

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

N° Série.....
N° d'ordre.....

THESE

Pour obtenir le diplôme de Doctorat es-sciences
Spécialité : Entomologie

BIOECOLOGIE DE *Culex pipiens* L. (DIPTERA : CULICIDAE) DANS LA REGION DE CONSTANTINE ET PERSPECTIVES DE LUTTE.



Présentée par :

Séli^{ma} BERCHI

Devant le jury :

M. ALLATOU D.	Professeur : Université de Constantine	Président
M. BRUNHES J.	Professeur : I.R.D. Montpellier	Rapporteur
M ^{me} DOUMANDJI-MITICHE B.	Professeur : I.N.A. El-Harrach	Examineur
M. KHELLIL M ^{ed} .A.	Professeur : Université de Tlemcen	Examineur
M. LOUADI K.	M.C. : Université de Constantine	Examineur



Moustiques au cri qui pique, siphonneurs sans scrupules du sang des hommes, dragons ailés de la nuit, la Zénophila, laissez-la dormir d'un sommeil paisible, je vous en supplie, dévorez mes membres et ma chair, les voici !

Mais à quoi bon les discours ? quand les fauves féroces goûtent à plaisir les délices de sa peau si douce ?

Alors je vous préviens encore une fois, sales bêtes, réfrénez votre audace, ou bien vous connaîtrez la force de frappe de mes mains jalouses !

Méléagre, a vécu vers 135-60 avant J.-C.

Avant-propos

Cet avant propos est pour moi l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont contribué à divers titres à la réalisation de cette étude. Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Monsieur le Professeur J. BRUNHES, je suis très honorée de vous compter parmi les membres du jury. C'est dans votre laboratoire de Taxonomie des Vecteurs (I.R.D. ex. ORSTOM) que j'ai découvert les Culicidae. Lors de mes différents stages vous avez été pour moi une source inestimable de renseignements qui ont permis d'orienter mes recherches. Je vous remercie d'avoir accepté de corriger ce travail, d'en être le rapporteur et, surtout d'avoir été disponible à chacune de mes sollicitations.

Monsieur le Professeur D. ALLATOU, c'est pour moi un honneur de vous voir à la présidence de ce jury.

Madame B. DOUMANDJI, je vous prie d'accepter mes plus sincères remerciements pour avoir bien voulu juger ce travail.

Monsieur KHELLIL, je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail.

Monsieur K. LOUADI, vous vous êtes intéressé à mon travail depuis le début, aux problèmes rencontrés et vous avez su me conseiller pour l'orientation finale de ma thèse. Votre présence à ce jury n'en est que plus justifiée. Soyez en sincèrement remercié.

Je tiens à remercier particulièrement :

Madame Odile FOSSATI pour sa disponibilité sans limites, pour son aide de tous les instants. Elle a toujours su prendre sur son temps pour me montrer l'intérêt qu'elle portait à ce travail.

Je voudrais témoigner ma reconnaissance à toute l'équipe du Laboratoire de Taxonomie des Vecteurs (I.R.D. Montpellier) qui m'ont toujours très bien accueillie lors de mes stages.

Madame Frédérique BREUIL, pour ses nombreux dépannages informatiques, ses nombreux conseils en la matière et pour son soutien précieux dans les moments difficiles.

Monsieur Bernard GEOFFROY pour avoir réalisé les traitements d'images. Je lui dois les belles photos qui illustre cette thèse.

Monsieur J.P. HERVY avec qui j'ai découvert pour la première fois les larves de moustiques. C'était à Montpellier lors d'une sortie sur terrain programmée à mon intention.

A tout le personnel du Laboratoire des Insectes Nuisibles. Particulièrement le Professeur P. GUILLET dont le sens des relations humaines m'a toujours marqué. Vous m'avez toujours accueilli à bras ouvert dans votre laboratoire. Monsieur F. CHANDRE, qui a accepté de juger la partie sur les tests insecticides. Je n'oublierai pas Michel pour tous les conseils précieux concernant l'élevage des moustiques.

Madame N. Pasteur, et Monsieur M. RAYMOND qui m'ont ouvert les portes de leur laboratoire de Génétique et Environnement. Ils m'ont permis de travailler dans les meilleures conditions. Madame M. MARQUINE, vous m'avez apporté une aide précieuse lors des électrophorèses.

Je tiens également à remercier toute l'équipe de l'E.I.D. (Entente Interdépartementale pour la Démoustication), plus particulièrement Monsieur B.GAVEN pour sa collaboration, ses conseils et ses orientations sur les tests insecticides.

Mes remerciements vont également à Madame O. MOUSSIEGT,
documentaliste à l'E.I.D.

Mes remerciements vont également à toute l'équipe de l'Inspection
de l'Environnement pour avoir collaborer dans l'analyse de l'eau.

A tous mes collègues pour m'avoir soutenu sans relâche.

Je remercie mes parents qui m'ont toujours incité à choisir la voie
qui me plaisait et qui ont rendu possible ce choix dans les meilleures
conditions.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIÈRE PARTIE: BIOECOLOGIE DES CULICIDAE DANS LA REGION DE CONSTANTINE.....	4
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.....	4
1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	4
1.2. ASPECT GEOMORPHOSTRUCTURAL.....	4
1.3. LITHOLOGIE ET PENTES.....	5
1.4. LE CLIMAT GENERAL.....	5
1.5. HYDROGEOLOGIE.....	6
1.6. HYDROLOGIE.....	7
1.7. URBANISATION.....	7
CHAPITRE 2 : RAPPELS SUR LES CULICIDAE.....	9
2.1. POSITION SYSTEMATIQUE.....	9
2.1.1. INVENTAIRE DES CULICIDAE.....	9
2.2. RAPPELS MORPHOLOGIQUES.....	10
2.2.1. L'ŒUF.....	10
2.2.2. LA LARVE.....	11
2.2.3. LA NYMPHE.....	12
2.2.4. L'ADULTE.....	12
2.3. BIOECOLOGIE DES LARVES.....	14
2.3.1. HABITATS LARVAIRES.....	14
2.3.2. MILIEU AQUATIQUE ET DÉVELOPPEMENT LARVAIRE.....	14
2.3.2.1. NOTION D'ÉCOSYSTÈME.....	14
2.3.2.2. INFLUENCE DES COMPOSANTES DE L'EAU SUR LES STADES PRÉIMAGINAUX.....	15
2.3.3. BIOÉCOLOGIE DES ADULTES.....	19
2.4. LE COMPLEXE <i>Culex pipiens</i>	20
CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES.....	23
3.1. CHOIX DES STATIONS D'ETUDE.....	23
3.2. GITES LARVAIRES RETENUS.....	23
3.2.1. GITES PÉRIURBAINS.....	23
3.2.2. GITES URBAINS.....	24
3.3. ECHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES LARVES DE CULICIDAE.....	26
3.4. PHYSICO-CHIMIE DE L'EAU DES GITES.....	27
3.5. INDICES DE QUALITE CHIMIQUE.....	28
3.6. ECHANTILLONNAGE DE LA FAUNE ASSOCIEE.....	28
3.7. VEGETATION DES GITES PERIURBAINS.....	29
3.8. TRAITEMENTS STATISTIQUES.....	29
3.8.1. DONNÉES RASSEMBLÉES.....	29
3.8.2. MÉTHODES FACTORIELLES UTILISÉES.....	30
3.8.3. TRAITEMENT DES DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES.....	32
3.8.4. ETUDE DE LA FAUNE ASSOCIÉE.....	33
3.8.5. RELATIONS ENTRE LES GITES ET <i>Cx. pipiens</i>	33

CHAPITRE 4 : RESULTATS	35
4.1. ETUDE MESOLOGIQUE	35
4.1.1. CLIMATOLOGIE.....	35
4.1.2. PHYSICO-CHIMIE DE L'EAU	36
4.1.2.1. TEMPÉRATURE DE L'EAU	36
4.1.2.2. LE PH	38
4.1.2.3. LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE	39
4.1.2.4. LES CHLORURES.....	40
4.1.2.5. OXYGÈNE DISSOUS.....	41
4.1.2.6. LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGÈNE (DBO ₅).....	42
4.1.2.6. LES FORMES D'AZOTE.....	43
4.1.2.7. LES MATIÈRES EN SUSPENSIONS (M.E.S) ET LA TURBIDITÉ.....	46
4.1.3. SPECTRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU	47
4.1.4. INDICES DE QUALITÉ CHIMIQUE.....	50
4.1.4.1. VARIATIONS SPATIALES.....	50
4.1.4.2. VARIATIONS SAISONNIÈRES	51
4.1.5. DESCRIPTION PHYSICO-CHIMIQUE GLOBALE.....	52
4.1.5.1. ETUDE GLOBALE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES	52
4.1.5.2. CORRÉLATIONS ENTRE PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	54
4.1.5.3. ANALYSE SPATIALE.....	55
4.1.5.4. ANALYSE TEMPORELLE.....	56
4.1.6.5. ANALYSE COMPARATIVE DES DEUX ANNÉES D'ÉTUDE	57
4.2. ETUDE DES POPULATIONS DES LARVES DE <i>Culex pipiens</i>	58
4.2.1. VARIATIONS SAISONNIÈRES.....	58
4.2.2. VARIATIONS DE LA DENSITÉ DE <i>Cx. pipiens</i> EN FONCTION DU GÎTE	59
4.2.3. <i>CULEX PIPENS</i> ET LES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES	60
4.2.3.1. EFFET DE LA TEMPÉRATURE	64
4.2.3.2. ETUDE DE LA DBO ₅	64
4.2.3.4. ETUDE DE L'OXYGÈNE DISSOUS	65
4.2.3.3. ETUDE DE L'AZOTE AMMONIACAL.....	66
4.2.3.5. ETUDE DES MATIÈRES EN SUSPENSION.....	67
4.2.3.6. ETUDE DES CHLORURES.....	68
4.3. FAUNE ASSOCIEE.....	70
4.3.1. RICHESSE TAXONOMIQUE ET DENSITÉ	70
4.3.2. COMPOSITION BIOTIQUE STATIONNELLE.....	71
4.3.3. ETUDE GLOBALE DE LA FAUNE	74
CHAPITRE 5 : DISCUSSION	76
5.1. ANALYSE DU MILIEU	76
5.2. LES FACTEURS ABIOTIQUES RESPONSABLES DE LA PROLIFÉRATION DE <i>Culex pipiens</i>	85
5.3. FAUNE ASSOCIEE.....	89
5.4. CONCLUSION DE LA 1 ^{ÈRE} PARTIE.....	95

DEUXIEME PARTIE: NUISANCE GENEREE PAR <i>Cx. pipiens</i>	
ET PERSPECTIVES DE LUTTE	98
CHAPITRE 1 : NUISANCE DE <i>Cx. pipiens</i>	98
1.1. INTRODUCTION	98
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES	100
2.1. PRÉLÈVEMENT DES POPULATIONS.....	100
2.1.1. ELEVAGE	100
2.1.2. CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS.....	101
2.1.3. TESTS TOXICOLOGIQUES.....	101
2.1.4. TESTS ENZYMATIQUES : DÉTECTION DES GÈNES DE RÉSISTANCE.....	103
2.1.4.1. <i>ETUDE ÉLECTROPHORÉTIQUE</i>	103
2.1.4.2. <i>DÉTERMINATION DU GÉNOTYPE AU LOCUS</i>	
<i>ACE (ACÉTYLCHOLINESATÉRISE)</i>	105
CHAPITRE 3: RESULTATS	107
3.1. TESTS INSECTICIDES	107
3.1.1. LE TÉMÉPHOS.....	108
3.1.2. LE CHLORPYRIFOS	108
3.1.3. LE FÉNITROTHION.....	108
3.1.4. LE MALATHION	108
3.2. LES GÈNES DE RÉSISTANCE.....	109
CHAPITRE 4 : DISCUSSION	110
CHAPITRE 5 : CONCLUSION DE LA 2^{ÈME} PARTIE	113
CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET PERSPECTIVES	115
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	120
ANNEXES	

INTRODUCTION GENERALE

Les insectes vecteurs de virus ou de parasites ont suscité de nombreuses recherches. Certains groupes de Diptères sont responsables des plus grandes endémies. C'est le cas des Culicidae (Diptera, Nematocera) qui, dans les nombreuses parties du monde, causent de graves préjudices tant à l'homme qu'aux animaux par leur rôle vecteurs potentiels de maladies infectieuses tels que le paludisme, la fièvre jaune, la dengue et la peste équine. D'autres Culicidae outre leur rôle vecteur, sont un véritable fléau par les piqûres douloureuses et gênantes et, constituent de ce fait un problème de nuisance.

Pour rendre efficace une lutte chimique ou biologique contre ces Culicidae, une étude écologique préalable s'impose. De ce fait, la connaissance du milieu aquatique dans lequel évoluent les stades préimaginaux, des variations spatio-temporelles du développement et les activités des peuplements culicidiens est nécessaire. La biologie de ce Diptère n'a jusqu'à présent été que peu étudiée en Algérie. Ce travail a pour objectif d'en dégager les principaux aspects, puis de proposer des méthodes de lutte qui en découlent. C'est dans cette perspective de lutte qu'à été entreprise notre étude sur l'écologie de la principale nuisance culicidienne représentée à Constantine par *Culex pipiens*.

La morphologie du moustique est en rapport direct avec son mode de vie. Cet insecte comporte une écophase aquatique concernant les stades préimaginaux (larvaires et nymphaux) alors que les adultes ont une vie aérienne. L'installation de fortes populations culicidiennes en milieu aquatique dépend essentiellement des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Ces dernières, étudiées par plusieurs auteurs (METGE, 1986; HANDACQ, 1995; LOUAH, 1995; KERBOUA et MERNIZ, 1997; MESTARI, 1997), permettent de caractériser différents types de milieu, de les différencier dans l'espace et dans le temps mais également de dégager les conditions favorables pour le développement du moustique.

Le choix de ces paramètres physico-chimiques ne prétend pas définir toutes les relations d'influence, les interactions en écologie étant nombreuses et complexes. En effet, comme tous les êtres vivants, les Culicides sont rattachés à leur biotope par différents liens.

Les préférences écologiques de l'espèce *Cx. pipiens* sont souvent peu précises. Les travaux effectués sur ce moustique indiquent qu'il fréquente les milieux les plus divers, avec cependant une prédilection pour les eaux polluées. Les résultats sur les paramètres physico-chimiques pouvant influencer la prolifération de *Cx. pipiens* sont discutables et parfois contradictoires. Ceci vient du fait que les études entreprises jusqu'à présent négligent certains facteurs qui semblent jouer un rôle important pour expliquer la pullulation de cet insecte. Chaque station d'étude présente des biotopes dont les caractéristiques physico-chimiques et hydrobiologiques sont différentes. Il nous paraît alors intéressant de contribuer à l'étude écologique de cette espèce en mettant l'accent sur son comportement vis à vis des paramètres physico-chimiques qui semblent agir sur sa répartition.

L'étude des causalités de la dynamique démographique des stades préimaginaux de *Culex pipiens* et la mise au point d'une cartographie écologique de ce Diptère à Tlemcen (BENKHALFATE-EL HASSAR, 1991), sont un exemple significatif. Ces résultats devraient constituer une base de travail pour mettre au point une stratégie de lutte rationnelle en milieu urbain.

A Constantine *Cx. pipiens*, de part sa large distribution et son abondance pendant la saison chaude, provoque une nuisance difficilement supportable. Les tentatives de lutte contre cet insecte, le plus souvent menées de façon empirique, n'ont pas apportées les résultats escomptés.

Notre travail s'articule autour de deux parties qui doivent répondre à nos préoccupations :

Dans la première partie, après avoir présenté la nuisance dans son contexte, nous envisagerons de connaître avec précision la constitution du milieu dans lequel l'espèce est capturée. En effet, pour gérer et analyser la variabilité de *Cx. pipiens*, ces informations jouent un rôle important pour la compréhension de l'étude écologique, biologique et de l'évolution des populations. Nous présenterons ensuite la distribution de *Cx. pipiens* récolté à Constantine et nous tenterons d'apporter de plus amples informations sur les paramètres physico-chimiques susceptibles de générer et d'expliquer les fortes densités de *Cx. pipiens* autrement dit de sa prolifération. Les différents résultats nous permettront de faire une synthèse concernant les paramètres qui influent sur la répartition de ce moustique.

Dans la deuxième partie notre attention est attirée particulièrement par l'inefficacité croissante des aspersions d'insecticides dont se plaignent les habitants. Une enquête menée à Constantine, nous a permis d'évaluer le niveau de sensibilité au malathion de *Cx. pipiens* qui est résistant à cet organophosphoré. Nous avons alors testé d'autres produits jamais utilisés, et essayé d'en tirer des recommandations pratiques pour les services municipaux et nationaux de santé publique. Par ailleurs, la forte affinité d'un insecticide envers une molécule cible, lui permet d'inhiber une fonction physiologique importante contrôlée par la cible qui est dans le cas des insecticides organophosphorés, l'acétylcholinestérase des synapses nerveuses. En effet, le moustique peut développer des résistances vis à vis de de ces insecticides. Nous avons alors rechercher, dans un but exploratoire uniquement, les gènes qui sont à l'origine d'une éventuelle résistance.

PREMIERE PARTIE

**BIOECOLOGIE DES *CULICIDAE* DANS
LA REGION DE CONSTANTINE**

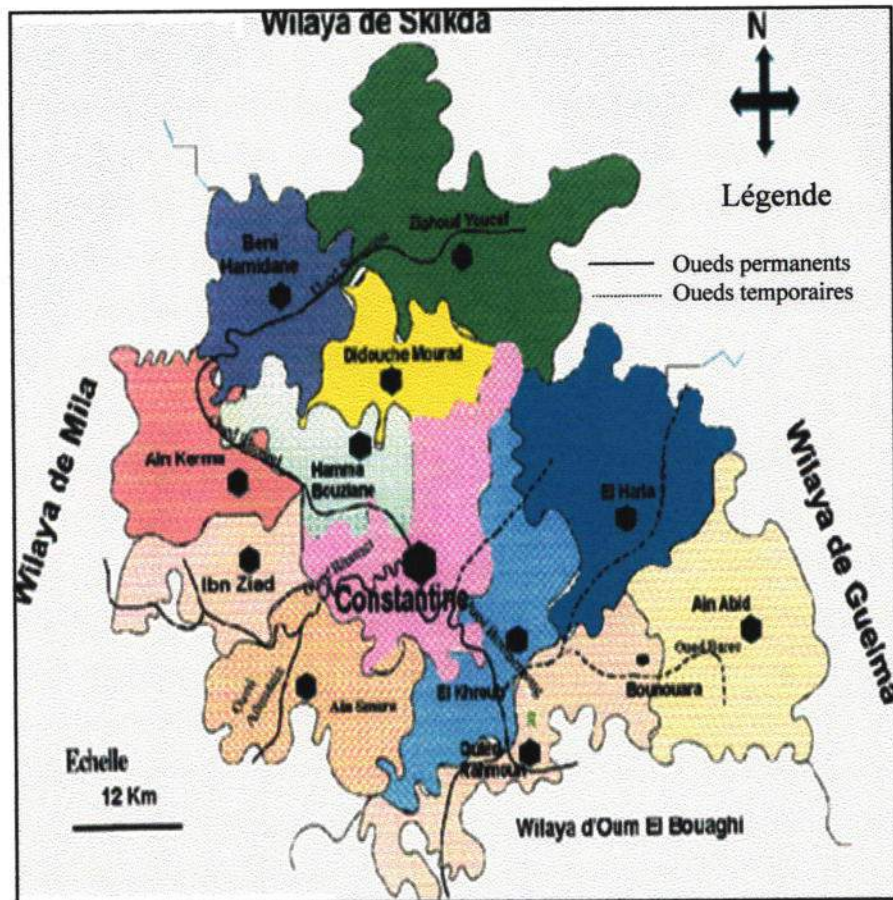


Figure 1-1: Limites administratives de la wilaya de Constantine (LOUADI, 1999)

PREMIERE PARTIE

BIOECOLOGIE DES CULICIDAE DANS LA REGION DE CONSTANTINE

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya de Constantine est située à l'Est de l'Algérie (36°36'N, 06°62' E, 660 m) et s'étend sur 2287 km². Elle est limitée au Nord par la wilaya de Skikda, à l'Ouest par la wilaya de Mila, à l'Est par la wilaya de Guelma et au Sud par la wilaya de Oum-El-Bouaghi (Figure 1-1).

La wilaya de Constantine est une zone de transition entre le Nord de l'Algérie caractérisé par un relief accidenté et le Sud plutôt plat. Les seuls pseudomassifs sont ceux de Chettaba situé au sud-ouest de Constantine et Oum-Settas situé au sud-est ; le Djebel Ouach se situe au nord-est et le Djebel Driss qui est une limite naturelle de la wilaya, est au nord-ouest. Constantine n'est pas réellement considérée comme étant une région montagneuse car son altitude varie entre 300 m dans la vallée du Rhumel et 1350 m à Djebel Driss. Le relief local est cependant souvent accidenté et à pente très forte (ANONYME, 1988).

1.2. ASPECT GEOMORPHOSTRUCTURAL

Du point de vu morpho-structural, la région de Constantine qui appartient au domaine tellien chevauche sur trois ensembles (ANONYME, 1988).

- La chaîne numidique au Nord, avec Djebel Driss (1350 m) qui fait partie des massifs telliens, qui comportent des massifs calcaires

jurassiques et des massifs gréseux oligocènes, affectés du Nord au Sud par un charriage de marnes du sénonien - Eocène.

- Les hautes plaines constantinoises enveloppent le Sud de la wilaya. Mais leurs limites septentrionale n'étant pas très bien définies, nous les ferons passer par le Djebel Ouled Salem à l'ouest prolongé par Djebel Oum-Settas au sud-est, au nord de Aïn-Abid (bassins de Aïn-Abid, de Ouled Rahmoun-El Guerah) correspondant à des bassins de marnes Crétacé-Eocène et argile précambriennes qui encadrent des massifs isolés de calcaires crétacés.

- Le piémont Sud-Tellien s'insère entre ces deux ensembles.

1.3. LITHOLOGIE ET PENTES

Constantine est caractérisée par une prédominance des terrains tendres constitués de marnes et d'argiles de faible ou moyenne résistance (conglomérats), dont la déclivité est moyenne (12°) ou forte (25° et plus) (ANONYME, 1988).

1.4. LE CLIMAT GENERAL

La wilaya de Constantine appartient au climat méditerranéen. Elle est sous l'influence de l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais; les étés sont chauds et secs avec un ensoleillement qui peut atteindre 10 heures par jours (ANONYME, 1988). Les communes de Aïn-Smara et d'El-Khroub situées dans la partie Sud de la wilaya de Constantine, sont sous l'influence alternée des étages bioclimatiques sub-humide et semi-aride car elles reçoivent l'air tropical continental qui s'échappe du Sahara et descend vers la Méditerranée. En hiver, les précipitations peuvent présenter un caractère violent. La saison humide s'étend généralement du mois d'octobre au mois d'avril. La moyenne annuelle des précipitations varie de 600 mm à 800 mm /an notamment à Djebel Ouach (SELTZER, 1937 ; ANONYME, 1988). En été, les

précipitations sont rares. On observe alors des débits moindres liés également à une forte évaporation, car les températures sont élevées. Cependant, si certaines étendues d'eau s'assèchent durant ces périodes chaudes, il subsiste souvent des oueds ou des plans d'eau réduits.

Les facteurs climatiques conditionnent l'alimentation des nappes phréatiques, et influent sur la qualité chimique de l'eau. Parmi les facteurs climatiques, les températures et les précipitations paraissent essentielles dans le cycle hydrologique des oueds ou des plans d'eau.

Les vents dominants ont une direction nord-est. Le vent desséchant du sud ou Sirocco souffle du Sahara, il est actif 24,6 jours par an durant la période estivale, et plus particulièrement de juin à septembre (ANONYME, 1988).

1.5. HYDROGEOLOGIE

Sur le plan hydrologique, des formations moyennement à faiblement perméables du type calcaire marneux et des formations mio-pliocène de marnes, conglomérats et calcaires lacustres prédominent dans la région de Constantine. Par ailleurs, une extension très limitée du couvert végétal empêche la rétention des eaux de pluie et leur infiltration dans le sol. Il existe d'autres formations, relativement aquifères comme les calcaires massifs de l'Oum Settas ou grès numidiens de Djebel Ouach (dont le coefficient d'infiltration varie de 30 à 20%), mais ils constituent des surfaces réduites.

La principale richesse hydrogéologique de Constantine et de ses abords provient de l'unité de calcaires néritiques qui, très affectée par la tectonique (failles) donne naissance:

- au Nord, aux sources thermales du Hamma Bouziane et au Sud-Ouest à celle de Hammam Grouz auxquelles on peut rattacher les sources de Salah Bey et de Sidi M'cid.

- au Sud, mais hors wilaya, aux sources de Fezguia, Boumerzoug et Fourchi, les deux premières concernent directement Constantine car elles participent en partie à son alimentation en eau potable.

1.6. HYDROLOGIE

Les précipitations et les températures sont les principaux facteurs climatiques, qui déterminent le comportement hydrologique des cours d'eau et de l'alimentation hydrique des nappes (MEBARKI, 1984). Les ressources hydrologiques superficielles de la wilaya de Constantine sont relativement abondantes. Le réseau hydrologique véhicule annuellement quelque 200 à 210 millions de m³ d'eau (ANONYME, 1988). Il est principalement constitué de l'oued Rhumel et ses affluents, l'oued Boumerzoug (méridional) et l'oued Smendou (Nord-Oriental) lequel a son embouchure aux environs de Jijel et se déverse dans la Méditerranée.

Ces cours d'eau subissent de très fortes variations de leurs débits. En effet, les disponibilités qui dépendent des fluctuations du régime pluviométrique, varient fortement au cours de l'année. Si pendant la saison froide, les hautes eaux et les crues de débits importants menacent les riverains des oueds, les basses eaux et étiages de saison chaude constituent un aspect négatif de l'hydrologie Nord algérienne. Pendant ces étiages, les cours d'eau presque à sec, se transforment en égouts.

1.7. URBANISATION

La région de Constantine a connu depuis ces dernières décennies, une extension difficilement contrôlée de l'urbanisme et du secteur industriel polluant, qui n'est pas toujours accompagnée de la mise en place de réseaux d'évacuation des eaux usées. Les fosses et les cours

d'eaux, situés au voisinage de l'agglomération ou zone périurbaine, deviennent alors des égouts à ciel ouvert.

L'assainissement dans l'agglomération de Constantine est un véritable problème. La pollution est due en partie aux eaux usées évacuées par la ville. Ces eaux sont évacuées dans les oueds Rhumel et Boumerzoug sans être préalablement traitées. Par ailleurs, à l'intérieur de l'agglomération, d'autres types de structures où l'eau peut stagner posent des problèmes. Ainsi, les fosses, les vides sanitaires, les caves inondées et les bouches d'égouts dont les collections d'eau sont quasi-permanentes, peuvent engendrer des problèmes d'assainissement, d'hygiène et de santé publique. Ces problèmes se rencontrent particulièrement au niveau des bidonvilles dépourvus de réseaux d'évacuation, mais aussi dans les habitations de la vieille ville, que nous pouvons qualifier de denses (souika, rahbat es-souf, souk-el-assar...) et qui datent d'avant 1837 (ANONYME, 1988).

A Constantine, il existe également un tissu de constructions plus anciennes mais relativement bien structuré (centre ville). Des constructions récentes anarchiques, dites illicites, se sont multipliées et ne sont pas souvent accompagnées de réseaux adéquats d'évacuation des eaux usées. A la périphérie de la ville, se déploient des habitations de type individuel (villas) et (lotissements).

A l'exception des nouveaux lotissements, le réseau d'assainissement est relativement ancien et ne présente pas de collecteurs principaux. Il est en grande partie de type unitaire (prise en charge dans le même réseau des eaux usées et pluviales).

Par ailleurs, certains quartiers de la ville de Constantine (les constructions anarchiques et les bidonvilles) sont, soit traversés, soit situés aux abords immédiats des oueds qui assurent, à ciel ouvert, l'évacuation des eaux usées.

Tableau 2-1 : Les espèces connues en Algérie

Sous famille des Aedinae	Sous famille des Anophelinae	Sous famille des Culicinae
<p><i>Aedes (stegomyia) aegypti</i> Linné, 1762 <i>Aedes (stegomyia) albineus</i> Seguy, 1923 <i>Aedes (stegomyia) vittatus</i> Bigot, 1861 <i>Aedes (Ochlerotatus) biskraensis</i> Brunhes, 1999 <i>Aedes (Ochlerotatus) caspius</i> pallas, 1771 <i>Aedes (Ochlerotatus) detritus</i> Halliday, 1833 <i>Aedes (Ochlerotatus) dorsalis</i> Meigen, 1830 <i>Aedes (Ochlerotatus) mariae</i> Sergent & Sergent, 1903 <i>Aedes (Ochlerotatus) berlandi</i> Seguy, 1921 <i>Aedes (Ochlerotatus) pulchritarsis</i> Rondani, 1872 <i>Aedes (Ochlerotatus) rusticus</i> Rossi, 1790 <i>Aedes (Ochlerotatus) zammiti</i> Theobald, 1903 <i>Aedes (Ochlerotatus) punctatus</i> Meigen, 1804 <i>Aedes (Finlaya) geniculatus</i> Olivier, 1791 <i>Aedes (Finlaya) echinus</i> Edwards, 1920</p>	<p><i>Anopheles (Anopheles) algeriensis</i> Theobald, 1903 <i>Anopheles (Anopheles) maculipennis</i> Meigen, 1818 <i>Anopheles (Anopheles) marteri</i> Senevet & Prunelle, 1927 <i>Anopheles (Anopheles) petragrani</i> Del Vecchio, 1939 <i>Anopheles (Anopheles) claviger</i> Meigen, 1804 <i>Anopheles (Anopheles) plumbeus</i> Stephens, 1828 <i>Anopheles (Myzomyia) cinereus hispaniola</i> Theobald, 1903 <i>Anopheles (Myzomyia) dthali</i> Patton, 1905 <i>Anopheles (Myzomyia) gambiae</i> Giles, 1902 <i>Anopheles (Myzomyia) sergenti sergenti</i> Theobald, 1907 <i>Anopheles (Myzomyia) superpictus</i> Grassi, 1899 <i>Anopheles (Myzomyia) multicolor</i> Caamboliu, 1902 <i>Anopheles (Myzomyia) rhodesiensis rupicola</i> Lewis, 1929 <i>Anopheles (Myzomyia) rufipes broussesi</i> Edwards, 1929</p>	<p><i>Culex (Milotia) arbieeni</i> Salem, 1938 <i>Culex (Neoculex) deserticola</i> Kirkpatrick, 1924 <i>Culex (Neoculex) hortensis</i> Ficalbi, 1889 <i>Culex (Neoculex) impudicus</i> Ficalbi, 1890 <i>Culex (Culex) laticinctus</i> Edwards, 1913 <i>Culex (Culex) mimeticus</i> Noe, 1899 <i>Culex (Culex) perexiguus</i> Theobald, 1903 <i>Culex (culex) pipiens</i> Linné, 1758 <i>Culex (culex) theileri</i> Theobald, 1903 <i>Culiseta (Culicella) fumipennis</i> Stephens, 1825 <i>Culiseta (Culicella) litorea</i> Shute, 1928 <i>Culiseta (Culicella) morsitans</i> Theobald, 1901 <i>Culex (Barraudius) modestus</i> Ficalbi, 1890 <i>Culex (Barraudius) pusillus</i> Macquart, 1850 <i>Culiseta (culiseta) subochrea</i> Edwards, 1921 <i>Culiseta (culiseta) annulata</i> Chrank, 1770 <i>Culiseta (Allotheobaldia) longiareolata</i> Macquart, 1838 <i>Orthopodomyia pulcripalpis</i> Rondani, 1822 <i>Uranotaenia (Uranotaenia) unguiculata</i> Edwards, 1913</p>

CHAPITRE 2 : RAPPELS SUR LES CULICIDAE

2.1. POSITION SYSTEMATIQUE

Les moustiques sont des antennates appartenant à la classe des Insectes. Ils possèdent trois paires d'appendices locomoteurs. Ils appartiennent à l'ordre des Diptères, qui comme leur nom l'indique regroupe des insectes qui ne possèdent qu'une paire d'aile mésothoracique ; les ailes métathoraciques sont transformées en haltères (ou balanciers). Les Culicidae se divisent en trois sous familles : les Toxorhynchitinae, les Anophelinae et les Culicinae. La famille des Culicidae comprend environ 3.000 espèces (KNIGHT *et* STONE, 1977).

En Algérie, six genres sont regroupés dans les sous familles des Anophelinae et des Culicinae (Figure 2-1). Les Toxorhynchitinae ne sont pas représentés.

2.1.1. Inventaire des culicidae

Les espèces culicidiennes connues actuellement en Algérie (HERVY, *com. pers.*) sont présentés dans le tableau 2-1.

A cette liste est rajoutée une espèce nouvelle du genre *Aedes* (*Ochlerotatus*) à laquelle est donné le nom de *biskraensis* en référence à la région de Biskra (Algérie) où elle a été récoltée (BRUNHES, 1999).



Figure 2-2: Forme typique des oeufs d'*Anopheles*
(*Anopheles gambiae*)

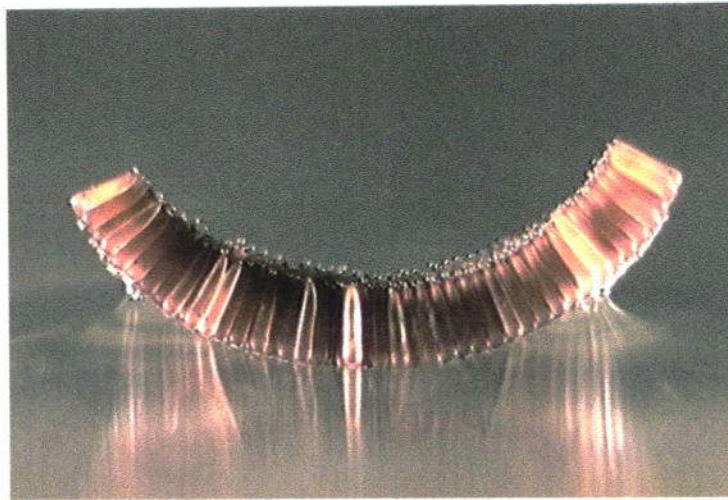


Figure 2-3: Nacelle d'oeufs de *Culex* (*Culex pipiens*)

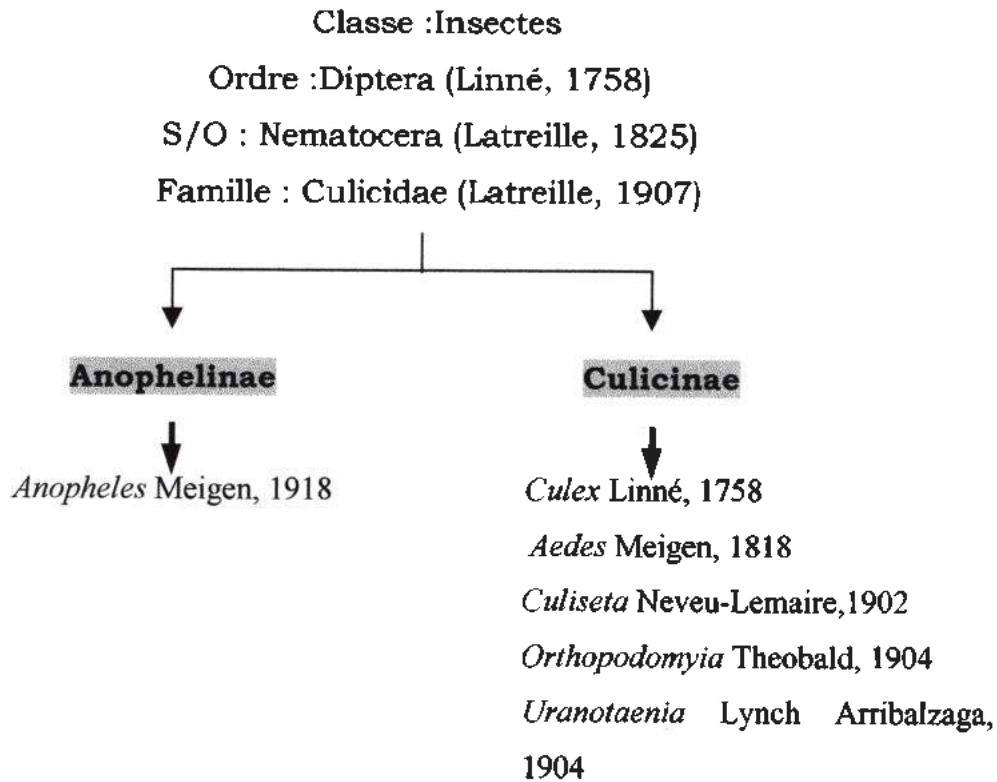


Figure 2-1 : Les genres représentés en Algérie

2.2. RAPPELS MORPHOLOGIQUES

2.2.1. L'œuf

L'œuf des moustiques est généralement fusiforme et mesure environ 0,5 mm. Au moment de la ponte, il est blanchâtre et prend rapidement, par oxydation de certains composants chimiques de la thèque, une couleur marron ou noire. La couche externe de l'œuf ou exochorion, présente des ornements particuliers caractéristiques des genres et espèces. Ces formations assurent aux œufs leur flottaison et leur position relative par rapport à la surface de l'eau. L'ornementation des œufs est variable suivant le genre. En effet, certains possèdent des flotteurs latéraux (*Anopheles*, *Orthopodomyia*) ou terminaux (*Culex*). Chez d'autres encore, l'exochorion est soit lisse, soit ornementé de tubercules ou de crêtes (*Aedes*, *Mansonia*).

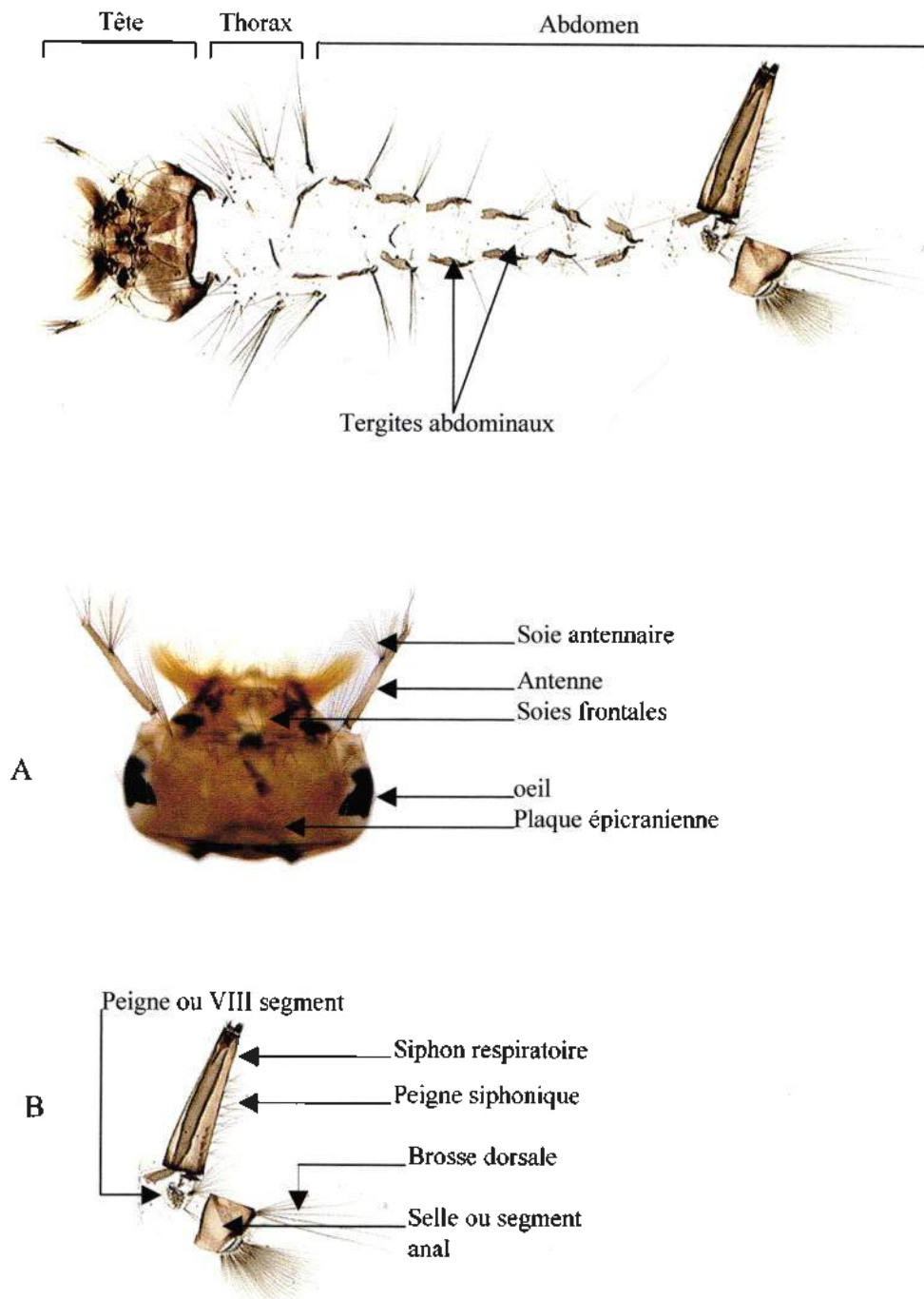


Figure 2-4: Morphologie générale d'une larve du IV^e stade de Culicinae. A = la tête, B= le siphon

Les œufs peuvent être pondus isolément à la surface de l'eau (*Anopheles*, *Orthopodomyia* - Figure 2-2) ou groupés en nacelles (*Culex*, *Culiseta*, *Uranotaenia* - Figure 2-3). Les œufs d'*Aedes* sont pondus isolément sur un substrat humide et doivent subir une période de dessiccation avant d'éclore. La ponte groupée qui caractérise généralement les œufs du genre *Culex*, permet dans quelques cas la différenciation entre les biotypes (RIOUX, 1958). Les œufs d'une même ponte de *Culex* sont solidaires et forment ainsi une barquette ou un radeau très caractéristique, qui s'observe facilement à l'œil nu sur l'eau (Figure 2-3).

Les variations de la forme, de la taille et la coloration des œufs ont parfois été utilisées pour la détermination des espèces d'*Anopheles* dont les adultes peuvent être morphologiquement très proches (SENEVET et ANDARELLI, 1955 ; RIOUX, 1958).

2.2.2. La larve

La larve présente trois parties bien individualisées (Figure 2-4) :

- **la tête** est entourée d'un tégument dur formant une capsule sub-sphérique. On distingue latéralement deux tâches oculaires ainsi que les deux antennes (Figure 2-4A), variables dans leurs aspects suivant les groupes mais portant toujours des soies caractéristiques.

- **le thorax** est formé de trois segments que seul l'arrangement de certains groupes de soies prothoraciques, mésothoraciques et métathoraciques permettent de reconnaître. Surtout dans la détermination des larves d'*Anopheles* (SENEVET et ANDARELLI, 1955 ; RIOUX, 1958).

- **l'abdomen** allongé sub-cylindrique, est composé de neuf segments individualisés dont le huitième possède un intérêt majeur en taxonomie (Figure 2-4B). Sur ce segment en effet, sont annexées deux

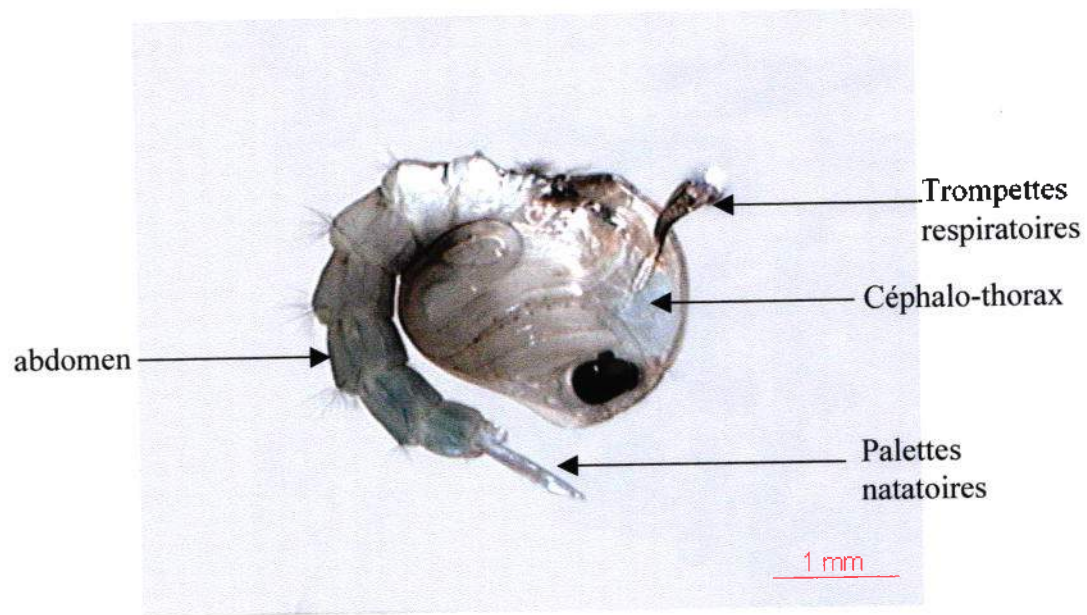


Figure 2-5: Aspect général d'une nymphe de culicinae
(*Cx. pipiens*)

structures importantes : le peigne situé sur la face latérale et qui est constitué par un ensemble d'épines ou d'écailles variables dans leurs formes, leur nombre, leur disposition. Celles-ci s'insèrent sur le bord postérieur en plaque chitinisée chez les *Uranotaenia* et les *Anopheles* ; sur la face dorsale, s'ouvrent deux spiracles (orifices stigmatiques respiratoires) soit directement au niveau du tégument des Anophelinae, soit à l'extrémité apicale du siphon respiratoire des Culicinae et Toxorhynchitinae. Le segment anal ou 9^e segment projeté ventralement, ne se trouve pas dans le prolongement du corps mais forme avec lui un angle de 130° (RODHAIN et PEREZ, 1985). A l'extrémité du segment anal sont implantées deux paires de papilles anales, de formes variables selon les espèces. Leur taille est en général inversement proportionnelle à la chlorosité du milieu (CALLOT, 1946).

L'ornementation chétotaxique du thorax et de l'abdomen, ainsi que l'absence du siphon permettent l'identification les larves d'*Anopheles* (RIOUX, 1958).

2.2.3. La nymphe

La tête et le thorax de la nymphe sont regroupés en un céphalothorax globuleux, surmonté de deux trompettes respiratoires. L'abdomen, segmenté, possède à son extrémité postérieure deux palettes natatoires, situées de part et d'autre du huitième segment (Figure 2-5).

2.2.4. L'adulte

Le corps est constitué de trois parties ou tagmes bien individualisés : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 2-6).

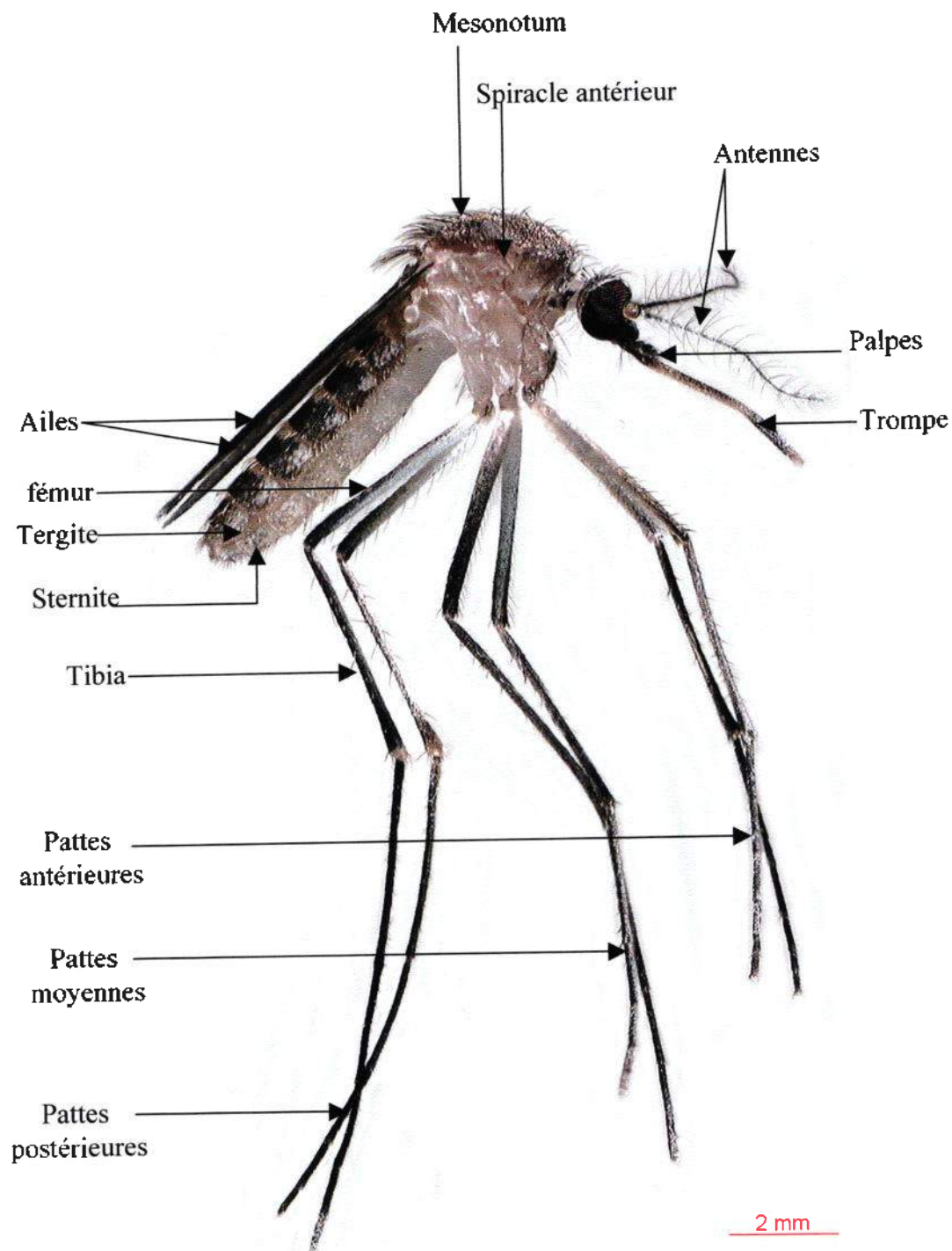


Figure 2-6: Morphologie du moustique femelle *Cx. pipiens*

La tête porte de volumineux organes sensoriels (yeux et antennes) ainsi que les pièces buccales. Les yeux occupent la plus grande partie antéro-latérales de la tête. Entre les deux yeux, la partie antérieure de la tête présente un bandeau étroit ou front au niveau duquel sont insérées les antennes formées de trois segments. Le clypéus médian limite la tête à sa partie antérieure. Les pièces vulnérantes sont protégées dans un labium ou une trompe. Les palpes maxillaires dont la longueur varie avec l'espèce, sont insérés sur le clypéus. La partie dorsale de la tête ou vertex est couvert d'écailles, dont la forme, la dimension et la couleur sont très variées et constituent des caractères de détermination.

Le thorax assez globuleux, forme une structure rigide faite de la fusion de trois métamères. Le métamère antérieur ou prothorax est très réduit, il porte la première paire de pattes. Le segment moyen ou mésothorax contient les volumineux muscles du vol, et occupe à lui seul plus de la moitié du thorax. Il porte la paire médiane des pattes et les ailes. Le segment postérieur ou métathorax est également réduit, il porte la troisième paire de pattes et les balanciers ou haltères qui sont les homologues de la deuxième paire d'ailes. La présence ou l'absence de griffes denticulées ou de pulvilles sur le dernier article des tarses (Figure 2-6) permet de distinguer les genres de moustiques (RIOUX, 1958).

L'abdomen est formé de dix segments mais seuls les huit premiers sont différenciés et visibles extérieurement. Ils sont composés chacun d'une plaque chitineuse dorsale, le tergite et d'une plaque ventrale ou sternite. La localisation des écailles et leur disposition sur les tergites abdominaux, aident à déterminer les espèces. Les deux derniers segments abdominaux, sont modifiés pour les fonctions reproductrices.

Les appendices génitaux ou genitalia du mâle (hypopigium) sont pourvus de diverticules anatomiques complexes et présentent un intérêt majeur en systématique. Chez la femelle, les segments génitaux sont trop simples pour receler des particularités anatomiques majeures.

2.3. BIOECOLOGIE DES LARVES

2.3.1. Habitats larvaires

Les gîtes larvaires susceptibles de recevoir des pontes, varient suivant les espèces. Une classification écologique des biotopes larvaires du littoral méditerranéen est proposée par RIOUX (1958) ; cet auteur définit deux groupes de gîtes larvaires :

- les gîtes exigus dits sténotopes.
- les gîtes de vaste étendue dits eurytopes.

Ces groupements comprennent des gîtes permanents et temporaires, que l'on différencie selon l'importance de leur couverture, en biotopes ombragés (sciaphiles) ou ensoleillés (héliophiles), et selon les caractéristiques chimiques de l'eau douce (dulçaquicole) ou salé (halobiotique).

2.3.2. Milieu aquatique et développement larvaire

2.3.2.1. Notion d'écosystème

Un écosystème est un système biologique formé par deux éléments indispensables et indissociables, la biocénose et le biotope (DAJOZ, 1996). La biocénose est l'ensemble des organismes vivants qui vivent ensemble rassemblés par l'attraction qu'exercent sur eux les divers facteurs du milieu. Ce groupement est caractérisé par une composition spécifique déterminée, par l'existence de phénomènes d'interdépendances (compétition, symbiose, prédation, etc.) (DAJOZ, 1996), et le biotope en est le substrat qui occupe une surface ou un

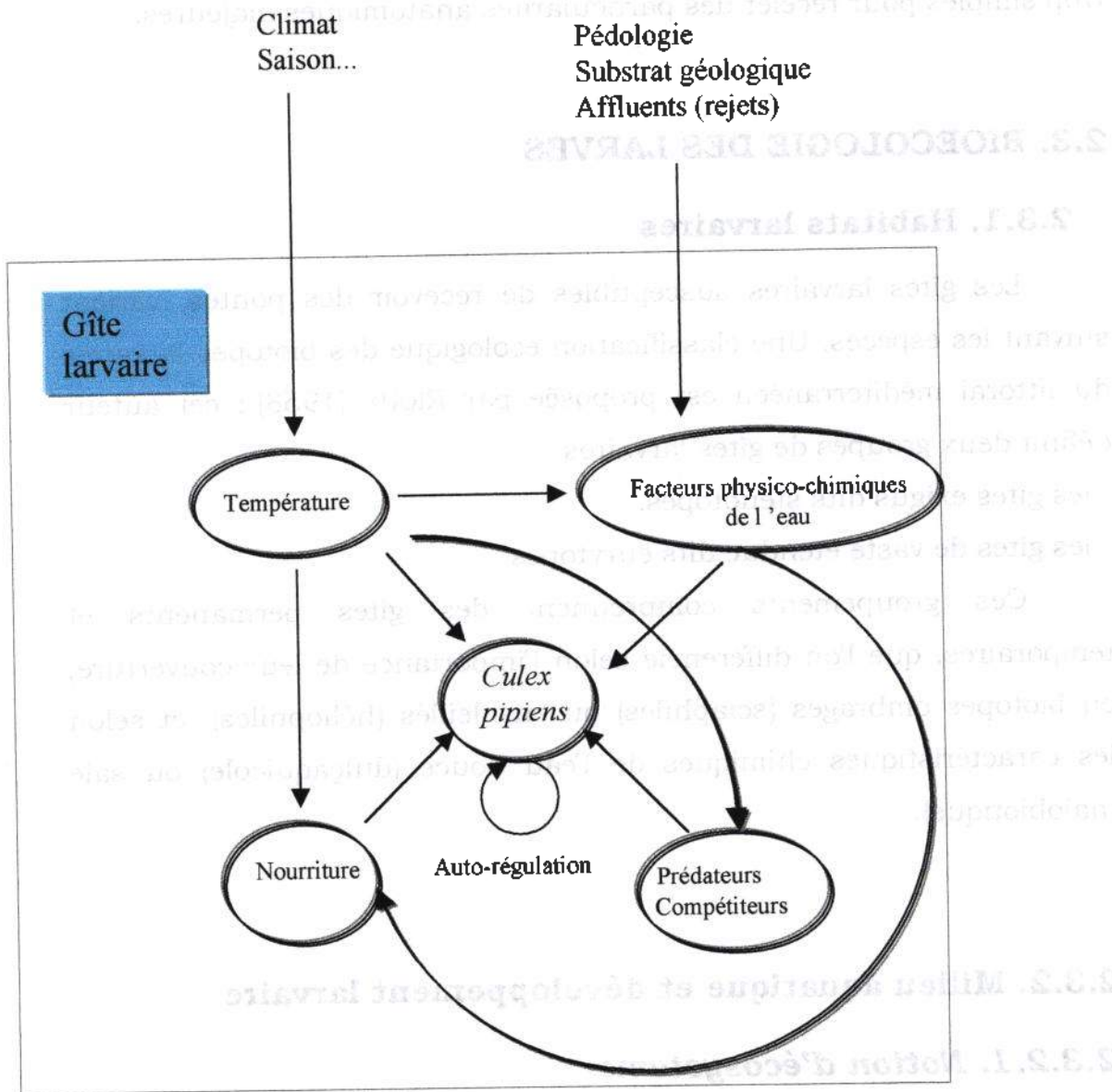


Figure 2-7 : Schéma des principales relations entre un gîte larvaire et la population de *Culex pipiens* qu'il héberge

volume variable, dans lequel il y a potentialité d'existence d'une biocénose déterminée (RAMADE, 1984). Pour BLONDEL (1986), le biotope est une unité élémentaire de paysage. Pour cet auteur, la surface d'un biotope est arbitraire, mais représente une réalité écologique.

Contrairement à l'écosystème, qui regroupe et régit un grand nombre d'espèces, la niche écologique est spécifique à un organisme, une population ou une espèce et représente un espace écologique qui permet de mettre en évidence les unités d'organisation et de fonctionnement des peuplements (BARBAULT, 1990) ; elle se définit donc comme la place, la spécialisation fonctionnelle d'une espèce à l'intérieur d'une communauté (RAMADE, 1993). Ainsi, les caractéristiques d'un écosystème et d'une niche écologique sont toutes associées aux notions d'interrelations et d'interactions entre les individus et leur milieu, plus que sur les limites ou les composantes qui ne sont pas définis avec précision.

2.3.2.2. Influence des composantes de l'eau sur les stades préimaginaux

Les principales relations et interactions entre un milieu et la population de Culicidae qu'il héberge sont représenté dans la figure 2-7.

Les moustiques présentent une écophase aquatique qui concerne les stades immatures (œuf, larve et nymphe), au cours de laquelle ils se développent dans l'eau en passant par quatre stades larvaires et un stade nymphal, séparés par des mues. Les milieux aquatiques dans lequel évoluent les stades préimaginaux ont des caractéristiques très variables, et ne sont pas stables ni dans le temps ni dans l'espace. De plus, au cours des saisons, les caractéristiques des gîtes larvaires changent. Pour SACCHI et TESTARD (1971), chaque milieu englobe l'ensemble des faits constituant les conditions de vie de l'organisme. Ces milieux possèdent en général des caractères physiques et

chimiques qui sont la résultante de plusieurs facteurs ; climatiques, biologiques, géologique, et ces facteurs varient peu et plus lentement que dans le milieu terrestre (RAMADE, 1982).

Les paramètres physico-chimiques jouent un rôle primordial, car ils interviennent non seulement dans la biologie de chaque espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose tout entière. Ils interviennent aussi dans l'induction de ponte des femelles de chaque espèce. Inversement, le fonctionnement et la transformation de la composition et de la structure des biocénoses peuvent modifier les caractères du milieu (BARBAULT, 1983).

Les milieux aquatiques sont caractérisés par des éléments biotiques (les espèces présentes, leurs relations et leurs diversités) et par des facteurs abiotiques (climat, composition chimique de l'eau, nourriture...), qui sont déterminants pour la répartition et la croissance des formes préimaginales des Culicidae (DOBY et MOUCHET, 1957). Lorsque le milieu aquatique est utilisé de manière intensive comme moyen de dilution des effluents urbains ou industriels, les paramètres physico-chimiques de l'eau sont affectées (LEYNAUD, 1976 ; RAMADE, 1982).

Pour les moustiques, la nature de l'eau est un élément caractérisant le milieu dans lequel évoluent les stades préimaginaux. En effet, le gîte larvaire des *Culicidae* lié aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau est déterminante dans la distribution et l'abondance des espèces à l'échelle du biotope. Par ailleurs, le rôle des caractéristiques pédologiques des gîtes larvaires intervient dans l'attraction ou la stimulation des femelles (Mc DANIEL *et al.*, 1976; ICHIMORI, 1981).

Les paramètres chimiques de l'eau ont une action sur toutes les espèces de *Culicidae*. Ainsi, la conductivité électrique peut avoir un effet

sur la densité (VERMEIL *et al.*, 1967 ; SERVICE, 1986 ; TRARI, 1991) et la répartition de certaines espèces (LOUAH, 1995). La salinité peut agir comme un facteur limitant (GAUD, 1953 ; SINEGRE, 1974 ; SERVICE, 1968) tout comme le pH (MAC GREGOR, 1929 ; RIOUX, 1958 ; BENKHALFATE- EL HASSAR, 1991 ; TRARI, 1991) et l'oxygène dissous (SINEGRE, 1974 ; DAJOZ, 1985 ; TRARI, 1991). Certaines espèces supportent les eaux alcalines (KIRKPATRICK, 1925) ou basiques (SENEVET *et* ANDARELLI, 1956).

La température de l'eau peut être un facteur important, car elle agit sur la vitesse de développement des larves et des nymphes, notamment chez les Culicidae (KIRKPATRICK, 1925 ; SEGUY, 1951a et b ; GAUD, 1953 ; EL KAIM, 1972). Les températures superficielles peuvent aussi influencer l'éclosion des œufs (MAS, 1977 ; METGE *et* EL ALAOUI, 1987). Il existe un optimum propre à chaque espèce. Ainsi, la température optimale du milieu pour les larves d'*Aedes aegypti* et *Anopheles gambiae* se situe, en élevage, entre 29°C et 30°C (HERVY *et* COOSEMAN, 1979).

Le développement est d'autant plus rapide que la quantité de nourriture disponible pour les larves est plus abondante et adaptée (SUBRA, 1971 ; SINEGRE, 1974). Cependant, il y aurait un phénomène d'autorégulation empêchant les populations préimaginales de *Culex pipiens* de croître indéfiniment même si la nourriture est abondante et les conditions du milieu favorables (ROUBAUD *et* TOUMANOFF, 1930 ; SUBRA, 1971).

D'après FERNANDO (1964), la pullulation des formes préimaginales de *Culex pipiens* est souvent associée à des milieux pollués. Cependant, les larves ne peuvent survivre au-delà d'un certain niveau de pollution.

Par ailleurs, pour De MEILLON *et* SEBASTIEN (1967), les fortes précipitations qui entraînent souvent des débordements de gîtes, sont responsables de la mort de nombreuses populations.

Une compétition intraspécifique et interspécifique peut également s'établir entre les larves de Culicidae (ROUBAUD *et* TREILLARD, 1934 ; SERVICE, 1966) inhibant ainsi le développement des jeunes stades larvaires et empêchant, dans certain cas de nouvelles pontes et donc l'installation d'une espèce culicidienne dans un gîte déjà occupé. Selon SUBRA (1971), le rôle des prédateurs et des autres animaux serait secondaire.

La durée de mise en eau du gîte influe sur le développement des espèces du genre *Aedes* (ROUBAUD *et* TREILLARD, 1943 ; SERVICE, 1968).

La végétation aquatique qui sert de nourriture ou d'abris aux divers animaux (RAMADE, 1981 ; ROUX, 1981), peut également influencer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (HARANT *et* RIOUX, 1954 ; EL KAÏM, 1972 ; ROUX, 1981).

Dans le cas d'une perturbation du milieu, certaines espèces de moustiques peuvent s'adapter aux nouvelles conditions. C'est le cas de *Culex pipiens* qui a été retrouvé dans les creux d'arbres (BRUNHES, 1978 ; METGE *et* BELAKOUL, 1989).

Les facteurs biotiques sont représentés par l'ensemble des organismes vivants (animal, végétal et microbien) qui, par leur diversité, leur fréquence et leur évolution, contribuent à la diversité et à l'hétérogénéité d'un milieu. Or, les écosystèmes hébergent souvent une forte richesse spécifique et différents auteurs suggèrent une meilleure spécialisation des espèces, en formant des populations de petites tailles (BROWN, 1988).

Parmi les facteurs biotiques, n'oublions pas l'action directe ou indirecte, mais toujours prépondérante, de l'homme.

2.3.3 Bioécologie des adultes

Dans les pays tempérés, les populations de *Cx. pipiens* qui colonisent les gîtes épigés observent une longue période de repos en hiver. Les femelles entrent en diapause et sont dites hétérodynamiques. Les populations de *Cx. pipiens* qui colonisent les gîtes hypogés où les écarts saisonniers sont généralement faibles, ne connaissent jamais de période de repos (RIOUX *et al.*, 1965), et sont dites homodynamiques.

L'accouplement intervient généralement juste après l'éclosion. Selon l'espèce, ROUBAUD (1933) distingue deux types de comportements sexuels : sténogame lorsque les moustiques sont capables de s'accoupler dans de petits espaces et eurygame dans le cas contraire. Dans ce dernier cas, l'accouplement ne peut avoir lieu que si les mâles peuvent former des vols nuptiaux.

Les femelles ne s'accouplent généralement qu'une fois ; elles conservent les spermatozoïdes dans leurs spermathèques, parfois plus de 10 mois (RODHAIN *et* PEREZ, 1985). Durant cette période, il y a une alternance entre les repas de sang et les pontes. La longévité conditionne alors ces deux phénomènes et permet de mieux comprendre l'importance de la détermination de l'âge physiologique des moustiques femelles car la transmission d'agents pathogènes dépend du nombre de repas de sang effectués. La longévité du moustique femelle est généralement de l'ordre de 1 à 3 mois (KETTLE, 1990). Les espèces hibernant à l'état d'adultes quiescents peuvent survivre ainsi de 4 à 6 mois (RODHAIN *et* PEREZ, 1985). Cet état d'inactivité cesse lorsque les conditions redeviennent favorables.

Le mâle n'est pas hématophage : il se nourrit de sucres de végétaux et s'éloigne peu du gîte dont il est issu. La femelle absorbe également des jus sucrés d'origine végétale, mais la plupart des espèces sont hématophages. Les substances qui résultent de la digestion du sang absorbé lors d'une piqûre, sont utilisées en partie pour le métabolisme. Ce sang permet surtout d'assurer la maturation des œufs, obligeant

parfois les femelles à effectuer de longues distances à partir du gîte de ponte.

Le choix de l'hôte est variable d'une espèce culicidienne à l'autre. Certaines espèces sont strictes à cet égard contrairement à d'autres, dont le choix des hôtes potentiels est varié. Ainsi, les espèces qui piquent préférentiellement l'homme sont dites anthropophiles, mais elles peuvent être également anthropozoophiles ou zoophiles ou encore simiophiles, ornithophiles, herpétophiles, etc.

Les gîtes de pontes de *Cx. pipiens* sont très variés. Cette espèce n'exige pas de grandes étendues d'eau, de simples empreintes de sabots d'animaux peuvent représenter d'excellents gîtes de ponte (EUZEBY, 1988). Cependant, pour le choix du biotope à coloniser, les stimulations visuelles ou olfactives comme la composition chimique de l'eau sont de bons indicateurs. Chez les *Culex*, l'oviposition dépend de la photopériode qui permet de réguler le rythme de ponte, lequel est stimulé la nuit et inhibé le jour. Par ailleurs, dans certaines conditions défavorables (température trop basse, pluies, vent...), l'oviposition peut être retardée (SULEMANN et SHIRIN, 1981 ; VAN HANDEL, 1992).

La fécondité des femelles de *Cx. pipiens* varie de 50 à 300 œufs (EUZEBY, 1988). Elle est conditionnée par plusieurs facteurs dont l'âge des individus. Selon SUBRA (1973), le nombre d'œufs décroît considérablement entre la première ponte et la dernière chez une même femelle de *Cx. pipiens*. La nature du cycle biologique influe également sur le nombre d'œufs : les femelles à cycle autogène ont une fécondité plus faible que les femelles à cycle anautogène (RIOUX *et al.*, 1965).

2.4. LE COMPLEXE *Culex pipiens*

L'espèce *Culex pipiens* a été décrite par Linné en 1758. Depuis, la taxonomie a fait l'objet de nombreuses mises au point. Le complexe *Cx.*

pipiens comprend deux espèces (BARR, 1982) : *Culex globocoxitus* Dobrotworsky, 1953 endémique de l'Australie et, *Culex pipiens* Linné, 1758 à répartition circummondiale.

L'espèce *Cx. pipiens* se divise en deux sous espèces : *Cx. pipiens pipiens*, signalé en altitude dans certaines régions tropicales d'Afrique et dans les régions tempérées et *Cx. pipiens quinquefasciatus* Say, 1823 (= *Culex fatigans* Wiedmann, 1928) dont la répartition est uniquement tropicale.

Les populations de *Cx. pipiens* des régions tempérées, ont fait l'objet de nombreux travaux (ROUBAUD, 1929 ; 1933 ; 1939) pour la recherche des critères de différenciation morphologique entre les biotypes. Les femelles de moustiques n'ayant jamais pris de repas sanguin sont parfois capables de donner une première ponte fertile. Ce phénomène, observé pour la première fois par Théobald en 1901, est signalé par ROUBAUD (1929), qui lui attribue le nom d'autogénèse par opposition à l'anautogénèse qui est la nécessité de prendre un repas de sang pour produire une première ponte.

Les populations de *Cx. pipiens* peuvent être autogènes ou anautogènes, selon le type de gîte larvaire qu'elles colonisent (ROUBAUD, 1933). Ces caractères associés à d'autres éléments comme les préférences trophiques, le comportement reproducteur, l'écologie larvaire et le cycle saisonnier de reproduction, permettent de différencier deux types de populations :

- une forme autogène, essentiellement urbaine, sténogame anthropophile. Elle se développe dans des gîtes protégés, à l'abri de la lumière et n'hiberne pas.
- une forme anautogène, rurale, ornithophile, eurygame et hétérodynamique qui se développe dans des petites collections d'eau bien éclairées.

Les associations de caractères décrites par ROUBAUD ne sont pas strictes. En effet, certaines populations épigées de l'ancien monde sont autogènes et/ou sténogames. Ainsi ROUBAUD (1933) donne le nom de berbericus aux populations de *Culex pipiens* d'Afrique du Nord ; RIOUX et PECH (1961), PASTEUR *et al.* (1977) donnent ce même nom aux populations du littoral méditerranéen et DANSESCO *et al.* (1975) à celles de Tunisie.

Dans les régions du pourtour méditerranéen, il existe des populations morphologiquement intermédiaires entre les formes autogènes et anautogènes strictes (PASTEUR *et al.*, 1977 ; URBANELLI *et al.*, 1980) suggérant une hybridation des deux formes.

Tableau 3-1: les différents types de gîtes larvaires inventoriés à Constantine et ses abords.

Type de gîte	Nombre	Nature du gîte	Apports en eau	Moustiques identifiés
Fossés	11	Hypogé *	-Eaux pluviales -Eaux usées domestiques	<i>Culex pipiens</i>
Caves	3	Hypogé *	-Eaux usées domestiques	<i>Culex pipiens</i>
Vides sanitaires	31	Hypogé *	-Eaux usées domestiques	<i>Culex pipiens</i>
regards	12	Hypogé *	-Eaux usées domestiques -Eaux pluviales	<i>Culex pipiens</i>
Nombre total de gîte hypogé	57			
Bassins abandonnés	4	Epigé *	-Eaux pluviales/eaux sées	<i>Culex pipiens</i> <i>Culiseta longiareolata</i>
Berges des oueds	9	Epigé **	-Eaux pluviales -Eaux usées	<i>Culex pipiens</i> <i>Culiseta longiareolata</i>
Mares et marécages	4	Epigé **	-Eaux pluviales -Eaux de la nappe phréatique	<i>Culex pipiens</i> <i>Culiseta longiareolata</i> <i>Culex hortensis</i>
Roubines	8	Epigé **/***	-eaux pluviales -Eaux usées	<i>Culex pipiens</i> <i>Culex hortensis</i> <i>Culex annulata</i>
Etendues d'eau stagnantes	21	Epigé **	-Eaux usées domestiques et industrielles	<i>Culex pipiens</i> <i>Culiseta longiareolata</i>
Nombre total de gîtes épigés	46			

* zone urbaine

** zone périurbaine

CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES

3.1. CHOIX DES STATIONS D'ETUDE

Une prospection préliminaire effectuée en zone urbaine de Constantine et périurbaine, nous a permis d'inventorier une centaine de gîtes potentiels (Tableau 3-1). Parmi ces gîtes, dix stations ont retenu notre attention.

En zone périurbaine de Constantine, nous avons choisi quatre stations (Aïn-Smara, El-Khroub, Didouche Mourad et Zighoud Youcef - Figure 3-1) représentatives des grands types de gîtes dans lesquels se rencontre l'espèce. Les critères pris en compte dans le choix des gîtes larvaires sont la représentativité de *Cx. pipiens* dans un lot de gîte productif, l'accessibilité, la pérennité et le non traitement.

En zone urbaine, six gîtes larvaires (GE1, GE2, GE3, GH1, GH2 et GH3 - Figure 3-2) ont fait l'objet d'un suivi annuel. Ces gîtes larvaires sont également représentatifs des conditions écologiques favorables à *Cx. pipiens*. A Constantine, les gîtes hypogés les plus accessibles, comme c'est le cas des biotopes prospectés, font l'objet de traitements par aspersions. Ces traitements sont irréguliers, superficiels et sont dirigés essentiellement contre les adultes.

3.2. GITES LARVAIRES RETENUS

3.2.1. Gîtes périurbains

Les principales caractéristiques des quatre gîtes larvaires retenus dans cette étude sont résumées dans le tableau 3-2.

- Le gîte de Aïn-Smara est situé en amont des rejets urbains qui vont se déverser dans l'oued Rhumel. C'est une retenue d'eau stagnante de cet oued. Il est situé à 500 mètres environ de la sortie sud-est de Aïn-Smara, à proximité d'un atelier de fabrication de parpaings

Tableau 3-2: Caractéristiques des gîtes étudiés

Gîtes		Coordonnées Géographiques		Altitude (mètre)	Type	Origine des apports hydriques	Dimensions du gîte*
Code	Nom	Lat.N.	Long.E.				
GP1	Aïn-Smara périurbain	36°26'	6° 70'	598	Retenue d'eau	-Eaux usées domestiques et industrielles -Eaux pluviales	- L : 50 m - l : 10 – 20 m - P : 1,5 – 3m
GP2	El-Khroub périurbain	36°26'	6° 70'	640	Marécage	-Eaux pluviales -Eaux de la nappe	- L : 100-120 m - l : 30- 60 m - P : 1-1,5 m
GP3	Didouche M. périurbain	36°44'	6° 62'	420	Retenue d'eau	-Eaux usées domestiques et industrielles -Eaux pluviales	- L : 3 m - l : 1- 2 m - P : 0,3- 0,7 m
GP4	Zighoud Y. Périurbain	36°53'	6° 70'	565	Retenue d'eau	-Eaux pluviales	- L : 70 m - l : 4 - 6 m - P : 1,5- 2 m
GE1	zone industrielle (bidonville) Urbain épigé	36°36'	6°62'	660	Fossé	-Eaux usées domestiques urbaines -Eaux pluviales	- L : 1,5 m - l : 1 m - P : 0,5-1 m
GE2	construction anarchique Urbain épigé	36°36'	6°62'	660	Retenue d'eau stagnante	-Eaux usées domestiques	- L : 2 m - l : 1,5 m - P : 0,7-1 m
GE3	Cité Résidentielle Urbain épigé	36°36'	6°62'	660	Bassin	-Eaux usées domestiques	- L : 1,20 m - l : 1,20 m - P : 0,8 m
GH1	Centre ville Urbain hypogé	36°36'	6°62'	660	Cave inondée	-Eaux usées domestiques	- L : 2 m - l : 1 m - P : 0,3-0,5 m
GH2	Vieille ville Urbain hypogé	36°36'	6°62'	660	Fossé	-Eaux usées domestiques	- L : 3 m - l : 1,50 m - P : 0,5 – 0,8 m
GH3	Lotissement Urbain hypogé	36°36'	6°62'	660	Vide sanitaire	-Eaux usées domestiques	- L : 1,5 m - l : 1 m - P : 0,5 – 1 m

*L : longueur ; l : largeur ; P : profondeur

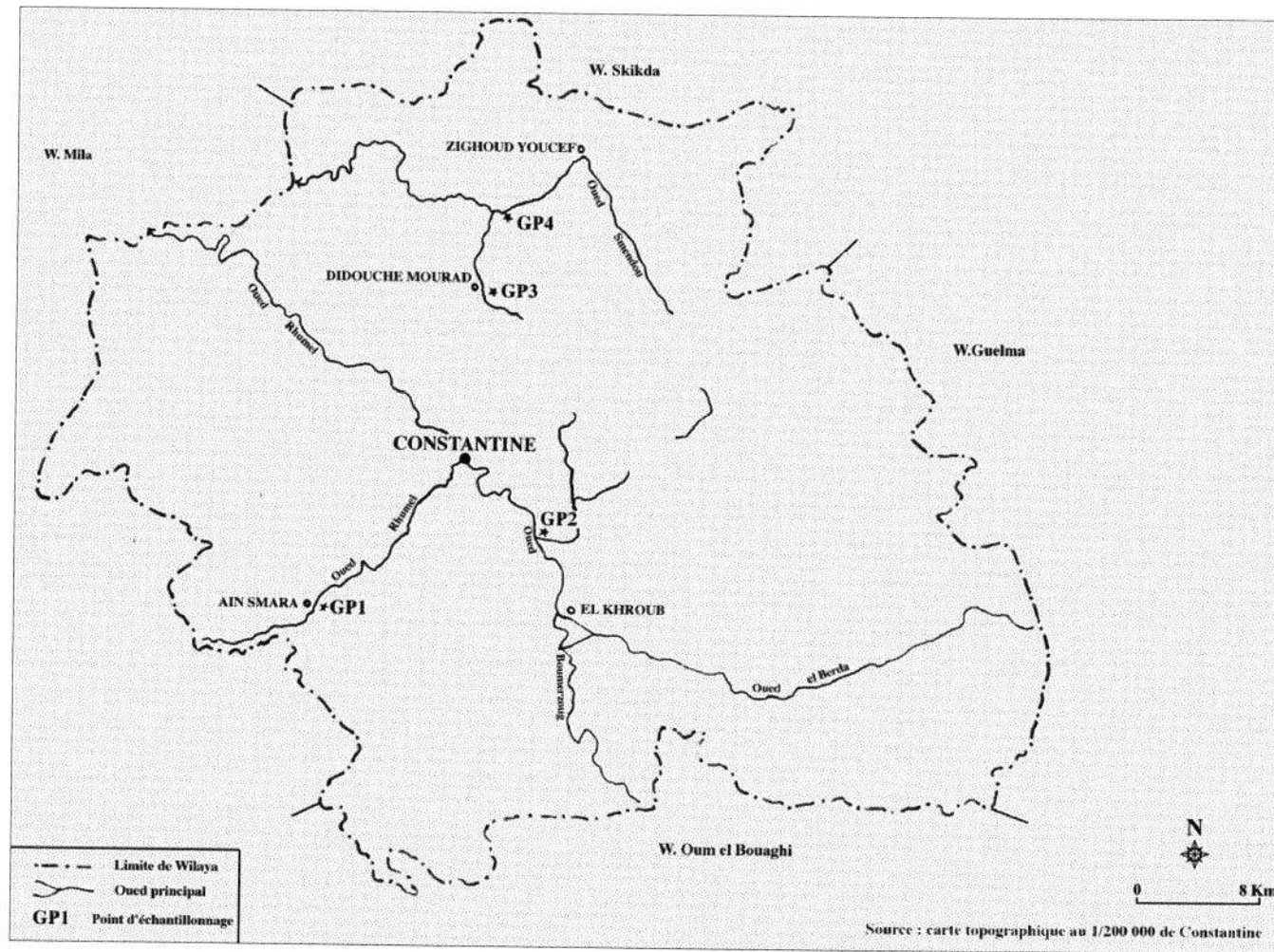


Figure 3-1: Wilaya de Constantine - localisation des gîtes périurbains

stockés à ciel ouvert. Ce gîte n'est certainement pas à l'abri des poussières émises par cette usine lorsqu'il y a du vent ni par le lessivage des sols par temps de pluie.

- Le gîte situé à El-Khroub est un marécage relativement étendu. Il se trouve à 5 kilomètres de la ville d'El-Khroub et à 10 kilomètres de Constantine. Il se situe en aval de l'oued El-Hmimine avant la confluence oued Boumerzoug-oued Hmimine. Il est entouré d'une végétation relativement abondante et diversifiée. De faible profondeur, ce gîte est souvent visité par les animaux qui viennent s'abreuver.
- Le gîte de Didouche Mourad est situé en aval de l'oued Bou-Hadjar à la sortie Est de la ville, au voisinage d'une décharge et d'une usine de boisson gazeuse. La retenue d'eau de ce gîte est essentiellement alimentée par l'eau de l'oued Bou-Hadjar, qui reçoit en permanence des eaux usées domestiques et industrielle. Ce gîte est très pauvre en végétation.
- Le gîte de Zighoud Youcef est situé en aval de l'oued Smendou, il est constitué par une retenue d'eau de cet oued à courant faible et par les eaux pluviales. Il se situe dans une dépression abritée par un pont. Ce gîte très accessible, présente une eau relativement propre utilisée par les agriculteurs ou marchand de légumes qui viennent y rincer leurs produits.

3.2.2. Gîtes urbains

En zone urbaine de Constantine, nous avons choisi d'étudier, trois gîtes épigés (GE1, GE2, GE3) et trois gîtes hypogés (GH1, GH2, GH3). Cette codification des gîtes urbains est adoptée dans la suite du document.

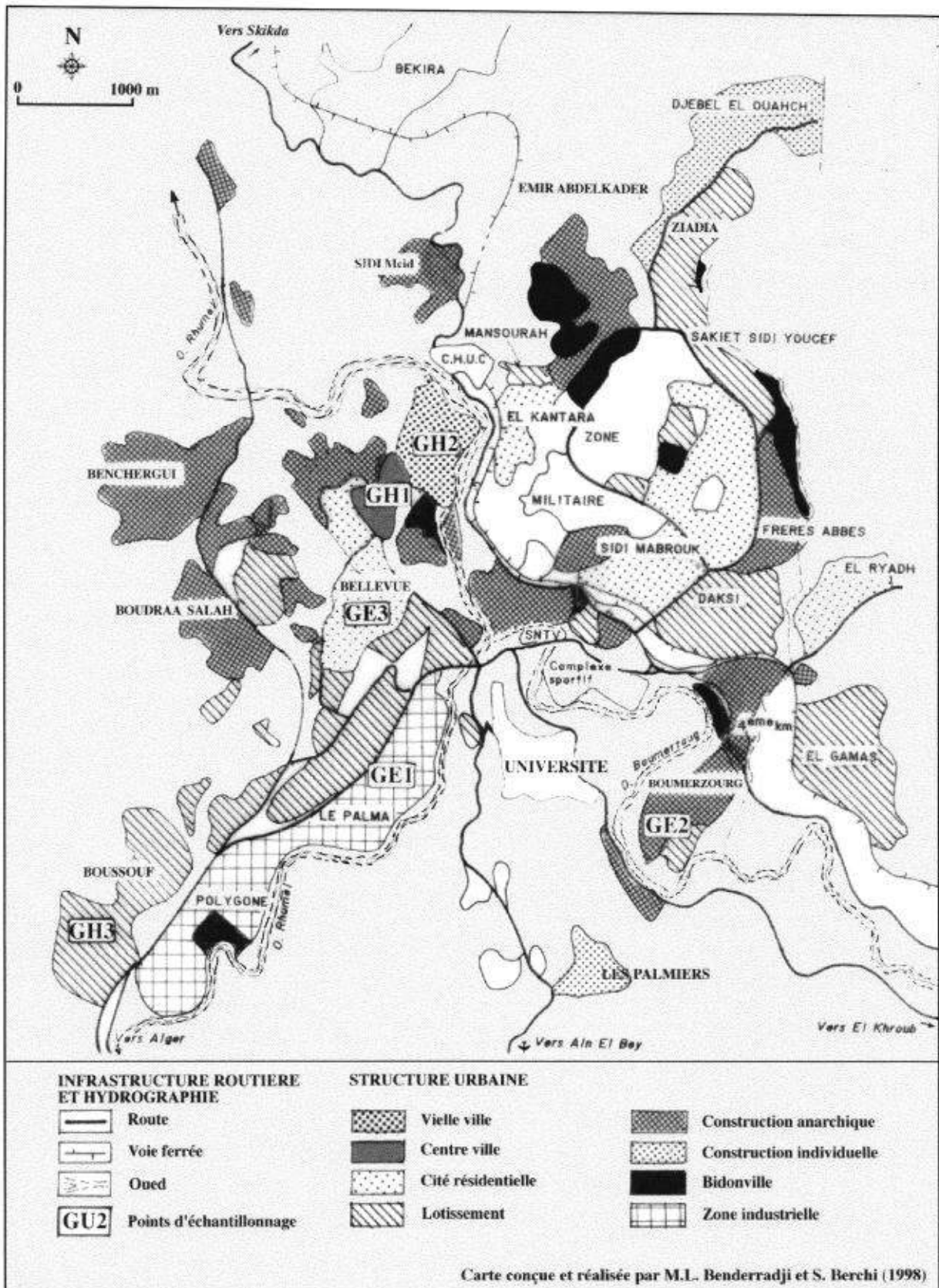


Figure 3-2: Localisation des gîtes urbains dans la ville de Constantine

- **Gîtes épigés**

- Le gîte GE1 est un fossé à ciel ouvert situé dans un quartier de bidonville de la zone industrielle. Les habitants de ce quartier proche de l'oued Rhumel ont mis en place un système d'évacuation des eaux usées domestiques, qui s'est transformé avec les années en fossé. Ce gîte reçoit en permanence les eaux usées domestiques et pluviales qui se déversent dans l'oued Rhumel par des écoulements réduits sous formes de rigoles.
- Le gîte GE2 est une retenue d'eau située dans la cité anarchique de Boumerzoug. Ce gîte situé à proximité de l'oued Boumerzoug est alimenté par les eaux usées domestiques provenant des canalisations défectueuses.
- Le gîte GE3 est un bassin d'ornementation, délaissé mais qui reste alimenté en eaux, et constitue de ce fait un bon gîte à *Cx. pipiens*.

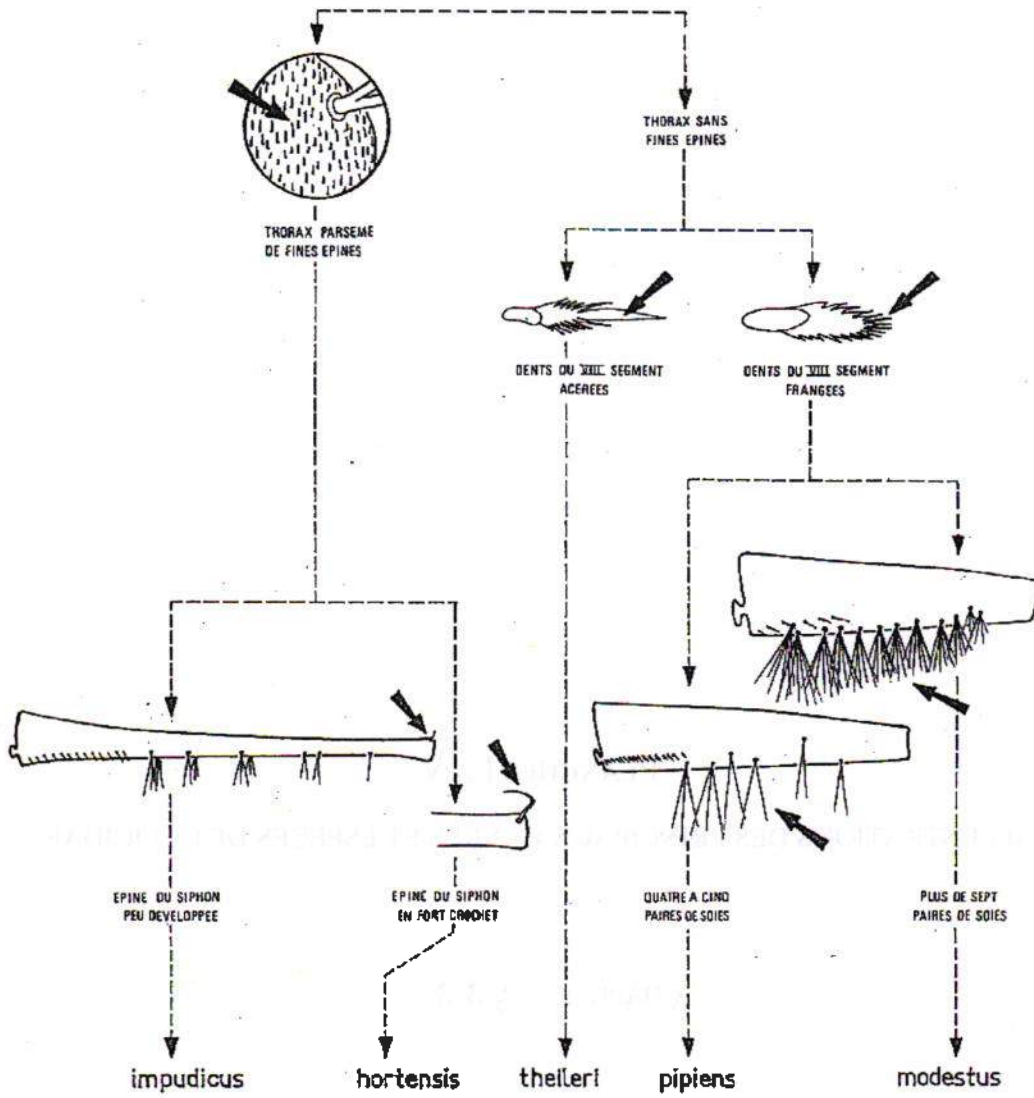
- **Gîtes hypogés**

- Les gîtes urbains hypogés sont situés à l'abri de la lumière. L'ouverture généralement réduite, n'est pas d'accès facile. Les conditions qui règnent dans ces gîtes, sont généralement favorables pour l'installation de *Cx. pipiens*.
- Le gîte GH1 est une cave située au sous-sol d'une maison ancienne du centre ville. GH2 est un fossé entièrement couvert situé dans la vieille ville et GH3 est un vide sanitaire situé au bas d'un rez-de-chaussée d'un immeuble de la cité Boussouf.

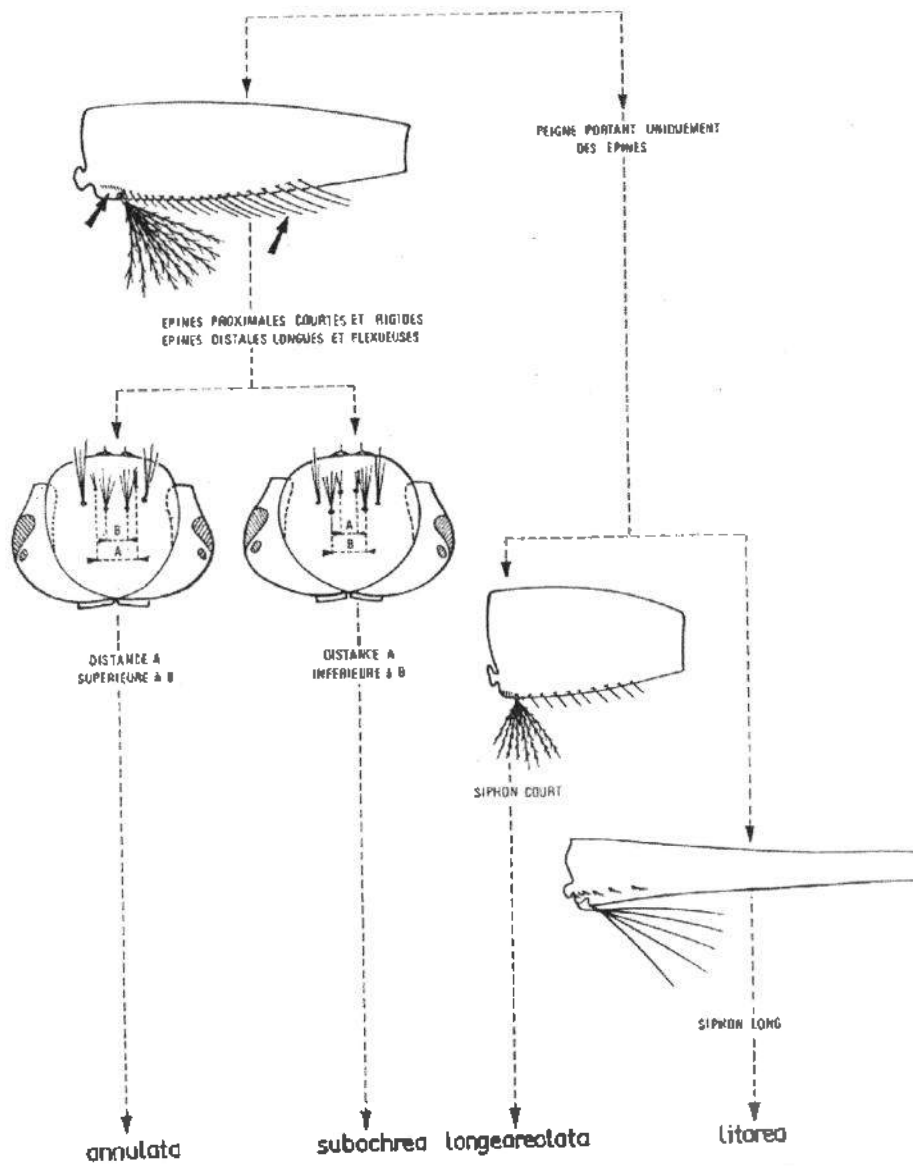
PLANCHES I A V
ILLUSTRATIONS DES PRINCIPAUX GENRES ET ESPECES DE CULICIDAE

CHAPITRE 3 § 3.3

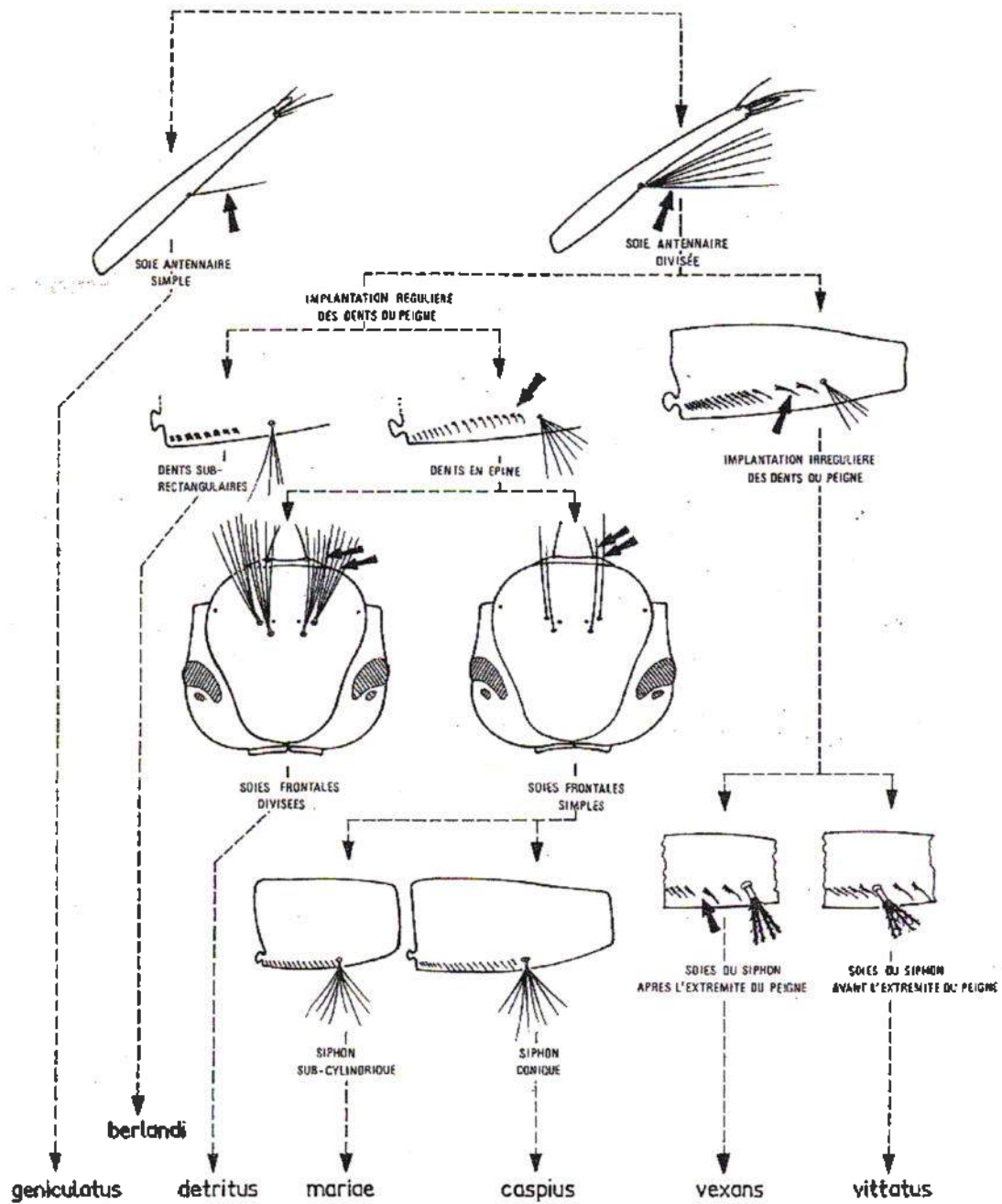
GENRE *Culex* : DETERMINATION DES ESPECES



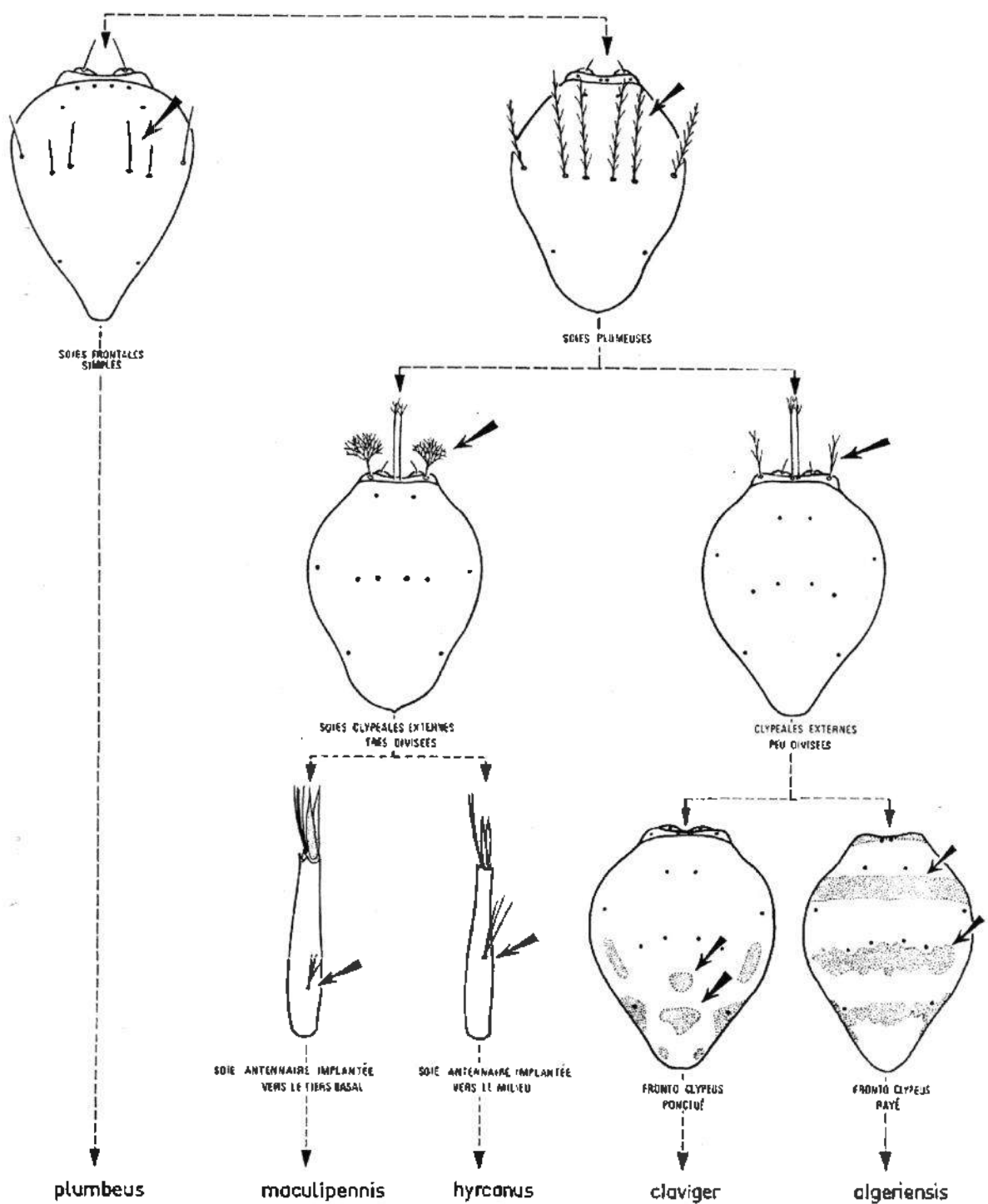
GENRE *Culiseta* : DETERMINATION DES ESPECES



GENRE *Aedes* : DETERMINATION DES ESPECES



GENRE *Anopheles* : DETERMINATION DES ESPECES



DETERMINATION DES GENRES

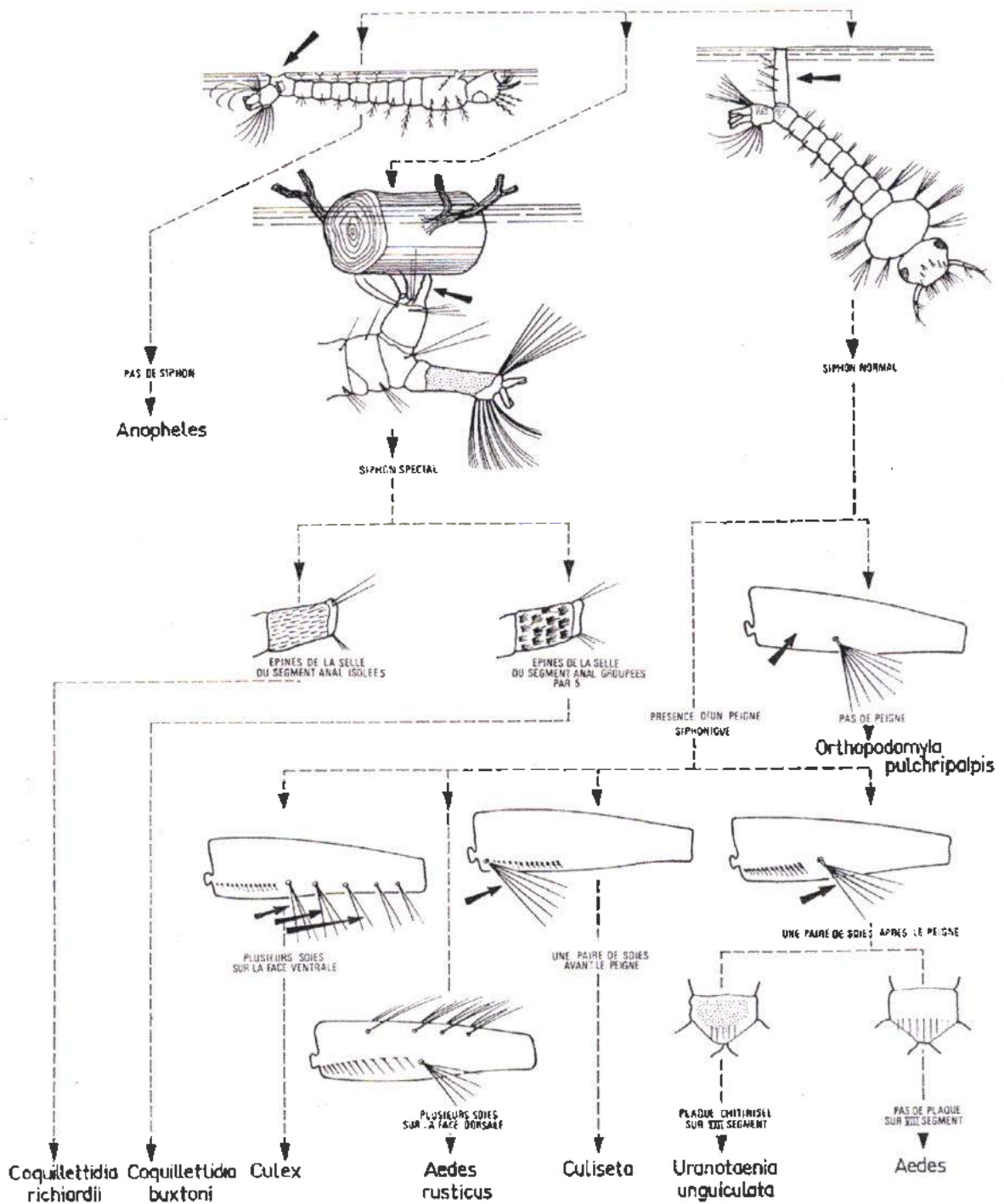
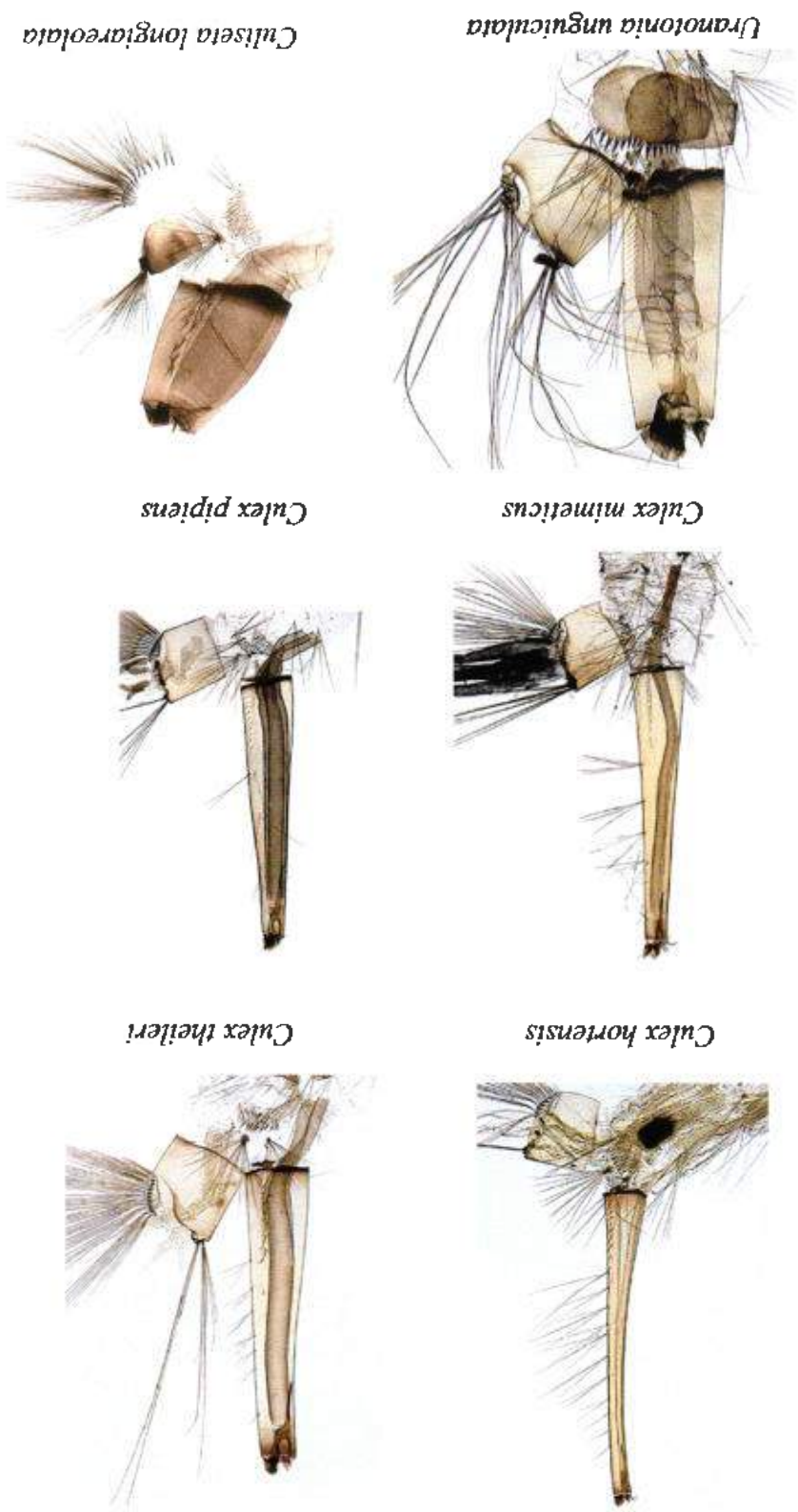


Figure 3-3 : Siphons des espèces culicidiennes identifiées



3.3. ECHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES LARVES DE CULICIDAE

Pour l'échantillonnage des larves de moustiques, nous avons adopté la méthode de "Dipping" (RIOUX *et al.*, 1965 ; SUBRA, 1971 ; CROSET *et al.*, 1976). Cette méthode consiste à récolter dans plusieurs endroits du gîte et sans répétition une louche d'eau d'une capacité de 1 litre (c). Par cette méthode, une série de capture nous donne un nombre moyen (n) de larves par prélèvement. Ce nombre, pris comme estimation de la densité larvaire moyenne, et rapporté au volume total du gîte (v), nous permet d'évaluer l'effectif total de la population (P) :

$$(P = V n/c).$$

Pour mieux apprécier les fluctuations de la faune culicidienne et pour effectuer un inventaire de la faune associée aux moustiques capturés dans ces différentes stations, nous avons réalisé un échantillonnage mensuel durant deux années (octobre 1995 à septembre 1997).

La larve, qui au cours de son développement, passe par quatre stades successifs, complexifie à chaque stade son ornementation. Actuellement, seules les larves ayant atteint le 4ème stade font l'objet d'une identification fiable. Les larves sont conservées dans l'alcool éthylique à 70° glycérolisé et regroupées par station puis montées entre lame et lamelle dans du Baume du Canada. La larve est sectionnée en deux parties au niveau de son 7ème segment abdominal. La partie antérieure est montée face dorsale vers le haut, le reste du corps est monté latéralement. Pour la détermination des larves, nous avons consulté les travaux de RIOUX (1958) et de SENEVET *et* ANDARELLI (1959) qui ont largement contribué à la connaissance de la faune culicidienne méditerranéenne. Les illustrations des principaux genres et espèces de larves de moustiques sont proposées dans les planches numérotées de I à V (SINEGRE *et al.*, 1979). La figure 3-3 représente les siphons respiratoires des espèces identifiées au cours de notre étude.

Tableau 3-3: Mesures des paramètres effectuées sur le terrain

Paramètres	Techniques de mesures
Températures en degré Celsius	Thermomètre à mercure gradué au 1/10 de °C
pH	PH mètre de type Leybeeld didactic GMBH
Conductivité électrique en mS/cm	Conductivimètre de type LF 90

Tableau 3-4: Méthodes d'analyse des principaux paramètres abiotiques

Paramètres	Méthodes d'analyses
DBO ₅ (mg.l ⁻¹ O ₂)	Méthode respirométrique DBO mètre B.S.B controller modell
Oxygène dissous (mg.l ⁻¹)	Méthode Winkler modifiée par Alsterberg (Rodier, 1984)
Azote ammoniacal (mg.l ⁻¹ N-NH ₄)	Méthode acidimétrique après distillation (Rodier, 1984)
Nitrites (mg.l ⁻¹ N-NO ₂)	Dosage colorimétrique au réactif de Zambelli (Rodier, 1984)
Nitrates (mg.l ⁻¹ N-NO ₃)	Dosage colorimétrique au salicylate (Rodier, 1984)
Matières en suspension ou M.E.S (mg.l ⁻¹)	Méthode par filtration (0,45µm) puis pesage après séchage à 105°C
Chlorures (mg.l ⁻¹)	Méthode volumétrique de MOHR (Rodier, 1984)

3.4. PHYSICO-CHIMIE DE L'EAU DES GITES

L'étude physico-chimique de l'eau des gîtes est réalisée en deux étapes. La première est faite sur le terrain au moyen d'un appareillage approprié (thermomètre à mercure, pH mètre et conductivimètre, Tableau 3-3) ; la deuxième est effectuée au laboratoire et concerne la chimie des eaux. Les échantillons d'eau sont prélevés dans des flacons en polyéthylène propres et bien fermés. rapportée au laboratoire, l'eau subit les analyses figurant sur le tableau 3-4.

Les dosages ont été réalisés selon les protocoles établis par RODIER (1984). Ils utilisent des méthodes classiques que nous nous limiterons à mentionner dans les tableaux 3-3 et 3-4 en renvoyant le lecteur aux travaux de BOUHOUHOU *et* MEGHRAOUI, (1997), KERBOUA *et* MERNIZ, (1997) *et* MEHANNAOUI-AFRI (1998).

Nous avons également calculé le pourcentage de saturation en oxygène dissous qui représente le rapport multiplié par 100 de la teneur en oxygène (mg.l^{-1}) dans l'échantillon sur la solubilité de l'oxygène à la température de l'eau au moment du prélèvement. Cette solubilité est calculée à l'aide de l'abaque de Mortimer (AFNOR, 1975), qui tient compte de l'altitude des stations ou plus précisément de la pression atmosphérique.

Pour caractériser les gîtes étudiés, 11 paramètres abiotiques sont pris en compte. Certains d'entre eux sont susceptibles d'agir sur la distribution de la faune aquatique en particulier sur *Cx. pipiens*. Ces paramètres sont liés à l'origine de l'eau, comme la température, la conductivité électrique, l'oxygénation et la chlorosité ou en relation avec un important apport extérieur (pollution) tels les ions ammonium, les ions nitrates, les ions nitrites et le pH.

Tableau 3-5: Les valeurs attribuées aux trois paramètres

Valeurs Attribuées (qi)	% de saturation en oxygène	DBO ₅ (mg.l ⁻¹ O ₂)	N-NH ₄ (mg.l ⁻¹)
1	91 – 110	< 3	< 0,5
2	71-90 111-120	3,1 – 6,0	0,5 – 1,0
3	51-70 121-130	6,1 – 9,0	1,1 – 2,0
4	31-50	9,1 – 15,0	2,1 – 5
5	< 30 - > 130	> 15,0	> 5,0

Tableau 3-6: Classes de qualité chimique (méthode Bénélux)

Classe	Somme des valeurs	Qualité
I	3 – 4,5	Excellente
II	4,6 – 7,5	Bonne
III	7,6 – 10,5	Moyenne
IV	10,6 – 13,5	Mauvaise
V	13,6 – 15	Très mauvaise

3.5. INDICES DE QUALITE CHIMIQUE

Pour évaluer la qualité chimique de l'eau, il existe plusieurs indices qui présentent l'avantage d'utiliser peu de paramètres. Les résultats obtenus sont similaires avec trois paramètres (indice de Bolton ou indice Bénélux), quatre (indice de Lisec) ou six (indice de Vernier et Micha (MEHANNAOUI-AFRI, 1998). Nous avons retenu celui de Bénélux car les trois paramètres de cet indice figurent parmi ceux analysés. Cette méthode bien que différente de celle de Bolton, lui est bien corrélée (MEHANNAOUI-AFRI, 1998).

La méthode Bénélux, citée sous le nom « Bénélux – Méthode » (1975) par De BRANDER *et* De SCHEPPER (1981), tient compte de trois paramètres (saturation en oxygène, DBO₅ et azote ammoniacal). L'indice de Bénélux (*I*) est calculé par la formule suivante :

$$I = \sum nqi$$
 où (*n*) est le nombre de paramètres et (*qi*) la valeur du paramètre considéré (De BRABANDER *et* De SCHEPPER, 1981). Pour les différentes concentrations des paramètres utilisés, les valeurs de l'indice sont indiquées dans le tableau 3-5. Cette méthode tient compte de la variation de 3 à 15 de l'indice de qualité. Ces valeurs sont groupées dans cinq classes allant de « excellente qualité » à « très mauvaise qualité » (Tableau 3-6).

3.6. ECHANTILLONNAGE DE LA FAUNE ASSOCIEE

Lors des échantillonnages, la faune associée aux larves de moustiques est également récoltée, triée par station et conservée dans l'alcool éthylique à 70° en vue d'une identification. Pour l'identification, nous nous sommes basés sur les travaux de TACHET *et al.* (1980) et MICHAT *et* NOISET (1982).

Le niveau taxonomique considéré varie en fonction de l'importance du groupe zoologique par rapport aux buts de notre étude. C'est ainsi que la faune associée a généralement été déterminée

Tableau 3-7: Végétation observée dans ou à proximité des gîtes périurbains

Familles	Taxons	Aïn-Smara	El-Khroub	Didouche Mourad	Zighoud Youcef
	<i>Carex sp.</i>		+		+
Composées <i>Asteraceae</i>	<i>Echinops spinosus</i> L. <i>Cirsium scabrum</i> L. <i>Calendula arvensis</i> L. <i>Scolymus hypanicus</i> L. <i>Sylibum marianum</i> L. <i>Chrysanthemum paludosum</i> <i>Senecio nebrodensis</i> L. <i>Lichenium intybus</i>	+	+		+
Euphorbiacées	<i>Euphorbia Helioscopia</i> L.		+		+
Labiées <i>Lamiaceae</i>	<i>Mentha pulegium</i> L. <i>Mentha arvensis</i> L.	+	+	+	+
Convolvulacées	<i>Convolvulus tricolor</i>				+
Liliacées	<i>Muscari comosum</i> L.	+			
Primulacées	<i>Anagallis monelli</i> L.				+
Boraginacées	<i>Borago officinalis</i> L.		+		+
Scrofulariacées	<i>Scrofularia sambucifolia</i> L.		+		+
Campanulacées	<i>Campanula alata</i> Desf.				+
Graminées	<i>Hordeum murium</i> L. <i>Polypagus merispeisensis</i>				+
Papillonacées	<i>Milica sp.</i> L.				+
Apocynacées	<i>Nerium oleander</i> L.		+		+
Plantaginacées	<i>Plantago lagopus</i> L.		+		
Algues filamenteuses	<i>Spyrogira sp.</i>		+		+

jusqu'au niveau de la Famille ou de l'Ordre, car les larves sont souvent difficiles à identifier de façon plus précise.

3.7. VEGETATION DES GITES PERIURBAINS

Les premières observations et la récolte des plantes spontanées sont faites au printemps de l'année 1996 et confirmées l'année suivante (1997). Cette étude n'intéresse que les gîtes périurbains. Lors de nos prospections, nous avons prélevé les espèces végétales dominantes dans l'eau et en bordure des gîtes pour mieux caractériser les influences respectives de l'eau et de la végétation. Les stations d'étude sont ainsi caractérisées par la présence de plusieurs formations végétales de physionomie différentes (Tableau 3-7). Pour la détermination de ces formations, nous avons consulté les ouvrages de QUEZEL et SANTA (1962) et ceux de BENISTON (1984).

3.8. TRAITEMENTS STATISTIQUES

3.8.1. Données rassemblées

Dix gîtes larvaires ont été suivis pendant deux années, d'octobre 1995 à septembre 1997. L'étude de l'évolution de leurs paramètres physico-chimiques et biologiques est exprimée à l'aide de onze variables quantitatives (annexe 1). Nous obtenons donc une matrice «physico-chimie» de 240 prélèvements (10 gîtes x 24 mois) x 11 variables quantitatives.

Les prélèvements faunistiques concernent en priorité les populations de *Cx. pipiens* qui constitue donc une classe de données particulières (240 prélèvements x 1 espèce). Les autres moustiques récoltés en même temps que *Cx. pipiens*, bien que correctement

échantillonnés par la méthode de la louche, sont étudiés avec la faune associée.

La faune récoltée en même temps que *Cx. pipiens*, appelée faune associée, a été conservée et déterminée. Bien que la méthode de prélèvement n'ait pas été choisie spécifiquement pour ces invertébrés, leur présence dans les prélèvements a une signification et leur étude peut apporter des renseignements sur le fonctionnement écologique des gîtes. La matrice «faune associée» ainsi constituée comporte 22 taxons répartis dans 240 prélèvements.

Les traitements statistiques réalisés ont pour but de répondre à plusieurs questions :

- Quelle diversité de milieu a-t-on rencontré au cours des prospections ?
- Quelles relations existent entre l'espèce *Cx. pipiens* et les milieux aquatiques dans lesquels elle vit ?
- Quelle faune associée à *Cx. pipiens* a-t-on récoltée et comment s'organise-t-elle dans l'espace et dans le temps ?
- *Cx. pipiens* supporte-t-il une concurrence ou une prédation de la part d'une faune associée ?

3.8.2. Méthodes factorielles utilisées

En écologie, comme dans de nombreux domaines, les observations peuvent être classées dans des tableaux de données. Plusieurs approches statistiques existent pour étudier de tels tableaux ; leurs interprétations deviennent de plus en plus complexes lorsque leurs dimensions et leur nombre augmentent. Actuellement, l'analyse factorielle (A.F.C ou A.C.P) est l'une des façons les plus efficaces pour interpréter de tels tableaux de données est de les traiter.

Les analyses factorielles permettent de connaître la part de variance d'un tableau de données, expliquée par ses axes principaux (LEGENDRE *et* LEGENDRE, 1984 ; BOURROCHE *et* SAPORTA, 1983). La réduction du nombre de caractères ne se fait pas par une simple sélection de certains d'entre eux, mais par la construction de nouveaux caractères synthétiques obtenus en combinant les caractères initiaux au moyen des axes factoriels, ou axes de plus grande variabilité. Des relations entre caractères (paramètres physico-chimiques ou nombre d'invertébrés) et mesures (prélèvements) peuvent ainsi être dégagées.

Un des problèmes posés pour l'interprétation d'une analyse factorielle est celui du choix du nombre d'axes à interpréter. Un des meilleurs critères est celui du « coude » ou « catell », qui permet de détecter un ralentissement dans la croissance des valeurs propres (SAPORTA, 1993 *in* GRANGE *et* LEBART, 1993). Les facteurs retenus pour l'analyse, sont ceux dont les valeurs propres décroissent linéairement. Les facteurs suivants étant redondants ou triviaux par rapports aux premiers.

Deux types de caractères peuvent être combinés dans une analyse factorielle. Les principaux caractères et mesures sont actifs, c'est à dire qu'ils participent à la définition des axes factoriels qui sont interprétés en fonction des contributions relatives de chacun de ces caractères (lignes et colonnes). Les caractères et mesures supplémentaires ne participent pas à la définition des axes mais sont positionnés en fonction de ceux-ci. Parmi les nombreux types d'analyses factorielles, nous avons retenu :

- l'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) permet la description des données contenues dans un tableau individus-caractères numériques quantitatifs. L'A.C.P. est une analyse non symétrique puisqu'on ne peut pas, par exemple, additionner deux

paramètres physico-chimiques (température et pH, etc.). Cette méthode accepte les nombres négatifs et tient compte des valeurs nulles (une température peut prendre les valeurs -5, 0, +18...). L'A.C.P. ici retenue est dite normée car les différents paramètres n'ont pas la même échelle de variations et il est donc nécessaire de les normer pour pouvoir les combiner. Par ailleurs, cette analyse appliquée aux tables de contingence, néglige les observations rares.

- l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.) traite principalement des tables de contingences. C'est une analyse symétrique (il est possible d'additionner des chironomes et des moustiques) qui traite des données discontinues et positives. Dans une telle analyse, les valeurs nulles (absence d'une espèce dans un prélèvement) n'ont pas d'influence. C'est une analyse qui a l'avantage d'accorder de l'importance aux observations rares.

Les traitements statistiques et les représentations graphiques associées ont été réalisés avec la programmation ADE-4 (CHESSEL *et* DOLEDEC, 1992 ; THIOULOUSE *et al.*, 1995 ; THIOULOUSE *et* CHESSEL, 1997).

3.8.3. Traitement des données physico-chimiques

L'ensemble des mesures physico-chimiques, effectuées dans le milieu aquatique, doit pouvoir conduire à une appréciation globale de la qualité de l'eau des gîtes. Pour cette approche, nous avons retenu les valeurs enregistrées mensuellement. Pour l'étude comparative ou la description spatiale des facteurs, nous avons tenu compte des moyennes établies sur deux années d'observations. La comparaison de ces moyennes est effectuée par le test de Newmann-Keuls au seuil de 5% (ANOVA). Ces analyses sont effectués à l'aide du logiciel stat-itcf (GOUET *et* PHILPEAU, 1986).

Les facteurs abiotiques des différents gîtes ont ensuite été étudiés globalement par une A.C.P., dans le but d'établir une typologie de ces gîtes.

3.8.4. Etude de la faune associée

La comparaison des peuplements des écosystèmes étudiés est réalisée dans un premier temps par une étude globale de la structure. Pour comparer les peuplements des gîtes, nous envisageons l'étude des communautés stationnelles, d'un point de vue statique. Dans un second temps, nous définirons l'organisation des différentes communautés d'un point de vu global.

L'étude statique de la structure est réalisée à partir de la composition biotique stationnelle: richesse taxonomique (ou nombre de taxons par groupe), abondance relative des différents taxons et des groupes auxquels ils appartiennent. L'étude globale de l'organisation des communautés sera définie pour chacun des gîtes, par l'analyse factorielle des correspondances. Ces analyses sont faites à partir des effectifs exprimés en nombre d'individus par coup de louche. Cependant, puisque le volume d'eau prélevé est identique dans tous les gîtes et égal à 1 litre, les données correspondent également à des densités par litre.

3.8.5. Relations entre les gîtes et *Cx. pipiens*

L'influence des paramètres phisico-chimiques sur les populations est expliquée par la matrice de corrélation linéaire. La représentation graphique de cette influence est effectuée par la régression linéaire simple qui montre séparément l'effet des facteurs physico-chimiques et par la régression linéaire multiple en introduisant simultanément toutes les variables.

Dans l'A.C.P utilisée pour étudier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des gîtes larvaires, l'ajout des densités préimaginales de *Cx. pipiens* en tant que variable supplémentaire permet d'étudier les relations entre cette espèce et les caractéristiques physico-chimiques de ces gîtes.

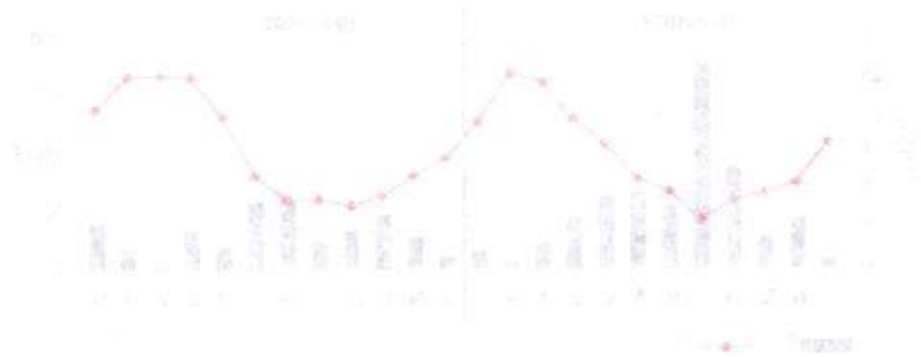


Fig. 4 - Relation entre les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des gîtes larvaires et la densité préimaginaire de *Cx. pipiens*.

Tableau 4-1: Précipitations (mm) et températures (°C) moyennes mensuelles et annuelles de Constantine pendant la durée de l'étude.

Période d'observation	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	Jt.	A.	S.	Moy. *
1995/1996													
précipitations (mm)	8,3	42,5	28,4	88,1	180,6	54,3	66,8	62,3	42,7	20,5	6,3	15,4	51,35
températures (°C)	16,7	11,5	10,1	9,1	6,5	10,2	11,9	16,4	19,7	24,6	25,6	19,3	15,13
1996/1997													
précipitations (mm)	10	26,2	47,3	33,1	22,4	59	57,7	18	33,2	1,2	17,2	38,9	30,35
températures (°C)	14,5	12,2	9,6	8,3	9,1	9,1	12,3	19,9	24,9	25,5	25,3	21,1	15,98

* moyenne

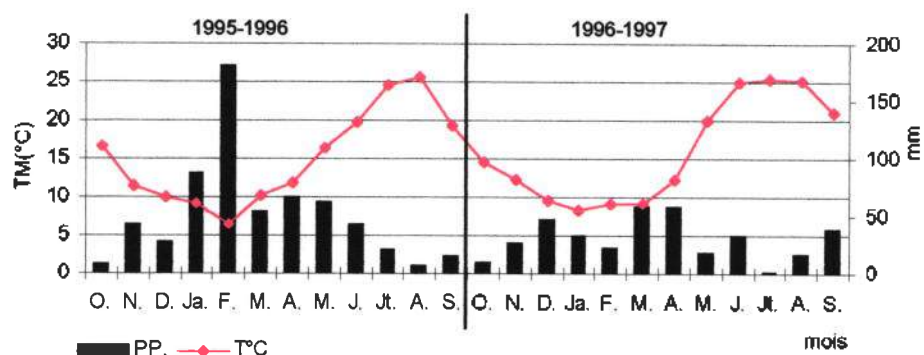


Figure 4-1: Evolution mensuelle des précipitations(PP.) et de la température moyenne (TM) à Constantine. Période d'étude : octobre 1995 - septembre 1997

CHAPITRE 4 : RESULTATS

4.1. ETUDE MESOLOGIQUE

4.1.1. Climatologie

L'alimentation des nappes phréatiques, des biotopes aquatiques naturels et même artificiels est tributaire des facteurs climatiques, particulièrement du régime des pluies. Les précipitations moyennes enregistrées sont sujettes à de fortes variations dont l'importance varie d'une année à l'autre. Le régime des pluies des deux années est assez contrasté puisque la moyenne annuelle des précipitations atteint 51,35 mm en 1996 et 30,35 mm en 1997. Les mois de novembre à juillet de l'année 1996 furent relativement pluvieux alors que ces mêmes mois de l'année 1997 furent peu arrosés (Tableau 4-1, Figure 4-1).

Un gradient saisonnier croissant s'observe l'année 1995-1996, recevant une précipitation moyenne maximale de 180,6 mm au mois de février 1996. Les pluies torrentielles qui se sont abattues durant ce mois de février 1996, ont provoqué des débordements des gîtes larvaires épigés. Une diminution graduelle s'observe à partir du mois d'avril pour atteindre une précipitation moyenne minimale de 6.3 mm en août. La deuxième année (octobre 1996-septembre 1997) est marquée par des précipitations moins importantes. Les moyennes des maximales sont atteintes en mars 1997 (59 mm) et en avril 1997 (57,7 mm). Durant cette année, les précipitations moyennes sont 1,5 fois moins importantes. La première année (octobre 1995-septembre 1996) est donc globalement plus humide.

Le critère thermique est aussi d'une grande importance. En effet, la température de l'eau est influencée par celle de l'air. Les températures de la région de Constantine sont caractérisées par des amplitudes saisonnières importantes. Toutefois, les amplitudes annuelles sont faibles (Tableau 4-1, Figure 4-1). Les températures moyennes maximales sont enregistrées en août 1996 (25,6°C) et juillet

1997 (25,5°C). Les températures moyennes minimales sont relevées en février 1996 (6,5°C) et janvier 1997 (8,3°C). La deuxième année (octobre 1996-septembre 1997), les températures moyennes enregistrées à partir du mois d'avril 1997 sont relativement plus élevées que la moyenne, mais les écarts thermiques sont faibles (Tableau 4-1, Figure 4-1). La saison printanière est douce et le climat est caractérisé par des journées ensoleillées avec quelques pluies passagères. Les hivers sont moins froids et surtout moins pluvieux.

4.1.2. Physico-chimie de l'eau

Les données relatives aux mesures ou analyses des paramètres physico-chimiques, sont rassemblées dans l'annexe 1. Ces paramètres vont être étudiés successivement, en observant d'abord l'évolution sur deux ans dans les trois types de gîtes (périurbains et urbains épigés puis hypogés), puis les moyennes par gîte sur deux années et enfin la répartition géographique de ces moyennes. Les données sont présentées, pour chaque paramètre, dans une figure (a : évolution sur deux ans, b : moyennes sur deux années par des spectres, c : moyennes sur fond géographique) et un tableau (valeurs extrêmes observées). Afin d'alléger la présentation, quelques paramètres ont été regroupés : matières en suspension et turbidité d'une part, formes d'azote d'autre part.

4.1.2.1. Température de l'eau

Les données sont présentées dans la figure 4-2 et l'annexe 1 (Tab.1).

• Gîtes périurbains

L'eau des gîtes périurbains ne dépasse généralement pas 29°C. Les températures les plus basses sont relevées en hiver et les

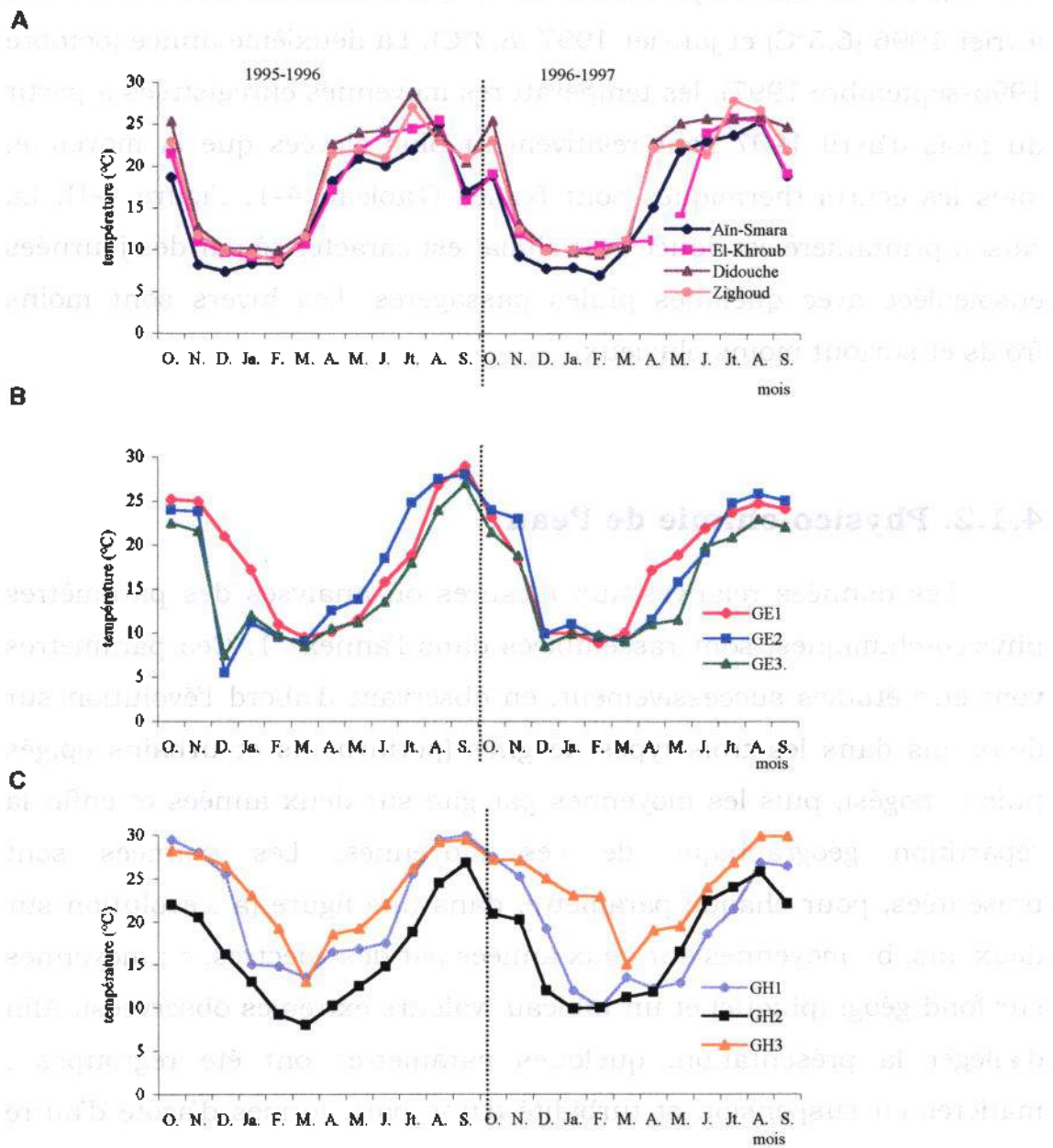


Figure 4-2: Evolution saisonnière de la température (°C) de l'eau des gîtes.

A= gîtes périurbains, **B**= gîtes urbains épigés, **C**= gîtes urbains hypogés.

températures maximales relevées en été (juillet – août) (Figure 4-2 A; Annexe 1 :Tab.1).

• **Gîtes urbains**

Dans les gîtes épigés, les températures maximales sont enregistrées en septembre 1996 et en août 1997 (Figure 4-2 B; Annexe 1 :Tab.1). Pour les températures minimales, elles sont observées en décembre 1995 et en mars 1997 dans GE2 et GE3. Dans GE1, les minima sont atteints aux mois de mars 1996 et février 1997 (Figure 4-2 B ; Annexe 1:Tab.1).

Dans les gîtes hypogés, les températures maximales sont observées en septembre 1996 et en août 1997 (Figure 4-2 C ; Annexe 1:Tab.1). Si les valeurs maximales sont sensiblement égales d'une année à l'autre dans GH2 et GH3, il n'en est pas de même dans GH1 où les températures atteignent des valeurs plus élevées durant l'année 1995-1996, particulièrement en septembre 1996. Dans ces gîtes couverts, les températures minimales enregistrées durant l'année 1995-1996 sont atteintes en mars 1996, alors que l'année suivante elles apparaissent plus tôt dans GH1 (février 1997) et GH2 (janvier 1997). Dans GH3, ces températures minimales se maintiennent en mars de l'année 1997) (Figure 4-2 C ; Annexe 1:Tab.1). L'eau des gîtes GH1 et GH3 est toutefois plus chaude que celle de GH2.

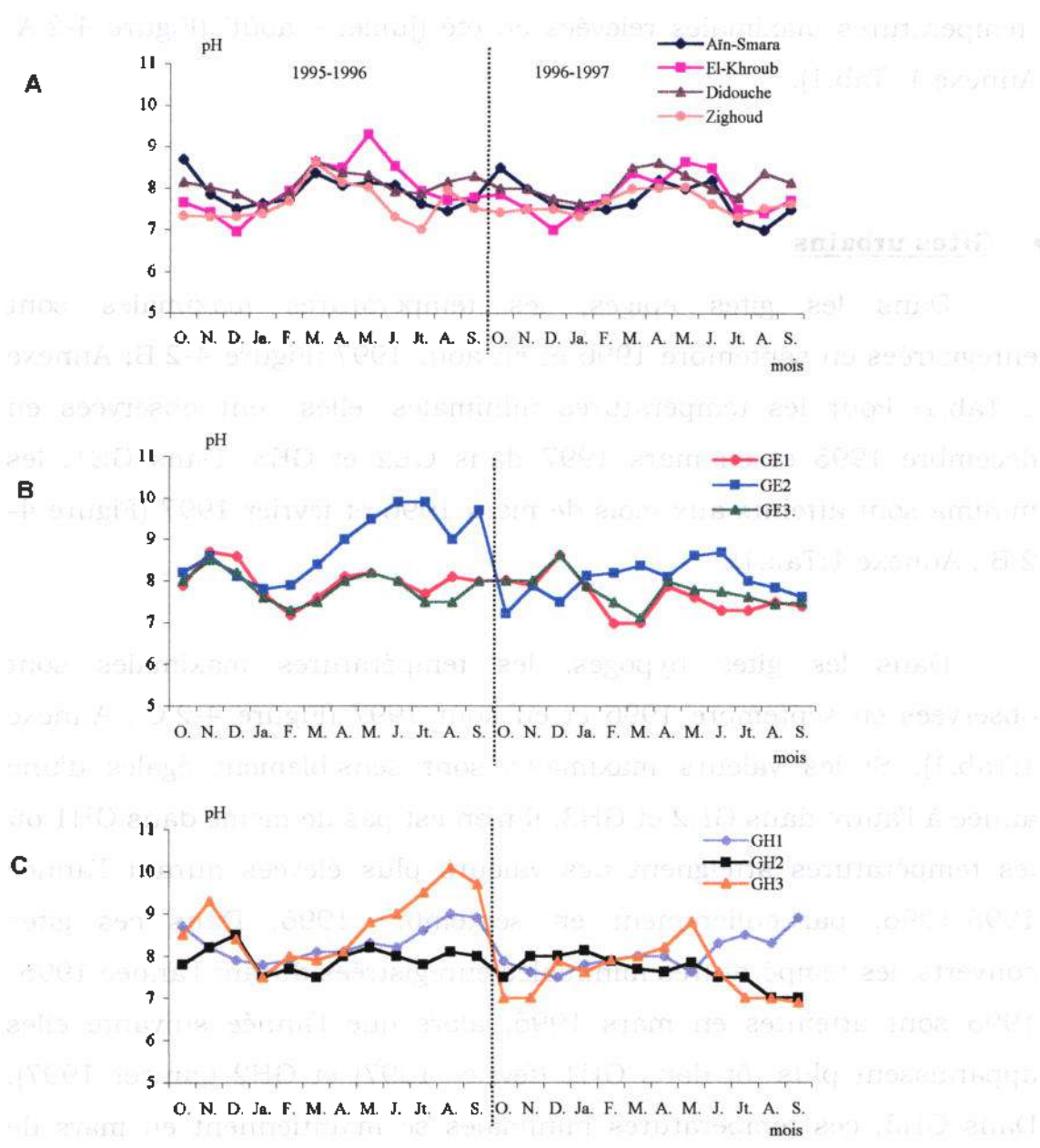


Figure 4-3: Evolution saisonnière du pH de l'eau des gîtes.
A= gîtes périurbains, **B**= gîtes urbains épigés, **C**= gîtes urbains hypogés.

4.1.2.2. Le pH

Les données sont présentées dans la figure 4-3 et l'annexe 1 (Tab.2) .

• **Gîtes périurbains**

Sur les deux années de prospections, les valeurs les plus faibles sont généralement observées en hiver ou en été à Aïn-smara ou alors en hiver à Didouche Mourad. Dans les gîtes situés à El-Khroub et Zighoud Youcef, les pH les plus bas sont relevés en automne, en hiver et en été (figure 4-3 A ; Annexe 1 : Tab.2). Excepté les valeurs minimales proches de la neutralité dans ces gîtes (6,95 en décembre 1995 à El-Khroub et 7 en juillet 1996 à Zighoud Youcef), l'eau des biotopes périurbains présente généralement un pH à alcalinité faible, sauf pendant les deux printemps où les variations saisonnières de ce paramètre font apparaître des valeurs plus élevées. A Didouche Mourad, ces augmentations de pH s'observent également en automne 1995 et 1996.

• **Gîtes urbains**

Dans le gîte GE1, le pH est généralement de faible alcalinité sur les deux années. Le pH de l'eau du gîte GE2 est très alcalin d'avril 1996 à septembre 1996 ; il varie respectivement de 9 à 9,7. Lors de la deuxième année, le pH diminue légèrement et l'eau présente une alcalinité moyenne. Les diminutions de pH dans GE2 sont observées en hiver de l'année 1995-1996 mais aussi en automne de l'année 1996 et août-septembre 1997. Dans GE3, les valeurs les plus élevées sont enregistrées en automne et au printemps de l'année 1995-1996; et en automne-hiver de l'année 1996-1997 (Figure 4-3 B ; Annexe 1: Tab.2).

Le pH de l'eau des gîtes hypogés traduit généralement une alcalinité moyenne et ne subit pas de grandes variations saisonnières. L'eau du gîte GH1 présente une faible alcalinité en hiver de la première année (1995-1996) et en automne-hiver de l'année suivante. Sur les

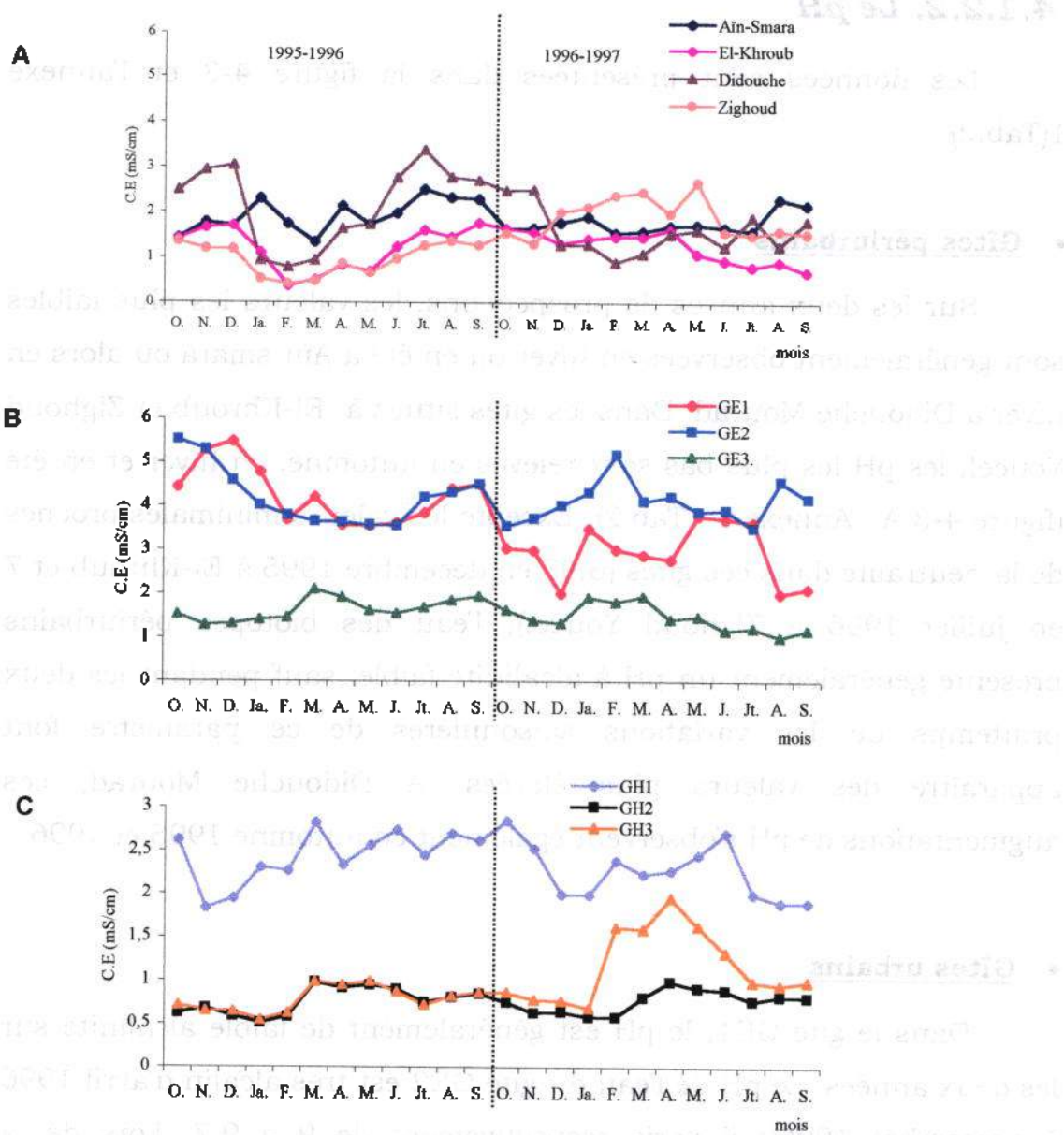


Figure 4-4: Evolution saisonnière de la conductivité électrique (mS/cm) de l'eau des gîtes.
A= gîtes périurbains, B= gîtes urbains épigés, C= gîtes urbains hypogés.

autres saisons, le pH est plus élevé et indique une alcalinité moyenne. Durant l'année 1996-1997, nous avons enregistré approximativement les mêmes résultats avec cependant une diminution du pH en automne et en hiver où le pH de l'eau est faiblement alcalin. L'eau du gîte GH2 montre un pH proche de la neutralité pendant les mois de novembre-décembre 1995 et pendant les mois d'août-septembre 1996. Dans GH3, l'eau est de faible alcalinité en hiver de l'année 1995-1996 et au printemps de l'année 1996-1997. En automne 1996 et en été 1997, le pH est proche de la neutralité, contrairement à l'année précédente où le pH dépassait parfois 9 (Figure 4-3 C ; Annexe 1: Tab.2).

4.1.2.3. La conductivité électrique

Les données sont présentées dans la figure 4-4 et l'annexe 1 (Tab.3).

- **Gîtes périurbains**

Durant l'année 1995-1996, la conductivité de l'eau des gîtes périurbains varie en fonction des saisons. Les valeurs les plus basses sont généralement enregistrées en hiver (Figure 4-4 A ; Annexe 1:Tab.3). Au printemps, une légère augmentation s'observe et les valeurs les plus élevées se situent en été et au début de l'automne. L'année suivante, les variations saisonnières de ce paramètre sont moins prononcées. Ainsi, le gîte de Zighoud Youcef présente des valeurs bien plus élevées au printemps de l'année 1997, le maximum étant atteint au mois de mai 1997 (2,68 mS/cm). Dans ce gîte, les valeurs relevées en été 1997 sont supérieures à celle de l'été 1996. A El-Khroub, l'eau du gîte a une conductivité électrique plus élevée en hiver et au printemps de l'année 1997 (Annexe 1: Tab. 3). Au cours de cette deuxième année, l'eau du gîte situé à Didouche Mourad à une conductivité électrique plus élevée en automne qu'en été. Dans ce gîte, une diminution de la C.E est observée l'hiver 1997 comme l'année précédente. A Aïn-Smara par contre, la conductivité ne varie pas beaucoup, elle est cependant légèrement plus élevée en été.

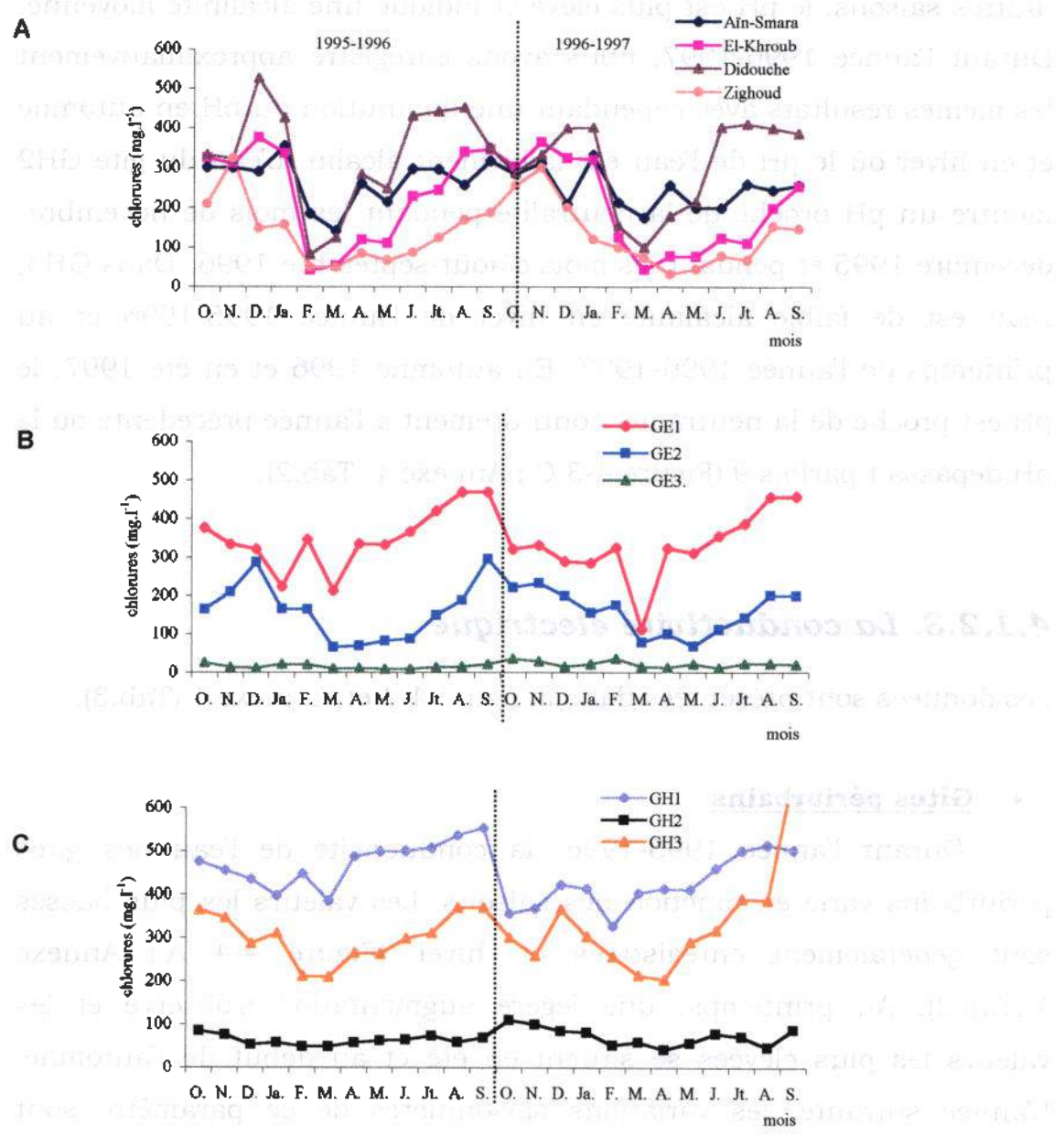


Figure 4-5: Evolution saisonnière des chlorures (mg.l⁻¹) de l'eau des gîtes.

A= gîtes périurbains, **B=** gîtes urbains épigés, **C=** gîtes urbains hypogés.

- **Gîtes urbains**

Du mois d'octobre 1995 au mois de septembre 1996, la C.E de l'eau des gîtes GE1 et GE2 suit approximativement les mêmes variations. Dans GE2, les valeurs les plus élevées s'observent en automne 1995 et en été 1996 alors que l'année suivante, la conductivité est plus importante en hiver et au printemps (Figure 4-4 B ; Annexe 1: Tab.3). Dans GE1, la C.E est élevée en automne-hiver 1995 puis diminue au printemps 1996 ; pour augmenter de nouveau au mois d'août 1996 et septembre 1996. L'année suivante, les valeurs sont moins importantes et plus élevées d'avril à juillet 1997.

4.1.2.4. Les chlorures

Les données sont présentées dans la figure 4-5 et l'annexe 1(Tab.4).

- **Gîtes périurbains**

Une évolution saisonnière des concentrations en chlorures est perceptible dans les gîtes périurbains. Les teneurs les plus fortes sont relevées à Aïn-Smara et Didouche Mourad en janvier 1996-1997 et en août 1996 et juillet 1997 respectivement. A El-Khroub et Zighoud Youcef, les teneurs maximales sont observées au mois de septembre 1996 et novembre 1995-1996 (Figure 4-5 A ; Annexe 1 :Tab.4). Les anions Cl⁻ de masse 35,6 plus lourds arrivent à se fixer sur des particules et échappent en partie au lessivage, leur concentration à l'assèchement apparaît sur la figure 4-5 A.

- **Gîtes urbains**

Dans les stations urbaines, les analyses montrent que l'ion chlore est plus concentré dans les gîtes hypogés GH1 et GH3, avec des teneurs maximales en septembre (figure 4-5 C ; Annexe 1:Tab.4).

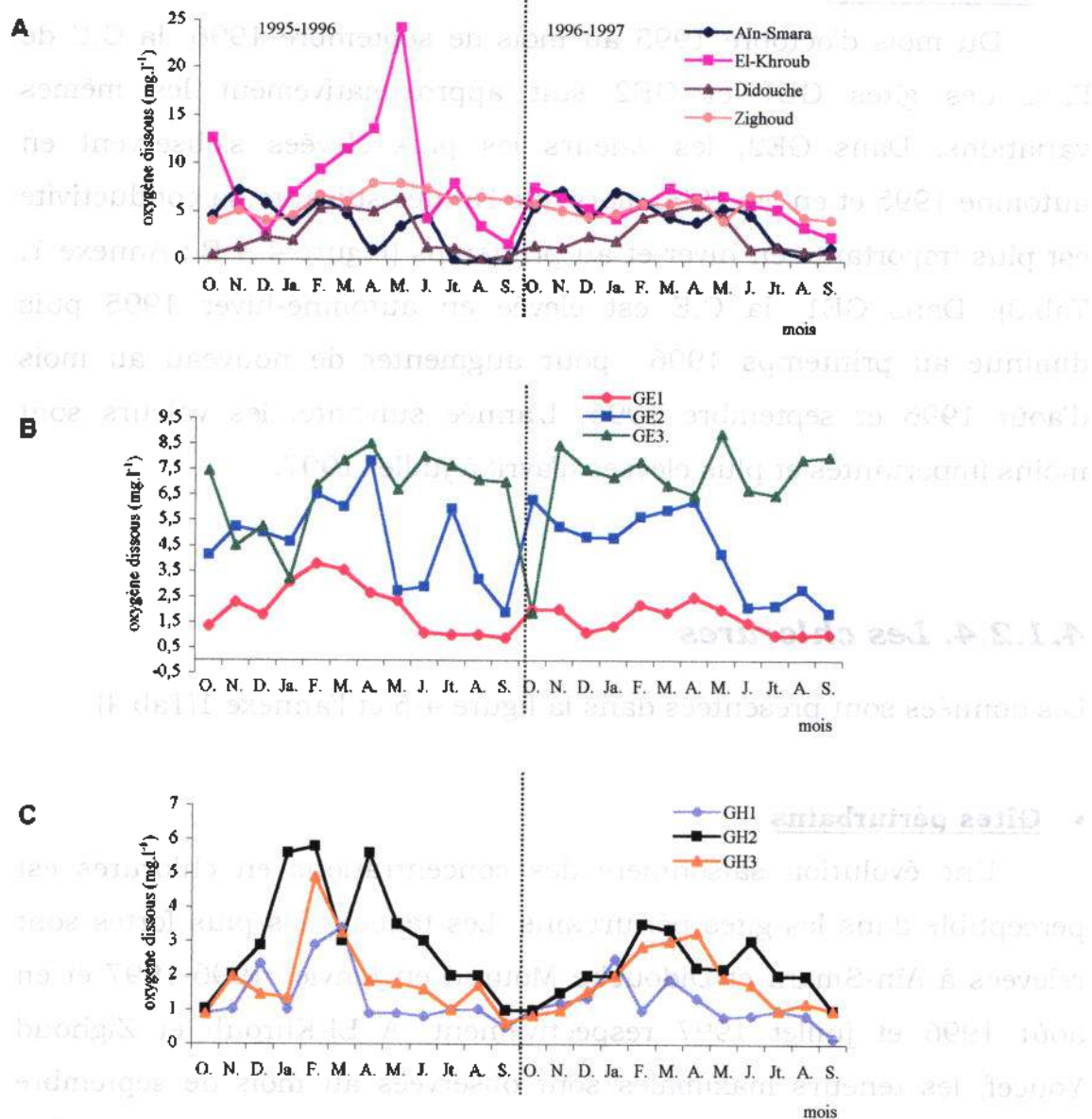


Figure 4-6: Evolution saisonnière de l'oxygène dissous (mg l⁻¹) de l'eau des gîtes
A= gîtes périurbains, B= gîtes urbains épigés, C= gîtes urbains hypogés.

4.1.2.5. Oxygène dissous

Les données sont présentées dans la figure 4-6 et l'annexe 1(Tab.5).

- **Gîtes périurbains**

Dans les gîtes périurbains, excepté à Aïn-Smara, les teneurs les plus élevées s'observent au printemps et les plus faibles sont généralement enregistrées en été (Figure 4-6 A ; Annexe 1 :Tab.5). Dans le gîte situé à Zighoud Youcef, les teneurs sont relativement élevées durant toute la durée de prospection et indique que ce gîte est bien oxygéné. A Aïn-Smara, nous avons enregistré des valeurs élevées durant les 2 automnes et les 2 hivers. Par contre, de juillet à septembre 1996, les concentrations sont nulles alors que l'été de l'année suivante elles augmentent légèrement. Dans ce gîte, les faibles teneurs en oxygène dissous renseigne sur la charge en matière organique à partir des mois d'avril 1996 ou en juillet 1997. Il en est de même à Didouche Mourad pour les périodes d'octobre à janvier et de juin à septembre des 2 années d'étude. A El-Khroub, l'eau du gîte est mieux oxygéné la première année particulièrement au printemps.

- **Gîtes urbains**

GE3 présente des teneurs élevées en oxygène dissous et des variations saisonnières peu importantes, avec cependant des teneurs plus élevées en été et en automne. Dans GE1 et GE2, les teneurs maximales relevées en hiver (Figure 4-6 B ; Annexe 1:Tab.5) sont la conséquence d'un renouvellement de l'eau de ces gîtes par les précipitations enregistrées durant ces périodes. De ce fait, la charge en matière organique et minérale est diluée et la solubilité de l'oxygène est alors favorisée par les basses températures. L'eau des gîtes hypogés est peu oxygénée à cause du faible contact avec le milieu extérieur.

4.1.2.5. Oxygène dissous

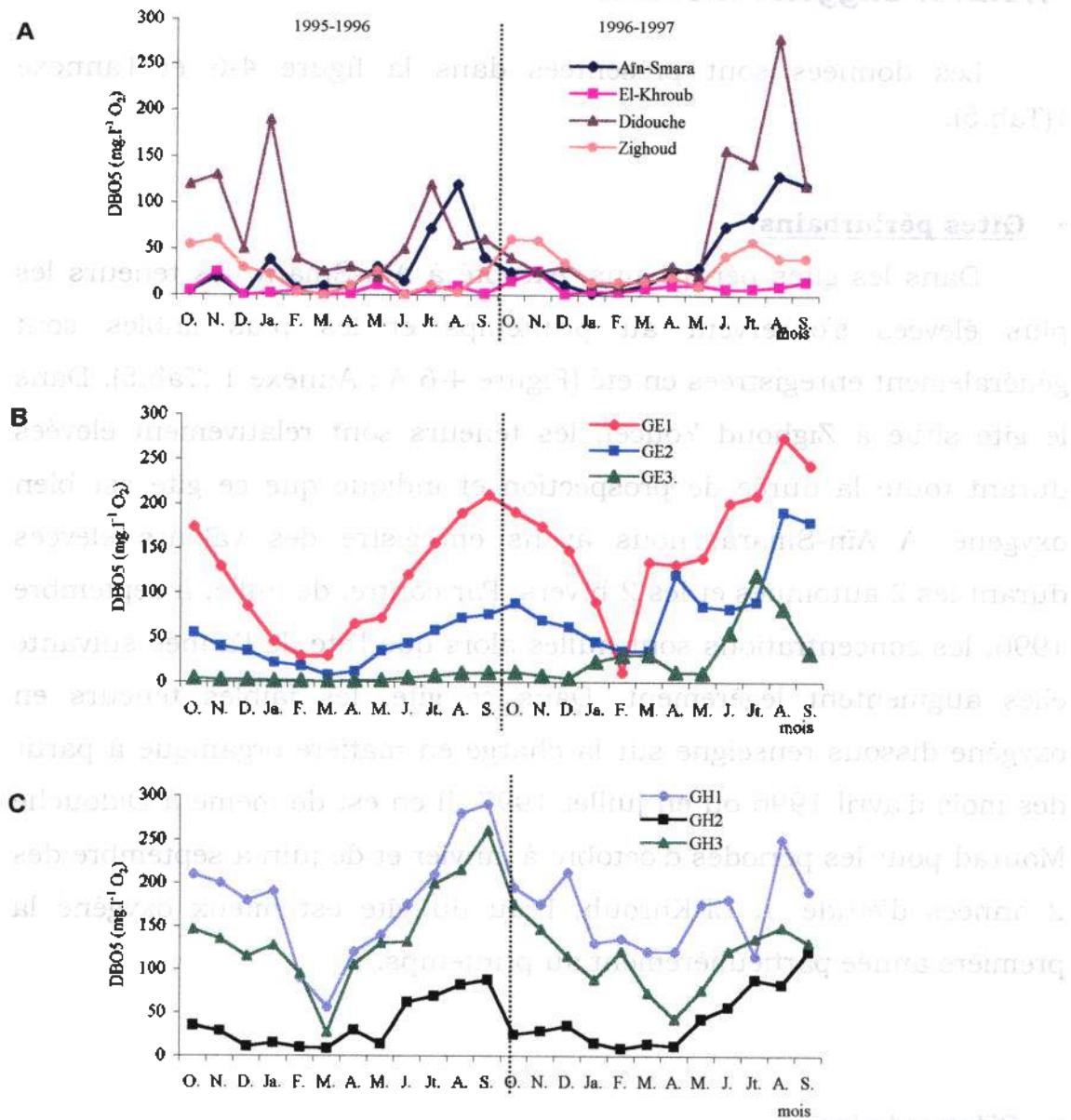


Figure 4-7: Evolution saisonnière de la DBO₅ (mg.l⁻¹ d'O₂) de l'eau des gîtes.

A= gîtes périurbains, **B=** gîtes urbains épigés, **C=** gîtes urbains hypogés.

4.1.2.6. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les données sont présentées dans la figure 4-7 et l'annexe 1(Tab.6).

- **Gîtes périurbains**

Durant la première année d'étude (1995-1996), les teneurs en DBO₅ enregistrées à Didouche Mourad, sont plus élevées en automne, en janvier et en été. Cependant, ces concentrations sont bien plus élevées l'été de l'année suivante. Dans l'eau du gîte Aïn-Smara, les teneurs en DBO₅ sont moins élevées qu'à Didouche Mourad et les maxima s'observent aussi en été, particulièrement pendant l'été 1997 (Figure 4-7 A ; Annexe 1 :Tab.6).

A El-Khroub et à Zighoud Youcef, les variations des teneurs en DBO₅ sont sensiblement identiques avec cependant des concentrations plus élevées dans le second gîte. Dans ces gîtes, les teneurs observées sont maximales en automne de l'année 1995-1996. L'année suivante ces concentrations en DBO₅ sont plus importantes en été, surtout à Zighoud Youcef (Figure 4-7 A ; Annexe 1:Tab.6).

- **Gîtes urbains**

Les variations des teneurs en DBO₅ sont similaires dans GE1 et GE2, avec cependant des concentrations plus élevées dans GE1. Les teneurs les plus élevées sont enregistrées en été ou en automne et les concentrations minimales en hiver. Dans GE3, les taux sont plus importants la seconde année, avec un maximum en juillet et un minimum en décembre (Figure 4-7 B ; Annexe 1:Tab.6). Dans ces gîtes urbains épigés, les diminutions de DBO₅ sont, comme pour les gîtes périurbains, observées pendant le période hivernale.

Dans les gîtes urbains hypogés, les températures de l'été et de l'arrière saison sont plus élevées que dans les autres gîtes. Par ailleurs,

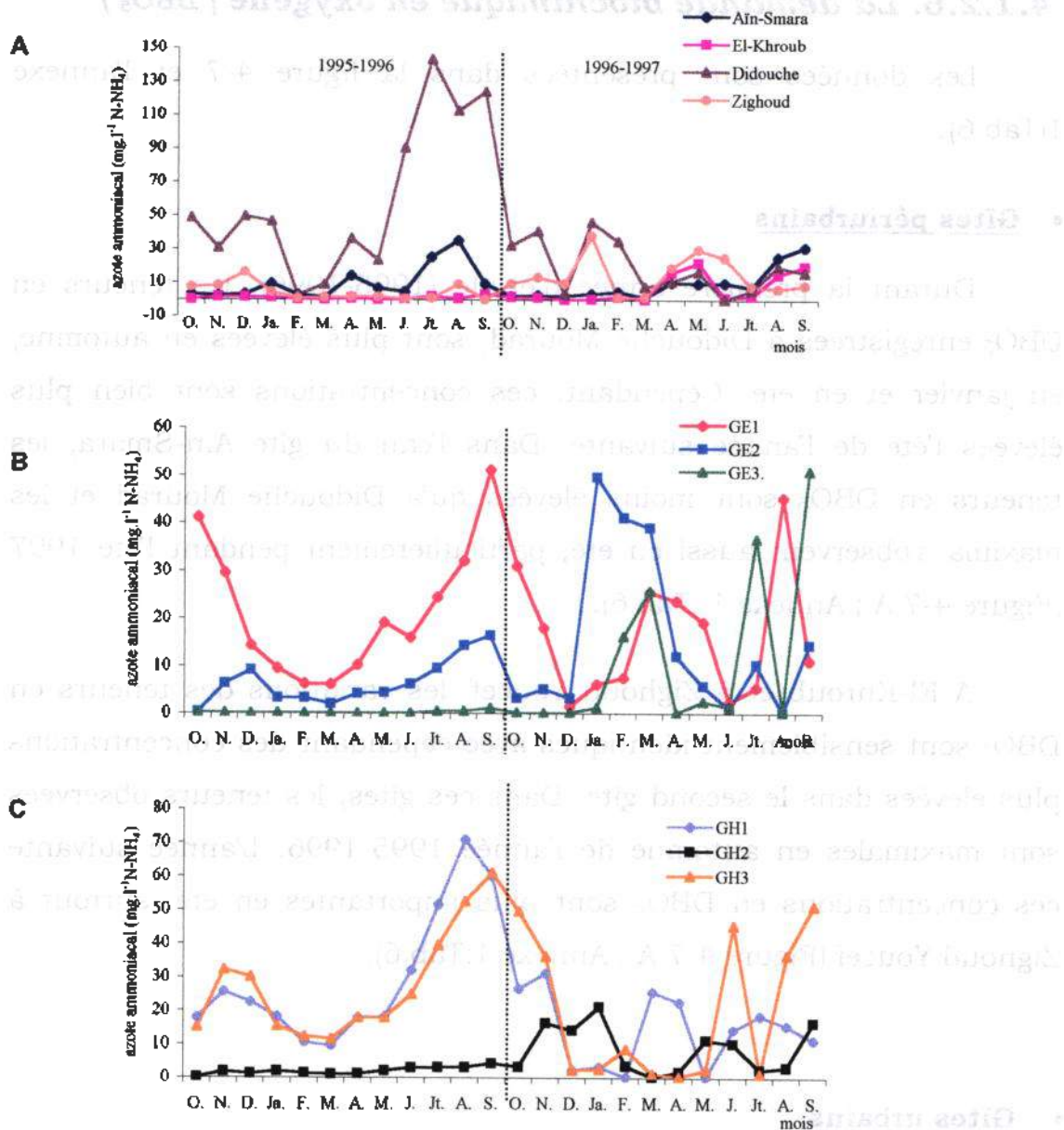


Figure 4-8: Evolution saisonnière de l'azote ammoniacal (mg.l⁻¹ N-NH₄) de l'eau des gîtes.

A= gîtes périurbains, B= gîtes urbains épigés, C= gîtes urbains hypogés.

les gîtes étant entièrement couverts, ils subissent durant cette période une diminution du niveau de l'eau et par conséquent une baisse de l'oxygène dissous qui traduit bien les augmentations des teneurs en DBO₅ durant les périodes les plus chaudes.

4.1.2.6. Les formes d'azote

Les données sont présentées dans les figures 4-8 (N-NH₄), 4-9 (N-NO₂) 4-10 (N-NO₃) et l'annexe 1 (Tab.7, 8 et 9).

- **Gîtes périurbains**

Dans ces gîtes, les teneurs en azote ammoniacal varient considérablement. Les gîtes situés à Aïn-Smara et Didouche Mourad présentent les plus fortes teneurs en N-NH₄ particulièrement en été 1996. L'année 1996-1997, les teneurs élevées se maintiennent durant la période la plus chaude à Aïn-Smara alors qu'à Didouche Mourad les plus fortes concentrations s'observent en hiver (Figure 4-8A ; Annexe 1 :Tab.7). Dans ce dernier gîte, une nette diminution est enregistrée en été. A El-Khroub, les teneurs sont faibles et les variations peu importantes d'octobre 1995 à septembre 1996. L'année suivante, les concentrations en N-NH₄ augmentent et les teneurs les plus élevées se situent au printemps et à la fin de l'été. A Zighoud Youcef, les variations saisonnières mettent en évidence des teneurs en N-NH₄ plus importantes la deuxième année, particulièrement en janvier 1997 et mai 1997. Cette augmentation de N-NH₄ au printemps est également observée à El-Khroub. Dans les gîtes périurbains, les teneurs minimales sont généralement signalées en hiver ou à la fin de l'hiver, excepté à Zighoud Youcef où les teneurs sont plus importantes en décembre 1995 (Figure 4-7 A ; Annexe 1:Tab.7).

Les teneurs en nitrites sont en général inférieures à 1 mg.l⁻¹ et subissent des variations spatio-temporelles importantes. Des valeurs

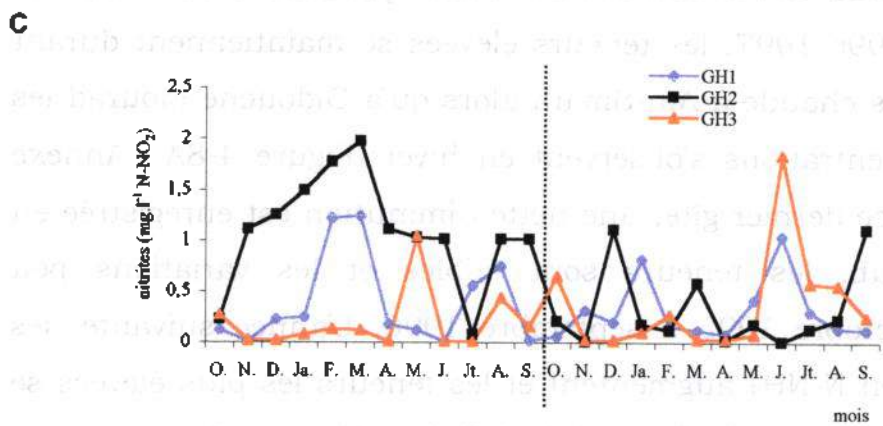
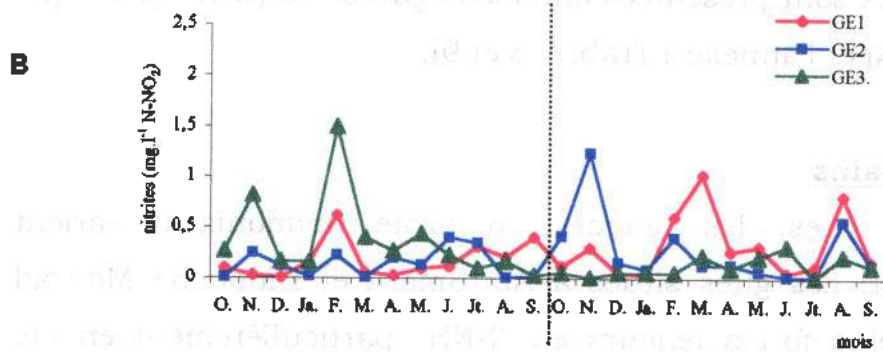
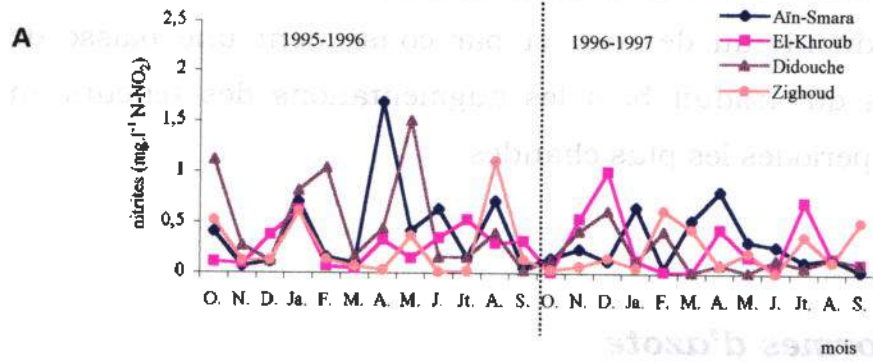


Figure 4-9: Evolution saisonnière des nitrites ($\text{mg.l}^{-1} \text{N-NO}_2$) de l'eau des gîtes.

A= gîtes périurbains, B= gîtes urbains épigés, C= gîtes urbains hypogés.

supérieures à 1 mg.l^{-1} sont notées en avril 1996 à Ain-Smara, en décembre 1996 à El-Khroub, en octobre 1995, février et mai 1996 à Didouche Mourad et en août 1996 à Zighoud Youcef (Figure 4-9A ; Annexe 1:Tab.8).

En automne et en hiver, les teneurs en nitrates sont relativement importantes à Ain-Smara et El-Khroub particulièrement l'année 1996-1997. A El-Khroub, l'eau est également très chargée en nitrates durant la période estivale 1996, le maximum est atteint en août 1996 (Figure 4-10 A ; Annexe 1:Tab.9). A Didouche Mourad, les teneurs en nitrates sont généralement peu élevées, excepté au mois de février 1996, mars et juin 1997 ($31,58 \text{ mg.l}^{-1}$). A Zighoud Youcef, les teneurs sont plus élevées en automne et en été de l'année 1996-1997, au printemps 1996. La concentration maximale est atteinte en novembre 1996 ($29,11 \text{ mg.l}^{-1}$).

- **Gîtes urbains**

Dans GE2 et GE3, les teneurs en azote ammoniacal présentent une variabilité temporelle importante. Dans GE2, les concentrations en N-NH_4 les plus élevées sont observées l'été 1996 et les teneurs les plus faibles sont obtenues de janvier à mars 1996 et en octobre 1996 (Figure 4-8 B ; Annexe 1:Tab.7). L'année suivante ces teneurs suivent approximativement la même évolution, mais sont plus importantes. Dans GE3, les teneurs en N-NH_4 sont faibles la première année et augmentent durant la deuxième année particulièrement en juillet 1997 et en septembre 1997. Dans GE1, les concentrations en N-NH_4 suivent approximativement la même évolution saisonnière. Sur les deux années d'étude, 3 pics apparaissent : en automne, au printemps et en été. Les maxima s'observent en septembre 1996 et en août 1997 (Figure 4-8 B ; Annexe 1:Tab.7).

Les teneurs en nitrates observées l'année 1995-1996 sont nettement inférieures à celles de l'année suivante. Dans GE1, deux pics

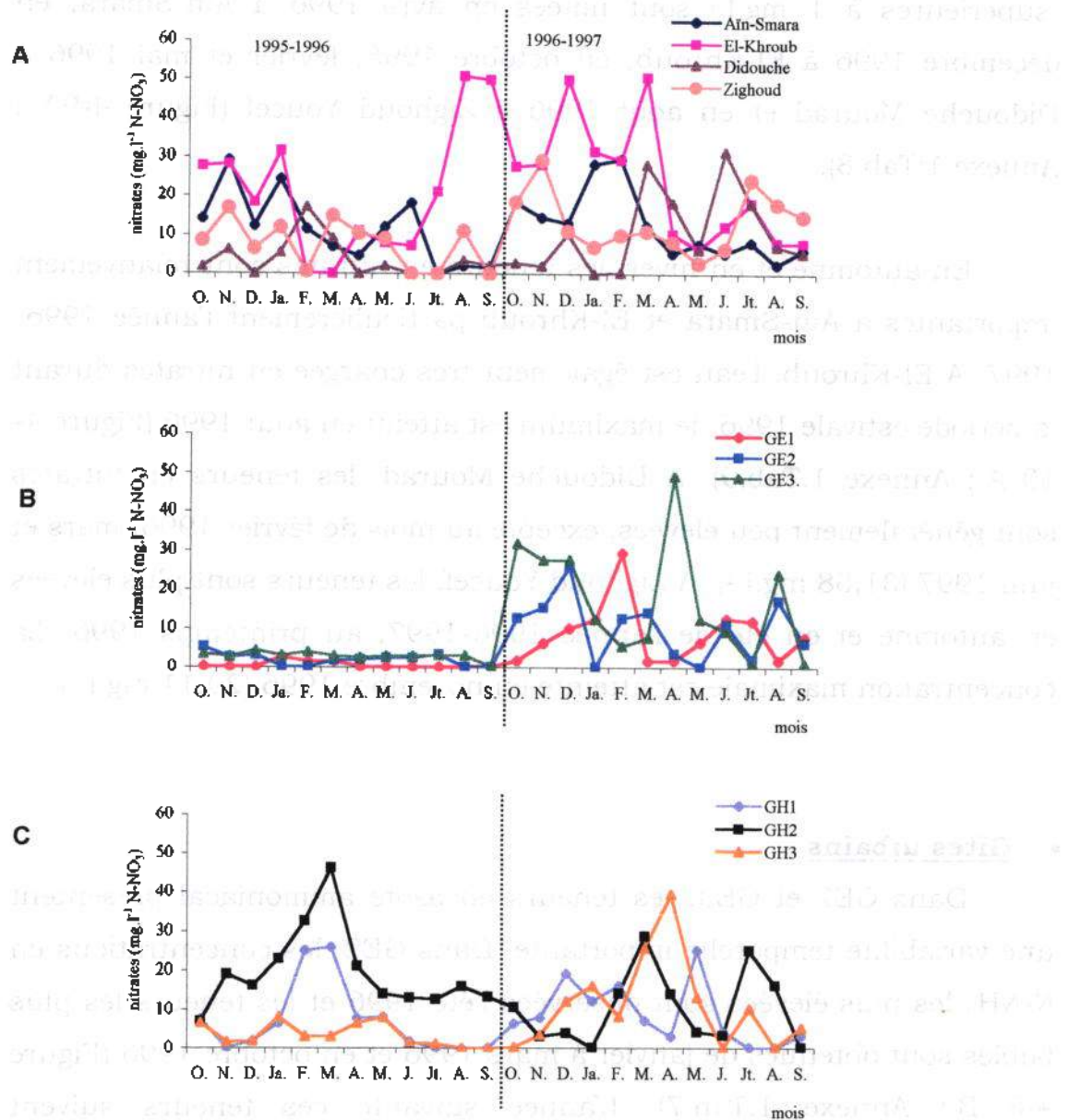


Figure 4-10: Evolution saisonnière des nitrates (mg.l⁻¹ N-NO₃) de l'eau des gîtes.

A= gîtes périurbains, B= gîtes urbains épigés, C= gîtes urbains hypogés.

apparaissent, l'un en hiver et l'autre au début de l'été. Dans GE3 et GE2 des teneurs élevées sont enregistrées en automne-début hiver de l'année 1996 (Figure 4-10 A ; Annexe 1:Tab.9). Dans ces gîtes, des concentrations élevées sont également notées au début du printemps 1997 et en août 1997.

L'azote ammoniacal est relativement stable au cours de l'année 1995-1996 dans GH1 et GH3 avec cependant deux pics, l'un en automne et l'autre plus important en été et automne. Dans ces deux gîtes, les concentrations les plus faibles s'observent de janvier à mai. L'eau de GH2 est peu chargée en azote ammoniacal avec cependant une augmentation la seconde année, particulièrement en hiver où la concentration maximale est atteinte en janvier 1997. Des teneurs élevées sont également observées au printemps (mai et juin 1997) et en septembre 1997 (Figure 4-8 C ; Annexe 1:Tab.7). Dans GH1 et GH3, les concentrations en $N-NH_4$ sont nettement moins importantes en été.

Parmi les gîtes urbains hypogés, GH2 présente les teneurs en nitrates les plus élevées particulièrement en hiver et au printemps de l'année 1995-1996. L'année suivante, ces taux en nitrates diminuent légèrement sans jamais s'annuler, puis augmentent de nouveau en été. Dans GH1 et GH3 les teneurs en nitrates sont peu importantes durant l'année 1995-1996 et les variations suivent approximativement la même évolution, exceptée en février 1996 et mars 1996 où les concentrations en nitrates sont nettement plus élevées dans GH1. Durant l'année 1996-1997, les variations des teneurs en nitrates sont plus importantes ; les concentrations maximales s'observent en hiver et surtout au printemps (Figure 4-10 C ; Annexe 1:Tab.9).

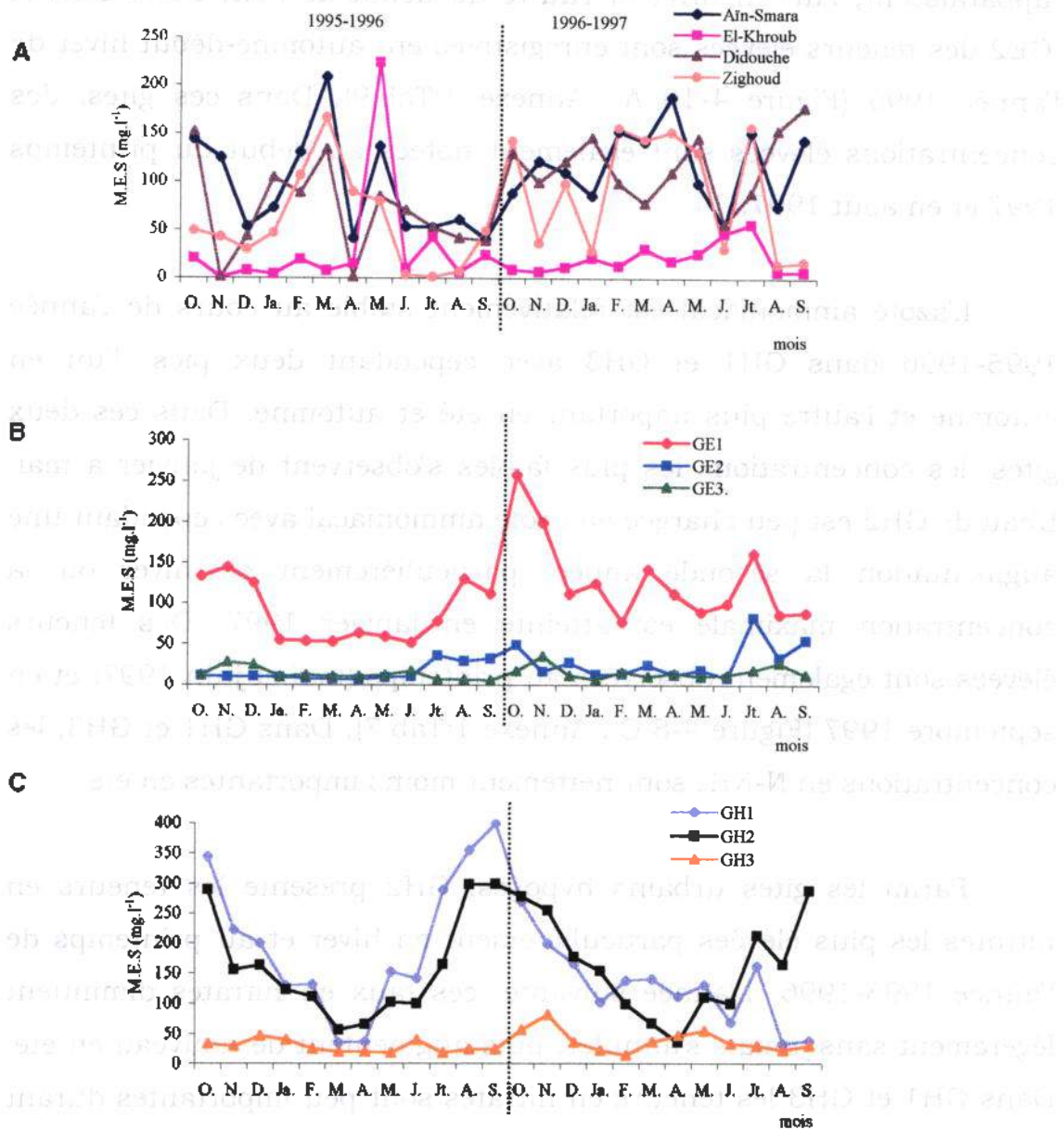


Figure 4-11: Evolution saisonnière des matières en suspensions (mg.l⁻¹) de l'eau des gîtes. A= gîtes périurbains, B= gîtes urbains épigés, C= gîtes urbains hypogés.

4.1.2.7. Les matières en suspensions (M.E.S) et la turbidité

Les données sont présentées dans les figures 4-11 (M.E.S.), 4-12 (turbidité) et l'annexe 1 (Tab.10 et 11).

- **Gîtes périurbains**

Durant toute la durée de prospection, le gîte situé à El-Khroub présente des teneurs en M.E.S. relativement peu élevées, excepté pendant les mois de mai 1996 et juillet 1996. Les teneurs élevées observées au mois de mai peuvent être dues, selon nos observations, à des déversements de produits de diverses natures (végétale, animale, textile...) en bordure du gîte. A Aïn-Smara et à Zighoud Youcef, les variations saisonnières des M.E.S suivent sensiblement la même évolution, excepté du mois de juin 1996 à août 1996 à Zighoud Youcef où les teneurs en M.E.S sont nettement plus faibles. Dans ces deux derniers gîtes, les teneurs maximales sont observées au début du printemps et les minima en été (Figure 4-11 A ; Annexe 1:Tab.10). Les taux élevés sont largement sous l'influence des activités humaines. A Zighoud Youcef, ils peuvent être imputés au déversement d'eaux d'irrigation chargées de matières en suspension.

A Didouche Mourad, les concentrations en M.E.S ne présentent pas les mêmes variations sur les deux années. Les taux les plus élevés sont enregistrés durant la deuxième années avec un maximum en septembre 1997 et un minimum en mars 1997 (Figure 4-11 A ; Annexe 1:Tab.10). Au cours de la première année, les teneurs en M.E.S varient de 0,34 mg.l⁻¹ (novembre 1995) à 134 mg.l⁻¹ (mars 1996). Ce gîte est une étendue d'eau qui a pour origine l'oued Bou-Hadjar, lequel draine les eaux urbaines et industrielles. Au cours de l'année 1996-1997, les débits ont été plus importants que l'année précédente ce qui expliquerait les taux élevés des mises en suspensions.

- **Gîtes urbains**

Les teneurs en M.E.S sont généralement élevées dans l'eau de GE1 et les fluctuations saisonnières importantes. Au cours de l'année 1995-1996, les teneurs enregistrées sont élevées en automne puis diminuent en hiver et au printemps. Dans GE2 et GE3, les teneurs en M.E.S sont généralement élevées en automne ou en été. Cependant, dans le gîte GE3 (bassin), les concentrations en M.E.S observées l'été 1996 sont faibles contrairement à l'été 1997. Ces résultats s'expliquent par une alimentation en eau du gîte plus conséquente durant cette année 1997, qui aurait produit ainsi une mise en suspension plus importante.

Dans les gîtes urbains épigés, la turbidité est généralement plus importante en été (Annexe 1:Tab.11). En effet, lorsque les températures sont élevées, la baisse du niveau de l'eau occasionne des teneurs importantes en M.E.S qui rendent l'eau trouble.

Dans les gîtes GH1 et GH2, les teneurs en M.E.S sont élevées. Les teneurs maximales s'observent en automne et les teneurs minimales au printemps (Annexe 1:Tab.10). L'eau du gîte GH3 présente des concentrations en M.E.S plus élevées l'année 1995-1996 mais moins importantes que celle des gîtes précédents.

L'évolution saisonnière de la turbidité de l'eau des gîtes périurbains et urbains est sensiblement identiques (Figure 4-12 - Annexe I :Tab.11).

4.1.3. Spectres physico-chimiques de l'eau

L'étude comparative de l'eau des gîtes étudiés peut être visualisée par des spectres physico-chimiques sur lesquels sont représentés les paramètres analysés (Figure 4-13). Ce type de représentation offre l'avantage de caractériser rapidement le milieu. Sur les spectres, la

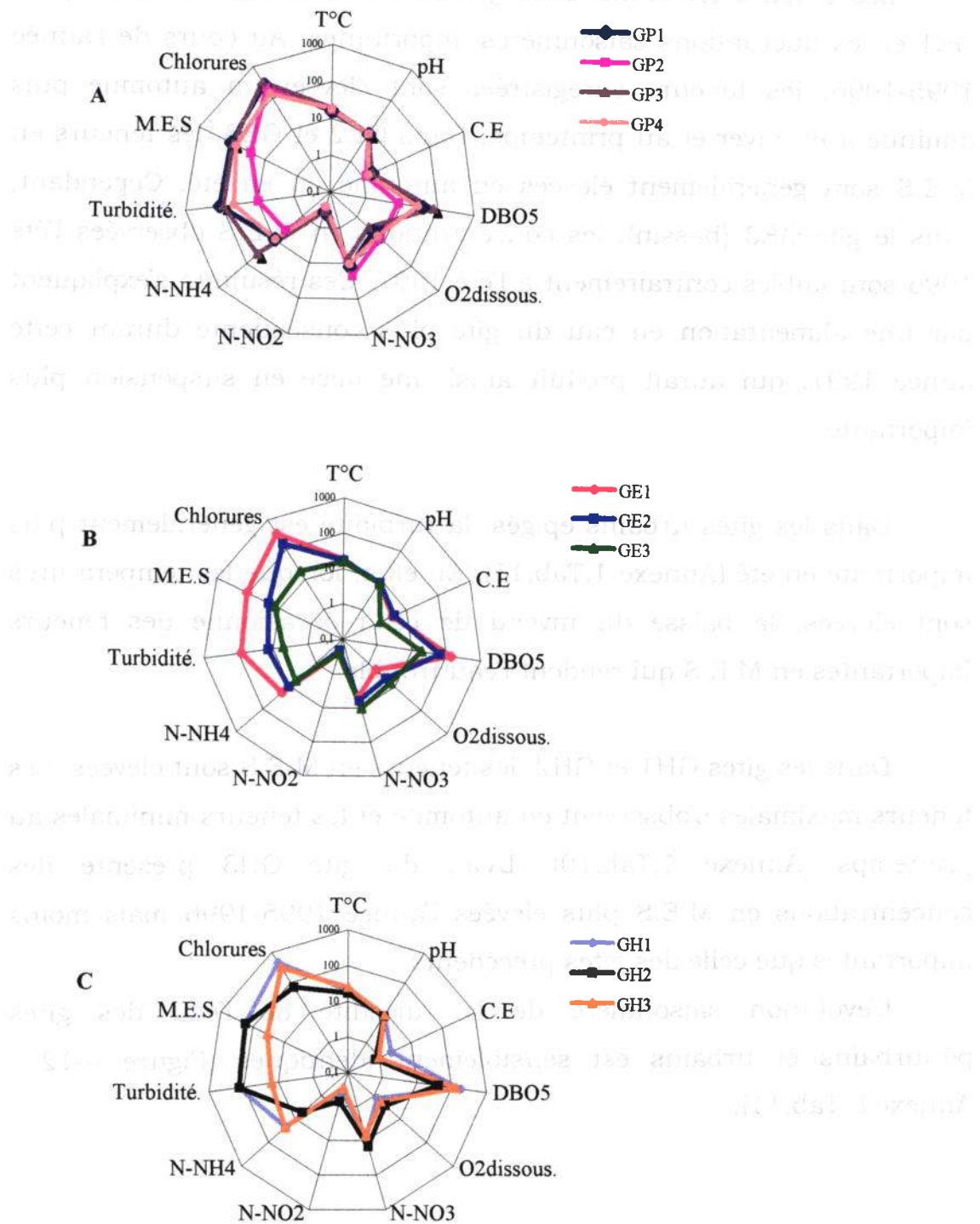


Figure 4-13: Spectres physico-chimiques établis à partir des moyennes de deux années.
A= gîtes périurbains; **B=** gîtes urbains épigés; **C=** gîtes urbains hypogés.

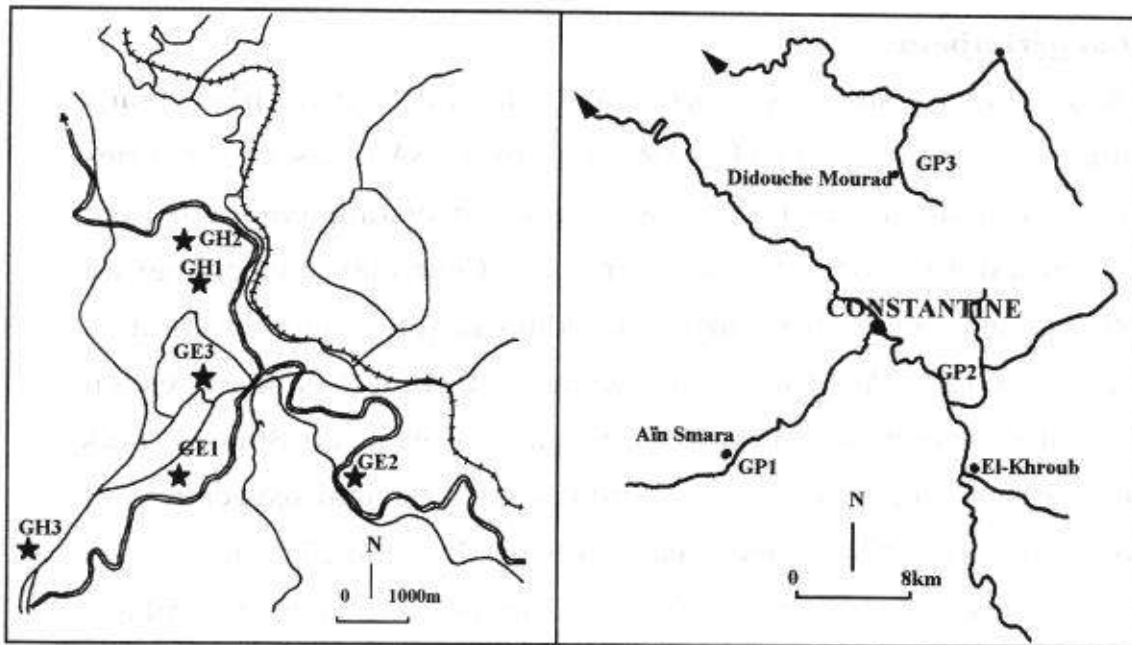
transformation logarithmique a été adoptée pour représenter sur le même graphique des valeurs très différentes. Les résultats obtenus à partir des spectres sont lus sur les cartes où sont localisés les gîtes (Figure 4-14A). Nous pouvons ainsi visualiser directement les analyses physico-chimiques (Figure 4-14B).

- **Gîtes périurbains**

Les quatre spectres correspondant aux gîtes périurbains présentent des formes peu différentes (Figure 4-13A). Les spectres des gîtes de Aïn-Smara et de Didouche Mourad se distinguent nettement des autres par une aire presque identique. Cependant, la charge en matière organique et le taux d'azote ammoniacal sont plus importants à Didouche Mourad. Par contre, la teneur moyenne des matières en suspension et celle de la turbidité sont plus élevées à Aïn-Smara. Dans ces deux gîtes, l'eau moyennement minéralisée, est mal oxygénée. Les spectres qui caractérisent les gîtes d'El-Khroub et de Zighoud Youcef présentent des particularités physico-chimiques très comparables. Toutefois, le taux en nitrates et les teneurs en chlorures sont relativement plus importants à El-Khroub. Dans ce gîte, l'eau est mieux oxygénée et moins turbide que celle de Zighoud Youcef où les teneurs moyenne de l'azote ammoniacal et de la DBO₅ sont plus élevées.

- **Gîtes urbains épigés**

L'analyse des spectres de la figure 4-13B indique que dans le gîte GE1 il y a une plus forte charge en matière organique, un taux plus élevé en azote ammoniacal et en chlorures. Ce gîte se différencie également par une teneur élevée des M.E.S. Dans GE2 ces paramètres ne sont pas négligeables. Dans ces deux gîtes, les caractéristiques de l'eau fortement minéralisée sont assez proches alors que celles de GE3 sont différentes. En effet, l'eau de ce gîte bien oxygénée est faiblement minéralisée.



Milieu urbain

Milieu périurbain

Figure 4-14A: Localisation des gîtes périurbains et urbains.
Cf. Figures 3-1 et 3-4 (chapitre 3 § 3.1)

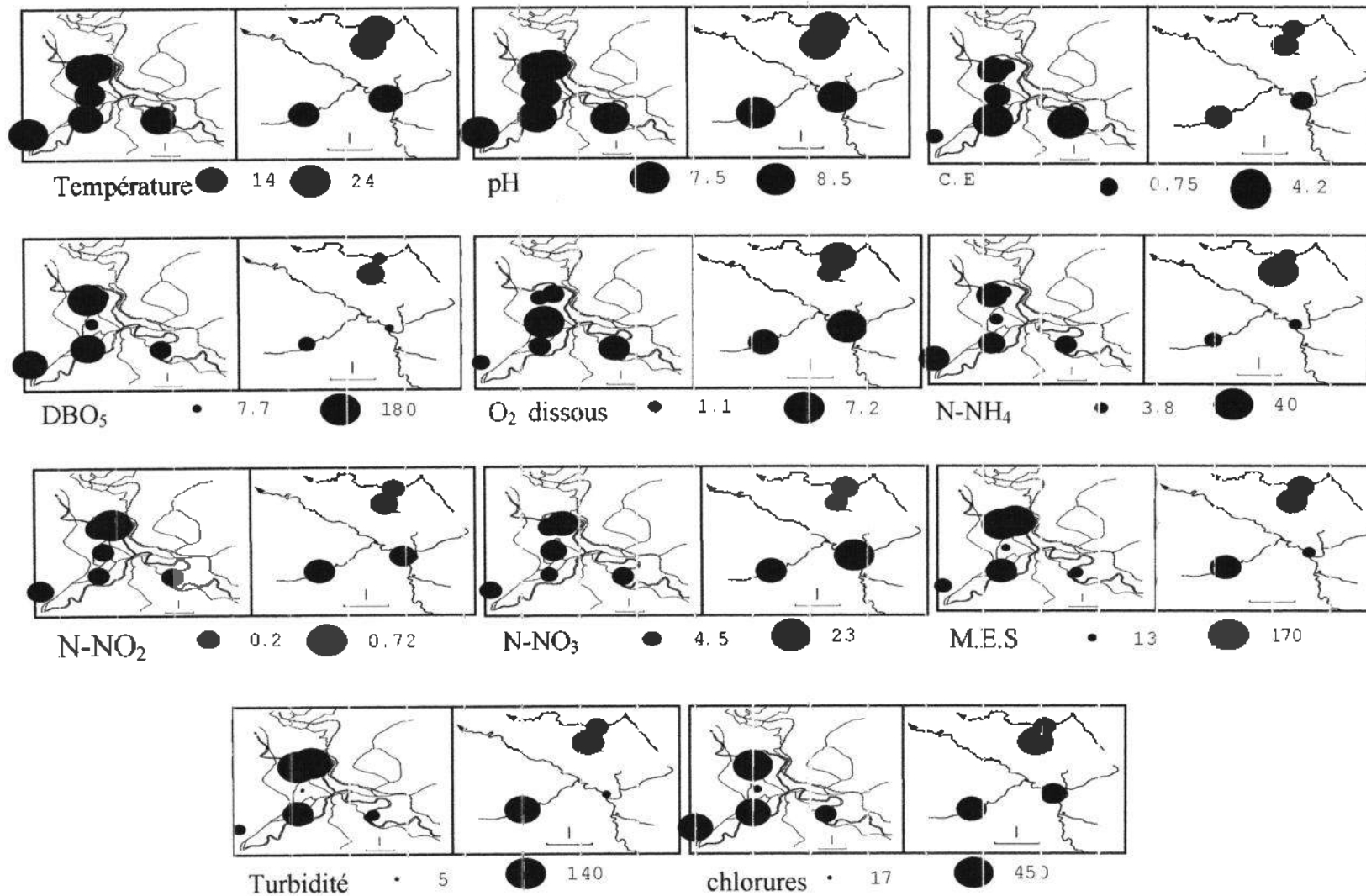


Figure 4-14B : Cartes des analyses physico-chimiques des gîtes périurbains et urbains

- **Gîtes urbains hypogés**

Les spectres correspondant aux gîtes hypogés sont proches (Figure 4-13C). Cependant, l'eau des gîtes GH1 et GH3 se caractérise par des teneurs en chlorures et en DBO₅ plus élevés que celles observées dans l'eau de GH2. Dans ce dernier gîte, les teneurs en M.E.S provoquent une forte turbidité de l'eau semblable à celle de GH1. L'eau des gîtes hypogés est peu oxygénée à cause du faible contact avec le milieu extérieur.

Au terme de cette étude, nous pouvons souligner que parmi tous les paramètres étudiés, ce sont surtout ceux responsables de la pollution organique, les teneurs en chlorures et en M.E.S qui différencient les gîtes entre eux. L'oxygène dissous est également un paramètre à prendre en considération. En effet, l'analyse des spectres (Figure 4-13) et celle des cartes (Figure 4-14B) physico-chimiques mettent en évidence une bonne oxygénation de l'eau des gîtes périurbains situés à El-Khroub, à Zighoud Youcef et celle du gîte urbain épigé GE3 dans lequel les teneurs moyennes sont relativement importantes (> à 5mg.l⁻¹). Par contre, le gîte situé à Didouche Mourad, GE1 et les gîtes urbains hypogés, sont les plus affectés par la raréfaction en oxygène dissous (Figure 4-13A et 4-13B). Les gîtes étudiés ont des températures voisines. Néanmoins, l'eau des gîtes hypogés est plus chaude.

Si dans le détail, des différences existent toujours entre deux gîtes, on peut estimer, au vue des spectres, que les différences globales entre les gîtes couverts sont relativement faibles. Elles sont moins importantes en tous cas que les gîtes qu'on observe dans les gîtes ouverts.

Gîtes marines typiques

Les espèces correspondant aux sites suivants sont présentées à l'annexe 4-15. Cependant, pour les gîtes GH1 et GH3, les caractéristiques des gîtes en chlorure et en DBO, plus élevées que celles observées dans l'eau de GH2. Dans ce dernier site, les tentures en AFB2

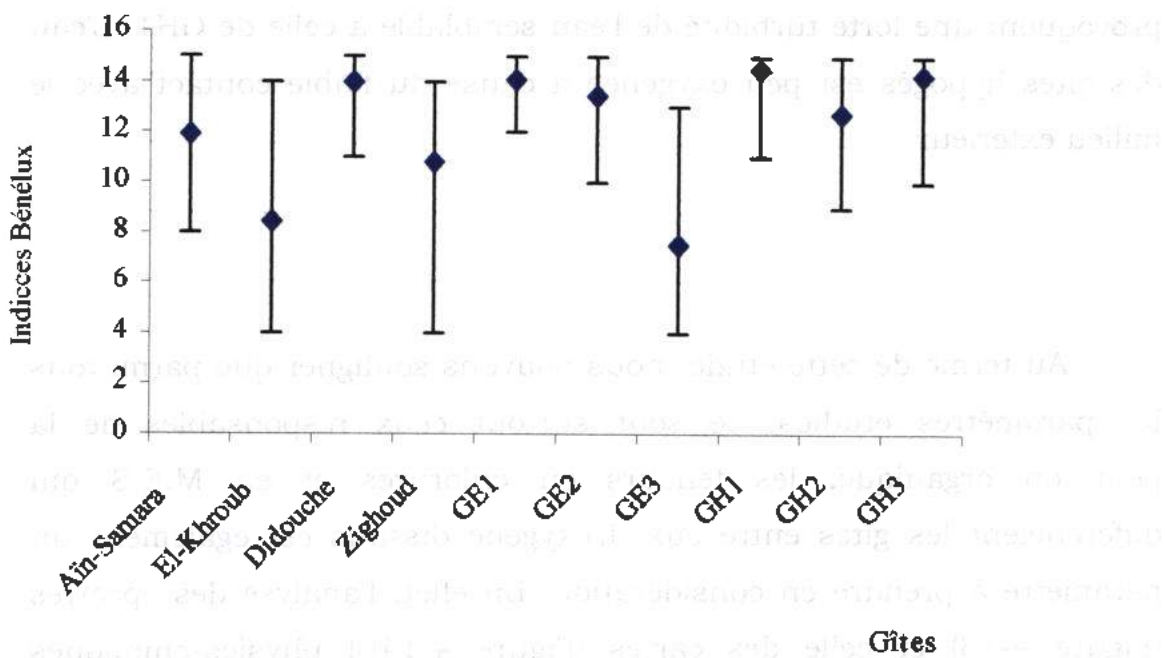


Figure 4-15: Variations dans les différents gîtes des valeurs moyennes, minimales et maximales de l'indice de Bénélux.

4.1.4. Indices de qualité chimique

Le calcul des indices de qualité par la méthode de Bénélux utilise trois paramètres : l'oxygène dissous, la DBO₅ et l'azote ammoniacal (annexe 2). Une appréciation globale de la qualité chimique de l'eau des gîtes est ainsi fournie par cette méthode qui complète les résultats de l'analyse physico-chimiques de l'eau des gîtes. Les indices de qualité fourniront, dans un premier temps, une comparaison entre les gîtes.

L'étude des variations saisonnières de la qualité chimique de l'eau sur chacune des 2 années d'étude permettra ensuite de repérer les périodes de l'année susceptibles de générer la prolifération de *Cx. pipiens* ou celles qui lui sont favorables.

4.1.4.1. Variations spatiales

Les indices chimiques moyens, minimaux et maximaux par gîte, calculés à partir des deux années d'observation, sont présentés dans la figure 4-15. Le détail des calculs se trouve dans l'annexe 3.

Les gîtes de Aïn-Smara, GE2, GH2 et GH3 présentent un indice qui varie entre 8 et 10 à 15; ils appartiennent à la classe de III à V. les valeurs indiciaires varient de 11 à Didouche Mourad et GH1 à 15, de 13 à 15 dans GE1 ; ces gîtes sont classés de IV à V. Dans les gîtes situés à El-Khroub et Zighoud Youcef les indices fluctuent de 4 à 14, dans GE3 l'indice varie de 4 à 13. Ces gîtes sont classés de I à V.

Ces indices de qualité permettent alors de déterminer trois groupes de gîtes (annexe 4):

- 1- Didouche Mourad, GE1 et GH1 où la qualité chimique des eaux est mauvaise à très mauvaise.
- 2- A Aïn-Smara, dans GE2, GH2 et GH3, la qualité des eaux est moyenne à très mauvaise.

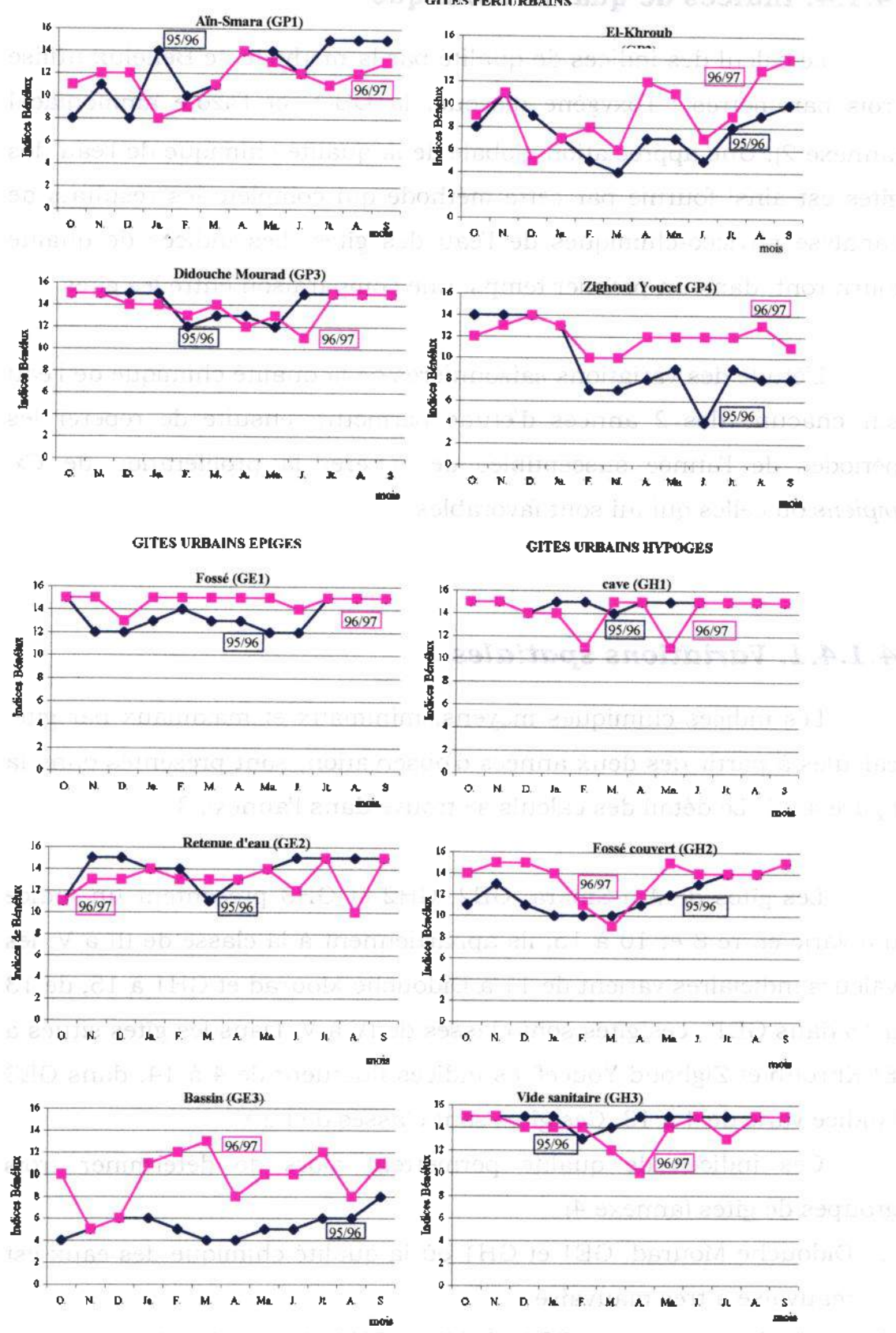


Figure 4-16: Variations temporelles des valeurs moyennes des indices de qualité dans les gîtes d'étude

3- L'eau du gîte d'El-Khroub, Zighoud Youcef et celle de GE3 a une de qualité chimique extrêmement variable, elle est excellente ou très mauvaise.

Dans les gîtes prospectés, la qualité de l'eau subit des variations relativement importantes particulièrement celle des gîtes du deuxième et troisième groupe. Nous avons alors envisagé de suivre l'évolution de la qualité de l'eau de ces gîtes à travers une étude saisonnière.

4.1.4.2. Variations saisonnières

- **Gîtes périurbains** (Figure 4-16, annexe 4)

Dans le gîte de Aïn-Smara, on observe une variation de la qualité de l'eau qui passe de moyenne à mauvaise pour la période d'octobre à janvier de l'année 1995-1996. Au printemps et en été, la qualité devient très mauvaise. L'année suivante l'eau est généralement de mauvaise qualité, excepté en janvier 1997 et février 1997 où elle est moyenne. Dans le gîte de El-Khroub, l'eau est de meilleure qualité durant l'année 1995-1996. Cette qualité est souvent bonne en hiver et au printemps ; en été elle est moyenne. L'année suivante, l'eau de ce gîte est de mauvaise qualité au printemps et en été.

L'évolution saisonnière de la qualité de l'eau du gîte de Zighoud Youcef, est généralement bonne ou moyenne au printemps et en été de l'année 1996, alors qu'elle est de mauvaise qualité en automne et en hiver. L'année suivante, la qualité de l'eau de ce gîte est également mauvaise en automne et en hiver. En été, la qualité de l'eau est moyenne ou mauvaise.

- **Gîtes urbains** (Figure 4-16, annexe 4)

Sur les deux années d'étude, l'eau du gîte GE1 est de qualité mauvaise ou très mauvaise, particulièrement en été. Ce résultat est également observé dans GE2 pour l'année 1995-1996. L'année suivante, la qualité ne s'améliore pas dans ce gîte sauf, au mois d'août 1997

durant lequel l'eau est de qualité moyenne. Dans GE3 l'eau est d'une qualité meilleure. Elle est en effet excellente ou bonne durant l'année 1995-1996, excepté en septembre où elle est de qualité moyenne. L'année suivante, par contre on observe une nette perturbation de l'eau de ce gîte qui est généralement mauvaise ou très mauvaise, rarement moyenne (avril 1997 et août 1997). En automne et au début de l'hiver des deux années, l'eau de ce gîte est de bonne qualité. L'eau des gîtes hypogés est généralement de mauvaise ou très mauvaise qualité.

Les résultats obtenus sur les indices de qualité montrent qu'ils varient dans le temps, à l'exception des gîtes de Ain-Smara, de Didouche Mourad, GE1 et GH2, au niveau desquels la qualité de l'eau ne subit pas de fortes variations sur les deux années.

4.1.5. Description physico-chimique globale

4.1.5.1. Etude globale des paramètres physico-chimiques

L'analyse mésologique globale du milieu est abordée par une Analyse en Composantes Principales. L'ordination des données montre que les pourcentages d'inertie des trois premiers axes principaux totalisent 59 % d'information sur les distributions des variables physico-chimiques et des gîtes (Tableau 4-2).

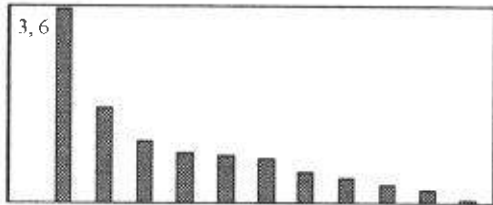


Figure 4-17A: Histogramme des valeurs propres.

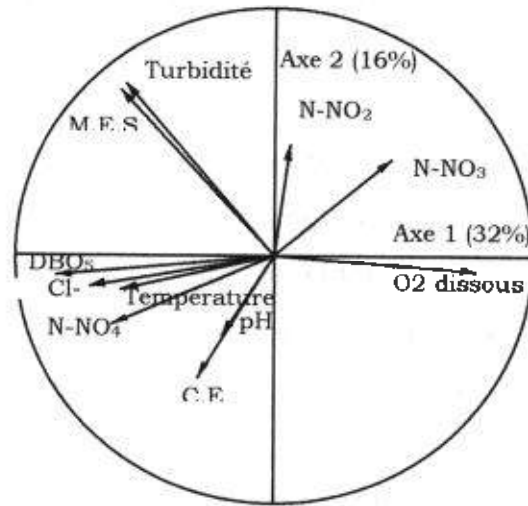


Figure 4-17B : Cercle de corrélation des caractéristiques physico-chimiques de l'eau des gîtes. Projection des 11 variables dans le plan 1 et 2 de l'A.C.P.

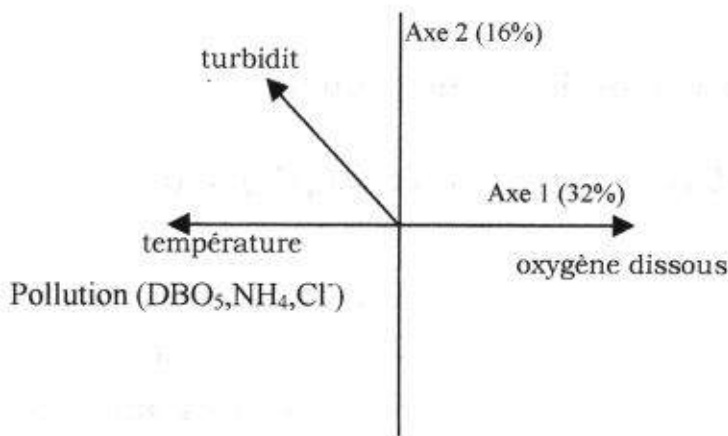


Figure 4-17C: Schéma de synthèse de la définition des axes.

Tableau 4-2: Valeurs propres et pourcentages d'inertie pour les trois premiers axes factoriels

Axes principaux	Valeurs propres	Contribution à l'inertie totale	Contribution cumulée à l'inertie totale
F1	3,48	33 %	33 %
F2	1,74	16 %	49 %
F3	1,20	10 %	59 %

L'axe F3 représente un faible pourcentage d'inertie et ne sera pas retenu pour les interprétations. Les deux premiers axes totalisent 49 % de l'information recueillie et donnent une meilleure représentation des projections des paramètres physico-chimiques.

Nous avons retenu la méthode du "coude" qui montre qu'au-delà du point de rupture (ou coude), les axes suivants sont redondants ou triviaux (Figure 4-17A). Ainsi, les facteurs retenus pour l'analyse, sont ceux dont les valeurs propres décroissent linéairement. Dans le cas de notre étude, la figure 4-17A montre bien la grande part de variabilité prise par les deux premiers axes qui résument respectivement 33 % et 16 % de l'information totale.

De cet ensemble, il ressort une typologie générale qui exprime la qualité de l'eau des gîtes en fonction des paramètres physico-chimiques. La projection de ces paramètres selon le plan F1 x F2 est représentée par la configuration des axes variables (Figure 4-17B). Elle montre la corrélation positive entre les descripteurs qui expriment une pollution d'origine organique (DBO₅; N-NH₄) et la chlorosité des eaux avec la première composante principale. Les variables corrélées négativement sont l'oxygène dissous et la DBO₅. L'axe F1 oppose donc **pollution et forte température** à **non-pollution et basses températures**. Le

deuxième axe F2 est corrélé aux matières en suspension et à la turbidité, caractéristiques d'une eau trouble chargée de particules.

4.1.5.2. Corrélations entre paramètres physico-chimiques

Les coefficients de corrélations linéaires entre les paramètres physico-chimiques impliqués dans l'analyse sont présentées dans le tableau 4-3. Pour exprimer le degré de signification de ces liaisons les abréviations suivantes sont utilisées.

*** = très significative au seuil de 1%.

** = Significative au seuil de 5%.

Tableau 4-3 : Matrice du coefficient de corrélation montrant les relations entre les différents paramètres physico-chimiques analysés.

	T(°C)	pH	C.E	DBO ₅	O ₂	N(NH ₄)	N(NO ₂)	N(NO ₃)	M.E.S	Turbidité	Cl
T(°C)	1										
pH	0,171	1									
C.E.	0,016	0,157**	1								
DBO ₅	0,521*	0,128	0,229	1							
O ₂	-0,360*	-0,021	-0,177**	-0,649*	1						
N(NH ₄)	0,320*	0,117	0,192	0,407*	-0,405*	1					
N(NO ₂)	-0,085	-0,124	-0,161	-0,600*	-0,046	-0,036	1				
N(NO ₃)	-0,269*	-0,215**	-0,242**	-0,299*	0,228**	-0,416*	0,162	1			
M.E.S	0,197**	0,045	-0,054	0,356*	-0,359*	0,116**	0,092	-0,1	1		
Turbidité	0,170	0,016	-0,026	0,332*	-0,397*	0,192**	0,077	-0,132	0,892*	1	
Cl	0,303*	0,034	0,255*	0,647*	-0,591*	0,439*	-0,045	-0,109	0,209**	0,219**	1

La température est corrélée positivement avec la DBO₅ ($r = 0,521$; $p < 0,01$) l'azote ammoniacale ($r = 0,320$; $p < 0,01$) et les chlorures ($r = 0,303$; $p < 0,01$). A l'exception des nitrates, l'oxygène dissous est corrélé négativement avec l'augmentation de tous les paramètres, particulièrement la DBO₅ ($r = - 0,649$; $p < 0,01$) et les chlorures ($r = - 0,591$; $p < 0,01$). La DBO₅ est corrélée positivement à l'azote ammoniacal ($r = 0,407$; $p < 0,01$) et aux chlorures ($r = 0,647$; $p < 0,01$).

Tableau 4-4: Comparaison de moyennes des caractéristiques physico-chimiques obtenues sur une période de deux années (octobre 1995-septembre 1997) dans les gîtes périurbains et urbains de Constantine

Paramètres Gîtes	T°C	Oxygène dissous (mg.l ⁻¹)	DBO ₅ (mg.l ⁻¹ O ₂)	N-NH ₄ (mg.l ⁻¹)	Chlorures (mg.l ⁻¹)	M.E.S (mg.l ⁻¹)
Ain-Smara	15,63 d	4,65 c	38,09 d	9,51 cde	256,93 c	105,62 b
El-Khroub	16,08 cd	7,15 b	7,86 e	3,94 e	215,05 d	26,46 c
Didouche M.	18,91 bc	2,64 d	74,48 c	39,78 a	320,52 b	92,59 b
Zighoud Y.	17,92 bcd	5,74 c	27,39 de	9,30 cde	134,80 e	74,35 b
GE1	18,03 bcd	1,86 d	135,81 b	19,04 bcd	340,39 b	108,94 b
GE2	17,37 cd	4,51 c	64,83 c	11,01 cde	158,66 e	24,13 c
GE3	15,50 d	10,00 a	19,51 de	5,78 de	18,79 g	14,53 c
GH1	20,33 b	1,28 d	172,50 a	21,95 bc	448,24 a	166,72 a
GH2	16,79 cd	2,64 d	40,85 d	5,34 de	67,94 f	161,54 a
GH3	23,82 a	1,82 d	127,29 b	23,68 b	314,74 b	33,43 c

a, b, c : Indices de comparaison de moyenne avec le test de Newmann et Keuls au seuil de 5%.
Comparaison colonne par colonne.

4.1.5.3. Analyse spatiale

L'analyse du milieu met en évidence une typologie générale déjà observée sur l'A.C.P. globale. Sur le premier axe nous avons mis en évidence un gradient de pollution de l'eau et les caractères qui y sont associés (Figure 4-17C). Cet axe est donc représentatif des gîtes pollués riches en chlorures qui s'opposent aux gîtes relativement propres et bien oxygénés.

Des cartes factorielles F1x F2 sont réalisées pour chaque gîte en fonction des dates de prélèvements. Pour définir correctement les groupes de gîtes selon la signification des axes définis précédemment par l'A.C.P., nous avons effectué une analyse de la variance à trois facteurs. Les indices de comparaison de moyennes avec le test de Newmann-keuls sont consignés dans le tableau 4-4. Il apparaît des différences significatives au seuil de 5% pour les paramètres retenus dans chacun des gîtes. A partir de ces résultats, nous pouvons alors dégager 3 groupes de gîtes représentés sur les cartes factorielles de la figure 4-18:

- 1- Les gîtes très pollués avec des eaux chlorurées : fortement turbides (GH1), moyennement turbides (Didouche Mourad - GE1) et les gîtes faiblement turbides (GH3). Dans ce groupe, les teneurs en oxygène dissous ne sont pas significativement différentes (Tableau 4-4). Tous les gîtes de ce groupe sont en effet mal oxygénés.
- 2- Des gîtes moyennement pollués dont les eaux sont fortement turbides (GH2), moyennement turbides (Aïn-Smara) ou rarement turbides (GE2) mais moyennement oxygénées.
- 3- Des gîtes propres bien oxygénés, (GE3 et El-Khroub) ou moyennement oxygéné (Zighoud Youcef).

Les cartes factorielles des gîtes pollués (Didouche Mourad, GE1, GH1 et GH3) sont représentées par des graphiques très différents

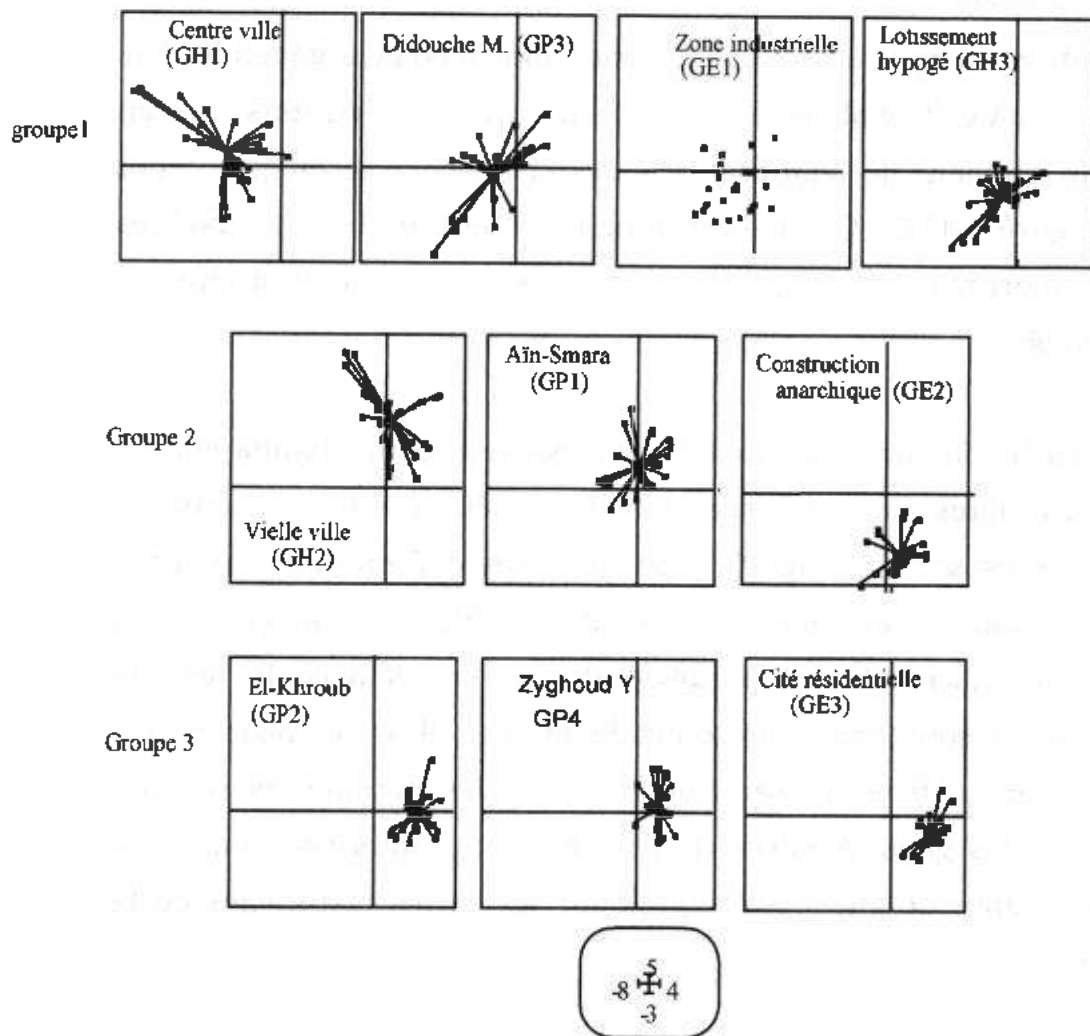


Figure 4-18: Cartes factorielles F1 x F2 regroupées par gîtes

(Figure 4-18). Les formes étoilées des stations GE1 et GH3 se distinguent en effet nettement par une petite aire qui est due à une très faible oxygénation. Leurs eaux sont polluées mais relativement claires. Par ailleurs, Didouche Mourad et GH1 montrent des surfaces un peu plus grandes, caractérisés par une eau polluée moyennement turbide (Didouche Mourad) ou turbide (GH1). Il convient de relever que dans les gîtes de ce premier groupe, les teneurs de la DBO₅ et de l'azote ammoniacal sont significativement différentes au seuil de 5% (Tableau 4-4). Ces teneurs restent toutefois élevées et pourraient être dues à une pollution organique.

Les gîtes de Aïn-Smara et GH2, présentent des spectres peu comparables (Figure 4-18) avec une eau moyennement turbide (Aïn-Smara) ou fortement turbide (GH2). La turbidité de l'eau de ces gîtes est due principalement aux teneurs très élevées des matières en suspensions.

La forme étoilée des cartes factorielles des gîtes propres (El-Khroub, Zighoud Youcef et GE3) sont très similaires (Figure 4-18) et montrent une bonne oxygénation des eaux. L'eau du gîte GE2, est selon les périodes, peu oxygénée ou alors polluée.

4.1.5.4. Analyse temporelle

L'analyse temporelle consiste à mettre en évidence les prélèvements de chaque campagne en fonction des descripteurs qui expriment la qualité de l'eau. Les prélèvements les plus contributifs, correspondent aux mois qui se positionnent le mieux sur les axes du plan factoriel F1 x F2 définis par l'A.C.P. et qui sont représentés sur les cartes factorielles (Figure 4-19).

L'analyse de ces cartes factorielles met en évidence 3 groupes de prélèvements :

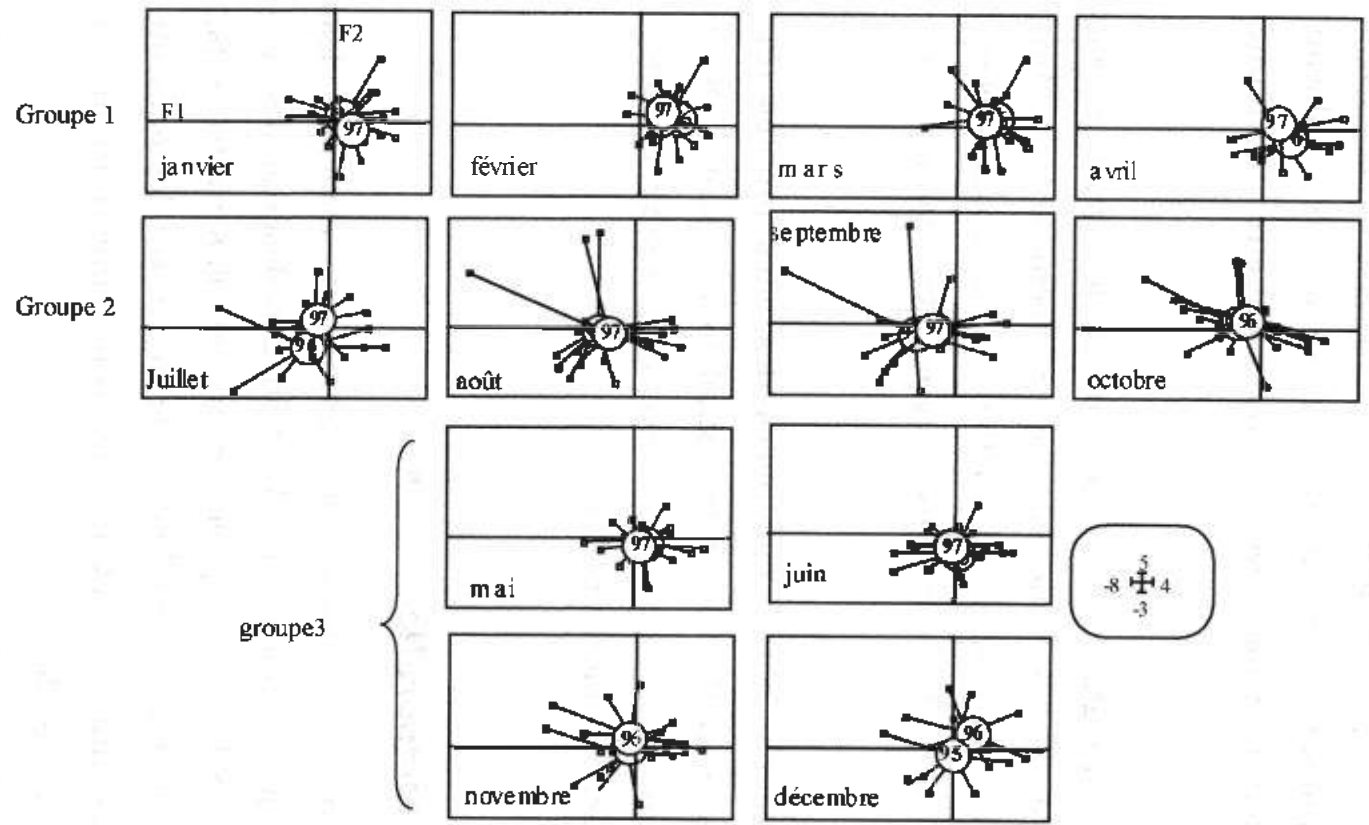


Figure 4-19: Cartes factorielles F1 x F2 des prélèvements sur deux années (octobre 1995-septembre 1997)

- le premier groupe représente l'hiver (janvier-février) et le printemps (mars-avril) (Figure 4-19). Pendant ces périodes, l'eau des gîtes est bien oxygénée et les températures sont peu élevées.
- le deuxième groupe est composé des mois les plus chauds de l'année, juillet-août et septembre-octobre. L'examen des cartes factorielles F1 x F2 (Figure 4-19) révèle en été et au début de l'automne une perturbation des eaux, voire même une certaine pollution. Les plus fortes turbidités sont observées d'août à octobre.
- le troisième groupe, intermédiaire, est représenté par les mois de novembre-décembre, mai-juin. Durant ces mois qui marquent respectivement le début de l'hiver et la fin du printemps, l'eau des gîtes est perturbée. En effet, au mois de novembre 1995 et 1996, l'eau est, selon les gîtes, oxygénée, trouble ou polluée (Figure 4-19). En décembre 1995, certains gîtes sont pollués d'autres bien oxygénés. En décembre de l'année suivante (1996), l'eau des gîtes est plutôt bien oxygénée ; cependant, certains gîtes ont des eaux turbides (Figure 4-19). Les cartes factorielles F1 x F2 des prélèvements des deux mois de mai, mettent en évidence une bonne oxygénation de l'eau de la plupart des gîtes.

4.1.6.5. Analyse comparative des deux années d'étude

L'étude comparative des deux années d'observations est faite à partir des cartes factorielles précédentes (Figure 4-19). Nous pouvons ainsi mettre en évidence la qualité de l'eau au niveau des stations sans distinction de gîtes.

Pour les prélèvements dans lesquels nous avons observé une bonne oxygénation de l'eau, le test de comparaison de moyennes par l'analyse de variance, révèle une différence significative d'une année à

Tableau 4-5: Comparaisons de moyennes saisonnières et annuelles des paramètres physico-chimiques et des densités larvaires de *Cx. pipiens*.

Paramètres mois	T°C	Oxygène dissous (mg.l ⁻¹)	DBO ₅ (mg.l ⁻¹ O ₂)	N-NH ₄ (mg.l ⁻¹)	Chlorures (mg.l ⁻¹)	M.E.S (mg.l ⁻¹)	<i>Cx. pipiens</i> Ind./l
Oct. 1995	23,99 ab	4,85 abcd	80,95 bcdef	13,47 ab	266,13 abcd	118,96 ab	141,06 abcd
Oct. 1996	23,09 abc	3,33 abcd	82,69 bcdef	15,91 ab	247,71 abcdef	129,89 a	153,88 abcd
Nov. 1995	19,04 cde	5,19 abcd	77,20 bcdef	13,84 ab	269,39 abcd	76,07 ab	86,88 bcd
Nov. 1996	17,98 def	3,96 abcd	73,80 bcdef	16,51 ab	262,96 abcde	105,15 ab	103,36 bcd
Déc. 1995	13,94 fgh	4,10 abcd	50,90 cdefg	14,84 ab	273,31 abc	71,60 ab	45,92 d
Déc. 1996	12,26 h	3,52 abcd	65,55 bcdefg	3,89 b	251,16 abcdef	87,11 ab	81,69 bcd
Jan. 1996	12,85 gh	4,65 abcd	65,72 bcdefg	11,03 ab	245,16 abcdef	60,71 ab	18,08 d
Jan. 1997	11,35 h	3,81 abcd	42,30 defg	17,27 ab	243,62 abcdef	70,56 ab	42,48 d
Fév. 1996	10,,94 h	6,83 a	29,90 fg	3,98 b	159,63 fg	69,44 ab	9,70 d
Fév. 1997	10,79 h	4,52 abcd	37,29 efg	11,97 ab	176,25 cdefg	77,99 ab	16,66 d
Mars 1996	10,71 h	5,95 abcd	16,55 g	4,21 b	130,29 g	69,87 ab	9,28 d
Mars 1997	11,09 h	4,60 abcd	46,09 defg	12,79 ab	127,18 g	81,82 ab	24,81 d
Avril 1996	15,79 efgh	5,94 abc	38,48 efg	10,50 ab	197,48 bcdefg	35,08 b	19,14 d
Avril 1997	15,41 efgh	4,48 abcd	52,59 cdefg	11,74 ab	163,88 efg	80,16 ab	32,24 d
Mai 1996	17,40 efg	6,40 ab	48,20 defg	9,42 ab	188,71 bcdefg	88,36 ab	27,28 d
Mai 1997	17,15 efg	4,10 abcd	60,32 cdefg	11,99 ab	169,38 defg	81,64 ab	73,76 cd
Juin 1996	19,03 cde	3,85 abcd	60,20 cdefg	17,84 ab	237,11 abcdef	50,80 ab	96,76 bcd
Juin 1997	22,03abcd	3,64 abcd	97,82 bcd	11,11 ab	213,60 abcdefg	50,97 ab	122,68 bcd
Juil. 1996	23,45 abc	3,60 abcd	90,97 bcde	30,10 ab	258,29 abcde	74,09 ab	166,52 abcd
Juil. 1997	24,52 a	3,60 abcd	105,25 bc	9,75 ab	236,33 abcdef	112,38 ab	159,82 abcd
Août 1996	26,01 a	2,70 cd	103,70 bc	33,13 a	285,48 ab	96,52 ab	268,34 a
Août 1997	25,90 a	3,13 bcd	148,80 a	16,83 ab	269,15 abcde	61,76 ab	214,72 abc
Sept. 1996	24,45 a	2,24 d	106,25 bc	33,12 a	298,18 a	103,27 ab	276,40 a
Sept. 1997	23,49 abc	2,51cd	119,15 ab	23,16 ab	299,16 a	85,72 ab	225,96 ab

a, b, c : Indices de comparaison de moyenne avec le test de Newmann et Keuls au seuil de 5%.
Comparaison colonne par colonne.

l'autre (Tableau 4-5). Ainsi, comme le montre l'analyse des cartes factorielles (Figure 4-19), l'eau prélevée les mois de février, mars, avril et mai de l'année 1996 est mieux oxygénée que celle des mêmes mois de l'année 1997. Une différence assez nette apparaît également en décembre 1996 et en janvier 1997, pendant lesquels les eaux sont généralement mieux oxygénées. Tous les autres mois prospectés sur les deux années, ne présentent pas de différence significative et appartiennent à la même classe. Par ailleurs, les cartes factorielles des prélèvements de juillet, août et septembre de l'année 1996 révèlent une pollution d'origine organique définie par l'axe F1 plus importante que l'année 1997. En été, les teneurs en oxygène dissous sont significativement différentes particulièrement en août 1997 et septembre 1996 avec les plus basses teneurs en oxygène dissous.

4.2. ETUDE DES POPULATIONS DES LARVES DE *Culex pipiens*

4.2.1. Variations saisonnières

Les variations temporelles des densités de *Cx. pipiens* relevées dans chacun des gîtes, sur les deux années (octobre 1995 – septembre 1997), sont représentées par la figure 4-20 et l'annexe 1. L'espèce *Cx. pipiens* est récoltée toute l'année avec cependant une nette diminution dans les gîtes périurbains à partir du mois de janvier pour disparaître en février. Selon les variations saisonnières des densités de *Cx. pipiens* dans les gîtes d'études, la période d'intense prolifération de ces insectes se situe entre juin et octobre.

Les plus fortes densités sont généralement observées en août et/ou septembre dans les gîtes urbains hypogés, dans les gîtes urbains épigés GE1 et GE2 et dans les gîtes périurbains situés à Ain-Smara et Didouche Mourad. Pendant cette période de l'année, les températures sont relativement élevées ce qui favorise l'augmentation de la vitesse de

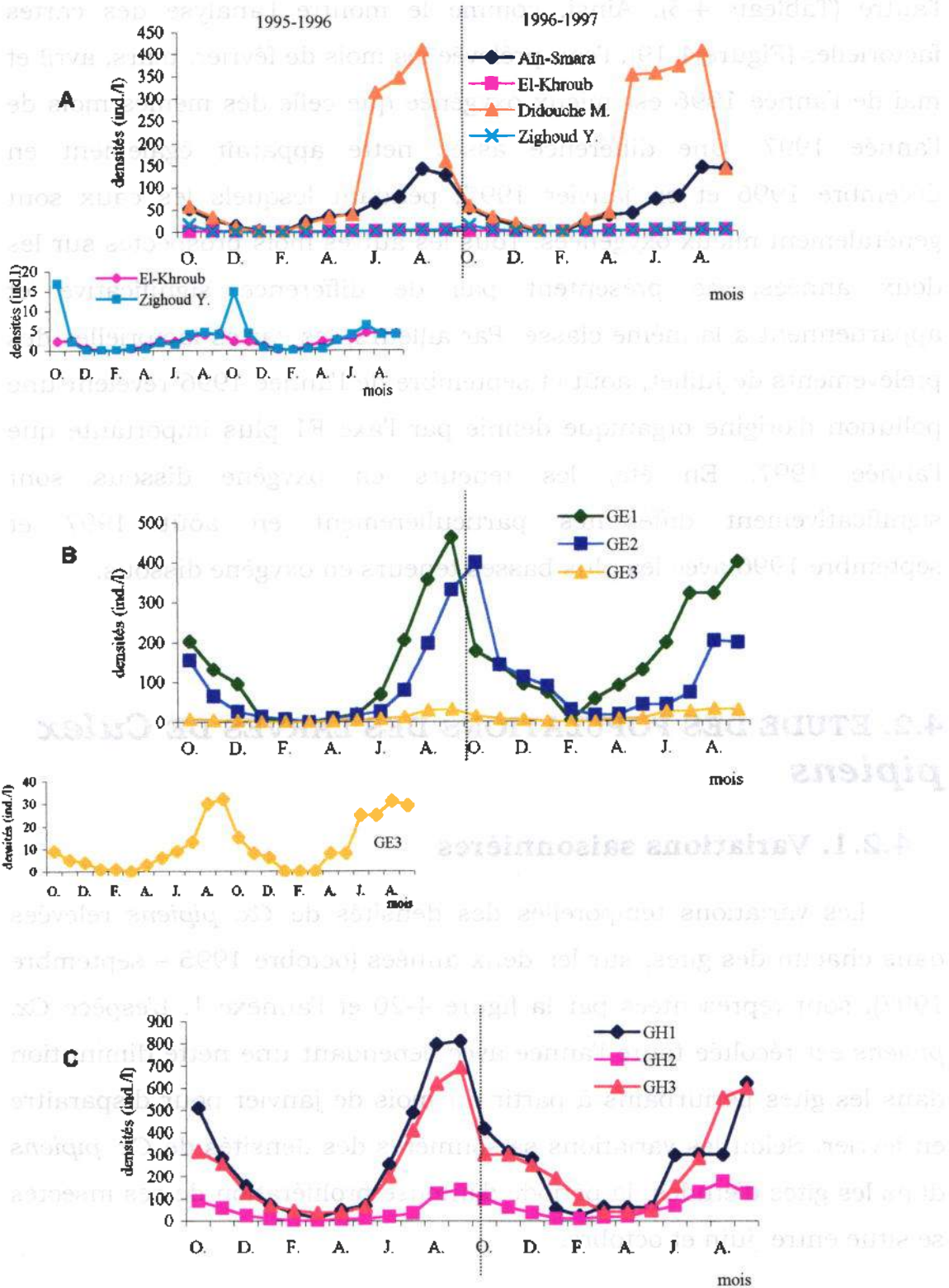


Figure 4-20: Variations saisonnières de *Culex pipiens*.

A = gîtes périurbains, B = gîtes urbains épigés, C = gîtes urbains hypogés,

développement donc des effectifs. La diminution des densités observées dans les gîtes urbains à partir de novembre peut être attribuée à un ralentissement du développement larvaire consécutif à la baisse de température. Les éclosions issues de cette génération expliqueraient également l'augmentation des effectifs et l'agressivité constatée à partir des mois d'avril ou juin. Toutefois, dans les gîtes périurbains, ces effectifs diminuent progressivement jusqu'au mois de janvier pour disparaître en février.

Selon les gîtes, les densités larvaires maximales s'observent en juillet (El-khroub), août (Aïn-Smara, Didouche Mourad et GH2), septembre (GE1, GE3, GH1 et GH3) ou encore en octobre (Zighoud Youcef et GE2) (Figure 4-20 ; Tableau 4-6). La pullulation de cette espèce se produit généralement en été ou au début de l'automne. En effet, les densités augmentent progressivement avec la température (avec cependant un retard de 2 mois) pour atteindre un maximum en août ou septembre. Les diminutions de températures observées à partir du mois d'octobre s'accompagnent d'une baisse des densités larvaires. L'espèce disparaît au mois de février (à Aïn-Smara et Didouche Mourad), en janvier et février (à El-Khroub) et en décembre, janvier et février (à Zighoud Youcef) de l'année 1995-1996. L'année suivante, ce même résultat n'est observé qu'en février à Didouche Mourad et à Zighoud Youcef. Dans les gîtes urbains épigés, l'espèce disparaît en mars 1996. Aux mois de janvier, février et mars 1997, seul le gîte GE3 enregistre des densités larvaires nulles (Tableau 4-6).

4.2.2. Variations de la densité de *Cx. pipiens* en fonction du gîte

L'impact des caractéristiques physico-chimiques de l'eau sur la densité des larves de *Cx pipiens* est appréhendé par l'analyse de la variance à trois facteurs (années, gîtes et mois) . Dans cette étude, une

Tableau 4-6 : Etude comparative moyennes, minimales et maximales des densités larvaires de *Culex pipiens* (sur 2 années) dans chaque gîte.

GITES	Densités/l		Densités/l		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara	0 0,4	février 1996 février 1997	142,4 145,2	août 1996 septembre 1997	52,03
El-Khroub	0 0,2	janvier-février 1996 janvier-février 1997	4,4 4,6	septembre 1996 juillet 1997	2,22
Didouche M.	0 0	février 1995 février 1997	410,4 407,4	jaout 1996 août 1996	134,8
Zighoud Y.	0 0	déc.janv.fév. 1995-1996 février 1997	16,8 14,8	octobre 1995 octobre 1997	3,28
GE1	0 3	mars 1996 février 1997	463 398	septembre 1996 septembre 1996	148,9
GE2	0 15	mars 1996 mars 1997	330 399	septembre 1996 octobre 1996	95,25
GE3	0 0	mars 1996 janv.fév.mars 1997	32 31	septembre 1995 août 1997	11,17
GH1	11 23	mars 1996 février 1997	811 621	septembre 1996 septembre 1997	264,2
GH2	2 11	février mars 1996 janvier- février 1997	142 178	septembre 1996 août 1997	55,67
GH3	36 41	mars 1996 mars 1997	691 598	septembre 1996 septembre 1997	239,5

Tableau 4-7: Comparaison des densités larvaires moyennes de *Cx. pipiens* dans les gîtes par le test de Newman et Keuls au seuil de 5%

Gîtes	Densités moyennes (individus / litre)	Signification statistique
Aïn-Smara (GP1)	44,17	(d)
El-Khroub (GP2)	2,06	(e)
Didouche M. (GP3)	126,09	(b)
Zighoud Y. (GP4)	3,74	(e)
GE1	126,69	(b)
GE2	89,21	(c)
GE3	9,56	(e)
GH1	236,29	(a)
GH2	50,94	(d)
GH3	210,27	(a)

comparaison deux à deux entre les différentes moyennes estimées est réalisée par le test de Newmann-Keuls (Tableau 4-7). Deux densités qui correspondent à des lettres distinctes dans la colonne de signification statistique, sont significativement différentes au seuil de 5%.

Ainsi, les résultats consignés dans le tableau 4-7 permettent d'individualiser 5 groupes de gîtes, par densités moyennes décroissantes :

(1) GH1, GH3, (2) Didouche Mourad, GE1, (3) GE2, (4) Aïn-Smara, GH2, (5) El-Khroub, Zighoud Youcef, GE3.

Le test de Newmann-Keuls permet de confirmer que les gîtes urbains hypogés GH1 et GH3, le gîte urbain épigé GE1 et celui de Didouche Mourad situé en zone périurbaine, hébergent les plus fortes densités de *Cx. pipiens*.

4.2.3. *Culex pipiens* et les paramètres physico-chimiques

Le but de notre étude étant d'étudier le milieu favorable à la pullulation de *Cx. pipiens*, nous allons tenter de mettre en évidence le ou les facteurs du milieu aquatique qui favorisent cette pullulation.

La relation entre *Cx. pipiens* et les 11 paramètres physico-chimiques est analysée par l'étude globale du milieu (chapitre 4 § 4.1.4). Bien que cette espèce soit présente dans tous les gîtes, elle manifeste un fort tropisme pour les eaux chlorurées où la pollution organique est importante (Figure 4-21), plus particulièrement en été ou l'arrière saison lorsque la température est élevée. Si la température est favorable au développement larvaire de *Cx. pipiens*, il n'en demeure pas moins que cette espèce est soumise à d'autres influences. La matrice du coefficient de corrélation linéaire et la régression multiple qui introduit toutes les variables en même temps, nous permettent d'analyser les paramètres autres que la température. La projection dans l'espace des points est rendue linéaire par les droites de régression dont l'expression

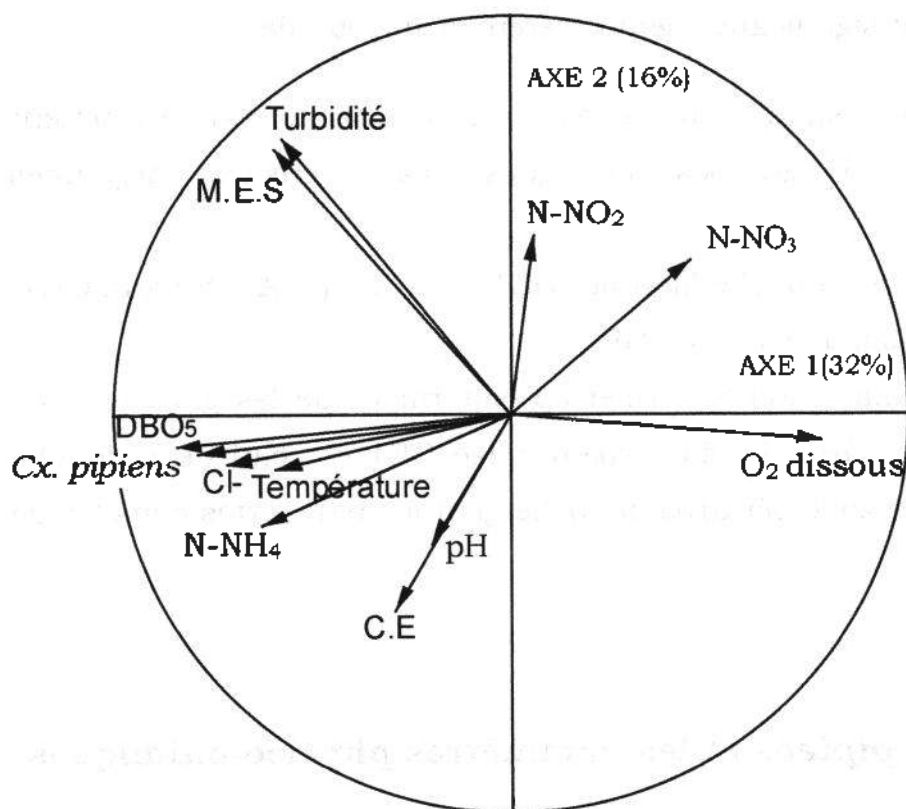


Figure 4-21 : Cercle de corrélation des densités de *Cx. pipiens* et des paramètres physico-chimiques selon les axes factoriels 1 et 2 de l'A.C.P.

Tableau 4-8 : Les coefficients de corrélation établis à partir de l'analyse globale, montrent les relations entre les différents paramètres physico-chimiques et les densités de *Cx. pipiens*.

d.d.l. > 100 ; *p < 0,05 ; **p < 0,01. N.S.=non significatif au seuil de 5%.

	T(°C)	pH	C.E	DBO ₅	O ₂	N(NH ₄)	N(NO ₂)	N(NO ₃)	M.E.S	Turbidité	Cl ⁻
<i>Cx. pip</i>	0,624 **	0,239 *	0,119 N.S.	0,772 **	-0,457 **	0,499 **	-0,067 N.S.	-0,278 **	0,322 **	0,345 **	0,592 **

mathématique est de la forme $Y = ax + b$ par laquelle (a) est le coefficient de régression (pente de la droite) et (b) en est le terme constant.

Les variables explicatives ou indépendantes sont les paramètres abiotiques (X) et la variable expliquée dépendante (Y) est *Cx. pipiens*. On peut alors observer l'effet de chaque paramètre sur *Cx. pipiens* et voir comment réagit l'espèce vis à vis de tous les paramètres retenus.

Nous avons observé que les densités de *Cx. pipiens* varient au cours des saisons (Figure 4-20). Nous examinerons dans un premier temps, l'influence de la température sur la densité larvaire. L'analyse de cette influence par la matrice du coefficient de corrélation linéaire (Tableau 4-8), montre que *Cx. pipiens* est lié positivement avec ce paramètre ($r = 0,624$; $p < 0,05$). Nous avons également testé sa signification statistique par le coefficient de détermination (R^2) qui explique en pourcentage les variations de la densité larvaire par celles de la température. Ainsi, la variation saisonnière de la densité larvaire de *Cx. pipiens* est expliquée par $R^2 = 39\%$. Ce coefficient de détermination, bien au-dessous de la moyenne, signifie que la température n'explique pas seule les variations de densités larvaires de *Cx. pipiens*. En effet, si l'on se réfère à l'A.C.P. établie antérieurement (Figure 4-17B) d'autres éléments interviennent pour rendre compte de ces variations. Les coefficients de corrélation entre les différents paramètres abiotiques et la densité larvaire de *Cx. pipiens* figurent sur le tableau 4-8. Ces coefficients, montrent que la DBO_5 , l'azote ammoniacal et les chlorures sont le plus associés positivement avec la densité larvaire de *Cx. pipiens* alors que l'oxygène dissous est corrélé avec la densité de façon négative ($r = - 0,457$; $P < 0,05$) ainsi que les nitrates ($r = - 0,278$; $P < 0,05$). Les M.E.S, la turbidité et le pH sont faiblement corrélés avec la densité larvaire de *Cx. pipiens* (Tableau 4-8)

tandis que les nitrites et la conductivité, ne semblent pas avoir d'effet sur la densité larvaire de l'espèce.

En effet, la variation de *Cx. pipiens* selon les teneurs de la DBO₅, de l'azote ammoniacal et des chlorures, s'explique respectivement par 60 % ($r = 0,772$; $P < 0,05$), 25 % ($r = 0,499$; $P < 0,05$) et 35 % ($r = 0,592$; $P < 0,05$). Cette variation ne semble pas être sous l'influence de la turbidité ($R^2 = 12\%$) ou les M.E.S ($R^2 = 10\%$) et encore moins par les teneurs en nitrates ($R^2 = 8\%$) ou le pH ($R^2 = 6\%$). La DBO₅ est donc le paramètre le plus important qui favorise la prolifération de *Cx. pipiens*. Néanmoins, les composantes physico-chimiques d'une eau peuvent jouer un rôle primordial non seulement dans la biologie d'une espèce, mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose toute entière. Nous allons alors examiner l'effet simultané de tous ces paramètres sur la densité de *Cx. pipiens*. A cet effet, nous utilisons la méthode de régression multiple qui permet d'estimer l'effet de chaque facteur sur la densité lorsque les autres sont présents. Cependant, lorsque plusieurs paramètres sont inter-reliés, seuls ceux qui sont les plus associés à la densité de *Cx. pipiens* restent dans le modèle.

Dans cette analyse, l'équation de régression traduisant la relation qui existe entre les paramètres physico-chimiques et la densité larvaire est de la forme :

$$Y = 6,16X_1 + 27,53X_2 + 0,95X_3 + 1,10X_4 + 0,19X_5 + 0,13X_6 - 385,92$$

Y est la densité préimaginale de *Cx. pipiens* en individus par litre, X₁ est la température (°C), X₂ le pH, X₃ la DBO₅ (mg/l⁻¹ d'O₂), X₄ l'azote ammoniacal (mg/l⁻¹), X₅ la turbidité, X₆ les chlorures (mg/l⁻¹). En présence de ces 6 paramètres, la sensibilité de *Cx. pipiens* devient plus grande. En effet, lorsque ces paramètres sont réunis, la variation de l'espèce s'accroît. Cette variation est déterminée par un coefficient R² très élevé de l'ordre de 72%. La statistique de Fischer vaut 55,70 et la probabilité attachée à cette valeur, si les variations des densités

larvaires de *Cx. pipiens* (Y) n'était pas lié à l'ensemble des paramètres, est si faible (0,01%) que nous concluons que *Cx. pipiens* leur est lié.

A partir de ces résultats, nous concluons que la température joue un rôle important en modifiant les caractéristiques physico-chimiques de l'eau particulièrement en été. Cependant, ces résultats établis à partir de l'analyse globale, nous donnent qu'un aperçu général sur ces paramètres abiotiques, lesquels expliquent les fortes densités de *Cx. pipiens*. En effet, l'analyse partielle (chapitre 4 § 4.1.5.3) et le test de Newmann-Keuls par l'analyse de la variance, ont révélé des différences significatives entre les gîtes (chapitre 4 § 4.2.2). Ces différences intéressent les teneurs moyennes des paramètres physico-chimiques analysés mais également les densités larvaires moyennes de *Cx. pipiens*. A ce propos, les biotopes dans lesquels les densités moyennes larvaires de *Cx. pipiens* sont supérieures à 100 individus / litre, sont ceux de GH1, GH3, Didouche Mourad et GE1. Dans ces gîtes où l'espèce est très bien représentée, l'eau est très chargée en chlorure et la pollution organique importante. Dans les gîtes où la pollution est moindre, les densités larvaires sont moyennes mais loin d'être négligeable. Ils sont représentés par GE2 (89,12 ind./l) Aïn-Smara (44,17 ind./l) et GH2 (50,94 ind./l). Nous proposons alors d'effectuer une analyse partielle de chacun de ces gîtes, afin de déceler le ou les facteurs impliqués dans les variations de *Cx. pipiens*. Cette analyse, consiste à étudier l'évolution saisonnière du moustique en relation avec les paramètres physico-chimiques qui lui sont corrélés positivement. Dans cette optique, l'analyse des corrélations est établie pour tenter d'exprimer de façon précise le lien entre *Cx. pipiens* et ces facteurs physico-chimiques. Ces corrélations sont calculées pour chacun des gîtes sur la période d'étude (2 années) (Tableau 4-9). Les gîtes ayant une densité trop faible sont écartés, en l'occurrence El-Khroub, Zighoud Youcef et GE3.

Pour expliquer cette influence, nous avons effectué une analyse par la régression linéaire simple. La variable indépendante (expliquée)

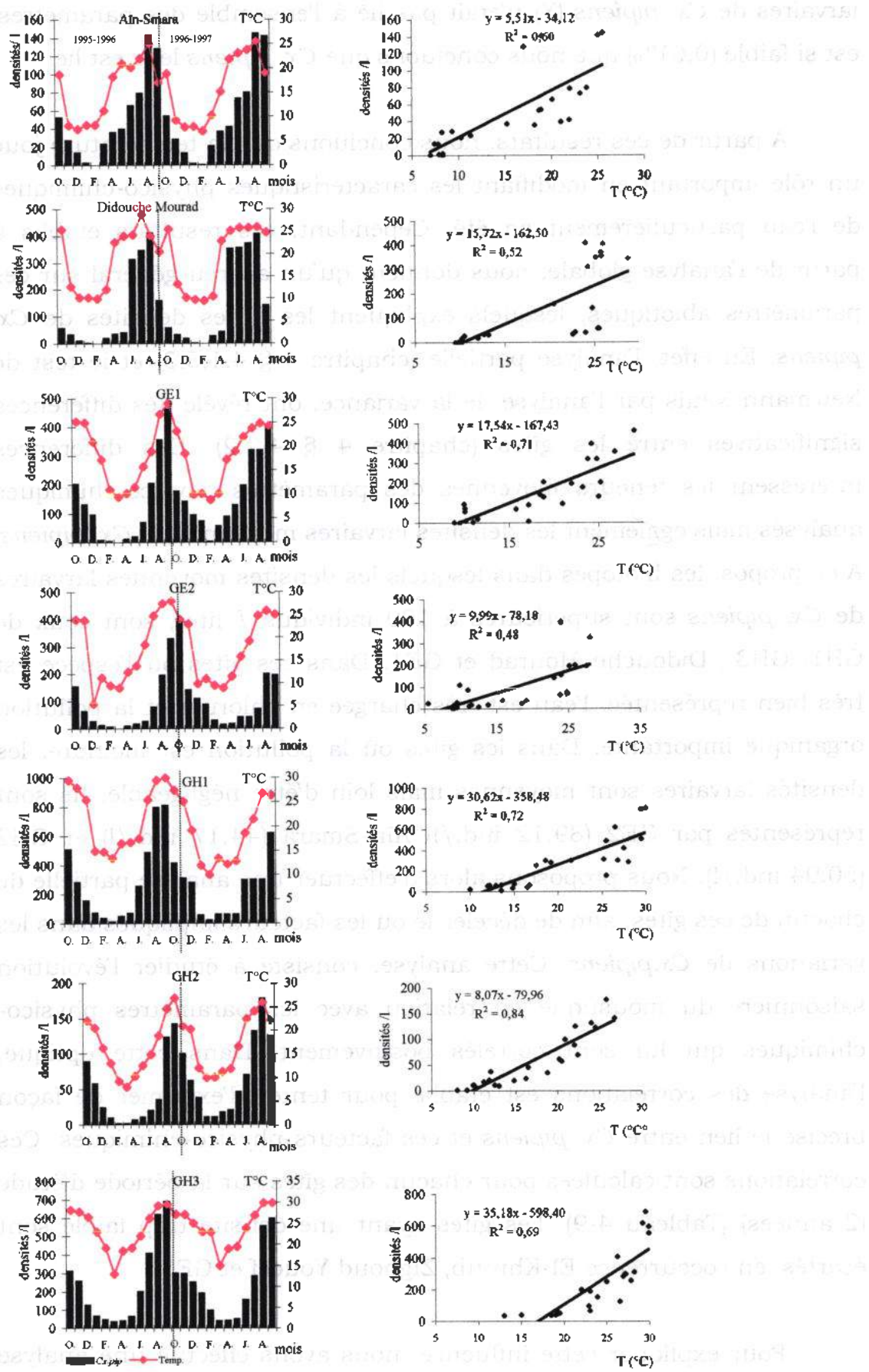


Figure 4 -22: Relations entre *Cx. pipiens* et la température (°C)

est représentée par chacun des paramètres physico-chimiques (X) retenus. La variable dépendante (à expliquer) est la densité de *Cx. pipiens* (Y) dans chacun des gîtes retenus. Sur les figures numérotées de 4-22 à 4-27 sont représentées les droites de régression de *Cx. pipiens* en fonction des paramètres physico-chimiques.

4.2.3.1. Effet de la température

Dans un premier temps, nous allons examiner l'influence de la température sur le développement larvaire. A ce propos, nous rappelons que les courbes de variations saisonnières de températures coïncident avec celles des densités larvaires de *Cx. pipiens* (Figure 4-22). Ces densités sont généralement élevées durant la saison estivale et l'arrière saison (septembre - octobre). Dans tous les gîtes, nous remarquons une bonne corrélation positive entre les densités larvaires de *Cx. pipiens* et la température ($0,696 < r < 0,918$) (Tableau 4-9). Les coefficients de corrélation sont significatifs pour une probabilité $P < 5\%$ (P étant la probabilité de se tromper en disant que l'espèce est affectée par le facteur température). Ceci signifie que la température élevée de l'eau favorise le développement larvaire de l'espèce.

4.2.3.2. Etude de la DBO₅

La DBO₅ varie de façon saisonnière, comme la température (Figure 4-23). Cette figure montre que plus les eaux sont riches en matières organiques plus la densité de *Cx. pipiens* augmente. L'analyse d'une telle évolution en fonction des densités larvaires, est révélatrice d'un besoin des larves de *Cx. pipiens* en matière organique. Nous observons en effet une assez bonne corrélation entre la DBO₅ et la densité de *Cx. pipiens* ($0,960 < r > 0,475$) (Tableau 4-9). Ces corrélations sont significatives au seuil de 1%. Cependant, des teneurs élevées en

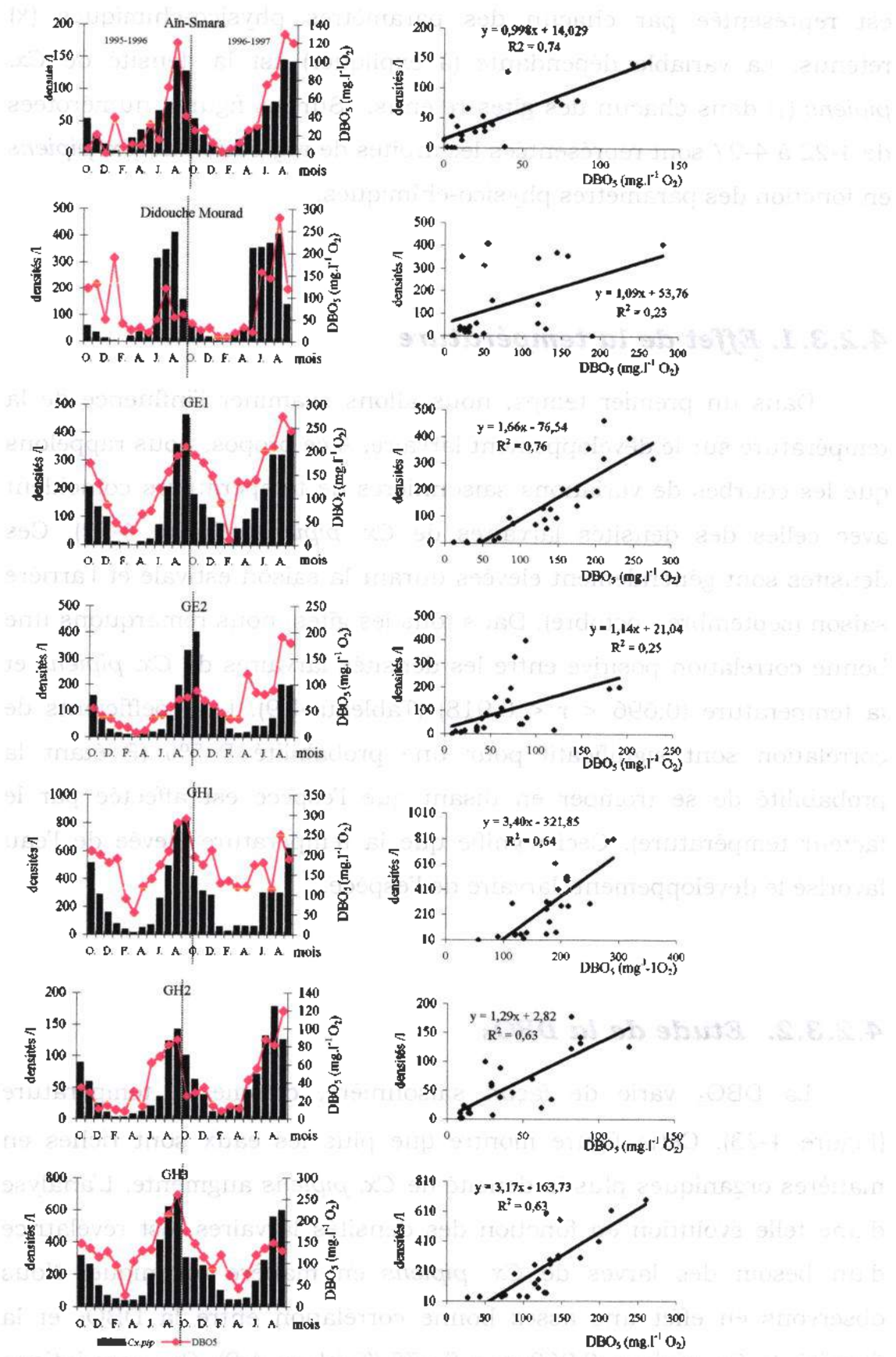


Figure 4 - 23: Relations entre *Cx. pipiens* et les teneurs en DBO₅ (mg.l⁻¹O₂)

DBO₅ n'entraînent pas forcément une augmentation des densités. C'est le cas à Didouche Mourad, où des teneurs élevées en DBO₅ sont observées en hiver de l'année 1995-1996 alors que les densités sont faibles. Ainsi, comme nous l'avons expliqué précédemment, cette prolifération dépend particulièrement des températures élevées lesquelles entraînent souvent une diminution des plans d'eau et par conséquent, une nette concentration de la matière organique dans les gîtes ce qui favorise un développement plus rapide des larves.

4.2.3.4. Etude de l'oxygène dissous

Dans les gîtes périurbains et les gîtes urbains, l'évolution saisonnière de l'oxygène dissous est en raison inverse de celle des densités du moustique (Figure 4-24). Nous observons des corrélations négatives entre l'oxygène dissous et les densités de *Cx. pipiens*, ($r = -0,777$ à Aïn-Smara, $r = -0,732$ dans GE1 et $r = -0,640$ dans GH2 ; ces corrélations sont significatives au seuil de 1% (Tableau 4-9).

Par ailleurs, l'analyse des figures 4-24 met en évidence une nette prolifération de *Cx. pipiens* dans les gîtes où l'oxygène dissous fait souvent défaut. Ce Diptère, contrairement à d'autres macro-invertébrés, semble supporter assez bien des eaux peu oxygénées. Cependant, ce manque d'oxygène n'explique pas à lui seul la prolifération de ce moustique, car les coefficients de détermination qui permettent d'apporter une appréciation sur sa variation saisonnière en fonction de l'oxygène sont faibles et souvent au-dessous de la moyenne (Figure 4-24). Ce résultat laisse supposer, comme pour l'azote ammoniacal, que d'autres facteurs pourraient être responsables de l'augmentation des densités de *Cx. pipiens*. Par ailleurs, ces faibles taux en oxygène dissous sont dus à une consommation par les bactéries qui dégradent la matière organique, d'où des teneurs en DBO₅ inversement proportionnelles à l'oxygène dissous.

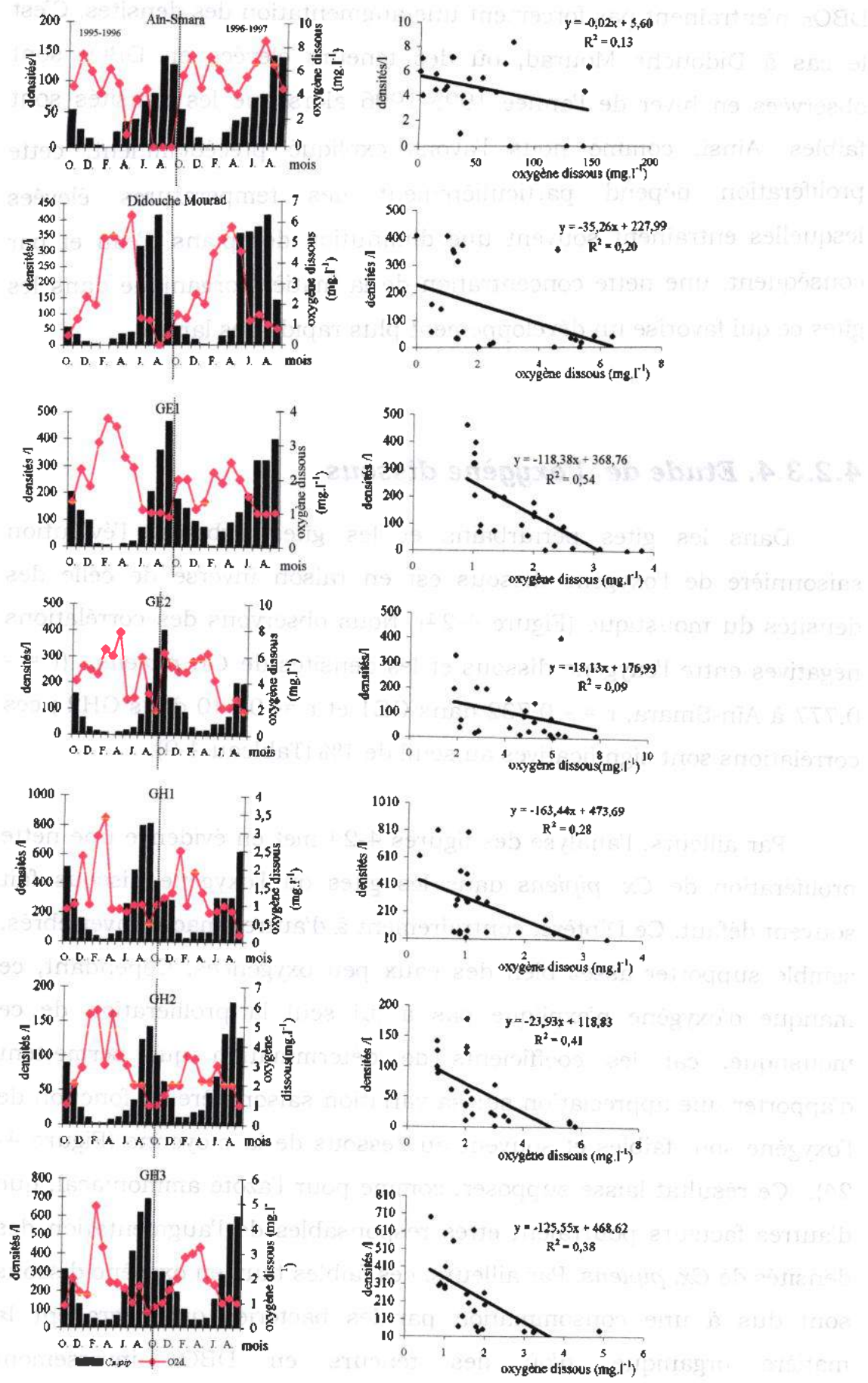


Figure 4 - 24: Relations entre *Cx. pipiens* et les teneurs en oxygène dissous (mg.l^{-1})

4.2.3.3. Etude de l'azote ammoniacal

Dans les gîtes étudiés, on observe pour ce paramètre une grande variabilité entre les gîtes en réponse probablement aux conditions hydrologiques des biotopes. Ainsi, la corrélation entre l'azote ammoniacal et les densités larvaires est significative à Aïn-Smara ($r = 0,784$), dans GE1 ($r = 0,542$), GH1 ($r = 0,712$) et GH3 ($r = 0,745$) au seuil de 1%. Dans les gîtes situés à Didouche Mourad, GE2 et GH2, les corrélations sont très faibles et ne sont pas significatives ($P > 5\%$) (Tableau 4-9).

L'évolution saisonnière des teneurs en azote ammoniacal ne correspond pas toujours à celle des densités de *Cx. pipiens*. En effet, l'examen de la figure 4-25 permet de constater qu'à Didouche Mourad, dans GE2 et GH2 l'évolution saisonnière de ces deux paramètres, durant l'année 1996-1997, n'est pas superposable. La variation saisonnière de *Cx. pipiens* ne semble pas du tout s'expliquer par les teneurs en azote ammoniacal dans GE2 ($R^2 = 0,6\%$) ni dans GH2 ($R^2 = 0,7\%$). A Didouche Mourad, les teneurs en azote ammoniacal explique 10% cette variation. Ces résultats laissent supposer que dans ces gîtes d'autres facteurs interviennent.

Une augmentation de l'azote ammoniacal provoque un accroissement des densités larvaires en liaison avec les périodes chaudes de l'année. L'analyse des figures 4-25 montrent qu'à Aïn-Smara l'augmentation de l'azote ammoniacal semble provoquer l'accroissement des densités larvaires en liaison avec ces périodes. Cette observation est également mise en évidence dans GE1, GH1 et GH3, mais uniquement durant l'année 1995-1996 (Figure 4-25). Dans les deux derniers gîtes, même si les concentrations de l'azote ammoniacal durant l'année 1996-1997 n'évoluent pas tout à fait dans le même sens que les densités larvaires, les coefficients de détermination sont moyens, $R^2 = 0,51$ (GH1) et $R^2 = 0,56$ (GH3) (Figure 4-25). Il semblerait

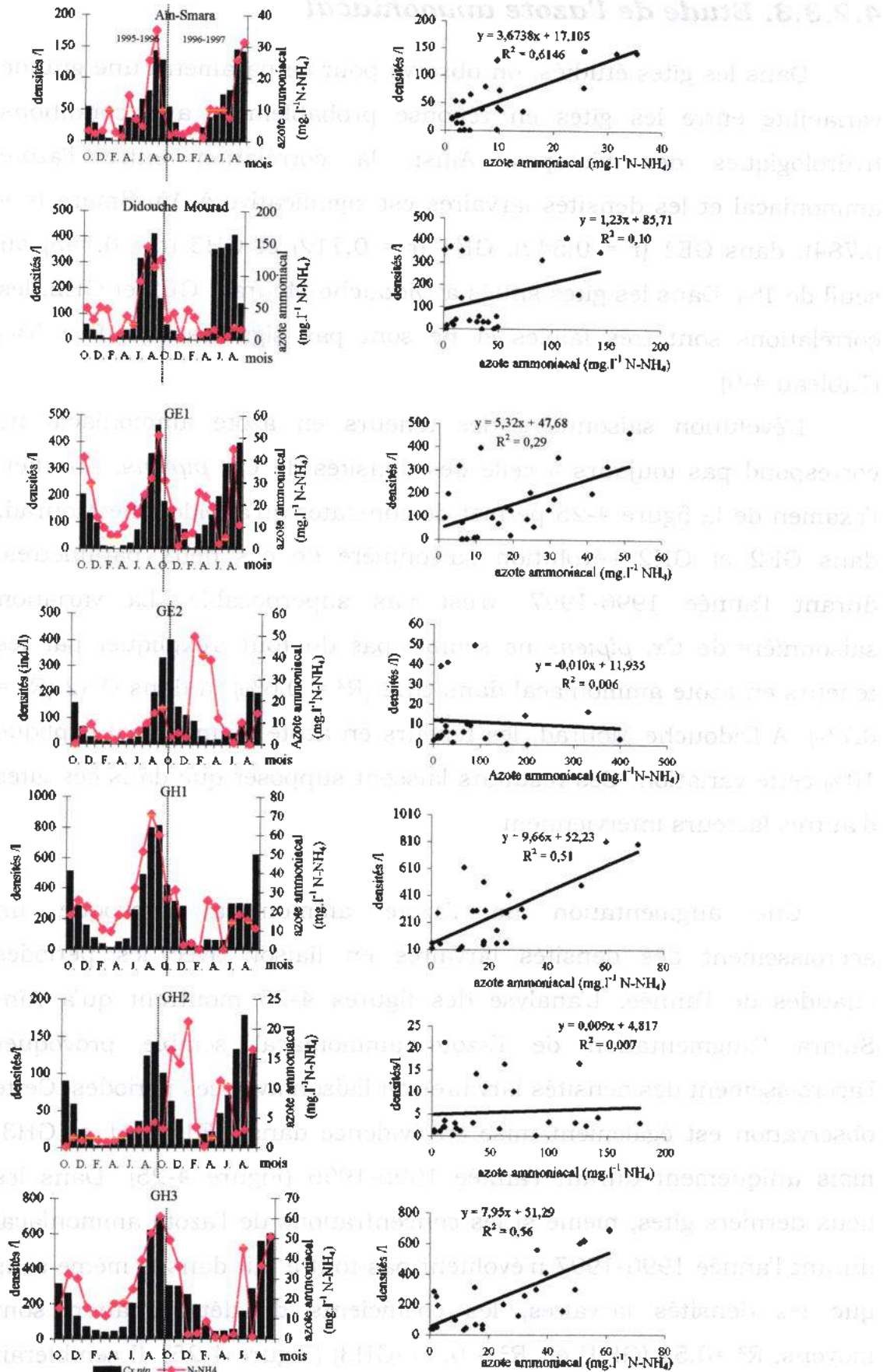


Figure 4 - 25: Relations entre *Cx. pipiens* et les teneurs en azote ammoniacal (mg.l⁻¹N-NH₄)

que dans ces biotopes fermés, l'azote ammoniacal soit responsable en parti des fortes densités.

Dans GE1, les teneurs maximales en azote ammoniacal observées l'année 1995-1996 coïncident avec les densités maximales du mois de septembre (Figure 4-25). Au cours de l'année 1996-1997, les densités maximales sont également relevées en septembre, mais les teneurs en azote ammoniacal sont relativement faibles à ce moment. Dans ce gîte, la variation saisonnière de *Cx. pipiens* en fonction de l'azote ammoniacal est de 29% (Figure 4-25). Cette observation laisse supposer que des taux élevés d'azote ammoniacal, n'induisent pas forcément une augmentation des densités larvaires, d'autant qu'il s'agit d'un mois pendant lequel la température de l'eau est favorable au développement des Culicidae. Nous avons rapporté dans une partie antérieure qu'un phénomène de dilution par l'apport d'eau d'égout pouvait expliquer les faibles concentrations de l'azote ammoniacal. Par ailleurs, dans le gîte urbain épigé GE1, une dilution par ruissellement de l'eau de pluie, n'est pas à écarter sachant qu'en septembre de l'année 1996-1997, les précipitations furent nettement plus importantes que l'année précédente.

4.2.3.5. Etude des matières en suspension

Nous avons mis en évidence des corrélations entre les densités larvaires de *Cx. pipiens* et les M.E.S. L'analyse de cette influence à travers les saisons par la matrice des corrélations (Tableau 4-9), montre que dans les gîtes GE2, GH1 et GH2, *Cx. pipiens* est lié positivement avec les M.E.S. En effet, les coefficients de corrélations linéaires indiquent pour un ddl = 22, une corrélation significative ($P < 5\%$) (Tableau 4-9). La variation saisonnière des densités de *Cx. pipiens* en fonction des teneurs en M.E.S est expliquée par $R^2 = 26\%$ (GE2), 45% (GH1) et 54% (GH2) (Figure 4-26). Dans GE2 le coefficient de

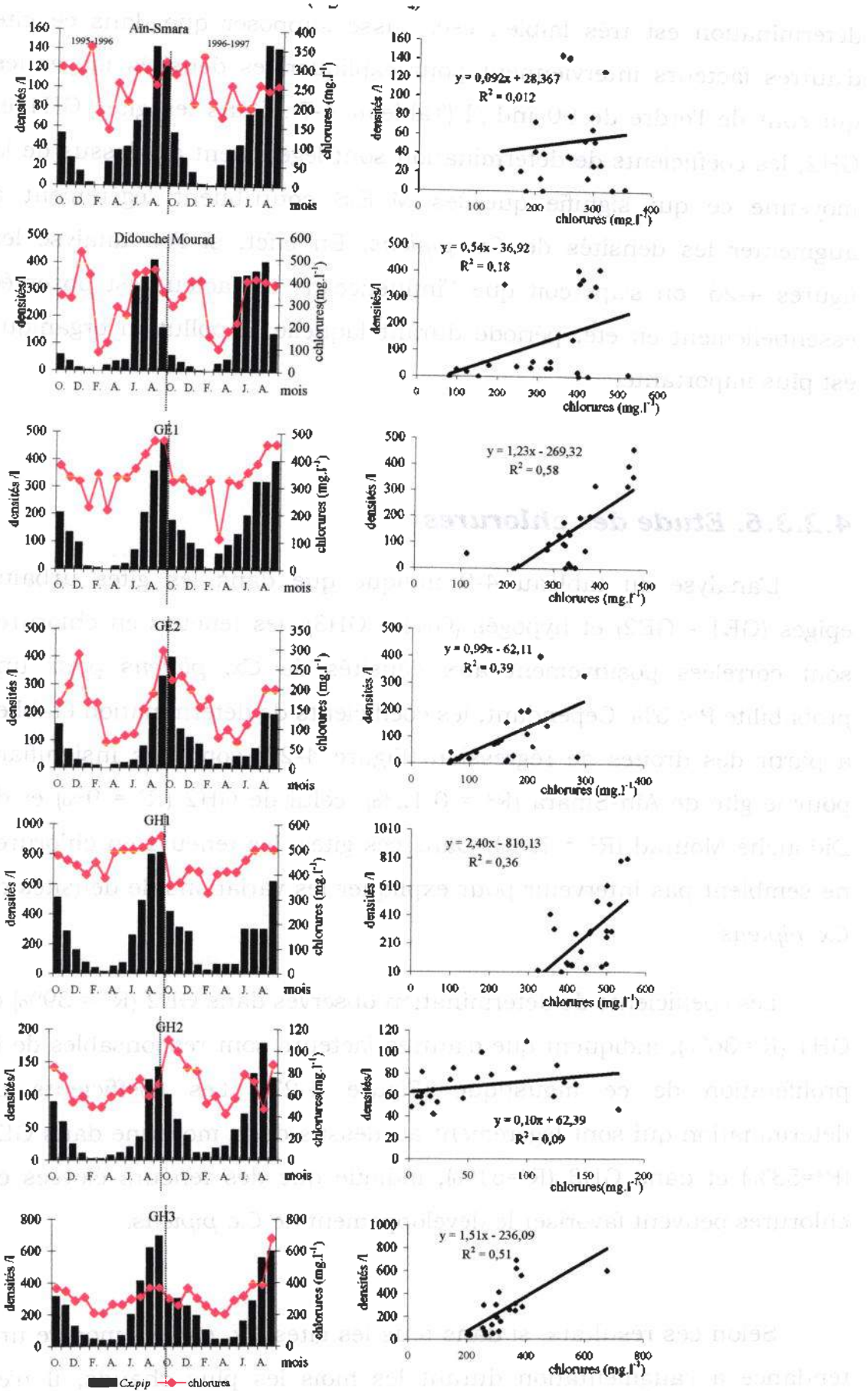


Figure 4 - 27: Relations entre *Cx. pipiens* et les teneurs en chlorures (mg.l⁻¹)

détermination est très faible ; ceci laisse supposer que dans ce gîte d'autres facteurs interviennent pour expliquer les densités moyennes qui sont de l'ordre de 90 ind./l (Tableau 4-7). Dans les gîtes GH1 et GH2, les coefficients de détermination sont légèrement au-dessus de la moyenne ce qui signifie que les M.E.S contribuent légèrement à augmenter les densités de *Cx. pipiens*. En effet, si l'on analyse les figures 4-26, on s'aperçoit que l'influence de ce facteur est observée essentiellement en été, période durant laquelle la pollution organique est plus importante.

4.2.3.6. Etude des chlorures

L'analyse du tableau 4-9 indique que dans les gîtes urbains épigés (GE1 - GE2) et hypogés (GH1 - GH3), les teneurs en chlorures sont corrélées positivement aux densités de *Cx. pipiens* pour une probabilité $P < 5\%$. Cependant, les coefficients de détermination établies à partir des droites de régression (Figure 4-27) sont très insignifiant pour le gîte de Aïn-Smara ($R^2 = 0,12\%$), celui de GH2 ($R^2 = 9\%$) et de Didouche Mourad ($R^2 = 18\%$). Dans ces gîtes, les teneurs en chlorures ne semblent pas intervenir pour expliquer les variations de densités de *Cx. pipiens*.

Les coefficients de détermination observés dans GE2 ($R^2 = 39\%$) et GH1 ($R^2=36\%$), indiquent que d'autres facteurs sont responsables de la prolifération de ce moustique (Figure 4-27). Les coefficients de détermination qui sont légèrement au-dessus de la moyenne dans GE1 ($R^2=58\%$) et dans GH3 ($R^2=51\%$), indique que des teneurs élevées en chlorures peuvent favoriser le développement de *Cx. pipiens*.

Selon ces résultats, si dans tous les gîtes *Cx. pipiens* montre une tendance à l'augmentation durant les mois les plus chauds, il n'en demeure pas moins que dans chacun des gîtes étudiés, l'espèce est

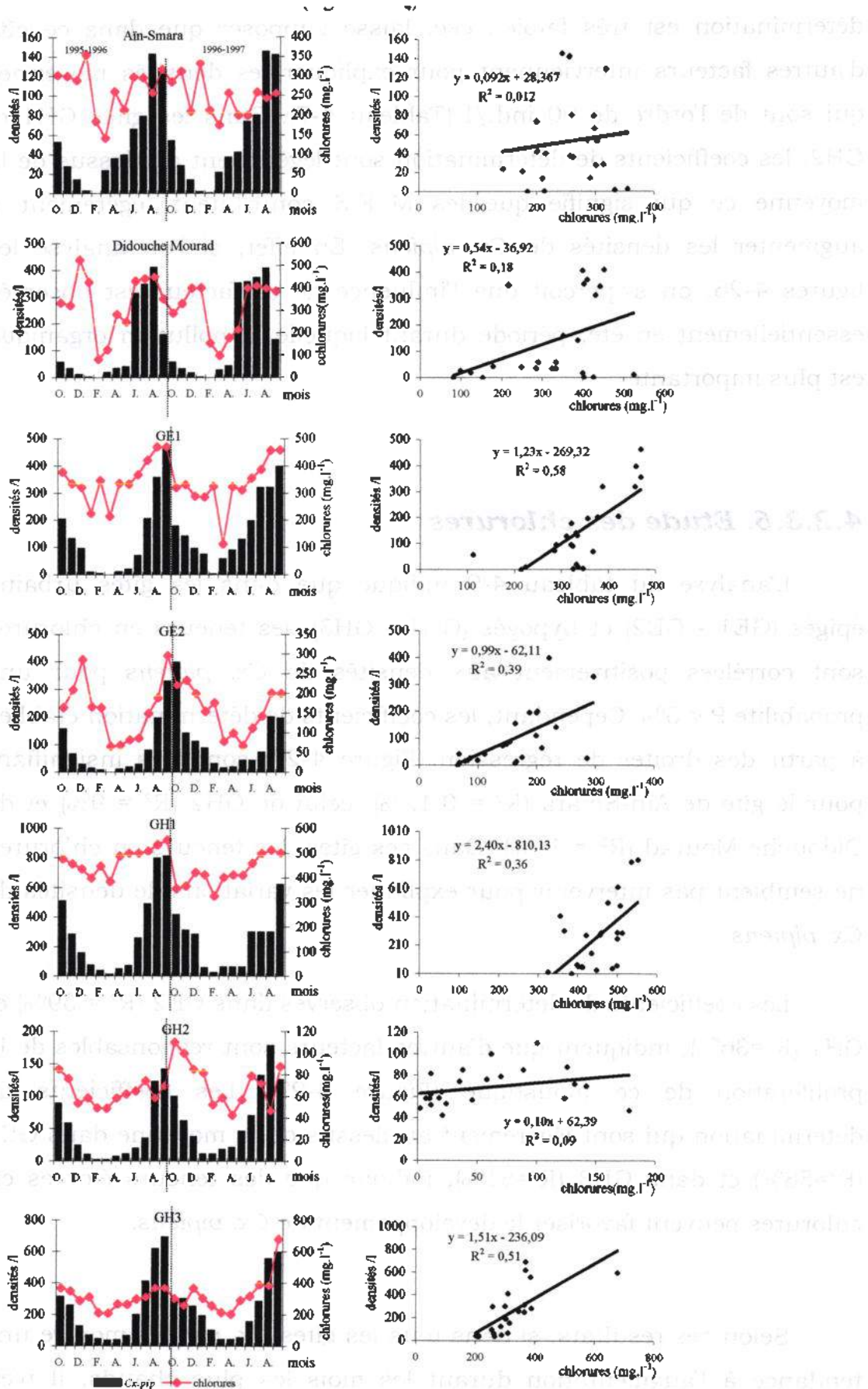


Figure 4 - 27: Relations entre *Cx. pipiens* et les teneurs en chlorures (mg.l⁻¹)

soumise à l'influence des facteurs analysés, dont les teneurs augmentent parallèlement. Nous avons préconisé précédemment que même si les coefficients de corrélations sont significatifs, les variations saisonnières de *Cx. pipiens* peuvent ne pas dépendre du facteur considéré. Nous avons alors retenus les paramètres ayant une signification statistique et analysé l'influence qu'ils peuvent exercer quand ils sont ensembles sur les densités du moustique. Un essai de modélisation des populations larvaires de *Cx. pipiens* est envisagé par la régression linéaire multiple. Nous pouvons alors observer dans chacun des gîtes, le paramètre qui a le plus d'effet sur les variations des densités larvaires de *Cx. pipiens* (Tableau 4-10).

Dans cette analyse de la régression, nous remarquons que l'espèce *Cx. pipiens* recueillie dans le gîte GH2, présente une droite de sa variation en fonction de la température la plus significative. En effet, sa variation est expliquée par un coefficient de détermination $R^2=84\%$ (Figure 4-22). Dans l'analyse de la régression du gîte GH2, l'introduction du pH et de la turbidité expliquent cette variation à 91% avec une probabilité inférieure à 0,05%. Dans ce gîte, les autres paramètres ayant une corrélation significative avec *Cx. pipiens* (Tableau 4-9, Tableau 4-10) ne semblent pas intervenir pour expliquer les fortes densités de *Cx. pipiens*, la probabilité étant supérieure à 0,05%. Cependant, quand ils sont tous introduits dans l'analyse, la variation du moustique est de 93%. Dans le gîte GH3, la température explique 69% de la variation du moustique avec une probabilité inférieure à 0,05%. Quand on introduit dans l'analyse de la régression la DBO₅ (mg.l⁻¹ d'O₂) et les chlorures (mg.l⁻¹), le coefficient de détermination augmente ($R^2=88\%$). Les autres paramètres ne sont pas retenus car la probabilité de chacun d'eux est supérieure à 0,05%. De ce fait, l'analyse révèle que la température, la DBO₅ et les chlorures semblent être suffisant pour expliquer la variation du moustique. A Didouche Mourad, seule la température semble intervenir dans la variation de la densité du moustique dont la variation en fonction de la température est

expliquée à 52%. Dans GE1, le facteur température explique 71% de la variation du moustique. En présence des autres paramètres retenus (Tableau 4-10), cette variation est bien exprimée certes ($R^2=88\%$), mais seuls la DBO_5 et les chlorures ont une probabilité inférieure à 0,05%. Ainsi, ces deux paramètres seraient à même de mieux expliquer la variation de *Cx. pipiens* ($R^2=85\%$). Dans GE2 par contre, la température n'explique que 48% de cette variation alors que la participation conjointe de la C.E, de la DBO_5 , des nitrites, de l'azote ammoniacal, de la turbidité et des chlorures est de 82%. Cependant, l'analyse de la régression révèle que seuls la température et les chlorures interviennent ($R^2=65\%$) réellement dans la variation de *Cx. pipiens* car leur probabilité est inférieure à 0,05%. Il semblerait que dans ce gîte ou celui de Didouche Mourad, il y ait un/des paramètres non analysés pouvant agir sur la variation du moustique. Dans le gîte GH1, la température intervient avec un coefficient de détermination de 72%. L'introduction du pH, de la DBO_5 et de la turbidité (tableau 4-10), indique que la variation de *Cx. pipiens* est expliquée par 88% avec une probabilité inférieure à 0,05%. A Ain-Smara, *Cx. pipiens* semble particulièrement favorable à la DBO_5 . En effet, quand ce facteur DBO_5 est introduit seul dans l'analyse, il explique 74% de la variation de l'espèce. En présence de la DBO_5 , et des faibles teneurs en oxygène dissous, la sensibilité du moustique augmente et sa variation est alors expliquée à 80%.

4.3. FAUNE ASSOCIEE

4.3.1. Richesse taxonomique et densité

L'examen de quelques paramètres biotiques est nécessaire pour : analyser la composition de la communauté animale récoltée, comparer les peuplements faunistiques, dégager les spécificités stationnelles et détecter l'impact de certaines perturbations sur les peuplements. La richesse taxonomique et les densités observées dans les gîtes étudiés sont présentées dans la figure 4-28 et données dans les annexes 3.

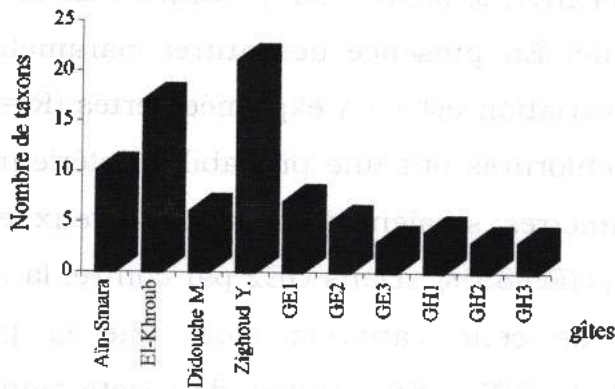


Figure 4-28: Variation de la richesse spécifique dans les gîtes étudiés.

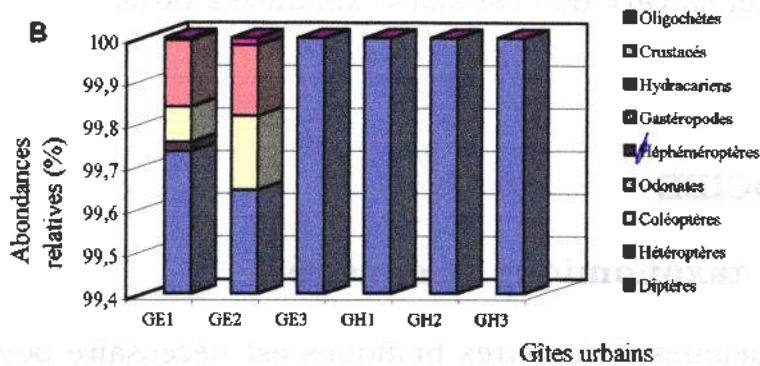
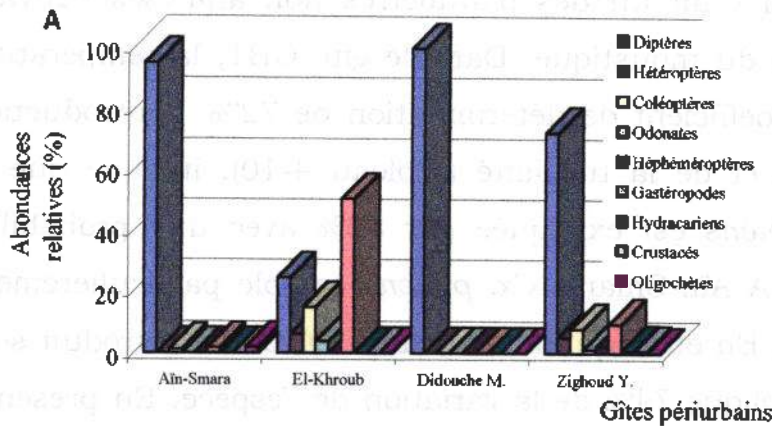


Figure 4-29: Abondance relative (%) des divers groupes zoologiques
 A = dans les gîtes périurbains, B = dans les gîtes urbains épigés et hypogés

- **Gîtes périurbains**

Les gîtes périurbains de El-Khroub et Zighoud Youcef se singularisent par une richesse taxonomique élevée : 17 et 21 U.S (unités systématiques). Les densités moyennes sont cependant plus élevées dans le premier gîte (294 ind./l) que dans le second (159 ind./l) (Tableau 4-11). Les principaux éléments faunistiques sont les Gastéropodes à El-Khroub (51% des invertébrés) et les Diptères à Zighoud Youcef (73% des invertébrés). A Aïn-Smara et à Didouche Mourad, le nombre de taxons est plus faible (10 et 6 U.S. respectivement) bien que les densités moyennes observées soient aussi élevées que celles des gîtes précédents (1306 et 3269 ind./l) (Tableau 4-11).

- **Gîtes urbains**

Dans les gîtes épigés GE1 et GE2, nous avons déterminé 7 et 5 U.S. dont 99% de Diptères. Dans ces biotopes, les autres groupes recueillis sont très faiblement représentés. Dans GE3, on ne signale que les Culicidae (3 U.S.).

Dans les gîtes urbains hypogés, les taxons rencontrés appartiennent à l'ordre des Diptères. Nous avons en effet, déterminé les larves de *Culex pipiens*, des larves de Chironomidae et de Syrphidae. La richesse taxonomique observée dans ces gîtes est de 3 à 4 U.S. (Tableau 4-11).

4.3.2. Composition biotique stationnelle

L'abondance relative des différents groupes zoologiques apparaît sur la figure 4-29A (gîtes périurbains) et la figure 4-29B (gîtes urbains). Les données sont présentées dans les tableaux 4-12 et 4-13.

Tableau 4-11: Densités moyennes (exprimées en litre) des groupes zoologiques recueillies sur une période de deux années (octobre 1995 – septembre 1997).

Groupes	Unités systématiques	GP1	GP2	GP3	GP4	GE1	GE2	GE3	GH1	GH2	GH3	T. ind./l
Diptères	<i>Chironomus sp.</i>	47,4		6,6	2,2	1,6			30,4	9		97,2
	<i>Chironomus thummi/plumosus</i>			11,6	0,4	2,4	1,6		4,8		11,8	32,6
	<i>Syrphidae</i>	2							1,2	13,8	46,8	63,8
	<i>Cx. pipiens</i>	1192,8	53,4	3231	78,8	3574	2286	268	6341,2	1336	5749	24110
	<i>Cx. hortensis</i>		5,8		3,8			1				10,6
	<i>Cx. theileri</i>		2,6		8,6							11,2
	<i>Culiseta longiareolata</i>		7,4	16,4	13,8			9,2				46,8
	<i>Cx. mimeticus</i>				6,8							6,8
	<i>Uranotaenia unguiculata</i>		0,6									0,6
	<i>Anopheles maculipennis</i>		2,2		0,2							2,4
gastéropodes	<i>Valvata sp.</i>	4,8	52,2				1,2					58,2
	<i>Physa sp.</i>	13,6	52		8,6	5,6	2,6					82,4
	<i>Bithynia sp.</i>	2,2	25		3,6							30,8
	<i>Limnea sp.</i>	1,2	19,6		2,8							23,6
Hétéroptères	<i>Nepa sp.</i>		0,4		5,4							5,8
	<i>Sigara sp.</i>		17,6		2,4	0,8						20,8
	<i>Aphochlerus sp.</i>				0,2	0						0,2
Coléoptères	<i>Dytiscidae</i>	13,4	21,8		9	3	4					51,2
	<i>Halphtidae</i>		16,8									16,8
	<i>Hydrophyllidae</i>	3,2	5,2									8,4
	<i>Hygrobtidae</i>			3,8	3,2							7
	<i>Elmidae</i>				0,4							0,4
Odonates	<i>Aeshna sp.</i>		3									3
	<i>Coenagrion sp.</i>		8,4		2							10,4
Ephéméroptères	<i>Cleon sp.</i>				3,4							3,4
Hydracariens					2,2							2,2
Crustacés					1							1
Tubificidae	<i>Tubifex sp.</i>	25		0,4		0,2	0,4					26
Total individus./l		1305,6	294	3269,8	158,8	3587,6	2295,8	278,2	6377,6	1358,8	5807,6	24734
Nombre U.S		10	17	6	21	7	5	3	4	3	3	

• **Gîtes périurbains**

Les larves d'insectes sont nombreuses dans les gîtes périurbains (96% du peuplement). Cette prédominance de larves est due en grande partie à la présence des Diptères qui constituent 93% de la faune totale.

A Aïn-Smara, le gîte héberge, outre les Diptères, de nombreux Gastéropodes (21,8 ind./l) et des Tubificidae (25 ind./l). Dans le gîte de Didouche Mourad, il n'y a pas de Gastéropodes et les Tubificidae ont une densité très faible (0,4 ind./l). Les Culicidae représentent 98,50% des Diptères récoltés. L'espèce *Culex pipiens* est la plus abondante à Aïn-Smara (91,36%) et à Didouche Mourad (98,81%).

La faune récoltée à El-Khroub et Zighoud Youcef est assez variée. Elle comprend des taxons appartenant à diverses classes : Gastéropodes, Insectes, Crustacés et Arachnides (Hydracariens). Les deux dernières classes, ainsi que les Chironomidae (*Chironomus sp.*), ne sont recueillis que dans le gîte de Zighoud Youcef. Dans ces deux gîtes, les différences de densités enregistrées sont dues à la présence des Gastéropodes (*Valvata*, *Physa*, *Bitinae* et *Limnea*), d'Odonates (*Aeshna*, *Coenagrion*) et de Coléoptères (Dytiscidae, Hydrophilidae) dont les densités moyennes observées dans le gîte de El-Khroub sont respectivement 10,6 et 3,5 fois supérieures à celles de Zighoud Youcef. Dans ces deux gîtes les Hétéroptères ont des densités très faibles.

La faune culicidienne inventoriée se compose de 6 espèces communes aux gîtes de El-Khroub et Zighoud Youcef. Il s'agit de *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, *Culiseta longireolata* et *Anopheles maculipennis*. A cette faune, s'ajoutent *Uranotaenia unguiculata* récolté à El-Khroub et *Culex mimeticus* retrouvé à Zighoud Youcef où la faune culicidienne représente près de 80% de la faune totale. A El-Khroub elle n'est que de 25%.

Parmi les Culicidae, *Cx. pipiens* est l'espèce la plus abondante, particulièrement à Zighoud Youcef où la densité moyenne est de 78,8 ind./l, soit environ 50% de la faune recueillie. Par contre, elle ne couvre

Tableau 4-12: Densités moyennes (exprimées en litre) des espèces culicidiennes recueillies sur une période de deux années (octobre 1995 – septembre 1997).

Culicidae gîtes	GP1	GP2	GP3	GP4	total	GE1	GE2	GE3	GH1	GH2	GH3	total
<i>Cx. pipiens</i>	1192,8	53,4	3231	78,8	1139	3574	2286	268	6341,2	1336	5749	3259
<i>Cx. hortensis</i>		5,8		3,8	2,4			1,0				0,2
<i>Cx. theileri</i>		2,6		8,6	2,8							0,0
<i>Culiseta longiareolata</i>		7,4	16,4	13,8	9,4			9,2				1,5
<i>Cx. mimeticus</i>				6,8	1,7							0,0
<i>Uranoteania unguiculata</i>		0,6			0,2							0,0
<i>Anopheles maculipennis</i>		2,2		0,2	0,6							0,0
Total	1192,8	72	3247,4	112	1156,1	3574	2286	278,2	6341,2	1336	5749	3260,7

Tableau 4-13: Fréquences relatives (%) des espèces culicidiennes

Culicidae gîtes	GP1	GP2	GP3	GP4	GE1	GE2	GE3	GH1	GH2	GH3
<i>Cx. pipiens</i>	91,36	18,16	98,81	49,94	99,62	99,57	96,3 3	99,43	98,32	98,99
<i>Cx. hortensis</i>		1,97		2,41			0,36			
<i>Cx. theileri</i>		0,88		5,45						
<i>Culiseta longiareolata</i>		2,52	0,5	8,75			3,31			
<i>Cx. mimeticus</i>				4,31						
<i>Uranoteania unguiculata</i>		0,20								
<i>An. Maculipennis</i>		0,75		0,13						
F.R% Culicidae	91,36	24,49	99,31	70,98	99,62	99,57	100	99,43	98,32	98,99

que 18,16% du peuplement dans le gîte d'El-Khroub où la densité moyenne est de 53,4 ind./l (tableaux 4-12 et 4-13). L'écart observé entre les 2 groupes de gîtes de El-Khroub - Zighoud Youcef et Aïn-Smara - Didouche Mourad est essentiellement imputable à la qualité de l'eau. En effet, les 2 derniers gîtes sont le siège de transformations physico-chimiques, les fortes teneurs en $N-NH_4$, DBO_5 et Chlorures provoquent une perturbation de la qualité de l'eau particulièrement en été quand les températures sont élevées. Dans de telles conditions, seuls quelques taxons réussissent à s'établir. Il en est ainsi pour les Tubificidae (*Tubifex*) qui dominent fortement avec *Cx. pipiens* et quelquefois de *Culiseta longiareolata* qui semble tolérer les eaux polluées.

• Gîtes urbains

Les gîtes épigés GE1 et GE2 hébergent de nombreuses espèces de Diptères (99,68%) dont *Cx. pipiens* qui représente plus de 99% du peuplement (tableaux 4-12). Les densités moyennes observées dans ces gîtes sont de 3574 ind./l et 2286 ind./l. La présence de Diptères (*Chironomus sp.* ou *Chironomus thummi/plumosus*) et d'autres taxons identifiés dans ces gîtes, notamment les Hétéroptères (*Sigara*), les Coléoptères (Dytiscidae), les Gastéropodes (*Physa* et *Valvata*) et les Tubificidae du genre *Tubifex* récoltés dans GE2, est très insignifiante (Tableau 4-11). Dans le gîte GE1, la faune culicidienne associée à *Cx. pipiens* se limite à *Culiseta longiareolata* dont la densité moyenne est très faible (5,5 ind./l).

Contrairement à ces 2 gîtes, GE3 est relativement moins fréquenté par *Cx. pipiens*. Sa densité moyenne est en effet de 268 ind./l. Cette espèce représente cependant 96,33% de la faune totale où elle est associée à *Cx. hortensis* et à *Culiseta longiareolata*.

La faune récoltée dans les gîtes urbains GH1, GH2 et GH3 se limite aux Diptères et plus particulièrement aux Culicidae. Ils sont essentiellement représentés par *Cx. pipiens* dont les densités moyennes

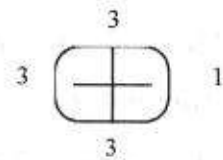
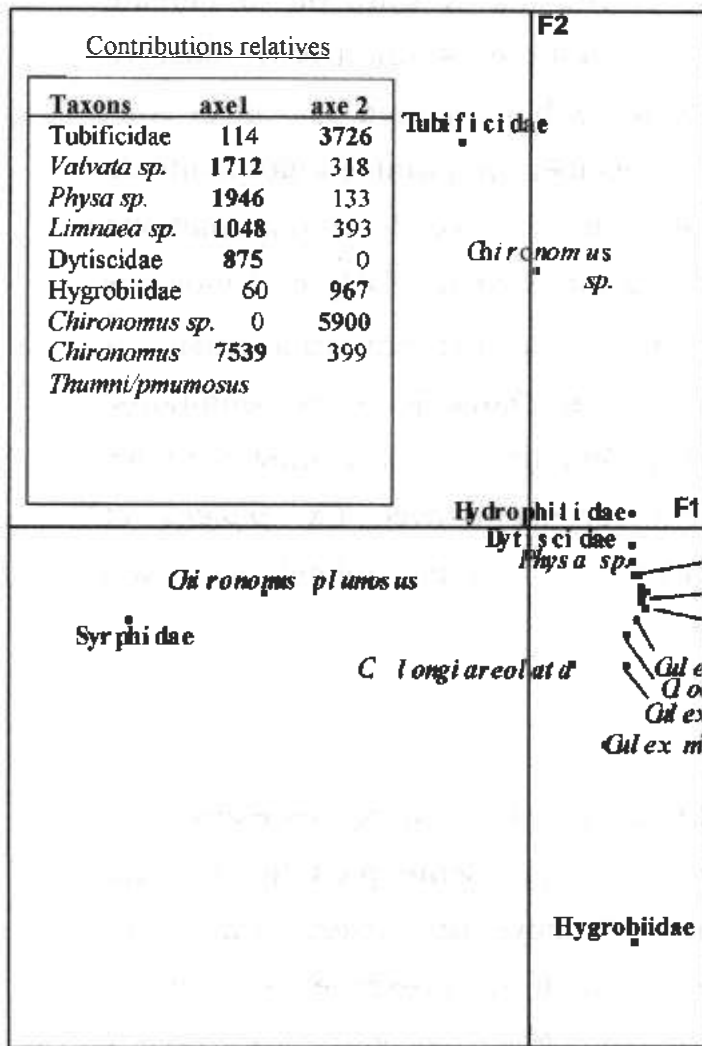


Figure 4-30A: Plan 1 et 2 de l'analyse factorielle des correspondances sur les 22 taxons



Figure 4-30B: Histogramme des valeurs propres

sont excessivement élevées surtout dans GH1 (6341 ind./l) et GH3 (5749 ind./l). Dans ces gîtes, le peuplement faunique est très pauvre. Outre les larves de *Cx. pipiens*, on relève uniquement les larves de Chironomidae et de Syrphyidae.

4.3.3. Etude globale de la faune

L'étude globale de la faune associée est réalisée par l'A.F.C. résultant de l'analyse de 22 taxons (Figure 4-30A). L'ordination des données montre que les pourcentages d'inertie des 2 premiers axes représentent 12,2 et 10% d'information sur la distribution de la faune considérée (Tableau 4-14). La méthode du "coude" montre que les axes suivants sont redondants ou triviaux (Figure 4-30B). Ils ne seront donc pas retenus.

Tableau 4-14: Valeurs propres et pourcentages d'inertie pour les deux premiers axes

Axes principaux	Valeurs propres	Contribution à l'inertie totale	Contribution cumulée à l'inertie totale
F1	9,24	12,2%	12,2%
F2	7,60	10%	22,2%

La figure 4-30A permet de vérifier si la prise en considération des différents taxons récoltés conduit à l'individualisation d'ensembles caractéristiques de certains milieux. L'examen de la figure 4-30A, met en évidence 3 groupes de taxons.

Deux groupes s'opposent sur l'axe F1. Il s'agit des taxons *Chironomus thumni/plumosus* et des Syrphyidae qui s'individualisent nettement des autres groupes. Ces taxons, caractéristiques des eaux

peu oxygénées et putrides, mettent en évidence l'axe de pollution F1. Sur cet axe, ces deux taxons s'opposent à un groupe faunique qui semble préférer les eaux relativement propres et bien oxygénées et qui définissent ainsi un axe de non-pollution (Figure 4-30A).

Sur l'axe F2, un troisième groupe est formé par les Tubificidae (*Tubifex sp.*) qui s'associent préférentiellement aux Chironomidae (*Chironomus sp.*) (figure 4-29A) plutôt qu'aux Syrphidae, évitant probablement une compétition entre taxons polluo-résistants. Les Coléoptères se trouvent dans différents biotopes (Aïn-Smara, El-Khroub et Zighoud Youcef). Ce sont de mauvais indicateurs de pollution à l'exception des Elmidae qui peuvent indiquer une bonne oxygénation de l'eau, car ils ne respirent pas en surface comme le font les Culicidae.

CHAPITRE 5 : DISCUSSION

5.1. ANALYSE DU MILIEU

Les températures varient peu d'un gîte à l'autre. Elles sont cependant plus élevées en été ou à la fin de l'été (septembre 1996) dans les gîtes épigés et hypogés. L'évolution annuelle de ce paramètre est mieux marquée dans les gîtes périurbains; elle est atténuée dans les gîtes urbains particulièrement dans les gîtes hypogés. En hiver, l'eau des gîtes hypogés est plus chaude que l'eau des gîtes épigés urbains et périurbains. Elle présente de ce fait une plus grande stabilité. Il serait intéressant de voir si cette instabilité ou stabilité thermique a des conséquences sur la richesse faunique.

Les variations du pH dans les gîtes périurbains semblent être sous l'influence des saisons donc de la température. Dans ces gîtes, le pH est généralement plus élevé au printemps et parfois même en été à El-Khroub et Zighoud Youcef. Ces deux saisons coïncident avec la période de forte assimilation chlorophyllienne de la végétation située en bordure de ces gîtes et de la flore aquatique (algues filamenteuses du genre *Spirogira* sp.), utilisant le gaz carbonique disponible particulièrement la journée et fait augmenter le pH avec précipitation des carbonates. Les augmentations du pH observées au printemps à Aïn-smara et Didouche Mourad se traduisent probablement par un début de dégradation de la matière organique, car dans ces gîtes la végétation est certes présente mais relativement pauvre. Tout au long de la prospection, les diminutions de pH observées dans ces gîtes, peuvent s'expliquer par une charge moins importante d'éléments nutritifs issus de la dégradation des matières organiques avec pour conséquence une diminution de la productivité primaire. Elles peuvent s'expliquer aussi par les rejets urbains et industriels. Quelle qu'en soit l'origine, ce paramètre témoigne du caractère alcalin des eaux.

Dans GE2, le pH de l'eau est fortement alcalin au printemps et en été alors que l'eau des gîtes urbains hypogés et épigés est faiblement alcalin et moins chargés en éléments nutritifs issus de la matière organique. Ces gîtes étant dépourvus de végétation, les augmentations du pH au printemps ne peuvent s'expliquer par l'activité photosynthétique. Elles peuvent être due à un début de dégradation de la matière organique. Dans les gîtes épigés urbains (GE1 et GE2), les rejets des eaux urbaines provoquent une augmentation importante de l'alcalinité. Dans les gîtes urbains, l'évolution saisonnière de ce paramètre est plus souvent perturbée par le rejet des eaux usées domestiques. L'augmentation du taux de matière organique détermine une baisse de l'oxygène dissous avec libération de CO₂ qui peut expliquer la diminution du pH.

La conductivité électrique permet d'évaluer le degré de minéralisation globale des eaux superficielles (RODIER, 1984). Cette relation a été mise en évidence par plusieurs auteurs (El ALAOU, 1985 ; METGE, 1986 ; LOUAH, 1995; MEHANNAOUI - AFRI, 1998). Une C.E élevée témoigne d'une forte minéralisation.

La pollution urbaine industrielle des gîtes périurbains est provoquée par des déversements d'eaux usées qui contribuent à élever la C.E. Ce paramètre pourrait être utilisé comme indice global pour détecter l'origine de certaines pollutions (LEYNAUD, 1976). Par ailleurs, les augmentations enregistrées durant la saison chaude peuvent s'expliquer par une diminution du plan d'eau suite à une évaporation importante. Il s'établit alors un équilibre entre les sédiments et l'eau qui favorise la solubilité, faisant augmenter les concentrations ioniques. Dans l'eau du gîte El-Khroub, la C.E diminue au printemps, période durant laquelle la végétation aquatique (algues filamenteuses) et de bordure absorbe des ions présents dans l'eau du gîte. Par ailleurs, l'absorption du CO₂ par la photosynthèse responsable de la

précipitation des carbonates normalement solubles, pourrait expliquer ce résultat.

Si l'on se réfère aux limites de classe proposées par NISBET et VERNEAUX (1970), une C.E comprise entre 0,4 mS /cm et 0,5 mS /cm correspond à une forte minéralisation. Au-delà de 0,5 mS /cm la minéralisation est excessive. La C.E dépasse largement ces valeurs dans les gîtes périurbains et urbains étudiés. Outre les faibles valeurs de C.E. dans les gîtes hypogés, qui seraient dues à la dilution des eaux, la conductivité électrique de l'eau des gîtes présente des valeurs très élevées, indiquant une charge minérale très importante.

La conductivité électrique qui traduit la concentration en sels dissous, varie dans le même sens que les chlorures. Sur toute la durée de prospection, les teneurs en chlorures sont restées élevées dans tous les gîtes. Les fortes teneurs en chlorures enregistrées en automne et en hiver, surtout dans les gîtes périurbains, sont liées principalement aux précipitations qui entraînent les chlorures par percolation ou lessivage. Pendant la période estivale, la réduction du plan d'eau favorise la concentration en chlorures.

La quantité d'oxygène fournit une information sur le développement de la végétation. Au printemps, une abondante production d'algues filamenteuses du genre *Spyrogira* sp. serait responsable des fortes valeurs observées à El-Khroub et Zighoud Youcef. Le printemps constitue de ce fait la période d'oxygénation maximale des eaux. D'autre part, les rythmes saisonniers et nyctéméraux ont une influence particulièrement marquée en milieu fermé, riche en biomasse aquatique (SACCHI et TESTARD, 1971) tel que les gîtes situés à El-Khroub et Zighoud Youcef.

Durant l'été, l'élévation de la salinité, liée à l'évaporation, entraîne des dépenses métaboliques supplémentaires pour un grand nombre d'organismes aquatiques, diminuant ainsi la concentration d'oxygène dans l'eau (VIVIER, 1946, PETIT, 1962; CLARKE, 1966). Cette baisse des

teneurs en oxygène dissous, observées à Aïn-Smara (été) et Didouche Mourad, été-automne) serait provoquée par le rejet des eaux usées domestiques et industriels. Dans ces gîtes nous avons observé tout au long de la prospection un écoulement permanent de ces eaux usées. La quantité d'oxygène serait alors insuffisante pour permettre aux micro-organismes de dégrader la matière organique. Ceci expliquerait les fortes teneurs en DBO₅ qui nous renseigne sur la teneur en matière organique présente dans l'eau (RIVIERE, 1980). Dans les gîtes Aïn-Smara et El-Khroub, le retour automnal à des conditions d'oxygénation plus élevées serait lié à une diminution de la salinité (SACCHI et TESTARD, 1971).

A El-Khroub, les concentrations en DBO₅ sont généralement inférieures à 10 mg.l⁻¹O₂ et témoignent d'une bonne efficacité de l'auto-épuration. Il en est de même à Zighoud Youcef, particulièrement au printemps et en été de l'année 1996. Dans ces gîtes, les teneurs élevées en DBO₅ observées en dehors de la période d'été peut s'expliquer par le lessivage des sols riches en matières organiques.

En général, l'augmentation de la DBO₅ en été et en automne, est la conséquence d'une diminution des plans d'eau plus particulièrement à El-Khroub et Didouche Mourad où la hauteur d'eau est moindre par rapport à Aïn-Smara et Zighoud Youcef. Dans les gîtes périurbains, une diminution du niveau de l'eau s'observe à partir du printemps. Cette diminution est plus conséquente en été car les températures sont élevées. Par ailleurs, les températures élevées durant cette saison accélèrent considérablement la vitesse de dégradation de la matière organique. Ce phénomène est accompagné d'une diminution de la solubilité de l'oxygène, aggravant ainsi la pollution durant cette saison. Les diminutions observées d'octobre à février dans les gîtes périurbains sont liées aux précipitations donc au phénomène de dilution par les eaux de pluie et par une baisse des températures qui favorise une plus grande solubilité de l'oxygène.

Les valeurs de la DBO_5 supérieures ou égales à $6 \text{ mg.l}^{-1} \text{ O}_2$ révèlent une situation anormale (NISBET et VERNEAUX, 1970) que l'on retrouve dans tous les gîtes périurbains.

Les eaux d'égouts domestiques ont souvent des teneurs excessivement élevées en DBO_5 pouvant atteindre 200 à 300 mg /l d'O_2 (RIVIERE, 1980). Dans les gîtes urbains hypogés et épigés GE1 et GE2, les teneurs maximales de DBO_5 sont supérieures à 100 mg /l O_2 , et se rapprochent des teneurs évoquées par l'auteur. Les apports d'eaux usées dans ce type de gîte se poursuivent, alors que le gîte a tendance à s'assécher, ce qui entraîne une concentration et fait augmenter encore les teneurs de la DBO_5 . Ce phénomène est particulièrement net en été où l'eau de ces gîtes est alors de très mauvaise qualité et la pollution excessive (MASSON, 1988). Dans les gîtes urbains épigés, les baisses de concentrations en DBO_5 durant la saison hivernale sont favorisées par les phénomènes de dilutions provoquées par les précipitations. En hiver, les températures étant plus basses permettent également une plus grande solubilité de l'oxygène dissous. Si l'évolution spatiale de la DBO_5 témoigne d'une surcharge généralisée, l'évolution temporelle montre un état critique qui coïncide avec la période d'étiage, l'intensification de l'activité industrielle et domestique.

L'azote ammoniacal est dû à une décomposition incomplète de la matière organique dans un milieu où la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Les eaux polluées fermentent facilement, entraînant une diminution de l'oxygène dissous et une apparition de l'azote ammoniacal (DOBY et MOUCHET 1957 ; KOIKE et HATTORI, 1978; LEYNAUD et VERREL, 1980; RODIER, 1984). Ceci explique les fortes teneurs en ammonium qui sont observées à Aïn-Smara, à El-Khroub et à Didouche Mourad, particulièrement en été. Ces concentrations élevées sont favorisées par les températures élevées qui contribuent à la concentration des eaux par faibles débits. L'azote ammoniacal noté à Aïn-Smara et à Didouche Mourad aurait pour origine les eaux industrielles et urbaines dont la plus grande partie de

l'azote est sous forme ammoniacal (MARTIN, 1979). Dans ces gîtes les diminutions de la teneur en azote ammoniacal relevées au mois de février ou mars des 2 années, seraient la conséquence des précipitations et des basses températures, entraînant une dilution et un ralentissement du processus de minéralisation. Au niveau de Zighoud Youcef, les teneurs importantes en azote ammoniacal obtenues l'hiver 1997 et le printemps 1997 pourraient résulter de l'activité humaine.

Les teneurs maximales en $N-NH_4$ enregistrées dans les gîtes hypogés apparaissent à des périodes différentes. Dans ces gîtes couverts, l'azote ammoniacal provient de l'activité humaine et en particulier de l'urine. Par ailleurs, une diminution du niveau de l'eau durant les périodes les plus chaudes favorise la concentration $N-NH_4$ dans l'eau.

Les nitrites représentent une phase intermédiaire entre les nitrates et l'azote ammoniacal. En général lorsque le milieu est réducteur, les teneurs en nitrites s'élèvent. Lorsque la concentration en oxygène dissous augmente, la teneur en nitrite diminue. Les nitrites, facilement oxydés en nitrates sont en fait des éléments instables dans le milieu aquatique. Leur présence est due à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque ou à la réduction des nitrates. Selon RODIER (1984), des teneurs supérieures à $0,03 \text{ mg.l}^{-1} N-NO_2$ sont dues probablement à la présence de matière organique en voie d'oxydation. Dans nos prélèvements, les teneurs en nitrites sont supérieures à ce taux. Le passage fréquent du bétail et l'enrichissement des eaux par les rejets domestiques peuvent expliquer les teneurs observées dans les gîtes périurbains. Les concentrations importantes relevées dans les gîtes épigés urbains GE1 et GE2 sont dues principalement aux activités humaines et aux apports d'eaux usées urbaines. Bien qu'il soit peu aisé d'appliquer des normes à des plans d'eau stagnante d'origine diverses, il nous paraît néanmoins évident que les teneurs sont très élevées dans la plupart des gîtes. Selon MARTIN (1979) et RODIER (1984), des teneurs en nitrites supérieures à $1,5 \text{ mg.l}^{-1} N-NH_4$ seraient dangereuses pour la faune aquatique.

L'évolution saisonnière des teneurs en nitrates sont très variables et peuvent atteindre des valeurs élevées. Dans tous les gîtes périurbains, l'eau est beaucoup plus chargée l'année 1996-1997. Selon NISBET et VERNEAUX (1970), la teneur en nitrate peut varier de 0,25 à 3,5 mg.l⁻¹ N-NO₃ dans les eaux naturelles non polluées. Nos résultats dépassent largement ces valeurs. Au niveau de Didouche Mourad, les faibles teneurs observées en automne seraient dues à une longue période d'étiage pendant laquelle le gîte se réduit de moitié. La remise en eau se fait lentement et elle s'accélère avec les pluies d'automne. Les teneurs relevées en été à Aïn-Smara et Didouche Mourad, suivent approximativement la même évolution. Dans ces gîtes, la pollution par les nitrates serait essentiellement d'origine urbaine. A El-Khroub et Zighoud Youcef, l'évolution est sensiblement identique, avec cependant des taux plus importants à El-Khroub. Dans les gîtes périurbains, une diminution de la teneur en nitrate est observée au printemps. Pendant cette saison, la végétation en place utiliserait les nitrates contribuant ainsi à leur diminution. A El-Khroub et Zighoud Youcef, l'augmentation des teneurs en nitrates en été est probablement liée à la réduction du plan d'eau (concentration), aux passages des animaux et à l'élévation thermique.

En zone urbaine, la présence de nitrates est la conséquence des activités humaines qui accélèrent le processus d'enrichissement en éléments nutritifs par le rejet des eaux usées domestiques et cela indépendamment des saisons.

Les teneurs et les compositions minérales et organiques des M.E.S sont très variables. Elles sont de ce fait, d'une grande diversité tant sur le plan qualitatif que quantitatif et peuvent avoir une forte incidence sur la composition chimique des eaux. Les M.E.S composées de limons et de matières organiques en voie de décomposition définissent la turbidité de l'eau (DAJOZ, 1975). Ce facteur réduisant l'intensité lumineuse, peut être limitant pour l'installation de la faune

aquatique. Dans tous les gîtes prospectés, la turbidité évolue dans le même sens que les matières en suspension. Dans les gîtes périurbains pauvres en végétation (Aïn-Smara et Didouche Mourad), les valeurs élevées de turbidité observées au printemps peuvent être liées au régime pluviométrique durant cette période. En été, la turbidité s'accroît au fur et à mesure que le plan d'eau diminue. A El-Khroub et à Zighoud Youcef, la végétation située en bordure des gîtes, jouerait un rôle stabilisateur du plan d'eau lorsque les animaux viennent s'alimenter ou s'abreuver et par voie de conséquence diminue la turbidité quand les débits sont peu importants comme en été.

Les gîtes urbains hypogés sont protégés et donc peu perturbés par l'action anthropique et les variations thermiques. Des particules en suspensions s'accumulent alors plus facilement en été quand le niveau d'eau est faible. L'évaporation plus intense explique ainsi les valeurs élevées enregistrées. Ce phénomène est particulièrement net dans GH1 et GH2. Le gîte GH3 est nettement plus profond, les M.E.S. sont moins importantes et la turbidité moindre. Dans ces gîtes hypogés, les fortes teneurs en M.E.S sont principalement liées à une remise en suspension d'éléments solubles des eaux usées domestiques évacuées par les canalisations défectueuses.

De cette étude du milieu, il nous semble intéressant de retenir quelques points importants. Les variations de concentrations des matières en suspensions et celles des paramètres indicateurs de pollution sont sous l'influence des débits d'eau et donc des saisons. Le rôle de l'état atmosphérique et du temps de submersion par l'évolution des facteurs physico-chimiques des milieux épigés périurbain ou urbain est à souligner. En effet, dans les gîtes situés à Aïn-Smara, à Didouche Mourad, GE1 et GE2, on constate des écarts considérables entre les valeurs extrêmes de la DBO₅, de l'azote ammoniacal, des nitrates et des chlorures. L'origine de ces écarts est imputable à l'influence anthropique (rejets d'eaux usées urbaine); le taux de matières

organiques par la décomposition, détermine une baisse sensible de l'oxygène dissous avec libération du CO₂ et un pH qui se rapproche de la neutralité.

Dans les gîtes périurbains situés à El-Khroub, à Zighoud Youcef et urbain épigé GE3, l'origine des écarts est à rechercher dans la taille du gîte (matières en suspensions et matières organiques), l'influence accidentelle de l'homme et des animaux (nitrates, nitrites).

A partir des résultats dont nous disposons concernant la physico-chimie de l'eau des gîtes étudiés, nous pouvons retenir les caractéristiques suivantes :

- Toutes les stations sont généralement mal oxygénées excepté les gîtes d'El-Khroub, de Didouche Mourad et GE3. L'eau des gîtes est également très minéralisée. Ce caractère est cependant plus marqué dans les gîtes urbains épigés GE1 et GE2. Dans l'eau des gîtes GH1, GH3 et GE1 les teneurs moyennes en DBO₅ et en chlorures, sont relativement plus élevées que dans les autres gîtes.

- L'eau des gîtes étudiés présente une certaine instabilité aussi bien au niveau de ses paramètres physiques (température, pH, conductivité...) qu'au niveau de sa chimie (DBO₅, azote ammoniacal, chlorures...). Ces fluctuations traduisent un régime hydrologique particulier en relation avec l'apport d'eau usée urbaine ou domestique.

Les résultats de l'A.C.P. stations-facteurs abiotiques sont sensiblement identiques à ceux de la synthèse partielle réalisée au moyen des spectres physico-chimiques. Ainsi, nous avons pu mettre en évidence un groupe de gîtes représenté par Didouche Mourad, GE1, GH1 et GH3. Les indices chimiques de ces gîtes obtenu par la méthode de Bénélux, indiquent que les eaux sont de mauvaise qualité en raison

d'un taux relativement élevé d'azote ammoniacal et d'une forte charge en matière organique. Un deuxième groupe de gîtes (El-Khroub, Zighoud Youcef et GE3) dont les eaux sont généralement de bonne qualité. En été cependant, la pollution d'origine organique apparaît et l'eau de ces gîtes est alors de qualité mauvaise. Un troisième groupe de gîte est représenté par celui de Aïn-Smara, GH2 et GE2 moyennement pollués. Les deux premiers gîtes présentent des teneurs élevées en M.E.S responsables de la forte turbidité de l'eau alors que l'eau du gîte GE2 est beaucoup moins turbide avec un pH plus alcalin.

5.2. LES FACTEURS ABIOTIQUES RESPONSABLES DE LA PROLIFERATION DE *Culex pipiens*

Les populations préimaginales de *Cx. pipiens* semblent influencées par des facteurs abiotiques comme la température car dans tous les gîtes étudiés, les densités larvaires les plus faibles sont observées en hiver. Pendant cette saison en effet, le cycle de développement de *Cx. pipiens* est interrompu dans certains gîtes épigés (Aïn-Smara, Didouche Mourad, El-Khroub et Zighoud Youcef) alors qu'il se poursuit dans les gîtes urbains hypogés. Cet arrêt hivernal de développement dans les gîtes à ciel ouvert a été observé par plusieurs auteurs (ROUBAUD, 1933 ; RIOUX *et al.*, 1965). Néanmoins, la présence de larves de *Cx. pipiens* pendant la saison hivernale de l'année 1996-1997 à Aïn-Smara, à El-Khroub, dans GE1 et GE2 soulève bien des questions quant à l'influence de la température sur le cycle de développement. En effet, les prospections effectuées en hiver, révèlent de faibles écarts de températures entre le mois de l'année pendant lequel les densités sont nulles et le même mois de l'année suivante où des larves étaient présentes. C'est le cas du gîte de Aïn-Smara dans lequel les larves sont absentes en février 1996 mais présentes en février 1997 (0,4 ind./l), alors que les températures sont respectivement de

8,3°C et 7°C. Ceci pose le problème du seuil selon lequel le cycle de développement larvaire serait effectivement interrompu.

Ces résultats sur la présence de larves de *Cx. pipiens* en hiver dans des biotopes extérieurs corroborent les travaux de DANCESCO *et al.* (1975). Ces auteurs rapportent en effet que la présence d'une importante végétation dans les gîtes, tamponne les fluctuations de la température, constituant ainsi des microclimats particuliers, qui peuvent, dans le cas de *Cx. pipiens*, favoriser le développement continu de l'espèce ou au moins son maintien dans le gîte pendant la saison froide. Ainsi, une végétation relativement importante en bordure du gîte d'El-Khroub et de Zighoud Youcef, peut expliquer la présence de *Cx. pipiens* toute l'année; les bords du gîte Aïn-Smara présentent également une végétation, mais plus pauvre. Ceci ne semble pas être négligeable, car elle peut permettre le développement continu de ce moustique en créant un microclimat favorable à son développement. Dans les gîtes hypogés dont l'accès est difficile, l'air est confiné. L'eau de ces gîtes est alors maintenue à une température favorable pour le développement de *Cx. pipiens*. RIOUX *et al.* (1965) soulignent que les souches de *Cx. pipiens* qui colonisent des gîtes hypogés où les écarts de température sont faibles, n'arrêtent pas leur développement en hiver.

Inversement, la période estivale est associée à une importante prolifération de *Cx. pipiens*. Pour GASCHEN (1932), l'augmentation de la vitesse d'évolution larvaire de cette espèce est fonction de l'élévation de la température. Concernant l'activité saisonnières de *Cx. pipiens*, les données bibliographiques semblent contradictoires. En effet, KIRKPATRICK (1925) n'évoque pas de période d'activité larvaire pour cette espèce alors que GAUD (1952), signale une explosion printanière. Une année plus tard, ce dernier auteur la considère automnale. Outre la température, d'autres facteurs abiotiques peuvent influencer l'installation et le développement préimaginal de *Cx. pipiens*. Nous avons pu en effet confirmer par l'analyse en composante principale que

ce moustique affectionne les eaux polluées dont les taux d'azote ammoniacal, de DBO₅ et des chlorures sont particulièrement élevés. Cependant, cette pollution des eaux, ne justifie pas à elle seule la prolifération de *Cx. pipiens* puisque les densités maximales s'observent dans ces milieux lorsque la température augmente, autrement dit en été. Ainsi, toute augmentation de la température accélère considérablement la vitesse de dégradation de la matière organique présente dans l'eau entraînant ainsi un déficit en oxygène (HYNES 1970 ; BREMOND et VUICHARD, 1973 ; LEYNAUD et VERREL, 1980). Cette situation, nous la retrouvons en été dans les gîtes pollués où les densités larvaires sont d'autant plus importantes que les taux en DBO₅ sont très élevés (> 100 mg. l⁻¹). La présence de cette espèce dans des eaux riches en matière organique a été signalé par RIOUX (1958), RAMDANI (1986), BOUALLAM (1992), BENKHALFATE-EL-HASSAR (1991), LOUAH (1995), KERBOUA et MERNIZ (1997). A l'instar de nos résultats, il semblerait que des teneurs élevées en matière organique constituent un facteur indispensable pour le développement larvaire de *Cx. pipiens*. Pour BENKHALFATE-EL-HASSAR (1991) le rôle de la matière organique doit être défini avec précision, car elle peut être considérée comme un facteur stimulant le développement des stades préimaginaux mais, elle pourrait, selon sa qualité, être néfaste et favoriser le parasitisme de certains stades larvaires.

La plupart des travaux sur les gîtes larvaires de Culicidae ont amené leurs auteurs à étudier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau pour identifier les facteurs favorables au développement des gîtes. Au Maroc, TRARI (1991) emploie une analyse multidimensionnelle (Analyse en Composante Principale) pour définir l'importance de trois paramètres dont l'action sur la répartition des espèces culicidiennes est incontestable. Il s'agit de la salinité et du pH de l'eau. Toutefois, cet auteur signale la préférence de *Cx. pipiens* pour les eaux douces alors que LOUAH (1995) signale une inclination des larves de cette espèce pour les gîtes salés. A Tlemcen (Algérie), BENKHALFATE-EL HASSAR (1991)

rapporte que la conductivité peut agir, soit comme facteur limitant lorsqu'elle est élevée, soit comme facteur stimulant au niveau de l'éclosion.

Pour MACAN (1981), tout réchauffement ou refroidissement du milieu peut perturber le cycle de développement de plusieurs insectes aquatiques notamment chez les culicidae (KIRKPATRICK, 1925 ; GAUD, 1953 ; EL KALM, 1972). De ce fait, la température apparaît comme un élément important pour la survie, mais aussi pour la prolifération des moustiques. D'autre part, dans une population préimaginale dense, une température basse ralentit la vitesse de croissance des larves et des nymphes et entraîne alors une longévité plus grande de ces stades qui se traduit par le maintien de leur densités à un niveau élevé (SUBRA, 1971). Ceci peut expliquer les densités relativement élevées, observées en automne dans les gîtes où la température de l'eau baisse. D'après VANNIER (1970) cité par AUSSEL (1991), la quantité d'eau totale des gîtes, exprimée en pourcentage, ne constitue pas un facteur écologique important qui puisse influencer le comportement des microarthropodes. Seule la quantité d'eau disponible possède une valeur réelle.

L'étude des variations des populations de *Cx. pipiens* par le test de Newmann-Keuls, montre qu'il y a de grands écarts de densités larvaires entre les gîtes. Une comparaison des densités moyennes relevées dans les gîtes périurbains, met en évidence que celles de Aïn-Smara et Didouche Mourad sont respectivement 44 fois et 63 fois plus élevées que celles de El-Khroub ; 11 fois et 31 fois plus élevées que celles de Zighoud Youcef (en moyenne 44 individus/l pour le gîte Aïn-Smara ou 126 individus/l pour Didouche Mourad contre 2 individus/l dans El-Khroub et 4 individus/l dans Zighoud Youcef). Cette variation est due au fait que l'eau des gîtes de Didouche Mourad et de Aïn-Smara est particulièrement polluée par rapport à celle de El-Khroub et de Zighoud Youcef. Ces derniers gîtes se caractérisent en effet par une eau relativement propre et bien oxygénée. Néanmoins, Didouche Mourad

est un gîte dont la charge en matière organique est beaucoup plus élevée (en moyenne 73,52 mg.l⁻¹ O₂) que dans Aïn-Smara (en moyenne 33 mg.l⁻¹ O₂). Par ailleurs, la teneur de l'eau en ammoniacque, révélateur d'un milieu anaérobie, est 4 fois plus élevée dans Didouche Mourad que dans Aïn-Smara (en moyenne 37,12 mg.l⁻¹ N-NH₄ dans Didouche Mourad contre 8 mg.l⁻¹ N-NH₄ dans Aïn-Smara). Cette pollution organique ainsi que le manque d'oxygène sont les principales causes d'une pauvreté de la faune aquatique observée dans ces gîtes contrairement à El-Khroub et Zighoud Youcef qui se caractérisent par une faune plus riche, récoltée dans une eau de moindre pollution organique. En effet, l'eau de ces gîtes moins chargée en matière organique est plus oxygénée. Les larves de *Cx. pipiens* trouvent alors dans les gîtes situés à Aïn-Smara et Didouche Mourad, les gîtes urbains épigés GE1, GE2 et dans tous les gîtes hypogés les conditions favorables à leur prolifération. Cette pullulation est particulièrement importante pendant la période estivale ; et s'effectue généralement en absence de compétition et de prédation. D'après RIOUX *et al.* (1965), une eau non polluée au début de la saison sèche et hébergeant une biocénose équilibré, renferme beaucoup moins de larves de *Cx. pipiens* que lorsqu'elle devient polluée.

5.3. FAUNE ASSOCIEE

Contrairement au milieu superficiel de l'oued Kébir-Rhumel où la richesse taxonomique croit de l'amont vers l'aval (MEHANNAOUI-AFRI, 1998), dans les eaux généralement permanentes et stagnantes des gîtes étudiés, la richesse de la faune fluctue en fonction des caractéristiques de chaque station. Cette variabilité stationnelle met en évidence trois groupes de biotopes :

- **groupe 1** : la richesse taxonomique est supérieure à 10.
- **groupe 2** : la richesse taxonomique est comprise entre 5 et 9.

- **groupe 3** : la richesse taxonomique est inférieure à 5.

Le groupe 1 (El-Khroub et Zighoud Youcef) offre des conditions favorables à l'installation d'une faune diversifiée, particulièrement la faune culicidienne. Néanmoins, la présence de prédateurs comme les Coléoptères (Dytiscidae et Hydrophilidae) et les Hétéroptères (Nepidae) serait probablement à l'origine d'une faible représentativité des espèces culicidiennes. Selon HYNES (1960 ; 1970), les Nepidae se nourrissent de larves de Chironomidae, de Culicidae et d'Hépheméroptères, et sont plutôt inféodés aux eaux calmes. Ils peuvent toutefois tolérer une pollution élevée et une faible teneur en oxygène dans l'eau, car ils possèdent un long tube respiratoire à l'extrémité de l'abdomen qui leur permet de respirer en surface. Nous les avons récoltés dans le gîte de Zighoud Youcef aux mois de juin, juillet et août de l'année 1996, alors que l'eau était saturée en oxygène dissous ($82\% < O_2 > 89\%$) et dans le gîte d'El-Khroub dans une eau sursaturée en oxygène dissous au mois d'octobre (154%) et au mois de juin dans une eau moyennement chargée en oxygène (55% - Annexe II). Ces gîtes sont caractérisés par leur surface importante et un couvert végétal développé et diversifié. La végétation est doublement importante car les larves des Culicidae se nourrissent de phytoplancton et de consommateurs primaires à qui la biomasse végétale est indispensable. Par ailleurs, la végétation peut conditionner indirectement la présence d'un macro-invertébré dans un gîte en modifiant la qualité physico-chimique de l'eau (ROUX, 1981). Ainsi, la décomposition de la végétation qui enrichit le milieu en matière organique serait responsable des teneurs élevées en ammonium observées à Zighoud Youcef et expliquerait la présence de certains taxons. En effet, dans ce gîte ou celui de El-Khroub, la présence des Chironomidae s'expliquerait alors car ils sont connus comme étant des peuplements intermédiaires dans leur sensibilité vis à vis de la pollution organique (HYNES, 1960). Les organismes aquatiques constituent, en effet, de véritables intégrateurs des variations de la qualité de l'eau car ils reflètent très fidèlement les modifications du milieu (LAURENT, 1976 ;

DESCY, 1980). C'est pourquoi plusieurs chercheurs ont utilisé certaines espèces comme indicateurs biologiques (HYNES, 1974 ; ECHAUBARD et NEVEU, 1975 ; WATTEZ, 1976 ; DESCY, 1980 ; VERNEAUX, 1980 ; MEHANNAOUI-AFRI, 1998). Les plécoptères, par exemple, que l'on rencontre généralement dans des milieux propres bien oxygénés, sont complètement absents des prélèvements. Les Coléoptères trouvent dans différents biotopes, aux eaux rapides ou stagnantes. Ce sont de mauvais indicateurs de pollution à l'exception des Elmidae qui peuvent indiquer une bonne oxygénation de l'eau car ils ne respirent pas en surface comme le font les Culicidae.

Par ailleurs, la végétation située en bordure des gîtes favorise la mise en place d'un plus grand nombre de micro-habitats et entraîne par voie de conséquence une diversification des niches écologiques et favorisent donc la coexistence de nombreuses espèces. Parmi ces taxons nous retrouvons *Anopheles maculipennis* dont la présence indique que l'eau est douce et bien oxygénée (BOUCHITE *et al.*, 1991). Dans ces gîtes, l'influence de l'homme et des animaux n'est pas sans effets sur la biocénose aquatique récoltée. Nous aurions eu vraisemblablement une richesse taxonomique nettement plus importante si des perturbations anthropiques ne se produisaient pas fréquemment.

Le groupe 2 (Aïn-Smara, Didouche Mourad, GE1 et GE2) est représenté par des gîtes dont les conditions sont supportables pour *Cx. pipiens*, mais non optimal pour l'installation d'une faune associée diversifiée. Dans ces stations soumises à une action anthropozoïque importante, l'eau des gîtes est souvent polluée, trouble, pauvre ou dépourvue de végétation. Cette situation n'empêche pas la survie d'une faune bien adaptée comme c'est le cas à Aïn-Smara, dans GE1 et GE2. Dans ces gîtes, nous avons rencontré des Mollusques (*Physa sp.*, *Valvata sp.*), des larves de Diptères (Syrphidae, *Chironomus sp.*, *Chironomus thumni/plumosus*) ou encore des Tubificidae (*Tubifex sp.*). Quand les conditions se détériorent davantage, comme c'est le cas en été ou au début de l'automne à Aïn-Smara, *Cx. pipiens* subsiste en

compagnie des Tubificidae et des Syrphyidae. D'après DAJOZ (1975), ces derniers s'adaptent bien à une eau polluée dont la matière organique est transformée en sels ammoniacaux. ECHAUBARD et NEVEU (1975) considèrent ces insectes comme indicateurs de pollution.

A Didouche Mourad, où l'eau du gîte est polluée, la présence des Tubificidae (*Tubifex sp.*) n'est signalée qu'en décembre 1995. Durant ce mois, la pollution organique est nettement mise en évidence sur les cartes factorielles de l'analyse temporelle (Figure 4-19 chapitre 4 § 4.1.5.4) et pourrait expliquer de ce fait l'apparition de ce taxon résistant. Cependant, ce taxon n'est signalé qu'une seule fois dans ce gîte et ne peut faire l'objet d'une interprétation fiable.

Le taxon *Chironomus thumni/plumosus*, indicateur biologique de la pollution organique des eaux (RAMADE, 1982) est recueilli à Aïn-Smara en automne. Cette observation conforte les résultats obtenus sur l'analyse temporelle de la qualité de l'eau, qui révèle en effet une pollution importante associée en automne aux eaux turbides.

Le groupe 3 (GE3, GH1, GH2 et GH3) comprend des stations dont les conditions sont hostiles à l'installation d'une faune culicidienne diversifiée. Ce sont des gîtes de petites dimensions normalement dépourvus de végétation.

Le gîte GE3 est représenté par un bassin de petite dimension dont l'eau est généralement bien oxygénée, rarement polluée. Il semblerait que ce type de gîte artificiel dépourvu de végétation ne soit pas le biotope idéal recherché par les moustiques. Cependant, la présence de *Culex pipiens* souvent associé à *Culiseta longiareolata* peut s'expliquer si l'on considère que dans le quartier résidentiel où ce gîte est situé, les retenues d'eau sont rares et donc rapidement colonisées.

Les gîtes GH1 (cave), GH2 (fossé) et GH3 (vide sanitaire) sont pollués et les macro-invertébrés d'eau propre ne peuvent survivre dans de telles conditions extrêmes. Dans ces gîtes, nous avons recueilli des larves de Syrphidae qui respirent l'air en surface au moyen d'un long siphon comme le font les larves des *Culicidae*. Nous avons également identifié des larves de Chironomidae, notamment *Chironomus thummi/plumosus*. Ce taxon possède de l'hémoglobine qui lui permet de se maintenir malgré le déficit en oxygène. Cette faune spécifique des eaux polluées s'associe parfaitement à *Cx. pipiens*. Sa présence, certes irrégulière dans le temps, souligne, s'il en était besoin, la mauvaise qualité de l'eau de ces gîtes. Dans ces zones septiques, très riches en matière organique fermentescible où règne aussi un déficit en oxygène, nous ne rencontrons aucun vertébré d'eau pure. On observe en revanche, la présence d'espèces bien adaptées à ces conditions particulières.

La possibilité pour les organismes de coloniser un habitat nouveau ou perturbé est souvent déterminé par les conditions abiotiques de l'environnement local (POWER *et al.*, 1988). Ainsi, la stabilité hydrologique du premier groupe et la mauvaise qualité de l'eau du deuxième et troisième groupe sont les causes principales de ces différences faunistiques.

FRYDAY (1987) cité par JEFFRIES (1989) classe les facteurs déterminant la présence d'une espèce dans un point d'eau donné en deux groupes :

- des facteurs biogéographiques comprenant : l'ancienneté de l'habitat, l'isolement et la surface du territoire examiné.
- des facteurs liés à l'habitat comprenant : la diversité, la compétition, la prédation et la chimie de l'eau.

A Constantine, les facteurs biogéographiques cités ci-dessus suffisent à expliquer la pauvreté faunistique. L'isolement, la surface

réduite, la physico-chimie mais aussi la méthode d'échantillonnage constituent autant de facteurs s'opposant à la diversité faunistique. Néanmoins, contrairement aux Syrphidae et Tubificidae polluo-résistants, *Cx. pipiens* se différencie par des densités préimaginales très élevées particulièrement dans les eaux polluées où la diversité faunistique est faible, autrement dit dans les milieux où les prédateurs sont peu représentés. Les espèces polluo-résistantes récoltées en compagnie de *Cx. pipiens* ont des densités très faibles. Cela est peut être imputable à la méthode d'échantillonnage dans les gîtes pollués de grandes étendues, mais probablement aussi à un phénomène de compétition qui peut s'établir entre *Cx. pipiens* et les taxons polluo-résistants dans les gîtes de petites dimensions comme c'est le cas des gîtes urbains hypogés.

5.4. CONCLUSION DE LA 1^{ère} PARTIE

Les caractéristiques physico-chimiques responsables de la pollution de l'eau des gîtes, peuvent être liées à l'apport d'eaux usées (domestiques ou industrielles) et à un non-renouvellement des masses d'eau. De même, la taille réduite des gîtes est un facteur limitant la diversité. FRYER (1985) constate que la diversité des crustacés augmente avec la taille du plan d'eau. Par ailleurs, les conditions hydrologiques des gîtes échantillonnés sont souvent perturbés, particulièrement en ce qui concerne les gîtes périurbains liés aux oueds. Les perturbations fréquentes des eaux des gîtes périurbains (pollution et lessivage) peuvent expliquer en partie l'absence d'un certain nombre de taxons qui, même s'ils existaient, ne pourraient se maintenir. La faune récoltée est en effet très pauvre. Ainsi, de nombreux prélèvements ne recèlent que très peu de taxons et en faible abondance. Cet aspect interviendrait probablement dans la pauvreté faunique. Néanmoins, les résultats obtenus mettent en évidence l'affinité du peuplement culicidien et celui de la faune associée avec les gîtes de El-Khroub et Zighoud Youcef, qui se caractérisent par la présence d'un couvert végétal en bordure des gîtes plus ou moins développé et diversifié. Ces gîtes sont aussi moins perturbés par la pollution d'origine organique. Dans ces gîtes, où la richesse taxonomique est relativement plus importante, les variations de la qualité de l'eau sont moins marquées. Ce qui peut satisfaire le besoin d'un nombre plus important d'espèces à un moment ou un autre de leur cycle de développement. Cependant, les perturbations qui affectent ces gîtes comme la réduction du plan d'eau pendant la saison sèche et le lessivage, expliqueraient en partie l'absence dans les prélèvements d'un certain nombre de taxons.

La faible représentativité des peuplements récoltés résulterait également de la méthode d'échantillonnage destinée à l'étude des *Culex*, et qui ne permet pas le succès des captures d'autres arthropodes. Ces considérations sur l'échantillonnage, nous ont conduit à ne tenir

compte que des abondances relatives des taxons. Les prélèvements révèlent ainsi une pauvreté faunistique réelle. Cette pauvreté qualitative des taxons peut être mise en parallèle avec la nature du gîte autrement dit de la qualité de l'eau.

Les stations où la richesse taxonomique est minimale comprennent des biotopes où la végétation est totalement absente. Il s'agit des gîtes urbains épigés et hypogés où les Diptères Culicidae, représentent à eux seuls plus de 99% du peuplement. Dans ces gîtes, l'espèce *Cx. pipiens* représente à elle seule 97,48% du total des effectifs. Elle est particulièrement abondante dans les gîtes urbains et les gîtes périurbains de Aïn-Smara et Didouche Mourad où la pollution d'origine organique est importante, surtout en été. Les autres espèces culicidiennes par contre, ont une prédilection pour les eaux moyennement polluées ou bien oxygénées.

L'étude spatio-temporelle de *Cx. pipiens* montre à priori que ce moustique a une aire de répartition très large. Cependant, il apparaît clairement que ce Diptère présente une préférence marquée pour les gîtes pollués. Dans les gîtes d'étude où nous avons relevé des densités larvaires importantes de *Cx. pipiens*, la faune associée y est peu représentée. De ce fait, les phénomènes de prédation ou de compétition sont insuffisants pour rendre compte de la prolifération ou de la raréfaction de *Cx. pipiens*. De ce fait, les éléments essentiels responsables de la pullulation de *Cx. pipiens* seraient plutôt liés aux facteurs abiotiques de l'eau qui semblent régir les populations de *Cx. pipiens*. L'analyse globale et le tableau du coefficient de corrélation établissent clairement une relation entre *Cx. pipiens* et les paramètres tels que la température, la DBO₅, l'azote ammoniacal et les chlorures. La température joue un rôle prépondérant dans la régulation des densités préimaginales de *Cx. pipiens*. Cependant, les gîtes étudiés ayant un fonctionnement hydrologique différent, expliquerait l'influence

d'un ou plusieurs facteurs sur les variations de l'espèce. Dans le gîte de Aïn-Smara, la DBO₅ et les faibles teneurs en oxygène semblent agir sur la variation des densités préimaginales de *Cx. pipiens* ($R^2=80\%$). Alors que dans GE1 et GH3, ce sont les facteurs DBO₅ et les chlorures qui se révèlent avoir une influence sur les densités du moustique ($R^2=85\%$ et 81% respectivement). L'influence de la DBO₅ en présence du facteur pH et de la turbidité est plus marquée dans GH1 ($R^2=88\%$). La DBO₅ apparaît donc comme un facteur indispensable. Cependant, dans GH2 ce paramètre ne semble pas intervenir. Pourtant, la variation des densités de *Cx. pipiens* est nettement plus importante en présence de la température, du pH et de la turbidité ($R^2=91\%$). La température est donc un paramètre essentiel mais non suffisant. En effet, l'exemple du gîte situé à Didouche Mourad montre bien que seule la température a une influence moyenne sur la variation des densités larvaires de *Cx. pipiens* ($R^2=52\%$). Les autres paramètres étudiés dans ce gîte ne semblent pas intervenir. De même que dans GE2, le moustique réagit mieux à la température et aux chlorures ($R^2=65\%$). Nous pouvons alors faire ressortir de ce travail que les variations des densités préimaginales de *Cx. pipiens* et sa prolifération sont tributaires des conditions climatiques, des caractéristiques physico-chimiques mais également de l'action anthropique.

DEUXIEME PARTIE

**NUISANCE DE *Cx. pipiens* ET
PERSPECTIVE DE LUTTE**

DEUXIEME PARTIE

NUISANCE GENEREE PAR *Cx. pipiens* ET PERSPECTIVES DE LUTTE

CHAPITRE 1 : NUISANCE DE *Cx. pipiens*

1.1. INTRODUCTION

A Constantine l'espèce *Cx. pipiens* est actuellement la principale source de nuisance à l'intérieur des habitations. Notre attention a été particulièrement attirée par l'inefficacité croissante des aspersiones d'insecticides, ce dont se plaignent les habitants. Depuis plus de cinq années, les méthodes de lutte pratiquées de manière sporadique se font par pulvérisation de malathion. Parallèlement, nous avons testé d'autres insecticides pour proposer une alternative à ce problème de nuisance urbaine et périurbaine.

Selon GEORGHIOU et LAGUNES-TEJEDA (1991), plus de 500 espèces d'insectes ont développé en 1989, une résistance à une ou plusieurs familles d'insecticides. Ainsi, la résistance des moustiques aux insecticides est connue dans de nombreux pays. Elle a été constatée en 1958 au Cameroun (MOUCHET *et al.*, 1960) à la suite de traitement au malathion de *Culex quinquefasciatus*. Une baisse de sensibilité au malathion des souches de *Culex pipiens* urbains et une faible résistance au fenthion sont observées par CHAUVET *et al.* (1971) à Madagascar. LEWALLEN et NICHOLSON (1959) signalent en Californie, la résistance au parathion du moustique *Aedes nigromaculis*. Plus tard, SINEGRE *et al.* (1976) observent après trois années de traitement au chlorpyrifos sur le littoral méditerranéen, une baisse du niveau de sensibilité et même une résistance. Une autre résistance au malathion est également signalée à Chypre (WIRTH et GEORGHIOU, 1996) entre les années 1987 et 1993 avec des CL₅₀ et CL₉₀ respectivement égales à 2,82 et 13,76 ppm.

En réponse à des molécules toxiques, le moustique développe des résistances qui sont génétiquement déterminées. Le déterminisme possible de ces mécanismes de résistance peut être étudié, et on parle alors de gènes de résistance. L'étude de la résistance aux insecticides organophosphorés (O.P) par la génétique des populations concerne plusieurs zones géographiques, plus particulièrement le bassin méditerranéen (RAYMOND et PASTEUR, 1996).

Ainsi, dans le laboratoire de génétique de l'Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, qui étudie ces résistances depuis 1973, nous avons effectué les premiers tests enzymatiques pour la détection des gènes de résistance. Le polymorphisme des estérases surproduites et de l'acétylcholinestérase insensible sont des mécanismes qui interviennent dans la résistance aux organophosphorés. Ainsi, 3 locus ont développé plusieurs allèles résistants (PASTEUR *et al.*, 1981 ; WIRTH *et al.*, 1990 ; POIRIE *et al.*, 1992) : Est-2 codant pour l'estérase B, Est-3 codant pour l'estérase A et Ace codant pour l'acétylcholinestérase.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. Prélèvement des populations

Durant les périodes hivernales et estivales des années 1997 et 1998, nous avons procédé à des prélèvements de diverses populations de *Cx. pipiens*. Nous avons prospecté trois gîtes épigés (Didouche Mourad, GE2, GE3) et trois gîtes hypogés (GH1, GH2, GH3). A l'exception du gîte périurbain situé à Didouche Mourad, tous ces gîtes sont situés dans différents types d'habitations du milieu urbain de Constantine. Les populations ont été prélevées à l'état larvaire ou nymphal en vue d'obtenir par un élevage de nombreuses larves sur lesquelles sont effectués les tests toxicologiques. D'autres larves issues des mêmes prélèvements, sont menées jusqu'au stade adulte pour la réalisation des tests enzymatiques.

Les populations recueillies en janvier 1997, transportées dans des bocaux en plastiques et des sachets remplis à moitié d'eau, ont fait l'objet d'un élevage intensif au laboratoire de Lutte contre les Insectes nuisibles (ORSTOM, Montpellier).

L'élevage des populations prélevées en juin et juillet 1997 et 1998, s'est déroulé à Constantine. La souche de référence S.lab. de l'E.I.D, ramenée à Constantine a été maintenue dans les conditions du laboratoire pour les tests insecticides avec le malathion.

2.1.1. Elevage

Les larves des différentes populations sont placées dans des bacs contenant de l'eau déminéralisée jusqu'au stade nymphal où elles sont nourries avec des croquettes pour chien pulvérisées. L'eau est renouvelée tous les deux à trois jours dans des bacs préalablement lavés ; ces précautions évitent ainsi toute contamination pouvant

éventuellement perturber le développement des larves. Les nymphes sont placées dans des gobelets lesquels sont introduits dans des cages de 20 X 20 cm. Les adultes ainsi obtenus, sont nourris à l'aide d'une solution glucosée à base de miel dont est imprégné du coton, déposé dans une boîte de Pétri.

2.1.2. Conservation des échantillons

Pour l'étude électrophorétique, une trentaine de spécimens adultes mâles et femelles, âgés au minimum de 48 heures, sont congelés à -80°C ; ce qui ne produit aucune altération de l'activité enzymatique (PASTEUR, 1977).

2.1.3. Tests toxicologiques

L'évaluation de la sensibilité de *Cx. pipiens* à différents insecticides, a été effectuée à l'aide de tests toxicologiques sur les larves, car d'une part les résultats sont généralement plus significatifs et d'autre part, les méthodes de lutte actuellement recommandées sont, pour la plupart, basées sur des traitements larvicides.

Ces tests toxicologiques ont été effectués sur trois insecticides organophosphorés: le **téméphos** (ou Abate), le **chlorpyrifos** (ou Dursban) et le **fénitrothion** (ou Sumithion). Les tests insecticides se sont déroulés au niveau d'un des laboratoires de l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication (E.I.D.) ; les tests au **malathion** (O.P.) ont été réalisés au laboratoire d'Entomologie (Université de Constantine).

Les tests de sensibilité sont réalisés selon la méthode standard établie par W.H.O. (1970). Ils consistent à mettre 25 larves dans 249 ml d'eau distillée dans laquelle on ajoute 1 ml d'une solution éthanolique

Tableau 2-1: Méthode d'interprétation des résultats donnés par les tests de sensibilité selon SINEGRE *et al.*, (1976)

CL ₅₀ corrigée/ CL ₅₀ de base Coefficient " K "	CL ₉₀ corrigée/ CL ₅₀ corrigée Coefficient " P "	Interprétation	Symboles Utilisés
K ≤ 2.5	P ≤ 2.5	Homogène sensible	Hom. - S
	2.5 < P ≤ 5	Hétérogène à tolérance Partielle	Hét. - Tp
	5 < P	Hétérogène à résistance Partielle	Hét. - Rp
2.5 < K ≤ 5	P ≤ 2.5	Homogène tolérante	Hom. - T
	P > 2.5	Hétérogène à résistance partielle	Hét - Rp
5 < K	P ≤ 2.5	Homogène résistance	Hom. - R
	P > 2.5	Hétérogène résistante	Hét. - R

de l'insecticide à tester. Pour chacune des concentrations croissantes du produit, le test est répété 4 fois. Le dénombrement des individus morts ou moribonds s'effectue après 24 heures. Les résultats sont analysés graphiquement en étudiant la corrélation entre les mortalités exprimées en probit et les concentrations d'insecticide exprimées en logarithme. La comparaison se faisant toujours par rapport à une souche de référence S.Lab, qui est une souche sensible isolée par GEORGHIOU *et al.* (1966).

Les principaux résultats retenus sont les concentrations moyennes provoquant une mortalité de 50% (CL₅₀) ou de 90% (CL₉₀), la pente de la droite de mortalité et le taux de résistance de la population étudiée par rapport à la souche de référence.

Les taux de mortalité enregistrés aux différentes concentrations pour chacune des populations testées, sont reportés sur papier Log-probit. Ainsi les CL₅₀ et CL₉₀ exprimées en mg/l, lues directement à partir de la droite de régression tracée à vue sont reportés dans les Tableaux 3-1 à 3-4. Une courbe de mortalité représentée par une droite, indique que l'échantillon d'individus qui est testé est homogène vis à vis de la résistance à l'insecticide étudié. Par contre, la présence d'un plateau ou d'une inflexion signale une hétérogénéité de cette résistance. Pour une meilleure représentation des droites de régression, nous avons utilisé le programme log-probit établi par RAYMOND *et al.*, (1993)

L'interprétation des résultats de nos tests, est basée sur une méthode de classification proposée par SINEGRE *et al.* (1976) (Tableau 2-1). Cette méthode tient compte des valeurs observées pour la CL₅₀ et du rapport CL₉₀/CL₅₀.

2.1.4. Tests enzymatiques : détection des gènes de résistance

Deux tests sont effectués pour la détection de gènes de résistance aux O.P: ils sont de nature chimique.

- **l'électrophorèse pour la détermination des estérases de fortes activités** : le test de détection des gènes codant pour la synthèse des estérases est réalisé par électrophorèse en gel d'Amidon (PASTEUR *et al.*, 1988). L'augmentation de la détoxification par ces protéines sont responsables de la résistance aux organophosphorés.

- **le test « TEP » pour la détermination du génotype du locus Ace codant l'acétylcholinestérase** : l'AChe est codée par un gène unique (Ace) avec 2 allèles : Ace^S qui code l'AChe sensible (normale) et Ace^R qui code l'AChe insensible à l'inhibition par certains O.P et carbamates (dont le propoxur).

2.1.4.1. Etude électrophorétique

Pour déterminer la présence ou l'absence d'estérases de forte activité, les protéines d'un broyât de moustique sont séparées en fonction de leur charge électrique dans un gel d'amidon (PASTEUR *et al.*, 1988). Les estérases sont ensuite localisées dans le gel grâce à l'hydrolyse du naphthyl acétate.

Le gel d'amidon d'épaisseur de 1 centimètre est préparé dans une solution tampon, puis coulé dans un moule 24 heures avant la manipulation. Le système tampon utilisé pour la recherche des estérases est le tris (0,046 M) – citrate (0,007 M) de pH 8,3.

Sur 6 échantillons analysés, 3 sont issus de gîtes épigés et 3 de gîtes hypogés. Au total 180 moustiques ont été caractérisés (30 individus pour chacun des gîtes) au niveau des estérases et du gène Ace.

Les moustiques de chacun des échantillons sont broyés dans 12 μ l d'eau distillée. L'homogénat sert à imbiber des rectangles de papier Wathman n°3 de 1 x 0,3 cm de côté. Ces derniers sont placés verticalement dans une fente longitudinale pratiquée à 5 cm du bord du gel. Les souches connues pour leur résistance sont utilisées comme témoins (Tableau 3-5) et insérés dans le gel. Il s'agit des souches Barriol pour l'estérase A1 (CHEVILLON *et al.*, 1995), Selax pour les estérases A4 et B4 (WIRTH *et al.*, 1990) et Vim pour les estérases A2 et B2 (POIRIE *et al.*, 1992). Pour suivre la migration, du bleu de bromophénol est déposé au niveau de la fente. Ensuite, le gel d'amidon est comprimé à l'aide d'un tuyau de caoutchouc que l'on place le long du bord du moule, du côté des échantillons.

Le contact entre le gel et le tampon d'électrodes de type Lithium (0,05 M) – Borate (0,19 M) pH 8,1, pour l'électrophorèse des estérases est assuré par des bandes d'éponges ; le tout est recouvert d'un film de cellophane et d'une plaque de verre. Les électrodes sont reliées à un générateur de courant continu en plaçant les échantillons du côté de la cathode. Après la fin de la migration électrophorétique, le gel est découpé au niveau de la fente du dépôt ; le coin du gel est coupé en biais permettant ainsi de repérer l'ordre des échantillons. Les papiers Wathman sont enlevés et le gel est déposé sur une plaque de plexiglas où l'on découpe des tranches de 2mm d'épaisseur.

Le gel ainsi découpé est inoculé dans 40 ml d'une solution tampon sodium phosphate (0,1 M de pH 6,5) contenant 2 ml d' α naphthyl acétate et 3 ml de β naphthyl acétate pendant 7 minutes. On ajoute ensuite environ 300 mg de Fast Garnett GBC

2.1.4.2. Détermination du génotype au locus Ace (acétylcholinestérase)

- **Principe et description du test**

Chez *Cx. pipiens*, l'AchE est codée par un gène unique (Ace) avec deux allèles : Ace^S codant l'AchE normale et Ace^R codant l'AchE insensible à l'inhibition par certains organophosphorés et carbamates (dont le propoxur). Le test utilisé est celui de la méthode décrite par RAYMOND *et al.* (1985). Il est basé sur la comparaison de l'activité de l'AchE d'un individu en présence et en l'absence d'une concentration de propoxur. Cette dose inhibe totalement l'AchE des individus Ace^{SS}, partiellement celle des individus Ace^{RS}, mais n'affecte pas celle des individus Ace^{RR}.

Le test est réalisé dans une plaque de microtitration divisée en quatre colonnes de trois puits pour chaque insecte, désignés par la lettre T.E.P (T=Témoin, E=Eau, P=Propoxur). L'ensemble tête-thorax de chaque moustique est broyé dans un tube Eppendorf de 1,5 ml contenant 250 µl de tampon sodium phosphate (0.1 M, pH 7.8) contenant 1% de triton X100. 100 µl de surnageant d'homogénat sont déposés dans les puits T et ; le puit central E contient 100µl d'eau distillée. Lorsque tous les individus sont déposés, on ajoute 10 µl de propoxur à $6.6 \cdot 10^{-3}M$ dans les puits P. Après une incubation de 15 à 30 minutes, 100 µl d'une solution de révélation (5-5-dithiobis-2-nitrobenzoic acid, de l'acéthythiocholine iodide dans du tampon sodium phosphate) sont additionnés dans chaque puits. Une coloration jaune se manifeste en quelques minutes, son intensité étant proportionnelle à l'activité de l'AchE. La lecture du test se fait selon une observation visuelle qui nécessite la connaissance de quelques caractères techniques. Cette lecture consiste à comparer l'intensité de coloration obtenue. Dans le puit T, les individus homozygotes sensibles et hétérozygotes présentent une activité enzymatique maximale de coloration jaune-orangée. Par contre cette activité est moins importante

chez les individus homozygotes résistants. Si l'intensité de coloration dans les puits P est égale à celle du puit E, l'individu est de phénotype homozygote sensible Ace^{SS} ; si l'intensité du puit P est intermédiaire entre celles des puits T et P, le phénotype de l'individu est Ace^{RS} ; si l'intensité est identique dans les puits P et T, l'individu est homozygote résistant Ace^{RR} .

CHAPITRE 3: RESULTATS

3.1. TESTS INSECTICIDES

Les calculs du taux de résistance (R/S) font appel à la sensibilité de base. Ce taux représente le rapport entre la CL_{50} observée dans le test, et la CL_{50} de la souche sensible égale à 0.038 mg/l (malathion), 0,00075 mg/l (téméphos), 0,0055 mg/l (fénitrothion) et 0,0008 mg/l (chlorpyrifos). Ces trois derniers insecticides ont été testés sur deux populations, l'une épigée et l'autre hypogée. Pour le malathion, nous avons testé six gîtes, dont trois épigés et trois hypogés. Les lignes de régression sont tracées à partir des pourcentages moyens de mortalité obtenus pour chaque population. Les CL_{50} et CL_{90} moyennes sont reportés dans les tableaux 3-1 à 3-4.

L'interprétation des résultats de nos tests, est basée sur l'observation des courbes mais surtout sur une méthode de classification proposée par SINEGRE *et al.* (1976) (Tableau 2-1). Cette méthode tient compte des valeurs observées pour la CL_{50} et du rapport CL_{90} / CL_{50} .

Les valeurs du rapport CL_{50} corrigé/ CL_{50} de base, dénommé arbitrairement coefficient K (Tableau 2-1) correspond à une première discrimination. La deuxième discrimination est fonction des valeurs limites du rapport CL_{90} / CL_{50} dénommé coefficient P et permet de statuer sur le taux de résistance et l'hétérogénéité des individus testés.

Lorsque le coefficient de pente P (CL_{90}/CL_{50}) est inférieur à 2,5, la ligne de régression a une pente forte qui témoigne d'une population homogène.

Tableau 3-1: Résultats des tests effectués avec le téméphos sur trois populations de *Cx. pipiens* prélevées en milieu périurbain (Didouche M.) et urbain (GE1 – GH3).

Gîtes	Biotopes	CL ₅₀	CL ₉₅	CL ₅₀ corrigée/ CL ₅₀ de base Coefficient K	CL ₅₀ corrigée/ CL ₅₀ corrigée Coefficient P	Interprétation
épigés	Retenue d'eau Didouche Mourad	0,0012	0,0019	1,6	1,58	Homogène sensible
épigés	Fossé (GE1)	0,0016	0,003	2,13	1,87	Homogène sensible
hypogé	Vide sanitaire GH3	0,0016	0,0025	2,13	1,56	Homogène sensible

Tableau 3-2 : Résultats des tests effectués avec le chlorpyrifos sur trois populations de *Cx. pipiens* prélevées en milieu périurbain (Didouche M.) et urbain (GE1 – GH3).

Gîtes	Biotopes	CL ₅₀	CL ₉₅	CL ₅₀ corrigée/ CL ₅₀ de base Coefficient K	CL ₅₀ corrigée/ CL ₅₀ corrigée Coefficient P	Interprétation
épigés	Retenue d'eau Didouche Mourad	0,0012	0,002	1,5	1,66	Homogène sensible
épigés	Fossé (GE1)	0,0018	0,003	2,25	1,66	Homogène sensible
hypogé	Vide sanitaire GH3	0,0014	0,0035	1,75	2,5	Homogène sensible

3.1.1. Le téméphos

Sur les trois populations testées, la droite de régression est assez fortement inclinée, la pente (P) est élevée et varie de 1,56 à 1,87 (Tableau 3-1). Ceci indique que les populations sont homogènes sensibles vis à vis du téméphos (Figure 3-1).

3.1.2. Le chlorpyrifos

Les résultats des tests réalisés à partir des larves issues des mêmes populations testées avec le téméphos, montrent comme pour cet insecticide, une homogénéité avec une sensibilité (Figure 3-2). Cependant, les individus du gîte hypogé GH3, représenté par un vide sanitaire, sont sensibles au seuil limite de l'hétérogénéité et donc assez proche de la tolérance pour une partie de la population (P=2,5) (Tableau 3-2).

3.1.3. Le fénitrothion

Parmi les individus testés avec le fénitrothion, il apparaît une différence pour ceux provenant du gîte épigé Didouche Mourad. On enregistre en effet, une hétérogénéité constante qui se traduit par un plateau de mortalité de la courbe log. probit; ceci signifie qu'une partie de la population est tolérante ou résistante. Les deux autres populations (GE1 et GH3), sont homogènes résistantes (Figure 3-3 ; Tableau 3-3).

3.1.4. Le malathion

Les résultats des tests avec le malathion révèle que les populations des gîtes épigés et hypogés sont hétérogènes résistantes (Tableau 3-4). Comme en témoigne l'allure des courbes, une

Tableau 3-3: Résultats des tests effectués avec le fénitrothion sur trois populations de *Cx. pipiens* prélevées en milieu périurbain (Didouche M.) et urbain (GE1 – GH3).

Gîtes	Biotopes	CL ₅₀	CL ₉₀	CL ₅₀ corrigée/ CL ₅₀ de base Coefficient K	CL ₉₀ corrigée/ CL ₅₀ corrigée Coefficient P	Interprétation
épigés	Retenue d'eau (Didouche Mourad)	0,096	0,256	17,45	2,66	Hétérogène résistante
épigés	Fossé (GE1)	0,098	0,210	17,81	2,14	Homogène résistante
hypogé	Vide sanitaire GH3	0,128	0,250	23,27	1,95	Homogène résistante

Tableau 3-4 : Résultats des tests effectués par le malathion sur six populations de *Cx. pipiens* prélevées en milieu urbain

Gîtes	Biotopes	CL ₅₀ (ppm)	CL ₉₀ (ppm)	CL ₅₀ corrigée/ CL ₅₀ de base Coefficient K	CL ₉₀ corrigée/ CL ₅₀ corrigée Coefficient P	Interprétation
Didouche Mourad	Fossé	0,39 (0,35-0,45)	3,35 (1,6-4,5)	11,14	8,58	Hétérogène résistante
GE2	Retenue d'eau	0,38 (0,35-0,41)	3,13 (1,6-4)	10,85	8,23	Hétérogène résistante
GE3	Bassin	0,40 (0,35-0,47)	2,02 (1,6-3,5)	11,42	5	Hétérogène résistante
GH1	Cave inondée	0,42 (0,38-0,52)	2,33 (1,28-2,8)	12	5,54	Hétérogène résistante
GH2	Fossé	0,43 (0,35-0,50)	2,44 (1,4-3,5)	12,28	5,67	Hétérogène résistante
GH3	Vide sanitaire	0,42 (0,35-0,44)	2,56 (1,28-2,2)	12	6,09	Hétérogène résistante

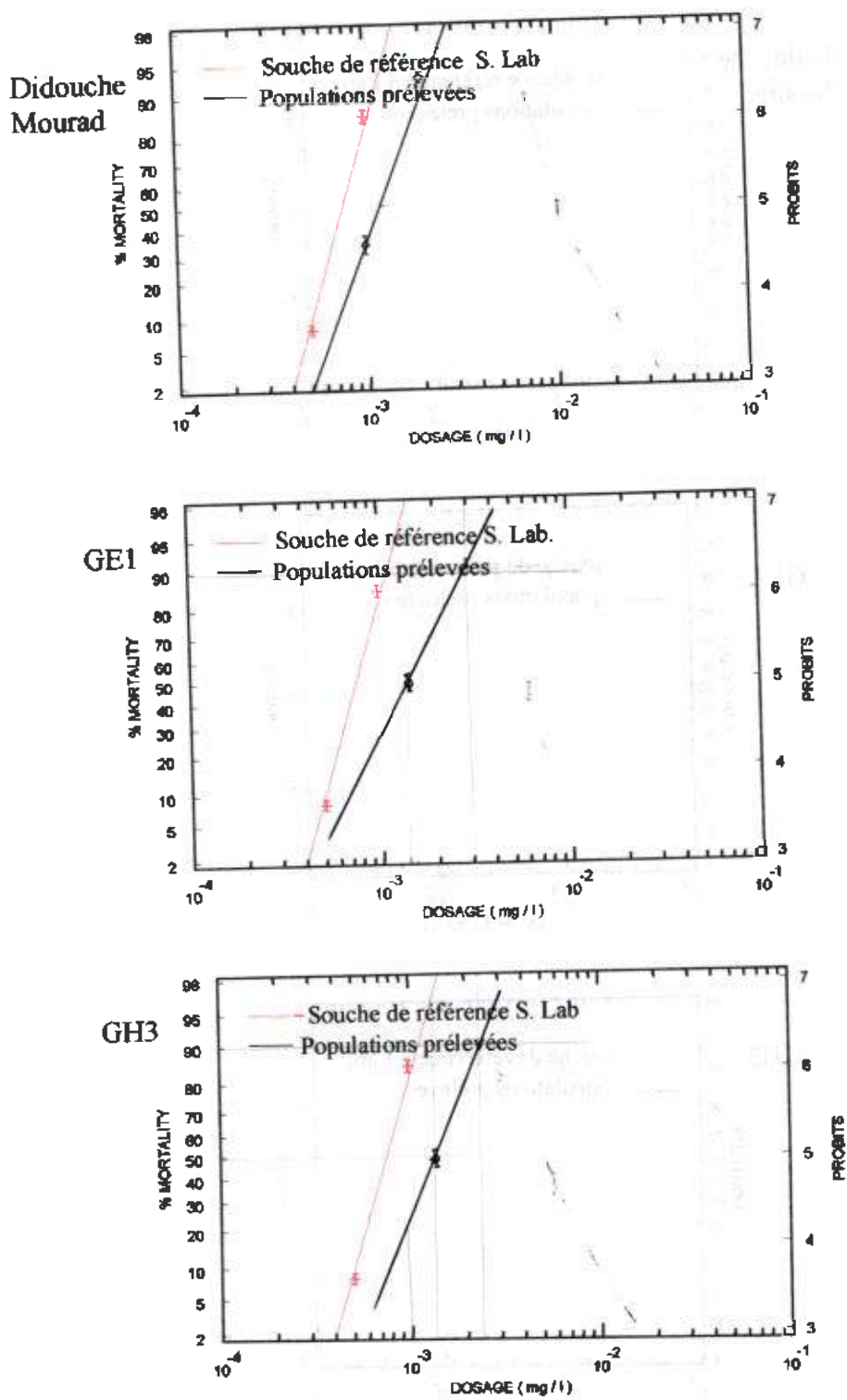


Figure 3-1: Sensibilité des larves de *Cx. pipiens* au téméphos à partir de populations prélevées à Constantine.

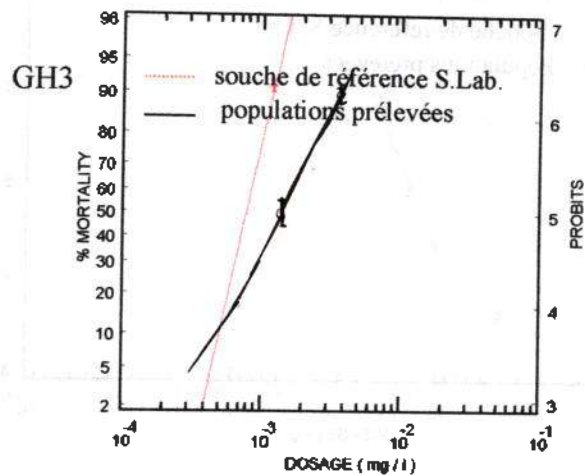
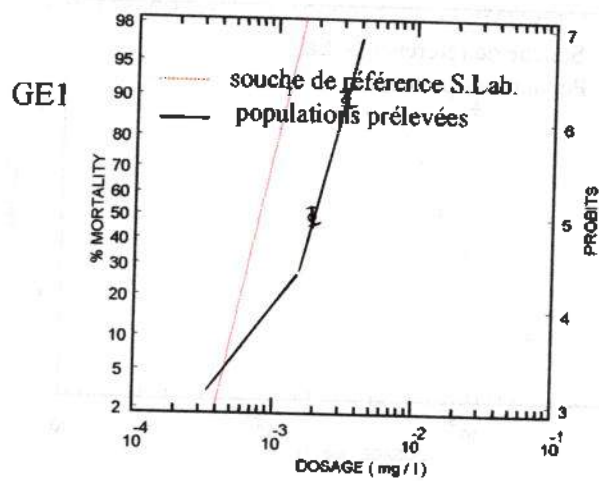
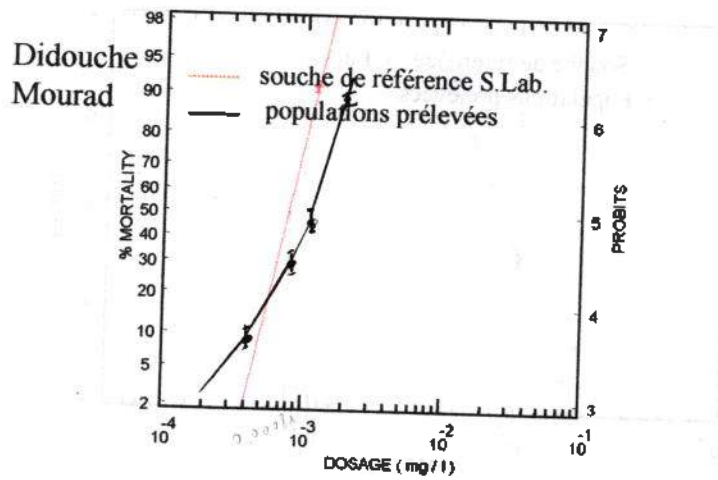
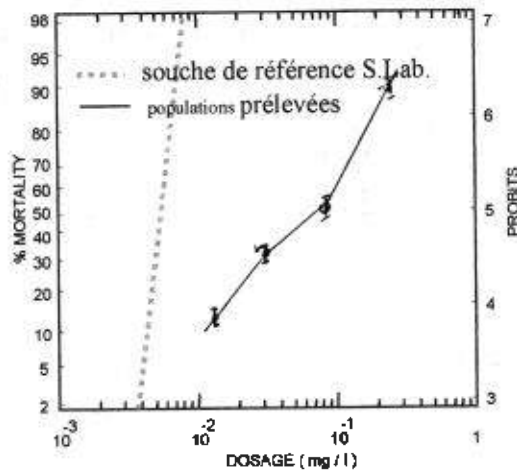
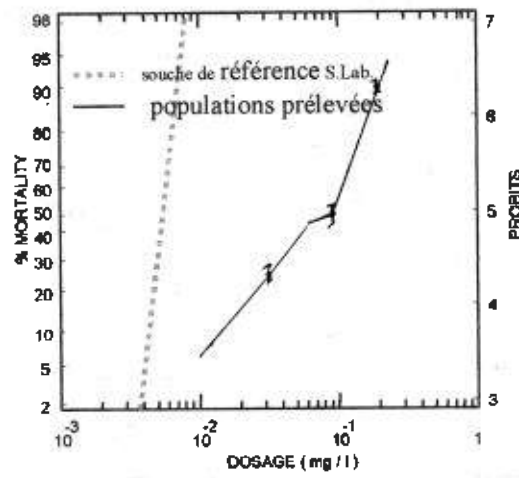


Figure 3-2: Sensibilité des larves de *Cx. pipiens* au chlorpyrifos à partir de populations prélevées à Constantine.

Didouche
Mourad



GE1



GH3

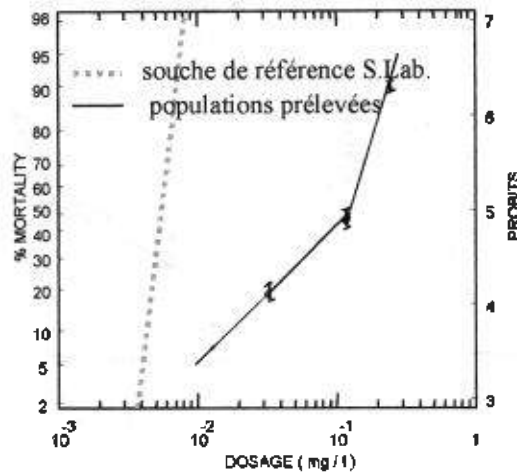


Figure 3-3- Sensibilité des larves de *Culex pipiens* au fénitrothion, à partir de populations prélevées, à Constantine.

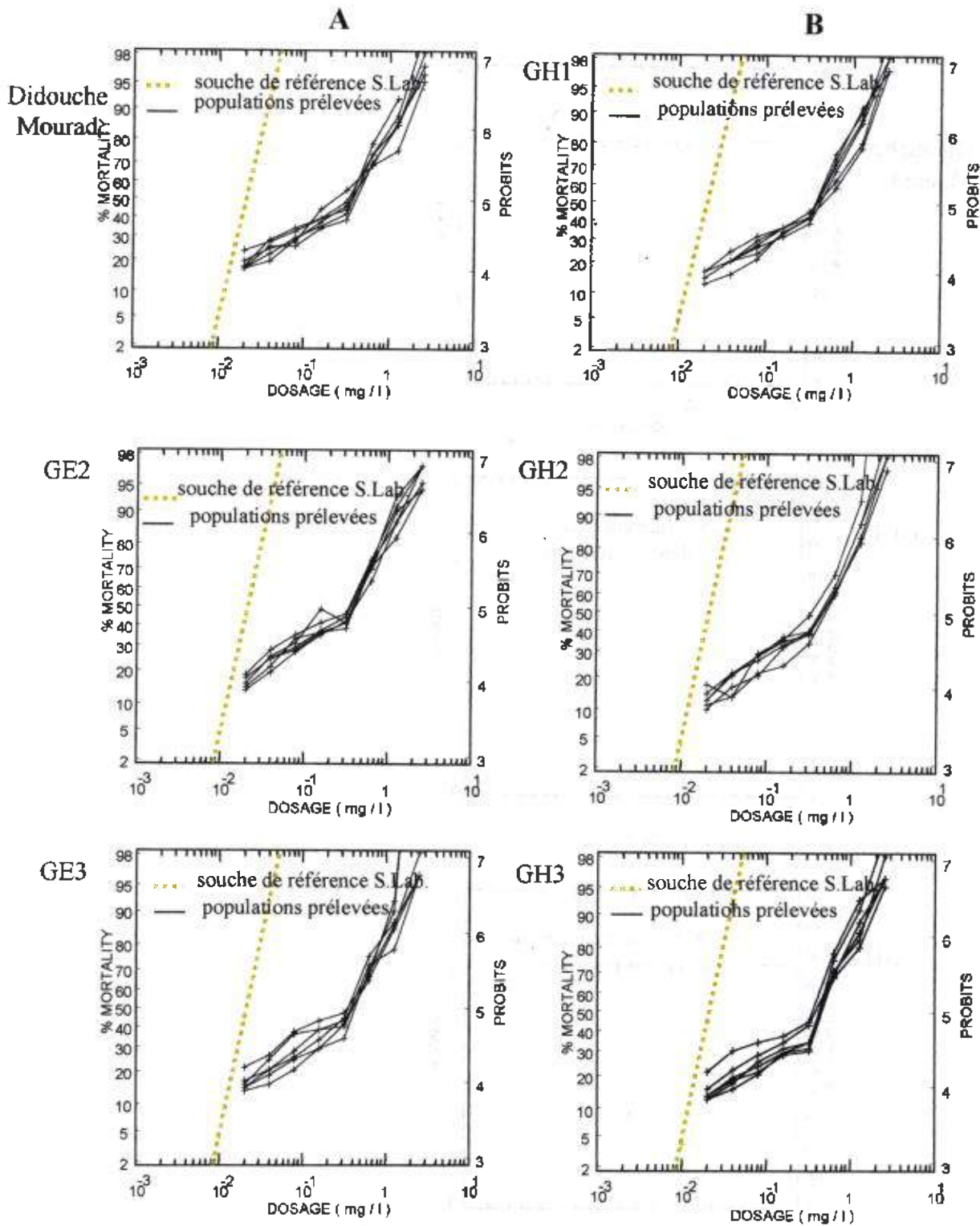


Figure 3-4- Sensibilité des larves de *Cx. pipiens* au malathion, à partir de populations prélevées, à Constantine.
 A: dans les gites épigés, B: dans les gites hypogés.

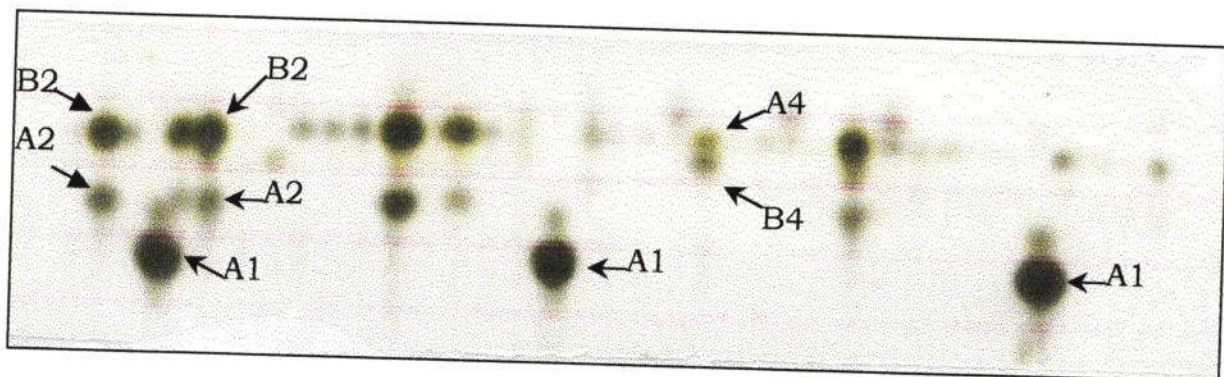


Figure 3-5: Estérases surproduites chez *Culex pipiens*. Caractérisation des électromorphes selon leur rapidité de migration

Tableau 3-5 : Souches de laboratoire utilisées comme témoins. Les marqueurs des gènes de résistance sont des estérases surproduites et l'acétylcholinestérase insensible.

Souches	Sous espèces	Gènes de résistance	origine
Barriol	<i>Cx. p. pipiens</i>	Estérases A1	France (Chevillon <i>et al.</i> , 1995)
MSE	<i>Cx. p. pipiens</i>	Ace (RR)	France (Raymond <i>et al.</i> , 1990)
Selax	<i>Cx. p. quinquefasciatus</i>	Estérases A2, B2	Californie (Wirth <i>et al.</i> , 1990)
Vim	<i>Cx. p. pipiens</i>	Estérases A4, B4	France (Poirié <i>et al.</i> , 1992)

hétérogénéité constante est traduite par une inflexion de la droite de régression qui indique qu'une partie de la population est tolérante ou résistante (Figure 3-4A et 3-4B).

3.2. LES GENES DE RESISTANCE

Les résultats des tests ont révélé la présence de deux gènes amplifiés A2-B2 (Figure 3-5). Ces gènes sont identifiés sur une population de 30 individus appartenant à un gîte périurbain (Didouche Mourad). Leur fréquence étant trop faible, il nous semble hasardeux d'attribuer la résistance au malathion à ces seuls gènes. Chez les individus issus des gîtes hypogés, aucune estérase amplifiée n'a été révélée. La résistance observée ne serait donc pas due aux estérases amplifiées A2-B2.

Le gène Ace^R est faiblement représenté dans les échantillons analysés. Nous avons déterminé deux individus hétérozygotes uniquement pour Ace^R . La présence de ce gène pourrait être mise en relation avec la résistance que ce gène confère à l'insecticide le plus utilisé : le malathion.

CHAPITRE 4 : DISCUSSION

BROWN (1983) cité par ZAMBURLINI et BELLANTONE (1993) suggère qu'une souche est résistante à un insecticide si le taux de résistance est supérieur à 10, alors que SINEGRE et al. (1976) propose un taux supérieur à 5.

Dans les gîtes situés en milieu urbain (GE2, GE3, GH1, GH2 et GH3) et périurbain (Didouche Mourad) de Constantine, toutes les populations de *Cx. pipiens* sont apparues résistantes au malathion et au fénitrothion (Tableau 1), avec un taux de résistance (R/S) toujours supérieur à 10 ou à 5 selon les concentrations létales considérées. D'autre part, les valeurs limites du rapport CL_{90}/CL_{50} (coefficient de pente "P") supérieur à 2,5 (Tableau 2), montrent une hétérogénéité des individus testés avec le malathion mais aussi avec le fénitrothion pour les individus issues du gîte périurbain Didouche Mourad. Notre attention doit porter sur le caractère hétérogène des populations testées, qui peut disparaître au fur et à mesure des traitements par l'augmentation de la fréquence des individus résistants.

Le malathion est selon les services concernés, le seul insecticide utilisé pour la lutte anti-moustique, ce qui pourrait expliquer la résistance de *Cx. pipiens* à ce produit dont le mécanisme est la surproduction de deux enzymes, les estérases A2 et B2. Celles-ci "capturent" les insecticides avant qu'ils ne perturbent le système nerveux des insectes. Cette surproduction est due, soit à une augmentation simultanée du nombre de copies des deux gènes correspondants (RAYMOND et al., 1989 ; POIRIE et al., 1992), soit à un phénomène de régulation de leur expression (ROOKER et al., 1996).

La résistance observée pourrait être imputable à l'utilisation d'insecticide dans un but autre que la lutte contre *Cx. pipiens*. Cette explication est sûrement valable pour expliquer la résistance du

moustique au fénitrothion, qui n'est pas utilisé à Constantine et ses environs. En effet, cette résistance observée chez les individus provenant d'un gîte épigé situé en milieu périurbain, est probablement due à une pression de sélection par les pesticides agricoles. C'est une hypothèse intéressante qui devrait être confirmée par une enquête destinée à préciser quels sont les pesticides agricoles, utilisés à Constantine, qui pourraient être responsable de la résistance au fénitrothion constatée en milieu périurbain. Ainsi, ZAMBURLINI *et* BELLANTONE (1993) rapportent que les larves de *Cx. pipiens* issues d'une zone intensément et uniformément traitée dans le Nord-Est de l'Italie, sont résistantes au malathion avec un taux de résistance toujours supérieur à 10. L'utilisation intense des organophosphorés peut représenter un puissant agent de sélection dans les populations naturelles de *Cx. pipiens*. Par ailleurs, des études sur la fréquence des gènes de résistance sur des populations naturelles en Italie, ont montré que les estérases A2-B2 avaient disparu après avoir cessé les traitements insecticides avec les organophosphorés (SEVERINI *et al.*, 1993).

A Constantine et ses environs, les traitements anti-moustiques ne sont pas fréquents et visent essentiellement les gîtes hypogés plus particulièrement les vides sanitaires quand il est possible d'y accéder, mais également certains gîtes épigés tels les fossés et les retenues d'eau. Ainsi, le taux de résistance au malathion varie peu d'un biotope à l'autre ou d'un gîte à l'autre (Figure 3-4). Cela suggère qu'il y aurait, comme l'a souligné RIVET (1992) des échanges génétiques entre les populations des gîtes hypogés et celles des gîtes épigés qui peuvent expliquer la source d'une dissémination des gènes de résistance A2-B2.

Les tests effectués avec le téméphos et le chlorpyrifos se sont avérés intéressants. En effet, les individus testés se sont révélés sensibles à ces deux produits. En Tunisie par contre, la résistance de *Cx. pipiens* au chlorpyrifos est très élevée (10.000 fois - BEN CHEIKH *et*

al., 1998) bien plus qu'en France (environ 100 - RAYMOND *et al.*, 1986) ou en Italie (de 67 à 183 fois - SILVESTRINI *et al.*, 1998). Une faible résistance au téméphos est observée en Tunisie (≤ 10 fois - BEN CHEIKH *et al.*, 1998) et en France (RAYMOND *et al.*, 1986).

CHAPITRE 5 : CONCLUSION DE LA 2^{ème} PARTIE

Avant cette étude, aucune recherche sur une éventuelle résistance aux insecticides n'avait été réalisée à Constantine. Ainsi, l'enquête menée pour la première fois a permis d'évaluer le niveau de sensibilité au malathion et au fénitrothion de *Cx. pipiens* qui apparaît résistant à ces organophosphorés. Après plus de cinq années de traitement par le malathion, les populations larvaires de *Cx. pipiens*, ont acquis un niveau de résistance relativement élevée. Il est de 11 fois (gîtes épigés) à 12 fois (gîtes hypogés) supérieur à celui de la souche de référence. Selon les renseignements recueillis auprès du service d'hygiène de Constantine, le fénitrothion n'est pas utilisé. Pourtant les résultats obtenus sur 3 gîtes seulement, révèlent un niveau de résistance bien plus important qu'avec le malathion ; il est de 17 (2 gîtes épigés) à 23 (1 gîte hypogé). De ce fait, il serait intéressant de suivre la résistance de ce moustique en fonction des traitements par les insecticides utilisés, et de déterminer l'impact de cette résistance sur leur efficacité.

L'acquisition de la résistance de *Cx. pipiens* au malathion est un problème majeur dont les services d'hygiène doivent tenir compte, en vue d'un plan opérationnel. Les résultats obtenus constituent un premier signal d'alarme et sollicitent par conséquent l'adoption de stratégie de lutte anti-larvaire adéquate pour prévenir l'ampleur du phénomène. De ce fait, les résultats sur la sensibilité du chlorpyrifos et du téméphos vis à vis de *Cx. pipiens* sont intéressants si l'on envisage dans un proche avenir, d'utiliser d'autres produits d'efficacité plus grande.

Le malathion étant le principal insecticide utilisé pour la lutte anti-moustique, pourrait expliquer la résistance de *Cx. pipiens* à ce produit dont le mécanisme est la surproduction de deux enzymes, les estérases A2 et B2.

Chez les individus issus des gîtes hypogés, aucune estérase amplifiée n'a été révélée. La résistance observée n'est donc pas due aux estérases amplifiées A2-B2.

Parmi les facteurs de résistance connus, nous signalons pour la première fois à Constantine les estérases A2 et B2, qui donnent une résistance moyenne aux organophosphorés. Ces estérases ne sont toutefois détectées que chez des moustiques provenant d'un gîte épigé situé à Didouche Mourad. Le second gène de résistance détecté code une modification de la cible des organophosphorés. Cette cible est l'acétylcholinestérase (Ache) des synapses. Dans les populations analysées, nous avons mis en évidence la présence de l'allèle Ace^R qui procure une résistance aux organophosphorés. Cependant ils sont très faiblement représentés et ne peuvent faire l'objet d'une interprétation.

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

Les travaux entrepris dans cette étude, représentent une première approche de la connaissance des différents gîtes et de l'écologie de *Cx. pipiens* afin d'adapter les moyens de lutte selon nos propres conditions.

Les petites collections d'eau ont d'autant plus retenu notre attention qu'elles constituent souvent des gîtes potentiels pour le moustique sténotope qu'est *Cx. pipiens*. Les gîtes situés à proximité immédiate des cours d'eau, connaissent des bouleversements fréquents et importants en liaison avec les fortes variations de débits observés pendant les périodes chaudes. Depuis de nombreuses années, l'action anthropique est devenue de plus en plus apparente au niveau des oueds. L'intensification des interventions humaines a engendré un certain nombre de perturbations du fonctionnement naturel de ces milieux, en particulier une dégradation de la qualité des eaux. Certains milieux aquatiques, particulièrement les gîtes épigés périurbains, que sont les oueds, constituent le réceptacle des produits azotés et phosphatés issus en grande partie de l'agriculture des terres avoisinantes. Nous avons souhaité apprécier la variabilité des concentrations de divers éléments dissous ou particuliers en fonction du temps et celle des paramètres physiques de l'eau afin d'établir des relations avec la pullulation du moustique *Cx. pipiens*.

De cette étude, il nous semble intéressant de retenir quelques points importants. Les variations des concentrations en éléments dissous et celles des matières en suspensions, sont sous l'influence des débits d'eau et donc des saisons (BRUNET, 1997). Les stades préimaginaux de *Cx. pipiens* semblent inféodés à des conditions mésologiques peu strictes. Au vu des paramètres étudiés, un gîte doit présenter une eau chlorurée et polluée (riche en matière organique et en

azote ammoniacal) pour permettre à ce moustique un développement rapide et atteindre par conséquent des densités élevées. L'étude spatio-temporelle de *Cx. pipiens* montre que cette espèce est largement représentée avec une aire de répartition qui semble dépendre de la nature du gîte. Ainsi, l'interrelation et l'action combinée ou simultanée des paramètres abiotiques sur les populations larvaires de *Cx. pipiens*, ont pour conséquence une augmentation de la vitesse de développement. Celle-ci se traduit souvent par une prolifération intense de ce moustique, particulièrement dans les gîtes pollués. Par ailleurs, les résultats obtenus indiquent que la plupart des espèces culicidiennes et la faune compagne apparaissent quand les conditions climatiques sont favorables. Le dénombrement des taxons qui constitue la faune associée au *Cx. pipiens* suggère en général une richesse spécifique peu élevée. Dans les gîtes urbains hypogés, cette richesse est surtout représentée par les Diptères (Chironomidae et Syrphidae) qui supportent des eaux très polluées. Dans de telles conditions, *Cx. pipiens* reste cependant le mieux représenté.

L'enquête menée à Constantine, nous a permis d'évaluer le niveau de sensibilité au malathion de *Cx. pipiens* qui apparaît résistant à cet organophosphoré. En effet, le niveau de résistance de *Cx. pipiens* vis à vis du malathion est de 11 à 12 fois supérieur à celui de la souche sensible.

Compte tenu de l'essai de lutte par les tests insecticides menés au laboratoire et des résultats obtenus, on peut d'ores et déjà envisager d'en tirer des recommandations pratiques pour les services de santé publique. Dans un proche avenir, il serait souhaitable de remplacer le malathion par un autre insecticide, lequel aurait bien entendu fait l'objet de tests préalables. A cet effet, le téméphos est un insecticide à proposer car il a fait l'objet de tests au laboratoire sur des populations larvaires qui se sont révélées sensibles. Néanmoins, si le malathion

continu à faire l'objet d'une utilisation intensive, il semble impératif de maintenir le niveau de résistance de cet organophosphoré par un suivi régulier des gîtes potentiels. Pour cela, il faut établir un programme de surveillance basé sur des tests réguliers. Comprendre comment, pourquoi et à quel rythme apparaissent ces résistances présente un intérêt certain., aussi bien agronomique, que médical ou économique. Par ailleurs, l'étude de l'évolution de la résistance aux pesticides est un bel exemple d'évolution sous l'effet de la sélection naturelle. En effet, l'apparition de résistance est vue comme la réponse adaptative d'organismes soumis à une modification de l'environnement, en l'occurrence l'usage d'insecticides. Le moustique *Culex pipiens* ayant une distribution mondiale et soumis de par le monde à un intense programme de lutte, constitue, tant sur le plan fondamental qu'appliqué, un modèle remarquable.

Identifier le mécanisme de la résistance (s) et des gènes aussitôt qu'ils paraissent dans les populations naturelles, est important pour envisager une stratégie de contrôle qui préviendrait la dispersion et l'évolution de la résistance. Par conséquent, tant pour les tests au laboratoire que pour ceux effectués en milieu naturel, il convient de disposer d'un grand nombre de larves. Seul un élevage permettra donc d'assurer le bon déroulement visant à contrôler la sensibilité de *Cx. pipiens*.

On ne connaît pas la proportion de larves à éliminer pour diminuer la densité de moustiques adultes dans une zone où les gîtes larvaires sont multiples et variés (SERVICE, 1984). Cependant, les gîtes liés aux activités humaines sont a priori les mieux contrôlables lors d'une action de lutte antilarvaire. Ils sont en effet plus faciles à trouver, et éventuellement à supprimer que les gîtes naturels. La solution optimale serait bien sûr de limiter leur création. Le cas des fossés à ciel ouvert est significatif à cet égard. C'est en effet un type de gîte où il serait facile d'interdire l'accès aux moustiques adultes, et donc la ponte

des œufs par les femelles, en évitant de jeter les eaux usées. La lutte contre cette nuisance doit passer d'abord par des plans d'aménagements et par la mise en place d'un réseau d'assainissement adéquat. Ce contrôle doit aussi passer par l'information et la sensibilisation du citoyen.

Quant à l'intervention des services concernés, il est urgent d'imposer une réglementation de manière draconienne accompagnée de méthodes d'intervention et de stratégie de lutte contre les moustiques. Pour les méthodes d'intervention de lutte contre les moustiques, il faut répertorier tous les gîtes permanents ou potentiels susceptibles d'héberger des larves de moustiques. Une fois les gîtes répertoriés, une étude de leur fonctionnement et leur suivi s'impose. Par ailleurs, la lutte contre les nuisances doit obéir à un double impératif: être efficace pour assurer la protection du citoyen et être acceptable pour l'environnement. Ceci implique qu'elle soit bien ciblée sur les gîtes où la nuisance dépend des densités larvaires. Cependant ces densités varient considérablement selon les types de gîtes et contribuent par conséquent, de façon très différente à la nuisance. Ainsi, les gîtes urbains hypogés et épigés de dimensions réduites mais hébergeant des populations denses toute l'année, doivent être contrôlés régulièrement. Les gîtes périurbains dont la superficie peut être grande, présente des densités larvaires variables. En été, ces gîtes présentent des densités élevées et devraient être contrôlés.

Pour aboutir au contrôle efficace de ces populations culicidiennes, nous devons nous préoccuper des fluctuations des populations de ces insectes, c'est à dire de l'action du milieu, biotique et abiotique, sur ces variations. Par ailleurs, une connaissance approfondie de la biologie de ce moustique et de son comportement trophique permettra d'intervenir de manière efficace. Il est certain que ces études ne seront pas suffisantes pour expliquer l'ensemble des observations, mais devraient permettre d'envisager une stratégie de lutte contre les moustiques entre

autres *Culex pipiens*, qui pourrait être complétée par une autre approche dans l'avenir.

Dans l'immédiat, la destruction des moustiques adultes par fumigation doit être exclue ou, du moins reste peu recommandée car onéreuse et dangereuse. Au contraire, la lutte contre les larves, ponctuelle, limitée dans l'espace et dans le temps, constitue la base d'une stratégie appropriée qui n'exige pas de moyens lourds ni d'un personnel qualifié.

En zone urbaine, nous ne possédons pas d'indicateurs aussi valable que la végétation dans le milieu naturel. De plus, la dynamique des gîtes larvaires, si elle est soumise à certains éléments naturels comme la pluie, elle dépend surtout de l'action anthropique. A partir de données socio-économiques, pédologiques, géomorphologiques, hydrologiques et des observations faites au cours de la surveillance des gîtes, il serait intéressant de définir un certain nombre de corrélations entre ces données et le moustique (*Cx pipiens*). Par l'élaboration d'une carte écologique du moustique, nous pourrions obtenir une stratification pour évaluer l'incidence de la nuisance à Constantine.

Cette étude est de proposer une amélioration dans la stratégie de lutte contre les populations de *Cx. pipiens*, source de nuisance. Elle n'est pas destinée à permettre une interprétation en terme de génétique des populations, car les résultats obtenus sont préliminaires et ne peuvent aboutir à une conclusion définitive dans ce domaine. Cependant, une étude des processus d'adaptation et de spéciation seraient d'un intérêt certain.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR, - 1975 - Essais des eaux. Table de solubilité de l'oxygène dissous dans l'eau. NF T90 - 032 : 6 pp.

ANONYME, 1988 - Monographie de la wilaya de Constantine. Minis. Hyd. de l'Env. et des Forêts, **1** : 1 - 117.

AUSSEL J.P., 1991 - Bio-écologie de *Leptoconops* (*Styloconops*) *albiventris* de Meijere, 1915 (Diptera : Ceratopogonidae) et perspectives de lutte en Polynésie française. Thèse Doc. es-Sciences. Univ. Sci. Tech. Languedoc. Montpellier : 132 pp.

BARBAULT R., 1983 - Ecologie et fonctionnement, Ed. Masson, Paris : 224 pp.

BARBAULT R., 1990 - Structure et fonctionnement de la biosphère. Abrégé, écologie générale, 2^e Ed. Masson : 250 pp.

BARR A. R., 1982 - The *Culex pipiens* complex. Recent developments in the genetic of insect disease vectors. Stipes Publ. Co.. Champaign. II : 551 - 572.

BEN CHEIKH H., BEN ALI-HAOUAS Z., MARQUINE M. et PASTEUR N., 1998 - Resistance to organophosphorus and pyrethroid insecticides in *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae) from Tunisia. J. Med. Entomol. **35**(3) : 250-260.

BENISTON M.TW.S., 1984 - Les fleurs d'Algérie. Ed. Entreprise Nationale du livre Alger : 359 pp.

BENKHALFATE-EL HASSAR C., 1991 - Cartographie de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) en milieu urbain (ville de Tlemcen) ; recherche des causalités de la dynamique démographique des stades préimaginaux. Thèse de magistère, Univ. De Tlemcen : 143 pp.

BLONDEL J., 1986 - Biogéographie évolutive, Masson, Paris : 193 pp.

BOUALLAM S., 1992 - Le paludisme et les moustiques dans la région de Marrakech. Ecologie et cycles biologiques des espèces culicidiennes. Thèse 3^{ème} cycle. Univ. Cadi Ayyad. Fac. Sciences. Marrakech. 115p.

BOUCHITE B., KENNOU M.F., CHAUVET G., 1991 - Ethologie et capacité vectorielle des anophèles de la Tunisie dans deux régions réceptives : Joumine (région du Nord) et Sidi bouzid, Maknassy (région du centre). Rapport multig. Inst. Pasteur Tunisie, 28 pp.

BOUHOUHOU H. et MEGHRAOUI S., 1997 - Contribution à l'évaluation de la pollution des eaux du Rhumel et du Boumerzoug en zone urbaine (physico-chimie et macroinvertébrés). Mém. d'Ing. d'Etat en Ecologie et Environnement, Univ. De Constantine : 86 pp.

BOURROCHE J. M. et SAPORTA G., 1983 - L'analyse des données. Que sais-je, Presses universitaires de France : 127 pp.

BREMOND R., et VUICHARD R., 1973 - Les paramètres de la qualité des eaux. Ed. La documentation française, Paris, 173 pp.

BROWN A.H.D., 1988 - Species diversity In : Analytical biogeography an integrated approach to the study of animal and plant distributions. Ed. by A.A. Myers and P.S. Giller, Chapman and Hall, London, New York, Tokio, Melbourne, Madras : 57-89.

BRUNET R.C., 1997 - Modifications de quelques paramètres physico-chimiques mesurés dans l'Adour au cours d'un cycle hydrologique annuel. *Ecologie*, **28** (2) : 129-148.

BRUNHES J., 1978 - Faune entomologique de l'archipel des Comores. Les insectes hématophages de l'archipel des Comores (Diptera Culicidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Tabanidae, Hippoboscidae et Muscidae Stomoxyinae; Hemiptera Cimicidae), maladies transmises et méthodes de lutte. Mémoires du muséum National d'Histoire Naturelle, **109** : 246 pp.

BRUNHES J., 1999 - Culicidae du Maghreb. Description d'*Aedes* (*Ochlerotatus*) *biskraensis* n. sp. d'Algérie (Diptera, Nematocera). Bull. Soc. ent. France, **104** (1) : 25-30.

CALLOT, J., 1946 - Les papilles anales des larves de Culicides dans les conditions naturelles et expérimentales. Bull. Soc. Path. Exot., **39** : 201- 202.

CHAUVET G., RAVAONJANAHARY C. et BRUNHES J., 1971 - Sensibilité et résistance à divers insecticides organophosphorés chez *Culex pipiens fatigans* Wied. En milieu urbain à Madagascar. C. R. Soc. Biol., **165** (2): 444 - 448.

CHESEL D. et DOLEDEC S., 1992 - Analyses multivariées et expression graphique des données expérimentales. *Ecologie des Eaux douces et des grands fleuves*, URA CNRS 1451, Université Claude Bernard, Lyon I : 16 fiches pratiques.

CHEVILLON C., PASTEUR N., MARQUINE M., HEYSE D. et RAYMOND M., 1995 - Population structure and dynamics of selected genes in the mosquito *Culex pipiens*. *evolution*, **49** : 997-1007.

CLARKE G. L., 1966 - Elements of ecology. (revised printing) wiley and sons. New york-London : 268 pp.

CROSET H., PAPIEROK B., RIOUX J. A., GABINAUD A., COUSSERANS J. et ARNAUD D., 1976 - Estimates of larval population of culicid mosquitoes: comparison of « capture - recapture », « removal » and « Dipping » methods. *Ecolog., Ent.* **1** : 251 - 256.

DAJOZ R., 1985 - Précis d'écologie, Ed. Dumond, Paris : 499 pp.

DAJOZ R., 1975 - Précis d'écologie Ed. Bordas, Paris : 549 pp.

DAJOZ R., 1996 - Précis d'écologie. Dunod 6^{ème} ed., Paris : 551 pp.

DANCESCO P., CHADLI A., KCHOUK M. et HORAK M., 1975 - A propos d'un biotope saisonnier hivernal de « *Culex pipiens autogenicus* ». *Bull. Soc. Pathol. Exotique*, **68**: 503 - 507.

De BRANDER K. et De SCHEPPER H., 1981 - Becordeling van de Kwaliteit van oppervlaktewaters in België door middel van kwaliteitsindexen. *Water*, **1** : 8 pp.

De MEILLON B. et SEBASTIEN A., 1967 - Qualitative and quantitative characteristics of adult *Culex pipiens fatigans* populations according totime, site and place of capture. *Bull. org. Mond. Santé.* **36** : 75 -80.

DESCY J.P., 1980 - Utilisation des algues benthiques comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes, 169-194 in PESSON P., 1980 : la pollution des eaux continentales, incidences sur les biocénoses aquatiques : Ed.Gauthier-Villars, Paris : 285 pp.

DOBY J.M. et MOUCHET J., 1957 - Ecologie larvaire dans la région de Yaoundé (Sud - Cameroun). *Bull. Soc. Path. Exot.*, **50** : 945 - 957.

ECHAUBARD M. et NEVEU A., 1975 - Guide pour l'étude de la faune aquatique. Inst. Nat. Agro. Paris-Grignon, 107 pp.

EL ALAOUI M., 1985 - Contribution à l'étude de la faune culicidienne dendrolimnique de la suberaie en pays Zaer (Maroc). Aspect écophysiological. D. E. A, Univ. Toulouse, 86 pp.

EI KAÏM B., 1972 - Contribution à l'étude écologique et biologique des Culicides *Aedes detritus* Halyday, *Aedes caspius* Pallas. Soc. Nat. Et Phy. Du Maroc, **52** (3-4) : 197- 204.

EUZEBY J., 1988 - Protozoology médicale comparée. Vol. III : Apicomplexa, 2 : Hémosporidioses. Fascicule 1 : Plasmodiides, Haemoproteides, "Piroplasma" (caractères généraux). Ed. Fondation Mérieux, Paris : 558 pp.

FERNANDO C.H., 1964 - Report on a study of some fresh water habitats in rangoon with special reference to the ecology of *Culex pipiens fatigans*. J. Ceylon med. Sci., **13** : 78 - 112.

FRYER G., 1985 - Crustacean diversity in relation to size of water bodies : some facts and problems. Freshwater Biology, **17** : 177-189.

GASCHEN H., 1932 - Influence de la température et de la diminution larvaire sur le développement de *Culex pipiens* (race autogène). Bull. Soc. Path. Exot., **25** : 577-581.

GAUD J., 1952 - Données sur la biocénose culicidienne de quelques gîtes du Gharb en 1952. Bull. Inst. Hyg. Maroc, **12** (1-2), 6pl., 55-72.

GAUG J., 1953 - Notes biogéographiques sur les Culicides du Maroc. Arch. Inst. Pasteur, Maroc, **IV**(7) : 443-490.

GEORGHIOU G. P. et LAGUNES-TEJEDA A., 1991 - The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. An index of cases reported through 1989. Food and Agriculture Organization. Rome.

GEORGHIOU G. P., METCALF R. L. et GIDDEN F.E., 1966 - Carbamates resistance in mosquitoes : selection of *Culex pipiens fatigans* Wied. For resistance to Baygon. Bull. W.H.O. **35** : 691-708.

GOUET J.P., et PHILIPPEAU G., 1986 - Logiciel de statistique. Inst. Tech. des Cér. et des Four. Montpellier, France.

GRANGE D. et LEBART L., 1993 – Notions sur les méthodes factorielles. Traitements statistiques des enquêtes. Paris, Dunod : 75 - 89.

GULLEMAUD T., LENORMAND T., BOURGUET D., CHEVILLON C., PASTEUR N. et RAYMOND M., 1998 – Evolution of resistance in *Culex pipiens* : allele replacement and changing environment. *Evolution*, **52** (2) : 443-453.

HANDACQ N., 1995 – Les moustiques de la Tunisie. Contribution à l'étude bioécologique de deux espèces halophiles : *Aedes detritus* halyday (1833) et *Aedes caspius* Pallas (1771) dans la région de Tunis 85 pp.

HARANT H., et RIOUX J.A., 1954 – Note sur l'écologie des Diptères Culicides. II. Biotopes des *Aedes* halophiles. *Ann. Ecole natn. Agric. Montpellier*, **29** (3/4) : 71- 76.

HERVY J. P. et COOSEMAN S., 1979 – L'élevage des *Aedes* et des *Anopheles*. Réalisation et intérêt pratique. XIXe conférence technique, Bobo-Dioulasso Doc. Techn. OCCGE, n°7 : 149 – 179.

HYNES H.B.N., 1970 – The ecology of running waters, Liverpool University press, Liverpool, 555 pp.

HYNES H.B.N., 1974 – The biology of polluted waters. Ed. University of Toronto press, Toronto, 202 pp.

HYNES H.B.N., 1960 – The biological effects of water pollution. Institut of biology. Liverpool, 11-24.

ICHIMORI K., 1981 – Observations on the oviposition behavior of *Aedes polynesiensis* Marks in laboratory. *Jap. J. Sanit. Zool.*, **32** (1) : 84-85.

JEFFRIES M., 1989 – Measuring Talling's element of chance in pond populations. *Freshwater Biology*, **21** : 383-393.

KERBOUA F. et MERNIZ N., 1997 – Contribution à l'impact de quelques paramètres physico-chimiques des eaux, sur la prolifération des Culicidae (Diptera) en zone périurbaine (wilaya de Constantine). Cas particulier de *Culex pipiens* L. *Mém. d'Ing. d'Etat en écologie, Univ. de Constantine* : 72 pp.

KETTLE D. S., 1990 – Medical and veterinary entomology. Ed. C.A.B. International, Wallingford, Oxon, UK : 658 pp.

KIRKPATRICK T.W., 1925 - The mosquitoes of Egypt. Government Press Cairo, 144 fig., 1 carte : 224 pp.

KNIGHT K. L. et STONE A., 1977 - A catalog of the mosquitoes of the world (Diptera, Culicidae). The Thomas say fondation, vol. 6, 2^e édit., publié par Entomological Society of America, Mary land : 611 pp.

KOIKE I. et HATTORI A., 1978 - « Denitrification and amoniac formation in anaerobic coastal sediments ». applic. Environ. Microbiol., **35** : 278 - 282.

LAURENT P., 1976 - L'eutrophisation des lacs, détection et remède, 89-96 in pesson p., La pollution des eaux continentales , incidence sur les biocénoses aquatiques. Gauthier Villars, Ed., Paris, 285 pp.

LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984 - Ecologie numérique, 2. La structure des données écologique. Masson ed. : 335 pp.

LEWALLEN L. L. et NICHOLSON L. M., 1959 - Parathion resistant *Aedes nigromaculis* in California. Mosq. News, **19**: 12 - 24.

LEYNAUD G. et VERREL J.L., 1980 - Modifications du milieu aquatique sous l'influence des pollutions, 1 - 28 in PESSON P., la pollution des eaux continentales, incidences sur les biocénoses aquatiques. Ed., Gauthier - Villars, Paris : 345 pp.

LEYNAUD G., 1976 - Modifications du milieu aquatique sous l'influence des pollutions, 1-22 in PESSON P., la pollution des eaux continentales, incidence sur les biocénoses aquatiques, Ed. Gauthier-Villars, Paris :345 pp.

LOUADI K., 1999 : Systématique, Ecoéthologie des abeilles (Hymenoptera : Apoïdea) et leur relation avec l'agrocénose dans la région de Constantine. Thèse Doc. es-Sciences, Univ. Constantine, 220 pp.

LOUAH M. A., 1995 - Ecologie des Culicidae (Diptera) et état du paludisme dans la péninsule de Tanger. Thèse Doc. es-Sciences, Faculté des sciences Tetouan (Maroc) : 266 pp.

MAC GREGOR M.E., 1929 - The signifiante of the pH in the development of mosquito larvae. Parasitology, **XXI** : 132-157.

MACAN T. T., 1981 – Modification of populations of aquatic invertebrates and the quality of water, 161-192 in HOESTLAND H.,: dynamique de population et qualité de l'eau. Gauthier Villars, Ed., Paris, 275 pp.

MARTIN G., 1979 – Le problème de l'azote dans les eaux. Techniques et documentation, Paris : 279 pp.

MAS J.P., 1977 - Les moustiques et leur biotopes. Ann. Soc. Nat. Charente Maritime : 153-259.

MASSON J.P., 1988 – Suivi de la qualité des eaux superficielles : l'expérience française. In congrès : la qualità delle acque superficiali, criteri per una metodologia omogenea di valutazione, atti del convegno internazionale. Provincia Autotoma di Trento River del Garda. Palazzo dei congressi (28 - 29 aprile) : 99 - 110.

MC DANIEL I.N., BENTLEY H.P. et YATAGAI L., 1976 – Effets of color and larval produced oviposition attractants on oviposition of *Aedes triseriatus*. Envir. Entomol., **5** (3) : 553-556.

MEBARKI A., 1984 – Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin de Kébir Rhumel. O.P.U., Alger : 1 - 302.

MEHANNAOUI - AFRI F. Z., 1998- Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Thèse de magistère en Ecologie, Univ. Constantine : 237 pp.

MESTARI N., 1997 – Les peuplements culicidiens de la ville de Mohammedia et des régions avoisinantes : caractérisation hydrologique et hydrochimie des principaux gîtes dynamiques spatio-temporelle. Thèse 3^{ème} cycle option Ecologie animale. Université Mohammed V, Rabat : 138 pp.

METGE G. et BELAKOUL N., 1989 – Colonisation d'un nouvel habitat par *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) : le creux d'arbre des Suberaies en pays Zaër, Maroc. Ann. Limnol., **25** (1) : 73-80.

METGE G. et EL ALAOUI M., 1987 - Etude de la dynamique des populations d'*Aedes echinus* (Culicide dendrolimnique) en écophase aquatique, au Maroc. Ann. Limnol., **23** (2) : 129-134.

METGE G., 1986 - Etude des écosystèmes hydromorphes (Daya et Merja) de la Meseta occidentale marocaine : typologie et synthèse cartographique à objectif sanitaire appliquée aux populations d'*Anophèles labranchiae* (Falleroni, 1926), (Diptera, Culicidae,

Anophelinae). Thèse Doc. es-Sciences, Université de droit d'économie et des sciences d'Aix- Marseille : 280 pp.

MICHAT J. C. et NOISET J. L., 1982 - Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques. Pöbio reue, 5 (1). Association francophone des professeurs de biologie de Belgique : 104 pp.

MOUCHET J., ELLIOT R., GARIOU R. et VOELCKEL J., 1960 - La résistance aux insecticides chez *Culex pipiens fatigans* Wied. Et les problèmes d'hygiène urbaine au Cameroun. Méd. Trop., **20**: 447 - 456.

NISBET M. et VERNEAUX J., 1970 - Composantes chimiques des eaux courantes ; discussion et proposition de classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. Ann. Limnol., **6** (2) : 160 - 190.

PASTEUR N., 1977 - Recherche de génétique chez *Culex pipiens pipiens* L. polymorphisme enzymatique, autogénèse et résistance aux insecticides organophosphorés. Thèse, USTL Montpellier, 170 pp.

PASTEUR N., ISEKI A. et GEORGHIOU G.P., 1981 - Genetic and biochemical studies of the highly active esterases A et B associated with organophosphate resistance in the *Culex pipiens* complex. Biochem. Genet., **19** : 909-919.

PASTEUR N., PASTEUR G., BONHOMME F., CATALAN F. et BRITTON-DAVIDIAN J., 1988 - Practical Isozyme Genetics. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England.

PASTEUR N., RIOUX J.A., GUILVARD E., PECH - PERRIERES M.J., 1977 - Nouvelle mention pour le midi méditerranéen de populations naturelles anutogènes et sténogames de *Culex pipiens pipiens* L. Annales de Parasitol. Hum. Comp. **52** : 205 - 210.

PETIT G., 1962 - Quelques considérations sur la biologie des eaux saumâtres méditerranéennes. Publ. Staz. Zool. Napoli., **32** : 205-218.

POIRIE M., RAYMOND M. et PASTEUR N., 1992 - Identification of two distinct amplifications of the esterase B locus in *Culex pipiens* L. mosquitoes from Mediterranean countries. Biochem. Genet., **30** : 13-26.

POWER M.E., STOUT R.J., CUSHING C.E., HARPER P.P., HAUER F.R., MATTHEW W.S., W.J., MOYLE P.B., STATZNER B. et WAIS DE BAGDEN I.R., 1988 - Biotic and abiotic controls in river and stream communities. J.N. Amer. Benthol. Soc., **7** : 456-479.

QUEZEL P. et SANTA S., 1962 – Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, 1 et 2: 1 – 1770.

RAMADE F., 1981 – Ecologie des ressources naturelles, Ed. masson, Paris : 322 pp.

RAMADE F., 1982 – Eléments d'écologie, Ed. Mc Graw-Hill, Paris : 452 pp.

RAMADE F., 1993 – Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ediscience, Paris.432 pp.

RAMDANI M., 1986 – Ecologie des crustacés « Copépodes, Cladocères et Ostracodes » des mares temporaires "Dayas" marocaines. Thèse es-Sciences. Univ. Aix-Marseille, 217pp.

RAYMOND M. et PASTEUR N., 1996 – Evolution of insecticide resistance in the mosquito *Culex pipiens* : the migration hypothesis of amplified esterase genes. In : BROWN, T.M. (ed.) Molecular Genetics and Evolution of Pesticide Resistance, pp. 90-96. American Chemical Society, Washigton, DC.

RAYMOND M., BEYSSAT-ARNOUTY V., SIVASUBRAMANIAN N., MOUCHES C., GEORGHIOU G. et PASTEUR N., 1989 – Diversity of amplification of various esterases B responsible for organophosphate resistance in *Culex* mosquitoes, Biochem. Genet., 27 : 417-423.

RAYMOND M., FOURNIER D., BRIDE J.M., CUANY A., BERGER J. et MAGNIN M., PASTEUR., 1986 – Identification of resistance mechanisms in *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae) from southern France : insensitive acetylcholinesterase and detoxifying oxydase. J. Med. Entomol. 79 : 1452-1458.

RAYMOND M., PASTEUR N., FOURNIER D., CUANY A., BERGE J. et MAGNIN M., 1985 – Le gène d'une acétylcholinestérase insensible au propoxur détermine la résistance de *Culex pipiens* à cet insecticide. C.R. Acad. Sc., III (300) : 509-512.

RAYMOND M., PRATO G., et RATSIRA D., 1993 – Probit. Analysis of mortality assays displaying quantal response. Praxenne (Licence N° L93019), Saint-Georges d'Orques, France.

RIOUX J. A., 1958 - Les Culicides du « midi méditerranéen ». Ed. Le Chevalier, Paris : 303 pp.

RIOUX J.A. et PECH J., 1961 - Apparition de l'autogénèse dans un élevage de *Culex pipiens berbericus* Roubaud C.R. des séances de la Biologie et de ses filiales, **155** : 343 - 344.

RIOUX J.A., CROSET H., GRAS G., JUMINER B., et TESSON G., 1965 - Les problèmes théoriques posées par la lutte contre *Culex pipiens* l. dans le sud de la France. Arch. Inst. Pasteur Tunisie, **42** : 473 - 501.

RIVET Y., 1992 - Les populations de *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae) vues au travers des gènes de résistance aux insecticides organophosphorés. Etude dans la région Rhône-Alpes. Thèse Doc. es-Sciences. Univ. Claude Bernard-Lyon1, 142 pp.

RIVIERE J., 1980 - Les méthodes générales d'épuration des eaux résiduaires, 29-42. In Pesson : la pollution des eaux continentales, incidence sur les biocénoses aquatiques. Ed. Gauthier-Villars, Paris : 345 pp.

RODHAIN F. et PEREZ C., 1985 - Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Notions d'épidémiologie des maladies à vecteurs. Ed. Maloine : 458 pp.

RODIER J., 1984 - Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Ed. Dunod Bordas Technique, Paris, 7^e ed. : 1365 pp.

ROOKER S., GULLEMAND T., BERGE J., PASTEUR N. et RAYMOND M., 1996 - Coamplification of esterase A and B genes as a single unit in *Culex pipiens* mosquitoes. Heredity, **77** : 555-561.

ROUBAUD E. et TOUMANOFF C., 1930 - Intoxications d'encombrement chez les larves de *Culex* vivant en milieu non renouvelé. Bull. Soc. Path. Exot., **23** : 978-986.

ROUBAUD E. et TREILLARD M., 1943 - Influence de la nourriture larvaire sur le développement et le comportement agressif des *Anopheles*. Note préliminaire. Bull., soc., Path., exot., **27** : 461-467.

ROUBAUD E., 1929 - Cycle autogène d'attente et générations hivernales suractives inapparentes chez le moustique commun *Culex pipiens* L.C.R. Acad. Sci., Paris. **188** : 735 - 738.

ROUBAUD E., 1933 - Essai synthétique sur la vie du moustique commun *Culex pipiens*. Ann. Sc. Nat. Zoologique : 163 pp.

ROUBAUD E., 1939 – Le pouvoir autogène chez le biotope Nord-Africain du moustique commun *Culex pipiens*. Bull., soc., Path., exot., **28**, 443-445.

ROUX A.L., 1981 - Dynamique de populations de Crustacés et qualité de l'eau, 160-189 in Hoestland H., 1981 : Dynamique de populations et qualité de l'eau. Ed. Gauthier-Villars, Paris : 275 pp.

SACCHI C.F. et TESTARD P., 1971 – Ecologie animale : organisme et milieu, Ed. Doin., Paris : 480 pp.

SEGUY E., 1951 a – Nouvel atlas d'entomologie des Diptères de France, Belgique et Suisse. Tomes 1 et 2. Ed. N. Boubée : 109 pp.

SEGUY E., 1951 b – Atlas des Diptères de France. Ed. N. Boubée et Cie , Paris : 175 pp.

SELTZER P., 1937 – La carte pluviométrique de l'Algérie (moyennes 1914 - 1937). Bull. Soc. Hist. Nat. **28** (3) : 172 - 184.

SENEVET G. et ANDARELLI L., 1955 – Les *Anopheles* de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen. Ed. Lechevalier, Paris VI^e : 280 pp.

SENEVET G. et ANDARELLI L., 1956 – Les *Anopheles* de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen. Enc. Ent. Paris, **33** : 280 pp.

SENEVET G. et ANDARELLI L., 1959 – Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen : les genres *Culex*, *Uranotaenia*, *Theobaldia*, *Orthopodomyia* et *Mansonia*. Encyclopédie ent. Ed. Lechevalier, Paris : 384 pp.

SERVICE M. W., 1984 – Biological control of mosquitoes – has it a future ? Mosq. News, **43** : 113-120.

SERVICE M.W., 1966 – The replacement of *Culex nebolusus* Theobald by *Culex pipiens fatigans* Wiedman (Diptera, Culicidae) in towns in Nigeria. Bull. ent. Res. **56** : 407-415.

SERVICE M.W., 1968 – Observations on the ecology of some British mosquitoes. Bull. Ent. Res. **59** (1) : 161-194.

SEVERINI C., ROMI R., MARINUCCI M. et RAYMOND M., 1993 – Mechanisms of insecticide resistance in field populations of *Culex pipiens* from Italy. J. Am. Mosquito Control Assoc., **9** : 164-168.

SILVESTRINI F., SEVERIN C., DI OARDO V., ROMI R., DE MATTHAEIS E. et RAYMOND M., 1998 - Population structure and dynamics of insecticides resistance genes in *Culex pipiens* populations from Italy. *Heredity*, **81** : 342-348.

SINEGRE G., JULLIEN J.L. et CRESPO O., 1976 - Résistance de certaines populations de *Culex pipiens* (L.) au chlorpyrifos (Dursban) en Languedoc-Roussillon (France). *Cahier O.R.S.T.O.M., Ser. Entomol. Méd. Et Parasitol.*, **14** : 49-59.

SINEGRE G., 1974 - Contribution à l'étude physiologique d'*Aedes (O.) caspius* (Pallas, 1771) (Nematocera : Culicidae). Eclosion. Dormance. Développement. Fertilité. Thèse Doct. es-Sciences. Univ. Sci. Tech. Languedoc. Montpellier : 285 pp.

SINEGRE G., RIOUX J. A. et SALGADO J., 1979 - Fascicule de détermination des principales espèces de moustiques du littoral français. E.I.D : 16 pp.

SUBRA R., 1971 - Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wiedmann, 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne ouest-africaine. Dynamique des populations préimaginales. *Cah. O.R.S.T.O.M., ser. Ent. méd. et parasitol.*, **9** : 73 - 102.

SUBRA R., 1973 - Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wiedmann, 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne ouest-africaine. Dynamique des populations imaginales. *Cah. O.R.S.T.O.M., Ent., méd. et Parasitol.*, **11** : 79-100.

SULEMANN M. et SHIRIN M., 1981 - Laboratory studies on oviposition behavior of *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera : Culicidae) : choice of oviposition medium and oviposition cycle. *Bull. ent. Res.*, **71** : 306-369.

TACHET H., BOURNAUD M. et RICHOUX Ph., 1980 - Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique). Université Lyon I : 151 pp.

THIOULOUSE J. et CHESSEL D., 1997 - ADE-4 - a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics Comput.* **7**(1) : 75-83.

THIOULOUSE, J., DOLEDEC S. et CHESSEL. D., 1995 - ADE software: multivariate analysis and graphical display of environmental data. *Software per l'ambiente*. G. Guariso and A. Rizzoli. Bologne, Patron: 57-62.

TRARI B., 1991 - Culicidae (Diptera): catalogue raisonné des peuplements du Maroc et étude typologique de quelques gîtes du Gharb et de leurs communauté larvaires. Thèse de 3^e cycle, Univ. Med V, faculté des sciences, Rabat : 209 pp.

URBANELLI S., COLUZZI M., PETRARCA V. E. et BULLINI L., 1980 - Differenziamento genetico in popolazione italiana di *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae). Atti XII Congr. Ital. Entomol., Roma. **2** : 273 - 280.

VAN HANDEL E., 1992 - Postvitellogenic metabolism of the mosquito (*Culex quinquefasciatus*) ovary. J. Insect Physiol., **38** : 75-79.

VERMEIL C., REHEL H. et MARGARET S., 1967 - Contribution à l'étude toxicologique des Culicides (Diptera : Nematocera) de Loire-Atlantique. Bull. Soc. Pharm. Ouest, (1) : 17-38.

VERNEAUX J., 1980 - Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales. Principales méthodes biologiques, 173-181 in PESSON P., 1980 : la pollution des eaux continentales, incidences sur les biocénoses aquatiques. Ed., Gauthier-Villars, Paris, 285 pp.

VIVIER P., 1946 - La vie dans les eaux douces. Que sais-je ? press. univ. Paris, 121 pp.

WATTEZ J.R., 1976 - Les biophytes aquatiques et sub-aquatiques bioindicateurs de la pollution des eaux douces, 173-181 in PESSON P., 1976 : la pollution des eaux continentales, incidences sur les biocénoses aquatiques. Ed., Gauthier-Villars, Paris : 285 pp.

WIRTH M., MARQUINE M., GEORGHIOU G.P. et PASTEUR N., 1990 - Esterase A2 and B2 in *Culex quinquefasciatus* (Diptera : Culicidae) : role in organophosphate resistance and linkage. J. Econ. Entomol., **27** : 202-206.

WIRTH, M.C. et GEORGHIOU G.P., 1996 - Organophosphate resistance in *Culex pipiens* from cyprus, Journal of the American Mosquito Control, **12** (1) : 112-118.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (W.H.O.), 1970 - Insecticide resistance and vector control. 17th Report of the Expert Committee on Insecticides, Techn. Rep. Ser., **443**: 1 - 279.

ZAMBURLINI R., et BELLANTONE P., 1993 - Resistenza agli insetticidi fosfororganici temephos e malathion in *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) nel litorale adriatico friulano. *Parasitologia*, **35** : 11-15.

ANNEXES

Annexe I : Données moyennes, minimales et maximales des paramètres abiotiques analysés sur deux années (octobre 1995-septembre 1997) dans chacun des gîtes

Tableau 1: Etude comparative des températures (°C) moyennes, minimales et maximales.

GITES	Températures (°C)		Températures (°C)		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara (GP1)	7,4	décembre 1995	25	août 1996	15,63
	7	février 1997	25,5	août 1997	
El-Khroub (GP2)	9,1	janvier-février 1996	25,5	août 1996	16,36
	9,9	janvier 1997	25,8	juillet 1997	
Didouche Mourad (GP3)	9,9	février 1996	28,8	juillet 1996	18,91
	9,5	février 1997	26	août 1997	
Zighoud Youcef (GP4)	8,6	février 1996	27	juillet 1996	17,9
	9,8	février 1997	27,9	juillet 1997	
Bidonville (GE1)	9,5	mars 1996	29	septembre 1996	18,03
	8,9	février 1997	24,8	août 1997	
Construction (GE2 anarchique)	5,5	décembre 1995	28	septembre 1996	17,37
	9	mars 1997	25,9	août 1997	
Cité résidentielle(GE3)	7,5	décembre 1995	27	septembre 1996	15,5
	9,1	mars 1997	23	août 1997	
Centre ville (GH1)	13,5	mars 1996	30	septembre 1996	20,33
	10	février 1997	26,8	août 1997	
Vielle ville (GH2)	8	mars 1996	26,8	septembre 1996	16,8
	9,9	janvier 1997	25,8	août 1997	
Lotissement(GH3)	13	mars 1996	29,5	septembre 1996	23,82
	15	mars 1997	29,9	août-septembre 1997	

Tableau 2: Etude comparative des valeurs moyennes, minimales et maximales du pH.

GITES	pH		pH		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara	7,46	août 1996	8,7	octobre 1995	7,82
	7	août 1997	8,5	octobre 1996	
El-Khroub	6,95	décembre 1995	9,3	mai 1996	7,90
	7	décembre 1996	8,65	mai 1997	
Didouche M.	7,55	janvier 1996	8,66	mars 1996	8,08
	7,63	janvier 1997	8,63	avril 1997	
Zighoud Y.	7,01	juillet 1996	8,62	mars 1996	7,63
	7,31	juillet 1997	8,03	mai 1997	
Bidonville	7,2	février 1996	8,7	novembre 1995	7,80
	7	février 1997	8,63	décembre 1996	
Construction anarchique	7,8	janvier 1996	9,9	juin-juillet 1996	8,42
	7,5	décembre 1996	8,62	mai 1997	
Cité résidentielle	7,3	février 1996	8,5	novembre 1995	7,81
	7,13	mars 1997	8,63	décembre 1996	
Centre ville	7,8	janvier 1996	8,9	septembre 1996	8,16
	7,5	décembre 1996	8,9	septembre 1997	
Vielle ville	7,5	mars 1996	8,5	décembre 1995	7,79
	7,01	août-septembre 1997	8,13	janvier 1996	
Lotissement	7,5	janvier 1996	10,1	août 1996	8,15
	6,9	septembre 1997	8,8	mai 1997	

Annexe I (suite)

Tableau 3: Etude comparative des valeurs moyennes, minimales et maximales de la conductivité électrique (mS/cm).

GITES	C.E		C.E		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara	1,34	mars 1996	2,51	juillet 1996	1,86
	1,56	février 1997	2,32	août 1997	
El-Khroub	0,38	février 1996	1,77	septembre 1996	1,22
	0,71	septembre 1997	1,65	octobre 1997	
Didouche M.	0,78	février 1996	3,38	juillet 1996	1,88
	0,91	février 1997	2,51	novembre 1996	
Zighoud Y.	0,41	février 1996	1,37	août 1996	1,42
	1,31	novembre 1996	2,68	mai 1997	
Bidonville	3,54	mai 1996	5,48	décembre 1995	3,61
	2,01	décembre 1996-août 1997	3,79	mai 1997	
Construction anarchique	3,54	juin 1996	5,52	octobre 1995	4,15
	3,51	juillet 1997	5,18	février 1997	
Cité résidentielle	1,28	novembre 1995	2,1	mars 1996	1,54
	1,01	août 1997	1,94	mars 1997	
Centre ville	1,94	décembre 1995	2,82	mars 1996	2,34
	1,89	août-septembre 1997	2,84	octobre 1996	
Vielle ville	0,51	janvier 1996	0,98	mars 1996	0,76
	0,58	janvier-février 1997	0,99	avril 1997	
Lotissement	0,54	janvier 1996	0,99	mars-mai 1996	0,97
	0,68	janvier 1997	1,95	avril 1997	

Tableau 4: Etude comparative des teneurs moyennes, minimales et maximales des Chlorures (mg.l⁻¹).

GITES	Chlorures		Chlorures		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara	142	mars 1996	355	janvier 1996	256,9
	175	mars 1997	333,5	janvier 1997	
El-Khroub	42,6	février 1996	376,3	décembre 1995	215,1
	43,5	mars 1997	365,23	novembre 1996	
Didouche M.	81,65	février 1996	525,4	décembre 1995	320,5
	98,96	mars 1997	411,12	juillet 1997	
Zighoud Y.	49,7	février-mars 1996	324,11	novembre 1995	134,8
	32	avril 1997	301,25	novembre 1996	
Bidonville	214,12	mars 1996	468,89	août-septembre 1996	340,4
	112,23	mars 1997	458,56	septembre 1997	
Construction anarchique	65,7	mars 1996	296,15	septembre 1996	158,7
	67,55	mai 1997	233,25	novembre 1996	
Cité résidentielle	9	juin 1996	25,2	octobre 1995	18,79
	11,02	juin 1997	35,6	février 1997	
Centre ville	385,23	mars 1996	552,23	septembre 1996	448,2
	356,25	octobre 1996	512,56	août 1997	
Vielle ville	48,75	mars 1996	76,12	novembre 1995	67,94
	42,5	avril 1997	110,2	octobre 1996	
Lotissement	209,21	mars 1996	369,52	août 1996	314,7
	202,23	avril 1997	677,8	septembre 1997	

Annexe I (suite)

Tableau 5: Etude comparative des teneurs moyennes, minimales et maximales de l'oxygène dissous (mg.l⁻¹).

GITES	Oxygène dissous		Oxygène dissous		Moyennes
	minima	mois	Maxima	mois	
Aïn-Smara	0	juillet-août-septembre 1996	7,2	novembre 1995	3,9
	0,6	août 1997	7,2	novembre 1996	
El-Khroub	1,71	septembre 1996	24,24	mai 1996	7,15
	2,5	septembre 1997	7,5	octobre 1996-mars 1997	
Didouche M.	0	août 1996	6,4	mai 1996	2,64
	0,8	septembre 1997	5,8	avril 1997	
Zighoud Y.	4	décembre 1995	7,95	avril 1996	5,74
	4,15	mai 1996	7	juillet 1997	
Bidonville	0,89	septembre 1996	3,8	février 1996	1,85
	1	août 1997	2,5	avril 1997	
Construction anarchique	1,89	septembre 1996	7,82	avril 1996	4,5
	1,85	septembre 1997	6,3	octobre 1996	
Cité résidentielle	3,22	janvier 1996	8,5	avril 1996	6,84
	1,85	octobre 1996	8,9	mai 1997	
Centre ville	0,5	septembre 1996	3,4	mars 1996	1,28
	0,2	septembre 1997	2,5	janvier 1997	
Vielle ville	0,99	septembre 1996	5,8	février 1996	2,63
	1	ct.1996/ sept.1997	3,5	février 1997	
Lotissement	0,63	septembre 1996	4,89	février 1996	1,82
	0,85	octobre 1996	3,25	avril 1997	

Tableau 6: Etude comparative des teneurs moyennes, minimales et maximales de la demande biochimique en oxygène (mg.l⁻¹ O₂).

GITES	DBO ₅		DBO ₅		Moyennes
	Minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara	0	décembre 1995	120	août 1996	38,09
	2	janvier 1997	130	août 1997	
El-Khroub	0	déc.1995/mars 96/juin97	25	novembre 1995	7,86
	1,5	décembre 1996	26	novembre 1997	
Didouche M.	20	mars 1996	190	janvier 1996	74,48
	10	février 1997	280	août 1997	
Zighoud Y.	0	mars-juin 1996	60	novembre 1995	27,39
	10,5	mai 1997	61	octobre 1996	
Bidonville	29	février 1996	210	septembre 1996	135,8
	11,4	février 1997	275	août 1997	
Construction anarchique	8	mars 1996	76	septembre 1996	64,83
	35	février-mars 1997	191	août 1997	
Cité résidentielle	0	mars 1996	10,5	septembre 1996	19,51
	4,5	décembre 1996	120	juillet 1997	
Centre ville	56	mars 1996	290	septembre 1996	172,5
	115	juillet 1997	250	août 1997	
Vielle ville	8,5	mars 1996	88	septembre 1996	40,85
	8,5	février 1997	120	septembre 1997	
Lotissement	27	mars 1996	260	septembre 1996	127,3
	43	avril 1997	175	octobre 1996	

Annexe I (suite)

Tableau 7: Etude comparative des teneurs moyennes, minimales et maximales de l'azote ammoniacal ($\text{mg.l}^{-1} \text{N-NH}_4$).

GITES	Azote ammoniacal		Azote ammoniacal		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara	1,33	mars 1996	35,28	août 1996	9,50
	1,22	mars 1997	31,56	septembre 1997	
El-Khroub	0,07	mars 1996	1,96	juillet 1996	3,94
	0,06	mars 1997	22,15	mai 1997	
Didouche M.	2,41	février 1996	143,7	juillet 1996	39,78
	0,25	juin 1997	46,35	janvier 1997	
Zighoud Y.	0,21	septembre 1996	16,41	décembre 1995	9,29
	1,23	février 1997	38,15	janvier 1997	
Bidonville	6,2	mars 1996	51,2	septembre 1996	19,04
	5,4	juillet 1997	45,2	août 1997	
Construction anarchique	0,32	octobre 1995	16,4	septembre 1996	11
	0,24	août 1997	49,68	janvier 1997	
Cité résidentielle	0,06	déc. 1995/juin 1996	1,1	septembre 1996	5,78
	0,06	novembre 1996	50,9	septembre 1997	
Centre ville	9,5	mars 1996	71	août 1996	21,95
	0,25	février 1997	31,21	novembre 1996	
Vieille ville	0,18	octobre 1995	4,32	septembre 1996	5,34
	0,25	mars 1997	21,25	janvier 1997	
Lotissement	11,6	mars 1996	61	septembre 1996	23,68
	0,49	avril 1997	51,03	septembre 1997	

Tableau 8: Etude comparative des teneurs moyennes, minimales et maximales des nitrites ($\text{mg.l}^{-1} \text{N-NO}_2$).

GITES	nitrites		nitrites		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara	0,06	septembre 1996	1,69	avril 1996	0,36
	0,03	septembre 1997	0,82	avril 1997	
El-Khroub	0,05	mars 1996	0,63	janvier 1996	0,27
	0,01	oct.1996/mars 1997	0,7	juillet 1997	
Didouche M.	0,	septembre 1996	1,51	mai 1996	0,35
	0,01	mai 1997	0,62	décembre 1996	
Zighoud Y.	0,01	juin 1996	1,11	août 1996	0,24
	0,01	juin 1997	0,63	février 1997	
Bidonville	0,0	décembre 1995	0,	février 1996	0,25
	0,03	janvier 1996	1,0	mars 1997	
Construction anarchique	0,0	oct. 95/mars96-août96	0,4	juin 1996	0,21
	0,	juin-juillet 1997	1,24	novembre 1996	
Cité résidentielle	0,03	septembre 1996	0,82	novembre 1995	0,25
	0,	nov.1996/juillet 1997	0,32	juin 1997	
Centre ville	0,01	nov.95/juin 1996	1,25	mars 1996	0,35
	0,08	avril 1997	1,05	juin 1997	
Vieille ville	0,08	juillet 1996	1,9	mars 1996	0,71
	0,01	nov.1995/juin1996	1,12	déc.1995/sept.1997	
Lotissement	0,	avril-juin-juillet 1996	1,05	mai 1996	0,28
	0,02	nov.-déc. 1996	1,85	juin 1997	

Annexe I (suite)

Tableau 9: Etude comparative des teneurs moyennes, minimales et maximales des nitrates (mg.l⁻¹ N-NO₃).

GITES	Nitrates		Nitrates		Moyennes
	mini	mois	maxim	mois	
Ain-Smara	0,0	juillet 1996	29,22	novembre 1995	12,05
	2,5	août 1997	29,	février 1997	
El-Khroub	0,01	mars 1996	50,83	août 1997	22,32
	6,52	mai 1997	50,65	mars 1997	
Didouche M.	0,01	déc.95/avril-juin-juillet96	17,21	février 1996	7,44
	0,01	janvier 1997	31,58	juin 1997	
Zighoud Y.	0,01	juin-juillet-sept.1997	16,77	novembre 1995	10,5
	2,75	mai 1997	29,11	novembre 1996	
Bidonville	0,13	avril 1996	2,8	janvier 1996	4,66
	1,72	octobre 1996	29,45	février 1997	
Construction anarchique	0,15	août 1996	5,2	octobre 1995	6,03
	0,1	janvier 1997	25,92	décembre 1996	
Cité résidentielle	0,28	septembre 1996	4,3	décembre 1995	10,2
	1,21	juillet-septembre 1997	49,16	avril 1997	
Centre ville	0,01	juillet-août 1996	25,98	mars 1996	7,92
	0,16	août 1997	25,19	mai 1997	
Vielle ville	7,04	octobre 1995	46,23	mars 1996	14,92
	0,16	septembre 1997	28,82	mars 1997	
Lotissement	0,01	juillet-août 1996	8,02	janvier 1996	7,32
	0,15	juin 1997	39,43	avril 1997	

Tableau 10: Etude comparative des teneurs moyennes, minimales et maximales des matières en suspension (mg.l⁻¹).

GITES	M.E.S		M.E.S		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Ain-Smara	41	septembre 1996	208,5	mars 1996	105,6
	53	juin 1997	188,5	avril 1997	
El-Khroub	0,34	novembre 1995	224	mai 1996	26,46
	6,5	nov.1996/ août 1997	56,2	juillet 1997	
Didouche M.	0,34	novembre 1995	152	octobre 1995	92,59
	78	mars 1997	178,2	septembre 1997	
Zighoud Y.	1,5	juillet 1996	167	mars 1996	74,35
	14,62	août 1997	157,5	juillet 1997	
Bidonville	52,2	juin 1996	144	novembre 1995	108,9
	77,9	février 1997	258,65	octobre 1996	
Construction anarchique	7	avril 1996	32,2	septembre 1996	22,17
	8,5	juin 1997	54,3	septembre 1997	
Cité résidentielle	5,7	septembre 1996	28,3	novembre 1995	14,53
	6,8	janvier 1997	35,66	novembre 1996	
Centre ville	35,23	mars 1996	399,5	septembre 1996	166,7
	32,8	août 1997	269,87	octobre 1996	
Vielle ville	56,66	mars 1996	299,1	septembre 1996	161,5
	35,6	avril 1997	288,5	septembre 1997	
Lotissement	18,58	juillet 1996	46,25	décembre 1995	33,43
	13,9	février 1997	81,5	novembre 1996	

Annexe I (suite)

Tableau 11: Etude comparative moyennes, minimales et maximales de la Turbidité en NTU*

GITES	turbidité		turbidité		Moyennes
	minima	mois	maxima	mois	
Aïn-Smara	6,11	avril 1996	304	mars 1996	112,8
	75	mai 1997	210	avril 1997	
El-Khroub	2,58	octobre 1995	23,7	mars 1996	9,94
	2,56	novembre 1996	22,5	juin 1997	
Didouche M.	3,5	décembre 1995	132	janvier 1996	89,15
	56,3	juillet 1997	156	octobre 1996	
Zighoud Y.	3,4	août 1996	95	janvier 1996	47,06
	6,6	août 1997	110	février 1997	
Bidonville	31	mars 1996	121	octobre 1995	84,33
	30,2	août 1997	185	octobre 1996	
Construction anarchique	3	mars 1996	29,7	septembre 1996	14,25
	7	avril 1997	32,2	septembre 1997	
Cité résidentielle	2,38	mars 1996	10	novembre 1995	5,11
	2,01	septembre 1997	10,2	novembre 1997	
Centre ville	21	mars 1996	412	septembre 1996	133,1
	21	août 1997	289	novembre 1996	
Vielle ville	29,9	avril 1996	310	septembre 1996	132,3
	54	mars 1997	258	septembre 1997	
Lotissement	3,9	juillet 1996	31	décembre 1996	16
	11,2	août 1997	43,2	novembre 1996	

* NTU : Nephelometric Turbidity Units

Annexe 2 : Paramètres utilisés dans le calcul des indices chimiques

mois	Ain-Smara				El Khroub				Didouche Mourad				Zighoud Youcef			
	DBO ₅	NH4	O2d.	%sat.	DBO ₅	NH4	O2d.	%sat.	DBO ₅	NH4	O2d.	%sat.	DBO ₅	NH4	O2d.	%sat.
O. 1995	0	3,2	4,53	52,43	5	0,26	12,59	154,1	120	48,79	0,5	6,58	55	7,31	4,03	50,69
N.	20	2,13	7,2	66,05	25	1,53	5,7	55,88	130	30,83	1,3	13,25	60	8,18	5,1	50,94
D.	0	3,04	5,8	52,15	0	1,71	2,8	26,64	50	49,85	2,4	23,09	30	16,41	4	38,24
Ja. 1996	38,75	9,55	4	36,79	2	1,29	7	65,66	190	46,69	2,01	19,34	23	4,23	4,53	42,89
F.	7	2,69	6	55,19	4,5	0,17	9,4	88,18	40	2,41	5,33	52,2	4	0,87	6,74	62,46
M.	10	1,33	4,76	46,98	0	0,07	11,47	111,7	26	9,1	5,38	53,96	0	1,26	6,04	60,03
A.	8,5	14,32	1,01	11,58	1,5	0,8	13,6	152,6	31	36,5	5,04	63	10,3	1,71	7,95	97,3
M.	31,1	6,72	3,47	42,06	11,4	0,21	24,26	299,2	20	23,73	6,4	82,15	26,5	1,54	7,95	98,14
J.	15	4,62	4,35	51,78	0	0,49	4,3	55,19	50	90,51	1,35	17,44	0	0,49	7,4	89,69
Jt.	72	25,55	0	0	7,2	1,96	7,95	103	120	143,8	1,23	17,25	11	1,12	6,19	83,98
A.	120	35,28	0	0	10	0,63	3,47	45,77	55	113	0	0	3	8,96	6,54	82,36
S	40,5	9,52	0	0	1,5	3,08	1,71	18,7	61	124,3	0,5	6	25	0,21	6,24	75,63
O	25	1,89	5,5	63,39	15	1,53	7,5	87,51	40,5	32,51	1,5	19,78	61	9,5	5,8	73,23
N.	26	2,5	7,2	67,86	26	1,29	6,5	65,19	25,5	41,03	1,35	13,91	59	13,25	5,12	51,92
D.	11,5	2,14	4,5	40,87	1,5	0,18	5,35	51,39	31	3,2	2,5	24,06	35	9,6	4,5	43,02
Ja. 1997	2	3,5	7,1	64,66	4,5	0,49	4,35	41,58	11,5	46,35	2,02	19,25	14	38,15	4,8	45,97
F.	5	4,56	6	53,42	4	1,69	5,8	56,2	10	35,12	4,5	42,61	14	1,23	5,9	56,24
M.	11,4	1,22	4,5	43,43	7,5	0,06	7,5	73,52	20	7,6	5,2	50,38	15	1,6	5,88	57,93
A.	25,5	10,2	4	43,05	11	16,33	6,5	64,03	32	11,01	5,8	72,77	20	19,23	6,4	79,4
M.	30	9,66	5,45	67,2	11,4	22,15	6,75	70,75	22	16,56	4,6	60,36	10,5	30,09	4,15	52,07
J.	75	9,99	4,72	84,84	7,2	1,02	5,8	74,45	158	0,25	1,2	15,93	43	25,25	6,8	85,31
Jt.	85	7,35	1,5	19,18	7,5	2,3	5,35	71,04	144	5,62	1,5	19,92	58	7,8	7	85,67
A.	130	25,66	0,6	7,91	10	15,13	3,5	46,29	280	19,85	1,01	13,44	40	6,5	4,5	60,89
S	120	31,56	1,4	16,29	15	20,23	2,5	29,23	120	16,13	0,8	10,43	40	8,6	4,25	52,46

Annexe 2 (suite)

GITES URBAINS EPIGES

	GE1				GE2				GE3			
	DBO _s	NH4	O2d.	%sat.	DBO _s	NH4	O2d.	%sat.	DBO _s	NH4	O2d.	%sat.
O1995	174	41,2	1,35	17,71	55	0,32	4,13	53,01	4,5	0,21	7,45	92,89
	130	29,5	2,3	30,06	40	6,32	5,23	66,87	3	0,26	4,5	55,14
	85	14,3	1,8	14,85	35	9,15	5	42,84	3	0,06	5,25	47,33
	46	9,5	3,1	34,79	22	3,26	4,64	45,71	1,5	0,17	3,22	32,29
1996	29	6,3	3,8	37,25	18	3,21	6,53	61,83	1,5	0,07	6,89	65,68
	30	6,2	3,56	33,71	8	2,01	6,02	56,31	0	0,1	7,85	72,55
	65	10,3	2,65	25,5	12	4,22	7,82	79,63	1,5	0,12	8,5	82,36
	72	19,2	2,35	23,31	35	4,38	2,74	28,6	2	0,07	6,7	66
	120	16	1,1	11,99	43	6,23	2,89	33,33	5	0,06	8	82,98
	156	24,5	1,02	11,86	58	9,56	5,94	77,44	7,5	0,51	7,64	87,21
	190	32	1,01	13,66	72	14,33	3,2	43,83	10	0,49	7,09	91,01
	210	51,2	0,89	12,51	76	16,42	1,89	26,1	10,5	1,12	7,01	95,11
	191	31,03	2	25,28	88	3,2	6,3	80,87	11,4	0,21	1,85	22,64
	175	18,02	2,01	23,18	69	5,1	5,25	66,12	7,5	0,06	8,45	98,02
	148	1,56	1,12	10,72	62	3,2	4,85	46,36	4,5	0,17	7,5	69,31
	90	6,2	1,35	12,96	45	49,68	4,8	47,05	23	1,23	7,2	68,83
1997	11,4	7,5	2,2	20,54	35	41,02	5,65	53,5	30	16,23	7,8	74,35
	135	25,55	1,9	18	35	38,99	5,9	55,19	31	25,75	6,89	64,63
	132	23,7	2,5	25	120	12,01	6,25	62	11	0,12	6,5	63,72
	140	19,21	2,01	28,05	85	5,8	4,2	45,8	10,3	2,5	8,9	88,29
	201	2,41	1,5	22,86	82	1,02	2,1	24,56	55	1,35	6,7	79,19
	210	5,4	1,02	18,51	90	10,23	2,15	28,03	120	36,56	6,5	78,69
	275	45,2	1	13,04	191	0,24	2,8	37,23	82	0,51	7,9	99,49
	244	11,05	1,03	13,27	180	14,33	1,85	24,24	32,5	50,9	8,01	99,13

Annexe 2 (suite)

GITES URBAINS HYPOGES

	GH1				GH2				GH3			
	DBO ₅	NH4	O2d.	%sat.	DBO ₅	NH4	O2d.	%sat.	DBO ₅	NH4	O2d.	%sat.
O. 1995	210	18	0,9	12,76	35	0,18	1,03	12,71	146	15,2	0,89	12,34
N.	200	25,7	1,02	14,08	29	1,72	2,04	24,48	135	32,2	1,99	27,52
D.	180	22,5	2,35	31	11	1,21	2,89	31,75	115	30,1	1,45	19,48
Ja.	191	18,2	1,02	10,93	15	1,96	5,6	57,43	128	15,5	1,35	17
1996												
F.	90	10,5	2,9	30,94	10	1,3	5,8	54,51	95	12,3	4,89	57,19
M.	56	9,5	3,4	35,26	8,5	0,97	3,02	27,55	27	11,6	3,24	34,57
A.	120	18	0,9	9,95	30	1,12	5,6	53,89	105	17,9	1,84	21,22
M.	140	18,2	0,9	10,02	14	2,14	3,5	35,49	130	18	1,79	20,93
J.	175	32	0,82	9,26	62	2,98	3,01	32,12	132	25	1,6	19,75
Jt.	210	51,5	1,01	13,32	69	3,06	2,01	23,31	199	39,5	1,01	13,5
A.	280	71	1,02	14,46	82	3,08	2	25,9	215	52,6	1,71	24,15
S	290	60	0,5	7,15	88	4,32	0,99	13,39	260	61	0,63	8,93
O	195	26,52	1,02	13,97	25	3,2	1	12	175	49,52	0,85	11,58
N.	175	31,21	1,2	15,74	29	16,42	1,5	17,89	146	36,23	1	13,6
D.	212	2,31	1,35	15,78	35	14,23	2	20,06	115	2,31	1,55	20,26
Ja.	130	3,2	2,5	25,07	15	21,25	2,01	19,21	88	2,62	2	25,18
1997												
F.	135	0,25	1	9,57	8,5	3,5	3,5	33,52	120	8,63	2,85	35,84
M.	120	25,74	1,9	19,7	14	0,25	3,35	33	72	1,12	3	32,15
A.	120	22,5	1,35	13,6	11,4	1,8	2,25	22,47	43	0,49	3,25	37,83
M.	175	0,26	0,8	8,18	43	11,32	2,2	24,33	76	2,35	1,95	22,94
J.	181	14,33	0,85	9,82	56	10,23	3,01	37,48	120	45,23	1,75	22,43
Jt.	115	18,5	1	12,23	88	2,42	2,02	25,93	135	1,36	1	13,55
A.	250	15,62	0,85	11,5	82	3,05	2,01	26,69	148	36,53	1,2	17,14
S	190	11,23	0,2	2,68	120	16,52	1	12,37	130	51,03	1	14,28

Annexe 3: Indices de qualité chimiques par la méthode Bénélux,
sur deux années de prélèvements.

Les gîtes périurbains de Constantine

mois	Ain-Smara					El-Khroub					Didouche Mourad					Zighoud Youcef				
	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q
O.1995	1	3	4	8	3	2	5	1	8	3	5	5	5	15	5	5	4	5	14	5
N.	4	3	4	11	4	5	3	3	11	4	5	5	5	15	5	5	4	5	14	5
D.	1	3	4	8	3	1	5	3	9	3	5	5	5	15	5	5	4	4	13	4
Ja.1996	5	4	5	14	5	1	3	3	7	2	5	5	5	15	5	5	3	2	7	2
F.	3	3	4	10	3	2	2	1	5	2	5	3	4	12	4	1	3	3	7	2
M.	4	4	3	11	4	1	2	1	4	1	5	3	5	13	4	4	1	3	8	3
A.	4	5	5	14	5	1	5	1	7	2	5	2	5	12	4	5	1	3	9	3
M.	5	4	5	14	5	1	5	1	7	2	5	5	5	15	5	1	2	1	4	1
J.	4	3	5	12	4	1	3	1	5	2	5	5	5	15	5	4	2	3	9	3
Jt.	5	5	5	15	5	4	1	3	8	3	5	5	5	15	5	1	2	5	8	3
A.	5	5	5	15	5	3	4	2	9	3	5	5	5	15	5	5	2	1	8	3
S	5	5	5	15	5	1	5	4	10	3	5	5	5	15	5	5	2	1	8	3
O.	5	3	3	11	4	4	2	3	9	3	5	5	5	15	5	5	2	5	12	4
N.	5	3	4	12	4	5	3	3	11	4	5	5	5	15	5	5	3	5	13	4
D.	4	4	4	12	4	1	3	1	5	2	5	5	4	14	5	5	4	5	14	5
Ja.1997	1	3	4	8	3	2	4	1	7	2	4	5	5	14	5	4	4	3	10	3
F.	2	3	4	9	3	2	3	3	8	3	4	4	5	13	4	4	3	3	10	3
M.	4	4	3	11	4	3	2	1	6	2	5	4	5	14	5	4	3	3	10	3
A.	5	4	5	14	5	4	3	5	12	4	5	2	5	12	4	5	2	5	12	3
M.	5	3	5	13	4	4	2	5	11	4	5	3	5	13	4	4	3	5	12	3
J.	5	2	5	12	4	3	2	2	7	2	5	5	1	11	4	5	2	5	12	3
Jt.	5	1	5	11	4	3	2	4	9	3	5	5	5	15	5	5	2	5	12	3
A.	5	2	5	12	4	4	4	5	13	4	5	5	5	15	5	5	3	5	13	4
S.	5	3	5	13	4	4	5	5	14	5	5	5	5	15	5	5	3	3	11	4

Annexe 3: Indices de qualité chimiques par la méthode Bénélux,
sur deux années de prélèvements.

Les gîtes urbains épigés de Constantine

mois	GE1					GE2					GE3				
	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q
O.1995	5	5	5	15	5	5	5	1	11	4	2	1	1	4	1
N.	3	4	5	12	4	5	5	5	15	5	1	3	1	5	2
D.	2	5	5	12	4	5	5	5	15	5	1	4	1	6	2
Ja.1996	4	4	5	13	4	5	5	4	14	5	1	4	1	6	2
F.	5	4	5	14	5	5	5	4	14	5	1	3	1	5	2
M.	4	4	5	13	4	3	5	3	11	4	1	2	1	4	1
A.	3	5	5	13	4	4	5	4	13	4	1	2	1	4	1
M.	2	5	5	12	4	5	5	4	14	5	1	3	1	5	2
J.	2	5	5	12	4	5	5	5	15	5	2	2	1	5	2
Jt.	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5	3	2	1	6	2
A.	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5	4	1	1	6	2
S.	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5	4	1	3	8	3
O.	5	5	5	15	5	5	2	4	11	4	4	5	1	10	4
N.	5	5	5	15	5	5	3	5	13	4	3	1	1	5	2
D.	5	5	3	13	4	5	4	4	13	4	2	3	1	6	3
Ja.1997	5	5	5	15	4	5	4	5	14	5	5	3	3	11	4
F.	5	5	5	15	5	5	3	5	13	4	5	2	5	12	4
M.	5	5	5	15	5	5	3	5	13	4	5	3	5	13	4
A.	5	5	5	15	5	5	3	5	13	4	4	3	1	8	3
M.	5	5	5	15	5	5	4	5	14	5	4	2	4	10	4
J.	5	5	4	14	5	5	5	2	12	4	5	2	3	10	3
Jt.	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5	5	2	5	12	3
A.	5	5	5	15	5	5	4	1	10	3	5	1	2	8	2
S.	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5	5	1	5	11	4

Annexe 3 : Indices de qualité chimiques par la méthode Bénélux, sur deux années de prélèvements.

Les gîtes urbains hypogés de Constantine

mois	GH1					GH2					GH3				
	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q	DBO ₅	O ₂	NH ₄	Total	I.Q
O.1995	5	5	5	15	5	5	5	1	11	4	5	5	5	15	5
N.	5	5	5	15	5	5	5	3	13	4	5	5	5	15	5
D.	5	4	5	14	5	4	4	3	11	4	5	5	5	15	5
Ja.1996	5	5	5	15	5	4	3	3	10	3	5	5	5	15	5
F.	5	5	5	15	5	4	3	3	10	3	5	3	5	13	4
M.	5	4	5	14	5	3	5	2	10	3	5	4	5	14	5
A.	5	5	5	15	5	5	3	3	11	4	5	5	5	15	5
M.	5	5	5	15	5	4	4	4	12	4	5	5	5	15	5
J.	5	5	5	15	5	5	4	4	13	4	5	5	5	15	5
Jt.	5	5	5	15	5	5	5	4	14	5	5	5	5	15	5
A.	5	5	5	15	5	5	5	4	14	5	5	5	5	15	5
S	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5
O.	5	5	5	15	5	5	5	4	14	5	5	5	5	15	5
N.	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5
D.	5	5	4	14	5	5	5	5	15	5	5	5	4	14	5
Ja.1997	5	5	4	14	5	4	5	5	14	5	5	5	4	14	5
F.	5	5	1	11	4	3	4	4	11	4	5	4	5	14	5
M.	5	5	5	15	5	4	4	1	9	3	5	4	3	12	4
A.	5	5	5	15	5	4	5	3	12	4	5	4	1	10	3
M.	5	5	1	11	4	5	5	5	15	5	5	5	4	14	5
J.	5	5	5	15	5	5	4	5	14	5	5	5	5	15	5
Jt.	5	5	5	15	5	5	5	4	14	5	5	5	3	13	4
A.	5	5	5	15	5	5	5	4	14	5	5	5	5	15	5
S.	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5	5	5	5	15	5

Annexe 4 : Tableau récapitulatif des indices de qualité chimique de l'eau.

Gîtes périurbains de Constantine

Gîtes & années	minimum	mois	qualité	maximum	mois	qualité
Aïn-Smara (GP1)						
Année 1995-1996	8	oct.-nov.	Moyenne	15	Jt.-août-sept.	Très mauvaise
Année 1996-1997	8	janvier	Moyenne	14	avril	Très mauvaise
El-Khroub (GP2)						
Année 1995-1996	4	mars	Excellente	11	novembre	Très mauvaise
Année 1996-1997	5	décembre	Bonne	14	septembre	Très mauvaise
DidoucheM.(GP3)						
Année 1995-1996	12	février-mai	Mauvaise	15	oct.à janv. / juin. à sept.	Très mauvaise
Année 1996-1997	11	juin	Mauvaise	15	oct.-nov. / jt. à sept.	Très mauvaise
Zighoud Y.(GP4)						
Année 1995-1996	4	juin	Excellente	14	oct.-nov.-déc.	Très mauvaise
Année 1996-1997	10	février-mars	Moyenne	14	décembre	Très mauvaise

Annexe 4 (suite)

Gîtes urbains épigés (GE1- GE2- GE3) et hypogés (GH1-GH2-GH3) de Constantine

Gîtes & années	minimum	mois	qualité	maximum	mois	qualité
GE1						
Année 1995-1996	12	nov.-déc.mai	Mauvaise	14	oct.-Jt.-sept.	Très mauvaise
Année 1996-1997	13	décembre	Mauvaise	15	oct.- nov. Janv.à mai / jt à sept.	Très mauvaise
GE2						
Année 1995-1996	11	oct. - mars	Mauvaise	15	nov.-déc.-juin-	Très mauvaise
Année 1996-1997	10	août	Moyenne	15	sept	Très mauvaise
GE3						
Année 1995-1996	4	oct.-mars-av	Excellente	8	septembre	Moyenne
Année 1996-1997	5	novembre	Bonne	13	mars	Très mauvaise

Gîtes & années	minimum	mois	qualité	maximum	mois	qualité
GH1						
Année 1995-1996	14	déc.-mars	Très mauvaise	15	oct.-nov.- janv.fév. avril à	Très mauvaise
Année 1996-1997	11	février-mai	Mauvaise	15	septembre oct.-nov.-mars-av	Très mauvaise
GH2						
Année 1995-1996	10	ja.-fév.-mars	Moyenne	15	septembre	Très mauvaise
Année 1996-1997	9	mars	Moyenne	15	déc.-janv.-mai- sept.	Très mauvaise
GH3						
Année 1995-1996	13	février	Mauvaise	15	oct.-ja./av.à sept.	Moyenne
Année 1996-1997	10	avril	Moyenne	15	oct.-nov.-août-	Très mauvaise