34:285–96
- Bouallam S (1992) Le paludisme et les moustiques dans la région de Marrakech. Ecologie et cycles biologiques des espèces culicidiennes. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences de Marrakech.
- Bouroche J M, Saporta G (1994) L'analyse des données. Collection « Que sais-je », n° 1854, 6<sup>ème</sup> éd., Paris.
- Brunhes J, Rhaim A, Geoffroy B, et al (2000) Les Culicidae d'Afrique Méditerranéenne : espèces présentes et répartition (Diptera : Nematocera). Bulletin de la Société Entomologique de France 105(2):195–204
- Coffinet T, Rogier C, Pages F (2009) Évaluation de l'agressivité des anophèles et du risque de transmission du paludisme : méthodes utilisées dans les armées françaises. Méd Trop 69(2):109–122
- Djogbénou L (2009) Lutte antivectorielle contre le paludisme et résistance des vecteurs aux insecticides en Afrique. Méd Trop 69(2):160–4
- El Fellah B (2005) Géomorphologie et cartographie du bassin versant de l'Oued Smir. In : Bayed A, Scapini F (Eds) – Ecosystèmes côtiers sensibles de la Méditerranée : cas du littoral de Smir, Bull Inst Sci Rabat série générale 4:1-8
- El Kaïm B (1972) Contribution à l'étude écologique et biologique des Culicidés : *Aedes detritus* Haliday et *Aedes caspius* Pallas. Bull Soc Sci Nat Phys du Maroc 52(3-4):197–204
- El Ouali Lalami A, El Hilali O, Benlamlih M et al (2010) Etude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès. Bull Inst Sci Rabat 32(2):119–27
- El Ouali Lalami A, Hindi A, Azzouzi A, et al (2010) Inventaire et répartition saisonnière des Culicidae dans le centre du Maroc. Entomologie faunistique – Faunistic Entomology 62(4):131-8
- Ennabili A, Ater M (2005) Diversité floristique et production de biomasse des macrophytes des marais de Smir. In : Bayed A, Scapini F (Eds) – Ecosystèmes côtiers sensibles de la Méditerranée : cas du littoral de Smir. Bull Inst Sci Rabat série générale 4:17-25
- FAO (2009) Rapport du projet GCP/RAB/002/FRA de renforcement de la surveillance et des systèmes d'alerte pour la fièvre catarrhale ovine, la fièvre du Nil occidentale et la rage au Maroc, Algérie et Tunisie: Fièvre du Nil occidental : historique et situation épidémiologique en Tunisie.
- Faraj C, Adlaoui E, Brengues C, et al (2008) Résistance d'*Anopheles labranchiae* au DDT au Maroc : identification des mécanismes et choix d'un insecticide de remplacement. East Mediterr Health J 14(4):776–83
- Faraj C, Elkohli M, Lyagoubi M (2006) Cycle gonotrophique de *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae), vecteur potentiel du virus West Nile, au Maroc : estimation de la durée en laboratoire. Bull Soc Path Exot 99(2):119–21 [http://www.pathexo.fr/documents/articles-bull/T99-2-2846-3p.pdf]
- Fekhaoui M, Pattee E (1993) Impact de la ville de Fès sur l'Oued Sebou : étude physico-chimique. Bull Inst Sci 17:1–12
- Foaud S, Chlaida M, Belhouari A, et al (2013) Qualité bactériologique et physique des eaux de l'Oued Hassar (Casablanca, Maroc) : Caractérisation et analyse en Composantes principales. Les technologies de laboratoire 8(30):1-9
- Gaud J (1953) Notes biogéographiques sur les Culicidae du Maroc. Arch Inst Past Maroc 4(7):443–90
- Guillet P, Chandre F, Mouchet J (1997) L'utilisation des insecticides en santé publique : état et perspectives. Méd Mal Infect 27(S5): 552–7
- Hassaine K (2002) Bioécologie et biotypologie des Culicidae de l'Afrique méditerranéenne. Biologie des espèces les plus vulnérables (*Ae. caspius*, *Ae. detritus*, *Ae. mariae* et *C. pipiens*) dans la région occidentale algérienne. Thèse doct ès sciences, Université de Tlemcen, Algérie.
- Himmi O (2007) Les culicidés (Insectes, diptères) du Maroc : Systématique, écologie et études épidémiologiques pilotes. Thèse doct d'Etat, Université Mohamed V, Faculté des Sciences de Rabat.
- Himmi O, Dakki M, Trari B, El Agbani MA (1995) Les Culicidae du Maroc : clés d'identification, avec données biologiques et écologiques. Trav Inst Sci, Série Zool Rabat 44:51
- Himmi O, Trari B, El Agbani MA, Dakki M (1997-1998) 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 21:71–9
30. Krida G, Daoud-Bouattour A, Mahmoudi E, et al (2012) Relation entre facteurs environnementaux et densités larvaires d'*Ochlerotatus caspius* Pallas 1771 et *Ochlerotatus detritus* Haliday 1833 (Diptera : Culicidae) en Tunisie. Ann Soc Entomol Fr 48(1–2): 18–28
  31. Louah A (1995) Ecologie des Culicidae (Diptera) et état du paludisme dans la péninsule de Tanger. Thèse d'Etat es sciences, Faculté des Sciences de Tétouan, Maroc.
  32. Louah A, Ramadani M, Saoud Y, Mahjour J (1995) Biotypologie de la faune culicidienne de la péninsule tingitane. Bull Inst Sci Rabat 19:93–102
  33. Mestari M (1997) Les peuplements culicidiens de la ville de Mohammedia et des régions avoisinantes : caractérisation hydrologique et hydrochimique des principaux gîtes et dynamique spatio-temporelle. Thèse doct de 3<sup>e</sup> cycle, Faculté des Sciences, Rabat.
  34. Metge G (1986) Étude des écosystèmes hydromorphes (Daya et Merja) de la Meseta occidentale marocaine : typologie et synthèse cartographique à objectif sanitaire appliquée aux populations d'*Anopheles labranchiae* (Falleroni, 1926), (Diptera, Culicidae, Anophelinae). Thèse doct ès sciences, Université de droit d'économie et des sciences d'Aix-Marseille, France.
  35. Moussiegt O (1981) *Aedes* (*Ochlerotatus*) *caspius* (Pallas, 1771). Ed E I D, Montpellier, France.
  36. OMS (2013) Comité régional de l'Europe, soixante-troisième session. Cadre régional pour la surveillance et la lutte contre les moustiques invasifs et vecteurs de maladies et les maladies réémergentes à transmission vectorielle. 16-19 septembre 2013, Çeşme Izmir (Turquie), pp. 9
  37. Pandazis G (1935) La faune des Culicidae de Grèce. Acta Instituti et Musei Zoologici Universitatis Atheniensis 1:1–27
  38. Rageau J, Mouchet J, Abonnenc E (1970) Répartition géographique des moustiques (Diptera : Culicidae) en France. Cah ORSTOM, Ent Méd Parasitol 8(3):289–317
  39. Rioux JA (1958) Les Culicidae du Midi méditerranéen. Encyclopédie Entomologique, P Lechevalier (Ed) 35, pp. 303
  40. Rioux JA, Arnold M (1955) Les Culicidae de Camargue (étude systématique et écologique). La terre et la vie 4:244–86
  41. Schachter D (1950) Contribution à l'étude écologique de la Camargue. Thèse en sciences, Université de Paris. 108p
  42. Senevet G, Andarell L (1954) Le genre *Aedes* en Afrique du Nord : 1- Les larves. Arch Inst Past d'Algérie 32(4):310–51
  43. Senevet G, Gaud J, Millet A (1949) Validité de l'espèce *Culex mauritanicus* Callot, 1940. Arch Inst Past Algérie 27(1):42–7
  44. Stitou El messari J (1995) Contribution à la connaissance hydro-géochimique des aquifères côtiers Martil-Alila, Oued Laou et Smir. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Faculté des sciences, Tétouan, Maroc.
  45. Trari B (1991) Culicidae (Diptera) : catalogue raisonné des peuplements du Maroc et études typologiques de quelques gîtes du Guarb et de leurs communautés larvaires. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Faculté des Sciences, Université Mohamed V, Rabat.
  46. Trari B, Dakki M, Himmi O, El Agbani MA (2003) Les moustiques (Diptera Culicidae) du Maroc. Revue bibliographique (1916-2001) et inventaire des espèces. Bull Soc Pathol Exot 96 (4):329–34 [http://www.pathexo.fr/documents/articles-bull/T96-4-2405-2552.pdf]
  47. Trari B, Harbach RE, Himmi O, et al (2004) An inventory of the mosquitoes of Morocco. I. Genus *Anopheles* (Diptera: Culicidae). Eur Mosquito Bull 18:1–19