



Mémoire
Présenté par :
DIOP, Alioune

Université Cheikh Anta
Diop
Institut Universitaire de Pêche
et d' Aquaculture

**Contribution à l'évaluation des résidus de
pesticides et PCB dans les poissons du lac
de Guiers : *Clarias gariepinus***

26 novembre 2008

10 FEV 2009

N°d'ordre : 026

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar
Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du

Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS)

En Pêche et Aquaculture

Présenté par Alioune DIOP

THEME

Contribution à l'évaluation des résidus de pesticides et PCB dans les poissons du lac de Guiers : *Clarias gariepinus*

Soutenu le 26 novembre 2008
Devant la commission d'examen composée de :

Président : M. Omar Thiom Thiaw

Professeur à l'UCAD

Membres : MM.

Alassane

SARR

Enseignant IUPA /UCAD

Makhfouss

SARR

Coordonnateur national
GIPD/GEF

Lionel

KINADJIAN

Conseiller Technique
Ministère de l'Economie
Maritime/Sénégal



CODESRIA

08.12.05
D10
14375

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A la mémoire de ma grand mère Adja Marie Gaye Ndour. Que Dieu l'accueille au paradis.

A la mémoire de mes sœurs Yégué et Aida Diop qui nous ont quittés successivement en 2006 et 2007, **à mon frère et ami Moctar Diop** arraché de notre affection en 1991, le souvenir de vos qualités de disponibilité, de reconnaissance et de discrétion nous incite à la perfection.

A ma mère et à mon père

Ce travail est l'expression de nos sincères remerciements pour l'éducation inculquée, le témoignage de ma gratitude et de mon attachement à vous. Puisse ce travail être la poursuite de la récompense de vos sacrifices. Nous souhaitons que Dieu vous accorde une longue vie et que nous puissions vous satisfaire autant que faire se peut.

A mes oncles et tantes

Ce travail est le fruit de vos innombrables efforts, de prières, de soutien et de conseils éclairés qui m'ont toujours guidé dans la vie.

A mes frères, sœurs, cousins, cousines, à tous les miens

Vous avez tout ce temps accepté mes insuffisances et supporté mes caprices.

A la population du Waalo

Ce travail vous est destiné, je suis persuadé que vous saurez vous en servir très utilement.

REMERCIEMENTS

Ces quelques lignes vont me permettre de remercier toutes les personnes qui m'ont beaucoup apporté soutien au niveau scientifique mais aussi personnel, et sans qui, mon travail n'aurait pu aboutir. Les structures qui on eu à prendre en charge cette étude, les responsables des différents laboratoires au sein desquels j'ai pu séjourner et tout le personnel qui m'a toujours très vite intégré dans leurs équipes de recherches respectives, les collègues et amis de la <<direction>>, les divers lecteurs qui ne sont relayés pour corriger, améliorer et juger mon rapport de mémoire et bien attendu mon entourage et ma famille qui m'ont accompagné et encouragé tout au long de mon travail, sans oublier 'mes victimes' « les poissons » qui se sont sacrifiées pour que mon étude progresse.

Je tiens tout d'abord à remercier mes directeurs de mémoire, en la personne du Docteur Makhfouss Sarr et du Docteur Alassane Sarr. Dr Makhfouss Sarr, Coordonnateur National GIPD/GEF, bien qu'étant trop chargé, a su diriger ce travail de mémoire. Ses grandes compétences, son attention constante, son dévouement, sa remarquable gentillesse, sa rigueur scientifique m'ont permis de mener à bien ce mémoire.

Dr Alassane SARR, Professeur à l'IUPA, pour avoir supervisé le travail. Vous avez accueilli avec bienveillance ma candidature, vos qualités scientifiques, votre hargne dans la recherche et votre disponibilité m'ont permis de bien terminer ce travail. Trouver en ce mémoire toute ma reconnaissance, merci.

Mes remerciements au Professeur, Oumar Thiaw, Directeur de l'IUPA et à travers lui tout le personnel de l'IUPA, de m'avoir autorisé à entreprendre ce travail de recherche et facilité les démarches nécessaires à l'obtention d'une subvention de recherche.

Ce travail de mémoire s'est déroulé grâce à l'appui financier du programme de petites subventions du CODESRIA 2007. Cette subvention m'a permis de bien mener mes travaux de recherches de terrain, dans des conditions les meilleures, et à acquérir les documents nécessaires pour finaliser ce travail. Recevez ici le témoignage de notre vive reconnaissance et notre profonde gratitude.

L'apport du Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC) de l'Ambassade de France au Sénégal a été déterminant. Le SCAC a pris entièrement le coût relatif au dosage des contaminants dans les poissons au CERES/LOCUSTOX. Votre soutien a été indispensable dans les moments difficiles. Recevez ici mes remerciements les plus dévoués.

Je tiens à remercier tout particulièrement M. Lionel Kinadjian, Conseiller Technique au Ministère de l'Economie Maritime. Je suis très touché par votre disponibilité et vos suggestions apportées pour atteindre les objectifs fixés tout en rationalisant les coûts. Vous n'avez ménagé aucun effort pour me permettre de bénéficier d'un appui financier du SCAC relatif à l'analyse biochimique des pesticides au CERES/LOCUSTOX.

Ma reconnaissance va à Monsieur Mactar DIOUF, Directeur de la pêche continentale du Sénégal d'avoir mis à ma disposition un bureau, des équipements de prélèvements sur le terrain ainsi qu'un véhicule pour mes missions au lac de Guiers. Un grand merci à l'ensemble du personnel de la direction pour le soutien qu'ils n'ont jamais cessé de m'apporter.

Je remercie tous les membres du jury qui ont accepté sans commune mesure de juger ce travail de mémoire.

Je suis très reconnaissant à l'Administrateur du laboratoire CERES/LOCUSTOX, Mr Baba Gadji et à travers lui tout le personnel de la structure.

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres de l'unité environnement de CERES/LOCUSTOX, qui ont su répondre à mes sollicitations. Je veux nommer M. Cheikh El Fadel Touré, Mme Ndeye Sokhna Fall, Adama Ndiaye et Marie Ngom.

Une attention toute particulière est portée à l'égard de M. Mor Sylla, Mme. Khady Diouf Goudiaby, qui m'ont supporté au cours de mon stage au CRODT. Je les remercie pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé. Ils m'ont permis de mener à bien mon stage qui

s'est déroulé dans de bonnes conditions. Je remercie également le directeur de CRODT de m'avoir permis d'effectuer mon stage dans ce centre.

J'accorde une attention toute particulière à mes camarades étudiants de la deuxième promotion IUPA, pour tout leur soutien moral dans les moments difficiles.

Enfin je remercie toute ma famille d'accueil à Dakar, la famille Mbodj et en particuliers mes oncles Baba et Amadou Poulho Mbodj. J'ai toujours bénéficié de leur soutien moral pour mener à bien mes études universitaires. Je remercie également mes gentils amis Diaby, Niabaly, Ciss, Lamine, Iba.... pour leur soutien affectif.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Table des matières

Liste des figures	vi
Liste des tableaux.....	vii
Liste des annexes	viii
Liste des sigles et acronymes.....	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : DESCRIPTION DES CHAMPS D'ETUDE.....	3
1.1. Présentation du milieu d'étude.....	4
1.1.1. Le milieu naturel	4
1.1.1.1. Cadre géographique.....	4
1.1.1.2. Climat	4
1.1.1.3. Hydrologie.....	5
1.1.1.4. Faune et Végétation aquatiques.....	6
1.1.3. Ethnies et Démographie.....	7
1.1.2.1. Activités socio-économiques	9
1.1.2.1.1. Activités agricoles.....	9
1.1.2.1.1.1. Agriculture traditionnelle.....	9
1.1.2.1.1.2. Agriculture irriguée.....	10
1.1.2.1.2. Pêche.....	12
1.2. Les pesticides.....	13
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES	16
2.1. Sites d'études	17
2.2. Matériel biologique : Clarias gariepinus.....	17
2.3. Molécules de pesticides et PCBs étudiés.....	18
2.3.1. L'endosulfan	19
2.3.2. La Dieldrine	19
2.3.3. Le Propanil.....	19
2.3.4. L'atrazine	20
2.3.5. Les PCBs.....	20
2.4. Echantillonnage des poissons	20
2.5. Mesures biométriques et pondérales.....	21
2.6. Maturité sexuelle.....	21
2.7. Détermination de l'âge des poissons par les otolithes	21
2.8. Analyse des résidus de pesticides et de PCBs dans les poissons.....	23
2.8.1. Extraction et lecture des pesticides organochlorés (Dieldrine et.....	23
2.8.1.1. Matériel.....	23
2.8.1.2. Méthodes d'extraction et de lecture.....	24
2.8.1.2.1. Méthodes d'extraction.....	24
2.8.1.2.2. Méthodes de lecture par GC/ μ ECD.....	25
2.8.2. Extraction et lecture des herbicides : Propanil et Atrazine	26
2.8.2.1. Matériel.....	26
2.8.2.2. Méthodes d'extraction et de lecture.....	26
2.8.2.2.1. Méthodes d'extraction.....	26
2.8.2.2.2. Méthodes de lecture par GC/ MS.....	27
2.9. Analyse des résidus de pesticides organochlorés dans l'eau	28
2.9.1. Matériel.....	28
2.9.2.1. Méthode d'extraction.....	28
2.9.2.2. La lecture	29
2.10. Paramètres physico-chimiques de l'eau.....	29
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	30

3.1.	Résultats.....	31
3.1.1.	Températures et pH de l'eau.....	31
3.1.2.	Paramètres biologiques.....	31
3.1.3.	Teneurs en résidus de pesticides et PCB dans les poissons.....	32
3.1.3.1.	Endosulfan et Dieldrine.....	32
3.1.3.2.	Les PCBs.....	33
3.1.3.3.	Atrazine et Propanil.....	34
3.1.4.	Résidus de pesticides organochlorés dans les échantillons d'eau.....	35
3.1.5.	Relations entre teneurs en polluants et Paramètres biologiques.....	35
3.2.	Discussion.....	36
3.2.1.	Paramètres physico-chimiques de l'eau.....	36
3.2.2.	Teneurs en résidus de pesticides et PCBs dans Clarias gariepinus du lac.....	36
3.2.3.	Les teneurs en OCP dans l'eau.....	40
3.2.4.	Evaluation de l'impact sanitaire.....	41
	CONCLUSION.....	42
	RECOMMANDATIONS.....	44
	BIBLIOGRAPHIE.....	45
	ANNEXES.....	48

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Liste des figures

Figure 1 : Situation du lac de Guiers	4
Figure 2 : Evolution mensuelle de la température à Ngnick (mai 2005 -avril 2006)	5
Figure 3 : Prévision d'évolution démographique à Richard-Toll, Mbane et Keur	9
Figure 4 : la sucrerie de la CSS et un Casier de canne à sucre situé à Bountou Back	11
Figure 5 : La station de drainage de la CSS dans la zone de Bountou Back et le drain	11
Figure 6 : Schéma conceptuel de la biodisponibilité pour le système sol (Lanno et al., 2004)	15
Figure 7 : Régions naturelles du lac de Guiers et localisation des sites d'étude	17
Figure 8 : Coupe frontale de la tête de <i>Clarias gariepinus</i> pour l'extraction des otolithes	22
Figure 9 : Otolithes de <i>C. gariepinus</i> mesurées à l'aide de pied à coulisse	1
Figure 10 : Variation du poids et de la taille chez <i>Clarias</i> en fonction des sites et des mois ..	32
Figure 11 : Fréquence des différents types de PCBs indicateurs dans <i>C. gariepinus</i>	34
Figure 12 : Teneurs en contaminants en mg.kg-1 de poids du corps.....	35
Figure 13 : Variation du poids, de la taille, de l'âge et des teneurs.....	36

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre d'espèces de chacune des familles de poissons du lac de Guiers	7
Tableau 2 : Résumé des stades macroscopiques de maturité sexuelle chez les sardinelles	21
Tableau 3 : Evolution de la température du chromatographe en fonction du temps	25
Tableau 4 : Evolution de la température et du pH de l'eau dans les différents sites	31
Tableau 5 : Longeurs totales (LT) , Poids (PT, PV et PEV), Rapport gonado-somatique (RGS) et Ages des individus de Clarias en fonction des sites en novembre 2007 et février 2008.....	31
Tableau 6 : Teneurs en Dieldrine et endosulfan (en mg.kg ⁻¹) de <i>Clarias gariepinus</i> en.....	33
Tableau 7 : Teneurs en PCBs (en mg.kg ⁻¹) de <i>Clarias gariepinus</i> en fonction.....	33
Tableau 8 : Teneurs en Atrazine et Propanil (en mg.kg ⁻¹) des échantillons	34
Tableau 9: Teneurs en résidus de pesticides organochlorés (µg.l ⁻¹) dans l'eau du lac et les canaux de drainage.....	35

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Liste des annexes

Annexe I : Listes des produits phytosanitaires utilisés par les petits producteurs de la vallée du fleuve.....	49
Annexe II: Principales espèces débarquées durant le mois d'octobre dans la zone du lac et ces environs.....	51
Annexe III : Paramètres biologiques des 11 individus de Clarias prélevés au lac de Guiers..	52
Annexe IV : Guide de la FAO pour la détermination de l'âge des poissons.....	53
Annexe V: Chromatogrammes des échantillons de <i>Clarias gariepinus</i> du lac de Guiers.....	54
Annexe VI : Certificats d'analyse de résidus de pesticides et de PCBs dans Clarias.....	55

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Liste des sigles et acronymes

1. AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
2. CE : Communauté Européenne
3. CERES : Centre d'Etudes et de Recherche en Ecotoxicologie pour le Sahel
4. CL : Concentration Létale
5. CP : Centre de Pêche
6. CPG : Chromatographie en phase gazeuse
7. CODESRIA : Conseil pour le Développement de la Recherche Economique et Sociale
8. CRODT : Centre de Recherche Océanographie de Dakar/Thiaroye
9. CSP : Comité Sahélien des Pesticides
10. CSS : Compagnie Sucrière Sénégalaise
11. DEA : Diplôme d'Etude Approfondi
12. DESS : Diplôme d'Etudes Scientifiques Spécialisées
13. DJA : Dose journalière admissible
14. DL : Dose Létale
15. DPCA : Direction de la Pêche Continentale
16. DPS : Direction de Prévision des Statistiques
17. DT₅₀ : Temps de demie-vie : C'est le temps que mettre un pesticide libéré dans l'environnement pour disparaître de moitié
18. ECD : Détecteur Echangeur de Cations
19. FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
20. GC : Chromatographie en phase gazeuse
21. GIE : Groupement d'Intérêt Economique
22. GMP : Groupe motopompe
23. GOANA : Grande Offensive Agricole pour la Nutrition et l'Abondance en Afrique.
24. GC : Chromatographie en phase gazeuse
25. IRD : Institut de Recherche pour le Développement
26. ISE : Institut des sciences de l'Environnement
27. IUPA : Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture
28. MAS : Mission d'Aménagement du fleuve Sénégal
29. MEM : Ministère de l'Economie Maritime
30. MgSO₄ : Sulfate de magnésium
31. MS : Spectrographie de Masse
32. OBEPAB : Organisation Béninoise pour la Promotion l'Agriculture Biologique
33. OCLALAV : Organisation Communautaire de Lutte Antiacridienne et Antiaviaire
34. OCP : Organochlorés Pesticides
35. OMS : Organisation Mondiale de la Santé
36. OMVS : Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal
37. ONG : Organisme Non Gouvernemental
38. PAN Africa : Pesticide Action Network Africa
39. PCB : Polychlorobiphényle
40. PED : Proportion Environnementale Disponible

41. PIP : Périmètre Irrigué Privé
42. PIV : Périmètre Irrigué villageois
43. PRVF : Programme de Revitalisation des vallées fossiles
44. UCAD : Université Cheikh Anta Diop de Dakar
45. RGS : Rapport Gonado Somatique
46. SAED : Société d'Aménagement et d'exploitation des terres du Delta, des vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé.
47. SCAC : Service de Coopération et d'Action Culturelle de l'Ambassade de France
48. SDE : Société Des Eaux
49. SDP : Service Départemental des Pêches
50. SDRS : Société de Développement Rizicole du Sénégal
51. SNTI : Société Nationale de Tomate Industrielle
52. SOCAS : Société de Conserverie Alimentaire du Sénégal
53. SPIA : Société des Produits Industriels et Agricoles
54. WHO : World Health Organisation

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

INTRODUCTION

Le fleuve Sénégal s'étend sur 1800 km de long et son bassin versant couvre une superficie de 268 000 km². Il traverse la république du Mali et forme la frontière entre la république de la Mauritanie et celle du Sénégal. Le régime naturel du Sénégal est caractérisé par une saison de hautes eaux de juillet à octobre/novembre et une saison de basses eaux de décembre à juin.

Pour maintenir en permanence de l'eau douce dans le fleuve Sénégal afin de satisfaire les besoins en eau et en électricité des pays riverains, l'organisation pour la mise en valeur du fleuve a mis en œuvre depuis plusieurs décennies, de nombreux aménagements hydro-agricoles. Parmi les aménagements réalisés, il y a les barrages de Diama et de Manantali qui ont été mis en œuvre respectivement en 1986 et 1988. Le barrage de Diama a pour objectif principal d'empêcher la remontée de l'eau de mer dans le fleuve. Les principaux objectifs du barrage de Manantali sont principalement de maîtriser les crues du fleuve pour développer l'agriculture irriguée, permettre la navigation sur le fleuve Sénégal et produire de l'énergie hydro-électrique. La mise en service de ces deux barrages a entraîné un développement fulgurant de l'agro-industrie. Ainsi, la zone de la vallée du fleuve Sénégal est soumise à une agriculture intensive qui utilise de grandes quantités de pesticides chimiques et que le lac de Guiers assure actuellement 25 % de la consommation en eau de la région de Dakar (ce taux va être porté à 75 % avec la mise en service de la station de traitement d'eau de Keur Momar). En 2005, le Sénégal a reçu 1 503 094 litres de pesticides liquides ; 668,150 tonnes de pesticides solides (DPV, 2006). La majorité des pesticides appliqués sur les surfaces agricoles se dispersent dans l'environnement et contaminent les sols et notamment les eaux. Cette situation constitue une menace pour la santé et l'environnement.

Les pesticides issus des périmètres agricoles pourraient polluer les eaux du fleuve et du lac et pénétrer dans la chaîne trophique des animaux et de l'homme. Des études antérieures ont mis en évidence la contamination des eaux du lac par les produits agrochimiques. Compte tenu du caractère liposoluble de ces polluants, ils se retrouvent particulièrement dans les organismes riches en graisse tel que les poissons, les crustacés... La contamination des produits halieutiques est donc très probable au niveau de cette zone qui demeure un site de forte activité de pêche. Le rôle important du poisson dans la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques amène à le considérer comme un indicateur de « l'état de santé des écosystèmes aquatiques » Adam, 1996 ; Leynard et Trocharie, 1980) in (Neveu A et al, 2001).

Le choix du poisson figure emblématique du milieu aquatique, se justifie également par le fait qu'il constitue un vecteur de communication intéressant pour sensibiliser le public et les décideurs, à la nécessité de préserver la qualité du milieu naturel.

Le choix du lac de Guiers est motivé par plusieurs raisons :

- l'importance du réseau hydrographique,
- la contribution du secteur de la pêche dans l'économie de cette partie de la vallée,
- les potentialités aquacoles de la zone,

La cohabitation industrie-agriculture à proximité de cette zone fluvio-lacustre suscite un intérêt scientifique sur les relations ainsi que les conséquences des activités agro-industrielles à savoir les rejets de pesticides de la CSS et la santé des consommateurs des produits halieutiques.

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer le niveau de contamination des poissons par les pesticides et les Polychlorobiphényles (PCBs) dans la zone du Lac de Guiers.

Le premier chapitre de ce travail décrit sommairement le milieu d'étude et les pesticides de façon générale. Le deuxième chapitre expose le matériel avec une présentation de la biologie et de l'écologie de *Clarias gariepinus* ainsi que les pesticides étudiés et les méthodes utilisées. Les résultats obtenus et leurs discussions sont présentés dans le troisième chapitre.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

CHAPITRE 1 : DESCRIPTION DES CHAMPS D'ETUDE

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

1.1. Présentation du milieu d'étude

1.1.1. Le milieu naturel

1.1.1.1. Cadre géographique

Le lac de Guiers est situé en rive gauche du fleuve Sénégal, à 50 km de l'océan atlantique (latitude 14°09'N ; longitude 16°08'W). Il se présente comme une dépression orientée NNE-SSW de 50 km de long et 7 km de large. D'origine tectonique, il faisait partie à l'origine du réseau hydrographique du Ferlo. Le lac de Guiers occupe une superficie de 200 km² en moyenne avec une profondeur moyenne de 1,25 m (Thiam et Ouattara, 1997). Ce lac plat peut être subdivisé en trois grandes régions naturelles:

- la région nord, limitée par les endiguements proches du chenal d'alimentation de la Taouey, le seuil de Foss ;
- la région centrale, milieu plus calme qui s'étend jusqu'au seuil de Sier, soumise aux pompages de la station de traitement des eaux de Ngnit ;
- la partie sud, milieu véritablement lacustre peu profond, séparée de la vallée morte du Ferlo par la digue de Keur Momar Sarr.

Son niveau est régulé grâce au barrage de Richard-Toll au nord et la digue de Keur Momar Sarr au sud. Le pont de Richard-Toll est fermé après la crue empêchant la fuite des eaux lors de la baisse du fleuve Sénégal

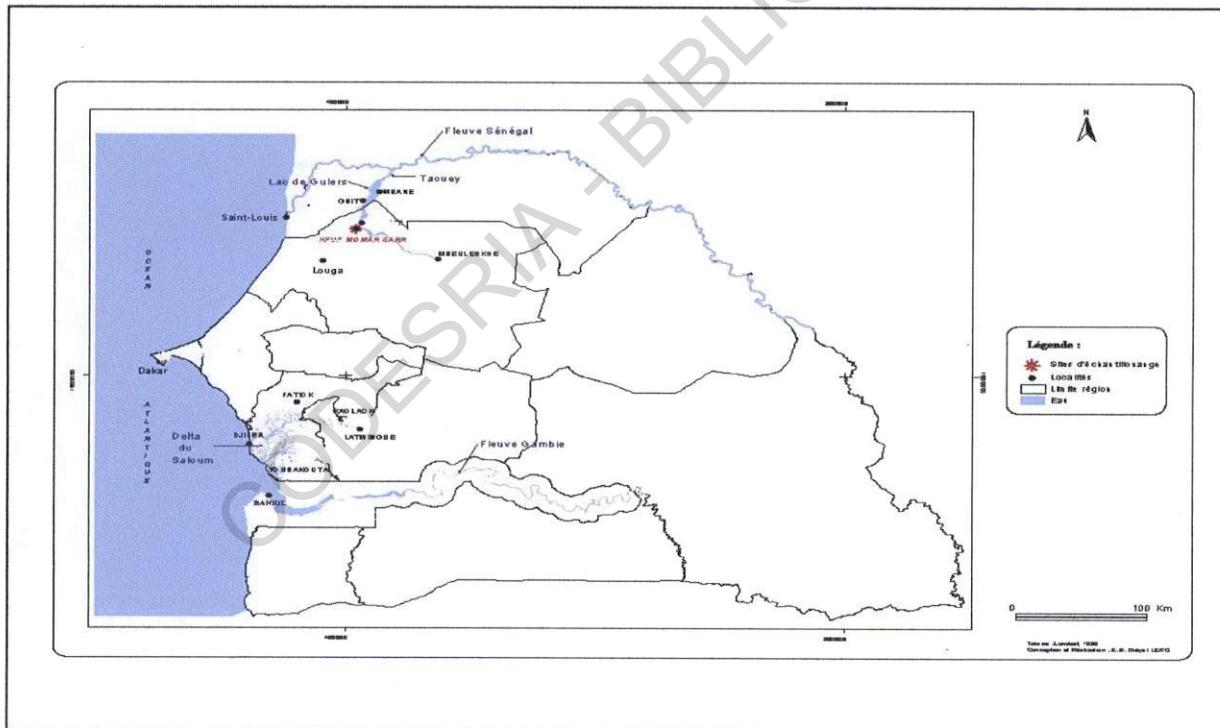


Figure 1 : Situation du lac de Guiers

1.1.1.2. Climat

La région du lac de Guiers appartient au domaine sahélien qui est une zone de transition entre les régions saharienne au nord et soudanienne au sud. Elle est caractérisée par une courte

saison des pluies (mi-juillet – mi-octobre) et une longue saison sèche (mi-octobre - mi-juillet). Les précipitations sont faibles et inégalement réparties dans le temps et dans l'espace. Les températures sont relativement élevées (figure 2).

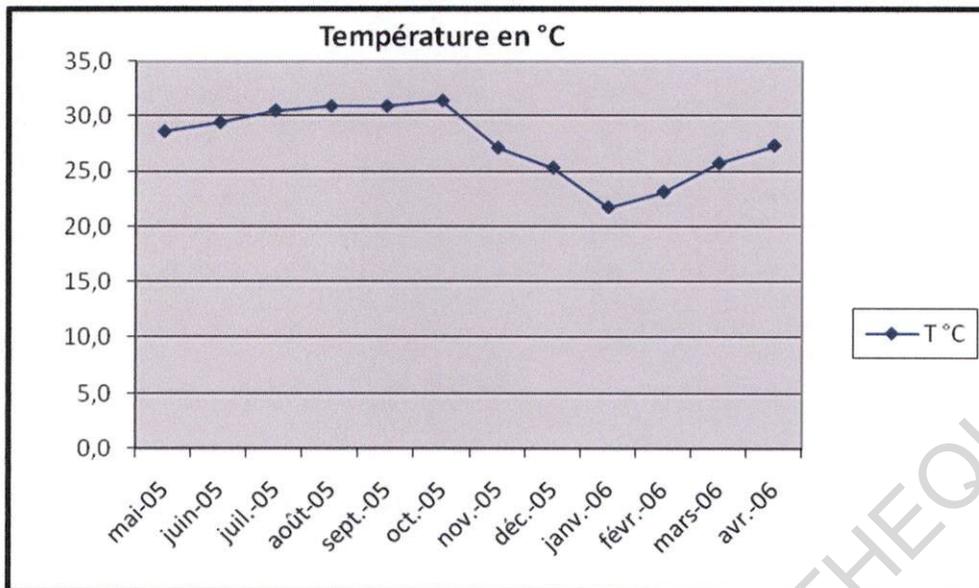


Figure 2 : Evolution mensuelle de la température à Ngnick (mai 2005 -avril 2006) (source : DGPRE, 2008)

Les températures les plus basses ont été observées en janvier et février (21,7°C et 23,1°C), tandis que septembre et octobre qui succèdent la saison des pluies sont les mois les plus chauds avec des températures dépassant 31°C.

Les vents dominants sont de direction générale nord-nord-est et ouest-nord-ouest. Ils se manifestent en différentes périodes de l'année. On distingue dans la région :

- la mousson : vent du sud-ouest. Il arrive avec la pluie et des températures relativement élevées et se fait sentir de juin à septembre ;
- les alizés qui soufflent de janvier à mars. Ils sont séparés du premier par une période de calme relatif (novembre à décembre). Ils sont de direction nord-ouest et apportent fraîcheur et relative humidité;
- et l'harmattan : vent d'est chaud et sec. Il se manifeste presque toute l'année et provoque une érosion éolienne très importante.

1.1.1.3. Hydrologie

Le lac de Guiers est maintenant l'un des principaux défluent du fleuve Sénégal et constitue la plus importante réserve d'eau douce de surface du Sénégal. Son alimentation en eau douce est assurée principalement par le fleuve Sénégal via le canal de la Taouey. Le fonctionnement et le bilan hydrologique du lac sont étroitement dépendants du fleuve Sénégal. Le fonctionnement hydrologique du lac de Guiers a connu quatre situations successives, liées à l'évolution progressive de la mise en valeur de la région (COGELS et al., 1990).

Avant 1916, la circulation des eaux à travers le système fleuve Sénégal-lac de Guiers était sous un régime naturel. L'alimentation en eau du lac était à la fois assurée par les eaux de crues du fleuve Sénégal et les invasions par l'eau de mer. En période de crue, les eaux du fleuve remplissaient le lac de Guiers via le canal de la Taouey. Aux basses eaux et notamment en période d'étiage fluviale, l'eau de mer remontait la vallée du fleuve Sénégal et se déversait

dans le lac de Guiers. Trochain (1940) signale que l'eau salée qui entrainait dans le lac de Guiers y ressortait difficilement et était refoulée au sud vers le marigot du Bounoum où on rencontrait les terres salées.

De 1916 à 1946, le fonctionnement hydrologique annuel du Guiers comportait deux phases distinctes : une phase de remplissage lors des crues du fleuve Sénégal et une phase d'isolement par la construction d'un ouvrage en terre argileuse à l'entrée de la Taouey. Cet ouvrage en terre empêchait la pénétration de la langue salée dans le lac en période d'étiage du fleuve Sénégal. Cependant l'ouvrage résistait difficilement à la force des crues et fut reconstruit tous les ans. Jusqu'en 1947, le cycle annuel des eaux du lac était étroitement lié à la crue annuelle du fleuve Sénégal.

En 1947, le premier pont barrage en béton construit sur la Taouey à la hauteur de Richard-Toll et ouvert en moyenne du 15 juillet au 15 octobre, empêchait la pénétration de l'eau saumâtre dans le lac en période d'étiage. Le reste de l'année, le lac évoluait en fonction de l'évaporation, des pompages auxquels il était soumis et des pertes d'eau vers la basse vallée du Ferlo. En 1956, une digue a été construite à l'extrémité sud du lac de Guiers à Keur Momar Sarr. La réalisation de cette digue a permis d'augmenter les capacités de stockage de la réserve lacustre et a causé également l'assèchement progressif du Ferlo.

Entre 1957 et 1976, le lac de Guiers évolue alors en fonction de l'évaporation, des pompages de la SDE à partir de 1969 et de ceux de la C.S.S à partir de 1970. Les barrages de Diama et de Manantali ont été achevés respectivement en 1986 et en 1988. Les ouvertures des pont-barrages de Richard-Toll et de Ndombo édifiés sur la Taouey et celles de la digue de Keur Momar Sarr conditionnent le fonctionnement hydrologique du lac de Guiers.

Les principaux utilisateurs de l'eau du lac sont alors : La C.S.S, la SDE qui pompe à la station de Ngnith, les cultures irriguées, concentrées en rive nord-est, autour de Mbane et les cultures traditionnelles de décrue, sur tout le pourtour du lac. La S.A.E.D pratique également la riziculture, en rive gauche de la Taouey, où elle dispose de plusieurs petites stations de pompage.

1.1.1.4. Faune et Végétation aquatiques

La mise en service des barrages de Diama et Manantali a induit de profondes modifications du régime hydrologique et de la qualité des eaux dans la région du lac de Guiers. La baisse du taux de salinité, la stabilité et l'élévation du plan d'eau, ont favorisé le développement des plantes aquatiques dans le lac de Guiers.

Pistia stratiotes s'est caractérisé par un développement fulgurant dans les années 90. D'importants peuplements de Potamogetonaceae ont été signalés dès 1991. A première vue, la végétation du lac de Guiers ressemble à une vaste Typhaie. En effet, le lac est entouré par une ceinture de *Typha domingensis*. La prolifération du *Typha domingensis* a déjà été signalée dans le lac de Guiers dans les années 1950.

En terme de présence, les macrophytes à forte croissance végétative tels que *Ludwigia adscendens*, *Polygonum senegalense*, *Oxycarium cubense*, *Najas sp*, *Utricularia stellaris*, *Potamogeton octandrus* et *schweinfurthii*, *Pistia stratiotes*, *Typha domingensis* et *Phragmites australis* ont été fréquemment signalés dans le lac de Guiers. *Aeschynomene elaphroxylon*, une légumineuse arbustive de la famille des Papilionaceae constitue une des curiosités de cette flore aquatique. Elle constitue une des rares espèces ligneuses qui s'adapte assez bien au milieu aquatique grâce à des dispositifs morphologiques particuliers.

La végétation naturelle de la région du lac de Guiers constitue à la fois une importante source alimentaire pour les animaux phytophages et un facteur de régulation biochimique non

négligeable. Une seule espèce de mammifère aquatique a été signalée dans la zone. Il s'agit du Lamantin *Trichechus senegalensis*.

Le lac de Guiers renferme une faune avienne et ichthyenne relativement diversifiée.

Reizer (1974) y avait identifié une trentaine d'espèces. Cogels (1984) a inventorié 35 espèces de poissons dans le lac de Guiers.

Les inventaires ichthyologiques réalisés dans le cadre des impacts du Canal du Cayor sur l'environnement en 1996 après l'avènement des barrages, ont permis de recenser 33 espèces appartenant à 17 familles. Les familles les plus représentées sont les Cichlidae (9 espèces), les Bagriidae (5 espèces) et les Characidae (4 espèces). La majorité des espèces observées étaient d'eau douce. Seules trois espèces à affinité estuariennes ont été pêchées (*Sarotherodon melanotheron heudelotii*, *Hemischromis fasciatus* et *Tilapia guineensis*). Aucune espèce marine n'a été rencontrée (tableau 1).

Tableau 1 : Nombre d'espèces de chacune des familles de poissons du lac de Guiers

Familles	Nombre d'espèces	
	1996	1999
Anabantidae	1	-
Ariidae	1	-
Bagriidae	3	2
Centropomidae	1	-
Channidae	-	1
Characidae	4	3
Cichlidae	9	3
Citharinidae	1	1
Clariidae	1	-
Clupeidae	1	1
Cyprinidae	2	2
Distichodontidae	2	-
Etraodontidae	-	1
Gibiidae	1	-
Gymnarchidae	1	1
Mochokidae	2	1
Osteoglossidae	1	-
Parachotichodontidae	-	1
Polypteridae	1	1
Schilbeidae	-	1
Tetraodontidae	1	-
Total	33	19

Source : ROCHE, 2000 vol C

1.1.3. Ethnies et Démographie

La population autour du lac de Guiers est composée essentiellement de trois groupes ethniques : des wolofs dits waalo-waalo, des peuls et des maures harratines. La distribution spatiale de la population est encore fortement dépendante de l'opposition classique entre le waalo et le diéri. Les wolofs ou waalo-waalo représentent le groupe ethnique dominant avec 57 % de la population du lac de Guiers (MBENGUE, 1981 ; Kane, 1992). Ils s'adonnent

traditionnellement aux cultures pluviales ainsi qu'aux cultures de décrue. Ils pratiquent également la pêche et d'autres activités. Les peuls, « véritables maîtres du diéri », constituent 33 % de la population de la région du Guiers. Ils vivent dans de petits campements dispersés à travers le diéri. Traditionnellement éleveurs, les peuls ont su, à la faveur de l'augmentation des disponibilités en eau douce dans le lac, s'adonner à l'agriculture irriguée. Les maures Harratines représentent environ 10 % de la population de la région du Guiers. Ils vivent dans de petits campements à proximité des points d'eau. Ils sont répartis en deux groupes, suivant leur appartenance socioprofessionnelle:

- les agriculteurs-éleveurs, installés dans la région depuis le début du siècle;
- les pêcheurs installés à Bountou Back dont l'implantation est plus récente.

On trouve également dans la région différentes autres minorités ethniques (toucouleurs, diolas, sérères, soninkés...) qui travaillent comme ouvriers dans les périmètres agricoles irrigués ou à la CSS.

Le lac de Guiers n'est pas circonscrit dans une seule entité administrative. Sa partie nord appartient à la région de Saint-Louis (département de Dagana) tandis qu'au sud, il déborde sur la région de Louga (département de Keur Momar Sarr).

L'accroissement de la population du système fluvio-lacustre était un phénomène prévisible, même si la vallée du fleuve Sénégal est traditionnellement une terre d'émigration. Depuis la mise en service du barrage de Diama en 1985, la tendance est au retour à la terre. L'autre phénomène nouveau est la concentration des peuls nomades autour du lac de Guiers et dans le Ferlo, pour se consacrer de plus en plus à l'agriculture irriguée soit comme activité principale, soit comme moyen de subsistance lors des périodes de soudures.

Quelques données démographiques issues du recensement national de 2006 sont représentées dans la figure 3. L'évolution rapide de la population de Richard-Toll est due principalement à la présence de la CSS qui y a joué un rôle prépondérant. En 1976, lors du recensement général de la population, la ville comptait 13 000 habitants. Le deuxième recensement général de la population effectué en 1988 dénombrait 29 611 habitants. En 2007, elle en comptait environ 48 968 (ANSD, 2006).

L'arrondissement de Mbane qui s'étend sur 2 541 km² a une population estimée à 58612 habitants en 2007. Cette population va atteindre les 71451 habitants en 2015 (ANSD, 2006). Par contre, l'arrondissement de Keur Momar Sarr, avec une population de 27 232 habitants en 2007, se retrouvera avec une population de 32 077 habitants dans huit (8) ans. Cette répartition dissimule cependant d'importantes disparités spatiales.

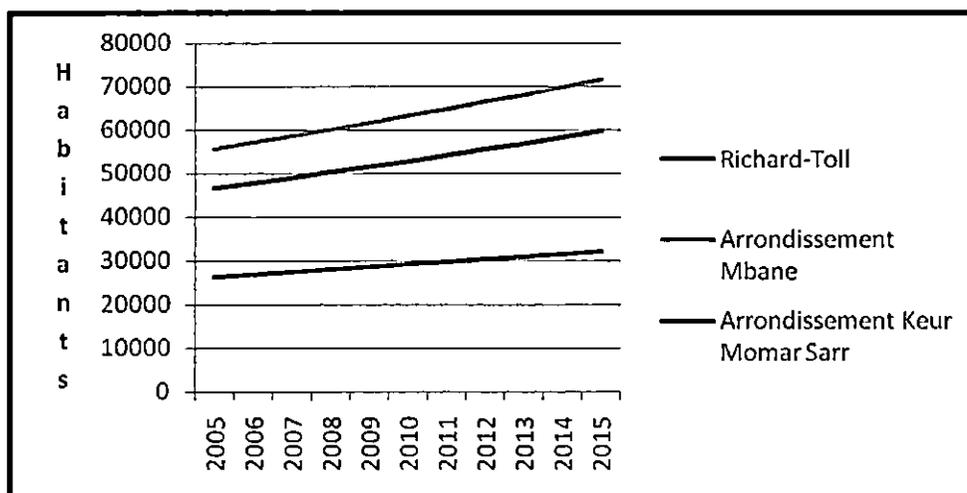


Figure 3 : Prédiction d'évolution démographique à Richard-Toll, Mbane et Keur Momar sarr de 2005 à 2015. (source de données : ANSD, 2006).

1.1.2.1. Activités socio-économiques

Les activités socio-économiques des populations dans le Delta et plus particulièrement dans la région du lac de Guiers, sont essentiellement liées à la disponibilité de l'eau. La présence du fleuve Sénégal et de ses défluent tels que le Gorom, le Lampsar et la Taoué sont à l'origine d'une tradition de culture irriguée bien établie dans la région depuis le début des années soixante.

Le nouveau contexte hydrologique, issu de la mise en place des grands aménagements sur le fleuve Sénégal, a accéléré la mise en valeur agricole. Dès 1986, on a noté une réelle explosion de l'initiative privée dans le cadre des périmètres irrigués villageois (NLANG, 1998).

1.1.2.1.1. Activités agricoles

1.1.2.1.1.1 Agriculture traditionnelle

Avant 1985, les conditions hydrologiques et climatiques permettaient aux paysans du Delta une double culture annuelle :

- une culture de décrue sur les terres du waalo, généralement d'octobre à février ou mars;
- une culture pluviale, sur les contreforts sableux du dieri.

Les paysans pratiquaient depuis longtemps la culture de décrue du sorgho, du manioc, des patates douces, de la tomate, des courges et des niébés dans la vallée, et sur les terres hollaldé (cuvettes de décantations) bien drainées. Ces cultures de décrue jouaient « un rôle de sécurité alimentaire essentiel, directement par l'autoconsommation, indirectement par les revenus monétaires de la vente et achats de céréales qu'ils permettaient » (COGELS, 1984).

Depuis 1988, ces cultures de décrue sont devenues impossibles du fait de l'extension de la surface du plan d'eau et de la colonisation des rives par un important tapis végétal qui y trouve des conditions favorables à son épanouissement (NLANG, 1998).

Le contexte de l'« Après Barrage », permet d'envisager désormais une production agricole irriguée plus importante sur le plan spatio-temporel au détriment de l'agriculture traditionnelle.

1.1.2.1.1.2. Agriculture irriguée

La pratique de l'agriculture irriguée est connue depuis près d'un demi-siècle dans le Delta. En réalité, les premières tentatives ont débuté au XIXe avec l'expérience du jardin d'essai Richard-Toll qui n'a pas été concluante du fait des contraintes naturelles. Plus tard, en 1945 le plan PELETIER et DELISLE, marque le début de l'expérimentation de la riziculture irriguée dans le Delta avec le casier de Richard-Toll comme centre. Ce plan préconisait l'aménagement de 50 000 ha de casier rizicole. Le casier était géré par le service de l'Agriculture du Sénégal et la MAS jusqu'en 1953 puis par l'entreprise ORTAL jusqu'en 1960. La SDRS reprend le casier rizicole de Richard-Toll qui passe casier sucrier au début des années soixante-dix, sous la gestion de la Compagnie Sucrière Sénégalaise (C.S.S). La création de la S.A.E.D en 1965, a joué un rôle important dans le développement de l'irrigation. Depuis, de nombreux périmètres ont vu le jour dans le Delta et l'ensemble de la vallée du Fleuve Sénégal occasionnant l'installation de petites unités industrielles de transformation de tomate : SOCAS (à Sawagne) et SNTI (Dagana) aujourd'hui fermé.

La C.S.S

La C.S.S (Compagnie Sucrière Sénégalaise) est née au début des années soixante dix de la reprise du casier rizicole de Richard-Toll. De bons résultats ont été obtenus (85 t/ha) avec les expérimentations de culture de canne à sucre effectuées sur le casier vers la fin des années soixante. Ceci a décidé du remplacement de la culture du riz par la canne à sucre; puis le casier initial a été étendu jusque dans la zone de Dagana. Actuellement, la CSS exploite plus de 8000 ha de canne à sucre et emploie quelques 15 000 personnes dont une majorité de saisonniers.

L'irrigation des casiers se faisait à partir du lac de Guiers dont il était le principal utilisateur. Depuis l'entrée en fonction du barrage de Diama, ses pompages se font exclusivement dans le canal de la Taoué et le fleuve Sénégal. Cependant, du fait de la poursuite de ses rejets d'eaux de drainage dans le plan d'eau du Guiers, la CSS continue à peser de tout son poids sur l'écologie du lac. L'impact social et économique de la C.S.S a propulsé la ville de Richard-Toll qui est devenue l'une des plus importantes de la région.

Les rejets dans le lac de Guiers des eaux de drainage des cultures irriguées sont aujourd'hui l'un des gros problèmes de la région du Delta. (Labrouse et al, 1996).



Figure 4 : la sucrerie de la CSS et un Casier de canne à sucre situé à Bountou Back

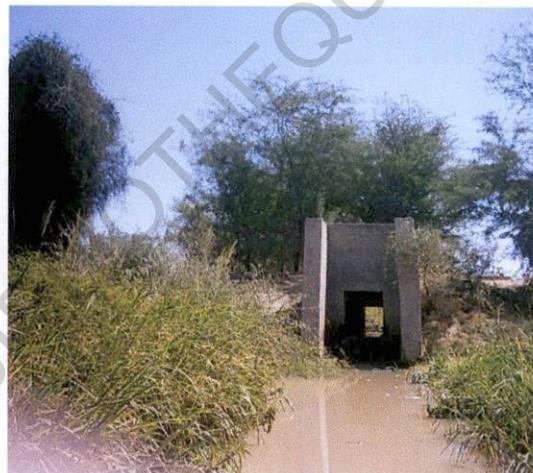


Figure 5 : La station de drainage de la CSS dans la zone de Bountou Back et le drain direct des casiers de Temeye sur la Taouey (prises par DIOP en février 2008).

La S.AE.D

La SAED (Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terre du Delta du fleuve Sénégal) a été créée en 1965. A l'origine, c'était un établissement public à caractère industriel et commercial. La loi n° 79-29 du 24 janvier 1979 étend son champ d'action à l'ensemble de la rive gauche du fleuve Sénégal ainsi qu'à la vallée de la Falémé. Elle devient Société Nationale en 1981, suivant la loi n° 81-57 du 29 juin 1981 avec un siège fixé à Saint-Louis. La SAED comprend quatre délégations départementales : Dagana Podor, Matam et Bakel. Dans un premier temps, le rôle de la SAED était la mise en valeur des terres (labours, réseau de canalisation, groupe motopompe (GMP), engrais, semences, pesticides...) qu'elle facturait ensuite aux paysans qui remboursaient sur le produit de la vente d'une partie de la récolte. Elle exploitait, dans les années 1970-80, quelques périmètres irrigués le long de la Taoué (riz et tomate) et un périmètre rizicole de 70 hectares à Mbane en rive-est du lac de Guiers. (NIANG, 1998).

Cependant, l'enquête réalisée du 15 au 19 octobre 2007, a révélée que les producteurs possèdent d'autres sources de ravitaillement d'engrais et de pesticides. Il s'agit de la Société des Produits Sénégalaises des Engrais et Produits Chimiques de Dakar, de la Société des

Produits Industriels et Agricoles (SPIA) de Louga, de la CSS... Quelques résultats de cette enquête sont synthétisés dans le tableau en annexe 1.

L'intervention de la SAED se trouve dès lors recentré autour de trois axes fondamentaux : la coordination du développement rural intégré ; la gestion de l'eau et des axes hydrauliques ; l'appui au développement rural.

La SAED se veut désormais un outil au service de la promotion d'un développement rural harmonieux. En 1982, elle gérait quelques 12 300 ha d'aménagements hydro-agricoles et cultivés surtout en riziculture. Dix ans plus tard, en 1993, ces superficies sont passées à 42 350 ha, soit une augmentation de 3 400 ha pour les grands aménagements et de 26 650 ha pour les PIV et PIP. (NIANG, 1998). C'est dire donc le succès fulgurant de l'irrigation, surtout au niveau des investissements privés et des groupements villageois.

Avec le désengagement de la SAED, On assiste dès lors à la naissance d'un entrepreneuriat privé, sous forme d'initiatives individuelles ou collectives : groupements d'intérêt économique (GIE), groupements de producteurs, coopératives, organisations non gouvernementales (ONG) et promoteurs privés.

1.1.2.1.2. Pêche

La pêche continentale est une activité importante dans le Delta, au même titre que l'agriculture ou l'élevage, à qui elle sert d'appoint. Au-delà des protéines qu'elle offre aux populations riveraines et des autres centres, la pêche fait vivre des centaines de familles. Sa mise en œuvre reste encore artisanale avec quelques rares pirogues motorisées.

L'évolution de la pêche au niveau du lac est calquée sur le remplissage des plans d'eau. De mai à novembre, le lac de Guiers est le siège d'importantes migrations ; elles sont surtout l'œuvre des pêcheurs professionnels « Gae-Gae » mais aussi des maliens.

Les déplacements de poissons de la Taoué vers le lac interfèrent avec les migrations entre la Taoué, le lac et le fleuve Sénégal. A l'intérieur du lac, des déplacements du poisson ont également lieu entre les différentes régions au cours de trois phases :

Phase 1 : elle correspond à la phase de remplissage du lac au cours de laquelle le stock de poissons migre vers le sud du lac ;

Phase 2 : elle s'étale entre février et avril, c'est-à-dire entre la fin de la saison froide et le retrait des eaux de la région sud ;

Phase 3 : en fin de saison sèche, les déplacements se font vers l'extrême nord du lac, traversant toute la région centrale (NIANG, 1998).

La pêche continentale a connu un développement soutenu au cours des années 60 grâce à un environnement climatique favorable. Aujourd'hui, placée au second rang de l'économie halieutique en termes de recette, elle reste confrontée à de multiples difficultés, dont l'envahissement des plantes aquatiques et la pollution des eaux.

• Les Pêcheurs

En 1999, le nombre de pêcheurs opérant au fleuve Sénégal était estimé par le Centre de Recherche Océanographique de Dakar Thiaroye, à 1 885 en saison des pluies et 2 310 en saison sèche dont 550 pêcheurs au lac de Guiers en saison des pluies contre 423 en saison sèche.

Durant les périodes d'échantillonnage, les principaux engins utilisés dans la vallée sont les filets maillants dormants ou dérivants et les palangres (Dolink ou Sidonie). Cependant au niveau de la Taoué, on note l'utilisation de la senne de rivage dans certains lieux comme Ndombo et Thiago.

Deux types de pirogues sont utilisés dans toute la zone :

- la pirogue saint-louisienne d'une longueur d'environ 8 à 10 m et constituée d'un assemblage de pièces de bois de caïlcédrat manufacturés ;
- la pirogue casamançaise monoxyde fabriquée en bois de fromage ou de caïlcédrat et long de 6 à 12 m.

Les engins de pêche utilisés au lac de Guiers et à la Taoué sont estimés successivement à 258 et 87 en saison sèche par le CRODT en 1999 contre 36 et 123 engins en saisons des pluies, soit une augmentation de 25,43 % au lac de Guiers contre 29,27 % à la Taoué.

Il faut cependant noter que l'effort de pêche est plus important en hivernage qu'en saison de sèche. Ce constat conforte l'idée selon laquelle des migrations fleuve - lac de pêcheurs se font pendant la saison des pluies. Ces migrations, qui sont faites pour la plupart par les *Gaé-Gaé*, les *cuballo* et des *Maliens* qui jugent que le lac est plus poissonneux que le fleuve à cette période de l'année.

• La production

L'estimation de la production du lac de Guiers est particulièrement difficile pour plusieurs raisons. D'abord les services fonctionnels n'arrivent pas à assurer un suivi statistique des débarquements sur tout le lac. Ensuite, il n'y a pas eu d'études sur ce thème depuis l'aménagement du barrage de Diama.

Les captures globales des eaux continentales sénégalaises sont estimées à 54 407 tonnes pour l'an 2000, avec un chiffre d'affaires de 16 700 000 000 Fcfa (source DPCA, 2003). Le fleuve Sénégal totalise plus de la moitié de ces captures avec 30 541 tonnes, représentant une valeur commerciale de 6 525 673 000 Fcfa.

Les pêcheurs soutiennent l'idée selon laquelle la richesse piscicole du lac aurait beaucoup augmenté depuis la construction des barrages. Mais, les poissons seraient devenus inaccessibles à cause des végétations aquatiques mais déplorent aussi les rejets de la CSS qui pourraient avoir des impacts négatifs sur la faune piscicole.

Les poissons débarqués (annexe 2) sont vendus au niveau des débarcadères ou au marché de Richard-Toll pour la consommation locale mais aussi ventilés vers le Fouta ou au Mali à travers des mareyeurs. Au niveau du secteur de Dagana, les mises à terre durant l'année 2007, sont estimées à 413 000 kg soit une valeur commerciale de 266 021 250 F cfa. Les femmes occupent une place importante dans le mareyage et la transformation des produits halieutiques.

Notons que plus de 70 % des mises à terres sont exportés au Mali soit par le mareyage frais, soit par la commercialisation des produits transformés. (Rapport annuel du SDPS de Dagana, 2007). Cette activité se diversifie aujourd'hui par le développement de l'aquaculture.

Parmi les principales contraintes pour le développement piscicole dans le lac de Guiers figure la pollution des eaux. Selon Cogels et al (1993), les rejets de la Compagnie sucrière représentant 71 % (soit 25 000 tonnes par an) des apports en minéraux dissous dans le bilan hydrochimique du lac, constituent un risque de pollution des eaux.

1.2. Les pesticides

Les pesticides sont des produits chimiques fabriqués intentionnellement pour tuer les organismes vivants « nuisibles ». Le concept « pesticide » formé à partir du radical « pest » et du suffixe « -cide » a pour origine le verbe latin « caedo, cadere » qui signifie « tuer ». On lui a adjoint la racine anglaise *pest* (animal ou plante nuisible) ou le mot français *peste* (fléau, chose pernicieuse qui corrompt, maladie), provenant tous deux du latin *pestis* qui désignait le fléau en général, et une maladie dangereuse en particulier.

Les pesticides peuvent être classés selon la nature des êtres nuisibles ciblés, la formulation et la composition chimique.

Selon la nature des êtres nuisibles ciblés, on distingue les Insecticides pour tuer les insectes, les Nématicides pour lutter contre les nématodes, les herbicides pour détruire les plantes adventices etc.

On distingue les principales familles chimiques suivantes : les Organochlorés, les Organophosphorés, les Carbamates et les Pyréthrinoïdes.

Les **Organochlorés** renferment un ou plusieurs chlores sur la molécule. Ils sont apparus dans les années 1940 et sont appelés pesticides de Première génération“. Ils sont chimiquement stables; ils se dégradent lentement, ce qui signifie qu'ils persistent dans l'environnement. Certains de ces pesticides ont une durée de vie particulièrement longue (> 10 ans). Ils peuvent être transportés sur de longues distances par les vents. Certains ont été retrouvés dans les glaces de l'Antarctique. Leur utilisation est interdite ou strictement réglementée dans plusieurs pays à travers le monde. Aujourd'hui une campagne accrue est menée au niveau international pour l'interdiction de toute forme d'utilisation de ces produits chimiques très toxiques. Les Organochlorés étaient massivement utilisés dans les années 1940 et 1980 pour lutter contre les criquets pèlerins. Le terme Polluants Organiques Persistants (POPs) a été utilisé au niveau international pour désigner un groupe de douze produits chimiques organochlorés caractérisés par leur toxicité, leur persistance dans l'environnement, leur bioaccumulation ou bioconcentration (accumulation dans l'organisme) et formation de vapeur. Parmi ceux-ci il y a 9 pesticides (Aldrine, Endrine, Dieldrine, (DDT), Chlordane, Heptachlore, Perchlordécone, lindane et Toxaphène) et des PCBs.

Les **Organophosphorés** sont peu persistants dans l'environnement et se dégradent relativement assez rapidement en milieu tropical. Ils présentent cependant une toxicité aigüe élevée.

Les **Pyréthrinoïdes** sont des substances dérivées de la pyréthrine. Elles sont peu volatiles et peu solubles dans l'eau. Les pyrthrinoïdes ont une toxicité aigüe faible et leur dégradation dans l'environnement est relativement très rapide, mais elles demeurent écologiquement dangereuses.

Les **Carbamates** se présentent comme des substances peu persistantes dans l'environnement mais dont la toxicité élevée. Ils sont peu stables dans l'eau.

Notion de biodisponibilité des pesticides

Dans l'environnement, un pesticide peut exister sous des formes plus ou moins disponibles pour les organismes vivants : c'est le concept de **biodisponibilité**. Elle se définit comme le degré avec lequel un contaminant est assimilé par un organisme (O'Donnel *et al.*, 1985 ; Newman et Jagoe, 1994). Selon Thornton (1999), est biodisponible la fraction assimilable par un organisme donné dans un milieu défini. La biodisponibilité est régie par trois processus (Campbell, 1995 ; Hudson, 1998) (in devez, 2004): la **diffusion** depuis la solution vers la surface de la membrane, la **fixation** sur les sites de transport et l'**assimilation** dans l'organisme via le passage de la membrane lipidique. Elle est dépendante de la **spéciation** ainsi que de tous facteurs et propriétés physico-chimiques qui gouvernent la spéciation et par conséquent de la mobilité mais aussi de l'espèce (Devez, 2004). Donc pour bien comprendre le concept de la biodisponibilité, il est important de connaître le modèle d'évolution des substances chimiques dans l'environnement et au sein de l'organisme (Amorin *et al.*, 2002 ; Van Gestel et Weeks., 2004). Selon ce niveau d'évolution de la substance dans

l'environnement et au sein de l'organisme, trois niveaux de disponibilité ont été distingués (figure 6).

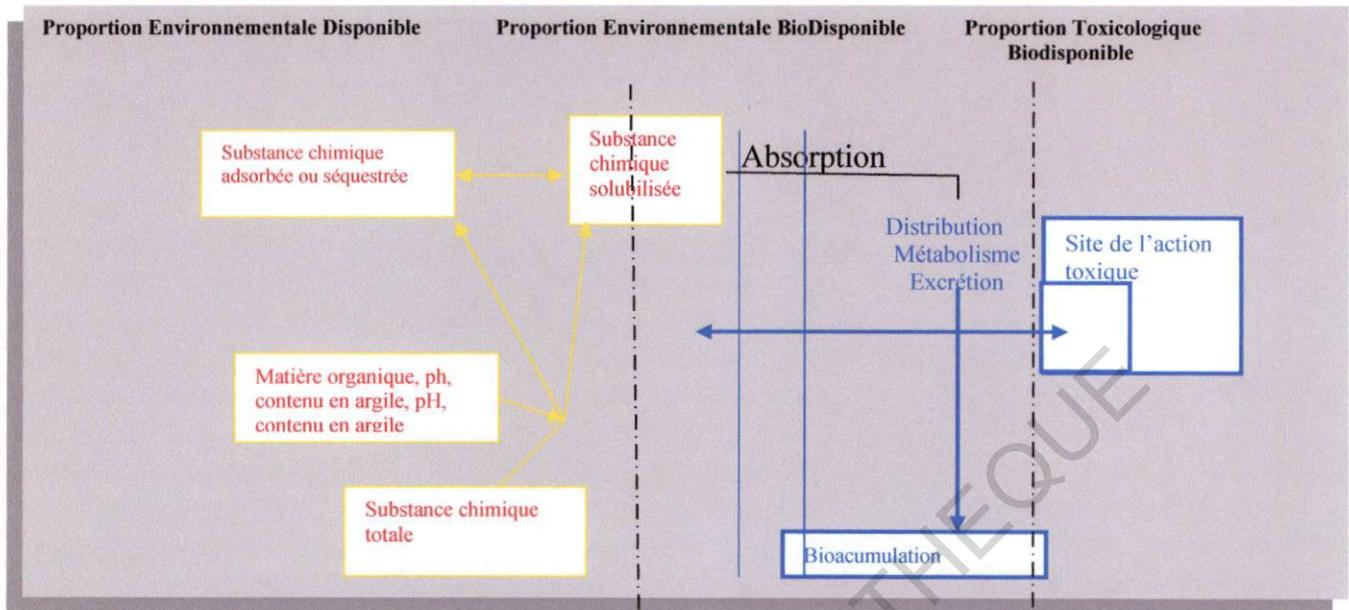


Figure 6 : Schéma conceptuel de la biodisponibilité pour le système sol (Lanno et al., 2004)

Dans le sol, l'eau ou les sédiments, les substances chimiques libérées interagissent d'une manière dynamique avec les constituants spécifiques des substrats respectifs. Ces interactions aboutissent à une adsorption (Belfroid et al., 1996) ou une séquestration (Lanno et al., 2004) des substances chimiques par les particules solides du substrat ou à une solubilisation dans la phase aqueuse. La proportion Environnementale Disponible (PED) est la fraction de la substance chimique totale du substrat qui n'est pas séquestrée (Lanno et al., 2004).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

2.1. Sites d'études

Le choix des sites d'études a été réalisé en tenant compte en premier lieu de leur proximité par rapport aux sources de pollution, dont notamment les points de rejets d'eaux usées et de la dynamique des polluants. Au total, trois sites ont été choisis pour les échantillonnages. Il s'agit de Guidick, Temeye et Bountou Back.

Temeye et Bountou Back abritent chacun une station de rejets d'eaux usées. Le site de Temeye se trouve également aux environs de 3 km du canal de drainage de la CSS sur la Taoué.

Guidick est situé dans la zone centre et très éloigné des points de rejets. Ce site a été choisi pour mieux voir la dynamique des polluants en rapport avec les mouvements de l'eau dans le lac.

En plus de ces considérations, des échantillons d'eau ont été prélevés en vue d'examiner la qualité d'eau et de voir le phénomène de bioaccumulation.

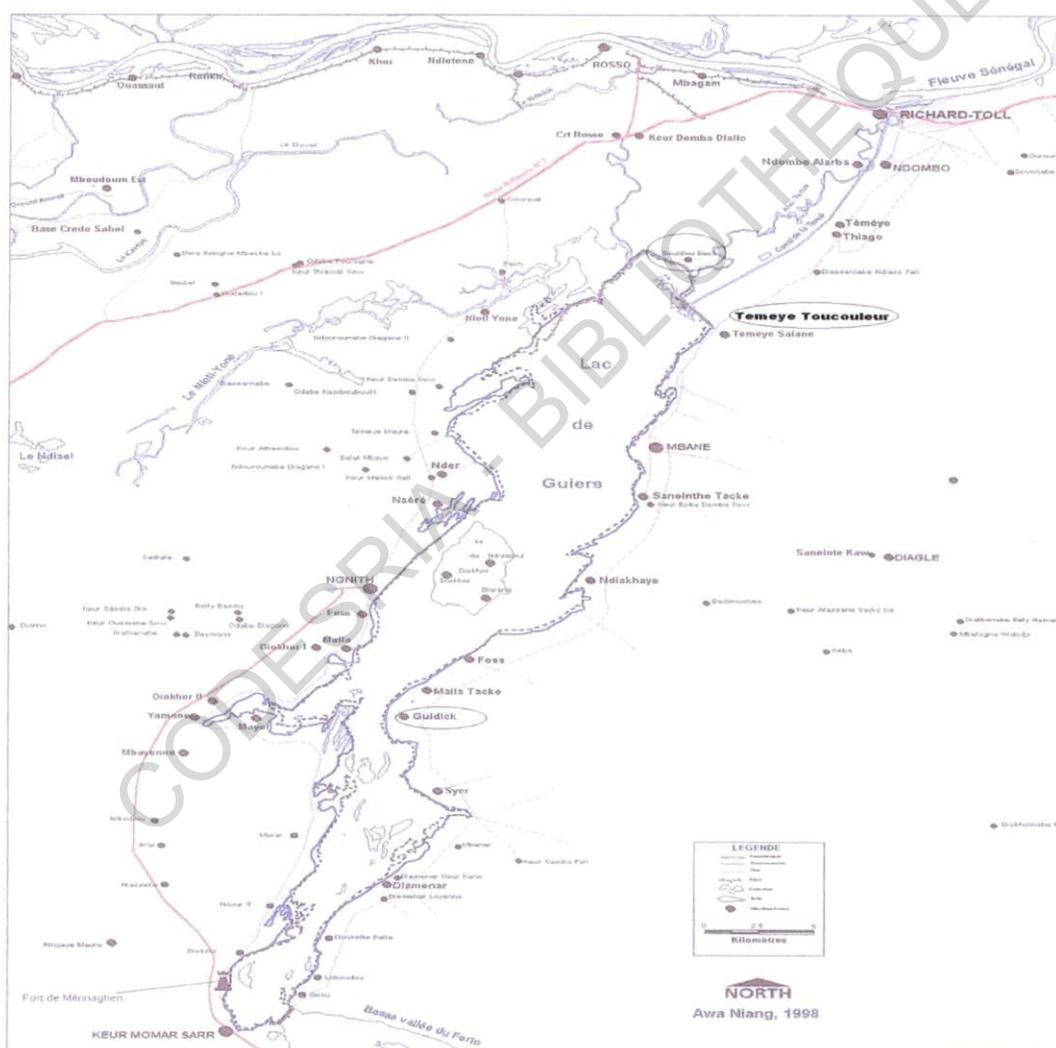


Figure 7 : Régions naturelles du lac de Guiers et localisation des sites d'étude

2.2. Matériel biologique : *Clarias gariepinus*

Clarias gariepinus est une espèce du sous-ordre des Siluriformes et de la famille des Clariidae. Cette famille est représentée à la fois en Asie et en Afrique par des poissons à corps allongés, souvent anguilliformes, la tête est déprimée et porte quatre paires de barbillons simples bien développés. C'est un poisson à peau nue sans écailles, à bouche non protractile. Les nageoires pectorales basses, sont souvent armées, comme la dorsale, d'une forte épine assignée. La dorsale et l'anale longues atteignent presque la caudale. Cette dernière est arrondie, parfois confluyente avec la dorsale et l'anale (PASQUE, 1982).

Le genre *Clarias* peut être considéré comme un exemple intéressant d'un groupe assez bien défini en apparence par un ensemble de critères morphologiques alors qu'il représente en fait une unité évolutive. Günther (1864) a défini le genre *Clarias* sur la base d'une dizaine de caractères dont la forme de l'organe accessoire branchial, la présence d'une épine à la nageoire pectorale et l'absence d'une nageoire adipeuse.

Comme la majorité des Siluriformes, *Clarias gariepinus* est une espèce dulçaquicole, strictement inféodée aux eaux continentales de faible salinité, et préférant les environnements lenticules (lacs, étangs, parties calmes des cours d'eau, plaines d'inondation). Il se reproduit dans le milieu en saison des pluies ou au moment de la montée des eaux. La fécondité relative moyenne est d'environ de 20 000 à 25 000 œufs par kilogramme de poids corporel, soit plus de 100 000 œufs chez des géniteurs de grande taille (Sarr, 2005). Toutefois, contrairement aux tilapias qui effectuent une garde parentale de leurs œufs et de leurs alvins, *Clarias gariepinus* disperse ses œufs dans le milieu lors de la ponte. A l'éclosion, les larves, de petites tailles (2 mg), sont soumises à une intense prédation par les batraciens et les insectes aquatiques, et au cannibalisme. *Clarias gariepinus*, espèce plus ou moins sédentaire migre du lit principal vers les zones inondées à la fois pour y trouver des meilleures conditions d'alimentation, des abris et des sites propices à la reproduction (CHRISTIAN et DIDIER, 2006).

Le régime alimentaire des Clarias est généralement omnivore à tendance carnassière. Cette caractéristique des Clariidae a conduit à les utiliser parfois comme prédateurs associés dans les élevages de Tilapia.

Pour beaucoup d'auteurs, *Clarias gariepinus* est le prédateur nocturne par excellence et capable de s'accommoder à des conditions de faible oxygénation et de turbidité qui complique l'exercice de prédation chez des espèces moins tolérantes ou davantage inféodées à une chasse à vue.

Enfin, *Clarias gariepinus* est un poisson qui s'alimente en broutant au fond, en avalant les dépôts et les détritiques mais aussi c'est un prédateur de quelques espèces comme par exemple les *Tilapia*. Donc il est exposé à la contamination du fait que son milieu est directement pollué par les eaux usées agricoles et industrielles.

Clarias gariepinus a été choisi en tenant compte principalement de son habitat et son régime alimentaire. Il est un poisson prédateur et consommateur de détritiques. Il peut se contaminer en s'alimentant directement dans les sites pollués ou en consommant des proies contaminées et avoir des taux de contamination élevés avec le phénomène de bioamplification.

2.3. Molécules de pesticides et PCBs étudiés

Le choix s'est porté pour les insecticides sur l'endosulfan et la dieldrine du fait qu'ils sont des produits reconnus très toxiques, persistants dans l'environnement et bioaccumulables dans la chaîne alimentaire. L'atrazine et le propanil sont quant à eux des produits largement utilisés dans la zone d'étude. Les PCB classés au même niveau que les pesticides organochlorés par

leur persistance et leur capacité de s'accumuler dans les poissons ont été choisis pour mieux voir la pollution industrielle.

2.3.1. L'endosulfan

L'endosulfan est un insecticide et acaricide organochloré du sous-groupe des cyclodiènes. Il est utilisé contre les pucerons, les thrips, les coléoptères, les acariens, la chenille du cotonnier, les mouches blanches et les cicadelles. Il est utilisé sur le coton, le tabac, la tomate, la courge, l'aubergine, la patate douce, le brocoli, la poire, la citrouille, le maïs, les céréales, les oléagineux, la pomme de terre, le thé, le café, le cacao, le soja. Les caractéristiques physico-chimiques dont l'ordre de grandeur est indiqué dans le tableau 1, influencent les risques de transfert de cette substance active vers les eaux, et le risque de pollution des eaux.

Sa toxicité aiguë est très élevée avec des concentrations létales 50 (CL50) de l'ordre de 0,0003 mg/l chez les poissons, 0,06 mg/l chez les Daphnies et de 0,56 mg/l chez les algues. Sur le plan de la toxicité pour l'homme, la dose journalière acceptable (DJA) est de l'ordre de 0,006mg/kg/j. La mobilité de la matière active est réduite par son absorption sur la particule du sol. L'endosulfan présente une très grande nocivité pour les vertébrés poïkilothermes en particulier pour les poissons (Ramade ; 2000). L'utilisation de l'endosulfan a été interdite ou sévèrement restreinte dans plusieurs pays à travers le monde. Des campagnes sont menées depuis de nombreuses années en vue d'une interdiction totale de l'usage de l'endosulfan. Le Comité Sahélien des Pesticides (CSP) a décidé le retrait de l'autorisation de toute préparation phytosanitaire contenant de l'endosulfan dans les Etats membres du CILSS.

2.3.2. La Dieldrine

Elle est un insecticide du groupe des cyclodiènes chlorés aujourd'hui interdit dans la plupart des pays développés à cause de son importante écotoxicité.

Très persistant dans l'environnement, la molécule de dieldrine détient des liaisons chimiques très stables qui lui confèrent une grande résistance aux processus de dégradation biologiques, à l'hydrolyse et à la photolyse (WHO, 1989). Les résidus de dieldrine peuvent persister pendant plus de 20 ans dans l'environnement (Thiam, 1993). La contamination des aliments résulte essentiellement de la bioaccumulation dans la chaîne alimentaire. La dieldrine présente aussi une toxicité chronique vis à vis des poissons. Chez les poissons, le facteur de bioconcentration (BCF) de la dieldrine peut dépasser 10000 (WHO, 1989).

Le principal produit de dégradation de la dieldrine est la photodieldrine qui est peu répandue dans l'environnement. Cette photodégradation s'effectue sous l'action de la lumière ultra violet (UV) (Mbodj, 2006). Les principaux organes cibles sont le cerveau et le foie. La Dieldrine est hautement toxique pour les organismes aquatiques. Chez les poissons, la toxicité de la dieldrine est variable selon le stade de développement. Les œufs sont plus résistants et les formes juvéniles moins sensibles que les adultes.

La Dieldrine a été largement utilisée dans le passé mais elle est actuellement interdite et fait partie de la convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POPs).

2.3.3. Le Propanil

Le propanil est un Herbicide du groupe des amides ayant pour formule N-dichlor 3,4-phenyl-propionamide, très employé comme désherbant des rizières, mais est également actif sur de nombreuses mono- et dicotylédones adventices des cultures.

Il est de faible persistance dans les sols. Il est modérément toxique par ingestion. La DL50 oral rat a signalé des valeurs pour propanil technique de 1080 m/kg à 2500 mg/kg. La DL50

oral propanil chien est 1217 mg/kg Le champ de demi-vie est de 1 à 3 jours. Le Propanil est soluble dans l'eau et ne s'adsorbe que faiblement aux particules du sol. Il est aussi modérément ou hautement toxique pour une vaste gamme d'espèces aquatiques. Le Propanil est rapidement dégradé dans le sol par les micro-organismes. L'activité microbienne constitue sa principale voie de décomposition dans l'eau.

2.3.4. L'atrazine

Il est un Herbicide du groupe des triazines utilisés à vaste échelle en particulier dans les cultures de maïs. L'atrazine est un composé très stable qui s'hydrolyse à pH 7. Les caractéristiques physico-chimiques dont l'ordre de grandeur est indiqué ci-dessous, influencent les risques de transfert de cette substance active vers les eaux, et le risque de pollution des eaux.

Il présente un fort impact écotoxicologique en milieu aquatique par suite de sa toxicité relativement élevée pour le phytoplancton et les algues d'eau douce. Elle peut se transformer dans l'organisme des vertébrés – **et donc de – en nitrosamine cancérigène** (Ramade, 2000). L'atrazine se dégrade lentement et peut perdurer dans le sol pendant plus d'un an. La persistance des triazines leur permet de s'accumuler dans toute une série de matrices : matières végétales, eau, terre et tissus des animaux exposés. La mobilité de la matière active est réduite par son absorption sur les particules du sol.

2.3.5. Les PCBs

Ils sont des composés organochlorés qui sont des mélanges de biphényles à divers degrés de chloration (de 4 à 8 chlores par molécules). De structure moléculaire comparable à celle du DDT et doué d'une très forte stabilité chimique, en particulier à l'échauffement, et isolante, les PCB ont été utilisés largement comme isolantes. Les PCB ont aussi été employés à vaste échelle à partir de 1924 dans de nombreuses industries. Leur stabilité chimique et leur ininflammabilité ont conduit à utiliser ces produits comme diélectriques dans les transformateurs et les condensateurs, fluides caloporteurs ou isolants. (Ramade, 2000). Ils ont été largement utilisés comme lubrifiants dans les turbines et les pompes, dans la formation des huiles de coupe pour le traitement du métal, les soudures, les adhésifs, les peintures et les papiers autocopiants sans carbone Ils se présentent sous la forme de liquides huileux ou de solides blancs ou noirs.

Les polychlorobiphényles représentent des polluants ubiquistes de l'environnement, se rencontrant même dans les eaux littorales de l'océan glacial antarctique tant en milieu pélagique que benthique. L'importance relative des différents mécanismes d'évolution dans l'environnement dépend généralement du degré de chloration. Leur forte stabilité moléculaire leur confère une persistance considérable dans l'environnement. Dans une eau de pH 8,4 leur temps de demi-vie à 20°C dépasse le siècle ! (Ramade, 2000). L'homme se contamine par l'ingestion d'animaux ou de produits d'origine animale contaminés. Les aliments les plus à risque sont le lait, les œufs et les poissons. Des facteurs de concentration de l'ordre du million ont été relevés dans les chaînes trophiques des grands lacs nord américains (Ramade, 2000). Les PCB sont en conséquence la source de très graves problèmes écotoxicologiques.

2.4. Echantillonnage des poissons

Au niveau de chaque station, les poissons ont été capturés par des pêcheurs locaux à l'aide de filets maillants et de palangres. Dans chaque station, 4 individus ont été échantillonnés.

Sur le terrain, les échantillons sont identifiés, codés, emballés dans des sachets en plastique et conservés à -18°C pendant 72h puis mis sous glace dans une glacière pour être transportés à Dakar. Arrivée à Dakar, les échantillons sont directement conservés au froid à -18°C au laboratoire du CRODT, en attendant l'extraction des otolithes et l'analyse des résidus de pesticides.

L'échantillonnage a été réalisé en novembre 2007 et en février 2008.

2.5. Mesures biométriques et pondérales

Au laboratoire, les différents paramètres biologiques suivants ont été mesurés :

- la longueur totale de l'individu (LT);
- le poids total du corps;
- le poids des gonades
- le poids des viscères
- le poids du poisson éviscéré

La taille des poissons (longueur totale) était mesurée à l'aide d'un ichtyomètre. Le poids a été mesuré au moyen d'une balance de précision électrique PAG AERLIKONI AG, Zürich, de type 300 – 9602/E d'une capacité de 6 kg et d'une précision de 1 g.

2.6. Maturité sexuelle

Le sexe et le stade sexuel ont été notés. L'échelle de Fontana (1969) a été utilisée pour la détermination des stades de maturité sexuelle. Cette échelle comprend sept stades résumés au tableau 2.

Tableau 2 : Résumé des stades macroscopiques de maturité sexuelle chez les sardinelles (Fontana, 1969)

stades I et II	période d'inactivité sexuelle
stade III	en cours de maturation
stade IV	pré-ponte
stade V	ponte
stade VI	post-ponte
stade VII	fin de la dernière ponte et involution de l'ovaire.

Le Rapport Gonado-Somatique a été calculé comme suit: $\text{RGS} = (\text{Pg}/\text{Pp}) * 100$

Où R.G.S. = rapport gonado-somatique; Pg = poids des gonades; Pp = poids total du poisson

2.7. Détermination de l'âge des poissons par les otolithes

Les otolithes ont été utilisés pour déterminer l'âge des poissons, car ils forment souvent, à l'instar d'autres parties osseuses du poisson, des anneaux annuels comparables à ceux des arbres. Ils permettent généralement de déterminer le plus précisément l'âge, en grande partie à cause de leur croissance continue durant le cycle vital des poissons et de leur nature acellulaire (signifiant qu'elles ne sont pas sujettes à la résorption). Ces caractéristiques donnent aux otolithes un avantage de taille par rapport aux écailles et à d'autres structures, en particulier chez les vieux poissons.

La détermination de l'âge s'est faite sur 11 individus dont la taille varie de 378 à 674 mm et le poids de 331 à 2825 g.

Extraction des otolithes

L'extraction des otolithes est relativement facile à effectuer surtout chez les individus adultes. Une coupe frontale passant juste au dessus des globes oculaires et se prolongeant jusqu'à l'extrémité antérieure de la nageoire dorsale est pratiquée au niveau du crâne (figure 8). La partie supérieure de ce dernier est ensuite décalottée. Une fois le cerveau dégagé, les bords supérieurs des sagittae, sont généralement visibles. Les sagittae sont alors retirées avec des pinces en plastique, nettoyées soigneusement avec de l'eau et mises dans des microtubes référencés préalablement nettoyés. Les deux otolithes extraits sont ensuite mesurés à l'aide d'un pied à coulisse.



Figure 8 : Coupe frontale de la tête de *Clarias gariepinus* pour l'extraction des otolithes
Tous les paramètres biologiques relevés autres que l'âge des 11 individus de poissons sont consignés dans le l'annexe 3.

Préparation des otolithes

La méthode préférentielle de préparation et d'interprétation des otolithes varie selon l'espèce et selon le lecteur d'âge. Généralement, l'examen microscopique des otolithes entiers (immergés dans un fluide clair) convient dans le cas d'otolithes fins, alors qu'il faut recourir à la coupe ou à la technique du brûlage/cassure dans d'autres cas. Les techniques utilisées dans le cadre de cette étude suivent le protocole qui a été proposé par la FAO dans le cadre d'une harmonisation de la lecture des otolithes de *Sardinella aurita* entre les pays de la sous région (FAO, 2002, n° 685). Chaque paire d'otolithes est fixée aussitôt après extraction sur des plaques noires avec de la résine synthétique (cEukitt). Cet ensemble, placé dans une étuve séchera au bout de 24 heures.



Clarias gariepinus BL 565 mm

Figure 9 : Otolithes de *C. gariepinus* mesurées à l'aide de pied à coulisse

Lecture d'otolithes

La lecture des otolithes s'est faite selon le guide de la FAO utilisé au laboratoire de Biologie Animale du CRODT (annexe 3). Les informations recueillies sont résumés dans le tableau 3.

2.8. Analyse des résidus de pesticides et de PCBs dans les poissons

Les deux individus les plus âgés par site ont été prélevés et conservés dans des sachets en plastique à -18°C puis transférés à l'unité environnementale de CERES/LOCUSTOX pour le dosage des résidus de pesticides et des PCBs. Ce laboratoire est certifié Bonne Pratique de Laboratoire pour le domaine 6 de reconnaissance OCDE.

2.8.1. Extraction et lecture des pesticides organochlorés (Dieldrine et Endosulfan) et des PCB

2.8.1.1. Matériel

- Toute la verrerie et le petit matériel de laboratoire (bêcher, filtres, pipette, Erlenmeyer, porte filtre, ballon...)
- Cartouche SPE silice
- Broyeur mécanique
- Balance de précision
- Homogénéisateur
- Centrifugeuse Sigma laboratory 6K 15
- Bain à ultrasons de marque SONOREX Super 10 P digital (agitateur pour détacher les molécules collées sur la paroi de l'ampoule)
- Evaporateur rotatif de marque Buchi R 200, avec des ballons d'évaporation d'une capacité de 250 ml et d'un bain-marie pouvant être contrôlé en température
- Papier filtre
- Microseringues de **1 à 10 µl**
- Ampoule à décanter d'une capacité de 250 ml
- Bain d'eau thermostaté,
- Réfrigérateur, anti-déflagrant, pour la conservation des extraits d'échantillon,
- Dispositif d'extraction type Soxhlet, comprenant : un ballon d'une capacité de 250ml, d'une chambre d'extraction d'une capacité d'environ 200ml, d'un condenseur à reflux et d'une source de chaleur
- Chromatographe à phase gazeuse (CPG) de type Agilent 6890N (avec un Agilent automatique) équipé d'un détecteur à capture d'électrons et de colonnes capillaires adaptées au dosage de ces composés (le gaz utilisé comme vecteur est l'hélium)
- Logiciel d'acquisition de données en Chemstation.

Produits réactifs et standards

- Acétate d'éthyle
- Sulfate de magnésium anhydre (MgSO₄). Le sel anhydride sert à enlever des molécules d'eau dans l'échantillon de poisson
- Les produits standards disponibles au laboratoire

- Papier filtre micro fibre de verre « whatman)
- Mélange Acétate d'éthyle + Hexane
- Mélange dichlorométhane + Hexane.
- Solution mère de dieldrine et d'endosulfan

2.8.1.2. Méthodes d'extraction et de lecture

2.8.1.2.1. Méthodes d'extraction

Le laboratoire CERES LOCUSTOX utilise la méthodologie d'extraction des pesticides organochlorés et les PCB adaptée de la norme franco-européenne NF EN 1528. C'est la méthode multi-résidus encore appelée méthode polyvalente qui permet d'analyser un nombre important de molécules à la fois.

Principe

Après extractions successives par des solvants, l'extrait concentré, séché sur sulfate de magnésium (MgSO₄), est analysé par chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur à capture d'électrons.

Etablissement des courbes d'étalonnage

A partir des solutions mères étalons, au moment de l'emploi, nous avons procédé au moins à quatre dilutions dans l'hexane de chacun des produits recherchés à des concentrations correspondant à celle de l'échantillon. Nous les avons injectés dans le chromatographe dans ces mêmes conditions que pour le mode opératoire. Nous avons ensuite procédé à deux injections par point de gamme. En fin, nous avons tracé les courbes d'étalonnage à partir de la hauteur des pics en faisant la moyenne des mesures effectuées en double.

Mode opératoire

- Peser environ 20 g d'échantillon de poisson dans le bocal
- Ajouter 4 g de sulfate de Magnésium anhydre (MgSO₄) pour désintégrer l'échantillon
- Verser 20 ml du mélange d'Acétate d'éthyle + Hexane
- Agiter pendant 5 mn jusqu'à ce que l'échantillon, le sulfate et le solvant soient bien mélangés, puis congeler à -18 °C pendant 24 à 48h
- Séparer la partie solide-aqueuse de la partie organique (solvant)
- Mesurer la phase organique et la recueillir dans une ampoule de 250 ml
- Faire évaporer pour récupérer l'huile.

Evaporation

- Allumer la pompe et la faire descendre pour plonger le ballon dans un bain marie
- Fixer la température du bain marie à 45° C et celle du réfrigérant à 9° C.
- Démarrer l'évaporateur rotatif
- Retirer le ballon du système et verser 10 ml d'Acétate d'éthyle
- Faire passer au rotator ultra sonde (ce qui va permettre aux molécules de pesticides ou PCB de se décoller de la paroi du ballon).
- Reévaporer les 5 ml pour concentrer les pesticides
- Ajouter 1 ml d'Acétate d'Ethyle

- Faire repasser le ballon au rotator ultra sonde pour décoller les pesticides sur la paroi du ballon.

Purification

Elle dure 45 mn. D'après les tests du laboratoire, les pesticides sortent entre 13 et 45mn. Donc on injecte dans la colonne et à partir de 13 mn, on commence à récupérer les pesticides. Cette récupération se poursuit jusqu'à la 45^{ème} minute.

- Laver la cartouche avec 10 ml d'un mélange acétonitrile-Acétate d'éthyle pour le conditionnement de la cartouche,
- Déposer l'extrait sur la cartouche à l'aide d'une pipette pasteur,
- Rincer le ballon avec 5ml du mélange Acétonitrile-Acétate d'éthyle,
- Changer le ballon et récupérer l'éluât avec un débit de pompe de 300 ml/heure,
- Evaporer les solvants,
- Ajouter de nouveau 5 ml d'Acétate d'Ethyle et agiter à travers la rotator ultra sonde,
- Reévaporer (pour s'assurer qu'il n'y a plus de solvant),
- Verser 1 ml d'Acétate d'aldéhyde dans le ballon et faire passer au système rotator ultra sonde pour décoller de nouveau les pesticides.

2.8.1.2.2. Méthodes de lecture par GC/ μ ECD

Elle s'est faite en chromatographie en phase gazeuse munie de colonne XLB et de détecteur à capture d'électron (ECD) Agilent. La programmation de la température étant comme suit :

Tableau 3 : Evolution de la température du chromatographe en fonction du temps

	Détecteur	Injecteur	Colonne
Température initiale	300°C	225°C	80°C
Température finale	300°C	225°C	300°C

Nota Bene :

La température de la colonne croit en fonction du temps à une vitesse de 10°C/min

Le gaz utilisé comme vecteur est l'hélium.

Les courbes d'étalonnage établies ont permis de connaître le temps de rétention de chaque produit dans la colonne. Ce qui va se matérialiser par un pic. Ces expériences ont permis de connaître les différents standards avec des pics différents.

Nous avons ensuite introduit les extraits de l'échantillon et en fonction de leur affinité avec la colonne, nous avons procédé à l'identification des pesticides organochlorés (Dieldrine et Endosulfan) et des PCB. Les analyses effectuées à intervalles de temps différents sur les six échantillons de Clarias garipepinus prélevés dans le lac de Guiers (Temeye Toucouleur, Bountou Back, Guidick) en novembre 2007 et février 2008, ont permis d'obtenir les temps de rétention des différents pesticides étudiés (endosulfan, dieldrine) et PCB leurs aires respectives. Les temps sont automatiquement affichés au sommet des pics par l'appareil pour chaque pesticide et pour chaque PCB. Chaque chromatogramme a un profil différent, reflétant ainsi la variété des matrices, des phases et des procédés d'extractions (annexe 5). Ces chromatogrammes ont permis l'identification des molécules et la détermination des résultats d'analyse des échantillons de Clarias. La teneur en résidus de pesticides et PCB dans les échantillons analysés sont consignés dans les tableaux 6 à 7.

Après identification des différentes molécules de pesticides organochlorés et PCB, on procède à la méthode de calcul pour évaluer les teneurs en résidus de pesticides. Connaissant la concentration des standards et les aires des standards (à travers les chromatographies), on arrive à déduire la concentration des résidus (annexe 6) présents dans les extraits de poisson par la relation :

$$C_{\text{extrait}} = \text{Aire (extrait)} \times C_{\text{standard}} / \text{Aire (standard)}$$

Avec C = concentration

On parvient à déterminer les teneurs de chaque résidu de pesticides ou de PCB en présence en appliquant la formule.

$$A = (C \times R \times D) / M_p$$

Avec :

A = teneur du résidu dans l'échantillon de poisson

D = dilution = V_r/V_{ex}

R = récupération = environ ml

C = concentration extrait

M_p = masse de l'échantillon

2.8.2. Extraction et lecture des herbicides : Propanil et Atrazine

2.8.2.1. Matériel

- Le même matériel d'extraction des OCP est utilisé pour extraire les herbicides
- chromatographie en phase gazeuse équipée d'un détecteur à capture d'électrons couplée à un spectromètre de masse et de colonnes adaptées,
- logiciel d'acquisition de données : Star Ms en workstation

Produits réactifs

- Acétate d'éthyle
- Sulfate de magnésium anhydre ($MgSO_4$). Le sel anhydride sert à enlever des molécules d'eau dans l'échantillon de poisson,
- Les produits standards disponibles au laboratoire,
- Papier filtre micro fibre de verre « whatman),
- Mélange Acétate d'éthyle + Hexane,
- Mélange dichlorométhane + Hexane,
- Solutions mères à étalon d'atrazine et de propanil d'environ 200ppm conservées en flacons bien bouchés, à 4 °C, cette solution est stable 18 mois
- Solution fille étalon d'atrazine et de propanil à 10 mg/l.....

2.8.2.2. Méthodes d'extraction et de lecture

2.8.2.2.1. Méthodes d'extraction

Le même protocole d'extraction des pesticides organochlorés (dieldrine et endosulfan) et PCB, est utilisé pour extraire le propanil et l'atrazine.

Principe

Après extraction par solvant, l'Atrazine et le Propanil sont séparés des autres molécules par chromatographie gazeuse et détectée par un détecteur thermographique. Des résultats positifs entraînent la nécessité de procéder à une confirmation soit au moyen de deux colonnes capillaires ou de deux détecteurs, soit par couplage chromatographie en phase gazeuse, spectromètre de masse ou par des méthodes aussi performantes.

En présence d'une interférence, une chromatographie d'absorption est nécessaire pour éliminer au moins les interférences agissant sur la chromatographie gazeuse.

Etablissement de la courbe étalonnage

A partir de la solution fille étalon à 10mg/l, nous avons préparé une série de dilutions 1 mg/l, 0,1 mg/l, 0,01 mg/l, 0,001 mg/l ..., dans le dichlorométhane de manière à obtenir une gamme couvrant celle des échantillons analysés. Nous les avons chromatographiés comme dans le mode opératoire et nous avons tracé la courbe d'étalonnage en tenant compte de la valeur du témoin constitué par du dichlorométhane. Les courbes d'étalonnage sont tracées à partir de la hauteur des pics et les rendements sont vérifiés en faisant subir aux solutions les mêmes manipulations qu'aux échantillons. A partir de ces courbes nous allons déterminer directement les concentrations correspondant aux temps de rétention de chaque molécule identifiée.

Mode opératoire

- Extraction

Nous avons introduit dans un flacon à décanter environ 20g d'échantillon de poisson à analyser, 20 ml de mélange hexane-acétate d'éthyle et 4g de sulfate de magnésium anhydre. Nous avons ensuite agité le flacon pendant au moins 5 mn et nous l'avons laissé décanter à -18° C pendant 24h à 48h.

La phase organique a été recueillie dans une ampoule 250 ml et évaporée sous vide à 45° C et on obtient de l'huile de quantité variable dépendant de l'échantillon.

- Purification

Elle dure 45 mn et suit la même procédure que celle décrite en 2.8.1.

L'éluat retenu est évaporé à sec et les résidus de propanil et de d'atrazine récupérés dans 2ml sont analysés par chromatographie.

2.8.2.2. Méthodes de lecture par GC/ MS

La lecture de l'atrazine et du propanil s'est faite en chromatographie en phase gazeuse couplé d'un spectromètre de masse et de colonnes adaptées de type HP5ms, Varian 1200. Dans ce cas aussi, le gaz utilisé est l'hélium. La lecture devait se matérialiser pour chaque produit par un seul pic représentant la molécule en question. Au GC/MS, la lecture était négative pour ces échantillons de Clarias. De ce fait, seuls les pesticides organochlorés et les PCB ont été pris en compte pour le calcul des teneurs de résidus.

2.9. Analyse des résidus de pesticides organochlorés dans l'eau

2.9.1. Matériel

- Evaporateur rotatif de marque Buchi R 200, avec des ballons d'évaporation d'une capacité de 250 ml et d'un bain-marie pouvant être contrôlé en température,
- Bain d'eau thermostaté,
- Bain à ultrasons de marque SONOREX Super 10 P digital (agitateur pour détacher les molécules collées sur la paroi de l'ampoule),
- Ampoule à décanter de 500 ml,
- Ballon de récupération de 250 ml,
- Chromatographe à phase gazeuse (CPG) de type Agilent 6890N (avec un Agilent automatique) équipé d'un détecteur à capture d'électrons et de colonnes capillaires adaptées au dosage de ces composés (le gaz utilisé comme vecteur est l'hélium)
- Logiciel d'acquisition de données en Chemstation.

Produits

- Solution de dichlorométhane,
- Solution d'acétonitrile,
- Acétate d'éthyle,
- Eau distillée,
- Verre de laine,
- MgSO₄,
- Les produits standards de dieldrine et d'endosulfan.

2.9.2. Méthode d'extraction et de lecture

2.9.2.1. Méthode d'extraction

Elle a été introduite dans le but de comparer les résultats obtenus dans les poissons avec les niveaux de contamination des différentes sources de contamination mais surtout de voir le facteur de concentration entre le poisson et son milieu de vie.

Echantillonnage

L'échantillonnage a eu lieu le 08 juin 2008 dans trois points : Temeye au niveau du drainage et du lac (à 25 m de la rive) à 11h du matin et au canal d'évacuation des eaux usées de la CSS à une distance de deux km de l'usine de transformation de la canne à sucre, à 19h. Ce canal principal conduit aussi bien les eaux usées de l'usine que les eaux des casiers de canne sucre situés dans cette zone jusqu'au pompage de Bountou Back. Ce canal a été choisi pour mieux orienter la recherche sur l'originalité des PCB indicateurs d'origines industriels. Par contre, le canal de Temeye nous permet de mettre en évidence les OCP retrouvés dans les poissons. La prise d'eau a été faite sur la colonne d'eau du bas vers le haut dans des bouteilles en verre d'un litre, transportées au laboratoire CERES/LOCUSTOX puis conservées à 4°C pendant 48h.

Extraction des OC et PCB

Dans une ampoule à décanter de 500 ml, on verse 250 ml d'échantillon d'eau, 75 ml du dichlorométhane. On agite pendant 5mn à la main et on laisse décanter. On récupère la phase organique dans un ballon de 250 ml surmonté d'un entonnoir contenant de la laine de verre (jouant le rôle de filtre) et du sulfate de magnésium. Le sulfate de magnésium fixe l'eau, ce qui facilite la séparation solvant (contenant les pesticides)/eau. On reprend l'opération trois fois avec 75 ml de dichlorométhane.

Après évaporation, on ajoute 5ml de d'acétate d'éthyle et on secoue à l'ultra son. On récupère ensuite 2ml pour la lecture des organochlorés et des PCB.

2.9.2.2. La lecture

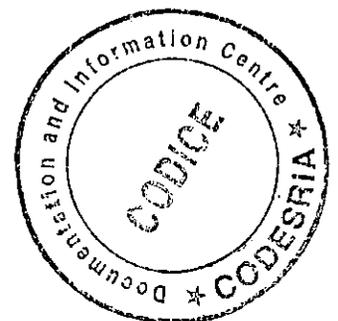
C'est le même procédé de lecture utilisé pour les OCP et les PCB dans les échantillons de poissons. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 8.

2.10. Paramètres physico-chimiques de l'eau

Toute évaluation de l'impact de pesticides implique la connaissance des paramètres environnementaux. Les paramètres analysés sont la température et le Ph. Ils sont été pris dans les trois sites d'échantillonnage de Clarias (Temeye, Bountou Back et Guidick). Les mesures de pH et de températures ont été réalisées pendant les missions d'échantillonnages sur le terrain. Au début de chaque mesure, le PH-mètre est calibré grâce à des solutions tampon de pH 7,00 et 10,00 car le milieu a un pH légèrement basique. Sur chaque site et pour chaque paramètre, deux mesures ont été prises.

Le pH et la température de l'eau ont été mesurés in situ à l'aide d'un pH-mètre portatif de type HANNA HI 8314, équipé d'une sonde à électrode pH combiné à une sonde de température intégrée, précis à 0,4 pour la température et 0,01 pour le Ph.

En dehors de ces 3 sites, on a échantillonné sur quatre points d'eau pour mieux voir l'évolution de ces paramètres suivant le degré de pollution. Ces points sont les canaux de drainages et d'irrigation de Temeye et de Bountou Back.



CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

3.1. Résultats

3.1.1. Températures et pH de l'eau

Les températures moyennes enregistrées variaient entre 18,58°C et 25,15°C. Les températures les plus élevées ont été relevées à Guidick, alors que les températures minimales ont été enregistrées dans les canaux de drainage de Bountou Back.

Les valeurs de pH enregistrées sont du même ordre de grandeur dans le lac que dans les canaux de drainage et d'irrigation. Elles variaient entre 6,50 et 8,08. C'est au canal de drainage de Bountou Back que les valeurs de pH et de température les plus faibles ont été enregistrées. Ces valeurs envoient celles enregistrées au lac à Bountou Back.

Tableau 4 : Evolution de la température et du pH de l'eau dans les différents sites

Sites	Température			pH		
	T1	T2	Tmoy	pH1	pH2	Pmoy
Temeye	22,45	22,60	22,57	7,57	7,65	7,61
Bountou Back	19,40	19,5	19,45	7,64	8,08	7,86
Guidick	24,85	25,45	25,15	7,57	7,64	7,60
CI1	22,00	22,20	22,10	7,92	7,79	7,85
CI2	22,00	22,10	22,05	7,78	7,80	7,79
CD1	18,17	19,00	18,58	6,50	7,78	7,14
CD2	20,90	20,80	20,85	7,84	7,86	7,85

CD1 Canal drainage Bountou Back ; CD2 Canal drainage Temeye 2

CI1 Canal drainage Bountou Back ; CI2 Canal d'irrigation Temeye

3.1.2. Paramètres biologiques

La majorité des poissons étudiés ont une longueur totale supérieure à 500 mm. Les individus capturés dans le site de Temeye ont des longueurs totales comprises entre 378 – 565 mm, tandis que la majorité des individus provenant des sites de Guidick et de Bountou Back ont des longueurs totales qui varient de 500 à 676 mm.

Tableau 5 : Longeurs totales (LT) , Poids (PT, PV et PEV), Rapport gonado-somatique (RGS) et Ages des individus de Clarias en fonction des sites en novembre 2007 et février 2008

PT : Poids total; PV : Poids des viscères; PEV : Poids du poisson éviscéré; PG : Poids des gonades;

Lieu	LT(mm)	PT (g)	RGS (%)	Age (ans)
Temeye	378	331	1,208	2
Temeye	565	1469	0,136	3
Temeye	559	1500	0,667	2
Temeye	461	795	0,126	2
Guidick	616	1916	0,104	3
Guidick	525	1100	0,909	1
Guidick	565	1340	0,075	2
Bountou Back	674	2825	0,177	3
Bountou Back	520	1085	0,092	2
Bountou Back	527	1030	0,097	2
Bountou Back	430	658	Nd	1

nd : non déterminé

L'analyse de l'évolution de la maturité sexuelle chez les femelles de Clarias rencontrées met en évidence une prédominance du stade VII ; poissons qui ont complètement fini de pondre. Un seul individu femelle était mature (stade IV). Les mâles étaient encore immatures (stade I –II). Le sexe ratio est de 6 mâles pour 4 femelles ; il a été calculé sur 10 individus, le onzième étant indéterminé.

L'âge moyen des 11 individus était compris entre 2 et 3 ans. Cela montre que l'étude a été réalisée sur une population jeune. Les trois poissons les plus âgés avaient trois ans et correspondaient à ceux pêchés à Temeye (565 mm et 1469 g) et à Guidick (616 mm et 1916g) en novembre 2007, Bountou Back (675 mm et 2825 g) en février 2008. L'analyse du rapport taille/ poids montre qu'à Guidick, le poids évoluait en fonction de la taille tandis que qu'à Bountou Back et Temeye ceci n'a pas pu être démontré (figure 10).

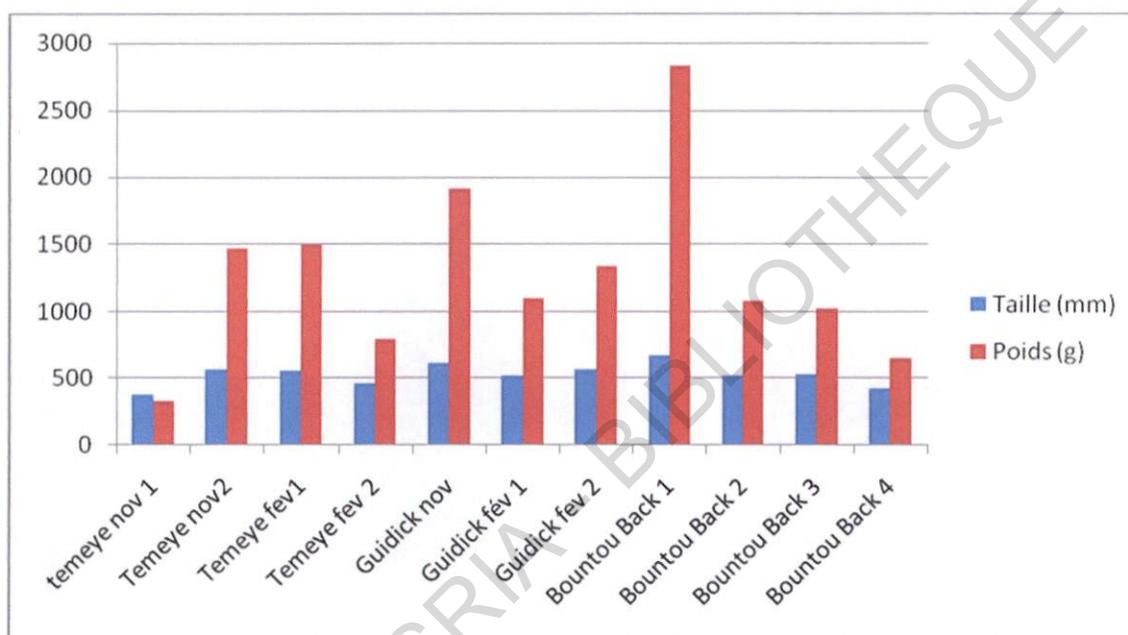


Figure 10 : Variation du poids et de la taille chez Clarias en fonction des sites et des mois

3.1.3. Teneurs en résidus de pesticides et PCB dans les poissons

Les résultats des analyses de résidus de pesticides effectués au laboratoire figurent dans les tableaux 6 et 7.

3.1.3.1. Endosulfan et Dieldrine

Les analyses ont montré que tous les individus étudiés ont été contaminés par l'endosulfan et la dieldrine et que les niveaux de contamination varient selon les sites et les molécules.

Les teneurs en endosulfan sont plus élevées que celles en dieldrine au niveau de tous les sites. Les concentrations de résidus d'endosulfan varient entre 0,140 et 0,172 mg.kg⁻¹ et celles en dieldrine entre 0,070 et 0,127 mg.kg⁻¹.

Les échantillons de Temeye en novembre renferment les concentrations les plus élevées en dieldrine, alors que les concentrations les plus élevées en endosulfan sont enregistrées au niveau des poissons de Bountou Back en février et de Temeye en novembre. Les valeurs d'endosulfan les plus faibles sont relevées à Guidick, tandis que celles en dieldrine sont enregistrées à Temeye en février.

Tableau 6 : Teneurs en Dieldrine et endosulfan (en mg.kg⁻¹) de *Clarias gariepinus* en fonction des sites et des périodes de prélèvement

Sites	Dieldrine	Endosulfan	Total
Temeye novembre	0,127	0,163	0,290
Temeye fevrier	0,070	0,149	0,219
Guidick novembre	0,082	0,140	0,222
Guidick fevrier	0,081	0,143	0,224
Bountou Back fevrier 1	0,081	0,145	0,226
Bountou Back fevrier 2	0,077	0,172	0,249

1 : les résultats ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse

*: 0,005 est la limite quantification GC/μECD

3.1.3.2. Les PCBs

Des résidus de PCB indicateurs totaux (153, 52, 101, 138, 187, 118 et 180) ont été décelés dans des échantillons de poissons étudiés, mais à de faibles quantités (tableau 7). Les valeurs enregistrées variaient de 0,006 à 0,999 mg.kg⁻¹ de poids frais. La concentration totale la plus élevée a été relevée à Temeye en novembre, alors que la plus faible a été enregistrée au niveau de ce site en février et seuls les PCB 101 et PCB 187 ont été détectés dans les échantillons. A Guidick, tous les PCB recherchés, à l'exception du PCB 52 ont été retrouvés dans les échantillons prélevés en février, alors qu'en novembre seul le PCB 52 a été décelé. Des résidus des sept PCBs recherchés ont été détectés dans les échantillons prélevés au niveau de Bountou Back en février 2008 avec des valeurs allant de 0,054 (PCB 153) à 0,136 (PCB52).

Tableau 7 : Teneurs en PCBs (en mg.kg⁻¹) de *Clarias gariepinus* en fonction des sites et des périodes de prélèvements

Sites	PCB 153	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 187	PCB 118	PCB 180	Total
Temeye nove	0,423	0,111	0,052	0,228	0,114	0,071	<0,005	0,999
Temeye fev	<0,005	<0,005	0,0176	<0,005	0,0054	<0,005	<0,005	0,023
Guidick nov	<0,005	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,006
Guidick fev	0,047	<0,005	0,093	0,110	0,062	0,125	0,045	0,482
Bountou Back fev 1	<0,005	0,069	0,110	0,052	0,022	<0,005	0,013	0,266
Bountou Back fev 2	0,054	0,136	0,042	0,052	0,034	0,031	0,064	0,413

1 : les résultats ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse

* : 0,005 est la limite quantification GC/μECD

Le diagramme de la fréquence (figure11) des différents PCB montre que les PCB 138 et 153 sont les plus fréquents dans l'ensemble des sites avec 20,2 % et 23,94 % pour les PCB 138 et 153 tandis que le PCB 180 a une fréquence de positivité très faible au lac.

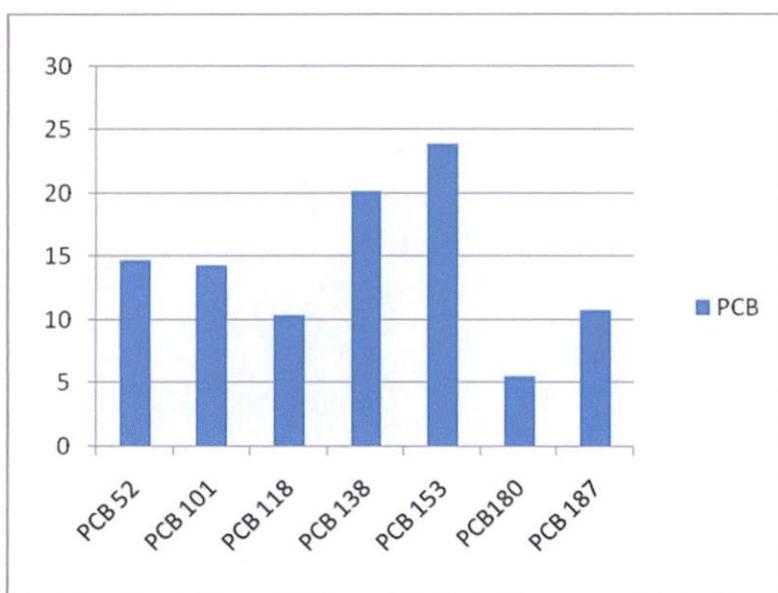


Figure 11 : Fréquence des différents types de PCBs indicateurs dans *C. gariepinus* Dans les différents sites en novembre 2007 et février 2008

3.1.3.3. Atrazine et Propanil

Les analyses effectuées n'ont pas mis en évidence la présence d'Atrazine et de Propanil dans les poissons étudiés (tableau 8).

Tableau 8 : Teneurs en Atrazine et Propanil (en mg.kg^{-1}) des échantillons en fonction des sites et des périodes de prélèvement

Sites	Atrazine	Propanil
Temeye novembre	0	0
Temeye février	0	0
Guidick novembre	0	0
Guidick février	0	0
Bountou Back février 1	0	0
Bountou Back février 2	0	0

** :0 = Non retrouvé au GC/ MS

La figure 12 résume les teneurs retrouvés séparément d'endosulfan et de dieldrine dans chaque échantillon de Clarias ainsi que les valeurs des OCP et PCB totaux. Elle confirme que la contamination de Clarias Temeye novembre est plus importante aussi bien en OCP totaux qu'en PCB totaux.

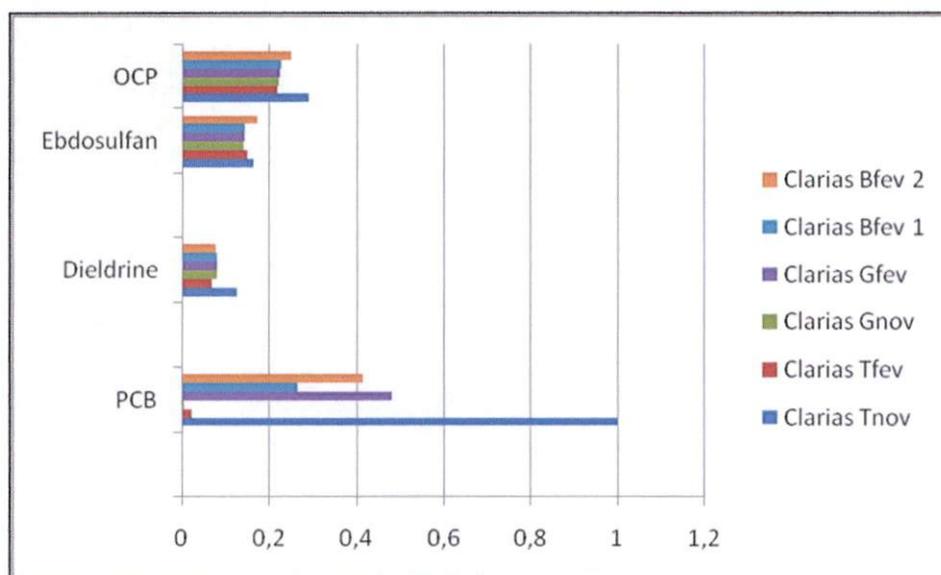


Figure 12 : Teneurs en contaminants en mg.kg-1 de poids du corps dans Clarias gariepinus du lac de Guiers

3.1.4. Résidus de pesticides organochlorés dans les échantillons d'eau

Les analyses réalisées ont montré la présence des molécules d'endosulfan et de dieldrine dans des échantillons d'eau prélevés dans le lac de Guiers et dans les canaux (tableau 9). Les teneurs en endosulfan sont plus élevées que celles de la Dieldrine. L'endosulfan a été régulièrement décelé dans tous les échantillons d'eau. Les teneurs les plus élevées ont été détectées dans les échantillons du canal de drainage de la CSS à Temeye et s'élèvent respectivement à 0,0005712 $\mu\text{g/l}$ pour la dieldrine et à 0,0018464 $\mu\text{g/l}$ pour l'endosulfan.

Tableau 9: Teneurs en résidus de pesticides organochlorés ($\mu\text{g.l}^{-1}$) dans l'eau du lac et les canaux de drainage

lieux	Dieldrine	Endosulfan	Total
Drainage CSS Temeye	0,0005712	0,0018464	0,0024176
Lac Temeye	0,000156	0,001928	0,002084
Drainage usine CSS	0,000	0,000398	0,000398

3.1.5. Relations entre teneurs en polluants et Paramètres biologiques

La figure 13 confirme l'homogénéité de la taille des *C. gariepinus* qui est elle aussi liée à l'homogénéité de l'âge des individus. Elle nous apprend que le poids des individus augmente avec l'âge et que la teneur en résidus est beaucoup plus liée à l'âge qu'au poids. Cependant le faible poids de Clarias Temeye novembre (âgé de 3ans) par rapport aux autres peut être expliqué par la forte concentration en PCB retrouvé dans cet individu. Nos observations sont en phase avec les conclusions de MBodj en 2006.

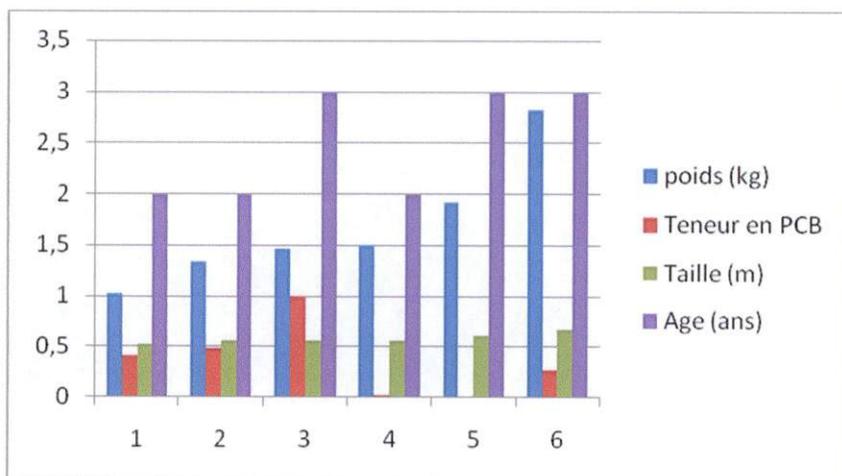


Figure 13 : Variation du poids, de la taille, de l'âge et des teneurs en PCBs dans *Clarias gariepinus* du lac de Guiers

3.2. Discussion

3.2.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau

La température de l'eau du lac a varié considérablement en fonction des sites et des heures de prises. Cette évolution de la température en fonction du temps est fortement liée à la température de l'air environnant, mais aussi de la dynamique et à la profondeur de l'eau au point de mesure de température de l'eau. Avec les températures hautes (25 °C par exemple à Guidick), les poissons souffrent plus de stress dans les eaux peu profondes : la respiration s'accélère, les niveaux d'oxygène dissous sont bas et la toxicité de pesticides augmente. Cette variation de température va avoir une influence sur la distribution, le comportement et l'activité des biotes et des pesticides.

Le pH est un variable qui peut affecter la survie des œufs et des alevins lorsqu'il est trop acide ou trop alcalin. Le pH de l'eau par contre a varié peu car la dynamique de l'eau dans certaine partie du lac a réduit l'activité photosynthétique qui pouvait diminuer les quantités d'oxyde de carbonate dans l'eau et modifier l'équilibre carbone-bicarbonate. La faible acidité du CD1 peut être expliquée par les produits chimiques existants dans les canaux de drainage. Pour les études écotoxicologiques, le pH et la température de l'eau influencent la toxicité des pesticides et leur taux de dégradation.

3.2.2. Teneurs en résidus de pesticides et PCBs dans *Clarias gariepinus* du lac de Guiers

• Pesticides organochlorés (endosulfan et dieldrine) et PCB

L'étude a révélé la présence de la dieldrine dans tous les échantillons de poissons analysés, un pesticide pourtant interdit d'utilisation par la convention de Stockholm sur les POPs qui a été ratifiée par le Sénégal en 2003. La présence dans les échantillons de ce produit actuellement interdit d'utilisation peut être due au fait que la dieldrine est réputée être une substance très persistante dans l'environnement. Mais elle pourrait être également expliquée par une utilisation frauduleuse de stocks de pesticides obsolètes qui se trouvent dans le pays. Les pesticides obsolètes sont des pesticides qui ne sont plus utilisés parce qu'ils ont été interdits, parce qu'ils se sont détériorés, parce qu'ils ont dépassé leur date de péremption ou parce qu'ils ne peuvent plus être utilisés pour une raison quelconque. Selon la FAO, au moins 50 000 tonnes de pesticides obsolètes et des dizaines de milliers de pesticides se trouvent en Afrique. Au Sénégal, des inventaires réalisés par la FAO et la DPV en 2002 ont révélé la

présence de 44 m³ de sols pollués, 86 712 litres de pesticides liquides (dont plus de 20 000 litres de dieldrine) et 102 504 litres de pesticides solides (PAN Africa, 2003). Ces stocks ont été enlevés et envoyés en Allemagne. La présence de la dieldrine dans les échantillons pose avec acuité la question de la gestion des stocks de pesticides obsolètes. Les stocks de pesticides obsolètes sont pillés et vendus aux producteurs, des gens qui le plus souvent ignorent les dangers liés à l'utilisation de ces produits.

Au Sénégal, des stocks de pesticides obsolètes ont souvent fait l'objet de pillage et d'utilisation frauduleuse dans le passé. Selon une étude réalisée par PAN Africa (2003), des stocks obsolètes de dieldrine gardés dans des dépôts à Saint-Louis et à Richard-Toll auraient été vendus aux « Banas-Banas ». L'étude indique également qu'en 2002, plusieurs milliers de litres de dieldrine extraits d'un dépôt de l'ex Base de l'OCLALAV à Rufisque et stockés dans deux cuves métalliques ont mystérieusement disparus.

L'endosulfan est encore utilisé dans la zone soit sous le même nom commercial, soit sous un autre nom commercial.

L'endosulfan a été interdit ou sévèrement réglementé dans plusieurs pays dans le monde du fait de ses impacts sur l'environnement et la santé humaine. L'Union Européenne a proposé l'inscription de l'endosulfan sur l'annexe 3 de la Convention de Stockholm sur les POPs. A cause de ses impacts sur l'environnement et sur la santé, l'endosulfan avait été volontairement retiré de la production cotonnière en Afrique de l'Ouest avant les années 1980 et remplacé par les pyréthriinoïdes. Mais il a été réintroduit dans les années 90, pour pallier à l'apparition de résistances aux pyréthriinoïdes chez les ravageurs du cotonnier. Le Comité Sahélien des Pesticides (CSP) a décidé le retrait de l'autorisation de toute préparation phytosanitaire contenant de l'endosulfan dans les Etats membres du CILSS (Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel). La Décision N° 0691 /MAE du 13 novembre 2007 qui interdit la distribution de l'Endosulfan à partir du 13 novembre 2007 et son utilisation au 31 décembre 2008, s'applique à l'ensemble des 9 Etats membres du CILSS, dont le Sénégal. Le Sénégal a notifié au Secrétariat de la Convention de Rotterdam, l'interdiction de l'Endosulfan sur son territoire.

L'analyse spatiale des teneurs en pesticides organochlorés accumulés par les Clarias du lac de Guiers montrent que c'est le site de Temeye qui abrite les concentrations moyennes les plus élevées en OCP (0,127 mg.kg⁻¹) suivi de Bountou Back (0,118) alors que les teneurs les plus faibles sont enregistrées au niveau de Clarias de Guidick (0,111 mg.kg⁻¹). Cette différence est due à la proximité de ces sites (Temeye et Bountou Back) par rapport aux points de rejets agricoles et industriels, mais aussi du canal d'évacuation des eaux des plantations (Bardial) de la CSS sur la Taoué à quelque km de Temeye. Les faibles teneurs enregistrées au niveau de Guidick peuvent être expliquées par le fait que ce site, se trouve à l'abri de tous les rejets et est soumis aux jeux des vents, ce qui semble perturber le piégeage des pesticides par les Clarias.

La dieldrine, l'endosulfan et les PCBs totaux sont les substances les plus fréquentes dans les échantillons de poissons analysés. Cependant, les fréquences de positivité les plus élevées sont obtenues avec les PCBs 101 et 187, qui sont détectables dans tous les échantillons sauf ceux de Guidick en novembre. Ces résultats sont en phase avec les conclusions d'Alzieu Claude (www.ifremer.fr/envlit) sur la prédominance des composés les plus hydrophobes (CB153, CB138, CB180). Des concentrations très élevées, soit de l'ordre de 10 g.kg⁻¹ pour le CB153, ont été mesurées dans les sédiments superficiels de l'estuaire d'une rivière polluée par une usine de production de PCBs. Cette prédominance est liée au degré de chloration intervenant dans la persistance de la substance.

Il est intéressant de remarquer que les teneurs en PCBs sont supérieures à celles des OPC, dans tous les prélèvements sauf sur celui de Guidick novembre, probablement en raison d'une influence très marquée des rejets industriels dans cette zone du lac.

La plus importante contamination aussi bien en OCP totaux qu'en PCBs totaux de Clarias Temeye novembre peut être expliquée par la proximité avec les points de rejets. Elle peut être expliquée par la semi sédentarité et l'alimentation des Clarias.

La comparaison des concentrations en résidus de dieldrine, endosulfan et PCBs dans les poissons du lac de Guiers avec celles mesurées dans d'autres milieux aquatiques montre que le niveau de contamination est relativement bas. En Afrique au sud du Sahara, les rares informations disponibles reposent en grande partie sur des études qui ont été effectuées depuis la fin des années 70 - 80 (rapport du groupe de travail de la FAO, 1994).

La contamination de l'environnement du lac Guiers par les résidus de pesticides est très peu étudiée. Une étude réalisée par MULLIE et al (1989) sur la pollution du lac de Guiers, révèle la présence de résidus de dieldrine, avec des teneurs de $0,12 \text{ mg.kg}^{-1}$ de poids sec (soit $0,04 \text{ mg.kg}^{-1}$ de poids frais) chez Tilapia et $1,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ dans les foies d'oiseaux piscivores. Diop (2002) a trouvé chez des poissons capturés au niveau de la Taoué des résidus de PCB (138 et 153) à des concentrations de $0,008 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PCB138) et $0,014 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PCB 150) chez *Alestes*, $0,013 \text{ mg.kg}^{-1}$ pour *Dentex senegalensis* (PCB 153) et $0,059 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PCB 153) chez *Parachana obscura*.

Greichus et al. (1978a) ont détecté et quantifié des hydrocarbures chlorés, notamment des PCBs, dans différents compartiments écologiques du lac Mcllwaine (Zimbabwe). Ils ont noté que les teneurs en PCBs étaient beaucoup plus élevées dans les poissons que dans les sédiments et l'eau. Les concentrations de PCBs relevées étaient inférieures à $1,000 \text{ mg.l}^{-1}$ dans l'eau et s'élevaient à $0,120 \text{ mg.kg}^{-1}$ en poids sec dans les sédiments et $1,200 - 2,300 \text{ mg.kg}^{-1}$ en poids sec dans les poissons.

Munga (1985) a analysé les résidus d'endosulfan et de DDT dans des poissons provenant de la rivière Tana, où des pesticides ont été utilisés pour lutter contre les parasites du coton et du maïs. Sur les quatre espèces étudiées, *Clarias mossambicus* (= *C. gariepinus*), espèce qui se nourrit sur le fond, présentait la plus forte concentration moyenne de résidus dans le tissu musculaire, à savoir $0,400 \text{ mg.kg}^{-1}$ en poids frais pour le DDT total et $0,110 \text{ mg.kg}^{-1}$ en poids frais pour l'endosulfan. La concentration des résidus dans les poissons était inversement proportionnelle à la distance du point d'échantillonnage par rapport aux champs de coton. Cette étude vient confirmer les résultats obtenus au lac qui stipulent que les échantillons de Temeye et Bountou sont plus pollués car plus proches des points de rejets avec des valeurs proches en endosulfan trouvées au lac de Guiers.

Une étude menée par l'OBEPAB dans les zones de production de coton du Bénin central a révélé la présence de résidus de pesticides dans les espèces animales aquatiques dans les rivières de Dridji. En effet, le pp'-DDE et l'endosulfan alpha à des concentrations de $0,403 \text{ mg.kg}^{-1}$ et $0,075 \text{ mg.kg}^{-1}$ ont été trouvés chez plusieurs espèces dont *Clarias gariepinus* (PAN Africa, 2008).

La comparaison est plus délicate avec les études européennes, puis qu'à l'incertitude provenant de la méthode utilisée pour estimer la teneur en PCBs totaux, s'ajoute la variabilité liée à la différence d'espèces sur lesquelles nous avons travaillé. Les informations présentées ici sont recueillies à partir de la synthèse bibliographique faite par Cemagref en 2006.

Corvi, Zimmerli et al., ont trouvé en 2005, des teneurs en PCBs de $0,221 \text{ mg.kg}^{-1}$ de poids frais dans les ombles Chevaliers (poids du corps 50 à 70 g) du Léman (France) du fait de leur

mode d'alimentation qui les expose à des PCBs déposés de longue date dans les sédiments de fond via les larves Chironomes, et de leur forte teneur en lipide. Cette moyenne est comparable avec la moyenne obtenue au lac de Guiers ($0,364 \text{ mg.kg}^{-1}$ de poids frais) mais avec des poids beaucoup plus élevées.

Dans cette partie de la vallée, les rejets d'eaux industrielles et agricoles se sont considérablement amplifiés au cours de cette dernière décennie avec l'aménagement de nouvelles terres à la hauteur de Temeye et à Bardial (à la hauteur de Ndombo/Thiago). La mise en place d'une nouvelle filière de production d'alcool pour le biocarburant à Richard-Toll va encore accentuer la pollution industrielle du lac. La contamination par les PCBs va continuer à exercer ses effets écotoxicologiques, pendant quelques années encore. De ce fait le phénomène de bioamplification va se manifester pour ces substances très persistantes mais aussi pour toutes les autres familles chimiques de polluants persistants. En effet, l'analyse a révélé aussi la présence d'autres molécules d'OCP tels que : la DDT, l'heptachlore, le lindane, l'endrine...

La comparaison est plus délicate avec les études européennes, puis qu'à l'incertitude provenant de la méthode utilisée pour estimer la teneur en PCB totaux, s'ajoute la variabilité liée à la différence d'espèces sur lesquelles nous avons travaillé. Mais l'objectif essentiel ici c'est de voir la moyenne des teneurs observées quel que soit l'espèce. Les informations sont recueillies à partir de la synthèse bibliographique faite par Cemagref en 2006. Corvi, Zimmerli et al., ont trouvé en 2005, des teneurs en PCB de $0,221 \text{ mg.kg}^{-1}$ de poids frais dans les ombles Chevaliers (poids du corps 50 à 70 g) du Léman (France) du fait de leur mode d'alimentation qui les expose à des PCB déposés de longue date dans les sédiments de fond via les larves Chironomes, et de leur forte teneur en lipide. Cette moyenne est comparable avec la moyenne obtenue au lac de Guiers ($0,364 \text{ mg.kg}^{-1}$ de poids frais) mais avec des poids beaucoup plus élevées.

Le niveau de contamination de *Clarias gariepinus* est trop en bas en comparaison avec les données recueillies par Benbakhta bouchaid et al, 2007. Les teneurs moyennes du DDT total détectées chez *Mugil cephalus* qui étaient de $0,703 \text{ mg.kg}^{-1}$ au Golf du Naple, Italie ; de $0,388 \text{ mg.kg}^{-1}$ à Embro delta, Espagne Mono, Deavaud et al., en 1988 (INRA-ENV) quant à eux ont décelé à Rhône des teneurs de $6,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ de PCBs dans la matière grasse des Hombres âgés de 3 à 4 ans et de poids 357 g.

Dans cette partie de la vallée, les rejets d'eaux industrielles et agricoles se sont considérablement amplifiés au cours de cette dernière décennie avec l'aménagement de nouvelles terres à la hauteur de Temeye et à Bardial (à la hauteur de Ndombo). La mise en place d'une nouvelle filière de production d'alcool pour le biocarburant à Richard-Toll va encore accentuer cette pollution du lac. La contamination par les PCB va continuer à exercer ses effets écotoxicologiques, pendant quelques années encore. De ce fait le phénomène de bioamplification va se manifester pour ces substances très persistantes mais aussi pour toutes les autres familles chimiques de polluants persistants. En effet, l'analyse a révélé la présence d'autres molécules d'OCP tels que : la DDT, l'heptachlore, le lindane, l'endrine...

• Pesticides herbicides : atrazine et propanil

Les herbicides ne sont pas décelés dans les échantillons de poissons analysés. Cette absence de contamination par ces composés peut être due à leurs caractères physicochimiques. En effet, les herbicides sont plus solubles dans l'eau et ils présentent un caractère moins lipophile

que les OCP et les PCBs par conséquent ils s'accumulent moins dans les organismes aquatiques. Les analyses effectuées par la DGPRE en 1999 dans le cadre du projet sectoriel ont révélé la présence de résidus de pesticides tels que l'atrazine principalement dans les masses d'eau avec des valeurs basses (atrazine : $0,019 \mu\text{g.l}^{-1}$) par rapport à la LMA par l'OMS ($2 \mu\text{g.l}^{-1}$) alors que dans les sédiments, le propanil et la dieldrine ont été décelés à Temeye. Les teneurs relevées s'élevaient à $0,002 \text{ mg.kg}^{-1}$ pour la dieldrine et de $0,048 \text{ mg.kg}^{-1}$ pour le propanil. Cependant ces deux herbicides ne sont pas retrouvés dans nos analyses. Ceci peut être expliqué par leur biodégradation dans l'organisme vivant. Leur absence se justifie également par le choix de l'espèce. La recherche de ces deux molécules (atrazine et propanil) dans des espèces herbivores peut aider ultérieurement à confirmer ou infirmer ces résultats.

3.2.3. Les teneurs en OCP dans l'eau

La présence d'endosulfan et de la dieldrine dans les canaux de drainages confirment leur utilisation dans cette zone du lac. La faible teneur en OCP du drain usine CSS est due à la position du point de prélèvement plus exposé aux rejets industriels qu'agricoles. Pour ce point de prélèvement, la recherche était plus orientée sur les PCBs. La présence d'endosulfan et de Dieldrine dans le lac ne fait que confirmer les résultats des eaux de drainage mais surtout les teneurs sur les poissons. Seulement ce résultat ne concerne qu'un seul point proche des zones de rejets, ainsi, il ne permet pas de conclure ou de donner une moyenne sur le lac de Guiers. Cependant les valeurs proches en endosulfan au lac et drainage Temeye montre que la source principale est le canal de rejets des eaux agricoles. La comparaison des teneurs moyennes de dieldrine et d'endosulfan trouvées à Temeye dans l'eau et dans les poissons permet de donner un facteur de bioaccumulation de l'ordre de 551,28 pour la dieldrine et 78,838 pour l'endosulfan.

Des analyses réalisées par la SONEES en 1994 n'ont pas décelé la présence de résidus de pesticides dans les eaux du lac de Guiers. Cela peut être expliqué par l'éloignement du site par rapport aux points de rejet. La station de pompage se situe dans la zone centre à proximité de Guidick. L'échantillon du lac Temeye a été prélevé à 20 m du rivage aux environs d'un km du point de rejet de site. On sait que la pollution est plus accentuée au rivage du fait de la faible profondeur occasionnant un mouvement faible et de la présence des végétaux capables de piéger les polluants.

La consommation de cette eau à quelque mètre du rivage présente des risques. C'est ce qu'ont compris, les populations de Temeye, qui préfèrent prendre les pirogues pour aller prélever de l'eau à l'intérieur du lac loin du rivage.

L'accumulation de ces produits dans l'environnement induit généralement une perturbation de la productivité primaire des végétaux chlorophylliens et une altération de la fonction nerveuse, endocrine de détoxification, de la reproduction des animaux...

Par altération des fonctions reproductives, ces substances réduisent sensiblement le potentiel biotique des organismes en particulier de ceux situés au bout des chaînes alimentaires tels les poissons.

Pour cause de pénurie de standard de PCB, nous n'avons pas pu faire la lecture des PCB pour donner une idée sur l'originalité de ces PCB dans le Lac de Guiers et voir le facteur de bioaccumulation.

3.2.4. Evaluation de l'impact sanitaire

Il y'a plusieurs façons d'évaluer l'impact sanitaire de la présence d'OCP et de PCB, dans la chair des poissons. L'approche suivie dans le lac de Guiers consiste à comparer les niveaux mesurés à des valeurs de référence, notamment d'ordre réglementaire de la FAO, du PNUD et de la Suisse. Pour la réglementation des PCB, c'est la teneur totale dans le poisson qui est retenu.

On remarque que les valeurs moyennes trouvées dans *Clarias gariepinus* du lac de Guiers (**0,086** mg.kg⁻¹ (dieldrine), **0,364** mg.kg⁻¹ (PCBs) sont inférieures aux limites indiquées dans l'indice phytosanitaire de la FAO/OMS (0,150 mg.kg⁻¹(dieldrine), 1,000 mg.kg⁻¹ (PCBs), du PNUD : 0,5 – 2 mg.kg⁻¹ pour les PCBs.

Ces valeurs sont également inférieures aux limites fixées par la Suisse (2 mg.kg⁻¹) pour le PCBs.

Le niveau de contamination en PCB est trop bas en comparaison avec les limites maximales fixées par la FAO/OMS et la réglementation Suisse.

L'Union Européenne n'en a pas encore fait de borne réglementaire pour les PCB indicateurs contrairement aux PCBs de type dioxine, et aux PCDD et PCDF (CE, 2006b, CE, 2006a). Quant à la France, la réglementation sur les résidus de pesticides n'a pas encore prévu de limite pour les poissons.

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

CONCLUSION

De nos jours, en tenant compte de ses conditions écologiques favorables au développement de ce secteur, la vallée du fleuve Sénégal et particulièrement le lac de Guiers est considérée comme le moteur de la relance du développement agricole au Sénégal (agriculture, pêche, aquaculture et élevage) et le point central de la réalisation des objectifs assignés à cette filière (croissance de la production, amélioration de la sécurité alimentaire...), d'où la grande offensive agricole initiée par le Président de la République du Sénégal.

L'impact écologique de plusieurs décennies d'utilisation des pesticides et particulièrement dans la vallée pour multiples usages est mis en évidence par la contamination des poissons et l'eau par ses substances, spécifiquement, la dieldrine, l'endosulfan et les PCB. La présence de résidus de pesticides observés dans les échantillons pris dans le lac de Guiers est en relation directe, si l'on juge d'après les données disponibles, avec des pesticides utilisés au Sénégal.

Dans l'ensemble, les concentrations observées dans les poissons et l'eau sont moins élevées au lac de Guiers que dans d'autres bassins africains, notamment au Nigeria et Zimbabwe qui ont une longue tradition de consommation et d'utilisation de pesticides. Au lac de Guiers, ce sont les zones (Bountou Back et Temeye) situées à proximité des points de rejets qui sont les plus touchées par la contamination par ces polluants. Par ailleurs, la concentration croissante en résidus quand on passe de l'eau aux poissons illustre très bien leur accumulation tout au long de la chaîne alimentaire (les concentrations de la dieldrine et de l'endosulfan dans le poisson sont respectivement de 551,28 et 78,838 fois supérieures à celles de l'eau du lac à Temeye).

Cependant, les données qualitatives disponibles et relatives aux rejets des zones irriguées, mais aussi aux rejets industriels, dans la vallée ne concernent pratiquement que la salinité et les éléments chimiques majeurs dissous. La contamination de l'environnement par les résidus de pesticides n'a été que très peu étudiée. Par conséquent, les résultats de cette étude constituent un bon départ pour avancer dans ce travail au Sénégal. De ce fait, ils doivent donc susciter une réflexion au sein des autorités pour que des programmes plus ambitieux de suivi de ces polluants soient initiés dans toute la vallée du fleuve Sénégal.

Le lac de Guiers est contaminé par les PCB, ce qui indique une source industrielle. Son niveau de contamination est beaucoup moins important que celui de la plupart des bassins européens et d'autres lacs africains.

Les concentrations des pesticides et de PCB trouvés dans les poissons sont inférieures aux limites maximales de résidus établies par l'OMS/FAO et certains pays européens. Donc sur le plan sanitaire, la consommation de ces poissons ne pose pas de problème.

Cependant, cette étude ne nous permet pas de disposer des données sur le niveau de contamination des sédiments du lac de Guiers afin d'avancer sur une éventuelle menace écologique de ce lac. Un diagnostic détaillé incluant les sédiments pourrait permettre de déterminer la source, de voir s'il s'agit d'une contamination récente, active, ou d'une pollution plus ancienne stockée dans le réseau hydrographique du lac.

Le lac de Guiers, plan d'eau semi fermé dans lequel sont rejetés toutes les eaux usées de l'usine et des casiers de canne à sucre de la CSS mais aussi des casiers rizicoles des petits exploitants agricoles, constitue un site critique aujourd'hui où des composés comme la dieldrine (0,086) l'endosulfan (0,152) et les PCB (0,364) atteignent des valeurs moyennes très

inquiétantes pour l'avenir de ce lac. Cependant, Il faut signaler que le plus important réserve de la pêche continentale sénégalaise se situe dans ce lac juste à la hauteur de Temeye et Bountou Back. Cette réserve est aujourd'hui menacée car elle est exposée directement à ces rejets agro-industriels. Ces polluants peuvent agir directement sur les organismes aquatiques par leur toxicité ou indirectement en modifiant leur environnement. Elles provoquent ainsi une dégradation de l'habitat ou une raréfaction de la nourriture.

Par ailleurs l'analyse a révélé la présence d'autres substances chimiques telles que DDT, Heptachlore, Endrine, DDD, a-BHC, d-BHC et d-BHC, g-chlordane et a-chlordane, DDE, Methoxychlore aussi bien dans les échantillons d'eau que dans les échantillons de poissons. Cependant ces substances n'ont fait pas l'objet d'une quantification. Or les propriétés toxicologiques directes, indirecte de synergie, d'antagonisme, de potentialisation..., des insecticides utilisés, explique la complexité des problèmes qui découleraient de la contamination de l'écosystème du lac de Guiers.

Aujourd'hui, avec la GOANA initiée par le Chef de l'Etat, l'extension des périmètres aménagés de la CSS mais aussi l'installation d'une nouvelle usine de biocarburant à Richard-Toll, les rejets ne feront que s'accroître. De ce fait L'aspect qualitatif de la gestion de la vallée devient fondamental.

Les résultats de cette étude ne constituent pas une référence sanitaire au Sénégal mais doivent susciter une réflexion au sien des autorités pour que des études plus ambitieuses (de type sanitaire par exemple) soient menées dans toute la vallée du fleuve Sénégal et plus particulièrement dans le lac de Guiers (système très sensible) afin de prendre en charge ce problème délicat qui est la pollution du lac. Cependant, les résultats intéressants obtenus, nous autorisent à émettre quelques recommandations.

RECOMMANDATIONS

Face à ces risques, auxquels est exposé le système lacustre, il est nécessaire d'entamer une recherche plus étendue sur la contamination du lac par ces résidus chimiques et leurs effets écotoxicologiques, il paraît donc indispensable de poursuivre l'étude de cette pollution, selon plusieurs axes :

- Arrêter les rejets agricoles et industriels dans le lac.
- Promouvoir la lutte biologique, les biopesticides et la lutte intégrée
- Déterminer précisément le niveau de contamination des OCP et PCB dans les différentes matrices de l'environnement du lac de Guiers (poisson, sédiment, eau, les mollusques...) et voir son évolution dans le temps.
- Identifier la ou les sources de pollution des OCP et des PCB, ainsi que les périodes auxquelles ces apports ont lieu.
- Déterminer les tendances, en quelques points significatifs de la zone.
- Déterminer l'impact sanitaire de ces produits sur les populations les plus exposés (pêcheurs, familles pêcheurs, population riveraines)
- Mettre en place un programme de surveillance des eaux, des sédiments, des poissons des mollusques et des crustacés du lac. Cette surveillance permettra aux scientifiques de mieux évaluer le degré d'exposition des humains et de la faune aux résidus de pesticides et PCB.
- Créer un organe de gestion intégrer du lac qui prendra en compte tous les acteurs intervenant dans cet écosystème.

Ces mesures ne seraient, efficaces si les rejets au niveau de la vallée se poursuivent. A défaut de les arrêter, il faut un traitement adéquat avant tout rejet.

Il serait intéressant dans le cadre d'un travail de recherche beaucoup plus approfondi de modéliser cette recherche pour localiser la pollution dans le temps et dans l'espace tout en l'élargissant au niveau de la mer (par exemple Baie de Hann, Mboro pour les PCB). Le modèle consistera à substituer l'échantillon de poisson par des accumulateurs (cartouche rempli de composé similaire à la matière grasse des poissons pour la mer et Bryophytes pour la vallée du fleuve Sénégal qui sera retiré au bout de quelques temps. Cette approche permettra de s'affranchir de la variabilité des espèces présentées sur les différents sites. Mais en plus de ces recherches, des mesures visant à minimiser les polluants de l'environnement de la région du lac de Guiers doivent être préconisées. Parmi ces mesures, deux nous paraissent prioritaire :

- une application rigoureuse de la réglementation des pesticides au Sénégal ;
- la mise en place de station de traitement des eaux usées agricoles et industrielles.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS (J.G.), 1964.- Contribution à l'étude de la végétation du lac de Guiers (Sénégal). Bulletin IFAN, 72 p.
- AMORIM, M.J., SOUSA, J.P., NOGUEIRA, A.J.A, SOARES, A.M.V.M.- 2002.- Bioavailability and toxicokinetic of ¹⁴C-Lindane (λ -HCH) in Enchytraeid *Enchytraeus albidus* in two soil types: The aging effect. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 43: 221-228.
- BELFROID, A.C., SUM, D.T.H.M., VAN GESTEL C.A.M.-1996. Bioavailability and toxicokinetics of hydrophobic aromatic compounds in benthic and terrestrial invertebrates. Environ. Rev., 4:276-299.
- BENBAKHTA Bouchaid et al, 2006.- Résidus de pesticides organochlorés chez les bivalves et les poissons de la lagune de Moulaye Bouselham (Maroc). Institut national d'hygiène, Département de toxicologie, 23p.
- CEMAGREF, 2006. Contamination des poissons du secteur de Jonage par les PCB : synthèse bibliographique – Note d'étape, Lyon, 20 p.
- COGELS F.X., 1984. Etude limnologique d'un lac sahélien : le lac de Guiers (Sénégal). Propositions de gestion de l'écosystème lacustre sur la base de la connaissance de son fonctionnement hydrologique et hydrogéochimique, de ses potentialités et des impacts des futurs aménagements de la vallée du fleuve Sénégal. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences de l'environnement, Fondation Univ. Luxembourgeoise, Arlon, Belgique, 329 p.
- COGLES F.X., THIAM A., GAC J.Y., 1993. Premier effets des barrages du fleuve Sénégal sur hydrologie, la qualité des eaux et la végétation aquatiques du lac de Guiers. Revue d'Hydrologie Tropicale 26.
- CHRISTIAN L et DIDIER P., 2006. Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme, IRD, 564 p.
- CRODT, 1999. Recensement des unités de pêches dans la zone géographique du fleuve Sénégal et du complexe deltaïque du Sine Saloum.
- DEVEZ A, 2004. Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Thèse de Doctorat de l'ENGREF, Spécialité Sciences de l'Eaux, Centre de Montpellier, 239 p.
- DFI, 2008. Ordonnance sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires n° 817-021.23 Suisse, 166p.
- DGPRE, 1999. Etude Battymétrique et limnologique du lac de Guiers. Pollution chimique et microbiologique du lac de Guiers. Version finale.
- DIOP A, 2002. Recherche des résidus et PCB dans les poissons. Mémoire de Technicien supérieur des pêches, CNFTPA-Dakar.

- DIOUF K, 2006. Influence de la salinité sur les déplacements et la croissance des juvéniles d'un poisson ubiquiste, *Sarotherodon melanotheron* (Téléostéen, Cichlidae), dans les estuaires Ouest africain. Thèse de Doctorat Université Montpellier 2, 138 p.
- DPS, 2006. Estimation de la population du Sénégal de 2005 à 2015
- DPCA, 2003. Les résultats généraux de la pêche continentale et de l'aquaculture de 2000.
- FAO, 2002. Rapport d'atelier sur l'otolithe (Sardine pilchardus) KALININGRAD FEDERATION RUSSIE, 28-31 août 2001 ; Rapport sur les pêches n° 685.
- FAO, 1994. Rapport de la 4^{ème} session du groupe de travail sur la pollution et les pêches.
- FAO/PNUE, 1992. Programme conjoint par l'application de la procédure d'information et de consentement préalable. Document d'orientation des décisions : polychlorobiphényle, 11 p.
- FONTANA A, 1969. Etude de la maturité sexuelle des Sardinelles *Sardinella eba* et *Sardinelle aurita* de la région de Pointe-Noire. ORSTOM., Sér Océanogr., Vol VII. n°2.
- KANE O., 1992. Contribution à l'étude des systèmes irrigués dans la zone du lac de Guiers. Mém. DEA en Sciences de l'environnement, ISE, Univ. de Dakar, 77 p.
- LABROUSSE R., PARNOT J., ALBARET J.J., ALBERGEL J., BADER J.C., COGELS J.Y., BOUSQUET B., CISSE I., NDIAYE O.K., NDIR O., BA A., DIOP A.E., SEM A.B., 1995. Etude des problèmes d'environnement et de protection des milieux naturels dans le Delta du fleuve Sénégal, phase I, Bilan et diagnostic, synthèse et recommandations. BDPA-SCETAGRI, Paris, France, 166p.
- LANNO, R., WELLS, J., CONDER, J., BRADHAM, K., BASTA, N.- 2004. The bioavailability of chemicals in soil for earth worms. *Ecotoxicology and environmental safety*, 57: 39-47.
- MBENGUE (A.), 1981.- Population et utilisation actuelle de l'espace dans la région du lac de Guiers, Dakar. Institut des Sciences de l'environnement, UCAD, 139 p. (mémoire, DEA).
- MBODJ I, 2006. Caractérisation biologiques d'un site pollué par la Dieldrine (insecticide organochloré) dans la zone de Thiaroye, Région de Dakar (Sénégal). Mémoire de DEA Biologie Animale, FST-UCAD, 67 p.
- NEVEU A, RIOU C, BONHOMME R, CHASSIN P, PADY F, 2001. L'eau dans l'espace rural : vie et milieux aquatiques. INRA, France, 282 p.
- NIANG A, 1998. Suivi de l'environnement et gestion qualitative des eaux du lac de Guiers – Approche Globale et perspectives de la Télédétection et des systèmes

d'information géographiques. Thèse doctorat de 3^{ème} cycle en géographie physique, Département Géographie, UCAD.

- PAN Africa, 2003. Les pesticides au Sénégal. 2^{ème} édition, 40 p.
- PAN Africa, 2008. Etude sur l'interdiction de l'endosulfan dans les Etats du CILSS. Groupe de Travail sur les pesticides POPS, 58p.
- SDPD, 2008.- rapport annuel 2007.
- RAMADE (F), 2000.- Dictionnaire Encyclopédique des pollutions. EDISCIENCES International, 690 p.
- REIZER, C., 1974. Définition d'une politique d'aménagement des ressources halieutiques d'un écosystème complexe par l'étude de son environnement abiotique biotique et anthropique. Le fleuve Sénégal Moyen et inférieur : Dissertation. Arlon, Fondation Universitaire Luxembourgeoise.
- REIZER, C, 1971. Les pêches continentales sénégalaises. CTFT, Division Recherches piscicoles, 17 p.
- SARR, 2005.- Contribution à la détermination de la période thermosensible de masculinisation chez le poisson-chat africain *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822).
- ROCHE, 2000. Etude d'impact environnemental du PRVF sur le fleuve Sénégal, le lac de Guiers et la basse du Ferlo. Volume C, description du milieu biologique, ACDI.
- THIAM A, DUCOMMUN, G, 1993.- Protection naturelle des végétaux en Afrique. Actes de l'atelier organisé par le programme protection naturelle (PRO NAT) d'Enda tiers-monde en collaboration avec Agrecol (Suisse), Dakar, Sénégal, 212 p..
- THIAM A, OUATTAR M., 1977. Un macrophyte en voie 'envahissement du lac de Guiers (Sénégal) : *Potamogeton schweinfurthii* A. Bennett (Potamogetonaceae), J. Bot. Soc. bot. Fr. 4: 71-78.
- TROCHAIN J, 1940. Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. Dakar, Mém. IFAN, n° 2, Larose, Paris, 433 p.
- WHO, 1989. Environmental Health Criteria 91: Aldrin and Dieldrin, 335 p.

Internet :

www.ardecche.pref.gouv.fr

www.ifremer.fr/univlit

www.hc.sc.gc.ca/erch-semt/pubs/water-eau/atrazine/index-fra.php

<E:\otolithes\les otolithes de poissons osseux fossiles et actuelles.htm>

<http://sitem.herts.ac.uk/footprint/fr:Rpport/264.htm>

<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/Repport545.htm>

<http://fr.wikipedia.org>

<http://blog.mondediplo.net/2007-08-14-Le-Rhone-pollue-par-les-PCB-un-Tchernobyl>

<http://Extoxnet>

ANNEXES

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Annexe I : Listes des produits phytosanitaires utilisés par les petits exploitants de la vallée du fleuve

Insecticides

N°	Nom commercial	Matière active	Classe	Famille
1	Spiphor 3,5	Chlorpyrifos éthyl	II	Organophosphoré
2	Finadan 5G	Carbofuran	II	Carbamate
3	Rugby 10 G	Cadusafos	II	Organophosphoré
4	Spisem E	Endosulfan-Thirame		Organohalogène
5	Spiméthrine 25 Ec	Cyperméthrine		Pyréthroïde de synthèse
6	Spifan 500 Ec	Endosulfan	Ib	Organohalogène
7	Decis 12 Ec	Deltaméthrine		Pyréthroïde de synthèse
8	Spiclopride 200 Sl	Imidachlopride	II	Chronicotinyl
9	Spiphor 480 Ec	Chlorpyrifos ethyl		Organophosphoré
10	Callifol 480 Ec	Dicofol		Carbinol
11	Calludne 600 Ec	Diazinon		Organophosphoré
12	Spithoate 400 Ec	Dimethoate		Organophosphoré
13	Talstar 100 Ec	Bifentrine		Pyréthroïde de synthèse
14	Dominex	Alphacyperméthrine		Pyréthroïde de synthèse
15	Batik	Bacilus	III	Bacterinus
16	Percal 100 Ec	Permethrine	III	Pyréthroïde
17	Spiridur	Méthyl parathion	II	Pyréthroïde
18	Celphos	Phosphure d'aluminium		

Source SPIA Ndiangué du 16 octobre 2007

Ec = Emulsifiable concentrate = Concentre émulsionnable

Sc = Soluble concentrate = Concentrate soluble

SC = Suspension concentrate = Suspension concentrée

Herbicides

N°	Nom commercial	Matière active	Famille
1	Kalach 360 SL	Glyphosate (sel d'isopropylamine)	Aminophosphonate
2	Gramoxone super	Paraquat	
3	Callix-Combi G	Ametryne-Atrazine-Glyphosate	Dipyridyle
4	Callitraz 500 Sc	Atrazine	Triazine-Aminophosphonate
5	Allizine 500 Sc	Aachlore-Atrazine	Triazine-Aminophosphonate
6	Spiberbe 720 Sl	2, 3 D Sel d'amine	Acétamide-triazine
7	Spiriz	Propanil	Aryloxy-acétique
8	Londax	Bensulfuron-methyle	Sulfanylurée

Source SPIA Ndiangué, 16 octobre 2007

Annexe I suite

Autres pesticides utilisés dans la vallée par les petits producteurs

Nom commercial	Famille	Source
Spinomyl 500 WP	Fongicide	SPIA Ndiangué
Spithalonil 75 WP	--	--
Spizèbe 800 WP	--	--
Banko Plus	--	--
Soufre spia 80 WP	--	--
Spicuire 50 WP	--	--
Métofos 600	Insecticide	Malick Ngom Rd-Toll
Dimethoate	--	--
Cyberfos 330	--	--
Decis CE	--	--
Malathion 50 Ec	--	--
Triflex	--	--
Ronstar	--	--
Propanil	Herbicide	--
Weedone	--	--
Actryl	--	--
Roundup	--	--
Optimal 100 Ec	Insecticide	Diao Rd-Toll
Métavex 600 SI	--	--
Insector 200 SI	--	--
Dimex 400 EC	--	--
Callifol	--	--
Cyperméthrine	--	--
Neemix	--	--
Acarex	--	--
Cyper ax	--	--
Métofos	--	--
L 100	--	--
Clindre 20	--	--
Dirsbán	--	--
Miclo	--	--
Vedette	--	--
Métavers	--	--
Tersen	--	--
Dicofol	--	--

Annexe II: Principales espèces débarquées durant le mois d'octobre dans la zone du lac et ces environs

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom local	Taouey		Lac de Guiers	
			Ndombo/Thiago	Gadalkhout	Bountou Back	Temeye
Hydrocynus forskalii	Poisson chien	Guer	+	+		+
Hemisynodontis menbranaceus	Synodont	Gangue	+	+	+	+
Gymnarchus niloticus	Anguille	Galakh	+	+	+	+
Labeo sp.		Satt	+	+	+	+
Tilapia sp.		Wass	+	+	+	+
Lates niloticus	Capitaine	Djenn weekh	+	+	+	+
Alestes sp.	Aleste	Sélinthe	+	+	-	+
Citharinus sp.	Poisson disque	Mbet	+	+	+	+
Clarias sp	Silure	Yess ou yass	+	+	+	-
Chrysichthys nigrodigitatus	Machoïron	Suce	+	+	+	-
Chrysichthys auratus	Machoïron	Sèce	+	+	+	-
Chrysichthys furkatus	Machoïron	Sèce	+	+	+	-
Clarotes laticeps		Bedj	+	+	+	-
Bagrus sp.		Waalouss	+	+	-	-
Heterotus niloticus	Hétérotis	NDiaguel	+	+	-	+
Synodontis sp.		Kala	+	+	-	-
Mormyrops deliciosus	Mormure	Room	+	+	+	-

+ : inventorié

- : non inventorié

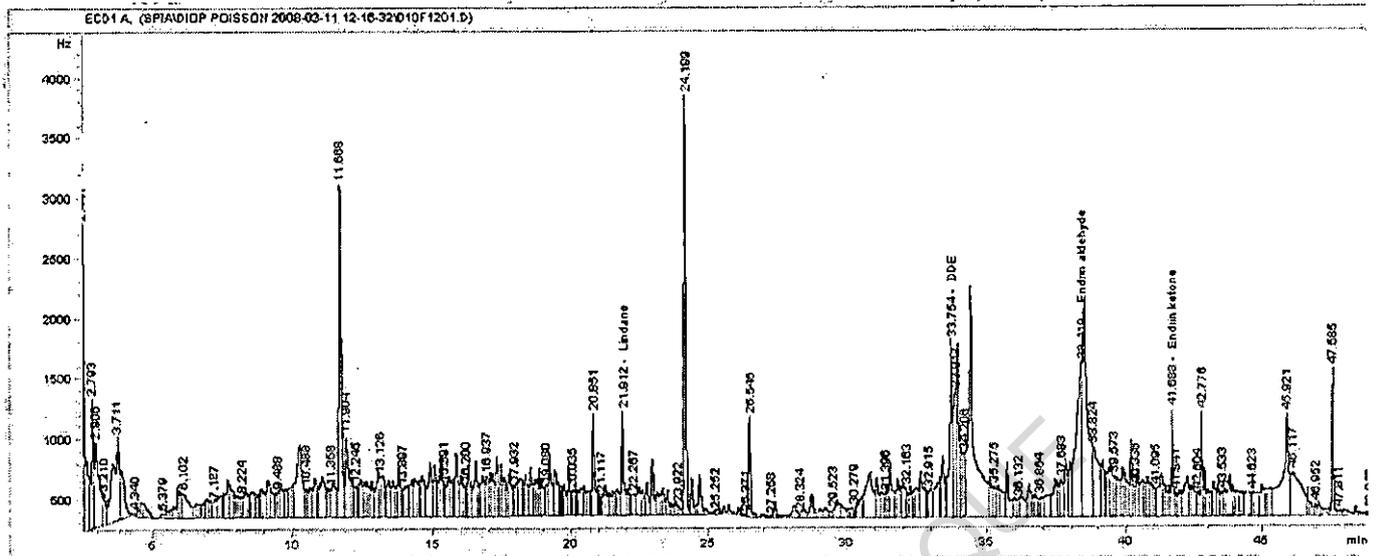
Annexe III : Paramètres biologiques des 11 individus de Clarias prélevés au lac de Guiers

N°	Espèce	Date	Lieu	LT (mm)	PT(g)	Sexe	Stade	PG (g)	PV(g)	PEV (g)	Observations
1	Clarias gariepinus	08/12/07	Temeye	378	331	F	VII	4	19	305	2 otolithes
2	Clarias gariepinus	08/12/07	Temeye	565	1469	F	VII	2	94	1372	2 otolithes
3	Clarias gariepinus	15/ 2/08	Temeye	559	1500	M	I	1	130	1365	2 otolithes
4	Clarias gariepinus	15/ 2/08	Temeye	461	795	M	I	1	60	735	2 otolithes
5	Clarias gariepinus	08/12/07	Guidick	616	1916	F	IV	2	182	1724	2 otolithes
6	Clarias gariepinus	15/02/08	Guidick	525	1100	F	VII-II	10	60	1030	1 otolithe
7	Clarias gariepinus	15/02/08	Guidick	565	1340	M	I	1	100	1235	2 otolithes
8	Clarias gariepinus	15/02/08	Bountou Back	674	2825	M	IV	5	195	2615	2 otolithes
9	Clarias gariepinus	15/02/08	Bountou Back	520	1085	M	II	1	75	1010	2 otolithes
10	Clarias gariepinus	15/02/08	Bountou Back	527	1030	M	I	1	45	970	2 otolithes
11	Clarias gariepinus	08/12/07	Bountou Back	430	658	I	i	i	42	609	2 otolithes

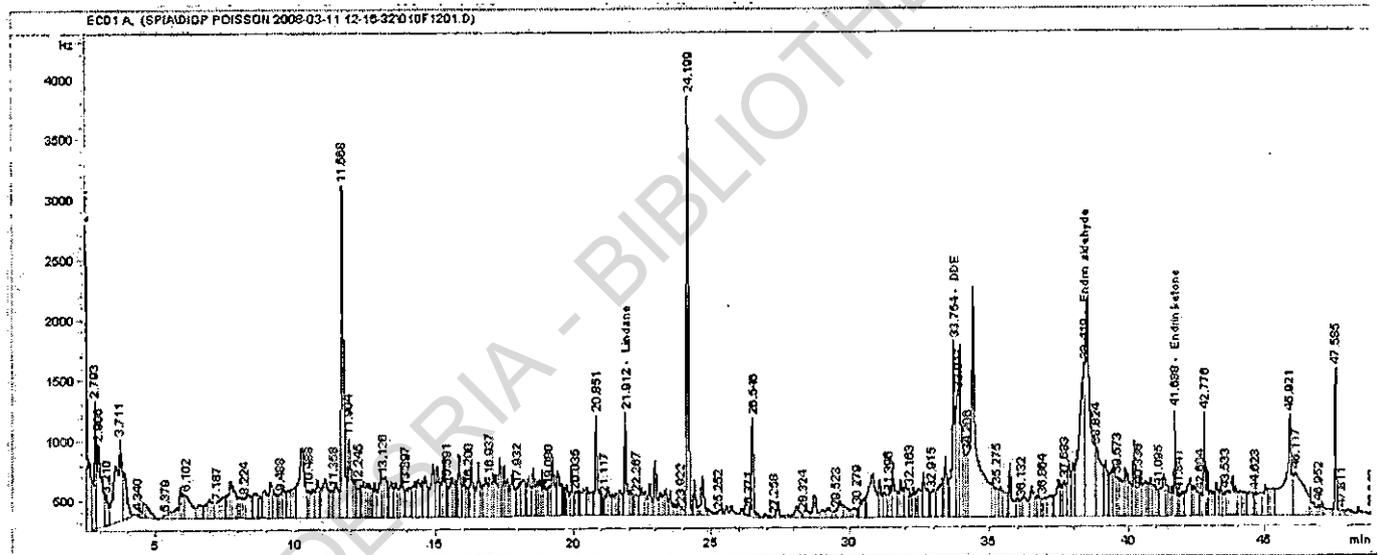
Annexe IIIV : Guide de la FAO pour la détermination de l'âge des poissons

- 1- la date de naissance est fixée au 1^{er} janvier en cours,
- 2- un an correspond à un anneau opaque et un anneau translucide consécutif (annulus),
- 3- pour l'estimation de l'âge, la position du premier annulus doit être le point principal d'accord. La caractérisation de base prise en considération est sa continuité autour de l'otolithe.
- 4- La largeur du premier anneau diminue principalement après les deux premières années de vie.
- 5- Si le poisson est capturé pendant l'année avec un anneau opaque ou pendant le premier trimestre avec un anneau translucide sur le bord de l'otolithe l'âge assigné sera égal au nombre d'annuli observés,
- 6- Si le poisson est capturé pendant le second trimestre avec un anneau translucide sur le bord de l'otolithe, deux situations peuvent être observées :
 - a- une grande zone (incrément) translucide qui a commencé à se former l'année précédente. Dans ce cas l'âge assigné sera égal au nombre d'annuli observés
 - b- si la zone (incrément) translucide au bord est mince prouvant que sa formation commence l'année en cours et ne doit pas être considéré. Ceci est mieux observé au cours des deux dernières années.
- 7- Si le poisson est capturé pendant le troisième et le quatrième trimestre avec un anneau translucide sur le bord de l'otolithe, l'âge assigné sera égal au nombre d'annuli
- 8- observé moins un.

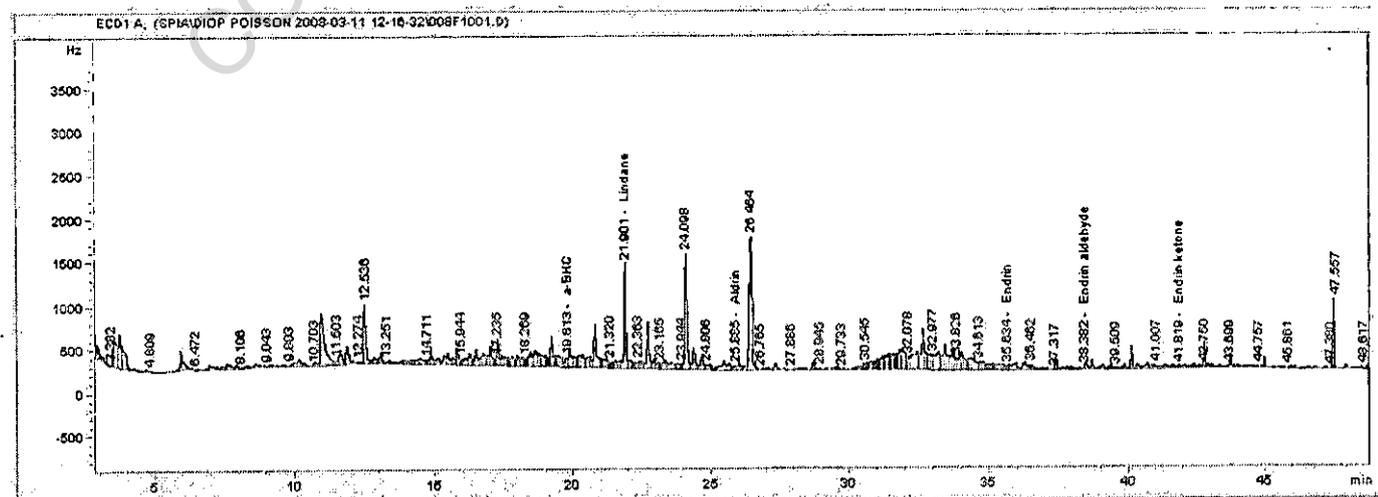
Annexe IV: Chromatogrammes des échantillons de *Clarias gariepinus* du lac de Guiers



Chromatogramme Clarias Temeye novembre OCP



Chromatogramme Clarias Temeye nov PCB



Chromatogramme Clarias Temeye fev OCP

Annexe VI : Certificats d'analyse de résidus de pesticides et de PCBs dans Clarias

Certificat d'Analyse N° 029/2008

Identité du Client	<i>Alioune Diop s/c S&AC</i> <i>Tel: 33 8395202</i>
Analyse demandée	Recherche de résidus de pesticides : Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères), Atrazine et propanil
Identification Echantillon	
Description échantillon	<i>Poisson entier</i>
Écritures portées sur l'échantillon	<i>CLARIAS TEMEYE FEVRIER</i>
Notre code d'identification	<i>C14261EC1</i>
Réception dans le laboratoire	
Emballage	<i>Sachet en plastique</i>
Etat à l'arrivée	<i>congelée</i>
Stockage avant analyse	<i>Au congélateur à -18°C</i>
Analyse Echantillon	
Début Analyse	<i>Le 10/03/08</i>
Techniques d'Analyse	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Méthode d'extraction Dilution avec un solvant ◦ Méthodes de lecture: par GC/μECD (Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères)) ◦ Méthodes de lecture: par GC/MS (Atrazine et propanil) • Quantification par utilisation de solutions étalons

CERT 08-029 /Poisson-A.Diop s/c SCAC		
N° d'ordre	Eléments recherchés	Résultats (mg/kg)
1	Endosulfan	0,149
2	Dieldrine	0,070
3	PCB153	<0,005
4	PCB52	<0,005
5	PCB101	0,0176
6	PCB138	<0,005
7	PCB137	0,0054
8	PCB118	<0,005
9	PCB180	≤0,005
10	Atrazine	Non retrouvé
11	Propanil	Non retrouvé

1 : Les résultats ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse

*: 0,005 est la limite de quantification GC/μECD

** : 'Non retrouvé' = Non retrouvé au GC/MS

Dakar, jeudi 10 avril 2008

Le Responsable
du Laboratoire de Chimie
Environnementale

Certificat d'Analyse N° 030/2008

Identité du Client	<i>ALioune Diop s/c S.L.A.C</i> <i>Tel: 33 8395202</i>
Analyse demandée	Recherche de résidus de pesticides : Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères), Atrazine et propanil
Identification Echantillon	
Description échantillon	<i>Polisson entier</i>
Ecritures portées sur l'échantillon	<i>CLARIAS BOUNTOU BACK FEVRIER 1</i>
Notre code d'identification	<i>CI426IEC2</i>
Réception dans le laboratoire	
Emballage	<i>Sachet en plastique</i>
Etat à l'arrivée	<i>congelée</i>
Stockage avant analyse	<i>Au congélateur à -18°C</i>
Analyse Echantillon	
Début Analyse	Le 10/03/08
Techniques d'Analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode d'extraction Dilution avec un solvant <ul style="list-style-type: none"> ◦ Méthodes de lecture: par GC/μECD (Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères)) • Méthodes de lecture: par GC/MS (Atrazine et propanil) • Quantification par utilisation de solutions étalons

CERT 08-030 /Poisson-A.Diop s/c SCAC		
N° d'ordre	Eléments recherchés	Résultats (mg/kg)
1	Endosulfan	0,172
2	Dieldrine	0,077
3	PCB153	<0,005
4	PCB52	0,069
5	PCB101	0,110
6	PCB138	0,052
7	PCB187	0,022
8	PCB118	<0,005
9	PCB180	0,013
10	Atrazine	Non retrouvé
11	Propanil	Non retrouvé

1 : Les résultats ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse

*: 0,005 est la limite de quantification GC/ μ ECD

** : 'Non retrouvé' = Non retrouvé au GC/MS

Dakar, jeudi 10 avril 2008

Le Responsable
du Laboratoire de Chimie
Environnementale

Certificat d'Analyse N° 031/2008

Identité du Client	ALioune Diop s/c ECAC <i>Tel: 33 8395202</i>
Analyse demandée	Recherche de résidus de pesticides : Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères), Atrazine et propanil
Identification Echantillon	
Description échantillon	<i>Poisson entier</i>
Ecritures portées sur l'échantillon	<i>CLARIAS BOUNTOU BACK FEVRIER 2</i>
Notre code d'identification	<i>CI4261EC3</i>
Réception dans le laboratoire	
Emballage	<i>Sachet en plastique</i>
Etat à l'arrivée	<i>congelée</i>
Stockage avant analyse	<i>Au congélateur à -18°C</i>
Analyse Echantillon	
Début Analyse	Le 10/03/08
Techniques d'Analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode d'extraction Dilution avec un solvant • Méthodes de lecture: par GC/μECD (Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères)) • Méthodes de lecture: par GC/MS (Atrazine et propanil) • Quantification par utilisation de solutions étalons

CERT 08-031 /Poisson-A.Diop s/c ECAC		
N° d'ordre	Eléments recherchés	Résultats (mg/kg)
1	Endosulfan	0,145
2	Dieldrine	0,081
3	PCB153	0,054
4	PCB52	0,136
5	PCB101	0,042
6	PCB138	0,052
7	PCB187	0,034
8	PCB118	0,031
9	PCB180	0,064
10	Atrazine	Non retrouvé
11	Propanil	Non retrouvé

i : Les résultats ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse

*: 0,005 est la limite de quantification GC/ μ ECD

** : 'Non retrouvé' = Non retrouvé au GC/MS

Dakar, jeudi 10 avril 2008

Le Responsable
du Laboratoire de Chimie
Environnementale

Certificat d'Analyse N° 032/2008

Identité du Client	<i>Alioune Diop s/c ECAC Tel: 33 8395202</i>
Analyse demandée	Recherche de résidus de pesticides : Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères), Atrazine et propanil
Identification Echantillon	
Description échantillon	<i>Poisson entier</i>
Ecritures portées sur l'échantillon	<i>CLARIAS GUIDICK FEVRIER</i>
Notre code d'identification	<i>C14261EC4</i>
Réception dans le laboratoire	
Emballage	<i>Sachet en plastique</i>
Etat à l'arrivée	<i>congelée</i>
Stockage avant analyse	<i>Au congélateur à -18°C</i>
Analyse Echantillon	
Début Analyse	<i>Le 10/03/08</i>
Techniques d'Analyse	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Méthode d'extraction Dilution avec un solvant ◦ Méthodes de lecture: par GC/μECD (Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères)) ◦ Méthodes de lecture: par GC/MS (Atrazine et propanil) ◦ Quantification par utilisation de solutions étalons

CERT 08-032 /Poisson-A.Diop s/c <i>SCAC</i>		
N° d'ordre	Eléments recherchés	Résultats (mg/kg)
1	Endosulfan	0,143
2	Dieldrine	0,081
3	PCB153	0,047
4	PCB52	<0,005
5	PCB101	0,093
6	PCB138	0,110
7	PCB187	0,062
8	PCB118	0,125
9	PCB180	0,045
10	Atrazine	Non retrouvé
11	Propanil	Non retrouvé

1 : Les résultats ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse

*: 0,005 est la limite de quantification GC/ μ ECD

** : 'Non retrouvé' = Non retrouvé au GC/MS

Dakar, jeudi 10 avril 2008

Le Responsable
du Laboratoire de Chimie
Environnementale




Certificat d'Analyse N° 033/2008

Identité du Client	<i>ALioune Diop s/c SAC</i> <i>Tel: 33 8395202</i>
Analyse demandée	Recherche de résidus de pesticides : Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères), Atrazine et propanil
Identification Echantillon	
Description échantillon	<i>Poisson entier</i>
Écritures portées sur l'échantillon	<i>CLARIAS GUIDICK NOVEMBRE</i>
Notre code d'identification	<i>C14261EC5</i>
Réception dans le laboratoire	
Emballage	<i>Sachet en plastique</i>
Etat à l'arrivée	<i>congelée</i>
Stockage avant analyse	<i>Au congélateur à -18°C</i>
Analyse Echantillon	
Début Analyse	Le 10/03/08
Techniques d'Analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode d'extraction Dilution avec un solvant • Méthodes de lecture: par GC/μECD (Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères) • Méthodes de lecture: par GC/MS (Atrazine et propanil) • Quantification par utilisation de solutions étalons

CERT 08-033 /Poisson-A.Diop s/c SCAC		
N° d'ordre	Eléments recherchés	Résultats (mg/kg)
1	Endosulfan	0,140
2	Dieldrine	0,082
3	PCB153	<0,005
4	PCB52	0,006
5	PCB101	<0,005
6	PCB138	<0,005
7	PCB187	<0,005
8	PCB118	<0,005
9	PCB180	<0,005
10	Atrazine	Non retrouvé
11	Propanil	Non retrouvé

1 : Les résultats ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse

*: 0,005 est la limite de quantification GC/ μ ECD

** : 'Non retrouvé' = Non retrouvé au GC/MS

Dakar, jeudi 10 avril 2008

Le Responsable
du Laboratoire de Chimie
Environnementale

Certificat d'Analyse N° 034/2008

Identité du Client	<i>Alioune Diop s/c/c/c/c/c/c/c</i> <i>Tel: 33 8395202</i>
Analyse demandée	Recherche de résidus de pesticides : Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères), Atrazine et propanil
Identification Echantillon	
Description échantillon	<i>Poisson entier</i>
Écritures portées sur l'échantillon	<i>CLARIAS TEMEYE NOVEMBRE</i>
Notre code d'identification	<i>CI426IEC6</i>
Réception dans le laboratoire	
Emballage	<i>Sachet en plastique</i>
Etat à l'arrivée	<i>congelée</i>
Stockage avant analyse	<i>Au congélateur à -18°C</i>
Analyse Echantillon	
Début Analyse	Le 10/03/08
Techniques d'Analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode d'extraction Dilution avec un solvant • Méthodes de lecture: par GC/μECD (Endosulfan, Dieldrine, PCB153 (7 congénères)) • Méthodes de lecture: par GC/MS (Atrazine et propanil) • Quantification par utilisation de solutions étalons

CERT 08-034 /Poisson-A.Diop s/c SCAC		
N° d'ordre	Eléments recherchés	Résultats (ng/kg)
1	Endosulfan	0,163
2	Dieldrine	0,127
3	PCB153	0,423
4	PCB52	0,111
5	PCB101	0,052
6	PCB138	0,228
7	PCB187	0,114
8	PCB118	0,071
9	PCB180	<0,005
10	Atrazine	Non retrouvé
11	Propanil	Non retrouvé

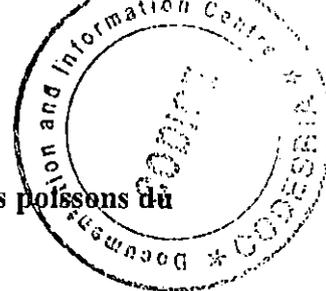
1 : Les résultats ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse

*: 0,005 est la limite de quantification GC/μECD

** : 'Non retrouvé' = Non retrouvé au GC/MS

Dakar, jeudi 10 avril 2008

Le Responsable
du Laboratoire de Chimie
Environnementale



Sujet : Contribution à l'évaluation des résidus de pesticides et PCBs dans les poissons du lac de Guiers : *Clarias gariepinus*
Nom du candidat : Alioune DIOP

Nature du mémoire : Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS)

Jury :

Président : M. Oumar Thiom	THIAW	Professeur à l'UCAD
Membres : MM.		
- Alassane	SARR	Enseignant IUPA /UCAD
Makhfouss	SARR	Coordonnateur national GIPD/GEF
Lionel	KINADJIAN	Conseiller Technique MEM/Sénégal

Soutenu le 26 novembre 2008

Résumé :

Le présent travail consiste à évaluer le degré de contamination par les pesticides et les polychlorobiphényle (PCB) des poissons inféodés au lac de Guiers (*Clarias gariepinus*), prélevés dans trois sites différents : Temeye, Bountou Back et Guidick. Quatre pesticides (deux organochlorés : dieldrine et endosulfan, deux herbicides : atrazine et propanil) et les sept PCB indicateurs (PCB52, PCB110, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180, PCB187) sont considérés dans cette étude. Il s'agit d'une étude de type environnementale portée sur une population homogène âgée de deux à trois ans.

Les analyses réalisées sur les six individus de poissons ont mis en évidence une contamination par les pesticides organochlorés (OCP) et les PCB. Dans l'ensemble la contamination des poissons par l'endosulfan est plus importante que celle de la Dieldrine qui exceptionnellement, avec Temeye novembre, a atteint les 0,127 mg/kg.

Les PCB indicateurs totaux (153, 52, 101, 138, 187, 118 et 180) sont omniprésents dans tous les échantillons mais à de faibles quantités. Les valeurs en PCB totaux varient de 0,006 à 0,999 mg.kg⁻¹ de poids frais.

L'analyse spatiale des teneurs en pesticides organochlorés au niveau des Clarias de Guiers montre que ceux sont les sites de Temeye et Bountou back qui abritent les concentrations moyennes les plus élevées.

Cependant, la pollution du lac par les OCP et les PCB n'est pas encore alarmante si l'on compare les résultats obtenus ici avec ceux enregistrés ailleurs en Afrique et en Europe.

Sur le plan sanitaire, les quantités de PCB et OCP relevées ne dépassent pas les limites maximales admissibles. Mais des mesures devraient être prises le plus rapidement possible pour éviter toute catastrophe sanitaire ou environnementale.

Mots clefs : Résidus, pesticides, PCB, *Clarias gariepinus*, Lac de Guiers