



**IMPACTS DES PROPRIETES BIOCHIMIQUES, PHYSIQUES
ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DE MARE DU FERLO
SUR LA PRODUCTION DE MOUSTIQUES ET LA SANTE
DES POPULATIONS HUMAINES ET ANIMALES**

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

***MA MERE FATOUMATA BINTA DIALLO**

Grâce à toi, à tes conseils, à ton soutien, à ta disponibilité, à tes prières nous avons pu arriver là où nous sommes aujourd'hui. Nous t'en serons toujours reconnaissants. Que ce modeste travail puisse traduire toute mon affection. Qu'Allah me permette de te prouver encore et encore tout mon amour.

***MON PERE THIerno MAMADOU DIAN**

Papa, ton amour du travail bien fait, m'a servi et me servira toujours . Ton intégrité, ta bonté, ton acharnement au travail ont marqué toute ma jeunesse. A ce tournant de ma vie, j'espère te prouver toute ma reconnaissance et mon indéfectible affection.

***FEU MA MARATRE MARIAMA DIALLO**

Ce travail est à vous. Que la terre de Darou-Ningou vous soit légère.

***MON ONCLE MAMADOU DIAN DIALLO**

Ce travail vous est entièrement dédié en témoignage de mon amour filial.

***DOCTEUR BERNARD MONDET ET DOCTEUR AMADOU DIAITE** respectivement chef de l'UR34 de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et chef du service du laboratoire Laboratoire National d'Etude et de Recherche Vétérinaire (LNERV/ISRA)

Dans une collaboration parfaite, vous avez pu gérer avec tact nos qualités et défauts en vous fixant un seul objectif : former. Nous sommes heureux de pouvoir vous exprimer toute notre reconnaissance.

***MAMOUDOU DIALLO ET GILLES CHAUVANCY, MASSAMBA SYLLA**

Il n'y a rien que je puisse dire que vous ne sachiez. Ce travail et aussi le vôtre. .

***MES FRERES ET SCEURS**

Que l'amour du travail que papa nous a transmis nous serve. Avec mon amour fraternel

***MES NEVEUX ET NIECES** Tout mon amour

***MONSIEUR MAMADOU DIT PAPE DIOP** du service de la scolarité

***MADAME BASS** Secrétariat de l'ISRA, je vous remercie de votre disponibilité

*Tout le personnel du laboratoire de Parasitologie du LNERV

*Tout le personnel de l'UR 034 de l'IRD

*Tous les amis et copains

**Toute la promotion de l'année 2003/2004 du DEA de chimie et biochimie des produits naturels*

REMERCIEMENTS

Les résultats de ce travail sont le fruit de la collaboration entre l'Institut de Recherche et de Développement, l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole et le département de Biologie végétale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Nombreuses sont les personnes qui ont apporté leur soutien à la réalisation de ce travail, à qui nous tenons à présenter nos remerciements les plus sincères après avoir rendu grâce à Allah soubhannahou wa taala.

AU DOCTEUR JEAN FRANÇOIS MOLEZ, Entomologiste de l'Institut de Recherche et de Développement (IRD)

Vous avez toujours répondu présent à mes innombrables sollicitations. Votre rigueur dans le travail, vos qualités scientifiques et humains font de vous un exemple. Soyez rassuré de notre plus grande admiration.

AU DOCTEUR MAMADY KONTE,

Nous apprécions beaucoup la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de juger ce travail en partie effectué dans votre laboratoire notamment pour ce qui est de la bactériologie. Votre rigueur et votre spontanéité nous ont profondément marqué. Recevez toute notre admiration.

A MONSIEUR ABDOULAYE SAMB, professeur de Chimie, président du jury

vous me faite un grand plaisir en acceptant de présider ce jury malgré vos multiples occupations. Vos qualités scientifique et votre gentillesse vous ont valu toute l'estime dont vous jouissez aujourd'hui. Veuillez acceptez nos hommages respectueux.

A MONSIEUR SEYDOU TRAORE, maître assistant au département de Biologie végétale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; directeur de mémoire

Nous trouvons difficilement les mots et expression pour vous exprimer notre reconnaissance pour votre disponibilité et votre compréhension.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I- ZONE D’ETUDE.....	4
1- Situation géographique.....	4
2- Climat et végétation.....	4
a- Le climat.....	4
b- La végétation.....	4
II- PARAMETRES BIOCHIMIQUES.....	7
1- Définition.....	7
2- Classification des pesticides.....	7
a- Classification par origine.....	7
• Les pesticides d’origine végétale.....	7
• Les pesticides d’origine minérale.....	7
• Les pesticides organiques de synthèse.....	7
b- Classification selon la cible.....	8
c- Classification par toxicité.....	9
3- Caractéristiques des pesticides.....	9
4- Rémanence, bio accumulation et résistance aux insecticides.....	10
5- La pollution par les pesticides.....	10
a- Pollution humaine et animale.....	10
b- Pollution de l’air.....	11
c- Pollution de l’eau.....	11
d- Pollution du sol.....	11
6- Les différentes méthodes d’analyse des pesticides.....	11
a- La méthode titrimétrique dite de la méthylamine totale combinée.....	11
b- La méthode spectroscopique.....	12
c- La méthode enzymatique.....	12
d- La méthode immunologique.....	12
e- Les méthodes chromatographiques.....	12
• <i>La chromatographie sur couche mince (CCM).....</i>	<i>12</i>
• <i>La chromatographie liquide à haute performance (CLHP).....</i>	<i>12</i>

• <i>La chromatographie en phase gazeuse (CPG)</i>	13
7- Modes d'action des pesticides.....	13
a- Cas des insecticides.....	13
b- Cas des fongicides.....	14
• Les fongicides multisites.....	14
• Les fongicides unisites.....	14
c- Cas des herbicides	14
III- FACTEURS PHYSIQUES ET CHIMIQUES.....	14
1- Quelques définitions.....	14
2- Importance écologique des facteurs physiques et chimiques.....	15
a- Le pH.....	15
b- La conductivité.....	15
c- La température.....	15
d- Les ions majeurs.....	15
• Potassium.....	16
• Calcium et magnésium.....	16
• Sodium et chlorures.....	16
• Nitrates.....	16
• Phosphates.....	17
IV- DONNEES BACTERIOLOGIQUES.....	17
1- Définition.....	17
2- Classification.....	17
a- Selon la forme.....	17
b- Selon la température de multiplication.....	18
c- Selon le pH.....	18
3- Impacts théoriques sur la santé et les moustiques.....	18
V- IMPORTANCE THEORIQUE DE L'EAU.....	19
VI- IMPORTANCE THEORIQUE DE LA VEGETATION.....	19
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES.....	20
I-MATERIEL.....	21
1- De terrain.....	21
2- De laboratoire.....	21

II- METHODES.....	21
1- Choix des sites	22
a- Site de Barkédji.....	22
b- Site de Fourdou.....	22
c- Site de Kangalédji.....	22
d- Site de Ngao.....	22
e- Site de Yaralopé.....	22
2- Choix des paramètres.....	23
3- Prélèvement et transport des échantillons.....	23
4- Analyses physico-chimiques.....	24
a- Détermination de la nature et de la teneur en pesticides.....	24
• Standard des pesticides.....	24
• Etablissement d'une droite de calibration.....	25
• Procédure d'extraction et de purification des résidus de pesticide.....	25
▪ Technique d'extraction des échantillons.....	25
❖ Extraction de l'eau.....	25
❖ Extraction du sol.....	26
▪ Technique de purification des extraits	26
▪ Analyse des extraits par chromatographie liquide à haute pression.....	26
❖ Appareillage.....	26
❖ Conditions de travail.....	27
❖ Analyse des extraits d'eau et de sol.....	27
b- Détermination des paramètres physiques.....	27
c- Détermination des teneurs en minéraux.....	29
5- Analyses bactériologiques.....	29
a- Dénombrement de la FMAT (= germes totaux) à 30°C.....	29
b- Dénombrement des Coliformes totaux et fécaux à 44°C.....	29
c- Dénombrement des Streptocoques fécaux à 37°C.....	29
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....	30
I- RESIDUS DE PESTICIDES.....	31
➤ PROPOXUR.....	50
➤ DDT.....	51
➤ CHLORPYRIPHOS-ETHYLE.....	51

➤ METHAMIDOPHOS.....	52
➤ MALATHION.....	53
➤ FENITROTHION.....	54
➤ DELTAMETHRINE.....	55
II- PARAMETRES PHYSIQUES ET TENEUR EN MINERAUX.....	55
1- Mesure de pH	55
2- Mesure de conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	56
3- Mesure de température ($^{\circ}\text{C}$).....	57
4- Ions majeurs.....	59
a- Potassium (K^{+}).....	59
b- Calcium (Ca^{2+}).....	60
c- Magnésium (Mg^{2+}).....	61
d- Sodium (Na^{+}).....	63
e- Chlorures (Cl^{-}).....	64
f- Nitrates (NO_3^{-}).....	65
g- Phosphates (PO_4^{-}).....	66
III- DONNEES BACTERIOLOGIQUES.....	67
RECOMMANDATIONS.....	69
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	71

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du Ferlo

Figure 2 : Evolution de la pluviométrie au cours de l'hivernage 2004

Figure 3 : Technique d'utilisation de l'Analyseur multiparamètre

Figure 4 : Technique de prélèvement des échantillons d'eau sur le terrain

Figure 5 Droite de calibration du PROPOXUR

Figure 6 Droite de calibration du DDT

Figure 7 Droite de calibration du CHLORPYRIPHO-ETHYLE

Figure 8 Droite de calibration du METHAMIDOPHOS

Figure 9 Droite de calibration du MALATHION

Figure 10 Droite de calibration du FENITROTHION

Figure 11 Droite de calibration de la DELTAMETHRINE

Figure 12 : Chromatogrammes (CLHP) du *propoxur* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

Figure 13 : Chromatogramme (CLHP) du *propoxur* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

Figure 14 : Chromatogrammes (CLHP) du *DDT* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

Figure 15 : Chromatogramme (CLHP) du *DDT* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

Figure 16 : Chromatogramme (CLHP) du *chlorpyrifos-éthyle* et d'extraits d'eau et sol de Juillet en Novembre de mare du Ferlo

Figure 17 : Chromatogrammes (CLHP) du *méthamidophos* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

Figure 18 : Chromatogramme (CLHP) du *méthamidophos* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

Figure 19 : Chromatogrammes (CLHP) du *malathion*, du *fénitrothion* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

Figure 20 : Chromatogramme (CLHP) du *malathion*, du *fénitrothion* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

Figure 21 : Chromatogrammes (CLHP) de la *deltaméthrine* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

Figure 22 : Chromatogramme (CLHP) de la *deltaméthrine* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

Figure 23 Variation du pH des eaux de mare du Ferlo

Figure 24 Variation de la conductivité des de mare du Ferlo

Figure 25 Variation de la température des eaux de mare du Ferlo

Figure 26 Variation de la teneur en potassium des eaux de mare Ferlo

Figure 27 Variation de la teneur en calcium des eaux de mare Ferlo

Figure 28 Variation de la teneur en magnésium des eaux de mare Ferlo

Figure 29 Variation de la teneur en sodium des eaux de mare Ferlo

Figure 30 Variation de la teneur en chlorures des eaux de mare Ferlo

Figure 31 Variation de la teneur en nitrates des eaux de mare Ferlo

Figure 32 Variation de la teneur en phosphates des eaux de mare Ferlo

Listes des Tableaux

Tableau I : Classification des pesticides selon la cible

Tableau II : Classification des pesticides par toxicité, critères FAO/OMS

Tableau III : Propriétés des pesticides

Tableau IV : Standard des pesticides ciblés

Tableau V : Teneur en Propoxur des eaux et du sol de mare du Ferlo

Tableau VI : Teneur en DDT des eaux et du sol de mare du Ferlo

Tableau VII : Teneur en Chlorpyriphos-éthyle des eaux et du sol de mare du Ferlo

Tableau VIII : Teneur en Méthamidophos des eaux et du sol de mare du Ferlo

Tableau IX : Teneur en Malathion des eaux et du sol de mare du Ferlo

Tableau X : Teneur en Fénitrothion des eaux et du sol de mare du Ferlo

Tableau XI : Teneur en Deltaméthrine des eaux et du sol de mare du Ferlo

Tableau XII : pH des eaux de mare du Ferlo

Tableau XIII : Conductivité des eaux de mare du Ferlo

Tableau XIV : Température des eaux de mare du Ferlo

Tableau XV : Teneur en Potassium des eaux de mare du Ferlo

Tableau XVI : Teneur en Calcium des eaux de mare du Ferlo

Tableau XVII : Teneur en Magnésium des eaux de mare du Ferlo

Tableau XVIII : Teneur en Sodium des eaux de mare du Ferlo

Tableau XIX : Teneur en Chlorures des eaux de mare du Ferlo

Tableau XX : Teneur en Phosphates des eaux de mare du Ferlo

Tableau XXI : Estimation 1 de la pollution par les bactéries des eaux de mare du Ferlo

Tableau XXII : Estimation 2 de la pollution par les bactéries des eaux de mare du Ferlo

ABREVIATIONS

CCM	: Chromatographie sur Couche Mince
CLHP	: Chromatographie Liquide à Haute Performance
°C	: Degrés Celsius
DJA	: Dose Journalière Admissible
DPV	: Direction de la Protection des Végétaux
DDT	: Dichlorodiphényltrichloroéthane
FAO	: Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
g	: gramme
IR	: Infra rouge
IRD	: Institut de Recherche pour le Développement
ISRA	: Institut Sénégalais de Recherche Agricole
Km	: kilomètre
L	: Litre
LMR	: Limite maximale de Résidu
mg/Kg	: Milligramme par Kilogramme
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ORL	: Oto-rhino-laryngologie
pg	: picogramme(10^{-6} g)
ppm	: particules par matière
UCAD	: Université Cheikh Anta Diop de Dakar
v/v	: volume par volume
µg	: micro gramme (10^{-6} g)
µL	: micro Litre (10^{-6} L)

INTRODUCTION

L'approvisionnement en eau potable est un problème majeur dans les pays en voie de développement. La pollution par les déchets représente une menace constante pour la qualité de l'eau de consommation [Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1986b]. Les maladies diarrhéiques sont une cause majeure de morbidité et de mortalité dans les pays en développement ; l'OMS estime qu'elles sont responsables de près de cinq millions de décès par année chez les enfants de moins de cinq ans (Briscoe et al., 1986 ; Chandler, 1984). C'est aussi dans les collectes d'eau que se développent le stade larvaire des moustiques dont les adultes vont devenir des vecteurs de maladies humaines et animales.

Cependant, les efforts pour évaluer l'impact sur la santé d'une amélioration de la qualité de l'eau ont eu plus ou moins de succès, comme plusieurs auteurs l'ont démontré (Blum et Feachem, 1983 ; Esrey et al., 1985 ; Esrey et Habicht, 1986 ; Saunders et Warford, 1976). Par ailleurs la qualité de l'eau peut être influencée par l'utilisateur. En effet, habituellement, l'utilisateur gère lui-même son point d'eau, et sa réserve quotidienne d'eau, ce qui entraîne la possibilité d'en affecter la qualité, et ce de façon positive ou négative.

C'est seulement prise dans son ensemble que la recherche entamée ici permettra de savoir si les conditions de base sont respectées, sachant que l'eau de consommation ne devrait pas être saline, qu'elle devrait être peu turbide, que l'on ne devrait y trouver ni organismes pathogènes, ni éléments pouvant avoir, de façon ponctuelle ou à long terme, un effet néfaste sur la santé ou d'éléments conférant une odeur ou un goût désagréable.

La qualité de l'eau dépend de l'utilisation qui en est faite et les risques potentiels qui peuvent la compromettre. Les paramètres qui permettent de définir cette qualité sont d'ordre physique, chimique et microbiologique. De plus en plus, la notion de qualité de l'eau est envisagée de façon globale (Niang et al, 2002).

Par ailleurs la qualité de l'eau est un élément important dans l'étude des interactions entre l'environnement et la dynamique des vecteurs de maladie notamment la fièvre de la vallée du rift (FVR). A titre d'indication biologique, le moustique, vecteur potentiel de la fièvre de la vallée du rift connaît de grandes variations quantitatives d'une mare à une autre. En effet il est rare à Kungalédji (8.35% de l'ensemble des captures sur piège à appât animal et captures sur homme en 2003) alors qu'il est très abondant à Ngao (75.2% des captures en 2002) (FALL, 2005) et on peut supposer que l'abondance est en relation avec la qualité globale de l'eau, même si cela peut être dû aussi à la dynamique de remplissage et de vidange de la mare.

Dans le système des mares temporaires du Ferlo, les populations d'*Aedes* notamment *Ae. vexans* sont les premières à apparaître après les premières pluies significatives à savoir les pluies de plus de 20mm, à partir du stock d'œufs de la saison précédente car les œufs de cette espèce résistent à la dessiccation. Les *Culex*, au contraire n'apparaissent en quantité abondante qu'à partir du milieu de la saison des pluies, l'espèce devant, chaque année, recoloniser les mares temporaires.

Trois hypothèses sont émises pour expliquer cette recolonisation : soit que le processus se fait exceptionnellement par des femelles autochtones qui se réactivent après une période d'hibernation correspondant à la saison sèche, soit par colonisation de proche en proche à partir de zones où ils ont pu survivre toute l'année grâce à la permanence de points d'eau, soit par la remise en eau des mares et le retour vers ces zones d'élevage par excellence, de nombreux animaux avec leurs propriétaires en provenance des zones où il s'étaient rendus en transhumance à la recherche d'eau et de pâturage (rapporté par Fall en 2003).

L'étude entamée ici est initiée par le ministère français Affaires Etrangères dans le cadre du programme «**CORUS**» (Coopération pour la Recherche Universitaire et Scientifique)

intitulé : Analyses et modélisation des interactions entre

l'environnement, la dynamique des populations de vecteurs d'arboviroses et le contact entre hôtes et vecteurs. Exemple d' *Aedes vexans* et *Culex poicilipes*

(culicidae) dans le système des mares temporaires du Ferlo, Sénégal.

Ce volet recherche du projet «**CORUS**» a pour objectifs :

- de faire une étude comparative, dans le temps et dans l'espace, des propriétés biochimiques, physiques et bactériologiques ;
- d'étudier les rapports entre ces différentes propriétés et le développement des larves de moustiques ;
- de mettre en relief l'interdépendance entre cette qualité, l'approvisionnement en eau et les conditions sanitaires, en démontrant que tous ces facteurs ont un rôle à jouer dans la relation entre l'eau et la santé.
- De faire une proposition afin de minimiser les effets de ces paramètres par rapport à l'utilisation de l'eau des mares.

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I- ZONE D'ETUDE

1- Situation géographique

La sous-préfecture de Barkédji (15,1678 Nord ; 14,5207 Ouest) se situe dans la région centre du Sénégal (Louga), dans le département de Linguère. Elle est limitée à l'Est par Ourosogui, à l'Ouest par la commune de Linguère, au Nord par Dodji et au Sud par les villes de Kaffrine, koumpentoum et Gossas .

Elle s'étend sur 8407km² (kilomètres carrés) et compte 5 communautés rurales : Barkédji, Thiargny, Gossane, Thiel et vélingara.

Le relief est dans son ensemble plat. Les altitudes extrêmes sont de l'ordre de 100m (mètres) pour la limite supérieure et d'environ 10 à 15m pour la limite inférieure.

Les sols de texture sableux sont de type isohumique où ferrugineux. la zone de Barkédji est parsemée de dépressions argileuses par endroit à l'origine des mares temporaires lorsqu'il se remplissent en saison des pluies.

Ces mares temporaires et le forage implanté sur place constituent une importante source d'eau palliant au manque fréquent d'eau dans cette zone.

La durée de survie des mares temporaires dépend à la fois du régime pluviométrique annuel et de la concentration en bétail de la zone. Aucun système hydrographique permanent ne dessert actuellement la région du Ferlo, seules existent des vallées fossiles, reliques des anciens cours d'eau qui coulaient dans la zone (PIN, 2002).

2- Climat et végétation

a- Le climat

Le climat est marqué par deux saisons : une saison des pluies courte [la pluviométrie moyenne annuelle varie entre 300 et 400mm (millimètre)], de juillet à octobre et une saison sèche longue de novembre à juin.

Les vents d'harmattan, ajoutés à la forte continentalité de la région sont à l'origine des températures généralement élevées en saison sèche. Des variations de températures sont observées dans cette zone avec des minima en décembre, janvier et février et des maxima en avril, mai et juin. Les pluies sont également à l'origine de l'humidité ambiante observée entre juillet et octobre (PIN, 2002).

b- La végétation

Le manque d'eau dans la région en fait une zone sahélienne, caractérisée par un tapis de graminées annuelles, parsemé d'arbustes et de petits arbres souvent épineux. L'analyse des relevés botaniques de Juillet à Octobre a permis de diviser le paysage pastoral en cinq (05) groupes :

le groupe 01 : encore appelé le «*seno*» en langue Pulhar, est une steppe arbustive sur dunes et inter-dunes, dominée par des espèces soudaniennes (*Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocaria birrea*).

le groupe 02 : le «*Baldiol*» est une steppe arborée des dépressions hydromorphes à substrat argilo-sableux, caractérisée par *Acacia seyal*, *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*.

le groupe 03 : le «*sangare*» comprend la steppe sur affleurement de cuirasse latéritique dominée par *Pterocarpus sterculia setigera*, *Commiphora africana*, *Grewia bicolor lucens*,

le groupe 4 : caractérisé par la présence d'espèces sahéliennes croissant sur un substrat argilo-sableux, en particulier *Acacia seyal* et *Acacia radiana*.

le groupe 05 : comprend les espèces ubiquistes du milieu sahélien (*Balanites aegyptiaca* et *Boscia senegalensis*).

Des plantes aquatiques comme les nénuphars, les lentilles d'eau, couvrent la plupart des mares en fin de saison des pluies (PIN, 2002).

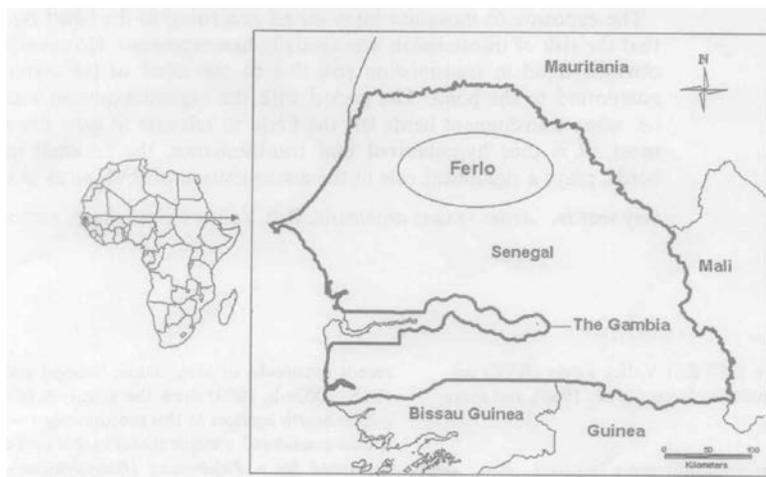


Figure1 : Localisation du Ferlo (Sénégal)

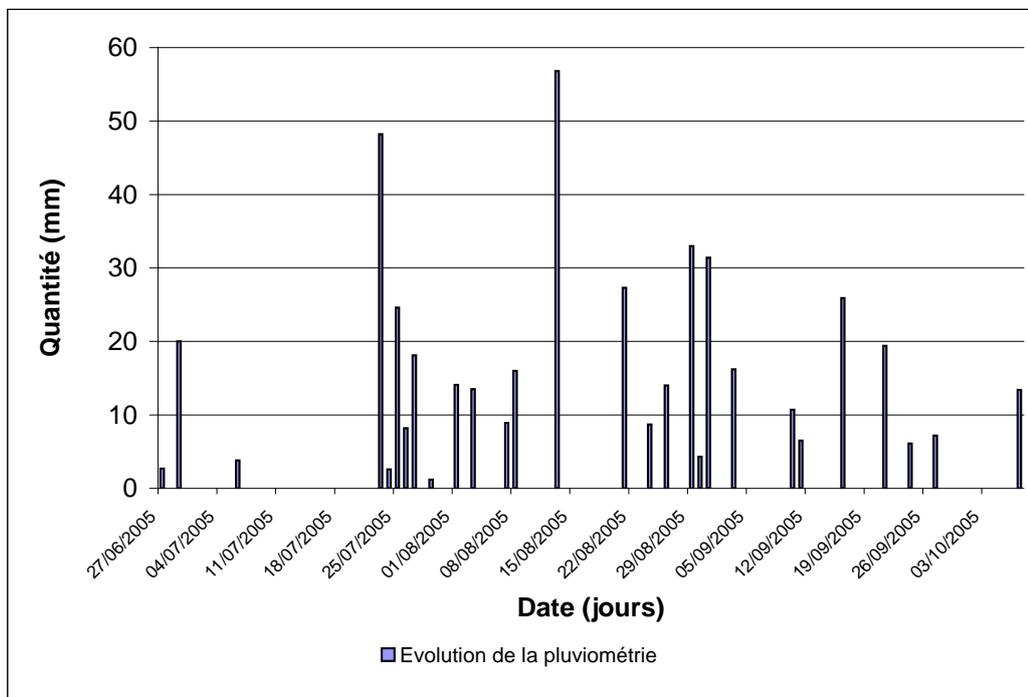


Figure 2 : Evolution de la pluviométrie au cours de l'hivernage 2004 :

Cumuls correspondants aux différentes dates d'échantillonnage :

- Au 30 juillet : 129.4mm (Mission I)
- Au 23 Août : 266mm (Mission II)
- Au 20 Septembre : 416.7mm (Mission III)
- Au 17 Octobre : 462.8mm (Mission IV)
- Au 20 Novembre : 462.8mm (Mission V)

II- PARAMETRES BIOCHIMIQUES

1- Définition

Les pesticides ou biocides (produits phytosanitaires, agropharmaceutiques, antiparasitaires) constituent l'ensemble des substances utilisées pour la protection des cultures et des récoltes contre les ennemis animaux et végétaux.

Du point de vue chimique, un pesticide est un produit composé d'une ou de l'association de plusieurs matières actives, de diluant ou charge d'adjuvants qui peuvent augmenter les effets toxiques du produit (rapporté par Sidibé, 2004).

2- classification des pesticides

Les pesticides sont classés selon leur origine, leur cible et leur toxicité.

a- Classification par origine

De part leur origine les pesticides peuvent être classés comme suit :

- **Les pesticides d'origine végétale**

Ce sont des bouillies à base de plantes telles que le tabac, la pyrèthre

Exemple : la pyrèthrine, la roténone, la nicotine.

- **Les pesticides d'origine minérale**

Exemple : Oxychlorure de cuivre, Sulfates de cuivre, Arsénite de sodium.

- **Les pesticides organiques de synthèse**

Plusieurs familles :

- Les organochlorés (OC) (INRA, 2002 ; Thiam, 2001)

Il s'agit de molécule comportant au moins une liaison C-Cl (liaison carbone chlore). Du fait de la présence de chlore les biocides de cette famille sont d'une grande stabilité (air, lumière) et d'une très grande persistance dans les tissus végétaux. Exemple : le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane)

- Les organophosphorés (OP) (Fournier, 1988 ; Van HAMMEE, 1997)

Ce sont des molécules ayant une liaison C-P (liaison carbone phosphore)

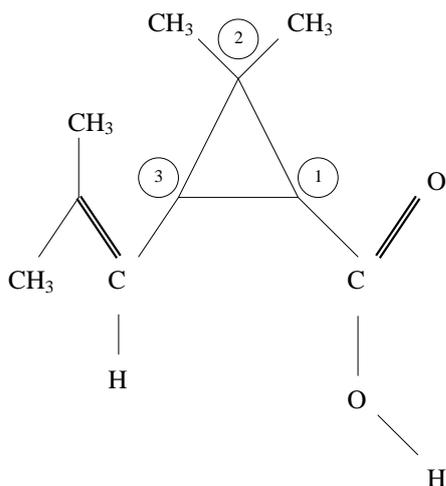
- Les carbamates (CAR) (INRA, 2002)

Ce sont des sels ou des esters de l'acide carbamique ($\text{NH}_2\text{CO}_2\text{H}$).

La formule chimique est $\text{NH}_2\text{CO}_2\text{R}$, où R est une chaîne hydrocarbonée dans le cas d'un ester ou un métal dans le cas d'un sel ;

- o Les pyréthrinoïdes : (PYT) (Fournier,1988 ; Thiam, 2001)

Ce sont des esters de l'acide chrysanthémique monocarboxylique. Ils sont constitués d'un cyclopropane substitué en position 1 par un groupe carboxylate, en position 2 par deux groupes méthyle et en position 3 par un groupe isobutyle.



b- Classification selon la cible (rapporté par Sidibé, 2004)

Selon la cible les pesticides sont classés en plusieurs groupes :

TABLEAU I : Classification des pesticides selon la cible

Produits	Cibles
Insecticides	Insectes
Fongicides	Champignons
Herbicides	mauvaises herbes
Nématocides	Nématodes
Acaricides	Acariens
Bactéricides	Bactéries
Rodenticides	rongeurs
Avicides	Oiseaux
Molluscicides	Mollusques

c- Classification par toxicité

Le laboratoire utilise des animaux, surtout des rats ayant reçus une certaine quantité de cette substance pour tester sa toxicité dans les 24 ou 48h (heures).

Ainsi le degré de toxicité des pesticides est étudié au laboratoire au moyen de la DL50 (ou quantité de substance active ingérée, nécessaire pour provoquer la mort de 50% des rats, sujets à une expérience de laboratoire). La DL50 est exprimée en mg de substance active par Kg (kilogramme) du corps de l'animal.

Pour évaluer la dose mortelle, il suffit de multiplier la DL50 par le poids du corps humain. Ainsi par exemple si la DL50 est de 100mg/kg (milligramme par kilogramme) ; pour un homme de 60Kg (kilogramme), il faudra, pour le tuer, $60 \times 100\text{mg}$ (milligramme) = 6g (gramme) de matière active.

L'OMS et la FAO utilisent la DL50 pour classer les pesticides selon leur toxicité (Wilma Arendse et al, 1989).

TABLEAU II : Classification des pesticides par toxicité, critères FAO/OMS

CLASSE	DL50 pour rat (mg de matière active/Kg de poids corporel)			
	ORALE		DERMALE	
	SOLIDE	LIQUIDE	SOLIDE	LIQUIDE
I_a	<5	<20	<10	<40
I_b	[5-50]	[20-200]	[10-100]	[40-400]
II	[50-500]	[200-2000]	[100-1000]	[400-4000]
III	>500	>2000	>1000	>4000

I_a : extrêmement dangereux

I_b : très dangereux

II : modérément dangereux

III : légèrement dangereux

3- Caractéristiques des pesticides

Les pesticides sont caractérisés par leur solubilité dans l'eau, par leur rémanence, la DL50, la DJA (dose journalière acceptable), la LMR (limites maximales de résidus admissibles).

TABLEAU III : Propriétés des pesticides étudiés

Pesticides	Solubilité (mg/L)	Rémanence (jours)	DL50 (mg/Kg)	DJA (mg/kg/jour)	LMR (mg/Kg)
Propoxur	Très soluble : 42000	10	>5000	0.4	0.05
DDT	insoluble	3650	500	1.2	0.03
chloropyrifos-éthyle	Faible : 0.94	30	135	0.003	0.05 à 0.5
Méthamidophos	très soluble	21	31.4	0.004	0.3
Malathion	très forte : 145	7	1375 à 2800	0.3	3
Fénitrothion	Insoluble	15 à 30	570	0.005	0.5
Deltaméthrine	Faible : 12	2.5	87	0.01	0.2

4- Rémanence, bioaccumulation, résistance aux pesticides

La rémanence est la persistance des produits dans le milieu. La rémanence d'un produit est influencée par sa nature, les conditions environnementales (température, humidité, pH ou potentiel d'hydrogène du milieu) par l'activité de la biomasse microbienne et par la présence d'autres pesticides ou substances dans le sol.

La bioaccumulation est la capacité de certains pesticides d'augmenter de concentration le long de la chaîne trophique. Ainsi par ingestion d'animaux contaminés, les carnivores situés en bout de chaîne concentrent des doses de pesticides comme le DDT pouvant atteindre 1000fois celles des premiers maillons.

La résistance des parasites aux pesticides est la conséquence de l'utilisation exagérée de produits à longue rémanence et à large spectre d'activité qui en outre détruisent l'entomofaune. En effet cette utilisation abusive aboutit à une adaptation des parasites aux pesticides. Ce qui a été observé avec le DDT et aujourd'hui encore avec de nouveaux produits comme les pyréthriinoïdes (Boseret, 2000).

5- La pollution par les pesticides

Sous l'effet du transport par le vent, l'eau, les espèces animales migratrices, les pesticides peuvent se répandre sur des milliers de Km.

a- Pollution humaine et animale

Ces produits chimiques sont soupçonnés d'être source de cancers et perturberaient le système endocrinien.

Commentaire [B. M.1]: comme...

Commentaire [B. M.2]: de qui à quoi ?

Par ailleurs les alligators de Floride secrèteraient très peu ou pas d'hormones oestrogènes ou de testostérones comme si les ovaires et les testicules étaient devenus impubères.

b- Pollution de l'air

Au cours de l'application les pesticides se dispersent (par volatilisation ou par dérive) dans l'air. Les propriétés physico-chimiques de la matière active comme la volatilité, la formulation (poudre), le mode d'application (pulvérisation) et certains facteurs liés aux conditions atmosphériques (vent et température) conditionnent la dispersion des pesticides dans l'air et déterminent une certaine pollution.

c- Pollution de l'eau

La pollution de l'eau correspond à l'altération de sa qualité par les pesticides et se produit à l'occasion de pluies (ruissellement), d'un arrosage ou d'épandage régulier lorsqu'il est fait usage de pesticides rémanents ou lorsque les produits sont entraînés par les courants d'air vers les plans d'eau. L'eau des pluies et les vents entraînant alors une partie des pesticides vers les ruisseaux, les mares, les fleuves et les puits. Ces pesticides peuvent être absorbés par la flore et la faune aquatiques ou simplement adsorbés dans les sédiments (Ciss, 2004). Les êtres humains ou les animaux utilisant ces sources d'eau sont facilement contaminés. Certains pesticides diminuent de près de 75% la faculté qu'ont les plantes aquatiques à maintenir l'oxygène dissous (rapporté par Sidibé, 2004).

Des travaux ont mis en évidence une diminution de la photosynthèse chez le phytoplancton et par conséquent un abaissement de sa productivité et de la production d'oxygène (Sargos, 1975).

d- Pollution du sol

Jusqu'à une certaine concentration de pesticides, la biocénose du sol lui confère un pouvoir de détoxification très important (biodégradation). Cependant, à de doses élevées ou suite au dépôt de pesticides très rémanents, ce pouvoir peut être compromis. Il est à noter que les pesticides sont très miscibles au sol, soit par déplacement en surface (ruissellement), soit dans la phase gazeuse (diffusion) ou dans la phase liquide (lessivage) (Ciss, 2004).

6- Les différentes méthodes d'analyse des pesticides

Il existe différents procédés d'analyse des résidus de pesticides.

a- La méthode titrimétrique dite de la méthylamine totale combinée

La méthode titrimétrique consiste à doser la méthylamine en solution dans l'acide borique par de l'acide chlorhydrique. Elle détermine quantitativement le carbaryl en dosant l'azote total.

Son inconvénient réside dans la possibilité d'interférence de tout produit susceptible de libérer une base volatile par hydrolyse basique (rapporté par Sidibé, 2004).

b- La méthode spectroscopique

Celle-ci regroupe les spectrophotométries de masse, d'absorption ultraviolette, infrarouge, visible, la colorimétrie et la fluorimétrie. Ces méthodes présentent un défaut de sensibilité et nécessitent une purification des extraits (Mahuzier et al, 1990).

c- La méthode enzymatique

La méthode enzymatique consiste à inhiber les enzymes (cholinestérases). Elle se caractérise par sa grande précision sans pour autant être spécifique.

Combinée avec la chromatographie sur couche mince (CCM), la méthode enzymatique permet une analyse simultanée de plusieurs pesticides, leur séparation et un isolement possible des anticholinestérasiques (rapporté par Sidibé, 2004).

d- La méthode immunologique

Le principe est basé sur le fait que lorsqu'un pesticide est couplé à une protéine porteuse appropriée, ce pesticide peut agir comme un antigène. La production d'anticorps sera proportionnelle à la concentration en pesticides. Elle est spécifique aux carbamates des fruits et légumes (Antonio et al, 2001 ; Sow, 1987).

e- Les méthodes chromatographiques

Le but de toute chromatographie est la séparation des constituants d'un mélange. Trois méthodes sont utilisées pour l'analyse des pesticides : la chromatographie sur couche mince (CCM), la chromatographie liquide à haute performance (CLHP), la chromatographie en phase gazeuse (CPG).

- ***La chromatographie sur couche mince (CCM)***

L'originalité de la CCM tient au fait qu'elle se prête à la séparation de substances aussi différentes que les ions minéraux, les complexes organominéraux et les composés organiques. C'est une méthode simple, peu coûteuse, sensible et permet une identification rapide. Elle s'applique selon le procédé à des quantités allant du µg (microgramme) au g (gramme). Cette identification nécessite une substance témoin et plusieurs systèmes éluants. La difficulté réside dans le choix adéquat du support, du solvant de séparation et du révélateur (Mahuzier et al, 1990).

- ***La chromatographie liquide à haute performance (CLHP)***

Elle se caractérise par : un pouvoir de séparation élevé, sa spécificité et sa très grande sensibilité. Elle permet l'analyse des molécules non volatiles, thermosensibles, de polarité élevée. Cette méthode est commune à la partition, à l'adsorption et à l'exclusion diffusion.

A la température ordinaire, munie d'une colonne de partasil 10MU M et équipé d'un détecteur à IR, elle a permis la séparation des isomères de l'alléthrine, décaméthrine, de la cyperméthrine, de la phénothrine, de la tétraméthrine (rapporté par Sidibé, 2004).

- ***La chromatographie en phase gazeuse (CPG)***

Cette méthode doit sa généralisation au perfectionnement des détecteurs qui ont permis d'atteindre des seuils de sensibilité que seules les mesures de radioactivité pouvaient atteindre. De ce fait plusieurs systèmes de détections sont disponibles à nos jours et différents dans leurs principes, leur sensibilité, leur limite de détection, leur linéarité, leur sélection.

Ainsi on distingue le :

- catharomètre dont le principe repose sur la conductibilité thermique,
- détecteur à ionisation de flamme qui est plus sensible en CPG [3pg (picogramme)],
- détecteur à capture d'électrons, sélectif et applicable aux composés électrophiles,
- détecteur à photométrie de flamme spécifique aux soufres et phosphores (Simon, 1994).

7- Modes d'action des pesticides

Ces pesticides présentent diverses modes d'action sur les ennemis ciblés.

a- Cas des insecticides

Vis à vis des insectes, certains insecticides sont actifs suite à la pénétration par ingestion. Ces insecticides diffusent à partir du tube digestif.

Les pyréthrinoïdes de synthèse pénètrent par contact et diffusent à travers la cuticule grâce à une liposolubilité importante.

Par contre les organophosphorés pénètrent par inhalation (Simon, 1994).

Cependant l'action biologique proprement dite est souvent due aux effets de ces produits sur le système nerveux dont certains bloquent la conduction de l'influx nerveux le long des axones (organochlorés et pyréthrinoïdes).

En plus de ce rôle spécifique sur le système nerveux, certains agissent sur la glycolyse ou la chaîne des transporteurs d'électrons.

Pour les plantes les modes d'action sont différents.

Les pyréthrinoïdes sont ici des insecticides de contact.

Les insecticides systémiques (30% des organophosphorés et 50% des carbamates) pénètrent dans les plantes et sont transportés par la sève jusqu'aux organes.

Les insecticides pénétrants n'exigent pas de transporteurs ultérieurs (Simon, 1994).

b- Cas des fongicides

On appelle fongicides toutes les substances actives destinées à lutter contre les maladies des plantes provoquées par des champignons mais aussi par des bactéries, virus ou mycoplasme (Fournier, 1988). On distingue :

- **Les fongicides multisites**

Les fongicides multisites ne sont pas spécifiques. Ils provoquent des perturbations des membranes cellulaires, des processus respiratoires et de biosynthèses empêchant ainsi la formation de spores (Simon, 1994).

- **Les fongicides unisites**

Les fongicides unisites agissent sur un site bien déterminé dit primaire, à partir duquel une réaction en chaîne peut se déclencher entraînant de nombreuses perturbations du métabolisme. Ainsi nous avons des composés perturbant la respiration, d'autres agissent sur les membranes lipoprotéiques des cellules fongiques, d'autres perturbent la biosynthèse des parois.

A côté de ces deux types, il existe des fongicides qui doivent impérativement passer par la plante hôte pour être actifs où ils stimulent la production de substances fongitoxiques par la plante à l'exemple de l'éthyle phosphite d'aluminium. Notons que les fongicides dérivés de l'acide carbamique et dithiocarbamique sont respectivement des fongicides systémiques et de contact (Simon H., 1994).

c- Cas des herbicides

Les herbicides constituent l'ensemble des pesticides utilisés pour lutter contre les mauvaises herbes ou adventices. On distingue des herbicides de contact qui brûlent les plantes sur lesquelles ils sont appliqués et les herbicides qui perturbent une ou plusieurs fonctions physiologiques. C'est ainsi que certains herbicides ont une action principale sur la photosynthèse (urées substituées), d'autres entraînent la destruction des membranes cellulaires ou diminuent leur perméabilité (composés phénoliques), d'autres encore ont une action directe sur la croissance (carbamate), ou sur la synthèse des pigments (Simon, 1994 ; Fournier, 1988).

III- FACTEURS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

1- Quelques définitions

Le pH (potentiel d'hydrogène) permet de mesurer la concentration en ion H^+ de l'eau et influe sur la toxicité de certaines substances en modifiant leur degré de dissociation (Niang et al, 2002).

La conductivité mesure la capacité du milieu à conduire le courant électrique entre deux électrodes (Pesson et al, 1980).

La température de l'eau permet de réaliser les corrections nécessaires sur les paramètres qui y sont liés. Sa variation est fortement liée à l'oxygénation de l'eau. Les minéraux étudiés peuvent se ranger en deux groupes :

Les minéraux relatifs à l'indice de pollution [les phosphates (PO_4^{2-}), l'azote (N_2), les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-), le potassium (K^+)] ;

Les ions majeurs [(sodium(Na^+), calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), Chlorures (Cl^-), Bicarbonates (HCO_3^-), sulfates (SO_4^{2-})] qui déterminent essentiellement la minéralisation de l'eau rapporté par Niang et al, 2002).

2- Importance écologique des facteurs physiques et chimiques

a- Le pH

Selon l'OMS, le pH de l'eau de consommation humaine ne doit pas dépasser 8.

Alors que pour les normes européennes il doit être entre 6.5 et 8.5 (Rodier et al, 1996).

La majorité des bactéries se développent dans un milieu neutre (Sablonnière, 2002).

b- La conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Selon les normes européennes, la conductivité d'une eau de consommation ne doit pas dépasser 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (rapporté par Handschumacher et al, 1998).

c- La température ($^{\circ}\text{C}$)

La température est un facteur déterminant dans le maintien de l'équilibre écologique du milieu. C'est ainsi qu'un réchauffement des eaux conduit à une baisse sensible de la teneur en oxygène dissous qui a un impact sur la survie des larves ; une eau tiède accélère le développement microbien qui, à son tour entraîne la baisse de la teneur en oxygène (Pesson et al, 1980).

Les directives du Conseil des communautés européennes fixent à 12 $^{\circ}\text{C}$ le niveau guide de la température de l'eau destinée à l'abreuvement humain, et à 25 $^{\circ}\text{C}$, la température à ne pas dépasser (Rodier et al, 1996).

La température optimale de développement des larves de moustiques se situe aux environs de 28 $^{\circ}\text{C}$ (Robert et al, 1998).

d- Ions majeurs

La minéralisation des eaux est largement tributaire de sept (07) ions ou ensemble d'ions appelés couramment ions majeurs. Cet ensemble est divisé en deux groupes : les cations [Sodium (Na^+), Potassium (K^+), Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+})] et les anions [Chlorures (Cl^-), Nitrates (NO_3^-), phosphates (PO_4^{2-})].

- **Potassium (K^+)**

La valeur guide est de 12mg/L de potassium dans l'eau potable bien que cet élément ne présente pas de risques significatifs à de faible dose (rapporté par Niang et al, 2002).

- **Calcium (Ca^{2+}) et Magnésium (Mg^{2+})**

Le magnésium est nécessaire au métabolisme de l'homme et de l'animal et entre dans la composition de la chlorophylle qui permet la photosynthèse (Dunod, 1994).

Le calcium et le magnésium définissent en général la dureté bien que d'autres types d'ions comme le zinc, le manganèse y contribuent également. C'est le paramètre qui permet de mesurer la capacité d'une eau à réagir avec un savon. Plus l'eau est dure plus elle exige de savon pour produire de la mousse. Le principal responsable de la dureté des eaux est le calcium.

Aucun effet indésirable sur la santé humaine n'est encore rapporté par l'OMS. Selon les normes européennes les concentrations maximales admissibles sont de 100mg/L pour le calcium et 50mg/L pour le magnésium (National Academy of Sciences, 1977).

- **Sodium (Na^+) et Chlorures (Cl^-)**

Les chlorures donneraient un goût désagréable aux eaux tandis que le sodium contribuerait à l'élévation de la tension artérielle. Dans l'eau potable le seuil de perception des chlorures est lié à l'élément associé (200 mg pour Na^+ et 300 mg pour Cl^-). L'apport quotidien recommandé chez l'homme est de 9mg/jour/Kg de poids corporel. La toxicité de cet ion n'est pas connu chez l'homme en bonne santé. Aucune valeur guide n'est donnée par l'OMS pour la teneur en chlorures de l'eau de boisson.

- **Nitrates (NO_3^-)**

De fortes concentrations en nitrates dans l'eau exaltent la formation des algues, dégradant ainsi l'habitat de la faune aquatique. Les nitrates diminuent fortement le transport de l'oxygène dans le sang, conduisant à une cyanose (Niang et al, 2002).

Les bactéries ont besoin d'azote, car cet élément entre dans la composition des protéines. Les sources d'azotes sont variables en fonction du métabolisme de chaque type bactérien et l'une des voies de la production d'azote est la dégradation des nitrates (Sablonnière, 2002).

Par ailleurs la production de moustique est favorisé par une élévation de la teneur en nitrates (Robert et al, 1998).

L'OMS recommande pour les eaux destinées à la consommation humaine une valeur limite de 50 mg/L au moment où les Européens indiquent une valeur guide de 25 mg/L et une concentration maximale admissible de 50 mg/L (Rodier et al, 1996).

- **Phosphates (PO_4^{2-})**

Il est à noter que pour des valeurs supérieures à 0.5 mg/L de phosphate, des risques de pollution sont certains (rapporté par Niang et al, 2002).

Les nitrates et les phosphates générés par la minéralisation des déchets riches en matières organiques ont une incidence fâcheuse sur l'écosystème aquatique. Elles engendrent le phénomène d'Eutrophisation. Ainsi, d'énormes masses de matières végétales envahissent les lacs et les cours d'eau, les bactéries oxydatives attaquent la matière accumulée au fond de l'eau. Ceci entraîne une consommation importante de l'oxygène, favorisant les éclosions (Lazare N. DIESSE, 2005).

IV- DONNEES BACTERIOLOGIQUES

1. Définition

Une bactérie est un être vivant unicellulaire de petite taille, capable de se nourrir, de respirer et de se reproduire de façon autonome (protistes). La cellule procaryote est une cellule haploïde, caractéristique des bactéries. La bactérie présente les éléments d'une cellule procaryote (paroi, membrane, cytoplasme, inclusion, chromosomes) auxquels vont s'ajouter quelques structures qui lui sont propres (capsule, pili sexuels, pili communs, flagelles) (Sablonnière, 2002)

2. Classification des bactéries

Les bactéries sont classées selon leur forme, leur comportement par rapport au pH et la température de multiplication.

a. Selon la forme

a₁- Les **coques** : se présentent sous forme de grain arrondi. Ces bactéries sont toujours immobiles. Les grains peuvent être :

- isolés exemple : microcoque de la fièvre de malte.
- réunis (diplocoques) ; exemple : *Streptococcus pneumoniae* responsable de la pneumonie et d'infection de la sphère ORL ; exemple : *Neisseria meningitidis* , responsable de méningite ;
- disposés en chaînes ; exemple : *Streptococcus pyogenes* , responsable de l'angine ;
- regroupés en amas ou en grappes ; exemple : *Staphylococcus aureus*, on trouve des microcoques qui ne sont pas pathogènes et peuplent la peau ;

a₂- Les **bacilles** : sont des bâtonnets cylindriques allongés, de forme et dimension variable (bacille du tétanos, de la typhoïde, les colibacilles). Ils peuvent être :

- à bouts carrés ou arrondis ; exemple : *Escherichia coli*, responsable d'infection urinaires ou intestinales ; exemple : *Salmonella sp*, responsable d'intoxication alimentaire ;
- en épingle à cheveux et à bord renflés ; exemple : *Corynebacterium diphtheriae*, responsable de la diphtérie ;
- incurvés en virgule (vibron) ; exemple : *Vibrio cholerae*, responsable du choléra

a₃- Les **Spirilles** ressemblent à une vrille de tire-bouchon : *Treponema sp*, responsable de la syphilis.

b. Selon la température de multiplication

On distingue quatre (04) catégories de bactéries :

- Les **bactéries thermophiles** se multiplient entre 40 et 60°C. Elles sont peu nombreuses . Certaines se développent dans les eaux thermales chaudes ;
- Les **bactéries mésophiles** se multiplient entre 20 et 40°C. Ce sont les plus nombreuses (Staphylocoques, Pneumocoques, Salmonelles) ;
- Les **bactéries psychrotrophes** se multiplient entre 0 et 20°C, mais leur croissance est plus rapide aux alentours de 15°C ;
- Les **bactéries psychrophiles** se multiplient aux environs de 0°C. Elles se développent dans les réfrigérateurs.

c. Selon le pH

On distingue trois (03) types de bactéries :

- La majorité des bactéries se développent en milieu neutre : elles sont **neutrophiles** ;
- Les bactéries qui se développent en milieu acide sont appelées **acidophiles** (bacille lactique). Elles sont peu nombreuses ;
- Les bactéries qui préfèrent les milieux basiques sont appelés **basophiles**. Ce sont les plus virulentes.

3. Impacts théoriques sur les moustiques et la santé

Selon les normes de l'OMS, pour qu'une eau soit propre à la consommation, on ne doit y trouver ni coliforme fécal et total, ni Streptocoque et les germes totaux ne doivent dépasser 2000 dans un échantillon de 100ml. Ce niveau de « propreté » ne peut être atteint sans système d'égout et/ou de traitement d'eau (Niang et al, 2002).

La diminution du taux d'oxygène dissous est un facteur d'incitation des œufs d'*Aedes vexans* à l'éclosion : la richesse en micro organismes de l'eau abaisse le taux d'oxygène dissous et favorise donc les éclosions (O'Malley, 1990).

Par ailleurs les bactéries ont besoin d'azote, car cet élément entre dans la composition des protéines et l'une des sources d'azote est la dégradation des nitrates (Sablonnière, 2002).

V- IMPORTANCE THEORIQUE DE L'EAU

L'eau joue un rôle très important dans la biologie des moustiques. En effet tous les moustiques suivent un cycle biologique dont une partie se déroule dans l'eau où, après les éclosions des œufs, les larves puis les nymphes se développent.

Les *Aedes* pondent à l'interface eau-air sur le sol humide des mares. Ils ne peuvent éclore que quand ils sont immergés suite à la remontée du niveau d'eau (importance de la dynamique de vidange et de remplissage), mais à condition qu'ils aient subi une certaine période d'assèchement, estimée à moins d'une semaine, qui correspond à la durée de l'embryogenèse. Les œufs de *Culex* sont par contre pondus en grappe par la femelle sur la surface de l'eau et ils éclosent dès l'embryogenèse terminée.

La dynamique de remplissage et vidange joue aussi un rôle très important dans la vie des bactéries et donc la production de moustiques. En effet lorsque la teneur en eau du milieu diminue, le métabolisme et la croissance des bactéries ralentissent puis s'arrêtent car leur cytoplasme n'est plus assez hydraté pour permettre les réactions chimiques (Sablonnière, 2002)

Par ailleurs une faible tranche d'eau est favorable à la production de moustique (Robert et al, 1998).

VI- IMPORTANCE THEORIQUE DE LA VEGETAION

La fermentation des feuilles de *Pilostigma reticulatum* et de *Tamarindus indica* donnerait un produit très amer. Ce qui expliquerait l'absence des larves de moustique dans la mare de Barkédji.

La mare de Kangalédji se caractérise par la rareté de *Pilostigma reticulatum* et *Tamarindus indica* mais par un développement important des larves de moustiques.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

I- MATERIEL

1- De terrains

- les résidus de pesticides : le matériel utilisé est constitué de pots de prélèvement de 100mL, d'une boîte de gants, d'un marqueur, des étiquettes. Ce matériel est commun aux deux autres types de prélèvements.
- Détermination des minéraux et analyses physiques : en plus du matériel destinés aux résidus de pesticides nous avons utilisé des flacons plastiques de 500mL, des mouchoirs, des pipettes de 1mL, 1papier pH=1 à 4.5, du chlorure de potassium (KCL 3M et 0.01M), des pissettes, du tampon pH=4 et 7, de l'eau oxygénée, de l'alcool, de l'eau déminéralisée ;
- Analyses bactériologiques : des pots stériles.

2- De laboratoire

- Pour les analyses des résidus de pesticides et la détermination de la teneur en minéraux : nous avons utilisé le matériel suivant :
 - . Une balance, des erlenmeyers de 500mL (PYREX), colonnes (RP18-10, 5C₈)
 - . Du papier filtre blanc (PROLABO), des entonnoirs (PYREX),
 - . Des éprouvettes graduées de 25mL (PYREX), une pipette à poire de 1mL,
 - . Des bêchers, des tubes, des étiquettes, et des fioles jaugés de 10 mL,
 - . Un évaporateur rotatif (Bibby RE 200).
- Pour les analyses bactériologiques : le matériel utilisé est celui couramment en usage dans les laboratoires de Bactériologie.
 - . Matériels de stérilisation : autoclave, four Pasteur ;
 - . Matériels d'incubation : trois étuves (Memmert) à trois températures différentes : 30°C, 37°C, 44°C ;
 - . Matériel d'analyse bactériologique : milieux de culture et réactifs, boîtes de pétri, pipettes 1mL et 25mL, pipettes Pasteur, tubes à vis, bec bunsen, Hotte, portoir, agitateur «Vortex», fils à ensemencement, bac à coloration et support lames, pinces, pipettes à mains.

II- METHODES

Il sera ici question du choix des sites d'étude, des paramètres qui pourront éventuellement donner des éclaircissements sur le thème abordé, des techniques de prélèvement pour aboutir à des analyses fiables et des méthodes d'analyses proprement dites.

1- Choix des sites

Le nombre de sites et leur position ont été choisis en fonction de la taille de la mare, de son importance pour l'alimentation en eau des populations et l'abreuvement des animaux, de sa dynamique de remplissage ainsi que de son importance pour la production de moustiques.

a- Site de Barkédji

La présence très fréquente de l'espèce végétale *Pilostigma reticulatum* connue sous le nom de «barké» en Pulhar et le fait qu'il soit en nombre important «kédji» aurait donné à la sous-préfecture de Barkédji son nom. Ceci parce qu'elle est aussi la plus proche de la commune d'arrondissement de Barkédji.

La proximité de la mare, du village, fait son importance. En effet diverses activités s'y pratiquent participant toutes à la pollution de la mare (lavage de la vaisselle, baignade des enfants et fréquentation d'animaux domestiques notamment les bovins et caprins car habituellement chez les Hal Pulhar, ce sont les animaux les plus proches des habitations). La mare serait plus profonde que toutes les autres mares et possède des îlots de déversement en cas de remplissage.

Toutes ces raisons font qu'elle soit importante pour la santé des populations autochtones et justifie amplement son choix dans notre étude.

b- Site de Fourdou

Fourdou signifierait en Pulhar «grise» en terme de couleur. Elle est très utilisée pour l'alimentation en eau des populations et l'abreuvement des animaux. D'où le choix porté sur cette mare.

c- Site de Kangalédji

Cette mare communique avec celle de Barkédji. Elle est, après Barkédji la mare la plus profonde et comme cette dernière, elle présente des poches de déversement en cas de remplissage.

d- Site de Ngao

Ce terme proviendrait du nom d'une plante connue en Pulhar sous le nom de «Ngao-ngawdi». Cette mare se situe dans le même secteur que celle du site de Fourdou et présente à peu près les mêmes intérêts que lui.

e- Site de Yaralopé

L'expression yaralopé (yara : boire, lopé : boue, en Pulhar) désigne une mare peu profonde et dont la dynamique de remplissage serait différente d'une mare comme celle de Barkédji.

Par ailleurs cette mare serait la plus utilisée pour l'alimentation en eau des populations et l'abreuvement des animaux. D'où son importance dans l'étude de la santé humaine et animale.

2- choix des paramètres

A l'état naturel, l'eau contient des sels et des gaz dissous, des matières en suspension et des organismes vivants. Il existe, pour les paramètres de caractérisation, des seuils à ne pas dépasser ou des quantités plus ou moins favorables. On doit rappeler ici, qu'une eau parfaitement pure, exempte de tous ces constituants annexes (minéraux, microorganismes), est impropre à l'abreuvement. La qualité des eaux superficielles est une notion délicate à cerner car elle est intimement liée à l'équilibre des milieux, eux-mêmes soumis à de très nombreuses influences extérieures, naturelles ou non.

La pluie contribue à apporter aux mares, les substances arrachées ou dissoutes à partir des terrains voisins, par érosion ou percolation.

La température et l'ensoleillement régissent entre autre, les équilibres chimique et biologique. L'intérêt croissant porté, dans ces multiples usages, à la qualité de l'eau a conduit à définir un certain nombre de paramètres spécifiques :

- les paramètres physiques (température, conductivité, pH) des eaux résiduaires peuvent altérer le milieu récepteur dans lequel elles se déversent,
- les paramètres biologiques sont issus de l'évacuation des matières fécales et urines des populations chargées en germes commensaux de l'homme et en germes pathogènes en provenance des porteurs sains ou des malades ; ce sont généralement des parasites (schistosomes et champignons).

Nous avons analysé le potentiel d'hydrogène (pH), la température, la salinité, le potentiel réducteur-oxydant (PR), la conductivité, les Nitrates (NO_3^-), les phosphates (PO_4^{2-}) et les ions majeurs (Potassium (K^+), Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}), le Sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-).

3- Prélèvement et transport des échantillons

L'échantillonnage est fondamental car il détermine la fiabilité des analyses et permet d'avoir des éléments représentatifs. En effet, les prélèvements sont effectués à 0,5m de la limite de l'eau afin d'éviter les effets de bord et à 1m du fond pour éviter la mise en suspension des matières solides du fond du plan d'eau. Différents points sont également prélevés mensuellement pour connaître la chimie des eaux.

Le conditionnement des échantillons et les délais d'analyse peuvent entraîner des variations sensibles dans la concentration en minéraux (exemple des flacons de prélèvement avec des détergent riche en phosphates entraîne une augmentation de sa concentration) et la composition (une conservation à une température supérieure à 4°C entraîne une multiplication significative des bactéries) des eaux prélevées.

Les échantillons sont prélevés dans des récipients propres qui sont lavés plusieurs fois à l'eau à prélever et les bouteilles sont ensuite fermées hermétiquement sans y laisser de bulles d'air.

Pour les analyses bactériologiques tous les échantillons analysés ont subi les mêmes conditions de prélèvement (entre 6h et 7h), de transport (le même jour), de conservation (4°C), d'analyse (dans les 48h).

4- Analyses physico-chimiques

a- Détermination de la nature et de la teneur en pesticides

- Standard des pesticides

TABLEAU IV : Standard des pesticides ciblés

Standards	Longueurs d'onde D'absorption (nm)	Provenance
Chloropyrifos-éthyle	280	Dr. Erenstorf
DDT	245	SENCHEM
Deltaméthrine	272	Dr. Erenstorf
Fénitrothion	280	Dr. Erenstorf
Malathion	220	SENCHEM
Métamidophos	280	SENCHEM
Propoxur	220	SENCHEM

Notons que le choix de ces insecticides n'est pas le fait du hasard. Ces produits sont utilisés dans la lutte antiacridienne.

- **Etablissement d'une droite de calibration**

Nous avons préparé une gamme de concentrations pour chaque standard de pesticide. Par exemple à partir du DDT on a procédé ainsi :

- pour la solution mère (I) autrement dit celle préparé directement à partir du standard, nous avons pris 1 mg de DDT par 10mL de dichlorométhane. Ce qui veut dire que :
1mg DDT.....10mL
x.....1000mL
donc on a $1\text{mg} \times 1000/10 = 100\text{ppm}$;
- pour la solution (II) on a pris 1mL de (I) et 2mL de dichlorométhane , ce qui correspond à 50ppm ;
- pour la solution (III), la préparation est constituée de 1mL de (I) et de 4mL de dichlorométhane, ce qui donne 20ppm ;
- pour la solution (IV), on a pris de nouveau 1mL de (I) et 7mL de dichlorométhane, donc on obtient 12.5ppm ;
- pour la solution (V), nous avons pris 1mL de (IV) cette fois-ci et 7ml de dichlorométhane, ce qui nous a donné 1.5ppm ;
- pour la dernière solution (VI), on a effectué un dosage de 1mL de (V) et 2mL de dichlorométhane pour obtenir 0.5ppm.

- **Procédure d'extraction et de purification des résidus de pesticide**

- **Technique d'extraction des échantillons**

- ❖ **Extraction de l'eau**

Afin d'extraire les résidus de pesticides dans les échantillons d'eau nous avons opéré ainsi qu'il suit :

- Mettre 100mL d'eau dans un erlenmeyer,
- ajouter 100mL de dichlorométhane,
- agiter fortement pendant au moins 2mn afin de faire passer les résidus de pesticides de l'eau (échantillon) au solvant par solubilité différentielle,
- verser dans un ballon de décantation et laisser reposer complètement pendant quelques mn : le mélange se sépare en deux phases du fait de la non miscibilité de l'eau et du solvant utilisé,

La phase inférieure constituée d'un mélange de solvant et de soluté servira à l'analyse.

❖ **Extraction du sol**

Pour extraire les résidus de pesticides dans les échantillons de sol, nous avons procédé de la façon suivante :

- Mettre 50g de sol dans un erlen meyer de 500mL,
- ajouter 50mL de méthanol,
- agiter fortement pendant au moins 2mn afin de faire passer les résidus de pesticides de l'échantillon au solvant,
- filtrer l'extrait et le récupérer dans un erlen meyer de 500mL.

▪ **Technique de purification des extraits**

Elle s'effectue pour les échantillons de sol (vue leur coloration) et la méthode consiste à une chromatographie sur colonne. Pour cela

- mettre 30g de silice dans une colonne,
- ajouter 7g de sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4),
- verser 50mL de dichlorométhane dans un ballon suspendu au-dessus de la colonne,
- faire couler le dichlorométhane pour conditionner la colonne,
- une fois que toute la colonne soit conditionnée, arrêter le dichlorométhane et verser l'extrait afin de le purifier.

▪ **Analyse des extraits par chromatographie liquide à haute pression**

❖ **Appareillage**

Le chromatographe utilisé est de type Jasco modèle 880-PU muni de :

- . Colonnes sphérisorb (suivant le produit on indiquera la nature de la colonne)
- . Mélangeur automatique de type Jasco modèle 880-02,
- . Système de contrôle associé à un clavier de type Jasco modèle 801-SC,
- . Détecteur UV/visible de type Jasco modèle 875-UV,
- . Intégrateur Spectra Physics model 4270,
- . Une vanne d'injection avec boucle échantillon de 20 μ L,
- . Un réservoir pour éluant et une pompe à débit constant réglable,
- . Une colonne de séparation contenant la phase stationnaire ou fixe,
- . Pompe Jasco modèle 880-PU,

❖ Conditions de travail

Les conditions d'analyse sont les suivantes :

- Débit.....1mL/mn,
 - Pression.....30 Kg/cm²,
 - Longueur d'onde d'absorption de l'insecticide à analyser (cf. Standard des pesticides),
 - Atténuation.....2,
 - CS : charp speed (vitesse de déroulement du papier).....0.5cm/mn,
 - Température48°C,
- Système éluant en gradient : acétonitrile-eau dans des proportions.....80/20v/v,
- Seringue.....20µL.

❖ Analyse des extraits d'eau et de sol

Les extraits obtenus pour chaque échantillon sont injectés dans les mêmes conditions que les standards.

L'identification des résidus de pesticides s'effectue par la comparaison des temps de rétention des standards à ceux des extraits.

La teneur en résidus de pesticides dans les extraits est déterminée par la méthode graphique à partir de la droite de calibration. Cette méthode consiste à calculer l'ordonnée de la valeur X correspondant dans le chromatogramme au temps de rétention du produit. Ensuite deux cas se posent :

Pour l'eau la teneur en résidus (TR) de l'extrait, lorsque le volume de celui-ci est de 100mL, se calcule comme suit :

$$TR = X \cdot 100/1000$$

1000 (en mL) étant le volume nécessaire pour revenir au système international SI (ppm).

Pour le sol la teneur en résidus (TR) de l'extrait, lorsque le poids de celui-ci est de 50g, se calcule comme suit :

$$TR = X \cdot 1000/50$$

1000 (en g) étant le poids nécessaire pour revenir au système international SI (ppm).

b- Détermination des paramètres physiques

Les paramètres physiques [le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité (µS/cm), la salinité (mg/L), la température (°C)] sont variables en fonction de la qualité chimique de l'eau. Ils sont mesurés par une lecture directe à l'aide d'un appareil spécifique appelé Analyseur multiparamètre.



Figure3 : Technique d'utilisation de l'Analyseur multiparamètre

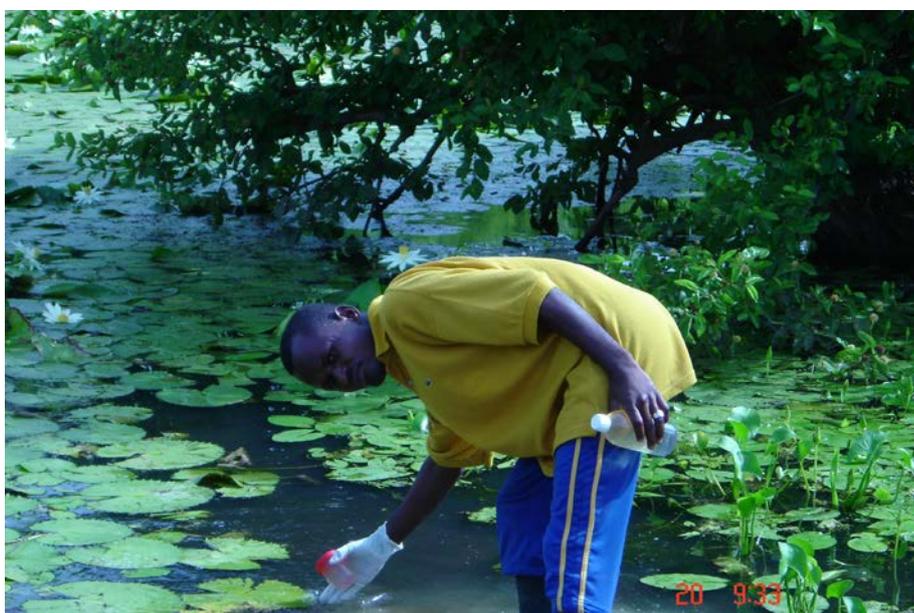


Figure 4 : Technique de prélèvement des échantillons d'eau sur le terrain

c- Détermination des teneurs en minéraux

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de chimie de l'Institut de Recherche et de Développement (IRD)

5- Analyses bactériologiques

Ces analyses ont consisté à la mise en évidence qualitative et quantitative des germes susceptibles de nuire à la santé publique tels que la *flore mésophile aérobie totale* (FMAT) ou germes totaux, les coliformes totaux et fécaux et les streptocoques fécaux.

a- Dénombrement de la FMAT (= germes totaux) à 30°C

Le milieu de culture utilisé est la gélose standard pour dénombrement ou gélose PCA (Plate Count Agar). Les ensemencements sont effectués avec les dilutions 1/2 et 1/5 de la solution mère de départ. 1 mL de chaque solution est prélevé puis introduit dans une boîte de pétri stérile. On y coule ensuite 10 à 15ml de gélose PCA préalablement fondu et ramené à la température de 45°C. L'innoculum et la gélose PCA sont alors homogénéisés par des mouvements rotatifs de la boîte de pétri puis refroidis. Après solidification une deuxième couche de gélose est coulée pour empêcher le développement d'éventuelle flore de contamination superficielle après ensemencement. Les boîtes sont ensuite incubées à l'étuve à 30°C pendant 72heures. Les colonies blanchâtres ayant poussées en profondeur sont dénombrées. On obtient le nombre exact de germes par ml d'eau en multipliant le nombre de colonies par l'inverse de la dilution utilisée.

b- Dénombrement des Coliformes totaux et fécaux à 44°C

Cette recherche a été effectuée selon la méthode normalisée par l'AFNOR (NF-08-015). Comme milieu de culture, la gélose lactosée à la bile, au cristal violet et rouge neutre (VRBL) a été utilisée. L'ensemencement et l'homogénéisation sont effectués de la même manière que précédemment. L'incubation se fait à 44°C à l'étuve pendant 24 heures. Les colonies de coliformes totaux apparaissent roses et celles des coliformes fécaux violettes. La technique de dénombrement reste la même que pour la FMAT.

c- Dénombrement des Streptocoques fécaux à 37°C

Le milieu de culture utilisé est la gélose au sang cuit. On coule 15ml de gélose ordinaire dans une boîte de pétri où l'on ajoute 5% de sang de mouton à chaud (soit 0.75ml). On ensemence 0.1ml de chaque solution (solution mère et dilutions) d'abord par des stries verticales et transversales.

L'incubation s'effectue à 37°C en anaérobie (sous la jarre) pendant 24 heures (enrichissement en CO₂ par la technique de la bougie).

La formation d'une pastille violette caractérise le développement des Streptocoques fécaux.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Les paramètres biochimiques, physiques et bactériologiques ont été mesurés pour caractériser l'eau échantillonnée. Les résultats de ces mesures sont présentés sous forme de tableaux. L'interprétation de ces résultats est basée sur les normes suggérées par l'OMS (1986a, 1986b) et les normes européennes (Lyonnaise des eaux, 1989).

I- RESIDUS DE PESTICIDES

Les figures 5 à 11 représentent respectivement les droites de calibration du Propoxur, du DDT, du Chlorpyriphos-éthyle, du méthamidophos, du malathion, du fénitrothion et de la deltaméthrine alors que les figures 12 à 23 correspondent aux chromatogrammes des standards et des extraits d'eau et de sol.

Les temps de rétention des standards sont respectivement de 2.29 pour le propoxur, 2.56 pour le DDT, 2.67 pour le chlorpyriphos-éthyle, 2.47 pour le méthamidophos, 4.57 pour le fénitrothion, 4.07 pour le malathion et 4.17 pour la deltaméthrine.

Les tableaux V à XI représentent les teneurs en résidus de pesticides trouvés dans les eau et sol des mares du Ferlo, analysés par chromatographie liquide à haute performance.

Dans les différents tableaux des résidus de pesticides nous aurons :

Nd : non détecté

** : non échantillonné

Soulignés : teneurs en résidus supérieures aux LMR.

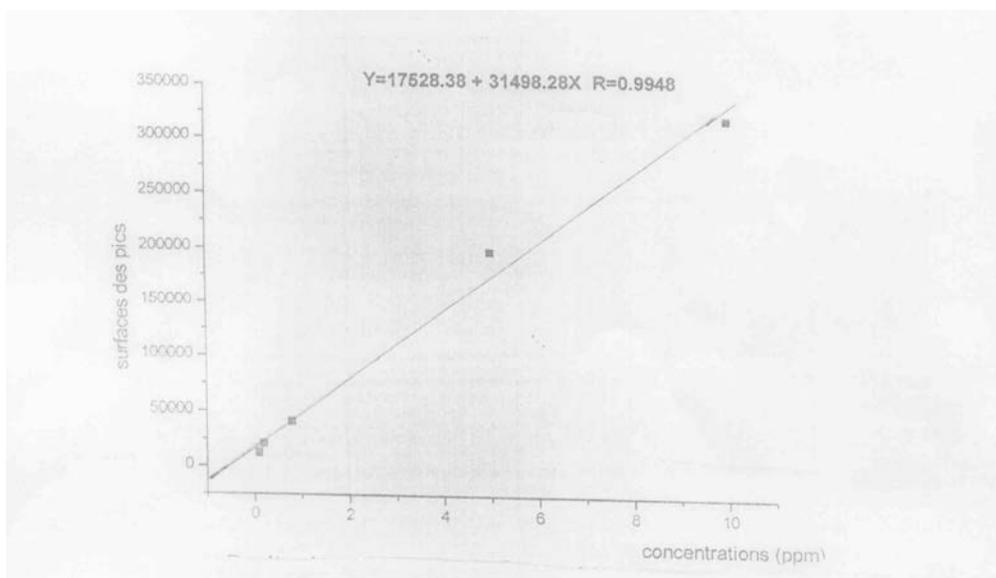


Figure 5 : Droite de calibration du *Propoxur*

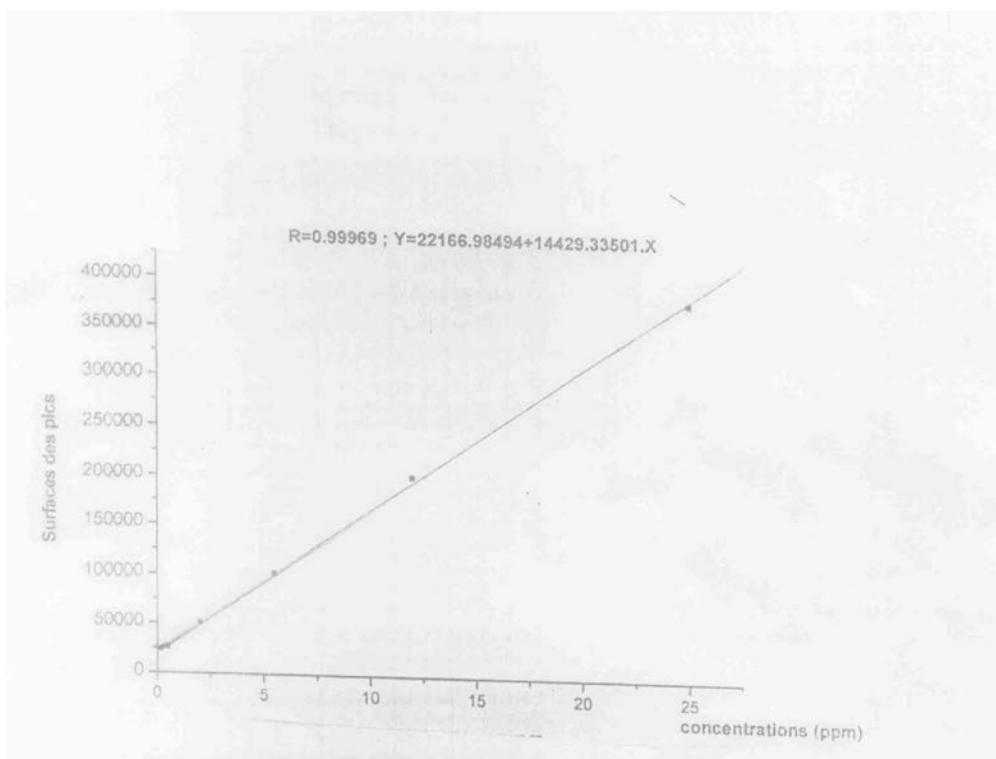


Figure 6 : Droite de calibration du DDT

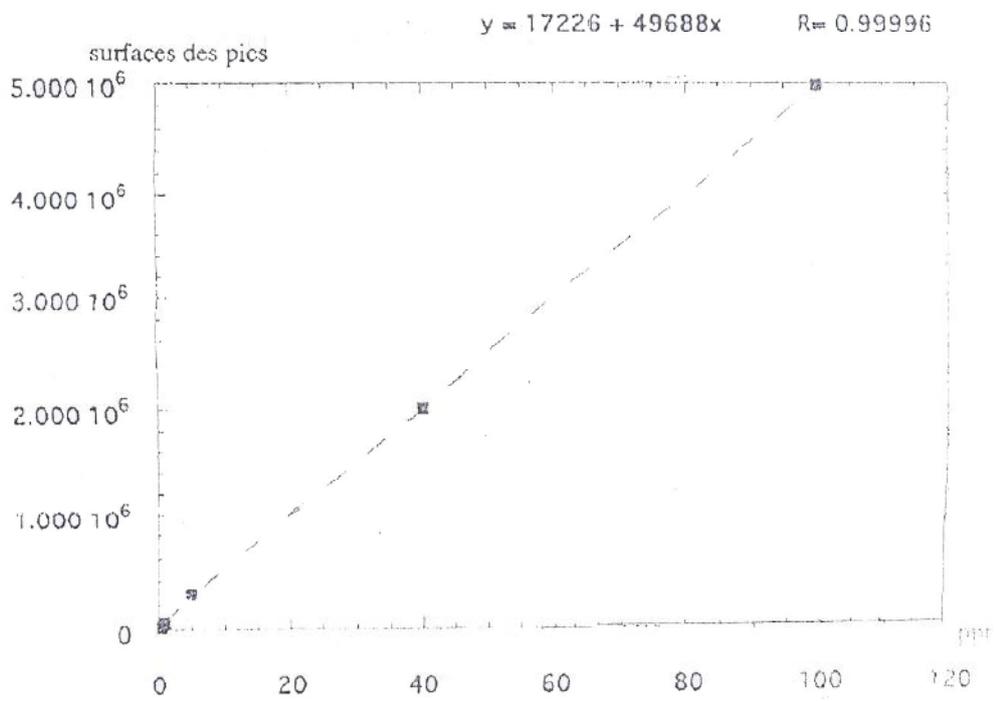


Figure 7 : Droite de calibration *Chlorpyrifos-éthyle*

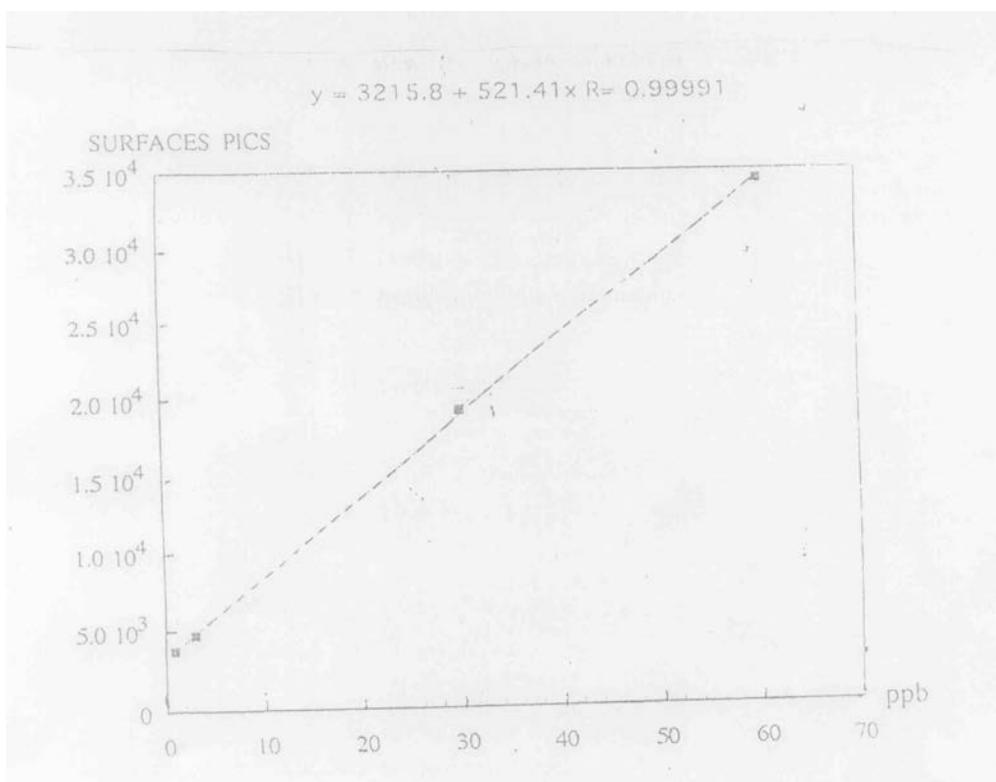


Figure 8 : Droite de calibration du *Méthamidophos*

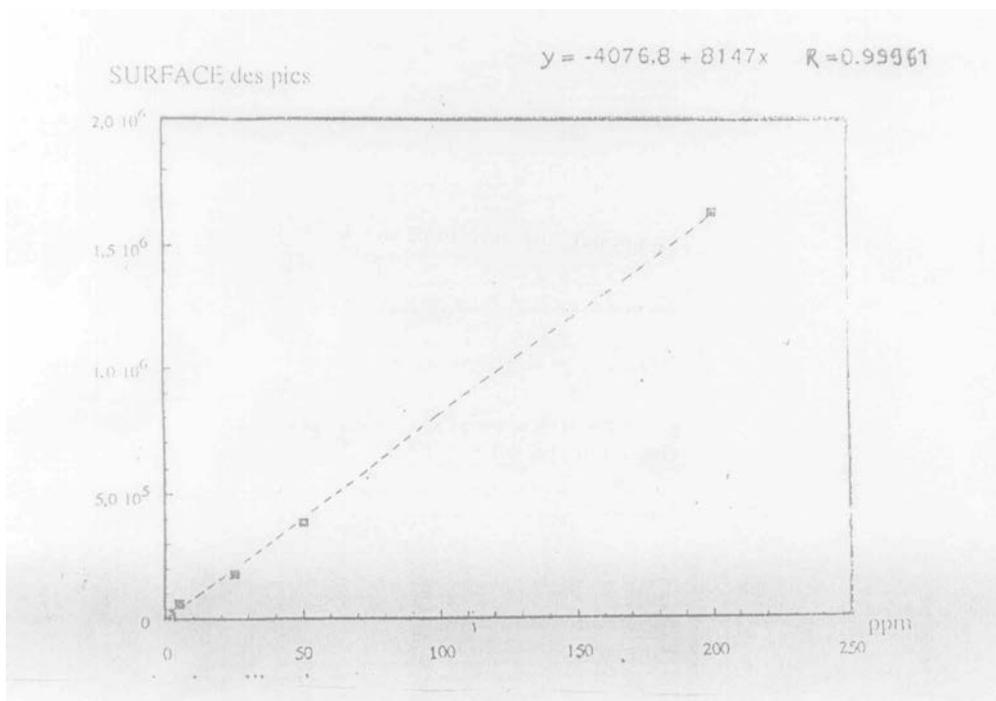


Figure 9 : Droite de calibration du *Malathion*

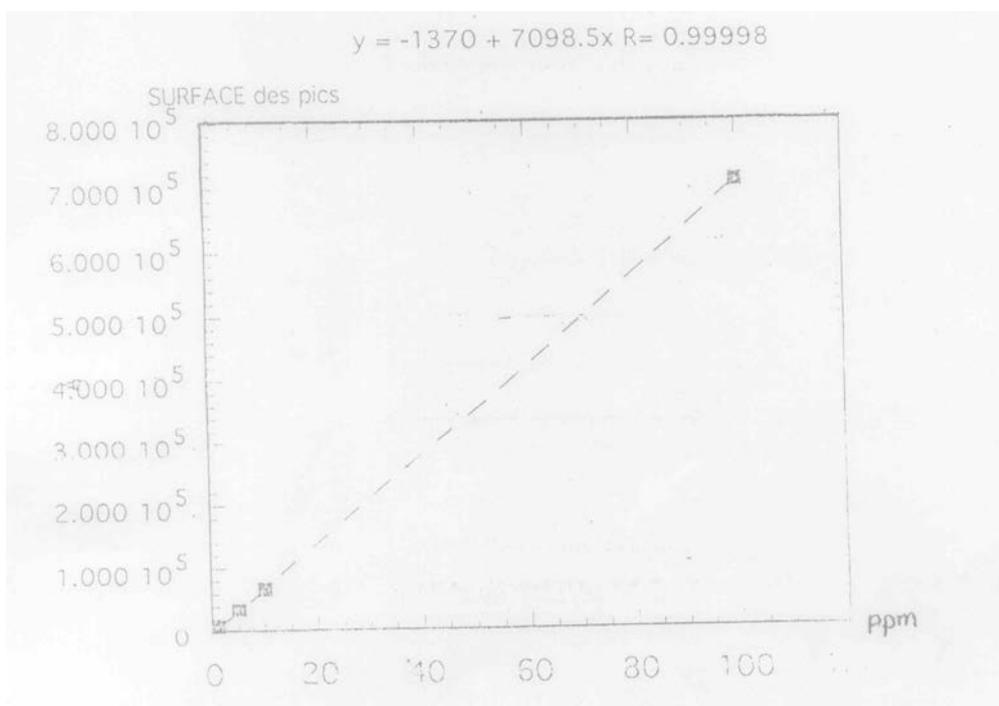


Figure 10 : Droite de calibration du *Fénitrothion*

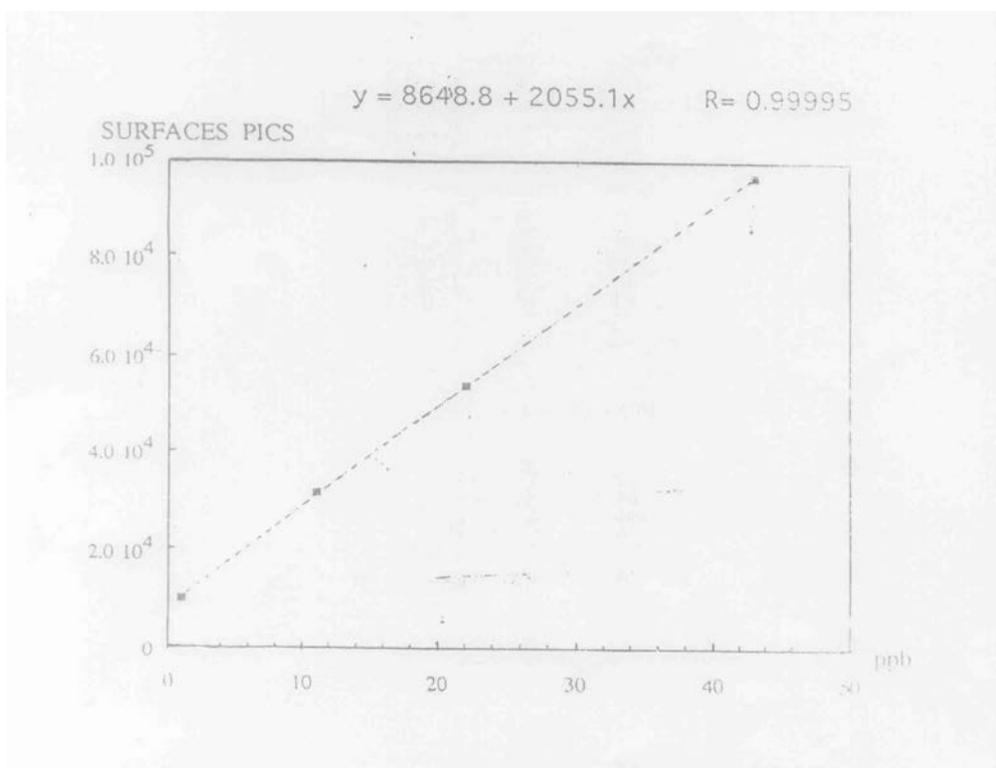


Figure 11 : Droite de calibration de la *Deltaméthrine*

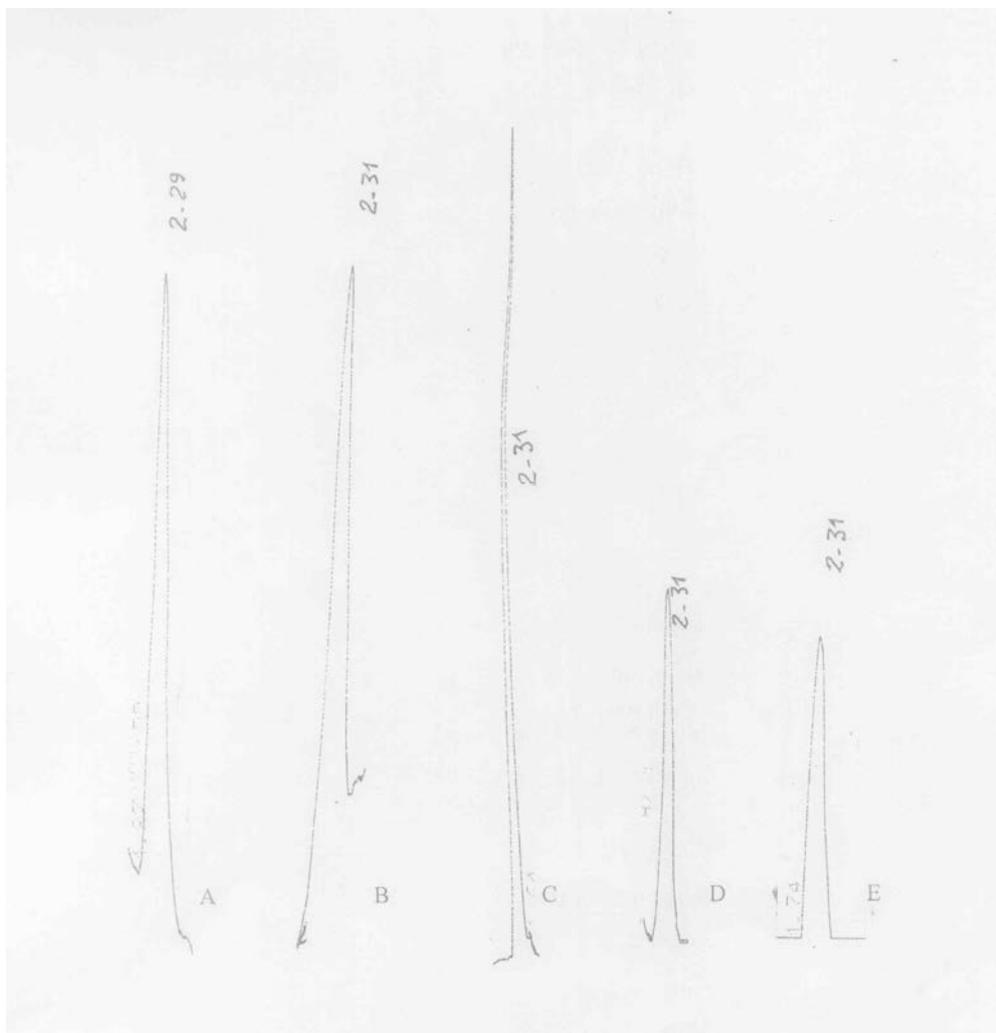


Figure 12 : Chromatogrammes (CLHP) du *propoxur* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

A- Chromatogramme du *propoxur* étalon

B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Fourdou prélevé en Juillet

C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Fourdou prélevé en Juillet

D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Fourdou prélevé en Août

E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Fourdou prélevé en Août

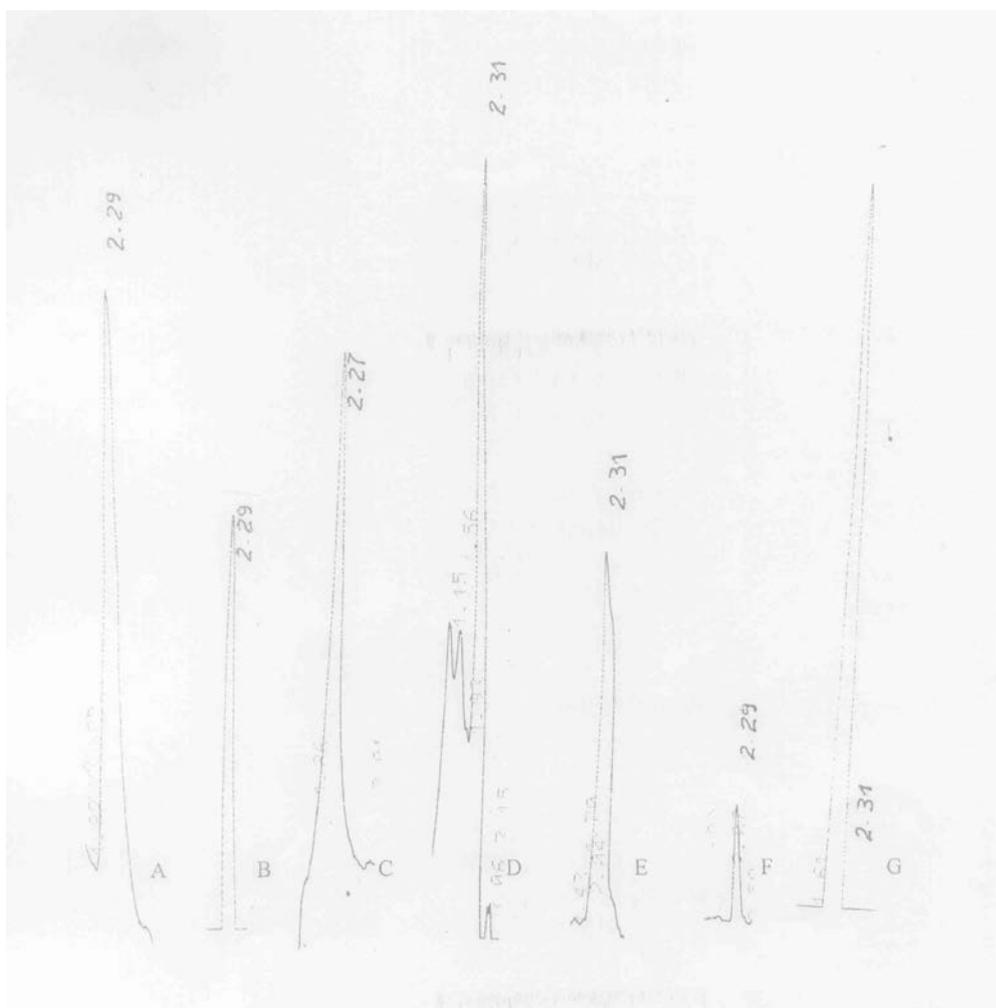


Figure 13 : Chromatogramme (CLHP) du *propoxur* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

A- Chromatogramme du *propoxur* étalon

B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Fourdou prélevé en Septembre

C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Fourdou prélevé en Septembre

D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Fourdou prélevé en Octobre

E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Fourdou prélevé en Octobre

F- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Yaralopé prélevé en Novembre

G- Chromatogramme d'un extrait de sol de Yaralopé prélevé en Novembre

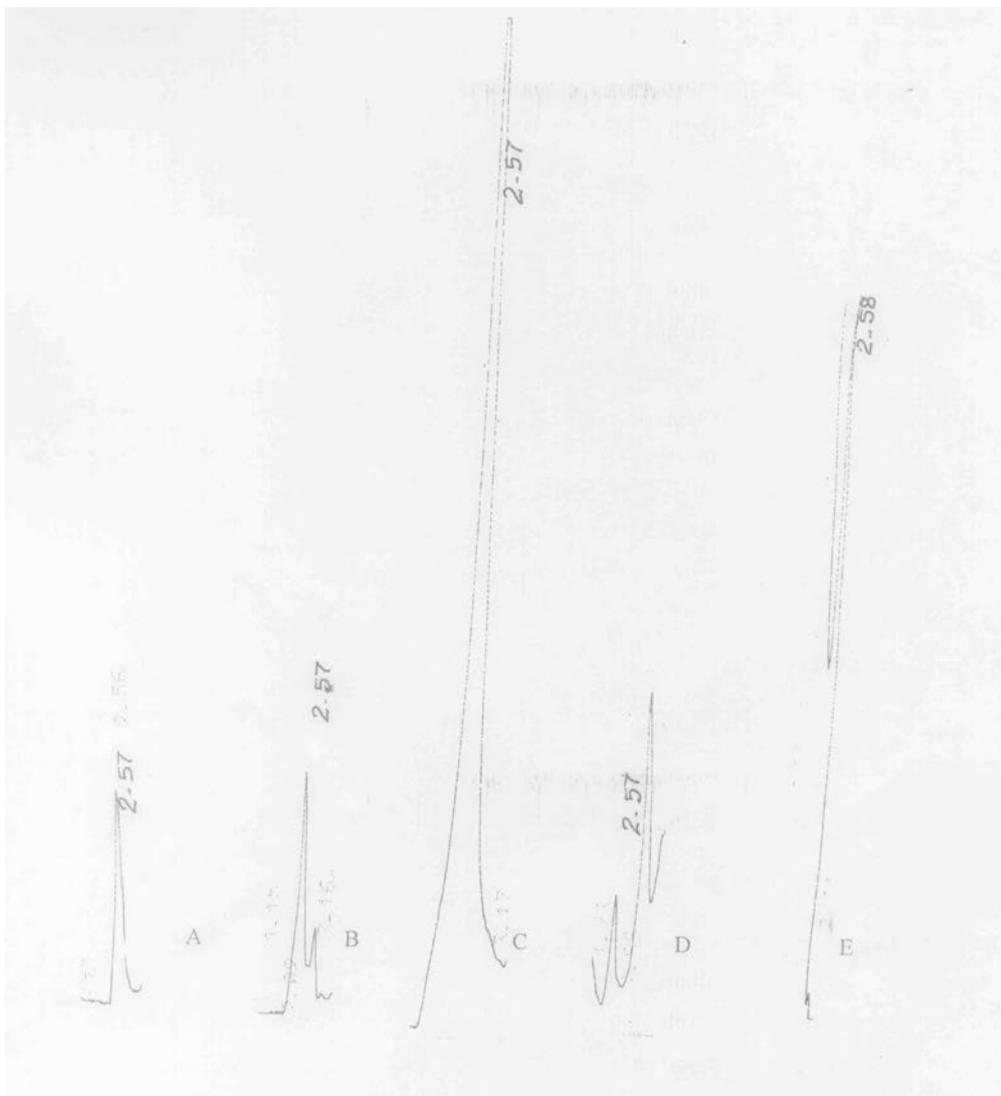


Figure 14 : Chromatogrammes (CLHP) du *DDT* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

A- Chromatogramme du *DDT* étalon

B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangalédji prélevé en Juillet

C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangalédji prélevé en Juillet

D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangalédji prélevé en Août

E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangalédji prélevé en Août

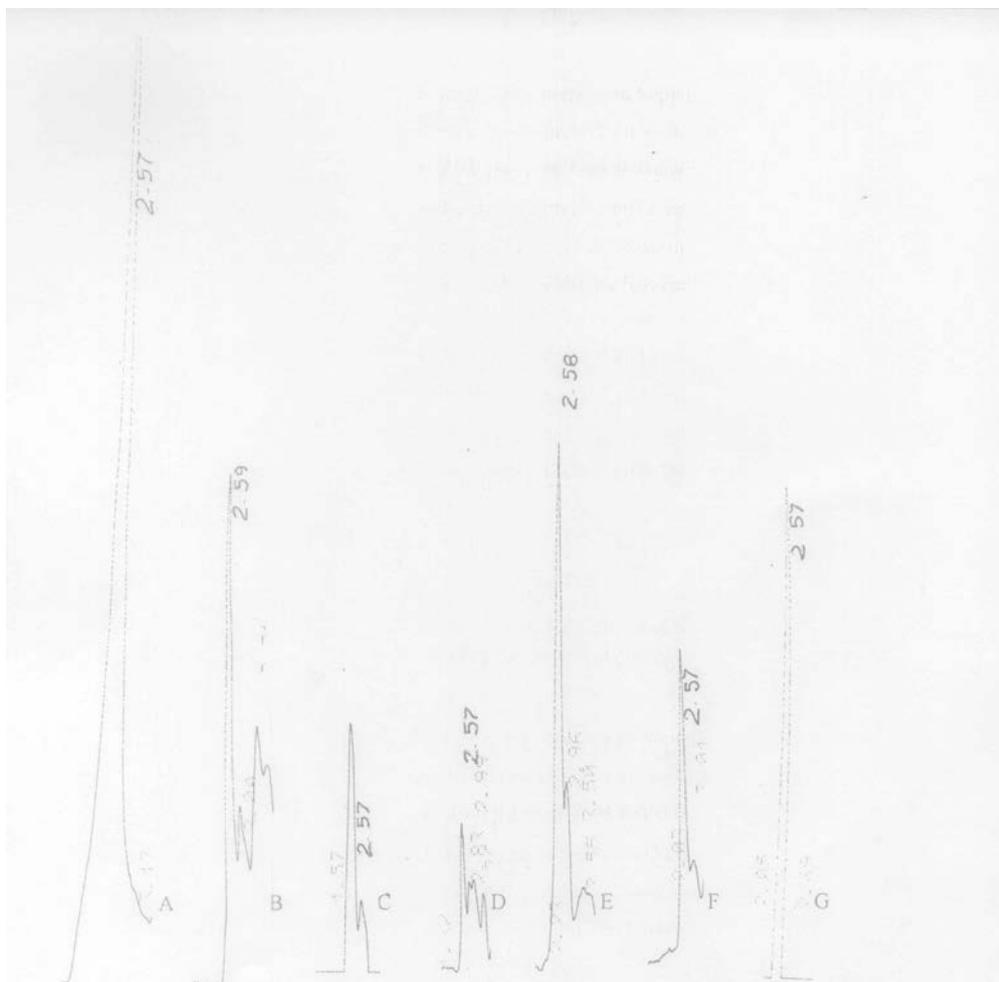


Figure 15 : Chromatogramme (CLHP) du *DDT* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

A- Chromatogramme du *DDT* étalon

B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangelédji prélevé en Septembre

C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangelédji prélevé en Septembre

D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangelédji prélevé en Octobre

E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangelédji prélevé en Octobre

F- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Barkédji prélevé en Novembre

G- Chromatogramme d'un extrait de sol de Barkédji prélevé en Novembre

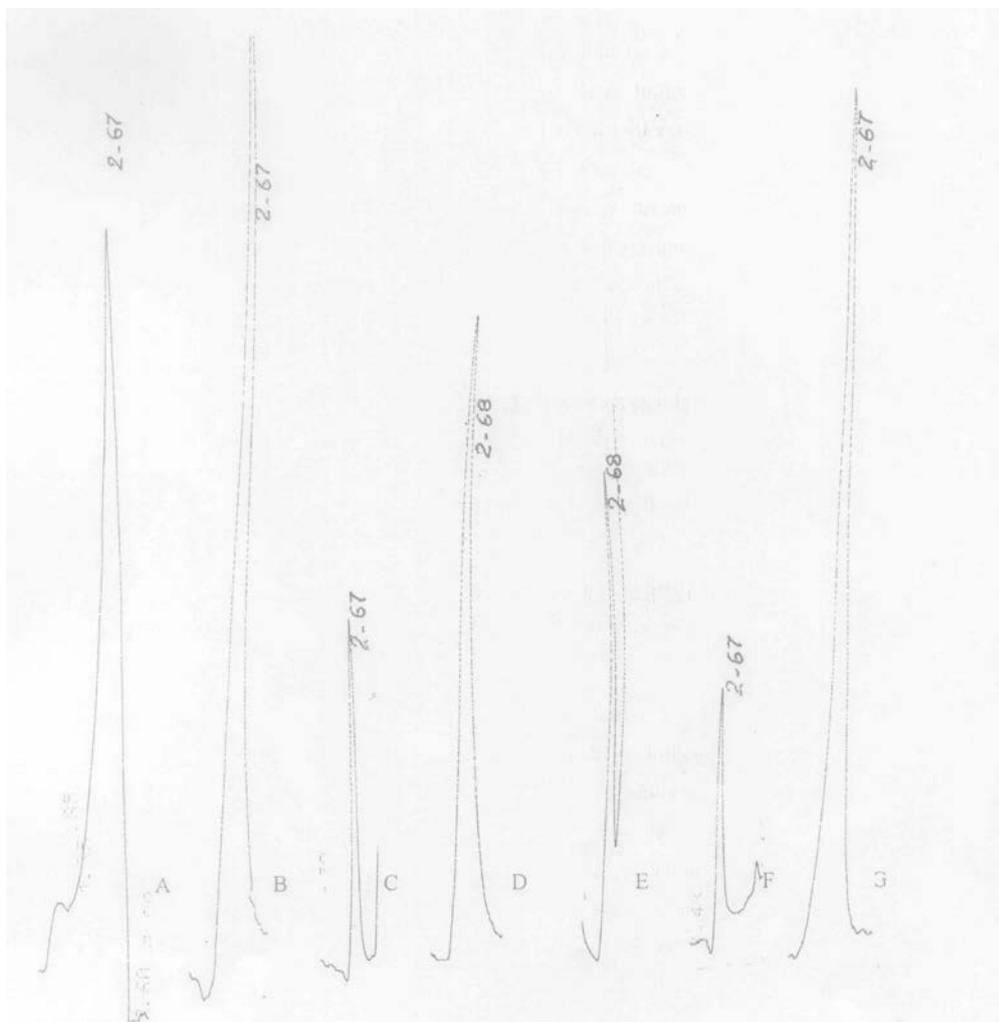


Figure 16 : Chromatogramme (CLHP) du *chlorpyrifos-éthyle* et d'extraits d'eau et sol de Juillet en Novembre de mare du Ferlo

A- Chromatogramme du *chlorpyrifos-éthyle* étalon

B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Ngao prélevé en Juillet

C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangelédji prélevé en Juillet

D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Barkédji prélevé en Juillet

E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Ngao prélevé en Octobre

F- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangelédji prélevé en Octobre

G- Chromatogramme d'un extrait de sol de Yaralopé prélevé en Novembre

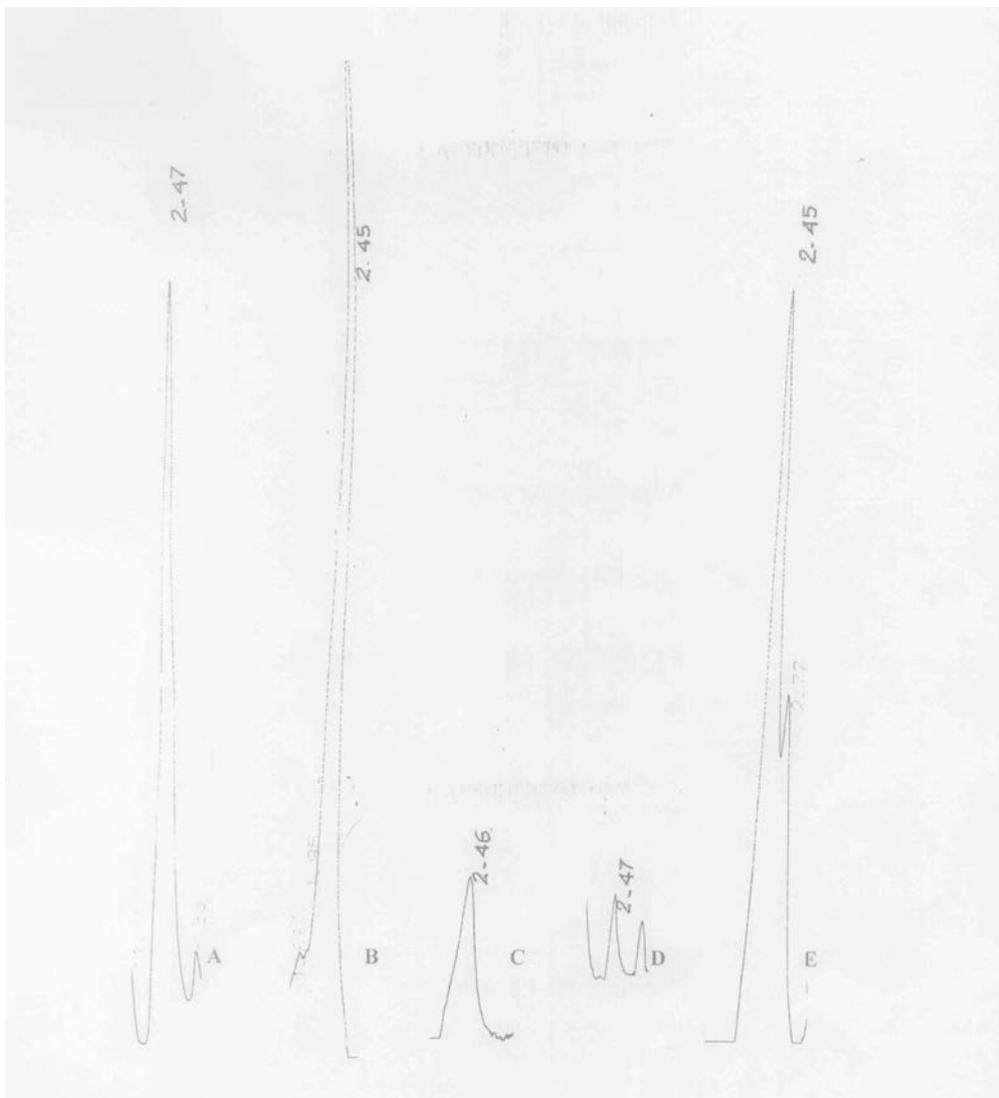


Figure 17 : Chromatogrammes (CLHP) du *méthamidophos* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

A- Chromatogramme du *méthamidophos* étalon

B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangelédji prélevé en Juillet

C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangelédji prélevé en Juillet

D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangelédji prélevé en Août

E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangelédji prélevé en Août

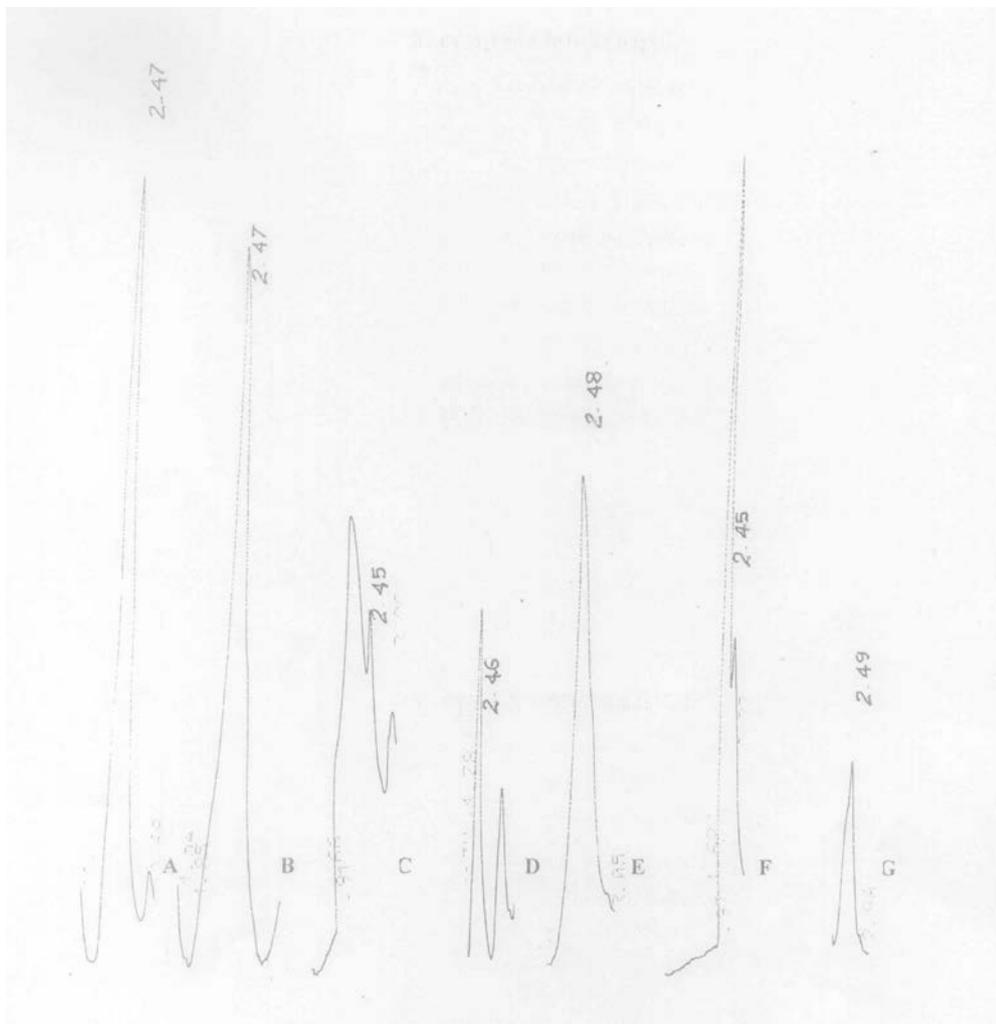


Figure 18 : Chromatogramme (CLHP) du *méthamidophos* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

A- Chromatogramme du *méthamidophos* étalon

B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangalédji prélevé en Septembre

C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangalédji prélevé en Septembre

D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangalédji prélevé en Octobre

E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangalédji prélevé en Octobre

F- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangalédji prélevé en Novembre

G- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangalédji prélevé en Novembre

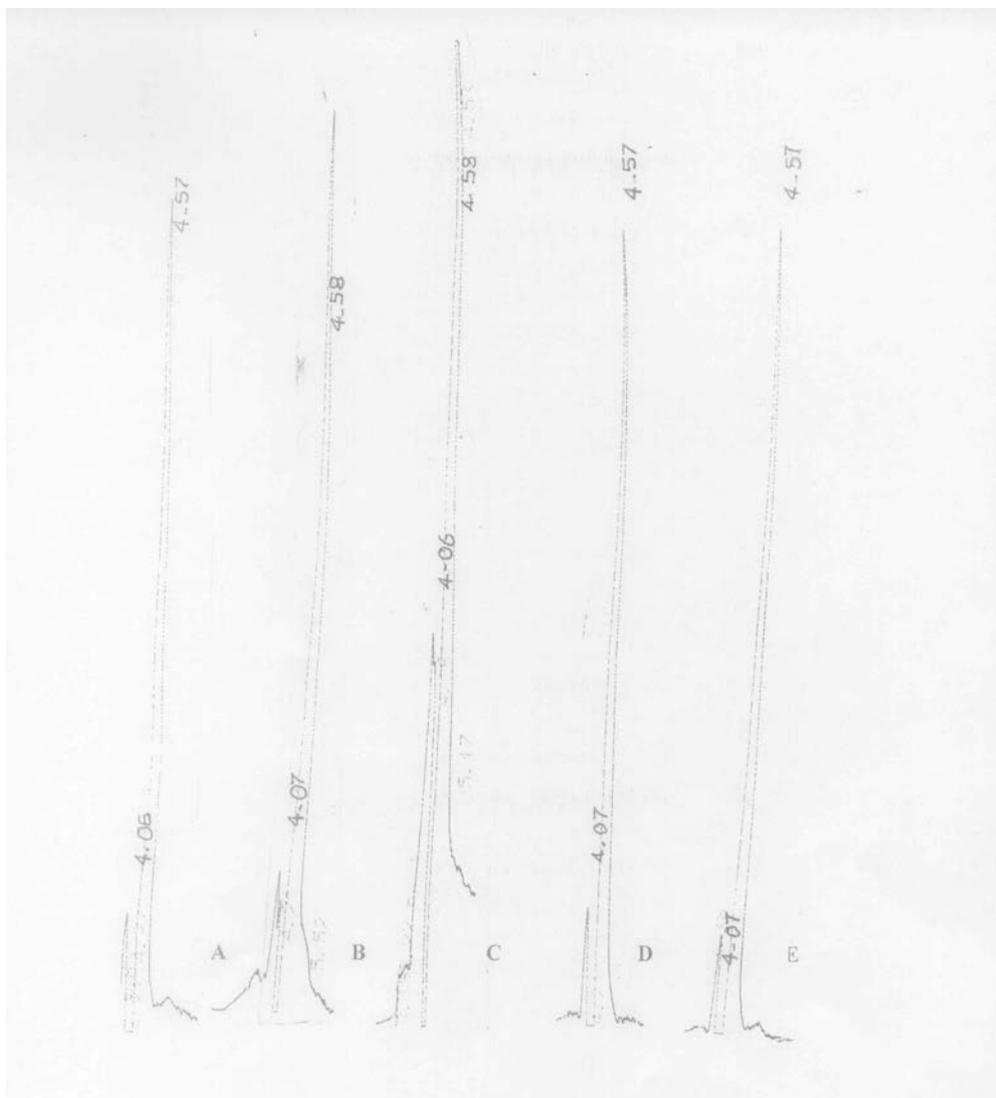


Figure 19 : Chromatogrammes (CLHP) du *malathion*, du *fénitrothion* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

- A- Chromatogramme du *malathion* et du *fénitrothion* étalons
- B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Ngao prélevé en Juillet
- C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Ngao prélevé en Juillet
- D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Ngao prélevé en Août
- E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Ngao prélevé en Août

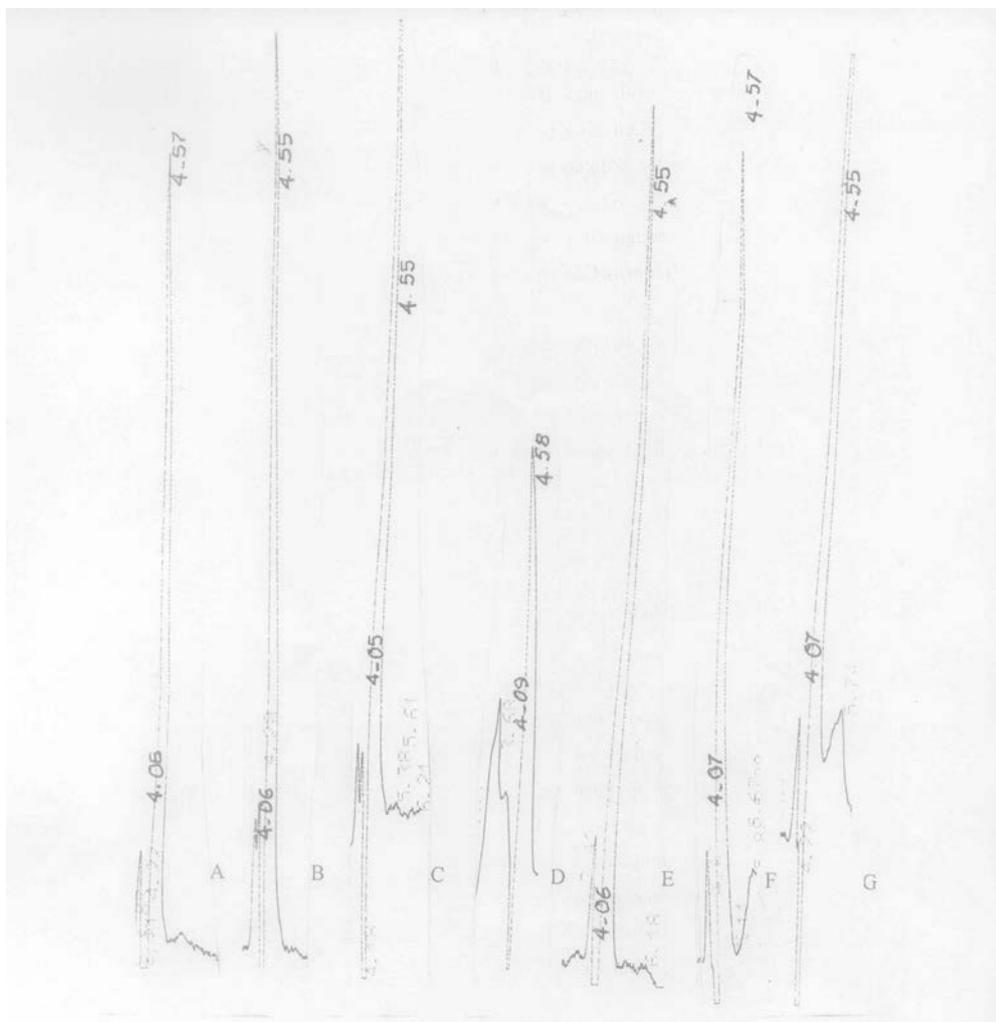


Figure 20 : Chromatogramme (CLHP) du *malathion*, du *fénitrothion* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

- A- Chromatogramme du *malathion* et du *fénitrothion* étalon
- B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Ngao prélevé en Septembre
- C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Ngao prélevé en Septembre
- D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Ngao prélevé en Octobre
- E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Ngao prélevé en Octobre
- F- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Barkédji prélevé en Novembre
- G- Chromatogramme d'un extrait de sol de Barkédji prélevé en Novembre

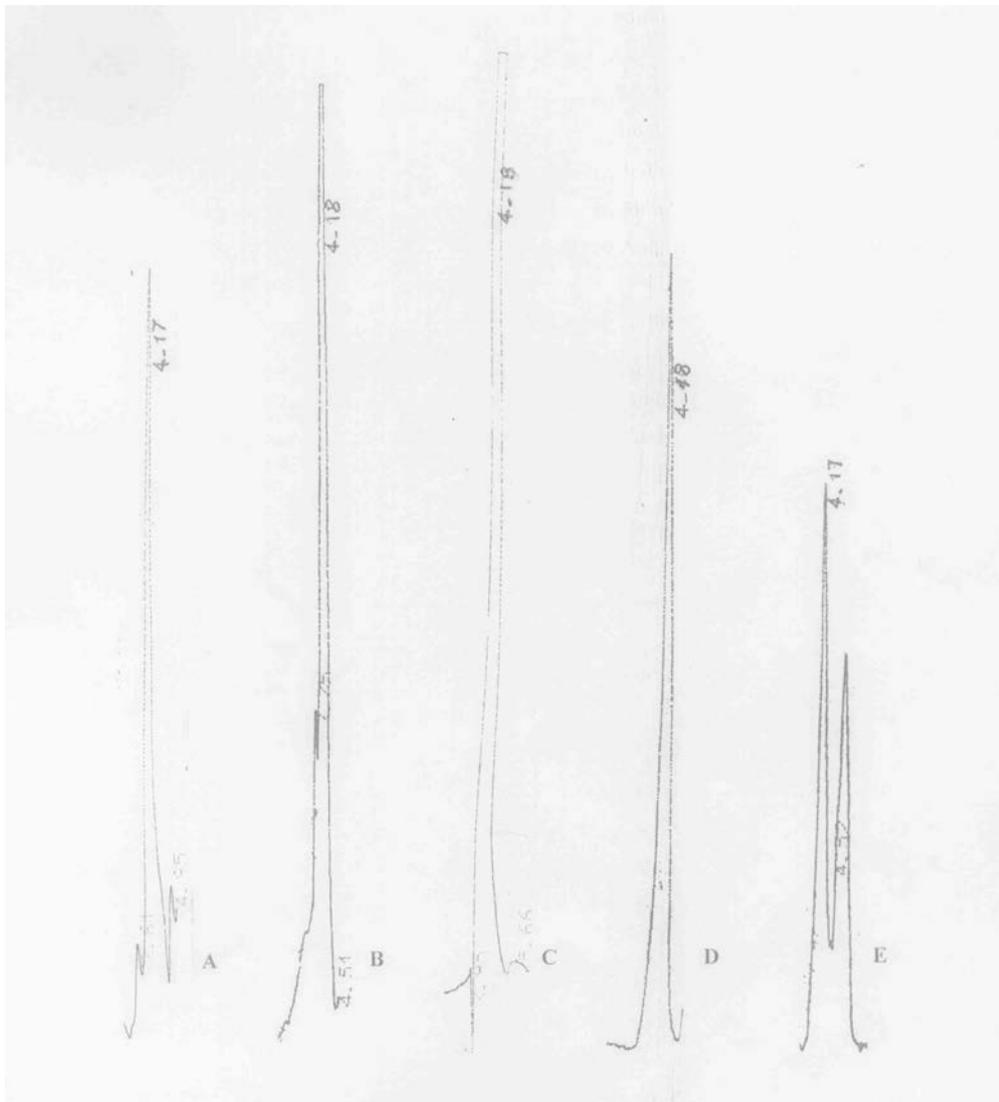


Figure 21 : Chromatogrammes (CLHP) de la *deltaméthrine* et d'extraits d'eau et de sol de Juillet et d'Août de mare du Ferlo

- A- Chromatogramme de la *deltaméthrine* étalon
- B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangelédji prélevé en Juillet
- C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangelédji prélevé en Juillet
- D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangelédji prélevé en Août
- E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangelédji prélevé en Août

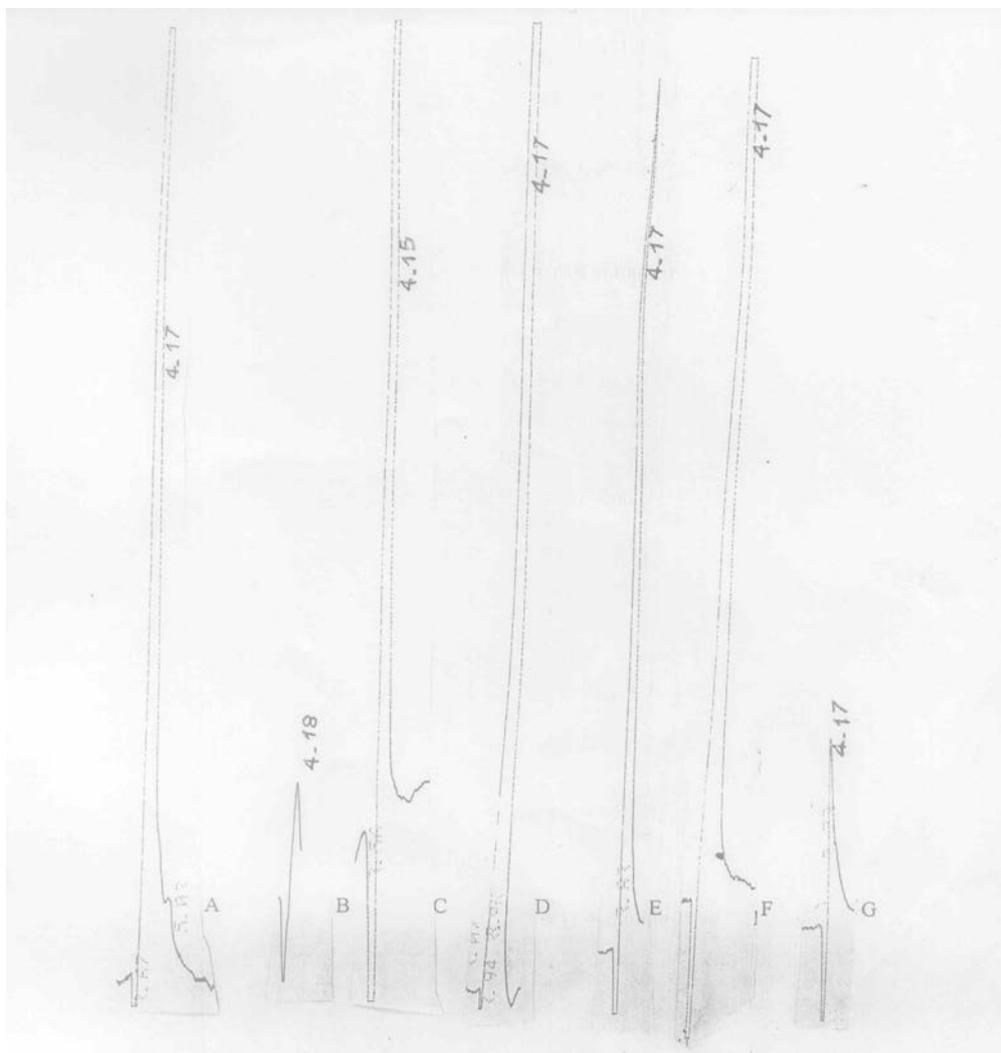


Figure 22 : Chromatogramme (CLHP) de la *deltaméthrine* et d'extraits d'eau et sol de Septembre, d'Octobre et de Novembre de mare du Ferlo

A- Chromatogramme de la *deltaméthrine* étalon

B- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangalédji prélevé en Septembre

C- Chromatogramme d'un extrait de sol de Kangalédji prélevé en Septembre

D- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Kangalédji prélevé en Octobre

E- Chromatogramme d'un extrait de sol de Ngao prélevé en Octobre

F- Chromatogramme d'un extrait d'eau de Yaralopé prélevé en Novembre

G- Chromatogramme d'un extrait de sol de Barkédji prélevé en Novembre

TABLEAU V : Teneur en Propoxur (en ppm) des eaux et du sol de mare du Ferlo

Echantillons	Sites	30/07	23/08	22/09	17/10	20/11
Eau V=100mL	Ngao	<u>3.3</u>	<u>1.39</u>	<u>0.09</u>	<u>0.46</u>	**
	Fourdou	<u>3.41</u>	<u>0.86</u>	<u>2.51</u>	<u>1.58</u>	**
	Kangalédji	<u>0.34</u>	<u>3.24</u>	<u>0.08</u>	<u>32.81</u>	<u>9.77</u>
	Barkédji	<u>0.85</u>	**	**	**	<u>45.64</u>
	Yaralopé	<u>0.12</u>	**	**	**	<u>27.89</u>
Sol P=50g	Ngao	<u>6.06</u>	<u>3.54</u>	<u>6.26</u>	<u>9.94</u>	**
	Fourdou	<u>4.17</u>	<u>14.54</u>	<u>6.41</u>	<u>8.68</u>	**
	Kangalédji	<u>8.71</u>	<u>2.32</u>	<u>4.99</u>	<u>11.52</u>	<u>2.54</u>
	Barkédji	<u>2.1</u>	**	**	**	<u>3.44</u>
	Yaralopé	<u>5.39</u>	**	**	**	<u>3.66</u>

➤ **PROPOXUR**

Tous les échantillons analysés présentent des valeurs supérieures à la LMR.

Les teneurs sont plus élevées en octobre dans l'eau. Ce qui confirme l'utilisation de ce produit dans ces secteurs pendant la lutte antiacridienne. Les valeurs sont plus élevées dans le sol, pour le reste des mois, que dans l'eau ; ceci serait lié au fait que le produit soit retenu dans les colloïdes du sol. Par ailleurs le propoxur entre dans la composition du "Baygon" qui est un produit utilisé dans la lutte contre les moustique, principalement. Ce qui voudrait dire aussi qu'il est facile de trouver des traces du produit dans les environs des habitations.

TABLEAU VI : Teneur en DDT (en ppm) des eaux et du sol de mare du Ferlo

Echantillons	Sites	30/07	23/08	22/09	17/10	20/11
Eau V=100mL	Ngao	<u>1.01</u>	<u>0.6</u>	<u>0.76</u>	<u>2.34</u>	**
	Fourdou	Nd	<u>0.06</u>	<u>0.5</u>	<u>1.6</u>	**
	Kangalédji	<u>2.33</u>	<u>0.36</u>	<u>5.6</u>	<u>0.04</u>	<u>8.47</u>
	Barkédji	Nd	**	**	**	<u>15.31</u>
	Yaralopé	Nd	**	**	**	<u>13.56</u>
Sol P=50g	Ngao	<u>0.92</u>	<u>0.77</u>	<u>1.36</u>	<u>0.73</u>	**
	Fourdou	<u>9.79</u>	<u>0.34</u>	<u>1.09</u>	<u>1.86</u>	**
	Kangalédji	<u>0.44</u>	<u>0.69</u>	<u>1.13</u>	<u>0.99</u>	<u>0.22</u>
	Barkédji	<u>0.57</u>	**	**	**	<u>0.03</u>
	Yaralopé	<u>0.93</u>	**	**	**	<u>0.28</u>

➤ **DDT**

Seulement 3 échantillons sur les 34 analysés n'avaient pas de résidus de DDT alors que tous les autres contenaient des teneurs supérieures à la LMR. Les 3 dont il s'agit sont les échantillons d'eau de Fourdou, Barkédji et Yaralopé de la 1^{ère} mission. Ces résultats nous montrent qu'environ 91% des échantillons présentent des teneurs supérieures à la LMR. Mais comme dans le cas du propoxur tout laisse croire que ce produit a été utilisé pour la lutte antiacridienne ; étant donnée que les valeurs du mois de Novembre dans les eaux sont au moins cinq (5) fois supérieures aux autres teneurs. Il s'agit de kangalédji (8.47mg/Kg), Barkédji (15.31mg/Kg), Yaralopé (13.56mg/Kg). Sa présence dans les échantillons de Juillet à Septembre pourrait être expliquée par sa très longue rémanence (10ans) et son insolubilité. D'où tout le danger que représente la détection d'un tel produit quand on sait que ces eaux sont destinées à la consommation humaine et animale.

TABLEAU VII : Teneur en Chlorpyriphos-éthyle (en ppm) des eaux et du sol de mare du Ferlo

Echantillon	Sites	30/07	23/08	22/09	17/10	20/11
Eau V=100mL	Ngao	<u>10.97</u>	Nd	Nd	0.06	**
	Fourdou	Nd	Nd	Nd	Nd	**
	Kangalédji	0.16	Nd	Nd	0.14	Nd
	Barkédji	<u>1.79</u>	**	**	**	Nd
	Yaralopé	Nd	**	**	**	<u>2.62</u>

Nous n'avons pas détecté de chlorpyriphos-éthyle dans les échantillons de sol.

➤ **CHLORPYRIPHOS-ETHYLE**

Nous avons détecté des résidus de chlorpyriphos-éthyle dans 6 échantillons d'eau dont 3 dépassent la L.M.R. (0.05-0.5 mg/kg) sur les 34 échantillons analysés.

Il s'agit respectivement de :

- Ngao (10.97 mg/kg) et Barkédji (1.79 mg/kg) de la 1^{ère} mission et de Yaralopé (2.62 mg/kg) de la 4^{ème} mission ;
- Kangalédji (0.16 mg/kg) de la 1^{ère} mission ainsi que Ngao (0.06 mg/kg) et Kangalédji (0.14 mg/kg) de la 4^{ème} mission.

Pour les échantillons de sol, aucun résidu de chlorpyriphos-éthyle n'a été détecté.

Ces résultats nous montrent que seulement 8 % des échantillons d'eau et sol analysés présentent des teneurs en résidus de chlorpyriphos-éthyle supérieures à la LMR. (0.05-0.5mg/kg). Ce qui semble être dû à une utilisation accidentelle de ce produit.

TABLEAU VIII : Teneur en Méthamidophos (en ppm) des eaux et du sol de mare du Ferlo

Echantillons	Sites	30/07	23/08	22/09	17/10	20/11
Eau V=100mL	Ngao	<u>10.80</u>	<u>5.03</u>	<u>0.39</u>	Nd	**
	Fourdou	<u>2.29</u>	0.1	<u>0.66</u>	Nd	**
	Kangalédji	<u>3.03</u>	<u>3.93</u>	0.22	<u>2.19</u>	<u>0.69</u>
	Barkédji	<u>0.57</u>	**	**	**	Nd
	Yaralopé	0.23	**	**	**	<u>2.15</u>
Sol P=50g	Ngao	<u>1.54</u>	0.06	<u>0.68</u>	<u>21.75</u>	**
	Fourdou	<u>5.04</u>	<u>9.05</u>	<u>1.38</u>	<u>23.14</u>	**
	Kangalédji	<u>13.70</u>	<u>6.12</u>	<u>3.54</u>	<u>17.34</u>	<u>4.69</u>
	Barkédji	<u>5.34</u>	**	**	**	<u>2.39</u>
	Yaralopé	<u>1.7</u>	**	**	**	<u>0.95</u>

➤ **METHAMIDOPHOS**

Sur les 34 échantillons analysés 3 n'ont pas de métamidophos et seuls 5 ont des valeurs inférieures à la LMR (0.3 mg/kg) : Yaralopé (0.23 mg/kg) de la 1^{ère} mission ; Fourdou (0.1 mg/kg) de la 2^{ème} mission et kangalédji (0.22 mg/kg) de la 3^{ème} mission pour l'eau et Ngao (0.06 mg/kg) de la deuxième mission pour le sol.

A la lumière de ces résultats, on voit que 67.5% des échantillons analysés ont des teneurs en résidus de Méthamidophos supérieures à la LMR. En plus la teneur en Méthamidophos est plus élevée dans le sol que dans l'eau. L'explication pourrait provenir du fait que le produit soit retenu dans les colloïdes du sol. Ce qui rend très difficile leur dégradation. Autrement dit ce phénomène augmente la rémanence du produit dans le sol et facilite les accumulations.

On notera aussi que la teneur en Méthamidophos est supérieure à la L.M.R. partout où il a été détecté. Ce qui confirme que ce produit a été utilisé dans la lutte antiacridienne et son absence à Barkédji pourrait se justifier par la proximité de la mare des habitations afin d'éviter l'intoxication les populations. Cette explication pourrait être complétée par le fait que le méthamidophos soit un acaricide. Il en découle que le produit est utilisé pour un plus large gamme d'espèce.

TABLEAU IX : Teneur en Malathion (en ppm) des eaux et du sol de mare du Ferlo

Echantillons	Sites	30/07	23/08	22/10	17/10	20/11
Eau V=100mL	Ngao	0.19	0.07	0.19	0.24	**
	Fourdou	0.7	0.06	0.05	Nd	**
	Kangalédji	0.26	0.37	Nd	0.09	0.34
	Barkédji	0.8	**	**	**	Nd
	Yaralopé	0.21	**	**	**	0.31
Sol P=50g	Ngao	0.38	0.5	0.39	0.71	**
	Fourdou	0.26	Nd	0.26	0.59	**
	Kangalédji	Nd	0.2	1.66	0.59	<u>5.24</u>
	Barkédji	Nd	**	**	**	Nd
	Yaralopé	0.27	**	**	**	0.39

➤ MALATHION

Les analyses ont révélé la présence de résidus de malathion dans 27 échantillons sur les 34 dont 1 seul, Kangalédji (5.24 mg/kg) lors de la 4^{ème} mission, dépasse la LMR (3 mg/kg) et 26 présentent des valeurs inférieures à celle-ci.

Ces résultats sont assez intéressants quand on sait que cette période coïncide avec le début de la pulvérisation des insecticides pour la lutte antiacridienne. En effet cela voudra dire, si le résultat se confirme, que ce produit fait parti des substances utilisées dans ce secteur.

TABLEAU X : Teneur en Fénirothion (en ppm) des eaux et du sol de mare du Ferlo

Echantillons	Sites	30/07	23/08	22/09	17/10	20/11
Eau V=100mL	Ngao	0.26	0.06	0.25	<u>0.9</u>	**
	Fourdou	0.08	0.05	0.04	<u>0.69</u>	**
	Kangalédji	<u>1.60</u>	0.24	0.04	0.07	0.43
	Barkédji	0.03	**	**	**	0.03
	Yaralopé	0.1	**	**	**	<u>0.8</u>
Sol P=50g	Ngao	<u>0.69</u>	<u>0.72</u>	0.26	0.24	**
	Fourdou	0.13	Nd	0.13	<u>1.78</u>	**
	Kangalédji	0.12	0.07	<u>3.22</u>	Nd	<u>2.25</u>
	Barkédji	0.14	**	**	**	0.44
	Yaralopé	0.12	**	**	**	0.15

➤ **FENITROTHION**

Nous avons rencontré du fénitrothion dans 32 sur les 34 échantillons analysés dont 9 ont des valeurs supérieures aux normes (0.5mg/Kg).

Pour les eaux 4 sur 17 échantillons présentent des teneurs supérieures à la LMR. Il s'agit de : Kangalédji (1.60mg/Kg) en Juillet ; Ngao (0.9mg/Kg) et Fourdou (0.69mg/Kg) en Août ainsi que Yaralopé(0.8mg/Kg en Novembre.

Pour le sol 5 sur 17 échantillons analysés avaient des valeurs supérieures à la LMR : Ngao (0.69 mg/kg) en Juillet ; Ngao (0.72 mg/kg) en Septembre ; Kangalédji (3.22 mg/kg) en Août ; Fourdou (1.78 mg/kg) en Septembre ; Kangalédji (2.25 mg/kg) en Novembre. Deux n'ont pas de fénitrothion : Fourdou en Août et Kangalédji en Octobre.

Près de 26.5 % des échantillons ont des teneurs en fénitrothion supérieures à la LMR. La présence de fénitrothion pourrait être liée à des utilisations intra domiciliaires qui vraisemblablement ont dû contaminer les mares à des périodes bien précises de l'année.

TABLEAU XI : Teneur en Deltaméthrine (en ppm) des eaux et du sol de mare du Ferlo

Echantillons	Sites	30/07	23/08I	22/09	17/10	20/11
Eau V=100mL	Ngao	Nd	<u>0.28</u>	<u>0.26</u>	<u>0.36</u>	**
	Fourdou	0.15	0.05	Nd	Nd	**
	Kangalédji	0.14	0.13	Nd	0.03	0.19
	Barkédji	0.13	**	**	**	Nd
	Yaralopé	<u>0.48</u>	**	**	**	<u>0.42</u>
Sol P=50g	Ngao	<u>2.68</u>	<u>3.05</u>	<u>1.84</u>	<u>3.01</u>	**
	Fourdou	<u>1.19</u>	<u>1.83</u>	Nd	<u>2.48</u>	**
	Kangalédji	<u>1.98</u>	<u>0.82</u>	<u>1.44</u>	<u>3.12</u>	Nd
	Barkédji	<u>1.44</u>	**	**	**	<u>1.33</u>
	Yaralopé	<u>1.58</u>	**	**	**	Nd

➤ DELTAMETHRINE

Nous avons identifié de la deltaméthrine dans 32 échantillons sur les 34 étudiés. 19 parmi eux présentent des valeurs supérieures à la LMR (0.2 mg/Kg) et 7 des teneurs inférieures à celle-ci.

Pour les eaux, sur les 17 échantillons étudiés 5 ont des teneurs supérieures aux normes, ce sont Yaralopé (0.48 mg/Kg) du 30 juillet ; Ngao (0.28mg/Kg) du 23 Août ; Ngao (0.26mg/Kg) du 20 Septembre ; Ngao (0.36mg/Kg) du 17 Octobre et Kangalédji du 20 Novembre ;

Pour le sol, sur le même nombre d'échantillons analysés, seuls 3 n'avaient pas de deltaméthrine, il s'agit de Fourdou du 20 Septembre, de Kangalédji et Yaralopé du 20 Novembre.

19 échantillons, soit près de 60 % de l'ensemble des échantillons présentent des teneurs en deltaméthrine supérieures à la LMR.

Généralement pour la deltaméthrine les valeurs sont inférieures à la LMR dans l'eau et supérieures à la LMR dans le sol. Une telle remarque serait due, dans l'eau à la courte rémanence du produit (1 à 3 jours), à la très faible solubilité dans l'eau (0.0002 mg/L) ; dans le sol au fait que les colloïdes retiennent fortement l'insecticide.

II- PARAMETRES PHYSIQUES ET TENEUR EN MINERAUX

Les figures 25 à 35 représentent respectivement l'évolution du pH, de la conductivité, de la température, du potassium, du calcium, du magnésium, du sodium, des chlorures, des nitrates, et des phosphates

1- Mesure de pH

Au cours des différentes sorties nous avons mesuré le pH des mares et les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

Tableau XII : pH des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji	6.54	6.88	7.15	7.02
Fourdou	7.12	6.86	6.08	7.16
Kangalédji	6.76	6.67	6.64	6.53
Ngao	6.54	6.45	6.45	6.79
Yaralopé	6.79	7.32	7.43	7.07

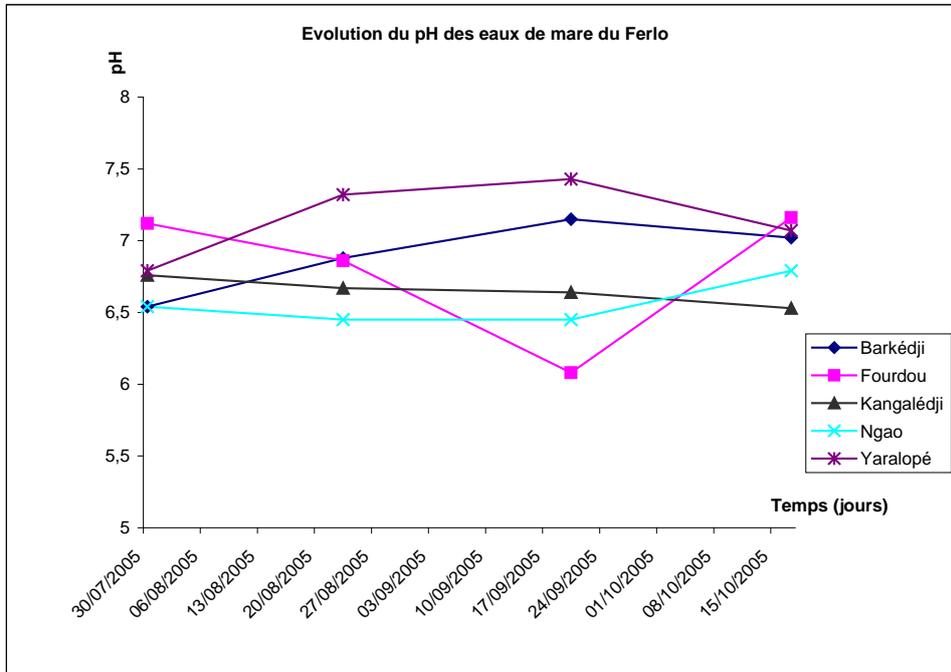


Figure23 : Variation du pH dans les eaux de mare du Ferlo

Le pH est proche de la neutralité. Ce qui est favorable au développement des moustiques. On remarque une baisse de pollution entre le 23 Août et le 20 Septembre qui coïncide avec la diminution de la teneur en Nitrates. Ensuite on remarque une légère remontée ne dépassant pas ou très peu la neutralité. Celle-ci pourrait être liée à la naissance de plantes qui dépolluent le milieu (algues et nénuphars).

Ce facteur a très peu d'influence en santé publique. En effet les valeurs rencontrées sont bien dans l'intervalle de potabilité retenue par l'OMS ($\text{pH} < 8$) et le conseil européen ($6.5 < \text{pH} < 8.5$).

2- Mesure de conductivité

La conductivité des eaux des mares a été étudiée à chaque mission et les résultats sont présentés sous forme de tableau que voici.

Tableau XIII : Conductivité (en $\mu\text{S/cm}$) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji	46.2	51.1	71.8	43.4
Fourdou	61.3	70.9	59.8	49.8
Kangalédji	76.9	91.2	74.5	41.1
Ngao	67.0	53.4	59.3	44.8
Yaralopé	82.5	70.5	77.3	66.0

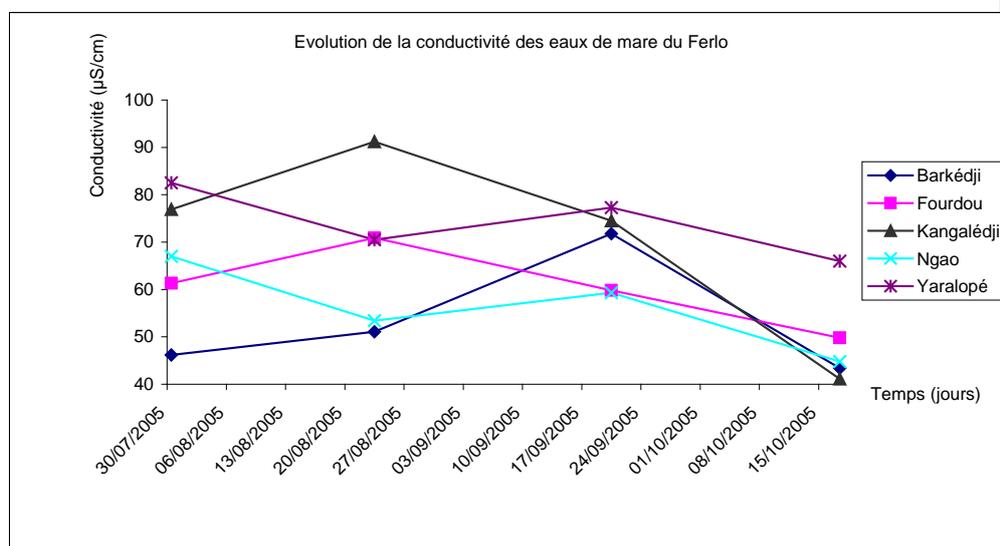


Figure 24 : Variation de la conductivité dans les eaux de mare du Ferlo

On remarque une certaine stabilité, c'est-à-dire que toutes les mares présentent une variation semblable. Ce qui nous laisse comprendre que ce facteur a peu d'influence au cours de la saison.

Par ailleurs les valeurs sont de loin plus faibles que les normes requises pour la potabilité de l'eau.

3- Mesure de température

Le tableau ci-dessous représente les résultats des différentes mesures de température des mares effectuées au cours des sorties mensuelles.

Tableau XIV : température (en °C) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji	28.7	31.6	31.6	35.5
Fourdou	28.3	28.7	28.7	31.3
Kangalédji	29.9	30.8	29.5	33.5
Ngao	28.2	28.7	28.5	30.5
Yaralopé	28.2	29.3	30.9	32.1

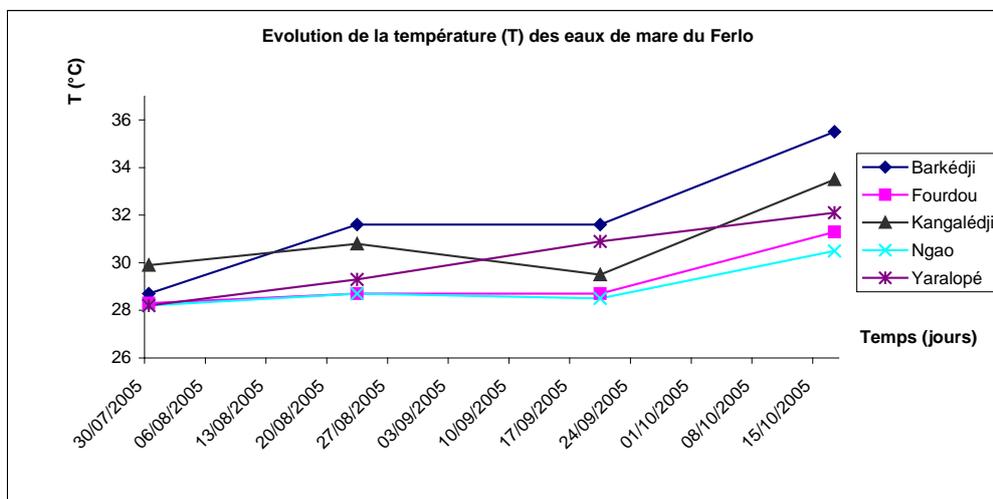


Figure 25 : Variation de la température des eaux de mare du Ferlo

Les eaux de surface sont légèrement plus chaudes que les eaux de fond. Mais la stratification thermique n'est pas spectaculaire étant donné que les plans d'eau étudiés sont peu profonds. La température tourne autour de 28°C vers la fin du mois de juillet. Celle-ci est la température optimale de développement des moustiques. Les rigoles d'eau subissent une forte évaporation. Ce qui explique la minceur de la tranche d'eau dans ces parties de la mare et la richesse en larves car rappelle-t-on les moustiques ont une préférence pour les tranches d'eau inférieure à 30 cm d'épaisseur. Autrement dit tout remplissage tend à repousser les sites de production des moustiques vers le large des mares.

Par contre, il faut noter que les eaux tièdes peuvent être le siège de développement microbien qui peut générer un risque sanitaire. Ces eaux ne sont pas indiquées pour la consommation car les températures sont très supérieures à 12°C et dépassent même la température limite (25°C).

4- Ions majeurs

a- Potassium (K⁺)

Ce tableau est représentatif de la variation de la teneur en potassium des eaux de mare du Ferlo au cours de l'hivernage 2004.

Tableau XV : Teneur en Potassium (en mg/L) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji I	3.61	2.76	3.40	3.95
Barkédji II	3.50	2.70	3.38	4.00
Fourdou	7.61	5.73	11.25	7.74
Kangalédji I	4.57	2.87	2.18	3.66
Kangalédji II	4.88	3.04	1.36	3.00
Ngao I	5.90	3.45	5.64	8.02
Ngao II	5.27	3.37	6.57	7.20
Yaralopé I	6.5	3.29	7.24	10.08
Yaralopé II	6.57	2.29	8.32	11.04

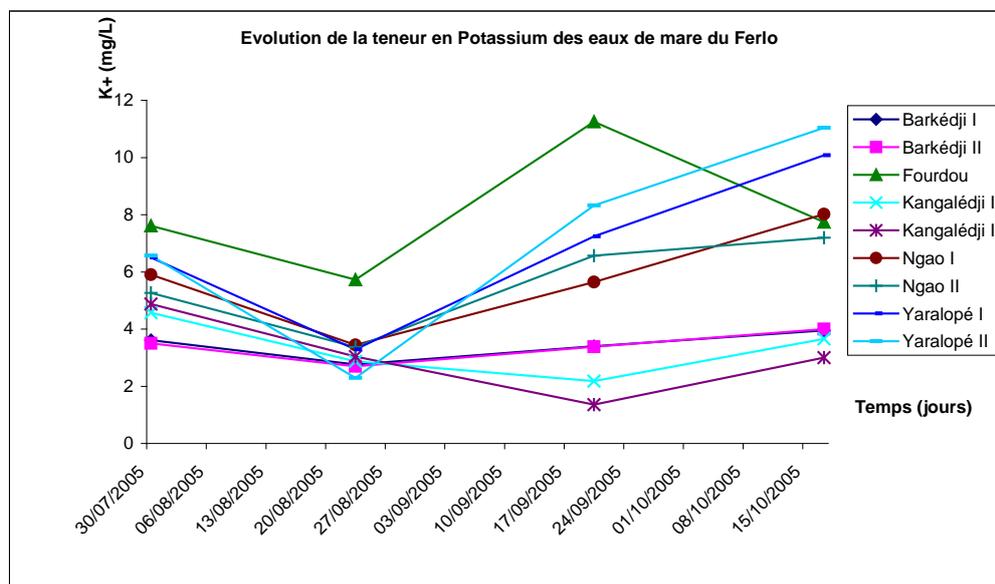


Figure 26 : Variation la teneur en potassium des eaux de mare du Ferlo

On observe une dilution des eaux de juillet en Août puis apparaissent deux lots de courbes d'évolution, complétés par une variation particulière de Fourdou.

Le 1^{er} lot, après la dilution d’Août, montre une remontée qui s’accroît à partir du mois de Septembre. Il s’agit de kangalédji I, Yaralopé I, Ngao I et Ngao II.

Le 2nd lot, après la dilution de Juillet, présente une très faible variation. C’est notamment Barkédji I & II, Yaralopé II et Kangalédji II.

Ces variations peuvent être liées aux types de fréquentation. En effet les transhumants sont plus fréquents dans le 1^{er} lot. La légère déviation de Yaralopé II et Kangalédji II pouvant être expliquée par la présence d’un mélange de troupeaux de vaches, de chèvres, de moutons et même de dromadaires. Il n’y a rien de surprenant si l’on ne trouve pas de troupeaux de vaches et de dromadaires car habituellement chez les Peuls ce sont les autres groupes d’animaux qui sont les plus proches des concessions.

b- Calcium (Ca²⁺)

Les valeurs consignées dans ce tableau correspondent à la variation de la teneur en calcium des eaux de mare du Ferlo.

Tableau XVI : Teneur en calcium (en mg/L) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji I	6.58	2.63	4.4	1.77
Barkédji II	7.23	3.95	3.8	1.74
Fourdou	9.00	5.37	1.8	1.78
Kangalédji I	13.88	6.62	4.8	2.58
Kangalédji II	12.24	6.18	7.3	3.44
Ngao I	13.16	2.88	4.2	2.36
Ngao II	10.98	3.98	2.4	2.49
Yaralopé I	14.97	5.56	3.8	3.02
Yaralopé II	12.76	4.02	3.1	0.01

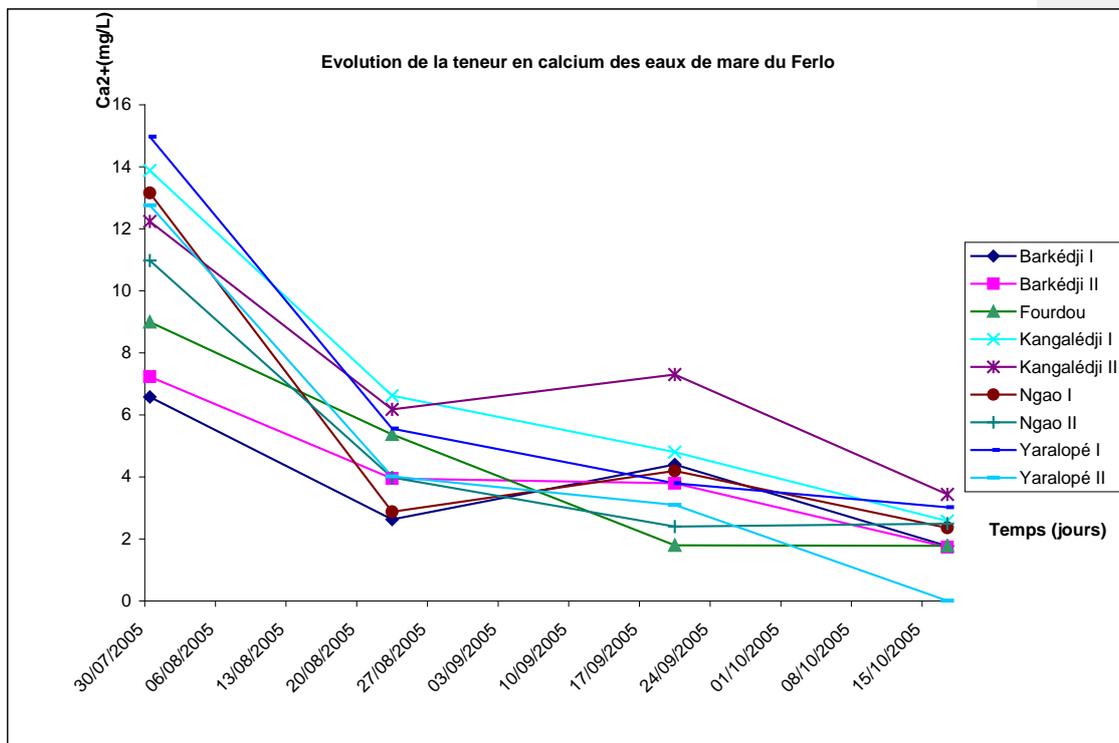


Figure 27 : Variation de la teneur en calcium des eau de mare du Ferlo

c- Magnésium (Mg²⁺)

Le tableau ci-dessous représente les résultats des différentes mesures du magnésium des mares effectuées au cours des sorties mensuelles.

Tableau XVII : Teneur en magnésium (en mg/L) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji I	1.33	1.24	1.4	1.42
Barkédji II	1.62	1.25	1.4	1.45
Fourdou	1.69	1.32	2.2	1.83
Kangelédji I	2.83	1.71	1.6	1.94
Kangelédji II	2.95	1.75	2.3	2.89
Ngao I	2.26	1.12	1.4	1.67
Ngao II	1.72	0.91	1.5	1.71
Yaralopé I	2.37	1.32	1.5	2.29
Yaralopé II	2.22	1.24	1.5	2.34

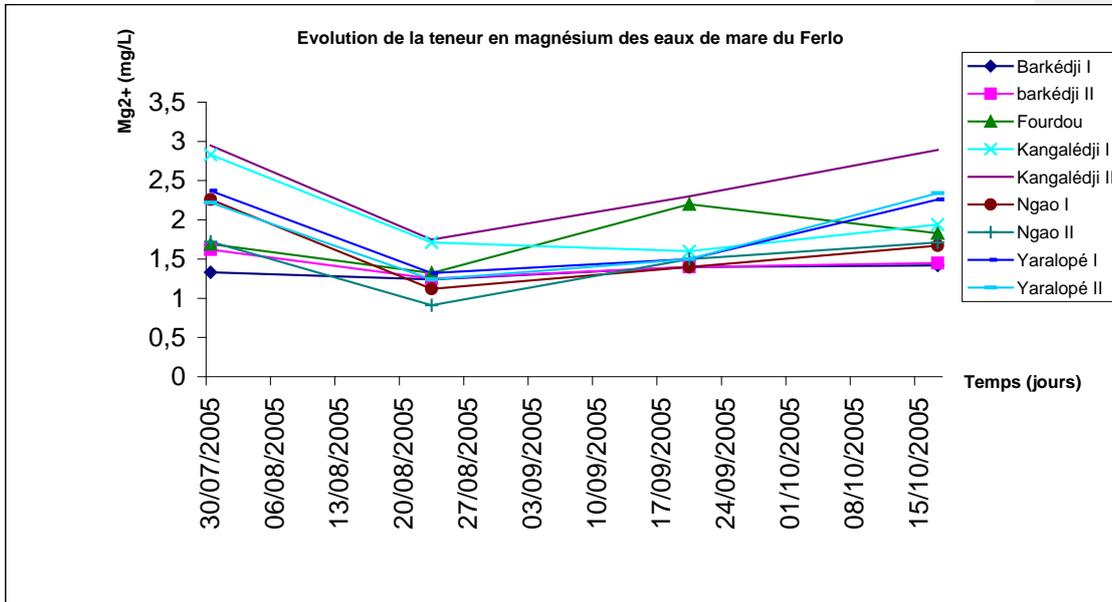


Figure 28 : Variation de la teneur en magnésium des eaux de mare du Ferlo

Pour ces deux paramètres les variations observées laissent comprendre qu'ils n'ont aucune influence permettant une comparaison dans le temps et dans l'espace sur la qualité des eaux des mares. En effet calcium et magnésium subissent globalement la même évolution pour toutes les mares.

Pour le calcium, toutes les valeurs sont inférieures à la concentration minimale requise pour une bonne eau de boisson (60 mg/L). Ce qui fait de cette eau est d'une mauvaise qualité.

Par ailleurs, étant le principal facteur de dureté des eaux, la teneur en calcium n'est pour rien dans la production de mousse par le savon.

Kangalédji présente une teneur en magnésium plus élevée par rapport aux autres mares et ceci pendant toute la saison. Ce qui pourrait justifier la richesse en nénuphars de la mare car le magnésium entre dans la composition de la chlorophylle, indispensable à la photosynthèse. Par ailleurs ce phénomène explique la richesse en moustiques de la mare si l'on sait le rapport qui existe entre développement des végétaux et développement de moustiques.

d- Sodium (Na⁺)

Le tableau ci-dessous représente la variation de la teneur en sodium des mares du Ferlo au cours des sorties mensuelles.

Tableau XVIII : teneur en sodium (en mg/L) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji I	2.51	0.87	1.27	1.37
Barkédji II	3.61	0.89	1.21	1.47
Fourdou	3.64	0.69	3.15	1.83
Kangalédji I	4.52	0.95	1.41	2.02
Kangalédji II	4.07	0.996	0.91	1.35
Ngao I	4.71	0.34	1.06	1.17
Ngao II	2.65	0.32	0.9	1.27
Yaralopé I	2.52	0.21	0.93	1.59
Yaralopé II	3.91	0.39	1	1.53

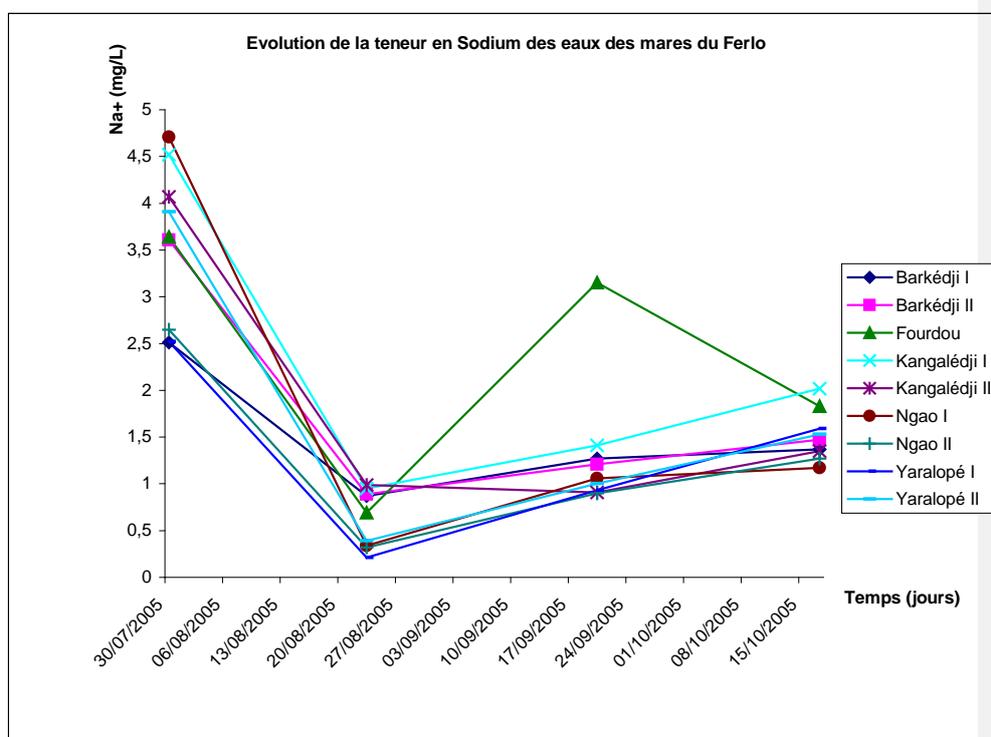


Figure 29 : Variation de la teneur en sodium des eaux de mare du Ferlo

e- Chlorures (Cl⁻)

Le tableau ci-dessous correspond à la variation des chlorures des mares au cours des sorties mensuelles.

Tableau XIX : teneur en ions chlorures (en mg) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji I	4.05	1.10	1.54	2.95
Barkédji II	4.57	0.91	3.50	2.46
Fourdou	4.74	1.24	1.62	6.32
Kangalédji I	3.10	0.54	1.23	3.12
Kangalédji II	3.97	0.68	0.80	1.11
Ngao I	0.00	0.61	2.49	7.34
Ngao II	2.19	0.79	3.11	6.97
Yaralopé I	5.35	0.69	**	7.73
Yaralopé II	5.17	0.60	**	6.55

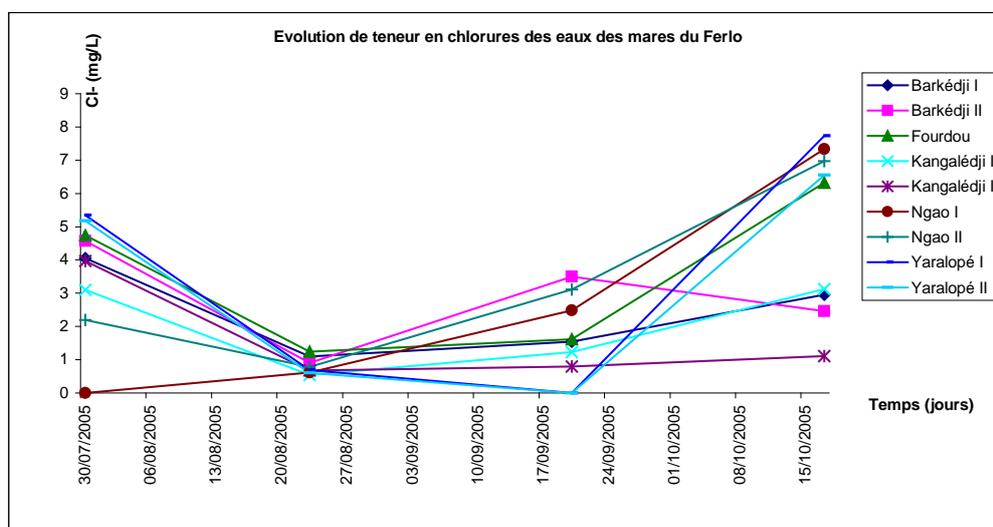


Figure 30 : Variation de la teneur en chlorures des eaux de mare du Ferlo

Pour le sodium la mare de Fourdou présente une évolution particulière consistant à une dépollution liée à la dilution puis une pollution qui peut être attribué à l'arrivée de troupeaux de transhumants et enfin une dépollution qui serait liée aux développement de plantes aquatiques (nénuphars). Cette variation peut être liée aussi au fait que cette mare soit la seule à être exposée pendant presque toute la journée au soleil.

Les autres mares subissent les effets de la dilution et puis laissent entrevoir une recharge.

Cette recharge coïncide avec l'arrivée des transhumants.

Quand aux chlorures, après la dilution de Juillet en Août, on observe une évolution assez disparate d'Août en Septembre donnant cette hypothèse de deux lots retrouver avec le potassium. Nous avons un cachet particulier pour Yaralopé et pour Barkédji II. En effet la mare de Yaralopé, après les effets de la dilution, continue sa dépollution jusqu'en Septembre, avant de subir de nouvelles pollutions. Par contre Barkédji II subit après Juillet une pollution suivie d'une dépollution. Cette évolution est surtout liée à la dynamique de remplissage et de vidange des mares même si l'élévation de la température n'y est pas pour rien, quand on sait que celle-ci joue un rôle dans la dissociation du sodium (NaCl).

f- Nitrates (NO₃⁻)

Le tableau ci-dessous représente les résultats des différentes mesures de nitrates des mares effectuées au cours des sorties mensuelles.

Tableau XX : Teneur en Nitrates (en mg/L) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji I	0.87	0.32	0.79	1.11
Barkédji II	0.94	0.37	0.60	0.77
Fourdou	0.58	0.59	0.41	1.17
Kangalédji I	0.59	0.21	0.33	0.86
Kangalédji II	0.54	0.21	0.12	0.78
Ngao I	0.34	0.33	1.02	0.61
Ngao II	0.59	0.33	1.03	0.12
Yaralopé I	0.66	00	**	2.09
Yaralopé II	0.61	0.26	**	1.36

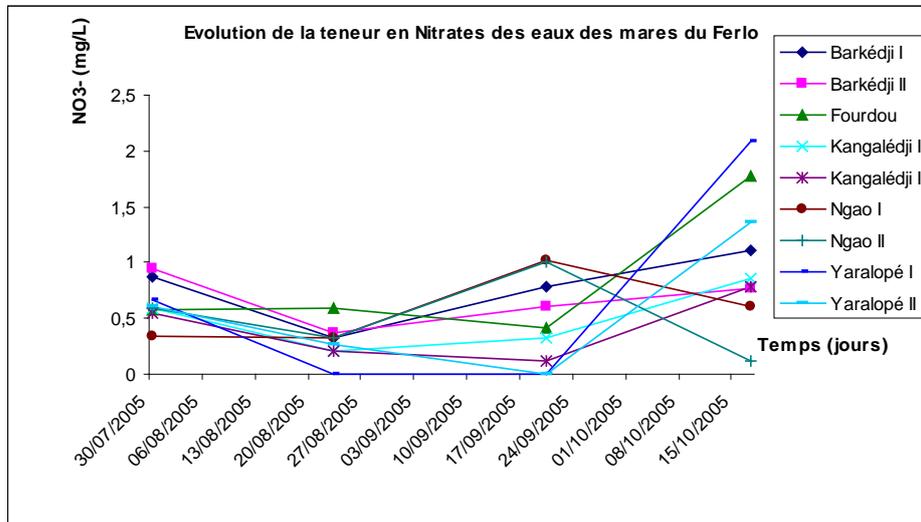


Figure 31 : Variation de la teneur en nitrates des eaux de mare du Ferlo

Après le remplissage de juillet, survient une remontée qui serait liée à l'arrivée de troupeaux pour certaines mares. On observe une pollution des mares de Kangalédji et Barkédji à partir de septembre. Ce qui expliquerait la naissance d'algues et le développement des nénuphars. La dépollution est plus importante à la mare de Ngao entre les mois de Septembre et Octobre. Par sa dégradation les nitrates constituent une source de production d'azote qui favorise les éclosions chez les *Ae. vexans*. Ce qui expliquerait la richesse en *Aedes* observée par les Entomologistes de cette mare à cette période de l'année.

g- Phosphates (PO_4^-)

Le tableau ci-dessous donne la variation des phosphates des mares au cours des sorties mensuelles.

Tableau XXI : Teneur en Phosphates (en mg/L) des eaux de mare du Ferlo

Sites	30/07	23/08	20/09	17/10
Barkédji I	1.2	0.71	0.38	0.25
Barkédji II	0.5	0.46	0.59	0.57
Fourdou	0.24	0.77	0.45	0.54
Kangalédji I	0.32	0.19	0.39	1.68
Kangalédji II	0.22	0.34	0.39	0.66
Ngao I	00	0.64	0.39	0.18
Ngao II	0.38	0.26	0.30	0.29
Yaralopé I	0.4	0.25	**	0.38
Yaralopé II	0.3	0.46	**	0.41

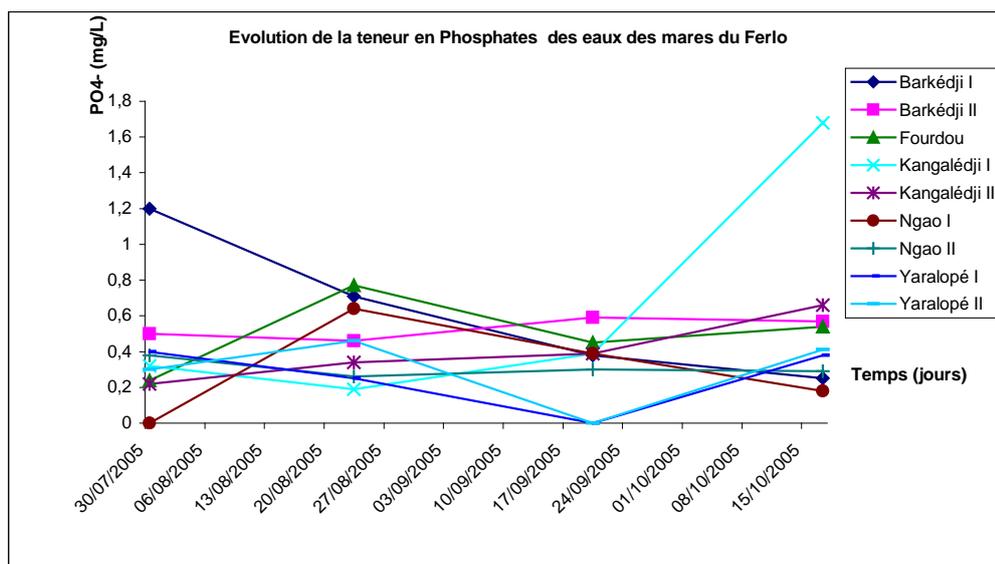


Figure 32 : Variation de la teneur en phosphates des eaux de mare du Ferlo

Ces teneurs très faibles sont en rapport avec la source d'apport de ces phosphores. Le phosphore est naturellement présent dans l'eau. Il est très abondant dans la nature et peut être apporté dans les eaux par l'utilisation de détergent.

III- DONNEES BACTERIOLOGIQUES

Tableau XXII : Estimation 1 de la pollution par les bactéries des eaux de mare du Ferlo

Point de Prélèvement	Germes totaux/100mL	Coliformes totaux/100mL	Coliformes fécaux/100mL	Streptocoques fécaux/100mL
Kangalédji	>1000	>100	>100	>100
Ngao	>1000	>100	>100	>100
Fourdou	>1000	>100	>100	>100

Ce tableau est représentatif de tous les résultats car les échantillons ont présenté les mêmes intervalles de contamination. Les analyses sont effectuées à la SDE (Sénégalaise Des Eaux).

Cette étude nous montre que ces eaux comportent un sérieux risque pour la santé.

D'autre part cette richesse en microorganismes expliquerait en concours avec la dynamique de remplissage et de vidange, la richesse en minéraux notamment nutritifs (nitrates) et les facteurs physiques (le pH, proche de la neutralité) la richesse en moustiques.

Un étude parallèle a été effectuée au laboratoire de bactériologie et pathologie aviaire de l'I.S.R.A. pour les missions de Septembre et d'Octobre et a donné les résultats suivants :

Tableau XXII : Estimation 2 de la pollution par les bactéries des eaux de mare du Ferlo

Analyses réalisées	Septembre (Mission III)			Octobre (Mission IV)		
	Ngao	Fourdou	Kangalédji	Ngao	Fourdou	Kangalédji
FMAT	innombrables	$76.10^5/\text{mL}$	$59.10^5/\text{mL}$	innombrables	$38.10^5/\text{mL}$	$19.10^5/\text{mL}$
Coliformes	absence			absence		
Streptocoques	absence			absence		

Conclusion : Eaux souillées par des germes banaux de contamination, en nombre plus important à Ngao suivi de Fourdou puis de Kangalédji pour le mois de septembre.

Eaux souillées par des germes banaux de contamination, en nombre plus important à Ngao suivi Fourdou puis de Kangalédji (eau très légèrement contaminée) pour le mois d'octobre.

L'intérêt de cette analyse plus détaillée, c'est qu'il donne un ordre de contamination des mares et ceci de la plus contaminée à la moins contaminée. De ce fait elle donne une idée des mares les plus productives en moustiques. En effet on peut tirer deux conclusions de cette analyse :

- la première est que la mare de Ngao serait la plus productive,
- la deuxième est qu'on observe une inversion entre Fourdou et Kangalédji ; ce qui pourrait s'expliquer par une prolifération de source de nourriture (algues).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Fautes de sources d'approvisionnement suffisant les population du Nord utilisent les eaux des mares pour leur approvisionnement et l'abreuvement des animaux domestiques. Ceci n'est pas sans danger pour leur santé et pour la protection de l'environnement.

En rapport avec cette protection, nous avons réalisé des contrôles de pesticides, de contamination bactérienne et détermination de facteurs physico-chimiques.

Pour les pesticides nous avons utilisé la méthode quantitative faisant appel à la chromatographie liquide à haute pression, pour les minéraux, la technique d'échange ionique tandis que pour les bactéries on s'est servi de la technique de numérisation.

Si le contrôle de l'eau du point de vue de l'hygiène publique nécessite l'adoption de normes de qualité régies par des textes réglementaires et n'excluant pas les possibilités d'adaptation, il doit aussi prendre en considération les nécessités locales et les accorder avec la disponibilité de la ressource. Enfin, il doit tenir compte de la possibilité de la mise à disposition du public ainsi que des connaissances techniques pour l'amélioration de la qualité. Ceci n'exclut pas la nécessité de suivre l'évolution du perfectionnement des moyens et d'en obtenir la mise en œuvre au fur et mesure de leur développement.

Par ailleurs comme l'utilisation des pesticides ne garantit pas une lutte efficace et durable contre les ravageurs mais provoque aussi des ennuis sur la santé humaine et animale, on peut recourir alors à la méthode biologique pour contrecarrer les effets de ces produits. La lutte biologique se définit comme une méthode de combattre les ravageurs des cultures, basée sur l'utilisation des organismes vivants prédateurs parasites, agents pathogènes (*Bacillus thurengiensis*), virus en vue de limiter les populations nuisibles. Dans ce cas, il faut s'assurer de la nourriture des organismes une fois la lutte finie.

RECOMMANDATIONS

Il est temps de tirer la sonnette d'alarme si l'on sait que des produits comme le DDT prohibés au Sénégal se retrouvent dans les échantillons de d'eau et de sol analysés, ce qui atteste à l'image des résultats avec le carbaryl (Sidibé, 2004) sur la zone des Niayes que les paysans possèdent toujours d'anciens stocks de ces produits.

Il faudrait que l'intensification de la production s'accompagne de méthodes culturales raisonnées (gestion intégrée des nuisibles) dans un souci de conservation durable des ressources naturelles et de l'environnement ainsi que la préservation de la santé.

A cela s'ajoute une nécessité de réactualisation du projet de décret gouvernemental relatif à la réglementation nationale en matière d'utilisation des pesticides afin que les produits phytosanitaires cancérigènes potentiels et à large spectre d'activité soient complètement retirés du marché sénégalais. La prise de mesures répressives à l'encontre des contrevenants.

Enseignés aux populations les techniques de traitement des eaux ;

les avertir des conséquences de la consommation de ces eaux ;

s'investir en augmentant les sources d'approvisionnement des populations et des animaux ;

Ce volet éducation doit être basé sur une connaissance réelle des comportements et croyances de la population concernée. Car les habitudes concernant l'utilisation de l'eau prennent naissance souvent dans la tradition et la culture.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1- Antonio A., Moreno M. J., Pelegri R., Martinez M. I., Saez A., Gamon M., Montoya A. 2001

Monoclonal enzyme immunoassay for the analysis of carbaryl in fruits and vegetables without sample cleanup - Journal of agricultural and food chemistry; vol 49, n°4; pp1712-1717

2- A.P.H.A., 1989

Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 17th ed., Washington D.C., APHA.

3- Arendse W. et al, 1989

Pesticides : Composition, utilisation et risques-Agrodok 29-CTA, 61p.

4- Arthur D. L., Inc.

Inorganic chemical pollution of freshwater. Washington, DC, US Environmental Protection Agency, 1971 (Water Pollution Control Research Series No DPV 18010)

5- FALL A. G.

La Fièvre de la Vallée du Rift au Sénégal : Revue des connaissances et étude des préférences trophiques des vecteurs potentiels dans le système des mares du Ferlo et importance au plan de l'épidémiologie de la maladie-Thèse de docteur vétérinaire-Université Cheikh Anta Diop de DAKAR, 2003, 94p.

6- FALL A. G.

Parité et préférences trophiques chez *Aedes vexans arabiensis*: implications dans l'épidémiologie de la Fièvre de la Vallée du Rift-Mémoire de DEA de Biologie animale-Université Cheikh Anta Diop de DAKAR, 2005, 45p.

7- BLUM D., FEACHEM R.G., 1983

Measuring the impact of water supply and sanitation investments on diarrhoeal diseases : problems of methodology, *International Journal of Epidemiology*, 12 : 357-365.

8- Boseret J. H., 2000

Pollution des sols : les pesticides – copyright – pp1-8

9- BRISCOE J., FEACHEM R.G., RAHAMAN M.M., 1986

Evaluating health impact : water supply, sanitation, and hygiene education.

Doc. CRDI Ottawa, Canada.

10- CHANDLER W.U, 1984

Improving world health : a least cost strategy. *Worldwatch* paper 59,

Washington, D.C.

11- Ciss M., 2004

Cours d'Ecotoxicologie – Institut des Sciences de l'Environnement (ISE), UCAD

12- Maurice D., 1994

Cours de Chimie minérale, DUNOD, Paris, 2^{ème} édition

13- ESRAY S.A., FEACHEM R.G., HUGUES J.M., 1985

Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children : improving water supplies and excreta disposal facilities. *Bull. WHO*, 63 : 757-772.

14- ESRAY S.A., HABICHT J.P., 1986

Epidemiologic evidence for health benefits from improved water and sanitation in developing countries. *Epidemiologic reviews*, 8p : 117-128.

15- Fournier J., 1988

Chimie des pesticides, agence de coopération culturelle et technique, 346p.

16- Handschumacher P., Hébrard G., Schmit J. P., Ghedin E., Robidou L., La moyenne vallée du fleuve Sénégal : Qualité de l'eau de consommation dans les périmètre irrigués de Diomandou et de Nianga, Influence de la source d'approvisionnement. **In** : Jean-Pierre Hervé

et Jacques Brengues ; Aménagements hydro-agricoles et santé (Vallée du fleuve Sénégal).
Paris : Edition de l'ORSTOM, 1998, pp.

17- Handschumacher P., Hébrard G., Schmit J. P., Ghedin E., Robidoux L., La ville de
Richard-Toll : La qualité de l'eau de boisson à Richard-Toll, Influence du comportement de
l'utilisateur. In : Jean-Pierre Hervé et Jacques Brengues ; Aménagements hydro-agricoles et
santé (Vallée du fleuve Sénégal). Paris : Edition de l'ORSTOM, 1998, pp.168-184

18- Institut National de Recherche Agricole, INRA 2002 ; Agritox-Base de données sur les
substances actives phytopharmaceutiques, 31p.

19- Lazare N. D., 2005
Pollution multiforme : La pollution de l'eau dans nos villes - ECOVOX

20- Lyonnaise des eaux, 1989
Mémento technique de l'eau. Tome 1, Paris, Degrémont.

21- Mahuzier G., Haman M., 1990
Abrégé de Chimie analytique, Tome 2, Méthodes de séparation, Masson; 262p

22- Morris M.E. et Levy G., Absorption of Sulfates from orally administered magnesium
Sulfates in man. Journal of toxicology-clinical toxicology, 1983, 20p: 107-114

23- National Research Council
Drinking water and health. Washington, Dc, National Academy of Sciences, 1977

24- NIANG S., TAMBOURA F. B., KANE G., GAYE M. L.
Etude de la qualité des eaux dans le Parc National des oiseaux de DJOUDJ.
Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, BP 5005 ; 2002, 55p.

25- O'Malley C.M., 1990
Aedes vexans (Meigen) : An old foe Proc. N. J. Mosquito control Assoc. pp 90-95

26- OMS, 1986 a-

Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol.1, Recommandations, Genève.

27- OMS, 1986 b-

Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol.2, Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève.

28- Pesson P., Leynaud G., Verrel J. L., Trocherie F., Rivierre J., Cabridenc R., Bovard P., Barrouin G., Angeli N., Descy J. P., Empain A., Lambinon J., Mouvet C., Kirchmann R., Meriaux J. L., Wattez J. R., Tuffery G. et Verneaux J., 1980 ;

La pollution des eaux continentales : Incidences sur les biocénoses aquatiques. Coll. Gauttierre-Villard. 345p.

29- PIN R.

Etude du système pastoral dans la région sahélienne de Barkédji (Ferlo, Sénégal) : Occupation de l'espace par les Pasteurs, en relation avec les ressources du milieu et les contraintes sanitaires, Structures et dynamiques spatiales, Université de Provence, Aix-Marseille I, 35p.

30- Robert V., Awono-Ambéné H.P., and Thioulouse J., 1998

Ecology of Larval Mosquitoes, with Special Reference to *Anopheles arabiensis* (diptera : Culcidae) in Market-Garden Welle in Urban Dakar, Senegal. Journal of Medical Entomology. Vol. 35, n°6 : 948-955.

31- Rodier J. avec la collaboration de Bazin C., Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L., 1996

L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ; Chimie, physico-chimie, microbiologie biologique, interprétation des résultats ; 8^{ième} édition.

32- Sablonnière B., 2002

Biologie – Microbiologie ; collection Réussir le BEP Carrières Sanitaires et Sociales ; Editions Ellipses

33-Saunders R.J., Warford J.J., 1976

L'alimentation en eau des communautés rurales : économie et politique générale dans le monde en développement. Paris, Banque mondiale.

34- Sow D., 1987

Méthodes de recherche et de dosage des pesticides organochlorés et organophosphorés dans les aliments. Thèse d'Etat de Pharmacie, 89p

35- Sargos A. G., 1975

La défense de l'environnement – Presse universitaire de France pp 57-86

36- Sidibé R.

Analyse par Chromatographie en Phase Liquide (C.P.L.) et sur Couche Mince(C.C.M.) de résidus de pesticides dans les fruits et légumes de la zone des Niayes - Mémoire de DEA de Chimie et Biochimie des Produits Naturels – Université Cheikh Anta Diop de DAKAR, 2004, 72p.

37- Simon H, 1994

La protection des cultures, agriculture d'aujourd'hui, édition Lavoisier ; Sciences et Techniques d'application ; 351p.

38- VAN HAMMEE M. L., 1997

Aperçu sur la toxicité des matières actives entrant dans la composition des biocides. Société d'études ornithologiques ; 16 p.

39- World Health Organisation, Division of Control of Tropical Diseases, WHO Pesticide Evaluation Scheme, 1984

Chemical Methods for the Control of Vectors and pest of public health importance

Nom : BALDE

Prénoms : Mamadou Saliou

Nature du mémoire : D.E.A de Chimie et Biochimie des Produits Naturels

Sujet : **Impacts des propriétés biochimiques, physiques et bactériologiques des eaux de mare du Ferlo sur la production de moustiques et sur la santé des populations humaines et animales.**

Résumé : Les mares du Ferlo constituent la principale source d’approvisionnement en eau des populations et favorisent en même temps la propagation de moustiques et par conséquent la fièvre de la vallée du rift. De plus ces eaux sont souillées par des pesticides, des bactéries et renferment des teneurs très élevées en sels minéraux.

Dans ce travail, il est envisagé d’étudier les variations des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, leurs impacts sur la production de moustiques et de formuler des propositions permettant de minimiser les effets de ces paramètres par rapport à l’utilisation des mares.

Pour ce faire nous avons ciblé :

-7 pesticides : Propoxur, DDT, Méthamidophos, Malathion, Chlorpyriphos-éthyle, Fénitrothion, Deltaméthrine.

-3 facteurs physiques : pH, température, conductivité.

-7 types d’éléments minéraux : calcium, potassium, magnésium, sodium, chlorures, nitrates, phosphates.

Nous avons utilisé la numération des bactéries pour leur dénombrement, la CLHP pour analyser les pesticides et la détermination des éléments minéraux a été effectuée à l’IRD.

Ces travaux ont abouti aux résultats suivants :

- nous avons relevé des pratiques déplorables en matière d’utilisation des pesticides. Sur l’ensemble des analyses, près de 52% des échantillons ont des teneurs en pesticides supérieurs aux LMR ;
- la mare de Ngao est la plus polluée par les bactéries ;
- la quasi-totalité des eaux ont des teneurs en éléments minéraux supérieures aux normes de potabilité retenues par l’OMS et la communauté européenne.

Mots clés : pesticides, éléments minéraux, bactéries, moustiques, mares du Ferlo, Sénégal.