

UNIVERSITE D'ABOMEY - CALAVI

FACULTE DES LETTRES ARTS
ET SCIENCES HUMAINES
ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE



FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
CHAIRE UNESCO SCIENCE TECHNOLOGIE
ET ENVIRONNEMENT (CUSTE)

FORMATION DOCTORALE EN GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION : ENVIRONNEMENT, SANTE ET DEVELOPPEMENT

N° d'Enregistrement : / EDP / GE.

**LES RESIDUS DE PESTICIDES CHIMIQUES
DE SYNTHÈSE DANS LES EAUX, LES SEDIMENTS
ET LES ESPECES AQUATIQUES DU BASSIN
VERSANT DU FLEUVE OUEME ET DU LAC NOKOUE**

Thèse présentée par : Elisabeth YEHOUEYOU épouse AZEHOUN PAZOU

POUR L'OBTENTION DU **DIPLOME DE DOCTORAT UNIQUE**
DE L'UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

Sous la direction de :

Simon A. AKPONA, Professeur Titulaire (Directeur de Thèse)

Nico M. van STRAALLEN, Professeur Titulaire (Co-directeur)

Michel BOKO, Professeur Titulaire (Co-directeur)

Soutenue publiquement devant un jury international composé comme suit :

Président : Pascal Valentin HOUEYOU, Professeur à l'Université d'Abobo-Adjamé, Côte-d'Ivoire

Rapporteurs : Nico M. van STRAALLEN, Professeur à l'Université Libre d'Amsterdam, Pays-Bas

Simon A. AKPONA, Professeur à l'Université de Parakou, Bénin

Michel BOKO, Professeur à l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Examineurs : Adolé Isabelle GLITHO, Professeur à l'Université de Lomé, Togo

Georges ACCROMBESSI, Maître de Conférences à l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Abel AYEDOUN, Maître de Conférences à l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Date de soutenance : 13 Décembre 2005Mention : Très Honorable avec les Félicitations du Jury

DEDICACE

Je dédie le présent travail à :

- mon feu père **YEHOUENOU Téhoundé Germain** ;
- ma mère **ALIDAGBE Wouingnassi Anne-Marie** ;
- mon époux **AZEHOUN PAZOU Victorin** ;
- mes enfants: **Pascal, Judicaël, Désirée, Géraud et Cornélia** ;
- ma sœur : **YEHOUENOU Francisca épouse AFIOME** et ses enfants.

Vos affections et soutiens ont contribué à l'heureux aboutissement de ce travail. Que le seigneur nous garde et nous comble de joie !

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement toutes les personnes dont le concours a été précieux dans la réalisation du présent travail :

- Monsieur **Michel BOKO**, Professeur titulaire à la Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines, notre superviseur principal. Vous avez été la pièce maîtresse de cette aventure. Que ce travail soit pour vous le couronnement d'une mission bien accomplie.
- Monsieur **Simon AKPONA**, Professeur titulaire à la Faculté des Sciences de la Santé de l'Université de Parakou, nous vous remercions pour votre soutien inconditionnel à des moments précis et surtout dans le choix de ce thème.
- Monsieur **Philippe LALEYE**, Maître Assistant à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi ; vous avez co-dirigé ce travail malgré vos multiples préoccupations. Nous avons beaucoup apprécié l'aide matérielle et scientifique dont nous avons bénéficié auprès de vous et de vos collaborateurs. Veuillez trouver ici, l'expression de notre gratitude.
- Monsieur **Hyacinthe AHISSOU**, Maître Assistant à la Faculté des Sciences et Technique de l'Université d'Abomey-Calavi ; vous avez également co-dirigé ce travail malgré toutes les péripéties. Nous louons votre humanisme et votre courage. Que le seigneur vous bénisse.
- Monsieur **Raphaël DARBOUX**, Professeur titulaire à la Faculté des Sciences de la Santé ; malgré vos nombreuses préoccupations, vous avez contribué à l'ossature de la thèse elle même. Qu'il nous soit permis de vous exprimer ma très vive gratitude
- Madame **Adolé Isabelle GLITHO** Directrice du Laboratoire d'Entomologie Appliquée Responsable scientifique de la formation Doctorale d'Entomologie à l'Université de Lomé au TOGO ; nous vous remercions de la disponibilité dont vous avez entouré ce travail tout en l'appréciant à sa juste valeur. Vos critiques et conseils nous ont permis de l'améliorer.
- Monsieur **Pascal V. HOUENOU** Directeur du Laboratoire des Sciences de l'Environnement à L'Université Abobo-Adjamè Cote d'Ivoire. Vos observations et commentaires ont été les bienvenus
- Monsieur **José QUENUM**, Professeur à la Faculté des Lettres Arts et Sciences

Humaines ; nous vous remercions pour avoir accepté de lire ce travail. Votre intervention a contribué à son amélioration. Qu'il nous soit permis de vous exprimer toute notre gratitude.

- Monsieur **Pierre AFIOME**, Instituteur de classe exceptionnelle à la retraite ; vous avez accepté de revoir la forme de ce document en raison de la subtilité de la langue française, notre langue de travail. Nous vous en remercions très sincèrement.

- Monsieur **Joseph HOUNHOUIGAN** et à tout le personnel du laboratoire de Technologie alimentaire de la Faculté des Sciences Agronomiques pour nous avoir soutenue en nous permettant d'utiliser vos matériels.

Au personnel du Département de Biochimie et de Biologie cellulaire de la Faculté des Sciences et Technique et au personnel du Laboratoire de Biochimie de la Faculté des Sciences de la Santé. Merci à vous qui, pendant des années, avez partagé avec moi des moments de joie, soucis et peine.

This thesis would have not been achieved without a constant support in various ways from many people.

- My co-promotor: Professor **Nico M. Van STRAALEN**, head of the Department of Animal Ecology of Vrije Universiteit Amsterdam. You have been more than a supervisor for us. We learned from you scientific methods of analysing, drawing graphs and statistical analysing. The discussions we had substantially improved the manuscript. Thank you very very much.

- We are sincerely grateful to **Kees van GESTEL** for its valuable support, his comments and recommendations throughout the articles I have written and the manuscript.

- Gratitude is due to **Kees VERHOEF** for providing administrative support.

- Thanks are also due to the members of the Department of Animal Ecology of Vrije Universiteit of Amsterdam who closely collaborated with us and contributed to the success of this study.

- A toute l'équipe du Centre de Recherche pour le Développement International (C.R.D.I) et de l'Agence Béninoise pour l'Environnement (A.B.E) pour le soutien financier apporté dans la réalisation de cette étude.

Nous témoignons particulièrement notre profonde gratitude à Monsieur **Bonaventure GUEDEGBE**, chef du Département Evaluation Environnementale et Etudes Générales de l'Agence Béninoise pour l'Environnement.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Gilles FORGET**, Directeur régional du C.R.D.I. Vous avez été notre premier maître de mémoire ; vous nous avez donné le goût de la recherche. Que cette thèse, soit le gage de notre sincère reconnaissance.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	2
Première partie : Présentation du cadre théorique et revue de la littérature.....	3
Présentation du cadre théorique.....	4
- l'intérêt du sujet.....	4
- La problématique.....	5
- L'objectif général.....	8
- Les objectifs spécifiques.....	8
- L'hypothèse de recherche.....	8
- Le cadre conceptuel.....	8
- la zone d'étude.....	10
- La revue de la littérature.....	22
- Généralités sur les pesticides.....	23
Deuxième partie : Méthodologie.....	52
- l'échantillonnage.....	54
- les prélèvements	57
- les analyses de laboratoire.....	62
- les analyses statistiques.....	69
Troisième partie : Résultats et discussions	70
- les propriétés physico-chimiques de l'eau.....	73
- les résidus de pesticide dans les sédiments.....	92
- les résidus de pesticides dans les poissons.....	120
- les résidus de pesticides dans les invertébrés.....	148
- les résidus de pesticide dans les produits maraîchers et autres espèces végétales.....	151
Quatrième partie : Mécanismes, impacts, suggestions et plan d'action.....	155
- Le mécanisme des pollutions observées.....	156
- Le fleuve Ouémé et les impacts environnementaux.....	158
- Suggestions	160
- Plan d'action.....	162
- Perspectives de recherche.....	165
- Conclusion générale.....	166
- Références bibliographiques.....	168

SIGLES ET ACRONYMES

ADI	Dose journalière admissible
B.A.F S	Facteurs de bio-accumulation
B.C.F	Facteurs de bio-concentration
B.S.A.F	Facteurs de bio-accumulation dans les sédiments
C.E.D.A	Centre pour l'Environnement et le Développement en Afrique
C.E.P	Concentration pouvant induire des effets probables
CeRPA	Centre régional pour la promotion de l'agriculture
CFDT	Compagnie Francaise de Fibre et de Textile.
F.A.O	Food and Agriculture Organisation
Fat	(matière grasse)
GC-ECG	Chromatographie en phase gazeuse couplée au système de détection à capture d' électrons.
GC-MS	Chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse
IRCT	Institut de recherche de coton et fibre
Ifen	Institut français de l'environnement
M.P.C	Concentration maximale permise
N.O.E.C	Concentration de l'effet non observé
op'-DDE	1-chloro-2-[2,2dichloro 1-4 chlorophenyletheny]-benzene
op'-DDD	benzène,1-chloro2-[2,2-dichloro-1-(4-chlorophenyl) ethyl]
op'-DDT	benzene,1-chloro-2-[2,2,2-trichloro-1-(4-chlorophenyl)ethyl]
OBEPAB	Office Béninois pour la promotion de l'agriculture biologique
O.M	Matière Organique
O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé
pp'-DDE	benzène,1,1-(dichloroethenylidène)bis[4-chloro]
pp'-DDD	benzène1,1-(2,2-dichloroethylidène)bis[4-chloro]
pp'-DDT	benzène,1,1'-(2,2,2-trichloroethylidène)bis[4-chloro]
P.N.U.E	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
R.P.Q.S	Recommandation temporaire pour la qualité des sédiments.
SATEC	Société pour l'Assistance Technique et la Coopération
SONEB	Société Nationale des eaux du Bénin
U.N.E.S.C.O	Organisation des Nations Unies pour la Science l'Education et la culture.
UNEP	United Nations Environmental Programme

RESUME

Le fleuve Ouémé est l'un des plus importants cours d'eau naturelle où s'exercent d'importantes activités économiques telles que la pêche, la pisciculture. Les eaux du fleuve Ouémé sont utilisées pour l'irrigation, le transport des riverains et le transport de marchandises entre le Nigéria et le Bénin. Elles sont consommées comme eau de boisson. Sa biodiversité est remarquablement élevée avec d'importantes variétés de poissons, de mollusques, d'insectes, d'amphibiens, de reptiles et d'oiseaux (Lalèyè 2004). Cette diversité se trouve aujourd'hui menacée par certaines pratiques des populations riveraines. L'utilisation massive des pesticides de synthèse pour les activités agricoles en est un exemple.

La présente étude a alors été conduite pour cerner au mieux l'impact de ces comportements anthropiques sur l'écosystème du fleuve Ouémé et du lac Nokoué.

Dès lors, des prélèvements d'eau, de sédiments, d'espèces aquatiques et de certaines cultures installées aux abords du fleuve ont été effectués et soumis à différentes analyses chimiques et chromatographiques.

Les résultats obtenus révèlent, à l'issue de ces analyses, que la qualité de l'eau du fleuve est bonne car les paramètres physico-chimiques mesurés n'ont pas d'effet néfaste majeur sur la vie et la reproduction des espèces qu'il contient. La concentration des eaux du fleuve en résidus de pesticides est en général inférieure à la limite de détection. Par contre, les sédiments sont contaminés par une vingtaine de résidus de pesticides (pp-DDE, op-DDD, pp-DDD, op-DDT, pp'DDT, α -endosulfan, β -endosulfan, endosulfan sulfate, α -HCH, β -HCH, lindane, dieldrine, endrine, telodrine, isodrine, cis and trans heptachlorepoxyde, hexachlorbutadiène, hexachlorobenzène, octachlorstyrène et le chlorpyrifos).

Les sédiments prélevés entre 0 et 10 cm de profondeur ont une concentration en résidus de pesticides comprise entre la limite de détection et 810 $\mu\text{g/kg}$ de matière organique. De même, les sédiments prélevés à 39 cm de profondeur dans l'Ouémé supérieur et dans l'Ouémé inférieur, sont contaminés par un seul pesticide (pp'-DDE) dont les concentrations varient de 38 à 111 $\mu\text{g/kg}$ OM respectivement.

Prélevés entre 75 cm et 105 cm de profondeur, les sédiments ne sont pas contaminés.

En ce qui concerne les poissons, les niveaux de concentration en résidus de pesticides se situent entre la limite de détection et 1364 ng/g de lipide. Les doses journalières admissibles obtenues après analyse de chaque espèce de poisson sont comparées aux

doses journalières proposées par la FAO et l'OMS. Les comparaisons montrent qu'il n'y a pas de risque immédiat lorsque l'on consomme les poissons pêchés dans le fleuve Ouémé. Néanmoins, l'accumulation de résidus de pesticides dans l'organisme humain peut entraîner des risques à long terme.

Les résidus de pesticides identifiés dans les poissons prélevés dans les Acadjas (parc à poisson) comparés à ceux identifiés dans les poissons prélevés dans les Whédos (trou à poisson) sont pratiquement les mêmes (pp-DDE, op-DDD, pp-DDD, op-DDT, pp'DDT, α -endosulfan, lindane). Les concentrations obtenues dans les poissons (*Clarias gariepinus*, *Protopterus annectens*, *Polypterus senegalensis senegalensis*) prélevés dans les Acadjas sont supérieures à celles obtenues dans les Whédos.

Les invertébrés, comme les huîtres, sont contaminés par huit résidus de pesticides organochlorés dont la concentration maximale obtenue est de 235 ng/g de lipide

Les produits maraîchers (*Amaranthus hybridus*, *Solanum macrocarpum*, *Celosa argenta*, *Corchorus olitorius*, *Vernonia amygdalina*) et les fourrages (*Leersia hexandra*, *Ipomea fistulosa*, etc) prélevés dans les plaines inondables de Lowé sont également contaminés par des résidus de pesticides. Le nombre de résidus et les concentrations varient d'une espèce végétale à une autre. Elles se situent entre la limite de détection et 565 $\mu\text{g/kg}$ de produit.

En ce qui concerne les sédiments, les poissons et les crustacés prélevés dans le lac Nokoué (situé en amont du fleuve), ils sont contaminés par au moins 9 résidus de pesticides (pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, pp'-DDT, α -endosulfan, aldrine, dieldrine, lindane) dont les concentrations varient entre la limite de détection et 289 ng/g de lipide.

Les résultats ainsi obtenus nous ont amenée à formuler une série de recommandations et à proposer un plan d'action pour une utilisation durable des écosystèmes. L'une des principales recommandations concerne la sauvegarde de la santé des populations riveraines et celle des béninois en général. Le mode de cuisson qui permet d'éliminer une grande partie des pesticides a été proposé. En effet, les résultats montrent que la friture permet d'éliminer une quantité importante de résidus de pesticides contenus dans les espèces contaminées. A titre d'exemple, on constate une élimination d'au moins 90% de résidus de pesticides dans les poissons frits, alors que ces résidus persistent aussi bien dans les poissons bouillis que dans les poissons fumés.

ABSTRACT

The Ouémé river is Benin's longest fluvial basin (length: 510 km; surface: 50 000 km²). The Ouémé river provides drinking water, water for domestic use and water for irrigation. It is also an important means of transportation for the people of the area. It is used for commercial transport and business between the neighbouring country Nigéria and the Republic of Bénin. Its biodiversity is remarkably high, with a large variety of fish species, molluscs, shellfishs, insects, amphibians, reptiles and birds (Lalèyè et al., 2004). These biodiversity nowadays suffer from stress because of pesticide using in agriculture.

This study is carried out in order to determine the pesticide contamination and the human impact on the Ouémé river and on the Nokoué lake. So, water, sediment, aquatic species, vertebrates are analysed with gaz chromatography.

The water quality is good because the physico-chemical parameters do not influence the biodiversity of the river. The pesticide levels are below the detection limit.

Pesticide residues were found in all study areas except for one location, Tanéka-Koko.. More than twenty organochlorine pesticide residues were identified in sediment samples (pp-DDE, op-DDD, pp-DDD, op-DDT, pp'DDT, α -endosulfan, β -endosulfan, endosulfan sulfate, α -HCH, β -HCH, lindane, dieldrin, endrin, telodrin, isodrin, cis and trans heptachlorepoxyde, hexachlorbutadiene, hexachlorobenzene and octachlorstyrene). The organophosphorous pesticide chlorpyrifos, used in a new formulation to protect cotton crop, was also identified. The concentrations of organochlorine pesticides in the sediment collected between 0 and 10 cm deeper ranged from the detection limit to 810 $\mu\text{g/kg O.M.}$

The sediment samples collected in 39 cm deeper at the Bétérou and Lowé areas are contaminated by only one pesticide (pp'-DDE). The pp'-DDE levels are 38 and 111 $\mu\text{g/kg O.M.}$ The sediment samples collected at 75 cm and 105 cm in the same areas (Bétérou and Lowé) are not contaminated by the pesticide residues.

DDT, its metabolites and isomers were the most frequently identified pesticides in fish flesh; α -endosulfan, β -endosulfan, aldrin, dieldrin, endrin, lindane β -HCH and octastyren were also identified. Concentrations of pesticide residues in fish ranged from 0 to 1364 ng/g of fat. A preliminary risk assessment demonstrated that the daily

intake of chlorinated pesticides by people consuming fish from the Ouémé river still is rather low and does not present an immediate risk.

Comparison between pesticide residues in fish such as *Clarias gariepinus*, *Protopterus annectens*, *Polypterus senegalensis senegalensis* collected in the Acadjas (man made reserve) and those collected in the Whédos (hole) showed that the fish species are contaminated by the main pesticides (pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, pp'-DDT, α -endosulfan and lindane) but the pesticide levels in fish collected in the Acadjas are higher than the pesticide levels in the Whédo except the α -endosulfan levels which are higher.

Some treated fish before analysis (boiled in water, smoked, dried in sun with or without salt and cooked in oil) compared with fresh fish, generate the reduction of pesticide levels. 60% to 90% of the pesticides levels in fish cooked in oil are removed.

Invertebrates such as oysters are contaminated by eight organochlorine pesticides. The pesticide concentrations ranged from the detection limit to 235 ng/g lipid. The *Macrobrachium* collected in the Ouémé river are contaminated by low levels of pesticide (<0.1 to 85 ng/g lipid). The contaminated pesticides are: pp'-DDE, op'-DDT and α -endosulfan.

Vegetable plants such as *Amaranthus hybridus*, *Solanum macrocarpum*, *Celosa argenta*, *Corchorus olitorius*, *Vernonia amygdalina* used as food ingredients among the beninese population collected in the Lowé floodplain are contaminated by a variety of persistent organochlorine pesticides.

The *Leersia hexandra* eaten by the bovin cattle were contaminated by twelve pesticide residues and *Ipomea fistulosa* eaten by some fish species collected in the river bed are also contaminated by pesticides.

Nokoué lake is a reservoir of water flowing from the Ouémé river, sediments, fishes and shellfish were contaminated by organochlorine pesticide. The pesticide levels ranged from the detection limit to 289 ng/g lipid. The swimcrab (*Callinectes*) and oysters are also contaminated.

Our results lead us to formulate a set of recommendations and to propose an action plane for the sustainable use of the ecosystems. The important recommendation for the riverine and beninese health is how to cook the fish in order to decrease the pesticides levels. The fish cooked in oil generate a reduction of 90% whereas the fish boiled or smoked do not generate a better reduction.

INTRODUCTION GENERALE

Les pesticides sont des substances chimiques élaborées en vue de lutter contre les insectes ravageurs des végétaux ou les insectes porteurs de maladies virales ou bactériennes. Une fois qu'ils se répandent dans l'atmosphère, ces pesticides peuvent être transportés sous forme de gaz sur de longues distances, ou se fixer sur les particules de poussière. Bonderf et al. (1983) ont démontré qu'entre 10% et 90% du volume de pesticide appliqué s'évapore dans l'air, même dans le cas d'une substance à basse volatilité.

Le Bénin, comme la plupart des pays Africains, est un pays dont l'économie dépend de l'agriculture. Le souci d'augmenter la production et la productivité agricoles fait que les paysans utilisent beaucoup de pesticides chimiques de synthèse et d'engrais minéraux. Ces produits chimiques de synthèse sont utilisés non seulement pour la culture de coton mais également pour les cultures vivrières (telles que le niébé), les cultures maraîchères, etc. Les pesticides appliqués dans un but spécifique peuvent avoir des effets sur les espèces non ciblées entraînant des effets indésirables.

Des observations faites lors d'une tournée exploratoire nous ont permis de constater que des populations ont adopté certaines pratiques à risque. C'est le cas de certains emballages (bidons et bouteilles) de pesticide qui sont rincés dans les cours d'eau; des pesticides qui sont directement versés dans les eaux pour pêcher. Ce qui constitue une sérieuse menace pour l'environnement et pour les hommes. En effet, la présence des pesticides dans les eaux de surface ou dans les eaux de boisson a une répercussion sur la santé des animaux et des hommes.

Les pesticides peuvent entraîner la disparition des espèces. Il a été constaté, en Europe, le déclin de *Accipiter nescius* et de *Falco peregrinus* dû à une exposition au DDE (Ratcliffe 1980). Jeff B., Willey et Patrick H. Krone, (2000) ont conduit une étude qui a montré que les gonades sont les organes les plus touchés lorsque les poissons sont soumis aux pesticides. L'endosulfan entraîne l'inhibition des testicules chez les poissons mâles suivie d'un changement morphologique (par exemple une atrophie des tubules et une dégénérescence du sperme et des spermatides chez les poissons mâles (Wester 1991 ; Srivastata et Srivastata 1994).

Au Bénin, de nombreux cas d'intoxications individuelles ou collectives liées aux pesticides sont enregistrés chaque année (CARDER ATACORA et BORBOU 1999, 2000) ; (OBEPAB 000). Les traitements phytosanitaires se font souvent sans aucune forme de protection (pas de gants ni de casque).

C'est pour apporter notre contribution à la connaissance des risques liés à l'utilisation des pesticides sur le fleuve Ouémé et le lac Nokoué que nous avons choisi de mener la présente étude intitulée : <<Les résidus de pesticides chimiques de synthèse dans les eaux, les sédiments et les espèces aquatiques du bassin versant du fleuve Ouémé et du lac Nokoué>>.

Le présent travail est divisé en quatre grandes parties :

- la première partie est consacrée à la présentation du cadre théorique et à la revue de la littérature ;
- la deuxième partie expose la démarche méthodologique utilisée pour vérifier l'hypothèse de recherche ;
- Dans la troisième partie sont présentés les résultats et les discussions des différentes analyses effectuées au niveau des différents compartiments de l'écosystème et au niveau des espèces aquatiques du fleuve et du lac ;
- la quatrième partie est consacrée aux mécanismes qui contribuent à la pollution du fleuve, aux impacts négatifs des pesticides sur le fleuve, aux suggestions, à un plan d'action environnemental et enfin aux perspectives de recherche.

.

PREMIERE PARTIE
PRESENTATION DU CADRE THEORIQUE
ET REVUE DE LA LITTERATURE

1-1 Présentation du cadre théorique et revue de la littérature

1-1-1 Présentation du cadre théorique

1-1-1-1 Interêt du sujet

Le fleuve Ouémé est le plus important cours d'eau naturel de la république du Bénin. Le complexe lagunaire lac Nokoué lagune de Porto-Novo et de Cotonou est le plus important plan d'eau continental du Bénin du point de vue de son étendue, de sa productivité et de son exploitation. L'importance du fleuve et du lac Nokoué réside dans leurs richesses spécifiques et leur contribution à l'économie nationale. En effet, les deux principaux affluents de l'Ouémé (l'Okpara et le Zou) comptent 123 espèces de poissons. Sa biodiversité est remarquablement élevée avec d'importantes variétés de poissons, de mollusques, d'insectes, d'amphibiens, de reptiles et d'oiseaux (Lalèyè 2004). La production annuelle de poissons tourne autour de 37 500 tonnes dont 6000 tonnes en provenance des « acadjas » (Direction de la pêche 1990, 1998). Selon Lalèyè (2000), le lac Nokoué serait la lagune la plus productive de l'Afrique de l'Ouest avec un rendement d'une tonne de poissons par hectare. En dehors de la richesse spécifique, le fleuve Ouémé et le Lac Nokoué sont utilisés pour la pêche, l'agriculture et la pisciculture. Dans la vallée de l'Ouémé par exemple, la pêche est pratiquée durant toute l'année par toutes les tranches d'âge de la population : elle occupe 4 283 pêcheurs à plein temps et 13 000 pêcheurs de façon saisonnière (Direction des pêches 1997).

Ces plans d'eau jouent par conséquent un rôle non négligeable dans l'alimentation de la population en fournissant des poissons, huîtres, crabes et crevettes qui constituent les principales sources de protéines d'origine animale et de vitamines pour les béninois.

C'est dire donc qu'une contamination de ces écosystèmes aurait de lourdes conséquences pour tout le pays.

1-1-1-2 Problématique

La nécessité d'améliorer les rendements d'une part, et les effets spectaculaires des pesticides sur les ravageurs d'autre part, sont à l'origine de l'utilisation massive des pesticides. Aux importations officielles de pesticides s'ajoutent d'autres quantités importées de manière illicite par les paysans et les commerçants.

Au Bénin, les pesticides sont utilisés non seulement pour la production de coton mais également pour les cultures vivrières telles que le niébé, le maïs, les produits maraîchers.

Les quantités de pesticides importées et utilisées au Bénin ont considérablement augmenté. Ainsi avec le boom du secteur cotonnier dans les années 90, les quantités de pesticides utilisées pour la culture cotonnière sont passées de 1.100.000 litres en 1990 à environ 2.500.000 litres en 2000, soit une augmentation de plus de 110 % en dix ans (figure 1).

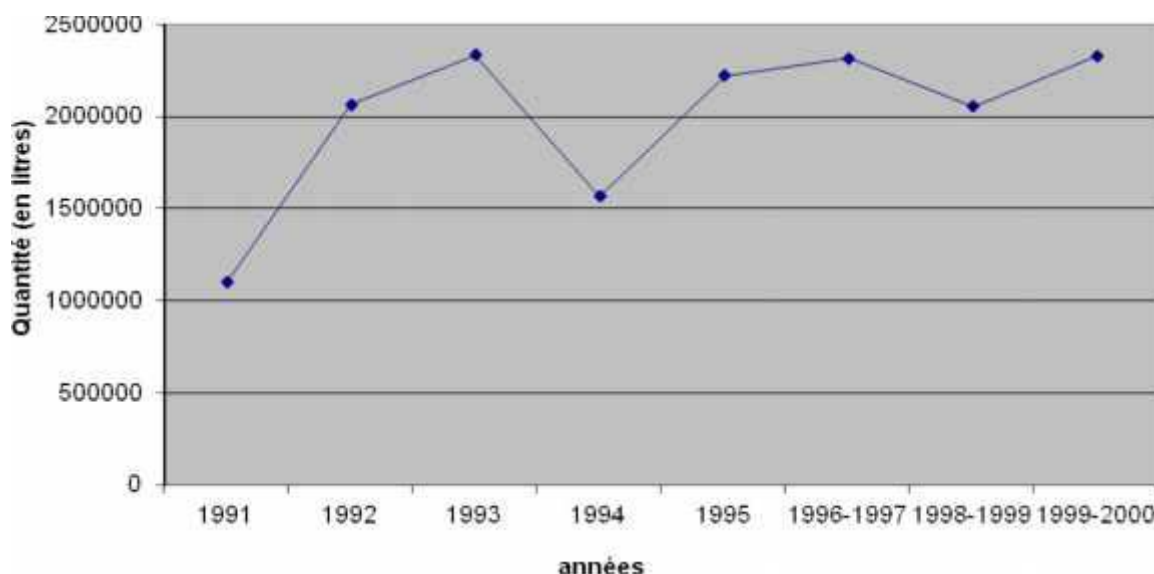


Figure 1 : Quantité de pesticides utilisée pour la culture de coton de 1990 à 2000

La résistance des ravageurs du cotonnier aux pesticides organophosphorés et aux pyréthrinoides a amené les autorités béninoises à introduire l'endosulfan en substitution, qui est à la base de nombreux cas de décès enregistrés annuellement. Au cours de la campagne agricole de 1999, plus d'une cinquantaine cas de décès ont été recensés dans les départements de l'Atacora et du Borgou (CARDER ATACORA et BORGOU, 2000). Le tableau 1, ci-dessous indiqué, illustre les cas d'intoxication et de décès enregistrés dans les Départements du nord du Bénin.

Tableau I: Cas d'empoisonnements enregistrés au Bénin en 2000 dans quelques régions traversées par le fleuve Ouémé.

Commune	Nombre de personnes empoisonnées	Nombre de morts	Total
Banikoara (28% de cas aigu)	67	0	67

Nikki	51	4	55
Ségbana	23	0	23
Kandi	22	0	22
Karimama	20	4	24
Malanville	14	1	15
Kalalé	13	1	14
N'dali (50% de mort)	12	8	20
Tchaourou	8	0	8
Pèrèrè	6	1	7
Bembèrèkè	5	0	5
Parakou	4	1	5
Total	245	24	269

Source : Tovignan 2000 (OBEPAB)

La durabilité des ressources naturelles est mise en cause même si l'effet des pesticides sur les ravageurs des cultures conduit à l'amélioration des rendements. Les pesticides utilisés portent préjudice à la survie des espèces, à l'environnement et à la santé humaine.

En effet, après utilisation, les résidus de pesticide sont introduits dans les eaux de surface par ruissellement et par lessivage, provoquant la dégradation de l'habitat des espèces, des modifications morphologiques et physiologiques de ces dernières, ou même dans certains cas la raréfaction voire la disparition des espèces.

L'augmentation sans cesse croissante des superficies emblavées de coton dans les régions situées le long du fleuve Ouémé, le recours presque systématique aux pesticides sur des cultures autres que le coton, la persistance de mauvaises pratiques de pêche par utilisation de plantes toxiques et de pesticides (cas du DDT) dans les fleuves et lacs soumettent les écosystèmes à de grands risques d'intoxication. Or en ratifiant la convention de Rio de Janeiro en 1992 sur la biodiversité, le Bénin a pris un engagement pour une gestion durable des ressources vivantes renouvelables.

Du fait de l'importance socio-économique du fleuve Ouémé et du lac Nokoué, leur pollution par les pesticides porterait atteinte à la diversité spécifique, à l'abondance des organismes aquatiques et à la santé humaine. L'homme étant situé au sommet de la chaîne

alimentaire, il est loin d'être à l'abri de cette contamination. En effet, l'absorption d'aliments contaminés constitue un danger permanent pour la santé humaine.

Au regard de ce qui précède, il est alors nécessaire d'étudier l'effet de l'utilisation des pesticides sur les ressources naturelles aquatiques en général, du fleuve Ouémé et du lac Nokoué en particulier, afin de voir son impact sur la santé des populations et pour sensibiliser l'opinion publique et les décideurs politiques sur les dangers liés à l'utilisation non contrôlée des pesticides. Le tableau 2 donne une idée des superficies emblavées pour la culture de coton dans les sous-préfectures que traverse le fleuve.

1-1-1-3 Objectifs

1-1-1-3-1 Objectif général

L'objectif général de ce travail est de mesurer la contamination du bassin versant du fleuve Ouémé et du lac Nokoué par les pesticides chimiques de synthèse, déterminer les causes, les conséquences et proposer un plan d'action environnemental pour une utilisation durable de l'écosystème.

1-1-1-3-2 Objectifs spécifiques :

Les objectifs spécifiques découlant de cet objectif général sont :

- identifier les différents pesticides qui ont contaminé le fleuve Ouémé et le lac Nokoué ;
- étudier les menaces particulières de cette forme de pollution pour certaines espèces halieutiques de grande consommation ;
- analyser la perturbation biologique et biochimique du fleuve Ouémé induite par l'utilisation des produits phytosanitaires ;
- proposer des stratégies pour un plan d'action environnemental et pour une utilisation durable de l'écosystème du fleuve Ouémé et du lac Nokoué.

1-1-1-4 Hypothèse de recherche

Les produits phytosanitaires utilisés pour la production du coton constituent une source importante de contamination du bassin versant du fleuve Ouémé, et une menace pour certaines espèces halieutiques.

1-1-1-5 Cadre conceptuel

Les pesticides utilisés pour lutter contre les insectes nuisibles et pour des fins agricoles présentent des risques aussi bien pour l'homme que pour l'environnement. Les pesticides volatilisés dans l'air après épandage contaminent l'air, l'atmosphère avec un risque de déplétion de l'ozone. La pollution de l'air peut entraîner des maladies respiratoires. Les pesticides dissipés dans l'air peuvent être déposés dans les cours d'eau par le vent ou par la

pluie. Ceux qui sont fixés sur le sol après épandage peuvent ruisseler vers les cours d'eau. Dans les écosystèmes aquatiques, les pesticides peuvent se fixer sur les sédiments ou s'accumuler dans les espèces aquatiques. Les pesticides fixés sur le sol peuvent contaminer les eaux souterraines par percolation. La contamination du sol et des eaux par les pesticides constitue des risques pour la biodiversité terrestre, aquatique et pour les êtres vivants en général. Il existe des relations entre les différents éléments qui composent un écosystème. Toute intervention dans un système engendre des modifications ou des perturbations dans l'autre système. Pour satisfaire ses besoins vitaux, l'homme utilise des pesticides qui affectent non seulement les écosystèmes dans lesquels ils sont utilisés, mais ces pesticides constituent pour lui même des risques (Schéma 1).

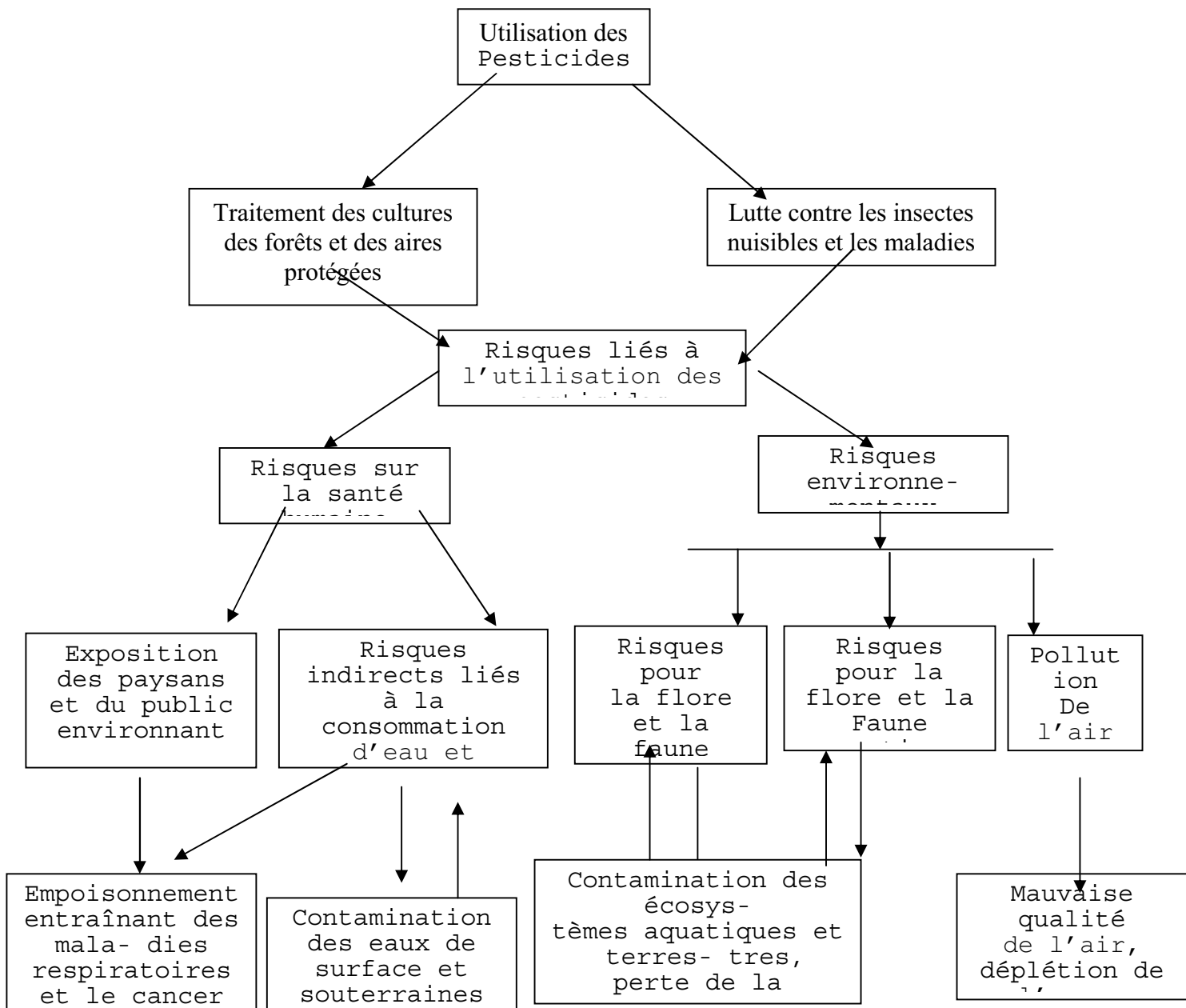


Schéma 1 : Relations entre les pesticides utilisés, les risques sur la santé humaine et les impacts environnementaux.

1-1-1-6 Zone d'étude

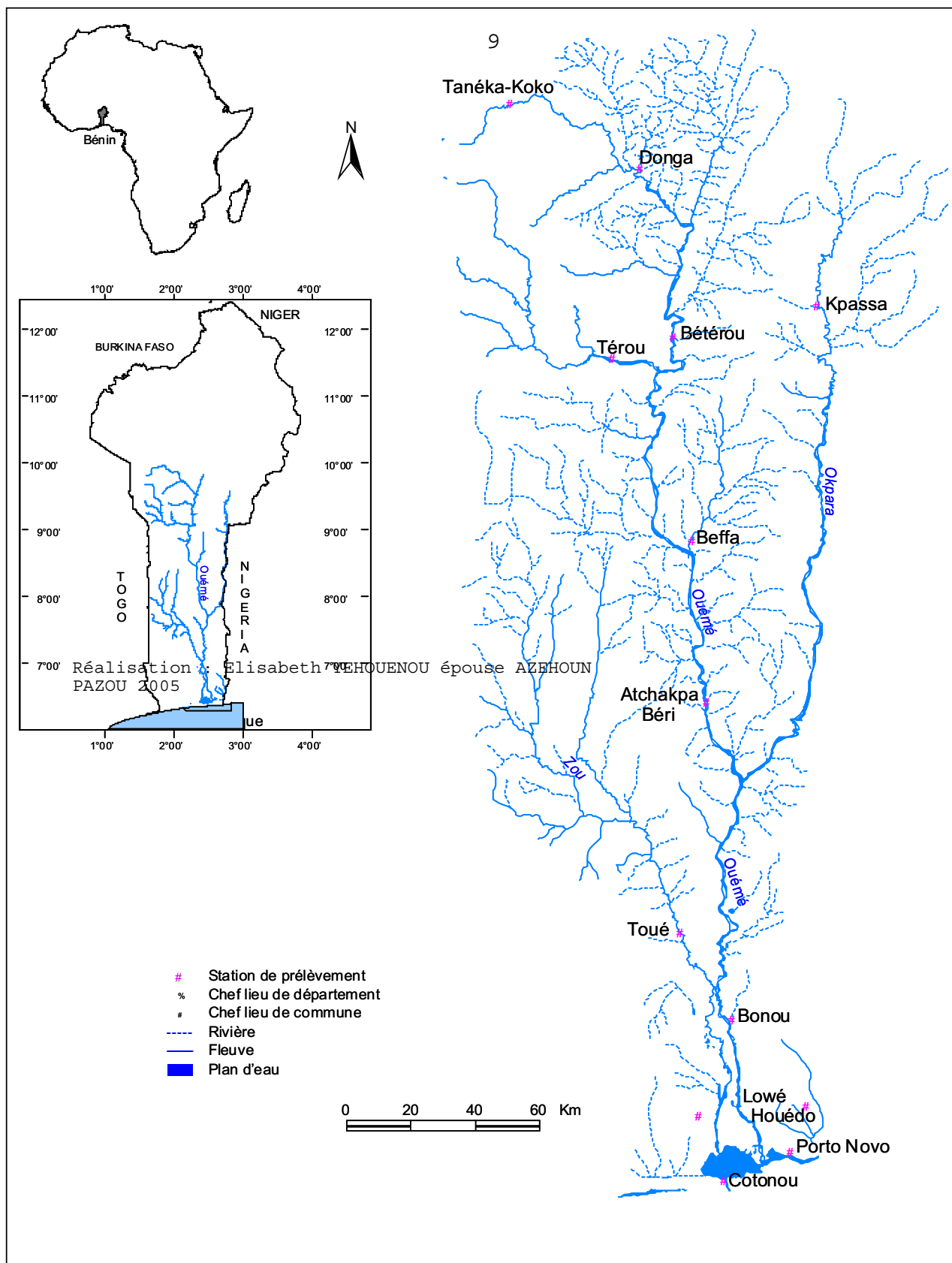
Le Bénin bénéficie d'un important réseau de cours d'eau permanents répartis sur l'ensemble du pays en cinq bassins hydrographiques principaux dont le bassin fluvial du Mono, du Couffo, du Niger, de la Volta et de l'Ouémé (Adam et al. 1983; Balarin 1984).

Le cadre de notre étude est le bassin versant du fleuve Ouémé et le lac Nokoué.

Le fleuve Ouémé a une longueur de 510 km et couvre une surface de 50.000 km². Il prend sa source au nord du pays (environ de 9°51 NS) dans les massifs de l'Atacora. Il se jette dans l'Océan Atlantique en passant par le lac Nokoué et le chenal de Cotonou. Ses deux principaux affluents sont le Zou (150 km) et l'Okpara (200 km). Il traverse plusieurs zones agricoles situées de part et d'autre du fleuve.

1-1-1-6 -1 Bassin versant du fleuve Ouémé

Situé entre 6°30 et 10° de latitude Nord, l'Ouémé est le plus important cours d'eau du Bénin, avec une longueur de 510 Km. Il prend sa source au Nord du pays dans le Département de l'Atacora et coule jusqu'au sud où il alimente le système lagunaire du lac Nokoué et de la lagune de Porto-Novo. Son bassin versant occupe une superficie de 50.000 km² dont la plus grande partie s'étend sur une périplaine granito-gnésique qui se termine un peu au nord de la route Bohicon Zangnanado. Le fleuve Ouémé déplace 5,2 milliards de m³ d'eau par an (Balarin 1984) et son débit pendant les périodes de grandes crues peut dépasser 2.000 m³.s⁻¹. En période de basses eaux, ce débit est réduit à environ 10 m³. s⁻¹ (Balarin 1984). Après sa confluence avec le zou, l'Ouémé entaille les formations du continental terminal. La pente devient extrêmement faible environ 5 m de dénivelée sur 85 Km (Luc le Barbé et al. 1993). L'Ouémé déverse ses eaux au Nord-Ouest du lac Nokoué au niveau de la cité lacustre de Ganvié (Carte 1).



Carte 1 : Le bassin versant du fleuve Ouémé et les différentes stations de prélèvement

Selon le Barbé et al. (1993), le bassin de l'Ouémé est divisé en trois parties :

- le bassin de l'Ouémé supérieur situé sur le socle précambrien,
- le bassin de l'Ouémé inférieur localisé sur les formations sédimentaires,
- le delta de l'Ouémé qui est une plaine inondable.

1-1-1-6 -1-1 Bassin de L'Ouémé supérieur

- La Géomorphologie du bassin supérieur

Il est situé entre 7°58 et 10°12 de latitude Nord et 1°35 à 3°05 de longitude Est. Il est limité au Nord par le bassin de l'Alibori, à l'Ouest par la chaîne de l'Atacora et à l'Est par le bassin de l'Okpara. L'altitude moyenne est de 310 mètres. Il constitue la plus grande partie du bassin (46.500 km²) et se termine au nord de la route de Zangnanado (Colombani et al. 1972 ; Lang et Paradis 1977).

- Climat

Le bassin versant de l'Ouémé supérieur bénéficie d'un climat tropical sub-humide caractérisé par un régime unimodal avec une saison de pluie et une saison sèche. Cette zone est dominée par deux types de vents : un vent humide venant de l'océan (mai à octobre) et un vent sec venant du Sahara ou harmattan (novembre à avril). Les moyennes pluviométriques de certaines stations de la vallée supérieure sont élevées : 1378,9 mm à Djougou, 1182,1 mm à Parakou. Les pluies tombent d'avril-mai à septembre-octobre, soit cinq mois en moyenne. Les précipitations débutent progressivement à la deuxième décennie d'Avril, mais s'arrêtent brutalement à la fin du mois d'octobre (Gbatcho 1992).

- Hydrographie

Le réseau hydrographique de l'Ouémé supérieur est divisé en trois entités orientées nord-sud :

- . le réseau rive gauche, situé à l'est de l'axe nord-sud
- . le réseau nord-ouest situé sur les flancs des reliefs de l'Atacora
- . le bassin du Zou.

Le réseau rive gauche

Les rivières suivent la direction nord - sud imposée par les formations du socle. Les pentes sont relativement importantes (1 à 2m/ Km). Ces pentes peuvent s'accroître au passage

d'accidents géologiques. Parmi les affluents les plus importants, on peut citer :

- . l'Alpouro 2010 Km² pour une longueur de 86 Km,
- . le Yérou-marou 2590 Km² pour une longueur de 120 Km,
- . la Beffa 1990 Km² pour une longueur de 78 Km,
- . l'Okpara plus de 10 000 Km² pour une longueur de 362 km.

Le réseau nord-ouest

Il est situé sur les flancs du massif de l'Atacora au nord et d'Aledjo à l'ouest. Les pentes sont de 1 à 2 m / km. Les rivières les plus importantes sont :

- . l'Affon 4320 Km² pour une longueur de 152 Km
- . la Donga 1285 Km² pour une longueur de 74 Km,
- . la Wèwè 617 Km² pour une longueur de 49 Km,
- . la Térrou 3320 Km² pour une longueur de 139 Km,
- . l'Odola 1076 Km² pour une longueur de 74 Km,
- . l'Adjiro 2151 Km² pour une longueur de 160 km.

Bassin du Zou

Il est constitué de 2 axes sensiblement parallèles (le Zou 8440 Km² pour une longueur de 250 Km, l'Agbado 2703 Km² pour une longueur de 109 Km). Les pentes sont relativement importantes (4m/Km) sur les 10 Km de leur parcours, puis deviennent très modérées (< 1m/Km). Les autres rivières du bassin sont: l'Otio 442 Km² ; le Kouffo 806 Km² ; l'Agbla 479 Km².

- Pédologie

On distingue des sols ferrugineux tropicaux, des sols hydromorphes, des sols brun rougeâtre caillouteux, des cuirasses ferrugineuses du plateau sédimentaire, des affleurements rocheux.

1-1-1-6 -1-2 Bassin inférieur et Delta de l'Ouémé

- Géomorphologie du bassin inférieur

Il est situé entre les parallèles 6°22 et 7°16N et les méridiens 2° et 1°50 E. La séparation entre le bassin supérieur et le bassin inférieur de l'Ouémé est marquée par le passage brusque du socle précambrien aux terrains sédimentaires de la zone côtière. La basse vallée

de l'Ouémé est limitée à l'Est par le bassin de la Yema au Nigéria, à l'Ouest par le bassin du Couffo, au Nord par les affleurements rocheux. Après la confluence avec le Zou, l'Ouémé entaille les formations du continental terminal. La pente devient extrêmement faible (5m de dénivelée sur 85 km).

Le delta de l'Ouémé est un couloir alluvionnaire long de 90 km dont la largeur varie entre 10 km au nord et 25 km au sud ; il se présente comme une large zone inondable. La pente est de quelques centimètres par kilomètre.

- Climat

Cette zone est caractérisée par un climat sub-équatorial à forte variabilité interannuelle. L'humidité relative reste constamment élevée 71%. La température moyenne annuelle oscille entre 25°7 et 29°1. Les vents les plus forts soufflent de Juillet à Septembre (5,26 m/s). Les précipitations s'étalent sur 6 à 8 mois. Les hauteurs de pluie sont très variables d'une année à une autre. On distingue deux saisons sèches et deux saisons de pluie. La vallée de l'Ouémé est une zone régulièrement inondée (8 mois sur 12). Cette inondation est accentuée par les pluies du Nord qui viennent grossir le débit du fleuve (carte 1).

- Hydrographie

Le réseau hydrographique est complexe. Il est constitué de deux axes parallèles. Une rivière la Sô, en rive droite, a un cours parallèle à l'Ouémé avec les rivières comme la Zounga, l'Agbagbé, l'Ouovi et la zouvi qui servent tantôt d'affluents et de défluent. La Sô et l'Ouémé se jettent dans le lac Nokoué aux environs de Ganvié et à l'ouest de Porto-Novo. Le lac Nokoué communique avec la mer par le chenal de Cotonou et par les lagunes de Porto-Novo au Bénin et de Lagos au Nigéria.

- Pédologie

Le bassin sédimentaire est constitué de sols hydromorphes minéraux. On distingue deux sous-classes :

- . les sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley localisés sur les bourrelets de berge : ils sont inondés en période de crue. Toutes les cultures annuelles vivrières y sont permises,
- . les sols hydromorphes minéraux à gley : ils occupent les zones les plus déprimées de la vallée. Le riz est la seule culture capable de valoriser ces supports longuement engorgés.

1-1-1-6 -1-3 Relevé floristique de quelques stations des bassins de l'Ouémé supérieur et de l'Ouémé inférieur

Les transepts réalisés, les prélèvements et l'identification de spécimens de végétaux ont permis de constater que les végétations dominantes dans les pêcheries sont les graminées, les cypéracées et les ligneux. La physionomie des formations végétales varie d'une station à une autre. Les différences de composition spécifique entre stations seraient liées à la nature du substrat, au régime hydrologique et à l'importance des actions anthropiques au niveau de chaque station.

La station de Kpassa présente une vaste étendue de prairie marécageuse avec des végétaux flottants, suivie d'une savane herbeuse dégradée. Deux types de végétaux sont identifiables :

- les végétaux semi-aquatiques représentés par deux espèces, *Echinochloa stagnina* et *Cyperus difformis*
- les végétaux aquatiques représentés par *Nymphaea lotus* et *Ceratophyllum demersum*.

A Atchakpa Béri le lit du fleuve entretient une galerie forestière à laquelle fait suite une savane herbeuse dégradée.

A Toué, on observe une savane arbustive dégradée avec par endroits des arbustes qui longent le lit de l'affluent.

La station de Bonou est caractérisée par la présence par endroits de portions de terre due au retrait de l'eau pendant la période de décrue. Sur ces bandes de terre, se font les cultures vivrières maraîchères et cotonnières. Ces bandes de terre disparaissent pendant la période de crue.

La station d'Agonlin Lowé est comparable à celle de Kpassa avec une végétation réduite à la présence de quelques arbustes ayant survécu aux effets néfastes des actions anthropiques à savoir les pratiques des « acadjas » et surtout la mise en culture de toute la zone en période de décrue.

1-1-1-6 -1-4 Pêcheurs et activités de pêche le long du fleuve Ouémé

Il est difficile d'évaluer les populations qui exploitent le fleuve Ouémé. On distingue trois catégories de pêcheurs :

- les pêcheurs béninois professionnels ayant comme seule activité la pêche,
- les pêcheurs béninois ayant d'autres activités comme l'agriculture, l'élevage et le maraîchage,
- les pêcheurs saisonniers venant du Nigéria, du Niger, du Ghana, du Burkina-Faso et du

Mali.

Dans les pêcheries de l'Okpara, les pêcheurs sont des étrangers, des fons et des Baribas. Les pêcheurs étrangers se regroupent dans des campements.

Le tableau 2 ci-dessous donne une idée des quantités de poissons pêchés par an et par espèce le long du fleuve.

Tableau II : Les quantités de poissons pêchés par an et par espèce dans le fleuve Ouémé.

Les quantités sont exprimées en tonne

Année Espèces	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Cichlidae	190.7	18.1	52.2	309.5	285	343.7	444.2	-	180.4
Claroteidae	193.8	24.4	69.5	75.7	110.9	66.6	97.4	-	113.2
Clariidae	1013.1	1098.2	876.7	981.7	1079.8	1399.6	1442.4	-	1256.2
Parachama	127.9	71.4	73.9	123.6	112.5	187.7	161.4	-	186.6
Mormyridae	183.7	74.3	17	21.2	45.5	98.3	70.2	-	36.6
Mochokidae	132.5	57.8	16.9	19	10.7	65.4	58.4	-	80.8
Protopteridae	128.9	34.2	42.9	90.6	119.9	108.9	60.3	-	182.4
Schilbeidae	109.2	103.7	24.7	48.2	35.5	131	85.7	-	33.7
Osteoglossidae	221.5	82.4	63.6	92.3	90.7	113.7	118.9	-	204.3
Total	2031.5	1564.5	1237.4	1761.8	1890.5	2514.9	2538.9	2331	2274.2

Source : Direction de la pêche (1990-1998).

1-1-1-6 -1-5 Engins et techniques de pêche

Les pêcheurs qui exploitent le fleuve Ouémé utilisent une diversité d'engins et techniques de pêche dont les principaux sont :

- les filets maillants à maille variable ;
- les filets éperviers utilisés dans les plaines inondables dont les mailles varient de 10 à 25 mm,
- les pièges (nasses et barrages) fabriqués à l'aide de matériaux locaux de tailles variables.
- les lignes de fond et les palangres.

La pratique de pêche la plus courante consiste en la pose de barrages dans les lits mineurs pour emprisonner les poissons qui migrent vers l'aval. En dehors de ces techniques de pêche ci-dessus décrites, les pêcheurs du sud-Bénin ont mis au point d'autres techniques traditionnelles à savoir : les Acadjas et les Whédos.

Les Acadjas sont des parcs-refuges en branchages ou en bois fixés dans le fonds du fleuve qui permettent d'attirer et de concentrer les poissons avant qu'on les pêche. L'acadjia enrichit les eaux grâce à la décomposition des branchages et végétaux flottants et permet au poisson de se nourrir et de s'abriter des prédateurs.

Les Whédos sont des tranchées ou trous creusés dans les parties basses de la plaine d'inondation. Ces trous se remplissent d'eau pendant les crues avec un empoissonnement naturel à cette période. Pendant la décrue, les poissons qui seraient morts du fait du dessèchement se retirent dans les whédos pour continuer à bénéficier de l'humidité et y sont emprisonnés pendant des mois.

Outre la pêche, les populations riveraines du fleuve Ouémé s'adonnent à d'autres activités. Il s'agit de l'agriculture (notamment de décrue), l'élevage de la volaille, des porcins et des caprins, le maraîchage et la commercialisation des produits halieutiques.

1-1-1-6 -1-6 Distribution et commercialisation des produits halieutiques

Une partie des captures est réservée pour l'autoconsommation du pêcheur ; le reste est livré aux populations riveraines (des plans d'eau) et celles d'ailleurs grâce à une multitude de circuits de commercialisation. Au nord le reste des poissons est vendu aux mareyeurs. Dans le sud, les femmes font partie des acteurs impliqués dans la pêche. Ces femmes, qu'elles soient épouses ou non des pêcheurs, ont l'exclusivité du traitement, de la distribution et de la commercialisation sur les marchés locaux. La vente des poissons se fait après les négociations. Les prix varient en fonction des périodes d'abondance et sont fixés après marchandage. Les poissons, contaminés ou non, sont vendus aux consommateurs locaux. Ils peuvent être transportés vers les grandes villes. Le schéma 2 ci-dessous montre le circuit de distribution des poissons.

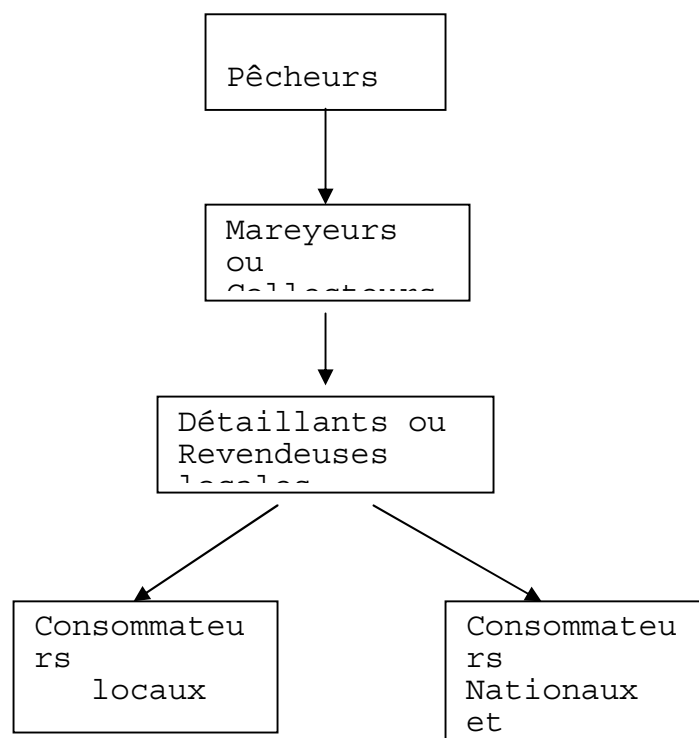


Schéma 2 : Circuit de distribution des poissons pêchés.

1-1-1-6 -2 Lac Nokoué

Situé au Sud-Est du Bénin (6°25 N, 2°26 E), le lac Nokoué a une superficie de 150 km². D'une longueur de 20 km dans sa direction Est-Ouest et d'une largeur de 11 km dans sa direction Nord-Sud, le lac Nokoué est directement relié à l'Océan Atlantique par le chenal de Cotonou qui a une longueur de 4.5 km. Le lac Nohoué communique avec la lagune de Porto-Novo par le canal de Totchè.

1-1-1-6 -2-1 Régime hydrologique du lac Nokoué

En période de crue (entre juillet et octobre), l'eau du fleuve Ouémé traverse l'ensemble du système lagunaire et le transforme en une vaste expansion fluviale. L'excédent de la crue est évacué par le chenal de Cotonou vers l'Océan.

A l'étiage (entre novembre et Mars), on note un renversement du courant. Le régime hydrologique des lagunes est sous l'influence des eaux océaniques ; le lac s'enrichit de sels

minéraux divers (chlorures et sulfates de magnésium, de sodium, de potassium et de calcium).

Le chenal de Cotonou tend à se fermer par la sédimentation sableuse ; il s'ouvre périodiquement sous l'effet des tempêtes.

Cette alternance d'isolement et de communication direct avec la mer, ajoutée à l'effet des crues naturelles des rivières Sô et du fleuve Ouémé, provoquent dans la lagune, des variations très importantes de salinité.

1-1-1-6 -2-2 Pression démographique

L'une des caractéristiques importantes de ce complexe lagunaire est l'abondance des activités humaines. La plupart des pêcheurs vivent en communautés dans les villages installés aux abords immédiats de ce plan d'eau, ou en pleine eau dans des cases construites sur pilotis (cas du village Ganvié). Dans ce cas, les rejets domestiques sont directement déversés dans le lac entraînant sa pollution et son eutrophisation.

1-1-1-6 -2-3 Activités agricoles aux abords du lac

L'agriculture est très diversifiée. Les principales cultures vivrières rencontrées sont le maïs, le manioc, l'arachide, le niébé. La riziculture est pratiquée dans la zone dite des « Aguégues ».

1-1-1-6 -2-4 Végétation

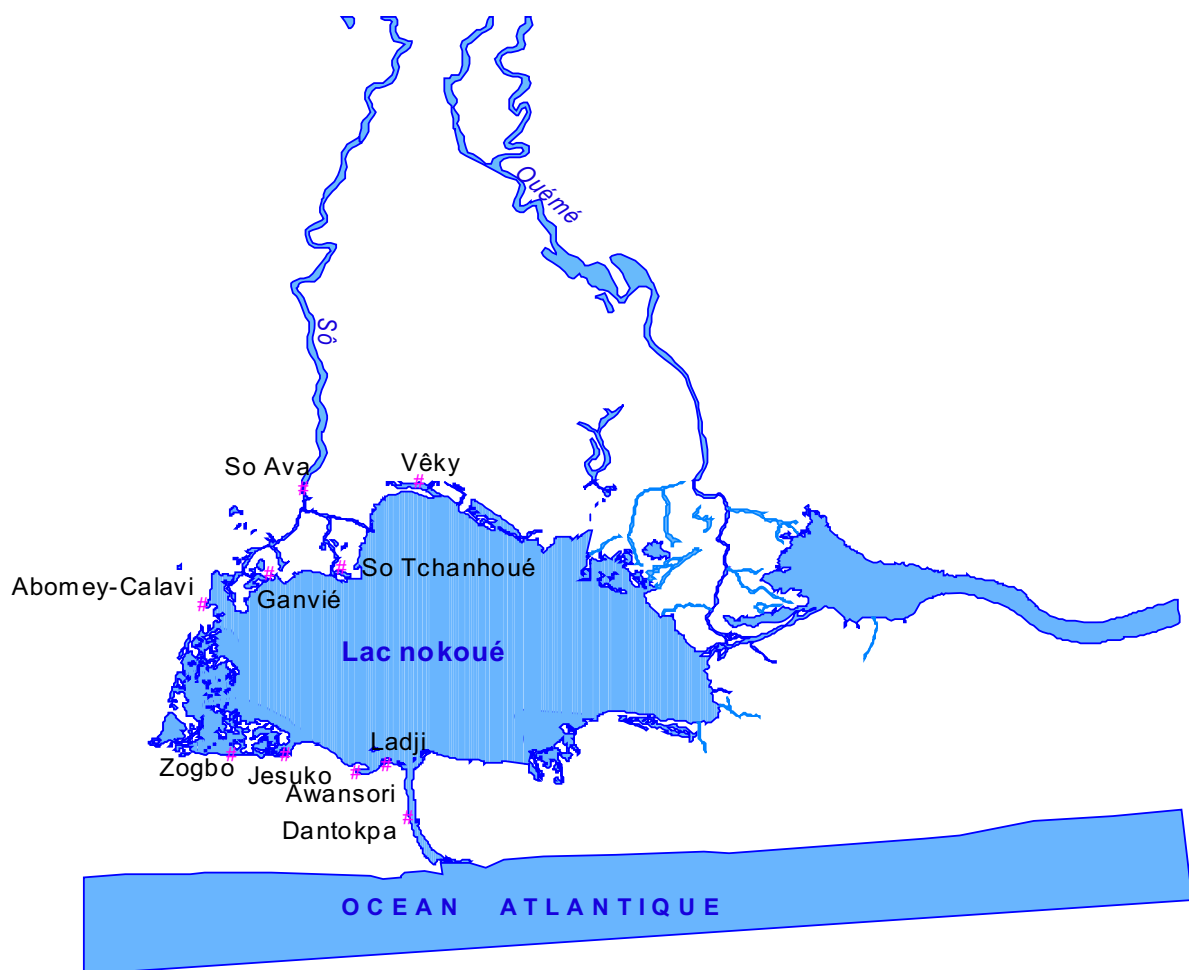
La végétation du lac est principalement caractérisée par du *Paspalum vaginatum*, graminée largement répandue dans les zones basses périodiquement inondées. Elle est favorisée par les eaux saumâtres.

Les espèces rencontrées peuvent être classées en deux sous groupes :

- les espèces des zones périodiquement inondées sous l'influence prédominante des eaux du lac, dont les plus importantes sont : *Paspalum vaginatum*, *Cyperus articulatus* L., *Phragmites australis* W.D.Clay.

- les espèces liées à des apports d'eau douce : *Eichhornia crassipes* Mart, *Crotalaria retusa* L, *Paspalum vaginatum* Sw, *Penisetum polystachion* Schum et *Pistia stratiotes*. Parmi ces végétaux, le cas de *Eichhornia crassipes* (jacinthe d'eau) est le plus préoccupant du fait de sa vitesse de prolifération et d'invasion du lac, en période de crue.

Au niveau des zones non inondées, la végétation est caractérisée par des îlots de forêts semi décidues et caducifoliées, des plantations de tecks, de filaos et de cocotiers.



Réalisation : Elisabeth YEHOUEYOU épouse AZEHOUN PAZOU
2005

Carte 2 : Le lac Nokoué et les différentes stations de prélèvement

1-1-2 Revue de la littérature

1-1-2-1 Généralités sur les pesticides

Les pesticides sont des composés généralement obtenus par synthèse chimique. Ils sont dotés de propriétés toxicologiques qui servent à lutter contre des nuisibles tels que les insectes et les rongeurs (insecticides), les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides). Les principaux pesticides utilisés sont classés dans différentes familles chimiques.

1-1-2-1 Les grandes familles chimiques des pesticides

Les grandes familles chimiques des pesticides sont :

- les acaricides qui agissent contre les petits insectes et les araignées ;
- les algicides qui agissent contre les algues ;
- les antibiotiques qui agissent contre les bactéries et les virus ;
- les bactéricides qui agissent contre les bactéries ;
- les fongicides qui agissent contre les champignons ;
- les herbicides qui agissent contre les mauvaises herbes ;
- les insecticides qui agissent contre les insectes ;
- les miticides qui agissent contre les termites ;
- les molluscicides qui agissent contre les mollusques ;
- les nématocides qui agissent contre les nématodes ;
- les rodenticides qui agissent contre les rongeurs.

1-1-2-2 Dénomination des pesticides

Quatre types de nomenclatures sont utilisés pour identifier les pesticides :

- le nom commercial, par exemple Cymbush, est donné par le fabricant. La matière active de ce produit est vendue sous différents noms commerciaux : Polytrin (Ciba-Geigy) ; Ambush, Cymbush, Cymperator, Demon, Imperator, Kalif Super (ICI) ; Cyperkill (Mitchell Cotto) ; Ripcord, Sherpa (Rhone-Poulenc) etc.
- le nom de code (nom commun) ou le nom de la matière active. Par exemple Cyperméthrine est la matière active de Azocord, de Polythrin.
- la formule chimique de la matière active : (IUPAC) RS-a-cyano-3 ou phenoxybenzyl (IRS)-cis-trans-3-(2,2-dichlorovinyl)-1,1-diméthylcyclopropane. Carboxylate par

exemple est la formule chimique de Cyperméthrine.

- le nom du groupe chimique auquel appartient le pesticide ; par exemple la Cyperméthrine est un pyréthrinoïde.

1-1-2-3 Les pesticides organochlorés

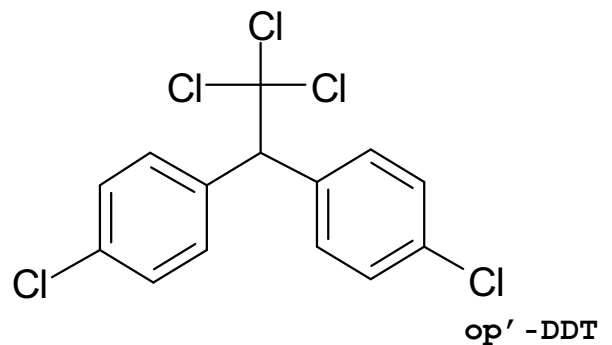
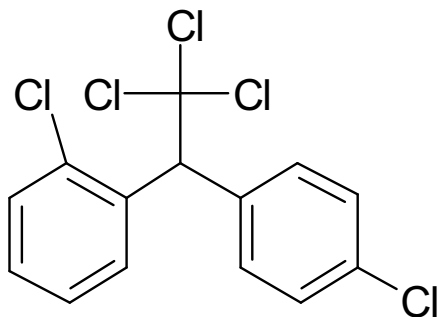
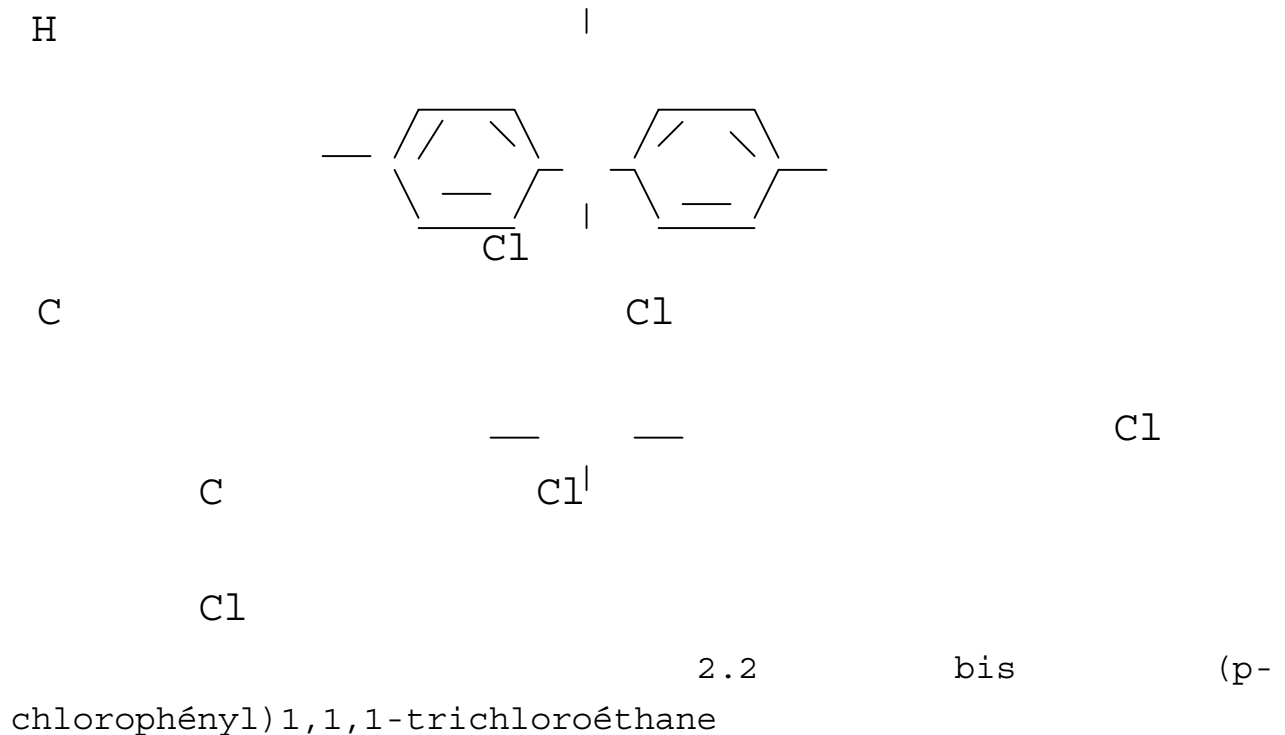
Les organochlorés les plus utilisés en agriculture sont l'heptachlore, le chlordane, l'endrine, l'aldrine, la dieldrine, l'isodrine, l'isoban, l'endosulfan, le lindane etc.

Les pesticides organochlorés sont des produits très stables qui persistent dans l'environnement et spécialement dans le sol. A cause de leur faible tension de vapeur, les concentrations des pesticides organochlorés dans l'air sont faibles. Ils sont absorbés par inhalation et par ingestion (Howard 1990 et Wayland et al. 1991). L'absorption dermale varie d'un produit à un autre. Par exemple le DDT est très peu absorbé par la peau ; par contre le dieldrin traverse facilement la peau (Howard 1990). Grâce à leur liposolubilité, les pesticides organochlorés se concentrent dans la chaîne alimentaire et s'accumulent dans les tissus adipeux de l'homme, des animaux et des oiseaux. La concentration dans les tissus adipeux atteint un niveau très élevé après ingestion d'une ou de plusieurs doses (Wayland et al. 1991). Le temps de demi-vie des insecticides organochlorés est de 10 ans ou plus (OMS, 1991). L'un des insecticides organochlorés persistants les plus utilisés est le DDT.

1-1-2-3-1 Le DDT

Nom : DDT ou Dichlorodiphényltrichloroéthane

Formule :



Dans le commerce, le DDT est vendu sous la forme de pp' -DDT, l'isomère du pp' -DDT est l'op-DDT

Mode d'action et d'utilisation

Fabriqué et distribué en 1939 par Muller (Roberts 1989), le DDT a été largement utilisé aux Etats-Unis et partout dans le monde en 1946 en agriculture et aussi dans des domaines non agricoles. Il agit sur plus de 30 espèces nuisibles (Robert 1989). Une fois introduit dans l'environnement, le DDT se fixe sur le sol. Il a une toxicité sélective sur certaines espèces comme le *Cydia pomonella* où les larves sont détruites mais l'infection

recommence parce que le DDT n'arrive pas à agir sur les œufs, ainsi l'éclosion des œufs donne naissance à d'autres insectes.

Lorsqu'on utilise le DDT dans des vergers infectés, les larves et les adultes sont tués mais le cycle recommence. Une autre expérience a montré que le DDT n'agit que sur 10 % des larves de *Agrotis ypsilon* (Robert 1989).

Toxicité pour les organismes et l'environnement

Le DDT est absorbé par ingestion et par inhalation quand il se trouve dans l'air sous forme de poussière ou d'aérosol. Cette absorption est facilitée par la présence de graisse dans la nourriture. Il est en revanche peu absorbé par la peau. L'ingestion d'une dose de 16 mg/kg de DDT peut produire des convulsions chez l'homme et l'ingestion de 30 à 40 mg/kg peut être mortelle. Le DDT agit sur le système nerveux central ou périphérique et les reins. Le foie est l'organe atteint de façon marquante. Le risque cancérigène du DDT est controversé. La dose létale moyenne (DL₅₀) du DDT pour le rat est de 113 à 118 mg/kg (Wayland et al. 1991).

La valeur guide de l'OMS (1993) en concentration du DDT, pour la vie aquatique, est de 2 µg/L. La concentration qui a des effets néfastes à long terme ou qui peut être très toxique pour l'environnement aquatique est de 0.2 mg/L

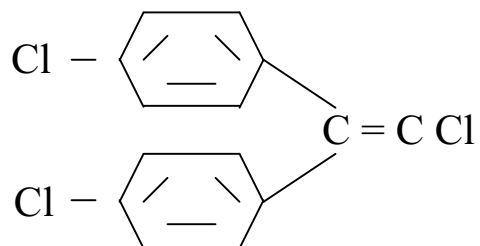
Métabolisme du DDT

Le stockage du DDT dans les tissus adipeux croît d'abord rapidement, puis plus graduellement pour atteindre un palier qui, chez l'homme, n'apparaît qu'au bout d'un an au moins. La quantité emmagasinée diminue progressivement quand l'exposition cesse. Dans l'organisme humain comme dans la plupart des espèces animales ou végétales, le DDT est métabolisé en DDE et en DDD. Le DDE est plus stable que le DDT lui-même. Le DDD est un intermédiaire dans la formation du produit principal d'excrétion, l'acide bis (chloro-4 phenylacétique) 2 (DDA).

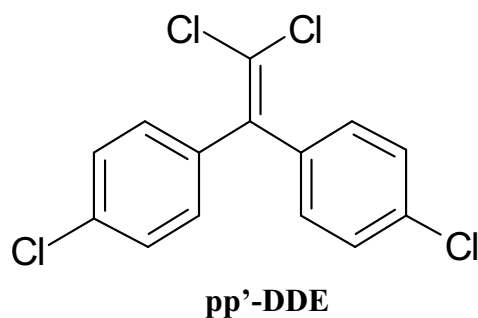
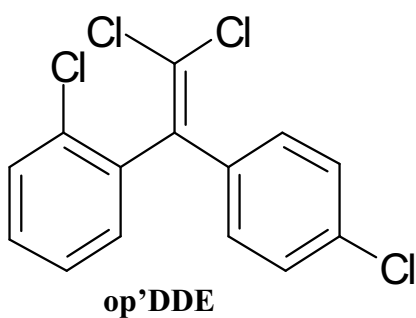
1-1-2-3-1-1 Le DDE

Nom : Dichlorodiphényldichloroéthylène

Formule :



L'isomère du pp'-DDE est l'op'-DDE.

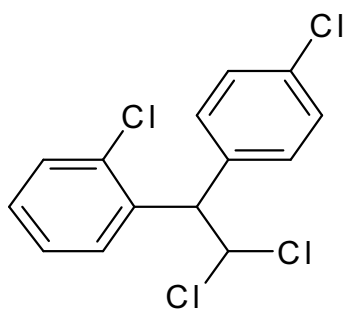
*Mode d'action et toxicité*

Le DDE est souvent détecté dans l'environnement. La concentration du DDE excède parfois celle du DDT. Il s'accumule dans le tissu graisseux comme le DDT. Le DDE est plus toxique que le DDT.

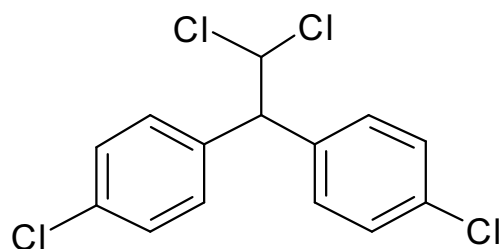
1-1-2-3-1-2 Le DDD

Nom : 2,2-bis (p-chlorophenyl)-1,1- dichloroéthane

Formule :



op' -DDD



pp' -DDD

Mode d'action et d'utilisation

Le DDD est un métabolite du DDT. Il est également fabriqué et utilisé comme insecticide. Il est moins utilisé que le DDT. Les isomères du DDD sont l'op'-DDD et le pp'-DDD. Le DDD est cancérigène chez la souris.

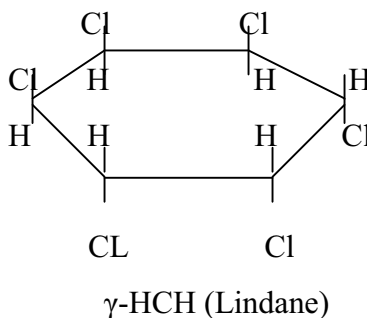
Face à l'inefficacité du DDT contre certains termites, le lindane a été substitué au DDT

1-1-2-3-2 Le lindane

Le lindane est un solide blanc, fondant à 112,5°C. Le lindane est un insecticide organochloré. Il est assez soluble dans l'eau (10 mg/L) et plus soluble dans les solvants organiques.

Nom : gamma-1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane

Formule



Mode d'action et d'utilisation du lindane

Le lindane agit efficacement sur les termites. Il est efficace pour la conservation des céréales. Le lindane est stable même à une température élevée. Des recherches ont montré que le lindane contamine l'eau et l'air en se fixant sur les particules atmosphériques ou les matières dissoutes. Il est assez volatile. Il diffuse facilement dans les eaux, s'infiltre dans le sous-sol. Il peut être absorbé par toutes les voies y compris la peau. La contamination chez l'homme se fait par ingestion d'aliments contaminés (Robert 1989). Il se concentre légèrement dans les poissons

Toxicité pour les organismes et l'environnement

Le lindane est très toxique, plus toxique que certains insecticides organochlorés dont le DDT. Il provoque la tumeur du foie chez la souris. La dose létale pour le rat, par voie

orale, est de 88-270 mg/kg (Wayland et al. 1991). Le lindane traverse le placenta et entre dans le fœtus humain (OMS 1991).

La valeur guide de l'OMS (1994) en concentration du lindane, pour la vie aquatique, est de 2 µg/L. La concentration qui a des effets néfastes à long terme ou qui peut être très toxique pour l'environnement aquatique est de 2 mg/L

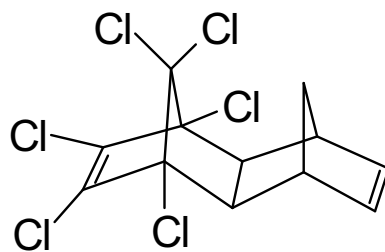
Métabolisme

Le lindane est métabolisé en un hexachlorocyclohexène intermédiaire qui se dégrade à son tour en pentachloro-2,3,4,5,6cyclo 2 hexène-ol-1, en deux tétrachlorophénols et en trois trichlorophénols. Le lindane est lentement dégradé par les micro-organismes du sol et peut être transformé en isomères alpha ou delta.

1-1-2-3-3 L'aldrine

Nom_: hexachloro-1,2,3,4,10,10-hexahydro-1,4a,5,8,8a diméthano-1,4-endo-5,8-exo naphthalène

Formule :



L'aldrine

Mode d'action et d'utilisation

L'aldrine est un insecticide persistant qui s'accumule dans les chaînes alimentaires. Elle est soluble dans l'eau et est facilement éliminée par les urines. L'aldrine peut être utilisée avec d'autres insecticides, acaricides, herbicides, fongicides et engrais. Elle est moins volatile que le lindane mais plus volatile que la diedrine (Roberts 1989). Dans l'atmosphère, l'aldrine se fixe sur les particules de poussière (Howard 1991). Elle ne s'infiltre pas dans le sous-sol.

Toxicité pour les organismes et l'environnement

L'aldrine est persistante ; elle tue les insectes lorsqu'elle entre en contact avec leur estomac. La dose létale aiguë par voie orale pour le rat est d'environ 70mg/kg.

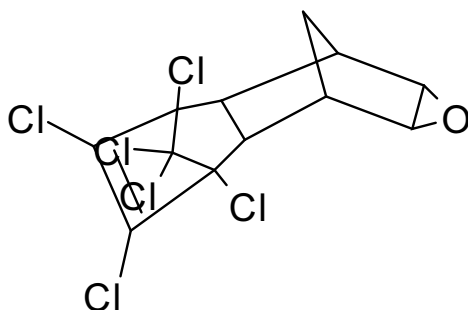
La valeur guide de l'OMS (1994) en concentration de l'aldrine, pour la vie aquatique, est de 0.03 µg/L. La concentration qui a des effets néfastes à long terme ou qui peut être très toxique pour l'environnement aquatique est de 2 µg/L

Métabolisme

La biodégradation de l'aldrine est lente ; elle se volatilise dans l'eau et la photo-oxydation est plus facile. L'aldrine est facilement transformée en dieldrine dans les organismes animaux et végétaux. On la trouve rarement sous sa forme première dans le sol, les aliments ou l'eau.

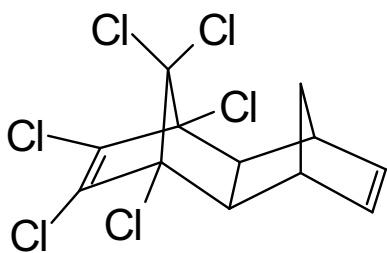
1-1-2-3-4 La dieldrine

Nom : 1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-époxy-1,8a,4,4a,5,6,7,8-octahydro-1,4-endo,oxo-5,8-diméthanonaphtalène Formule :

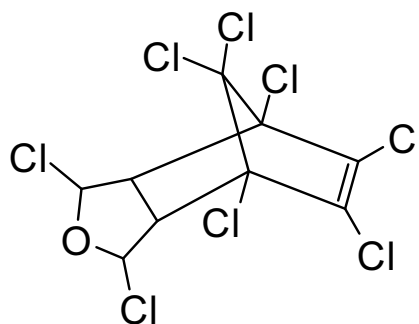


La dieldrine

Les principaux métabolites sont la télodrine et l'isodrine



Isodrine



Télodrine

Mode d'action et d'utilisation

La dieldrine dérive de l'aldrine par oxydation métabolique chez l'animal et par oxydation chimique dans le sol. Elle est un contaminant de l'air, de l'eau, des sédiments, des poissons et d'autres espèces aquatiques. Elle est peu volatile par rapport à l'aldrine ; ce qui fait qu'elle est plus persistante (Roberts 1989). La dieldrine ne s'infiltrer pas dans le sous-sol, elle atteint les eaux de surface grâce au ruissellement à partir des champs traités. Dans les eaux de surface, la dieldrine se fixe sur les sédiments, s'accumule dans les poissons et se dégrade très lentement.

Toxicité pour les organismes et l'environnement

La contamination de l'homme se fait par des aliments contaminés (Howard 1991). La dieldrine agit principalement sur le système nerveux central. Elle provoque la tumeur du foie chez la souris. La dose létale aiguë, par voie orale chez le rat, est d'environ 50 mg/kg. Brown et al considèrent qu'une concentration sanguine de l'ordre de 0.15 µg/ml constitue le seuil au-delà duquel des symptômes nerveux risquent d'apparaître.

La valeur guide de l'OMS (1994) en concentration de la dieldrine, pour la vie aquatique, est de 0.03 µg/L. La concentration qui a des effets néfastes à long terme ou qui peut être très toxique pour l'environnement aquatique est de 2 µg/L

Métabolisme

L'hydroxy-12 dieldrine est le principal métabolite de la dieldrine. La demi-vie biologique de la dieldrine chez les travailleurs exposés était de sept mois après arrêt de l'exposition. La concentration moyenne dans le sang pendant les six derniers mois d'exposition est de 0.1 mg/L.

1-1-2-3-5 L'endrine

Mode d'action et d'utilisation

L'endrine est un stéréo-isomère de la dieldrine. Elle est utilisée contre les rongeurs. Elle est persistante dans l'environnement. Appliquée au sol, elle s'adsorbe, s'immobilise et persiste pendant plus de 14 ans (Howard 1991). De petites quantités peuvent se volatiliser et peuvent être transportées par les particules de l'air. Son infiltration dans le sous-sol

dépend de la nature du sol. L'endrine se retrouve dans les eaux de surface par ruissellement.

Toxicité pour les organismes et l'environnement

L'aldrine, la dieldrine et l'endrine ont une toxicité aigue pour certains mammifères par rapport au chlordane et au DDT. L'endrine est plus toxique que la dieldrine et l'aldrine. La valeur guide de l'OMS (1994) en concentration de la dieldrine, pour la vie aquatique, est de 0.03 µg/L. La concentration qui a des effets néfastes à long terme ou qui peut être très toxique pour l'environnement aquatique est de 2 µg/L

Métabolisme

L'endrine est résistante à la biodégradation dans les eaux et dans la plupart des sols (Howard 1991). Mélangé à l'eau, l'endrine ne s'hydrolyse et ne se dégrade pas.

1-1-2-3-6 L'heptachlore

Mode d'action et d'utilisation

L'heptachlore se présente sous forme de cristaux. On l'utilise pour traiter le sol, les grains de maïs, de sorgho, etc.

Toxicité pour les organismes et l'environnement

La dose létale, par voie orale pour le rat, est de 147 à 220 mg/kg. Il est cancérigène pour les souris. Son isomère, l'heptachlore époxide, est tératogène aux lapins à une concentration de 5 mg/kg.

La valeur guide de l'OMS (1994) en concentration de l'heptachlore, pour la vie aquatique, est de 0.03 µg/L.

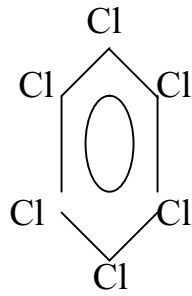
Métabolisme

L'heptachlore se métabolise en un produit encore plus toxique : l'époxide d'heptachlore.

1-1-2-3-7 L'hexachlorobenzène

L'hexachlorobenzène est un fongicide très répandu dans les eaux et les aliments.

Formule



Hexachlorobenzène

Mode d'action et d'utilisation

L'hexachlorobenzène (HCB) est un contaminant de certains pesticides. Dans l'air, il se présente sous forme de particules de poussière. La contamination humaine peut se faire par simple contact ou après exposition à l'air contaminé (Howard 1991). Appliqué sur l'eau de surface, il s'adsorbe aux matières en suspension et se fixe sur les sédiments ; ce qui peut être à la base de sa persistance. Il peut se concentrer chez les poissons et dans la chaîne alimentaire.

Toxicité pour les organismes et l'environnement

L'hexachlorobenzène est cancérigène pour la souris et le rat. Chez l'homme, il provoque des boursoufflures dermiques.

La valeur guide de l'OMS (1994) en concentration de l'hexachlorobenzène, pour la vie aquatique, est de 0.01 µg/L. La concentration qui a des effets néfastes à long terme ou qui peut être très toxique pour l'environnement aquatique est de 1 mg/L

Métabolisme

L'hexachlorobenzène est un produit stable qui résiste à la biodégradation.

1-1-2-4 Les autres pesticides

En dehors des organochlorés, les autres pesticides rencontrés sont : les cyclodiènes, les organophosphorés, les carbamates, les pyréthriinoïdes, les triazines etc.

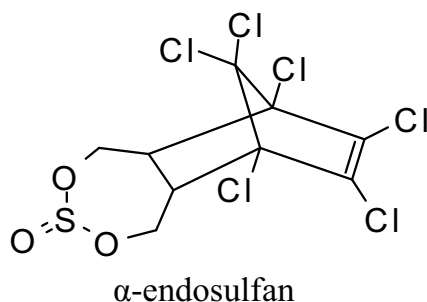
1-1-2-4-1 Les cyclodiènes

Les effets néfastes des pesticides organochlorés ont amené les agriculteurs à recourir à d'autres produits moins rémanents comme les cyclodiènes.

1-1-2-4-1-1 L'endosulfan

Nom : 6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-méthano-2,4,3-benzo(e)-dioxathiepin-3 oxyde.

Formule :



Mode d'action et d'utilisation

Décrit pour la première fois par Finfenbrink en 1956, l'endosulfan est utilisé contre les insectes nuisibles des céréales comme le riz, le maïs ; des légumes, du tabac, du thé, du café etc. Il est également utilisé pour traiter les cultures industrielles telles que le sucre et le coton. Il est volatil. Il est moins persistant que le DDT, ou l'aldrine. Contrairement aux autres pesticides organochlorés, l'endosulfan ne s'accumule pas dans les tissus adipeux.

Toxicité pour les organismes et l'environnement

L'endosulfan et ses isomères sont des contaminants de l'air, du sol, des sédiments, de l'eau, des poissons et d'autres espèces aquatiques. La contamination de l'homme se fait par ingestion d'aliments contaminés et par inhalation après une longue exposition (Howard 1991). La dose létale par voie orale pour le rat varie entre 80 et 110 mg/kg. La dose létale pour le lapin est de 359 mg/kg. La concentration létale pour les poissons est de 0.002 mg/litre d'eau.

Métabolisme

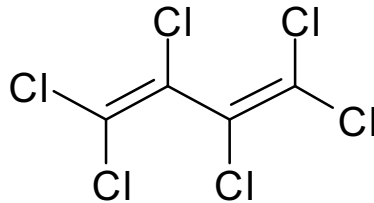
L'endosulfan est modérément persistant dans l'environnement, Le temps de demi-vie dans les champs traités est de 50 jours. En milieu alcalin, l'endosulfan s'hydrolyse, se dégrade facilement. Il est rapidement transformé en dérivés solubles.

Les deux isomères (alpha endosulfan et bêta endosulfan) se dégradent différemment En

milieu neutre, le temps de demi-vie de l'alpha endosulfan est de 35 jours et celui du bêta endosulfan est de 150 jours.

1-1-2-4-1-2 L'hexachlorobutadiène

Formule



Hexachlorobutadiène

Mode d'action et d'utilisation

Appliqué au sol, le HCBD s'adsorbe. Dans le milieu aquatique, il se fixe aux sédiments et se concentre chez les espèces aquatiques. Il est utilisé comme solvant pour les élastomères. Il a été détecté en faible concentration dans les tissus adipeux de l'homme, dans des poissons et dans le lait de vache (Taylor 2003).

1-1-2-4-2 Les organophosphorés

Les pesticides organophosphorés sont largement utilisés comme insecticides dans l'agriculture. Ce sont des produits de synthèse qui se dégradent assez rapidement dans l'environnement. Contrairement aux organochlorés, ils ne se concentrent pas dans les aliments. Ils ont des effets neurologiques et agissent sur le système nerveux central des insectes et des animaux. Ils inhibent l'acétylcholinestérase, responsable du métabolisme de l'acétylcholine qui transmet l'influx nerveux. Facilement excrétés, ils ne s'accumulent pas dans l'organisme.

1-1-2-4-3 Les carbamates

Comme les organophosphorés, les carbamates sont des pesticides facilement biodégradables, ils ne se concentrent pas dans les aliments. Ils agissent sur le système nerveux central des insectes et des animaux.

1-1-2-4-4 Les pyréthrinaïdes

Les pyréthrinaïdes sont des insecticides de synthèse, ils sont généralement biodégradables. Ils ne persistent pas dans l'environnement. Ils pénètrent dans l'organisme par ingestion ou par inhalation. L'un des pyréthrinaïdes utilisés en agriculture au Bénin est le chlorpyrifos. Le *chlorpyrifos* par exemple se retrouve dans l'environnement après application. Il s'adsorbe au sol, se volatilise (Howard, 1991). Sa persistance varie selon le type de sol et les conditions climatiques (Howard 1991). Le *chlorpyrifos* se fixe sur les sédiments et se retrouve également dans les eaux de surface. La contamination se fait par inhalation d'air et par consommation d'aliments contaminés. La dose létale, par voie orale pour le rat est de 135 à 163 mg/kg (Howard 1991).

1-1-2-5 Propriétés physico-chimiques des pesticides

Dans les écosystèmes aquatiques, les pesticides, suivant leur degré de solubilité, se dissolvent dans l'eau, se fixent sur les particules en suspension et sur les sédiments (Castro et al. 2001). Certains sont facilement dégradés par photo-décomposition : cas du malathion (Sujatha et al. 1999) ; d'autres sont influencés par les facteurs abiotiques tels que l'adsorption, la volatilisation, l'hydrolyse, la photolyse et les facteurs biotiques comme la biotransformation et la bioconcentration. Le taux de dégradation des pesticides dépend également des facteurs environnementaux comme la qualité de l'eau (pH, nitrate, ammonium, oxygène dissous), le taux de matière organique, l'intensité lumineuse et les activités microbiennes. Les propriétés physiques et chimiques de quelques pesticides et les doses journalières admissibles sont notées dans le tableau 3.

Tableau III: Propriétés physico-chimiques de quelques pesticides organochlorés et les doses journalières admissibles fixées par le comité mixte FAO /OMS.

Pesticides	Point de fusion (°C)	Point d'ébullition (°C)	Constance d'adsorption (LogKoc)	Coef de partit Octanol/eau (logKow)	solubilité eau (mg/L)	Pression de vapeur (mmHg)	Constante de Henry Law atm-m ⁻³ /mol	ADI (WHO) ng/kgbw/day
DDT	108.5-109	-	-	-	-	1.5x10 ⁻⁷	-	10 000
DDD	109-110	-	-	-	-	-	-	-
Aldrine	104	-	-	6.5	0.02	3.75x10 ⁻⁵	0.496x10	0.5
Endrine	226-230	-	4.53	4.56	0.25ug/L	3x10 ⁻⁶	7.52x10 ⁻⁶	0.006
Dieldrine	175-176	-	-	4.32	0.17	3.75x10 ⁻⁶	5.8x10 ⁻⁵	100
Isodrine	240-242	-	-	-	insoluble	-	4.96x10 ⁻⁴	-
Endosulfan	-	106°C	-	3.83	0.51(α) 0.45(β)	1x10 ⁻⁵	1.1275x10 ⁻⁵	6000
Chlorpyrifos								
Hexachloro butadiène	41-42	-	3.64-4.13	4.96	1.12	1.9x10 ⁻⁵	-	6.1-14
Heptachlo-époxide	-21	215	3.67	4.78	0.15	-	-	-
α-HCH lindane	160-161	-	-	5.40	0.200	1.95x10 ⁻⁵	3.2x10 ⁻⁵	0.467
Hexachlo-benzène	159-160	-	3.81	3.80	2.0	4.5x10 ⁻⁵	1.06x10 ⁻⁵	30
Heptachlore	113	323.-760	-	3.61	7.3; 2	5.57x10 ⁻⁵	2.92	5000
	231	323-326	-	5.31	0.0062	1.9 x10 ⁻⁵	0.0013	73
	-	-	-	-	1.65	-	-	500

Source : Elisabeth Yehouenou Azehoun Pazou 2005

1-1-2-6 Quantités de pesticides utilisés dans certains pays à travers le monde

Les produits chimiques fabriqués sont estimés entre 60 000 et 110 000 tonnes par an avec l'introduction sur le marché de plus de 1000 à 2000 nouvelles substances chaque année (Van Hattum 1995). Ces pesticides ont été intensément utilisés pendant plus de 40 ans. Par exemple aux Etats-Unis, en 1962, 160 000 tonnes de pesticides ont été utilisées pour traiter 90 millions de km². En Angleterre, pendant la même période, 260 tonnes de DDT et autres produits ont été utilisées (Robert 1990).

Selon INRA (2000), 100 000 tonnes de pesticides sont épandues chaque année dans les champs en France. Selon le rapport annuel de l'institut français de l'environnement

(Ifen), rendu public le 30 septembre 2003, les pesticides sont présents à grande échelle dans les cours d'eau et les lacs. Les pesticides ont été largement utilisés un peu partout dans le monde, les quantités de pesticides utilisées dans certains pays sont indiquées dans le tableau 4.

Tableau IV: Les quantités de pesticides utilisés dans certains pays de l'OECD (Paris et Yoka 2003)

Pays	Pesticides utilisés par an (en tonnes de matière active)			
	1985	1990	1993	1997
Australie	5,270	4,615	3,984	3,690
Canada	39,259	33,964	29,206	-
Danemark	6,863	5,65	4,103	3,765
France	98,027	97,701	91,953	109,792
Hongrie	26,342	25,501	10,195	-
Italie	-	91,680	54,928	-
Japon	99,579	92,608	87,27	84,541
Pays-Bas	21,002	18,835	11,761	10,397
Pologne	12,398	7,548	6,791	9,501
Espagne	-	39,562	29,408	34,023
Suède	3,660	2,344	1,464	1,609
Turquie	-	-	12,400	15,575
Royaume-Uni	40,826	35,858	32,400	35,432
Etats-Unis	390,894	378,636	367,863	-

Source : Elisabeth Yehouenou Azehoun Pazou 2005

1-1-2-7 Les quantités de pesticides utilisés dans quelques pays africains

Dans les pays africains, les produits d'exportation comme le coton, le café, le cacao, etc. nécessitent une utilisation accrue de pesticides. Aussi, le souci des paysans africains de livrer sur le marché international des produits d'exportation de première qualité, les amène t'il à recourir à d'importantes quantités de pesticides chimiques de synthèse.

Au Mali, entre 1972 et 1977, 130 tonnes de lindane ont été utilisées en agriculture.

Des traitements contre les oiseaux (*Quelea quelea*) ont été faits avec du fenthion dans

les zones rizicoles. En Côte-d'Ivoire, les pesticides sont très employés en agriculture ainsi, en 1976, 300 tonnes de DDT, 100 tonnes de méthylparathion et 30 tonnes d'autres composés organophosphorés ont été utilisés sur les champs de coton, et 600 tonnes de lindane sur les cacaoyers (Calamari, 1985).

Au Nigéria, les services fédéraux de lutte contre les ravageurs achètent et distribuent du diazinon, du fénitrothion, du méthidathion et du fenthion en quantités pouvant atteindre 20 000- 25 000 tonnes par an pour chacun de ces produits.

1-1-2-8 Les pesticides utilisés au Bénin et leurs évolutions

Au Bénin, les pesticides étaient utilisés dans des programmes de lutte contre les vecteurs des maladies (exemple du programme onchocercose), dans la filière café, la filière kéraf et la filière coton (DAGRI 1970). Le DDT avait été utilisé dès les années 1960 contre la malaria, les mouches Tsé-tsé (Dehoux 1993), les vers de guinée (*Dracunculus medinensis*), les Anophèles (*Gambia*) (Akogbeto et Yacoubou 1999).

L'organisation de la filière cotonnière a été mise en place au Bénin vers les années 1953 par la compagnie française pour le développement des fibres textiles (CFDT), l'institut de recherche du coton et des textiles exotiques (IRCT) et la société d'assistance technique et de coopération (SATEC). Cette production cotonnière a enregistré de nombreuses fluctuations liées à des exigences en main d'œuvre, en équipements et en fournitures d'intrants.

Dès les années 1991, avec le boom du coton devenu "l'or blanc", on a assisté à une augmentation vertigineuse de l'importation des quantités de pesticides chimiques de synthèse. Les quantités de pesticides utilisées sont exprimées en litres.

De 1990 à 1996 les quantités de pesticides importées ont doublé passant de 1 100 000 litres à 2 314 220 litres (INSAE 1998). Le volume des insecticides est passé de 150 000 litres (1991) à 808 330 litres en 1998; les herbicides sont passés de 24 000 litres (1996) à 44 125 litres en 1998 ; les fongicides de 20 000 litres (1996) à 22 800 litres en 1998. Les insecticides en poudre granulée en kg de 26 000 kg en 1995 à 38 200 kg en 1998. Ainsi de 1991 à 2000, les quantités cumulées de pesticides sont estimées à 16 256 715 litres dont 10 082 605 litres d'ULV (Ultra Low Volume) et 6 174 110 litres de CE (Concentré Emulsionnable).

Le choix du produit à appliquer et le dosage se font en fonction des ravageurs. Ainsi le Bénin est divisé en trois zones phytosanitaires :

- la zone Borgou et Atacora Nord est souvent envahie par le *Sylepta derogata*, l'*Aphis gossypii* (ravageur de feuillage), l'*Helicoverpa armigera* (ravageur carpophage) ;
- la zone Borgou et Atacora Sud est envahie par *Polyphagotarsonemus latus*, *Sylepta derogata*, *Aphis gossypii* (ravageur du feuillage) *Cryptophlebia leucotreta* et *Pectinophora gossypiella* (ravageurs carpophages),
- la zone Zou Nord est envahie par les mêmes ravageurs de feuillage et les mêmes carpophages du Sud Borgou ;
- la zone Zou sud, Mono, Ouémé et Atlantique est envahie *Polyphagotarsonemus latus*. Les autres ravageurs du feuillage à savoir : *Sylepta derogata* et *Aphis gossypii* sont des ravageurs à faibles infestations. Les ravageurs carpophages sont essentiellement composés de : *Cryptophlebia leucotreta*, et *Pectinophora gossypiella*. Trois types de molécules sont actuellement recommandés pour la protection du cotonnier au Bénin :
- les pyréthrinoides de synthèse : ces molécules ont remplacé à la fin des années 1970 les organochlorés comme le DDT, l'endrine etc. Les pyréthrinoides ont pour cibles les chenilles de la capsule (carpophages) ; Les pyréthrinoides couramment utilisés au Bénin sont la cyperméthrine, la cyfluthrine, le deltaméthrine etc.

Tableau V: Liste des pesticides pyréthrinoides vulgarisés au Bénin

Matières actives	Noms commerciaux	Fournisseurs
Cyperméthrine	Cymbush	Rhone Poulenc
//	Ripcord	Shell Chimie
//	Cypercal	Calliope
//	Polythrine	Ciba-Geigy
//	Melcyperméthrine-Melsce	Melchemie
//	Nurelle	Dow Elanco
//	Arrivo	F.M.C.
Alphacyperméthrine	Fastac	Shell Chimie
Deltaméthrine	Decis	Roussel Uclaf
Cyfluthrine	Baythroïd	Bayer

Les pyréthrinoides sont efficaces à des doses relativement faibles comparativement aux organochlorés. Afin de contrôler le complexe parasitaire au Bénin, les pyréthrinoides sont associés à d'autres pesticides organophosphorés.

- les organophosphorés acaricides

Tableau VI: Liste des organophosphorés acaricides utilisés au Bénin

Matières actives	Noms commerciaux	Fournisseurs
Triazophos	Hostathion	Hoechst
Chlorpyrifos éthyl	Dursban	Dow Elanco
Profénofos	Curacron	Ciba Geigy

L'association pyréthrinoides - organophosphorés acaricides est recommandée en début du cycle et vise à lutter contre les infestations simultanées de tarsonèmes (*Polyphagotarsonemus Latus*), de carpophages (l'*Helicoverpa armigera* et *Diparopsis sp*) et de phyllophages (*Sylepta derogata*).

Tableau VII: Les binaires acaricides à faible dose

Matières actives	Noms commerciaux	Fournisseurs
Cyfluthrine-profénofos	Cyfluthrine PF 87,2UL	Mitsui
Cyperméthrine-Chlorpirifos Ethyl	Melse et Combi	Melchemie
Lambdacyhalothrine- Triozophos	Karate Hostathion	Rhone Poulenc

Tableau VIII: Les binaires acaricides à fortes doses

Matières actives	Noms commerciaux	Fournisseurs
Deltaméthrine-triazophos	Decis T	Roussel Uclaf
Cyberméthrine-triazophos	Cymbush-hostathion	Rhone Poulenc
Cyberméthrine-triazophus	Cybermethrine-hostathion	Rhone Poulenc
Cyberméthrine-profénophos	Polytrine C 132 UL	Ciba-Geisy
Cyfluthrine- profenofos	Cyfluthrine PF 127,5	CANEC

- les organophosphorés aphicides

Tableau IX : Liste des organophosphorés aphicides

Matières actives	Noms commerciaux	Fournisseurs
Diméthoate	Daphene Fort	Rhone Poulenc
	Diméthoate	Rhone Poulenc
Ométhoate	Folimat	Bayer

L'association des pyréthrinoides avec les organophosphorés aphicides est recommandée en fin de cycle contre les carpophages et les pucerons. Le positionnement de ces différentes associations varie selon les zones écologiques.

Tableau X: Liste des binaires aphicides

Matières actives	Noms commerciaux	Fournisseurs
Cyperméthrine-diméthoate	Cymbush-diméthoate	Rhone Poulenc
//	Cypercal	Calliope
//	Melsect Combi D	Melchemie
//	Cyperpat 134 UL	SODI
//	Cyperméthrine-diméthoate	Senchim

L'association de trois matières actives, communément appelées ternaire (pyréthrénoïdes + organophosphoré acaricide + organophosphoré aphicide) permet de contrôler le complexe de ravageurs présents sur le cotonnier du début du programme de protection jusqu'à la fin de celui-ci.

Le circuit d'importation des pesticides au Bénin n'est pas encore bien maîtrisé ; ce qui fait que la quantité totale de pesticide importée ne peut être chiffrée avec précision. Cette situation est favorisée par la perméabilité des frontières, la cherté des pesticides homologués.

Le Bénin, face à la résistance d'*Helicoverpa armigera* aux pyréthrinoides a introduit de nouvelles molécules (l'endosulfan et l'indoxacarbe) depuis la campagne 1999-2000. Le diméthipin a été introduit pour lutter contre les pucerons. Dès lors une nouvelle formulation de pesticide a vu le jour dans le traitement du cotonnier (voir tableau N° 12).

Tableau XI : La nouvelle formulation utilisée pour la culture de coton de 1999 à 2004

Matière active	Nom commercial	Fournisseurs
Endosulfan	Callisulfan	Calliope
Lambdacyhalothrin + diméthoate	Cotalm D	Rhone Poulenc
Lambdacyhalothrin + profénophos	Cotalm P	Rhone Poulenc
Cyfluthrin + chlorpyrifos ethyl	Dursban	Dow Elanco
Deltaméthrin + triazophos	Decis T	Roussel Uclaf

Source : Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche (1997).

Cette nouvelle formulation a été modifiée pour la campagne 2004-2005. Malgré la réglementation phytosanitaire en République du Bénin par la loi n°91-004 du 11 février 1991, le décret n° 99-537 du 17 Novembre 1999 portant transfert au secteur privé de la responsabilité de l'organisation des consultations pour l'approvisionnement en produits phytosanitaires et l'arrêté interministériel n° 16/MICPE/MAEP/DC/SG/DCCI du 11 mars 2003 fixant les conditions d'importation et de distribution des insecticides en république du Bénin, des problèmes continuent de se poser :

- les traitements phytosanitaires se font sans aucune forme de protection (pas de gants ni de casque),
- l'ignorance et la méconnaissance des pesticides provoquent également des intoxications alimentaires par ingestion ou par inhalation.

1-1-2-9 Les risques liés à la mauvaise utilisation des pesticides au Bénin

Au Bénin, les champs de coton et autres cultures sont parfois installés non loin des habitations. Les cultures vivrières, les légumes et les arbres fruitiers sont associés au coton sur les mêmes parcelles et subissent les mêmes traitements aux pesticides. Les cultures de coton se font à des distances peu éloignées des berges. La photo 1 (ci-dessous) montre l'installation de champs de maïs et de produits maraîchers sur les bourrelets de berge du fleuve Ouémé. Ces produits maraîchers sont souvent traités avec des pesticides.



Planche photographique 1 : Partie du fleuve Ouémé au bord de laquelle se trouve un champ de maïs et de piment (Cliché : Yehouenou A. Pazou E.)

Les coûts induits par l'utilisation des pesticides sont de plusieurs ordres et sont difficiles à évaluer.

1-1-2-10 Les coûts induits par l'utilisation des pesticides

L'évaluation des coûts peut se situer à plusieurs niveaux. Nous avons des coûts directs et des coûts indirects.

1-1-2-10-1 Les coûts directs de l'utilisation des pesticides

Les pesticides coûtent excessivement chers ; mais dans le souci de fournir un produit de qualité accessible au marché international, des tonnes de produits phytosanitaires sont acquis tous les ans avec l'appui financier des gouvernements africains. C'est le cas du coton, par exemple.

1-1-2-10-2 Les coûts indirects de l'utilisation des pesticides

Les pesticides utilisés dans l'agriculture entraînent des coûts indirects tels que :

- Les coûts liés à la déforestation

Au Bénin, pour le besoin de vastes étendues de superficies cultivables, plusieurs hectares de forêts sont détruits chaque année. Cette destruction entraîne la perte d'une partie du patrimoine forestier.

- Les coûts pour la santé humaine

Les pesticides sont mal manipulés par la plupart des paysans. Ils provoquent en conséquence plusieurs sortes de maladies. Des cas d'intoxications ou de morts sont enregistrés çà et là dans le pays. Les personnes vulnérables sont surtout les jeunes.

- Les coûts pour la biodiversité

La perte de la biodiversité concerne la faune et la flore. La disparition des bambous de mare par exemple entraîne la disparition des Pangolins. Les bambous constituent la principale niche des animaux insectivores. Les pesticides neutralisent les micro-organismes qui interviennent dans la décomposition de l'humus, bloquant ainsi la fertilité du sol. Les pesticides détruisant les reptiles entraînent ainsi la prolifération des rats. Les produits phytosanitaires appauvrissent nos plans d'eau en espèces aquatiques. Tous ces exemples illustrent bien que les pesticides utilisés pour la production agricole provoquent un déséquilibre au niveau de la biodiversité. La perte de la diversité biologique constitue un héritage lourd pour les générations futures.

- Les coûts pour le milieu physique

Les milieux naturels constituent des milieux en équilibre au sein desquels existent de nombreuses relations entre les populations stables. Toute modification d'une population peut provoquer une rupture d'équilibre dans la chaîne et perturber l'équilibre du milieu. La raréfaction d'un prédateur peut déterminer la prolifération de ses proies. Certains prédateurs ne s'attaquent qu'à des proies faibles ou malades, et leur disparition peut conduire à l'extension de maladies chez les proies dont les individus atteints ne sont plus éliminés. La raréfaction d'une espèce peut aussi s'accompagner du développement d'une autre espèce qui occupe la niche écologique devenue partiellement vide.

Les activités humaines nécessitant l'usage de nombreux polluants affectent l'environnement. Il peut s'agir de la pollution atmosphérique entraînant par exemple des pluies acides. Les écosystèmes aquatiques renferment des polluants de toutes sortes comme les hydrocarbures et autres molécules pouvant produire des effets toxiques après concentration dans le milieu.

1-1-2-11 Les pesticides et leurs conséquences pour l'environnement

Les problèmes environnementaux tels que le réchauffement de la planète, les pluies acides, l'accumulation des produits toxiques dans les zones arctiques (Van Hattum 1995), la persistance des contaminants dans le sol et les sédiments ont fait prendre conscience des responsables qui ont fini par élaborer des lois pour la protection de l'environnement. Avec l'avènement du concept du développement durable, une attention particulière a été portée sur la contamination du sol, de l'air et des eaux par les produits chimiques. Durant ces dix dernières années, de nombreux cas d'empoisonnements humain et animal sont attribués aux pesticides (Van Hattum 1995). Aussi les résultats des travaux effectués par les chercheurs ont mis en évidence la présence de résidus de pesticides chez l'homme, les animaux, dans les produits maraîchers et dans l'environnement d'une manière générale.

1-1-2-11-1 Quelques résultats des travaux de recherche de résidus de pesticide

- Chez l'homme

Anders et al. (2000) ont identifié 10 biphényles chlorés et 11 pesticides organochlorés dans du sérum humain prélevé chez 120 Suédois âgés de 40 à 74 ans ; Susana et al. (2003) ont identifié, grâce aux analyses chromatographiques en phase gazeuse, 12 résidus de pesticides dans le sérum humain prélevé chez les populations rurales et urbaines au Portugal. Les concentrations de pp'-DDE chez les ruraux (43,5 mg/l) sont nettement inférieures à celles obtenues chez les populations urbaines (390,5 mg/l) ; selon le rapport des travaux de recherches effectués au Bénin par la GTZ en 1992, des résidus de pesticides seraient identifiés dans le lait maternel des femmes dans certaines régions du pays.

- Chez les espèces aquatiques et autres

Leonards et al. (1997) ont montré la destruction massive des poissons à cause des pesticides organochlorés. On peut citer à ce titre : le déclin des *Otters* en Europe de l'Est. Des études ont montré que le DDT et les PCB (polychlorobiphényle) réduisent la croissance des phytoplanctons. Chez les oiseaux, le DDT et les PCB fragiliseraient la coquille des œufs. Chez les poissons, certains insecticides peuvent provoquer la mort de 50% des espèces de l'écosystème. Ils perturbent le développement embryonnaire et la croissance des alevins. Le 4-tert-pentylphenol et l'octylphenol ont entraîné un changement de sexe chez les poissons qui y ont été exposés (Gimeno et al. 1996; Gray et al. 1999a, b).

- Dans les produits maraîchers

Albero et al. (2003) ont détecté l' α -endosulfan, le β -endosulfan et l'endosulfan sulfate dans les jus de tomate à Madrid. Lentza-Rizos et al. (2001) ont identifié 5 pyréthrénoïdes (cyperméthrine, deltaméthrine, fenvalérate, lenda-cyhalothrine et le perméthrine) dans l'huile d'olive. Les concentrations se situent entre 0.02 et 0.57 mg/kg. Cet exemple montre que les pesticides utilisés pour traiter les oliviers ont contaminé non seulement les olives mais l'huile extraite de ces olives.

- Dans les eaux

Zimmerman et al. (2000) ont détecté de l'aldrine, du chlordane, du DCPA, du DDT, de la dieldrine, de l'endrine, de l'heptachlore, du mirex, du monochlore, du toxaphène, du chlorpyrifos, de l'endosulfan, de l'hexachlorocyclohexane, du pendimethalin et du trifluralin dans les eaux de surface du Delta de Mississipi.

François Veillerette (2001) a montré qu'après un demi-siècle d'agriculture de plus en plus intensive, la pollution des eaux de surface et souterraines est généralisée et que l'on retrouve les pesticides partout : dans l'eau du robinet, l'eau de rivière, l'eau embouteillée, l'eau de pluie. On les trouve également dans l'air et dans les aliments. Le rapport annuel de l'institut français de l'environnement (Ifen) en date du 30 septembre 2003 sur les pesticides, a montré que 73% des eaux de surface et 57% des eaux souterraines étudiées en France sont contaminées par des pesticides. Les conséquences de l'accumulation de résidus de pesticides ont été également étudiées par les chercheurs.

1-1-2-11-2 Les conséquences de l'utilisation des pesticides

Les effets secondaires et les impacts des pesticides dans les écosystèmes ne sont pas bien maîtrisés car les pesticides appartiennent à des familles chimiques très diverses. Certains pesticides sont persistants ; plus le produit est persistant, plus la probabilité d'être transporté est grande et plus les risques de pollution des eaux sont élevés entraînant ainsi des conséquences.

- Conséquences pour les espèces aquatiques et autres

Les pesticides organochlorés agissent irréversiblement sur les espèces aquatiques. En effet, ils entraînent la féminisation des poissons mâles et une atrophie des oocytes chez les poissons femelles (Rastogi et al. 1990). Ils perturbent le développement embryonnaire et la croissance des alevins. Le 4-tert-pentylphenol et l'octylphenol ont entraîné un changement de sexe chez les poissons qui y ont été exposés (Gimeno et al. 1996; Gray et al. 1999a, b). Chez les oiseaux, le DDT et les PCB fragiliseraient la coquille des œufs.

- Conséquences pour l'environnement

Castro et al (2002) ont détecté l'endosulfan et ses isomères dans l'air. La contamination de l'air par l'endosulfan pourrait engendrer des troubles respiratoires. La pollution de l'atmosphère par des composés chlorés dégraderait l'ozone atmosphérique entraînant ainsi des risques de cancer de la peau. Les pesticides appauvrissent la diversité des écosystèmes et provoquent l'apparition de nuisibles résistants, dont il n'est possible de se débarrasser qu'avec des doses accrues ou de nouvelles molécules toxiques. Les pesticides détruisent non seulement l'insecte nuisible mais également d'autres insectes et arthropodes utiles à l'homme. Par exemple, les essaims d'abeilles peuvent être contaminées lors de l'application des pesticides ; les abeilles peuvent contaminer la ruche en y amenant du pollen et du nectar contaminés.

- Conséquences pour l'homme

Des cas d'empoisonnement, d'intoxication par inhalation ou ingestion de produits contaminés, de maladies de la peau, de maux de ventre ont été enregistrés aussi bien chez les agriculteurs qui manipulent les pesticides que chez les non agriculteurs. En effet les pesticides les plus persistants sont présents dans le corps humain et sont transmis aux enfants pendant l'allaitement (Ifen 2003). Par ailleurs, des recherches ont montré que les pesticides organochlorés seraient à la base de stérilité masculine (Colborn et al 1993).

DEUXIEME PARTIE
METHODOLOGIE

2- Méthode d'étude

La méthodologie utilisée dans le cadre de ce travail a consisté par les collectes d'informations, par les enquêtes de terrain, par des observations libres et par des analyses de laboratoire.

2-1 La collecte des informations

Les informations ont été collectées dans les sociétés importatrices d'intrants au Bénin, au centre de documentation du CeRPA Atlantique (Centre Régional de Promotion Agricole), à la Direction de l'Agriculture (DAGRI), au Service National de la Protection des Végétaux (SNPV). Les renseignements obtenus nous a permis d'avoir une idée des produits interdits d'usage et ceux ayant reçu des agréments d'importation. Des recherches bibliographiques ont été également faites au service de documentation de l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé), de la F.A.O.(Food Agriculture Organisation), au service de documentation du Ministère de l'environnement, à la direction des pêches, au service de documentation de la C.E.D.A (Centre pour l'Environnement et le Développement en Afrique), au laboratoire de climatologie de la FLASH (Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines), au laboratoire d'hydrobiologie et d'aquaculture de la FSA (Faculté des Sciences Agronomiques), au service de documentation de l'OBEPAB (Office Béninois pour la Promotion de l'Agriculture Biologique), à l'Université Libre d'Amsterdam et sur internet.

2-2 Les enquêtes de terrain

Des enquêtes de terrain ont été faites. Les investigations auprès des pêcheurs et des agriculteurs ont consisté en des interviews libres, à l'administration de questionnaires et aux entretiens avec des groupes cibles. Les entretiens ont été faits en langues nationales. Les enquêtes au niveau de chaque station (dont certaines sont faites dans le cadre du mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies) se sont poursuivies. Ces enquêtes effectuées ont favorisé l'interprétation des résultats et la discussion.

Tableau XII : Les stations de prélèvement, les coordonnées géographiques et les principales cultures effectuées au niveau de chaque station.

Nom des stations de prélèvement	Code des stations	Nombre de sites par station	Types de culture par station	Coordonnées géographiques par station
Tanéka-Koko	Ta	1 2	Pas de culture	N : 09° 52' E : 001° 30'
Donga	D	1 2	céréales	N : 09° 45' E : 001° 41'
Bétérou	Bet	1 2 3 4	céréales	N : 09° 12' E : 002° 16'
Kpassa	Kp	1 2 3 4	céréales	N : 09° 17' E : 002° 43'
Térou	Ter	1 2	céréales	N : 09° 10' E : 002° 16'
Beffa	Bef	1 2	céréales	N : 08° 06' E : 002° 40'
Atchakpa-Béri	AB	1 2 3 4 5 6	Coton et céréales	N : 08° 00' E : 002° 22'
Toué	T	1 2 3 4 5	céréales	N : 07° 12' E : 002° 16'
Bonou	B	1 2 3 4 5 6	Culture vivrière produits maraîchers, et culture de coton	N : 06° 55' E : 002° 25'
Lowé	L	1 2 3 4	Culture vivrière et produits maraîchers	N : 06° 39' E : 002° 28'
Houédo	H	1 2 3 4 5	Culture vivrière et produits maraîchers	N : 06° 30' E : 002° 23'

Tableau XIII : Les sites de prélèvement au niveau du lac Nokoué et les coordonnées géographiques.

Sites de prélèvement	Code	Nombre de prélèvement	Coordonnées géographiques
So-Ava	So-ava	2	N 06° 29' 39,5 E 02° 23' 56
So--Tchanhoué	So-Tch	2	N 06° 27' 45,2 E 02° 24' 34,6
Ganvié	Gan	2	N 06° 28' 32,2 E 02° 23' 18,3
Abomey-Calavi	Ab	2	N 06° 26' 58,4 E 02° 22' 04,6
Zogbo	Zo	2	N 06° 24' 49,8 E 02° 23' 44,4
Awansori	Awan	2	N 06° 23' 59,9 E 02° 25' 15,9
Jesugon	Jes	2	N 06° 23' 41,4 E 02° 25' 57,6
Dantokpa	Dan	2	N 06° 23' 28 E 02° 26' 12,6
Ladji	Ldj	2	N 06° 23' 30,5 E 02° 26' 16

2-5-2 Prélèvement de l'eau

Les prélèvements d'eau ont été effectués par station durant les mois de mars – avril (période de décrue) en 2002, puis pendant les mois de septembre et octobre 2002 (période d'utilisation intense de pesticides). Les prélèvements en période de crue et de décrue ont permis d'apprécier les variations saisonnières des paramètres mesurés. Les prélèvements ont été faits sur une période de deux ans. Il s'agit de deux séries de prélèvements (crue, décrue). Les eaux sont prélevées au moyen d'une bouteille de deux litres incrustée dans une cage en fer épousant sa forme (photo 2). Celle-ci est lestée par deux masses métalliques qui lui sont latéralement fixées. La bouteille dispose d'un bouchon en polystyrène auquel est attaché un fil qu'on tire pour la déboucher (un nœud a été fait à chaque mètre pour évaluer la profondeur de l'immersion); on retire le flacon de l'eau après qu'il est rempli. Les eaux prélevées sont placées dans des glacières où elles sont conservées à 4°C jusqu'au laboratoire. Au total 120 échantillons d'eau ont été prélevés et analysés.



Planche photographique 2: Bouteille de prélèvement d'eau

(Cliché : Yehouenou A. Pazou E.)

2-5-3 Prélèvement de sédiments

Le nombre de sites choisis par station dépend de la situation géographique de la station, de la largeur du fleuve au niveau de la station et des cultures installées sur les berges du fleuve. Ainsi, deux ou six prélèvements de sédiments ont été effectués entre mars et mai au niveau de toutes les stations sur une période de deux ans. Environ 250g de sédiments humides situés sur une profondeur de 0 à 10cm ont été prélevés au moyen d'une benne. Des prélèvements de sédiment à 39, 75, 105 cm de profondeur dans le fleuve ont été effectués à Bétérou au niveau du bassin supérieur et à Lowé au niveau du bassin inférieur à l'aide d'une tarière. Les sédiments prélevés sont versés dans des flacons stériles. Les flacons sont placés dans des glacières où ils sont conservés à 4° jusqu'au laboratoire. Au total 60 échantillons de sédiments ont été prélevés et analysés. Les sédiments prélevés sont placés dans des glacières où ils sont conservés à 4°C jusqu'au laboratoire. Tous les sédiments prélevés ont été lyophilisés avant d'être transportés à l'Université Libre d'Amsterdam pour être analysés

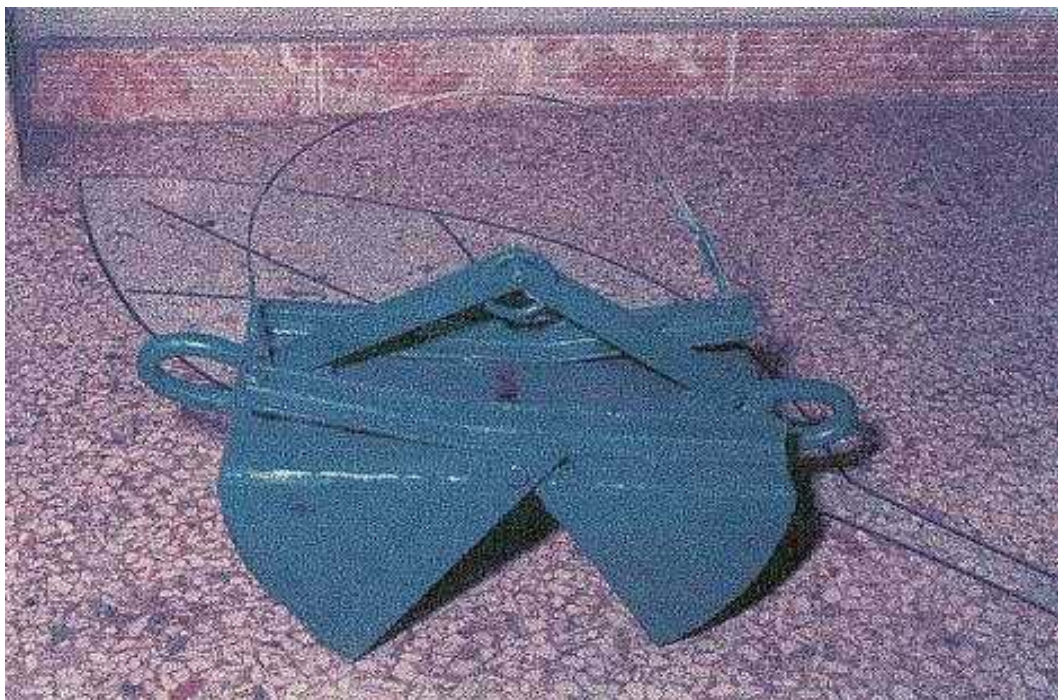


Planche photographique 3 : Benne pour le prélèvement de sédiment

(Cliché : Yehouenou A. Pazou E.)

2-5-4 Prélèvement des poissons

Plusieurs espèces de poissons consommées par les populations locales ont été identifiées, pêchées et analysées. Il s'agit des espèces benthiques et pélagiques. Les échantillons à analyser sont prélevés dans les captures issues de la pêche artisanale faites à partir des filets, des trous à poissons (whédos) et des acadjas. Le nombre d'échantillons prélevés par espèce varie de un à dix suivant la taille et le poids du poisson à analyser. Les poissons prélevés ont été identifiés et disséqués au laboratoire d'hydrobiologie et d'aquaculture de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi. La clé d'identification utilisée est celle de Lévêque et al. (1990) et (1992).

Les « Acadjas » (photo N°4) sont des parcs à poissons construits dans le cours du fleuve ou de la lagune. Ils sont composés, soit de végétation flottante, soit de branches ou de branchages, de bois durs fixés dans les fonds des eaux peu profondes. Les bois résistent à la pourriture. Les acadjas peuvent avoir des formes rectangulaires, circulaires ou carrées. Dès que l'acadja est installé, les poissons y pénètrent et s'y installent pendant plusieurs mois, voire une année. A Lowé, les poissons des acadjas sont nourris par les propriétaires des acadjas.



Planche photographique 4 : Un « acadja » formé avec du bois, envahi par des végétations flottantes à Lowé 2004. (Cliché : Yehouenou A. Pazou E.)

Les « Whédos » (photo N° 5) sont de véritables tranchées ou trous creusés dans les parties basses de la plaine d'inondation. Les Whédos ont des formes irrégulières. Les poissons y entrent pendant la période de crue. Ils sont emprisonnés dans les trous après le retrait de l'eau. Ils y séjournent pendant au moins six mois.



Planche photographique 5 : Un exemple de Whédo installé dans les plaines inondables de

Lowé 2004 (Cliché : Yehouenou A. Pazou E.)

Afin d'aboutir à une proposition de cuisson de poisson permettant de réduire les risques de contamination par les pesticides, il est prélevé des espèces de poisson dont les concentrations en résidus de pesticides sont élevées. Ils sont traités avant toute analyse. Ainsi, dans ce cadre, il est broyé une dizaine de chaque espèce désossée en vue d'obtenir un mélange qui est divisé en six parties égales.

la première partie a servi de témoin ;

la deuxième partie est bouillie ;

la troisième partie est séchée à l'étuve à 50°C ;

la quatrième partie est frite dans l'huile ;

la cinquième partie est séchée au soleil sans sel ;

la sixième partie est salée et séchée au soleil.

Une analyse chromatographique du mélange de poissons ainsi divisé et traité est faite.

2-5-5 Prélèvement des invertébrés

Les invertébrés couramment consommés par les béninois ont été également prélevés et analysés. Parmi les deux espèces de crevettes analysées, il y a une espèce du genre *Macrobrachium* qui a été prélevée dans le fleuve Ouémé. La deuxième espèce de crevette, du genre *Penaeus notialis* (Pérez-Farfante 1967), a été prélevée dans le lac Nokoué. Les *Ostrea sp* et le *Callinectes sp* sont prélevés dans le lac Nokoué.

2-5-6 Prélèvement des produits maraîchers et autres espèces végétales

Les légumes cultivés pendant la période de décrue, dans les plaines inondables de la vallée de l'Ouémé à Lowé, sont prélevés et analysés. Il s'agit de l'*Amaranthus hybridis*, de *Solanum macrocarpum*, de *Celosia argentea*, de *Corchorus olitorius* et du *Vernonia amygdalina*. Les espèces flottantes qui poussent dans le lit du fleuve (*Ipomoea fistulosa*) et sur les bourrelets de berge (*Leersia hexandra*) sont également prélevées et analysées. Toutes les espèces prélevées sont séchées à la température ambiante du laboratoire avant d'être broyées. Selon les informations fournies par les pêcheurs, l'*Ipomea fistulosa* est une espèce consommée par les poissons et le *Leersia hexandra* est consommé par les caprins. Toutes les espèces aquatiques (poissons, crustacées, huîtres etc.) prélevées ont été pesées avant d'être disséquées et lyophilisées. Le taux de lipide contenu dans chaque espèce

animale a été identifié. Les analyses chromatographiques en phase gazeuse couplée d'un détecteur à capture d'électrons ont été faites sur ces échantillons prélevés. Les concentrations de pesticides ont été calculées par rapport au taux de lipide contenu dans chaque espèce.

2-6 Les analyses de laboratoire

2-6-1 Dosage des propriétés physico-chimiques de l'eau

Les paramètres physico-chimiques mesurés dans l'eau sont : la température, le pH, la turbidité, la conductivité, la salinité, l'oxygène dissous, les taux de : nitrate, nitrite et ammonium, de même que les taux des composés organiques tels que le carbonate, le bicarbonate, les chlorures, les phosphates et les sulfates.

- La température de l'eau du fleuve a été mesurée à l'aide d'un thermomètre limnologique.
- Le pH a été mesuré au moyen d'un pH-mètre WTW 340/ION, le pH mètre est étalonné avec les solutions tampons pH 4 et 7.
- La conductivité a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de marque WTW LF 91.
- Un turbidimètre de marque Range DR 65 261 CIFEC série 21446 a permis de connaître le taux de matières dissoutes.
- Le taux de la salinité a été mesuré par un réfractomètre portable de marque Atago.
- L'oxygène dissous a été mesuré à l'aide d'un oxymètre Oxi Digi 92 WTW.
- La détermination des carbonates et bicarbonates est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

2-6-1-1 Les protocoles de dosage des propriétés physico-chimiques de l'eau

- *Dosage des carbonates (CO_3^{2-}) et bicarbonates (HCO_3^-)*

A 50 ml d'eau à analyser (volume V de l'eau), on ajoute 2 gouttes de phénolphthaléine qu'on homogénéise. On obtient une couleur rose. Le mélange est titré avec de l'acide sulfurique dilué (0,1 N) jusqu'à la disparition de la couleur rose. On note le volume P (ml) d'acide sulfurique utilisé.

Sur la solution décolorée, on ajoute 2 gouttes de méthyle orange qu'on titre à nouveau avec le même acide sulfurique jusqu'au virage du jaune au rose orangé. On note le volume total T (ml) d'acide utilisé.

Le blanc : on titre de la même manière de l'eau déminéralisée exempte de CO_2

Calcul

$$\text{CO}_3^{2-} (\text{meq} / \text{L}) = \frac{1000 \times 2P \times X}{V}$$

$$\text{HCO}_3^- (\text{meq} / \text{L}) = \frac{1000(T - \text{blc} - 2P) \times X}{V}$$

V est le volume de l'eau à analyser,

P est le volume de l'acide sulfurique utilisé pour doser les carbonates

X est le titre de l'acide sulfurique

Blc est le volume d'acide utilisé pour titrer l'eau distillée

T est le volume d'acide sulfurique utilisé pour doser les bicarbonates

- Dosage de l'ammonium par la méthode de Nessler

A 50 ml d'eau à analyser (liquide clair), on ajoute 1 ml de sel de seignette et 2 ml de réactif de Nessler. On mélange, on laisse au repos pendant 10 minutes, puis on lit au spectrophotomètre à 410 nm. On reporte la lecture à une courbe d'étalonnage qui donne directement la concentration de l'ammonium contenu dans l'eau. La solution étalon utilisée est préparée avec le chlorure d'ammonium à 1 mg/l.

- Dosage des chlorures par la méthode de Volhard

A 50 ml d'eau à analyser, on ajoute 5 ml de HNO_3 6 N puis 10 ml de AgNO_3 (0,05 N), 1ml de nitrobenzène et 1 ml d'alun de fer et d'ammonium saturé. On agite pendant 1 min puis on titre l'excès d'ions Ag^+ par du KSCN 0,05 N.

Calcul

$$\text{La teneur en ions chlorures} = \frac{(10 \times 0,05 - V_2 \times 0,05) \times 1000}{V_1} \quad \text{en méq /litre}$$

V_1 est le volume d'eau à analyser,

V_2 est le volume de KSCN 0,05 N utilisé pour titrer l'excès d'ions Ag^+ .

- Dosage des sulfates par précipitation au sulfate de plomb

A 50 ml d'eau, on ajoute une goutte de bleu de bromophénol. On neutralise le milieu par de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique dilué jusqu'au virage au vert pâle. Ensuite, on

ajoute 1 ml d'acide acétique, 50 ml d'acétone et 1 ml de dithiozone.

On titre avec la solution de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,02 N jusqu'au virage du vert pâle au pourpre.

Calcul

Soit T le volume utilisé :

$$\text{La teneur en sulfates} = \frac{1000 \times T \times 0,04}{V \text{ (ml)}} \text{ en méq } \text{SO}_4^{2-} \text{ /litres}$$

V est le volume d'eau à analyser,

T est le volume de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,02 M utilisé pour le dosage.

- Détermination par photométrie des nitrites à l'aide d'acide sulfanilique et de l' α -naphthylamine

A 50 ml d'eau à analyser, on ajoute 1 ml de solution d' α -naphthylamine et 1ml d'acide sulfanilique. On complète à 100 ml avec de l'eau distillée. On mélange, puis on laisse reposer pendant 2 heures de temps à l'obscurité. On fait la lecture à 525 nm. On reporte la lecture à une courbe d'étalonnage qui donne directement la concentration de nitrite. La solution étalon utilisée est préparée avec du nitrite de sodium à une concentration de 0,1mg/ml.

- Détermination par photométrie des nitrates par la méthode au salicylate de sodium

A 10 ml d'eau à analyser, on ajoute 1 ml de salicylate de sodium. On évapore à sec dans une étuve à 75-80°C. On reprend le résidu par 2 ml de H_2SO_4 concentré. On attend 10 min, puis on ajoute 15 ml d'eau bi-distillée et 15 ml de sel de seignette (NaOH + Tartrate double de Na/K). On lit à 420 nm et on reporte la lecture à une courbe d'étalonnage. La solution étalon est préparée avec du nitrate de sodium à 1mg/ml.

- Dosage des phosphates par la méthode au Vanadomolybdate d'ammonium.

A 20 ml d'échantillon, on ajoute 30 gouttes de réactif de Vanadomolybdate et on compare avec un comparateur.

2-6-2 Caractéristiques des sédiments

Les paramètres mesurés dans les sédiments sont : la texture des sédiments, la teneur en matière organique, la teneur en carbone et en azote.

2-6-2-1 Les protocoles de dosage

3-6-2-1-1 Analyse granulométrique des sédiments

19 à 20 g de sédiment sont prélevés dans un bécher de 800 ml. On y ajoute 15 ml d'eau oxygénée à 30% afin de neutraliser la matière organique contenue dans les sédiments. L'excès de peroxyde est détruit par ébullition. On ajoute ensuite 5 ml d'acide chlorhydrique à 10% pour faire dissoudre le CaCO_3 (carbonate de calcium) contenu dans le sédiment. On remplit le bécher jusqu'à 400 ml et on le porte à ébullition. Le bécher est soigneusement rincé afin d'éviter la perte des particules de sédiment.

Les éléments en suspension sont jetés avec le surnageant contenu dans le bécher. On ajoute à nouveau de l'eau distillée qu'on laisse à la température du laboratoire durant toute la nuit. Le surnageant est ensuite décanté, on le répète une deuxième fois. Le résidu est chauffé entre 50 et 60°C pendant 48 heures. Le bécher est ensuite pesé et on ajoute 50 ml d'eau distillée. On reporte le contenu du bécher à ébullition pendant 5 mn. Les échantillons sont décantés à travers des cylindres de 1 litre ayant 6 cm de diamètre. Après refroidissement à 20°C, les échantillons sont ensuite versés dans un appareil Laser à particule A22.

3-6-2-2-2 Les protocoles de dosage du carbone, de l'azote et de la matière organique contenu dans les sédiments

- Taux de carbone et d'azote contenu dans les sédiments

Les échantillons à analyser sont chauffés à 100°C à l'étuve pendant 12 heures. Les taux de carbone et d'azote contenus dans les sédiments sont mesurés dans une colonne de chromatographie d'un analyseur élémentaire Carlo Erba model 1106. Un étalon BBOT a été utilisé pour tracer la courbe d'étalonnage. On reporte la lecture à cette courbe d'étalonnage qui donne directement la concentration en azote et en carbone. L'étalon BBOT est le 2,5 bis (5-ert-butyl-benzoxazol-2-yl)-thiophène de Fluka 14555.

- Taux de matière organique contenu dans les sédiments

Le taux de matière organique contenue dans les sédiments est déterminé après avoir séché à 100°C et maintenu constant le poids des échantillons. Les matières organiques sont ensuite brûlées dans un four suivant le programme suivant : 1heure à 200°C, 1heure à 400°C et 6 heures à 500°C. Le taux de matière organique est calculé selon la formule suivante :

$$LOI = 100 - \frac{100 \times (W_a - W_{cr} - W_{bl})}{W_b - W_{cr}} \quad \text{où :}$$

W_a = poids du creuset après chauffage au four,

W_{cr} = poids du creuset vide,

W_{bl} = moyenne des différences entre les creusets vides,

W_b = Poids vide du creuset avant chauffage au four.

2-6-3 Protocole d'extraction des résidus de pesticides dans l'eau et dans les plantes

On prélève 250 ml d'eau dans une ampoule à décanter, on ajoute 30 ml d'éther de pétrole, on agite pendant 15 minutes et on sépare les deux fractions. A la fraction d'eau, on ajoute environ 15 ml de NaOH 1 M (pH >9) qu'on soumet à une nouvelle extraction en y ajoutant 30 ml d'éther de pétrole. Les fractions d'éther de pétrole sont mélangées, on ajoute du sulfate de sodium et on concentre à environ 5 ml à l'aide d'un Kuderna-Danish. Les extraits sont déposés sur une colonne de silicagel désactivé et traités avec de l'éther de pétrole. L'élution de la colonne se fait avec de l'éther de pétrole/ diéthyl- éther (75/25 v/v). L'éluat est concentré sous un courant d'azote.

2-6-4 Protocole d'extraction des résidus de pesticides dans les sédiments

Les sédiments lyophilisés sont broyés à l'aide d'un mortier. 5 grammes de sédiment finement broyé sont déposés dans des cellules. Les résidus de pesticides contenus dans les sédiments sont extraits avec du mélange n-hexane - acétone (9 :1V/V) dans un extracteur ASE 200 pendant 25 minutes. On obtient un volume de 20 ml d'extrait auxquels on ajoute 2 ml d'isooctane. Les 22 ml d'extraits sont concentrés à 1ml environ. L'extrait concentré est purifié à travers une colonne contenant 3 g d'oxyde d'aluminium à 15% désactivé avec

de l'eau, sur lequel on ajoute du sulfate de sodium anhydre (épaisseur 1 cm). La colonne est éluée avec 4 ml d'éther de pétrole – étherdiéthylique (95 :5 V/V) avant l'ajout de l'extrait. On utilise au total un volume de 17 ml de mélange d'éther de pétrole – étherdiéthylique (95 :5 V/V). L'extrait obtenu est à nouveau concentré à 0.5 ml. On y ajoute 1 ml d'isooctane et une petite quantité de cuivre activé. On le concentre à nouveau à 0,5ml, puis on y ajoute 100µl d'étalon PCB/OCB. L'étalon PCB/OCB contient 32 différents pesticides étalons dont 24 pesticides organochlorés et 8 polychlorobiphényles.

2-6-5 Protocole d'extraction des lipides et résidus de pesticides dans les poissons et les invertébrés

Toutes les espèces aquatiques (poissons, crustacées, huîtres etc.) prélevées sont pesées, désossées et lyophilisées. Elles sont ensuite broyées à l'aide d'un moulinex. Environ 2 grammes de poissons finement broyés sont déposés dans des cellules d'un extracteur ASE 200. Les cellules sont ensuite placées dans l'extracteur. L'extraction se fait avec un mélange n-hexane - acétone (9 :1V/V) pendant 25 minutes.

Pour déterminer le taux de lipide contenu dans les espèces aquatiques, on prend un petit tube stérile qu'on pèse. On introduit, dans le petit tube, un millilitre d'extrait puis on pèse. Le tube est ensuite chauffé à 50°C dans une étuve pendant au moins 12 heures de temps. On le pèse à nouveau et on détermine le taux de lipide.

Pour déterminer les résidus de pesticides, le reste de l'extrait est traité de la même manière comme l'extrait de sédiment. Les concentrations de pesticides ont été calculées par rapport au taux de lipide.

2-6-6 Protocole d'analyse chromatographique en phase gazeuse couplé du système de détection (GC-ECD) et par spectrométrie de masse (GC-MS)

2-6-6-1 GC-ECD et GC-MS des sédiments

Les extraits sont soumis à une analyse chromatographique en phase gazeuse couplée d'un système de détection à capture d'électrons (GC-ECD) et à une chromatographie en phase gazeuse couplée d'une spectrométrie de masse (GC-MS). Les analyses

chromatographiques ont été effectuées à l'aide d'un chromatographe : Modèle 3800, 44 Channel de Varian. Il est équipé d'un détecteur et d'un injecteur automatique. L'injection se fait à l'aide d'une seringue ; le volume d'injection est de 1 µl ; le détecteur est de marque EFC type 13. Les températures de l'injecteur et du détecteur sont de 275°C et 300°C. L'augmentation de la température d'injection se fait suivant le programme ci-après : la température augmente jusqu'à 90°C et est maintenue à 90°C pendant 3 minutes, puis augmente de 30°C par minute jusqu'à 200°C. Elle est maintenue à cette température pendant 15 minutes, puis augmentée de 5°C par minute jusqu'à 265°C. Elle est maintenue à cette nouvelle température pendant 5 minutes, puis augmentée à nouveau de 3°C par minute jusqu'à 275°C et est finalement maintenue à cette dernière température pendant 15 minutes. L'hélium et l'azote assurent le transport des gaz. La colonne utilisée a une longueur de 50 mètres, un diamètre intérieur de 0,20 mm ayant à l'intérieur un film épais de 0,33 µm. Elle est de marque Hewlett Packard 19091B-105.

Les analyses par spectrométrie de masse ont été faites à l'aide d'un spectromètre de masse (de marque Varian) ayant un temps d'ionisation maximum de 25 000 microsecondes avec une énergie d'ionisation de 70eV (électron volt).

La limite de détection, la quantification et la linéarité

Les résidus de pesticides sont identifiés par comparaison de leurs facteurs de rétention avec ceux des étalons utilisés. Les concentrations des pesticides étalons se situent entre 0 et 250 ng/ml. Les pics des échantillons doivent se superposer à ceux des étalons. Les échantillons dont les pics dépassent ceux des étalons sont dilués. La limite de détection des pesticides est 0.1 µg/kg et la limite de quantification est 0.3 µg/kg.

2-6-6-2 Analyse GC-ECD de l'eau

Les extraits aqueux concentrés sont analysés dans un chromatographe en phase gazeuse de marque Hewlett Packard 6890 muni d'un détecteur ECD. La colonne utilisée est chrompack 8753 CP-Sil-8 CB ayant 60 mètres de longueur. Le diamètre de la colonne est de 0.25 mm ; un film interne de 0.25 µm tapisse l'intérieur de la colonne. Le volume injecté est de 3 µl et l'augmentation de la température se fait suivant le programme que voici : 30°C pendant 1 minute, 30°C par minute jusqu'à

110°C, 22.5 °C par minute jusqu'à 290°C. La température de détection est de 320°C. L'étalon international utilisé : le Mirex, le 1,2,3,4-tetrachlorobenzène.

2-7 Les analyses statistiques

Les données statistiques ont été traitées aux logiciels Excel, SAS V8.1 (Statistical Analysis System V8.1). Des tests statistiques de Newman et Keuls, de Cluster ont été utilisés. L'analyse des variances par ANOVA et ACP a été également faite

ANOVA a permis de comparer d'une part, les 11 sites de prélèvement d'eau et de sédiment et d'autre part, les deux périodes de prélèvement (crue, décrue) pour les différents paramètres mesurés dans l'eau et dans les sédiments.

Le Test de Newman et Keuls a permis de structurer les moyennes en cas de différence significative.

La classification hiérarchique (cluster) ou typologie permis de subdiviser les espèces de poissons en groupes. Cette subdivision a été faite à partir des pesticides identifiés

L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de présenter, sous une forme graphique, les différents pesticides identifiés. En effet, l'ACP a permis de voir : comment les pesticides sont répartis au niveau des stations, ceux qui sont associés, ceux qui ne le sont pas, ceux qui sont opposés ou vont dans le même sens.

Troisième partie
RESULTATS ET DISCUSSIONS

3 Résultats et discussion

3-1 Résultats des enquêtes de terrain

Les observations libres effectuées ont permis de constater que :

- A Bonou, par exemple, la culture du maïs et celle du coton se font dans le lit du fleuve. A Atchakpa-Béri, les champs de coton sont situés à environ 10 mètres de la berge du fleuve. A partir de ces observations, on peut dire que les populations riveraines contribuent à la pollution des différentes composantes de l'écosystème (eau, sédiment, espèces aquatiques). Les berges érodées constituent un couloir d'entrée de polluants vers le fleuve.
- Certains pêcheurs occasionnels utilisent les produits cotonniers pour pêcher. Cette pratique s'observe pendant la période de basses eaux. Les insecticides utilisés pour la pêche sont : le cotalm D 315 EC, l'allizine FW 25/25, le Sherphos 280 EC et l'endrine. Plusieurs extraits aqueux à base de plantes sont également utilisés par les pêcheurs pendant la période de basses eaux pour la capture des poissons (Yehouenou A. Pazou, 2000). Les extraits des plantes toxiques sont parfois mélangés aux pesticides. Les plantes toxiques agissent sur toutes les catégories de poissons, mais les juvéniles sont les plus vulnérables.

Les espèces de plantes généralement utilisées sont : le *Tephrosia vogelii*, le *Parkia biglobosa* (Jacq, Benth), le *Capsicum Frutescens*, le *Mucuna poggei* (Taub), le *Mucuna pruriens*, le *Cissus populnea* (Guill& Perr), le *Cissus quadrangularis* L. ou le *Cissus palmatifida* (Bak Planch), l'*Euphorbia Unispina* (N.E.Br) le *Syzygium guineense* (Willd, Dc), le *Syzygium macrocarpum* (Engl) et le *prosopis africana* (Guill et Perr). Quatre compositions ont été recensées.

Première recette :

Les feuilles de *Tephrosia vogelii* sont broyées ou pilées. On y ajoute un peu d'eau puis on le filtre à travers un panier. L'extrait obtenu est versé dans le fleuve. Les poissons remontent en surface et sont facilement ramassés. Les feuilles de *Tephrosia vogelii* peuvent être utilisées seules ou mélangées à d'autres plantes. Cette pratique est surtout observée dans les communes de Savè et de Za-Kpota.

Deuxième recette :

La deuxième recette est un mélange d'organes de plusieurs espèces : la gousse de *Parkia biglobosa*, les feuilles de *Tephrosia Vogellii* , les racines de *Capsicum Frutescens* et l'écorce de *Prosopis africana*. Les différents organes sont pilés, filtrés et mélangés à l'eau du fleuve. Selon les pêcheurs, le mélange de plusieurs organes permet de tuer aussi bien les petits et les gros poissons. A la place du *Capsicum frutescens* les pêcheurs utilisent aussi le *Capsicum annuum*.

Troisième recette :

Elle est composée de racines de *Carica papaya L.*, des fruits de *Mucuna pruriens L* ou de *Mucuna poggei*, de *Cissus quadrangularis* ou de *Cissus palmatifida*) ou le *Cissus populnea*, de feuilles d'*Euphorbia Unispina*. Les différents organes sont pilées et mises dans un panier, le panier est ensuite déposé dans un endroit peu profond du fleuve. Les extraits diffusent lentement et agissent sur les poissons situés très loin de l'endroit où le panier a été déposé. Les filets sont placés à 500 m au moins de part et d'autre du panier. Les poissons s'enivrent et vont dans les filets.

Quatrième recette :

Les feuilles de *Syzygium guineense* (Willd, Dc) ou de *Syzygium macrocarpum* (Engl) sont pilées. L'extrait recueillis est versé dans le fleuve. Les espèces les plus attrapées sont les juvéniles.

Les plantes toxiques agissent sur toutes les catégories, les juvéniles sont plus vulnérables. Les poissons pêchés avec les extraits de plantes toxiques se décomposent rapidement, les yeux des poissons sont opaques et la chair devient flasque. Les poissons pêchés sont vendus frais ou fumés.

3-2 Résultats et discussion de l'analyse de l'eau du fleuve Ouémé

Les tableaux 14, 15, 16 et 17 présentent les caractéristiques physico-chimiques des échantillons d'eau prélevée dans les différentes stations au mois de mai 2002.

La température

Bien que l'étude soit faite sur une courte durée, les différentes températures enregistrées se situent dans la fourchette tolérée par les espèces aquatiques (25°C et 30°C). Par exemple la température optimale tolérée par les œufs, les larves et alevins de *Clarias gariepinus* est 27°C (Houanyé 2000).

Le pH

Il caractérise l'acidité du milieu. En mai 2002, le pH tournait autour de 7 au niveau de 10 stations. La station de Donga a un pH légèrement basique (8). Cette augmentation serait liée à une diminution du niveau d'eau qui peut être due à une évaporation. Cette évaporation pourrait entraîner une concentration des sels minéraux. Cette augmentation peut être aussi liée aux apports de sels minéraux en provenance des engrais utilisés dans les champs situés non loin du fleuve. En Septembre de la même année, le pH est devenu neutre, ce qui pourrait s'expliquer par une dilution des substances minérales. Les stations de Térou et d'Atchakpa- Béri ont un pH faible. En dehors de ces trois stations, les valeurs du pH n'ont pas sensiblement variées. En mai et septembre 2003, les valeurs ont très peu évoluées. Les valeurs obtenues sont dans la fourchette normale même s'il s'agit d'une eau de boisson $6.5 < \text{pH} < 9.5$.

L'oxygène

Les valeurs élevées d'oxygène sont obtenues en période de crue (septembre). Les crues assureraient donc le renouvellement continu de la teneur en oxygène. Dans les stations du nord, les plus fortes valeurs ont été enregistrées. Cela s'expliquerait par la topographie du milieu qui accentuerait l'effet d'écoulement qui est à l'origine du renouvellement continu de la teneur en oxygène.

La conductivité

Elle permet d'avoir une idée sur les sels minéraux dissous contenus dans l'eau. La station de la Donga a enregistré la valeur moyenne la plus élevée, viennent ensuite les stations de Toué, de Lowé, de Beffa, de Bonou, de Bétérou et d'Atchakpa-Béri qui ne se distinguent pas entre eux du point de vue conductivité, mais dont les valeurs diffèrent notablement de celles des stations de Houédo et de Tanéka-koko. C'est la station de Tanéka-koko qui a enregistré la conductivité la plus faible. Au total dans le bassin inférieur, la conductivité est élevée. Les conductivités enregistrées dans le

bassin inférieur sont supérieures à celles enregistrées dans le bassin supérieur. Les valeurs maximales et minimales enregistrées seraient liées aux perturbations du milieu pendant les périodes de crue ou de décrue. Les valeurs obtenues se situent dans la fourchette normale même s'il s'agit d'une eau de boisson (les valeurs $< 400 \mu\text{S/cm}$).

La turbidité

Elle varie suivant la concentration des matières en suspension dans l'eau. On distingue deux groupes (Tableau 18) de concentration: le premier est composé des stations de Bonou, Atchakpa-Béri, Toué, Houédo et Lowé et le second est composé des stations de Beffa, Kpassa, Téro, Bétérou, Donga et Tanéka-koko. Malgré la forte variabilité des moyennes au sein de chaque groupe, la différence n'est pas statistiquement significative au seuil de probabilité 5%. Par rapport donc à la variable turbidité, ce sont les stations du premier groupe qui ont enregistré en moyenne les valeurs les plus fortes. On constate que cette turbidité est élevée en septembre. Cette augmentation est due aux apports des eaux de ruissellement et au transport de débris végétaux, animaux etc. Les eaux du fleuve étant donc sont très troubles, elles ne peuvent être consommées sans traitement (les valeurs $> 5 \text{ NTU}$).

Le nitrite

Il est en général faible dans toutes les stations. La station qui a enregistré la valeur moyenne la plus forte est celle de Houédo, suivie de Atchakpa-Béri et Bonou qui ne se distingue pas entre eux. Les autres stations ont pratiquement des concentrations nulles en nitrite.

Le nitrate

Tout comme le nitrite, le nitrate est également rare au niveau de toutes les stations. Les valeurs les plus fortes sont enregistrées à Atchakpa-Béri, Bonou, Lowé et Toué.

L'ammonium

L'ammonium provient de la décomposition des déchets azotés (urée, azote organique, engrais). Il est en général faible au niveau de toutes les stations. Les stations de Tanéka, Donga et Bétérou ont une concentration nulle par contre les autres stations ont enregistré quelque trace. L'ammonium se transforme en nitrate en donnant un produit intermédiaire (nitrite).

D'une manière générale, les composés azotés obtenus sont très faibles et se situent dans la fourchette normale (25-50 mg/l pour les nitrates, 0.05 à 0.1 pour les nitrites, 0.05 à 0.5 pour l'ammonium). Les valeurs enregistrées montrent que les engrais utilisés dans l'agriculture ne sont pas fortement concentrés dans les eaux du fleuve Ouémé. Ces résultats ne remettent pas en cause la qualité d'eau douce du fleuve.

Le bicarbonate

Les stations (ou groupes de sites) évoluent en ordre décroissant suivant : Houédo, Atchakpa-Béri, Toué, Beffa, Téro, Kpassa, Bonou, Lowé puis le groupe Tanéka-koko, Donga et Bétérou.

Les chlorures

La station de Houédo a enregistré la valeur la plus forte en ion chlorure. Viennent ensuite les stations de Lowé et de Téro. Les valeurs les plus faibles (sensiblement égale à 0) sont enregistrées à Tanéka-koko, Donga, Bétérou et Kpassa.

Les sulfates

La station de Houédo a encore enregistré la plus forte valeur, suivie par le groupe Tanéka-koko, Donga, Bétérou et Kpassa, puis le groupe Téro, Bonou et Lowé. Les autres stations sont faibles en cet ion et ne se distinguent pas entre eux. Les valeurs les plus élevées d'oxygène sont enregistrées à Atchakpa-Béri, Toué, Houédo, Lowé et Beffa. On retrouve ensuite le groupe de Donga, Bétérou et Téro. Les autres stations ont enregistré les valeurs les plus faibles en sulfates.

Tableau XIV. Comparaison de 11 sites de prélèvement (ANOVA) pour les différents paramètres mesurés dans l’eau pendant la période de Mai 2002.

Sites	pH	Turbidité	Conductivité	Nitrite	Nitrate	Ammonium	Bicarbonate	Chlore	Sulfate	Oxyg
Tanéka	6,90±0,0CD	1,83±0,14B	22,30±0,20E	0C	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	15,24±0B	6,10±
Donga	8±0A	3,76±0,03B	203,67±0,33A	0C	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	13,61±0B	7,50
Bétérou	7,20±0,06C	4,20±0,36B	88,42±0,75C	0C	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	14,25±0B	7,20
Térou	7,45±0,05B	4,83±0,02B	68,37±0,85CD	0C	0D	0,04±0B	0,85±0,02E	0,50±0,02B	13,03±0,02C	6,83±0
Kpassa	6,85±0,06D	6,18±0,54B	69,38±0,25CD	0C	0,04±0,02D	0,06±0AB	0,83±0F	0,01±0E	13,59±0B	4,50
Beffa	7,15±0,03CD	18,08±1,54B	99,56±0,93C	0,005±0C	0D	0,05±0B	0,88±0,02D	0,22±0,01D	9,71±0,07E	7,84±0
Atchakpa	6,34±0,06E	48,06±9,85A	83,20±18,34C	0,09±0,015B	0,35±0,04A	0,04±0B	1,18±0B	0,25±0CD	8,24±0,31E	8,7±
Toué	6,89±0,13CD	45,82±3,67A	143,00±18,73B	0,03±0,01C	0,14±0C	0,09±0,02A	0,97±0C	0,25±0CD	8,40±0,50E	8,26±
Bonou	6,86±0,06D	50,48±12,34A	90,40±0,93C	0,07±0,02B	0,29±0,06AB	0,06±0AB	0,78±0G	0,27±0,02C	12,01±0,76CD	5,87±
Lowé	7,04±0,04CD	28,64±1A	100,32±0,30C	0,02±0C	0,25±0,04B	0,06±0AB	0,76±0H	0,5±0B	10,65±0,88CD	7,88
Houédo	6,99±0,07CD	30,10±4,56A	42,76±1,27DE	0,55±0A	0D	0,05±0B	1,65±0A	8,88±0A	1038,80±0,31A	8,20±
Probabilité	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***
Erreur exp.	0,152	12,44	19,33	0,021	0,063	0,016	0,017	0,022	0,98	0,5

***=différence très hautement significative c’est-à-dire au seuil de 0,1% (ANOVA). Les valeurs moyennes non suivies par la même lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité 5% (Test de Newman et Keuls).

Tableau XV. Comparaison de 11 sites de prélèvement (ANOVA) pour les différents paramètres mesurés dans l’eau pendant la période de Septembre 2002.

Sites	pH	Turbidité	Conductivité	Nitrite	Nitrate	Ammonium	Bicarbonate	Chlore	Sulfate	Oxygène
Tanéka	6,90±0BC	1,83±0,14E	22,30±0,20E	0	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	15,24±0B	6,10±0CD
Donga	7,50±0A	21,67±0,88D	203,67±0,33A	0	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	13,61±0B	7,50±0B
Bétérou	7,20±0,06B	23,55±0,32D	88,42±0,75C	0	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	14,25±0B	7,20±0B
Térou	7,45±0,05A	24,50±0,28D	68,37±0,85CD	0	0D	0,04±0B	0,85±0,02E	0,50±0,02B	13,03±0,02C	6,83±0,07BC
Kpassa	6,85±0,06C	55,8±0,86B	69,38±0,25CD	0	0D	0,06±0AB	0,83±0F	0,01±0E	13,59±0B	4,50±0D
Beffa	7,15±0,03BC	42,75±5,4C	99,56±0,93C	0	0D	0,05±0B	0,88±0,02D	0,22±0,01D	9,71±0,07E	7,84±0,016A
Atchakpa	6,34±0,06D	67,6±9,23AB	83,20±18,34C	0	0,35±0,04A	0,04±0B	1,18±0B	0,25±0CD	8,24±0,31E	8,7±0A
Toué	6,89±0,13BC	78,8±2,13A	143,0±18,73B	0	0,14±0C	0,09±0,02A	0,97±0C	0,25±0CD	8,40±0,50E	8,26±0,09A
Bonou	6,86±0,06C	72,8±8,21A	90,40±0,93C	0	0,29±0,06AB	0,06±0AB	0,78±0G	0,27±0,02C	12,01±0,76CD	5,87±0,03D
Lowé	7,04±0,04BC	49,20±17,15B	100,32±0,30C	0	0,25±0,04B	0,06±0AB	0,76±0H	0,5±0B	10,65±0,88CD	7,88±0A
Houédo	6,99±0,07BC	52,00±3,85B	42,76±1,27DE	0	0D	0,05±0B	1,65±0A	8,88±0A	1038,80±0,31A	8,20±0,7A
Probabilité	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	-	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***
Erreur exp.	0,152	10,18	19,33	-	0,062	0,016	0,017	0,022	0,98	0,524

***=différence très hautement significative c’est-à-dire au seuil de 0,1% (ANOVA). Les valeurs moyennes non suivies par la même lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité 5% (Test de Newman et Keuls).

Tableau XVI. Comparaison de 11 sites de prélèvement (ANOVA) pour les différents paramètres mesurés dans l’eau pendant la période de Mai 2003.

Sites	pH	Turbidité	Conductivité	Nitrite	Nitrate	Ammonium	Bicarbonate	Chlore	Sulfate	Oxyg
Tanéka	6,90±0,0CD	1,83±0,14B	22,30±0,20E	0C	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	15,24±0B	6,10±
Donga	8,16±0A	3,76±0,03B	203,67±0,33A	0C	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	13,61±0B	7,50
Bétérou	7,20±0,06C	4,20±0,36B	88,42±0,75C	0C	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	14,25±0B	7,20
Térou	7,35±0,05B	4,83±0,02B	68,37±0,85CD	0C	0D	0,04±0B	0,85±0,02E	0,50±0,02B	13,03±0,02C	6,83±0
Kpassa	6,85±0,06D	6,18±0,54B	69,38±0,25CD	0C	0,04±0,02D	0,06±0AB	0,83±0F	0,01±0E	13,59±0B	4,50
Beffa	7,15±0,03CD	18,08±1,54B	99,56±0,93C	0,005±0C	0D	0,05±0B	0,88±0,02D	0,22±0,01D	9,71±0,07E	7,84±0
Atchakpa	6,34±0,06E	48,06±9,85A	83,20±18,34C	0,09±0,015B	0,35±0,04A	0,04±0B	1,18±0B	0,25±0CD	8,24±0,31E	8,7±
Toué	6,89±0,13CD	45,82±3,67A	143,00±18,73B	0,03±0,01C	0,14±0C	0,09±0,02A	0,97±0C	0,25±0CD	8,40±0,50E	8,26±
Bonou	6,86±0,06D	50,48±12,34A	90,40±0,93C	0,07±0,02B	0,29±0,06AB	0,06±0AB	0,78±0G	0,27±0,02C	12,01±0,76CD	5,87±
Lowé	7,04±0,04CD	28,64±1A	100,32±0,30C	0,02±0C	0,25±0,04B	0,06±0AB	0,76±0H	0,5±0B	10,65±0,88CD	7,88
Houédo	6,99±0,07CD	30,10±4,56A	42,76±1,27DE	0,55±0A	0D	0,05±0B	1,65±0A	8,88±0A	1038,80±0,31A	8,20±
Probabilité	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***
Erreur exp.	0,152	12,44	19,33	0,021	0,063	0,016	0,017	0,022	0,98	0,5

***=différence très hautement significative c’est-à-dire au seuil de 0,1% (ANOVA). Les valeurs moyennes non suivies par la même lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité 5% (Test de Newman et Keuls).

Tableau XVII. Comparaison de 11 sites de prélèvement (ANOVA) pour les différents paramètres mesurés dans l’eau pendant la période de Septembre 2003.

Sites	pH	Turbidité	Conductivité	Nitrite	Nitrate	Ammonium	Bicarbonate	Chlore	Sulfate	Oxygène
Tanéka	6,90±0BC	1,83±0,14E	22,30±0,20E	0	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	15,24±0B	6,10±0CD
Donga	7,50±0A	21,67±0,88D	203,67±0,33A	0	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	13,61±0B	7,50±0B
Bétérou	7,20±0,06B	23,55±0,32D	88,42±0,75C	0	0D	0,005±0C	0,23±0I	0,013±0E	14,25±0B	7,20±0B
Térou	7,25±0,05A	24,50±0,28D	78,37±0,85CD	0	0D	0,04±0B	0,85±0,02E	0,50±0,02B	13,03±0,02C	6,83±0,07BC
Kpassa	6,85±0,06C	59,8±0,86B	69,38±0,25CD	0	0D	0,06±0AB	0,83±0F	0,01±0E	13,59±0B	4,50±0D
Beffa	7,15±0,03BC	42,75±5,4C	99,56±0,93C	0	0D	0,05±0B	0,88±0,02D	0,22±0,01D	9,71±0,07E	7,84±0,016A
Atchakpa	7,4±0,06D	69,6±9,23AB	83,20±18,34C	0	0,35±0,04A	0,04±0B	1,18±0B	0,25±0CD	8,24±0,31E	8,7±0A
Toué	6,89±0,13BC	78,8±2,13A	143,0±18,73B	0	0,14±0C	0,09±0,02A	0,97±0C	0,25±0CD	8,40±0,50E	8,26±0,09A
Bonou	6,86±0,06C	72,8±8,21A	90,40±0,93C	0	0,29±0,06AB	0,06±0AB	0,78±0G	0,27±0,02C	12,01±0,76CD	5,87±0,03D
Lowé	7,04±0,04BC	48,20±17,15B	100,32±0,30C	0	0,25±0,04B	0,06±0AB	0,76±0H	0,5±0B	10,65±0,88CD	7,88±0A
Houédo	6,99±0,07BC	52,00±3,85B	42,76±1,27DE	0	0D	0,05±0B	1,65±0A	8,88±0A	1038,80±0,31A	8,20±0,7A
Probabilité	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	-	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***
Erreur exp.	0,152	10,18	19,33	-	0,062	0,016	0,017	0,022	0,98	0,524

***=différence très hautement significative c’est-à-dire au seuil de 0,1% (ANOVA). Les valeurs moyennes non suivies par la même lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité 5% (Test de Newman et Keuls).

3-2-1 Comparaison des paramètres physico-chimiques de l'eau du fleuve Ouémé

Tableau XVIII. Comparaison des deux périodes pour la variable turbidité au niveau de chaque station de prélèvement.

Paramètres Stations	Années	Turbidité		
		Mai	Septembre	Probabilité
Tanéka-koko	2002	1,83±0,14 A	1,83±0,14 A	1,00ns/0,25
Donga	2002	3,76±0,03 B	21,67±0,88 A	<0,0001
Bétérou	2002	4,2±0,36 A	23,55±0,32 B	<0,0001
Térou	2002	4,83±0,02 B	24,50±0,28 A	<0,0001
Kpassa	2002	6,18±0,54 B	55,80±0,86 A	<0,0001
Beffa	2002	18,08±1,54 B	42,75±5,40 A	0,005
Atchakpa-Béri	2002	48,06±9,85 A	67,60±9,23 A	0,18ns
Toué	2002	45,82±3,67 B	78,80±2,13 A	<0,0001
Bonou	2002	50,48±12,34 A	72,80±8,22 A	0,17
Lowé	2002	28,64±1 B	49,20±1,15 A	<0,0001
Houédo	2002	30,10±4,56 B	52,00±3,85 A	<0,006
Tanéka-koko	2003	1,83±0,14 A	1,83±0,14 A	1,00 ns
Donga	2003	3,76±0,03 B	21,67±0,88 A	<0,0001
Bétérou	2003	4,2±0,36 A	23,55±0,32 B	<0,0001
Térou	2003	4,83±0,02 B	24,50±0,28 A	<0,0001
Kpassa	2003	6,18±0,54 B	55,80±0,86 A	<0,0001
Beffa	2003	18,08±1,54 B	42,75±5,40 A	0,005
Atchakpa-Béri	2003	48,06±9,85 A	67,60±9,23 A	0,18 ns
Toué	2003	45,82±3,67 B	78,80±2,13 A	<0,0001
Bonou	2003	50,48±12,34 A	72,80±8,22 A	0,17 ns
Lowé	2003	28,64±1 B	49,20±1,15 A	<0,0001
Houédo	2003	30,10±4,56 B	52,00±3,85 A	<0,006

***=différence très significative $p < 0,01$ (ANOVA). **=différence hautement significative c'est-à-dire au seuil de 1% (ANOVA). ns= différence non significative au seuil de 5% (ANOVA). Les valeurs moyennes non suivies par la même lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité 5% (Test de Newman et Keuls).

3-2-2 Paramètres physico-chimiques de l'eau du lac Nokoué

Tableau XIX : La mesure des paramètres physico-chimiques au niveau du lac Nokoué (Mai 2003)

Paramètres	Unité	Norme	So-ava	So-tch	Ganvié	Ab-Cal	Zogbo	Awan	Jesug	Ladji	Danto	Danto
Date			20/5 2003	20/5 2003	20/5 2003	20/5 2003	20/5 2003	21/5/ 2003	21/5/ 2003	21/5/ 2003	21/5/ 2003	21/5/ 2003
Heure	GMT		9h	9h10	9h25	9h50	10h30	8h15	8h45	9h10	9h30	10h
Coordonnées Géographiques	°C											
N			08°00 01.0''	08°00 10''	08°01 20''	08°02 30''	08°00 25''	9°17 16.6''	9°17 17.7''	9°17 19.5''	9°17 24''	9°17 17.4''
E			02°22 38''	02°22 58''	02°23 01''	02°25 55''	02°22 45''	02°43 48.7''	02°43 53.3''	02°43 59.8''	02°43 87''	02°43 96.5''
Physico-chimie												
Profondeur	m		2m	2,10m	1,75m	2,50m	3m	2,15m	4m	4,5m	3,75m	4,25m
Température	°c		30°c	31°c	29°c	30°c	30°c	28°c	27°c	27°c	28°c	27°c
PH			6.16	6.22	6.40	6.47	6.43	6,66	7,01	6,85	6,76	7
Oxygène dissous			3.5	3.5	3	3.7	3.2	3.1	3.1	3.3	3.3	3.3
Turbidité			25,9	24	81	325	57,9	05,2	07,5	05,4	07,5	05,3
Conductivité	µS/cm		100	43	103	98	105	69,2	68,6	70	69,9	69,2
Composés												
Azotés												
Nitrites	mg/L		0,0051	0,1287	0,1321	0,0835	0,0845	0,0085	0,0085	0,0085	0,0085	0,0085
Nitrates	mg/L		0,204	0,3923	0,3923	0,3923	0,3923	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L		0,025	0,035	0,045	0,250	0,070	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
Autres polluants												
Carbonates	méq/L		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonates	méq/L		1,192	1,192	1,184	1,188	1,188	0,826	0,826	0,826	0,826	0,826
Chlore	méq/L		0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
Phosphates	mg/L		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfates	mg/L		8,652	8,652	7,004	8,450	8,450	13,596	13,596	13,596	13,596	13,596

Les caractéristiques physico-chimiques varient d'un site à un autre. Plus on s'approche de la lagune de Cotonou, plus le pH et la concentration en sulfate augmentent.

3-2-3 Les résidus de pesticide dans l'eau

Les résultats de la recherche des résidus de pesticides dans l'eau ont montré que les concentrations sont très faibles et sont en dessous de la limite de détection. Cependant, ces pesticides présents dans le milieu, se sont fixés sur les sédiments et se sont accumulés dans les organismes aquatiques.

3-3 Résultats de l'analyse des sédiments du fleuve Ouémé

3-3-1 Texture des sédiments du fleuve Ouémé en pourcentage

Les résultats de la texture des sédiments sont consignés dans le tableau 20. La granulométrie des particules de sédiment indique une distribution non homogène des particules le long du fleuve. Des distributions unimodales et polymodales des grains sont observées. La distribution unimodale est une distribution symétrique des particules de mêmes dimensions alors que la distribution polymodale est favorisée par une répartition anormale de la dimension des grains. Cette variation granulométrique des sédiments dépend de la vitesse d'écoulement de l'eau à travers le fleuve. Des sédiments sablonneux ont été identifiés au niveau des sites de Tanaka-koko, Bétérou, Kpassa, Beffa, Toué, Lowé et Houédo. La présence de sables grossiers à Tanaka-koko et Toué pourrait s'expliquer par l'état rocheux et ferrugineux du sol au niveau de ces zones. La présence de sables grossiers à Bétérou serait due aux actions humaines lors de la fabrication du pont. La faible quantité de sables grossiers observée à Houédo serait liée au transport par les eaux de ruissellement qui couleraient de l'amont. Les sites de Lowé, Beffa et Kpassa sont riches en sable fin. La non distribution homogène des grains explique la variabilité des différents taux de matière organique et de carbone sur lesquels se fixent les pesticides.

Tableau XX: Texture des sédiments du fleuve Ouémé en pourcentage.

Dimension Stations	Argile	Limon	Σ limon Et argile	Sable fin	Sable grossier	Σ sable
Tanéka-Koko	1.2	3.4	4.6	88	7.4	95.4
Donga	10.6	36.7	47.3	52.7	0	52.7
Bétérou	1.1	1.7	2.8	95.9	1.3	97.2
Kpassa	5.3	9.1	14.4	85.5	0	85.5
Térou	9.5	45.6	55.1	44.9	0	44.9
Beffa	5.6	17.8	23.4	76.6	0	76.6
Atchakpa-Béri	24.6	60	84.6	15.4	0	15.4
Toué	4.4	13.8	18.2	76.6	5.2	81.8
Bonou	32.9	62.2	95.1	4.9	0	4.9
Lowé	6.2	15.5	21.7	78.3	0	78.3
Houédo	2	4.1	6.1	93.9	0.4	93.9

A Taneka-koko, Bétérou, Kpassa, Beffa, Toué, Lowé et Bonou la fraction dominante est celle du sable fin avec une proportion respective de 88%, 96%, 85.5%, 76.6%, 78% et 94%. La somme cumulée de l'argile et du limon est de 84.6% et 95% à Atchakpa-Béri et à Bonou. Cette forte proportion d'éléments fins au niveau des deux stations peut s'expliquer par la migration descendante des éléments fins.

3-3-2 Teneur en matière organique, en carbone, en azote des sédiments du fleuve Ouémé

Dans les écosystèmes aquatiques, les résidus de pesticides se fixent sur les matières organiques des sédiments. Les figures 2, 3, 4, 5 montrent l'évolution du taux de carbone, de matière organique, la proportion entre le taux d'azote et de carbone contenu dans les sédiments au niveau des différentes stations de prélèvement du fleuve Ouémé et la corrélation qui existe entre le taux de carbone et le taux d'azote.

Il ressort de l'analyse des figures 2 et 3 que les quantités de matière organique et le taux de carbone varient d'un endroit à un autre au niveau d'un même site. Cette distribution inégale serait liée à la géomorphologie du site et à la vitesse de l'écoulement de l'eau qui favorise le transport des substances dissoutes. Les sites de Bétérou et Lowé sont peu riches en matière organique. A Bétérou le taux de matière organique et de carbone est très faible par rapport aux taux obtenus au niveau des autres zones de prélèvement (0.065% à 0.687%

pour le taux de carbone et 0.35 à 3.16% pour le taux de matière organique). A Lowé, le taux de matière organique est faible et compris entre 0.39 et 3.06 %. Il en est de même pour le site de Tanéka-koko ou le taux de matière organique est compris entre 1.54 et 2.6. Certains sédiments sont très riches en matière organique, c'est le cas de la première station d'Atchakpa-Béri avec un taux égal à 25.44%. On constate également qu'au niveau de la station de Kpassa le taux de matière organique se situe entre 2.6 et 25.44%. Les sédiments de Houédo contiennent assez de matières organiques et de carbones organiques (8.31 et 14.03% pour la matière organique et 2 à 5 % pour le carbone organique). Il existe une corrélation entre le taux de carbone et le taux de matière organique. Les stations qui ont un taux élevé de matière organique ou de carbone vont fixer plus de résidus de pesticides.

3-3-2-1 Teneur en carbone des sédiments du fleuve Ouémé

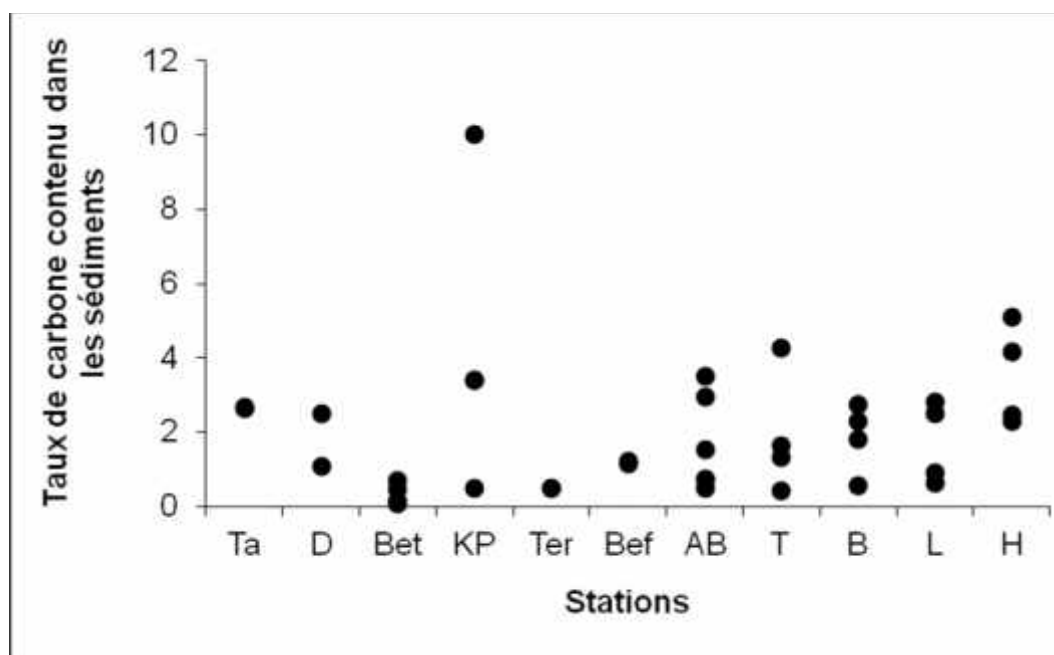


Figure 2 : Teneur en carbone des sédiments prélevés le long du fleuve

Les sédiments ont été lyophilisés avant d'être analysés

3-3-2-2 Teneur en matière organique des sédiments du fleuve Ouémé

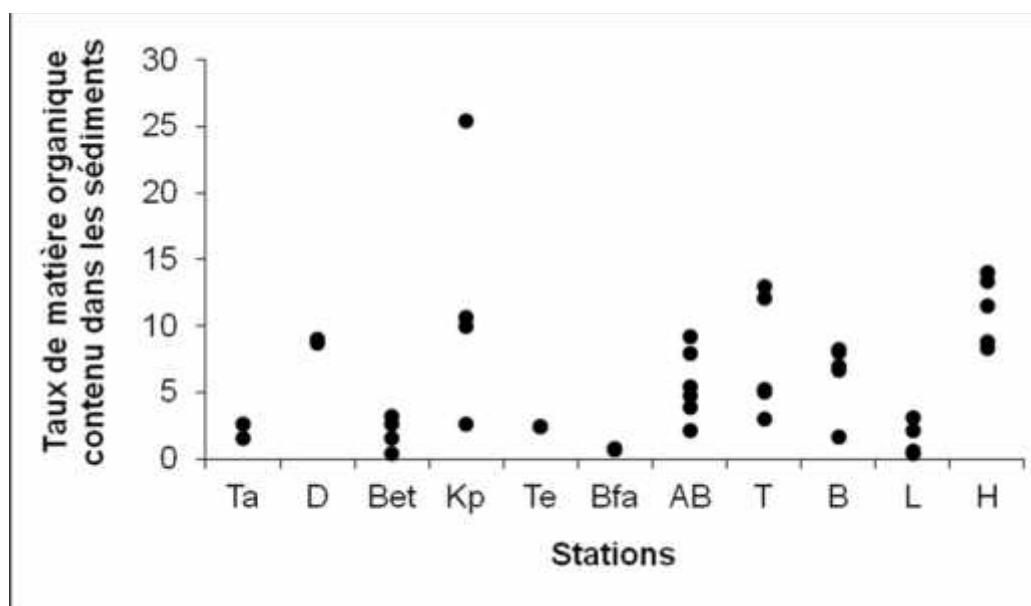


Figure 3 : Teneur en matière organique des sédiments lyophilisés

3-3-2-3 Proportion entre l'azote et le carbone (C/N)

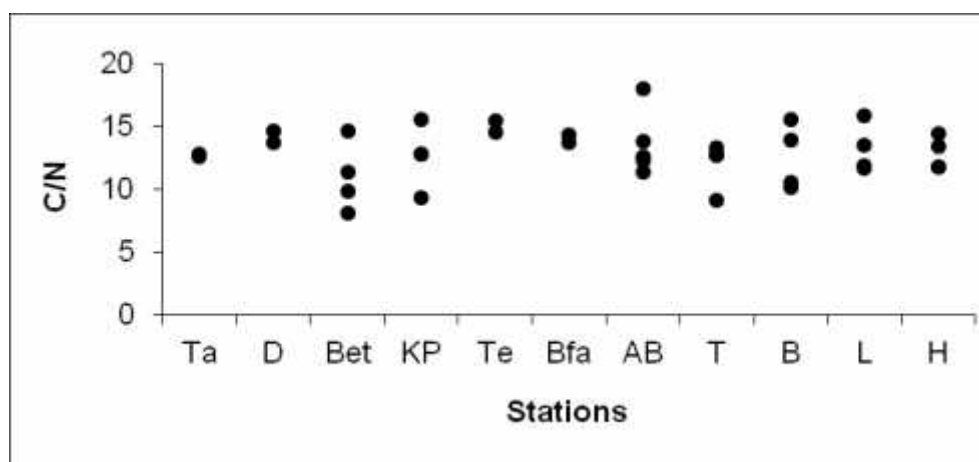


Figure 4 : La proportion entre le carbone et l'azote (C/N) contenue dans les sédiments lyophilisés

3-3-2-4 La corrélation entre la teneur en matière organique et la teneur en carbone du fleuve Ouémé

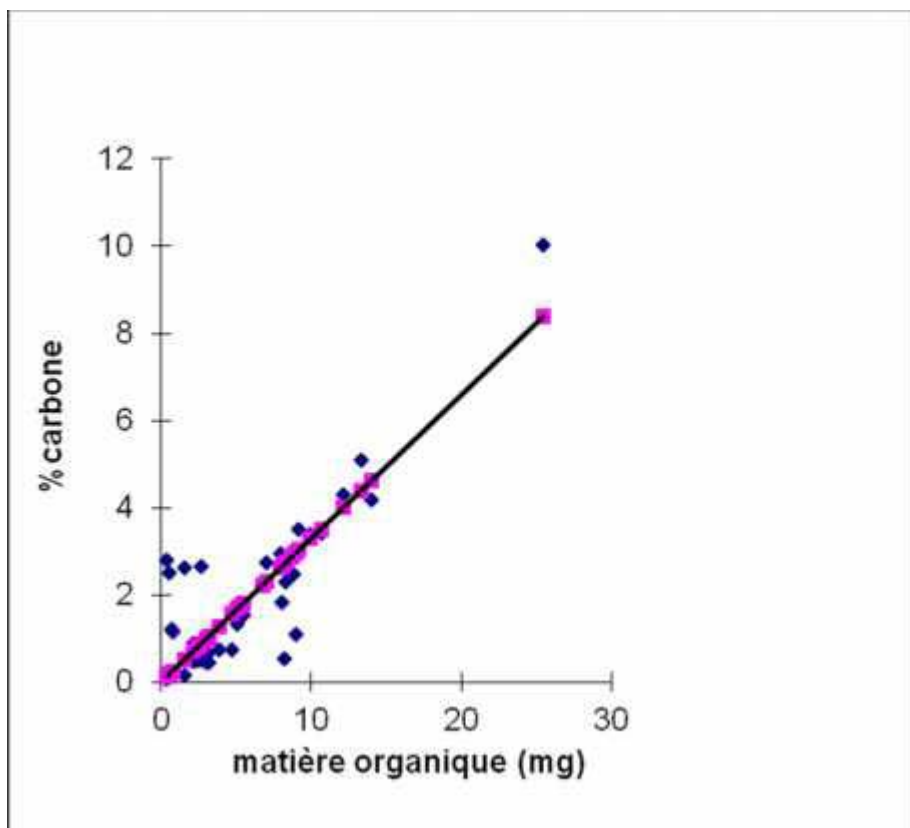


Figure 5 : Corrélation entre le taux de matière organique et le taux de carbone du fleuve Ouémé. $R^2 = 0.704$; $P = 3.39 \times 10^{-11}$

3-4 Analyse des sédiments du lac Nokoué

3-4-1 Texture des sédiments du lac Nokoué

Les résultats de l'analyse granulométrique des sédiments du lac Nokoué sont présentés dans le tableau 21. La variabilité de la dimension des grains des sédiments est révélatrice de la non homogénéité de la distribution des particules le long du Lac. La distribution unimodale et polymodale des grains de sédiment a permis d'avoir des sédiments composés de sables grossiers, de sable fins, d'argile et de limon. Les sédiments limoneux ont un diamètre compris entre 8 et 62 μm , le diamètre des sédiments sablonneux est compris entre 62 et 2000 μm alors que les sables grossiers ont un diamètre supérieur à 2000 μm . La distribution unimodale et polymodale renseigne sur la vitesse de l'écoulement de l'eau à travers le lac et la lagune. Les sédiments du lac Nokoué sont essentiellement composés de sable

Tableau XXI: Caractéristiques des sédiments collectés dans le lac Nokoué

Sites	% MO	%C	C/N	Argile	Limon	Σ limon et argile	Sable fin	Sable grossier	Σ Sable
So-Ava	3.09	2.54	16.58	2.	4	6	82.4	11.6	94
So-Tchanhoué	2.2	0.91	11.2	2.1	4	6.1	83,9	10	93.9
Ganvié	17.5	5.60	12.72	2.8	53.2	56	25	0.1	26
Abomey-Calavi	26.7	11.5	14.75	26.1	58.3	84.4	15.6	0.0	15.6
Zogbo	6.7	2.53	12.65	4.8	18.5	23.3	50.9	25.8	76.7
Awansori	5.4	1.65	12.06	7.1	13.3	20.4	59.4	20.2	79.6
Vêki	2.9	1.5	10.7	1.2	3.4	4.6	46.1	49.3	95.4
Jesuko	0.55	0.165	9.3	4.5	13.8	18.3	42.7	39.1	81.8
Ladji	8.7	3.1	14.2	7.1	13.3	20.4	59.4	20.2	79.6

3-4-2 Teneur en matière organique, en carbone, en azote des sédiments du lac Nokoué

3-4-2-1 Teneur en carbone des sédiments du lac Nokoué

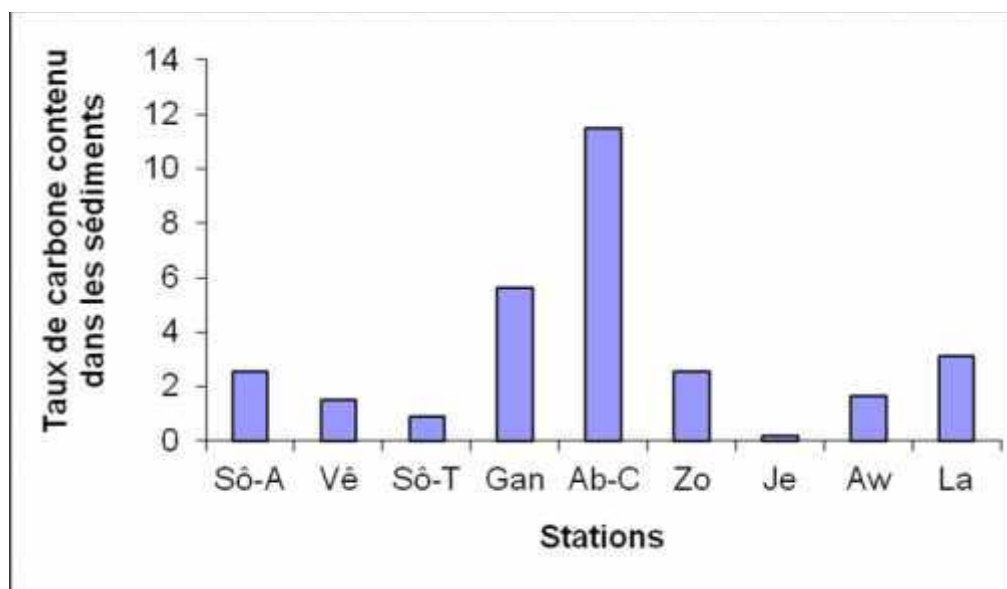


Figure 6 : Teneur en carbone des sédiments prélevés au niveau de chaque site.

3-4-2-2 Teneur en matière organique des sédiments du lac Nokoué

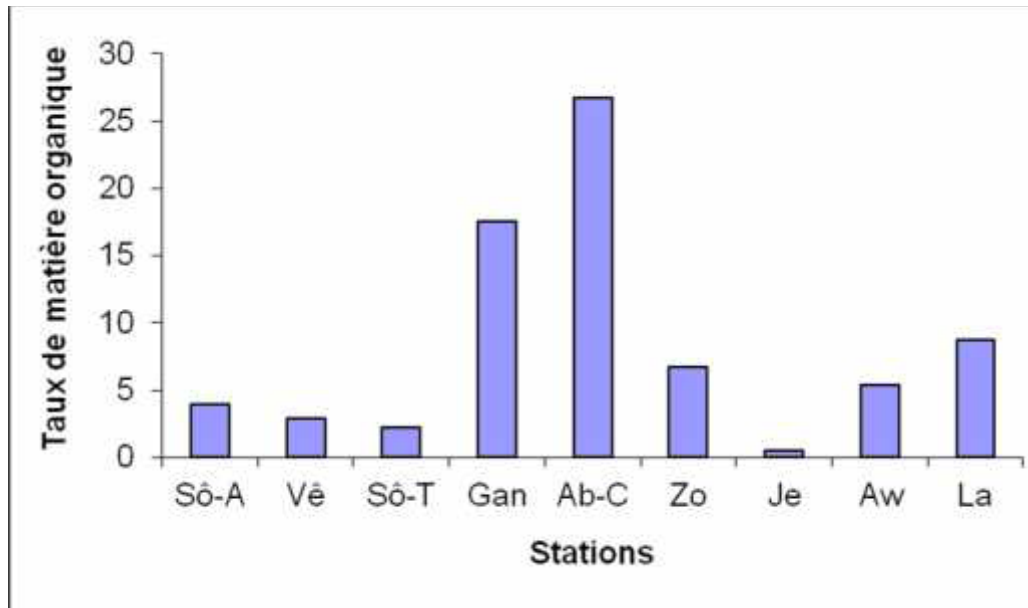


Figure 7 : Teneur en matière organique des sédiments prélevés au niveau de chaque site

3-4-2-3 Proportion entre le carbone et l'azote (C/N)

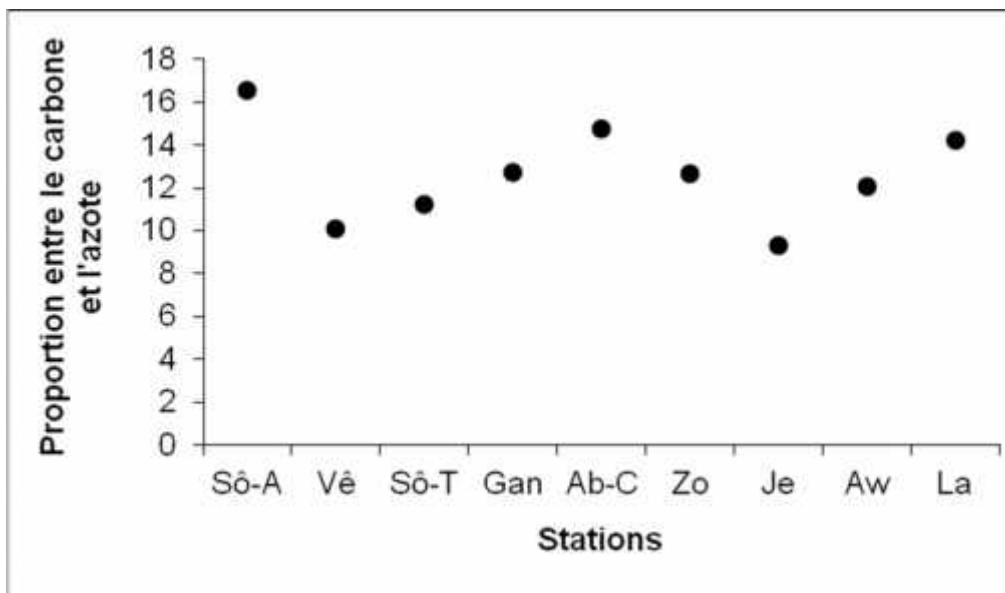


Figure 8 : Le taux de carbone identifié dans les sédiments prélevés au niveau de chaque site

Les taux de carbone, d'azote et de matière organique obtenus dans les sédiments du lac Nokoué sont représentés aux figures 6, 7. Les taux de carbone et de matière organique les plus élevés ont été obtenus à Abomey-Calavi suivi par la zone de Ganvié

et de Sö-Ava. Il existe une relation linéaire entre le taux de carbone et celui de la matière organique. La présence d'un taux élevé de carbone et de matière organique pourrait s'expliquer par la présence et l'abondance des activités humaines qui contribuent à la pollution du lac en y déversant des rejets domestiques. En effet, les rejets domestiques directement déversés dans le lac par les communautés installées aux abords immédiats des plans d'eau ou dans des cases construites sur pilotis, sont décomposés en matière organique qui fixe les polluants chimiques tels que les pesticides.

3-4-2-4 La corrélation entre le taux de matière organique et le taux de carbone du lac Nokoué

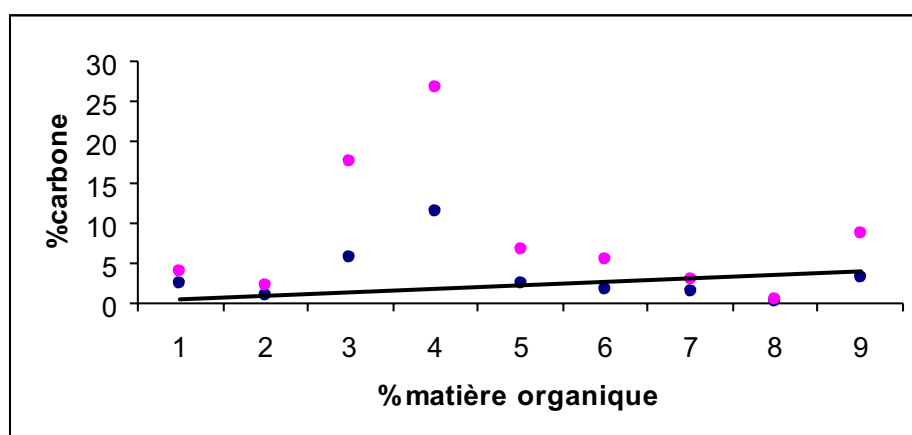


Figure 9 : La corrélation entre la matière organique et le taux de carbone du lac Nokoué

3-5 Un exemple de chromatogramme obtenu après GC-ECD

Un exemple de chromatogramme obtenu après GC-ECD sur les sédiments (figure 10) montre une superposition entre les pesticides étalons et les pesticides identifiés dans les échantillons.

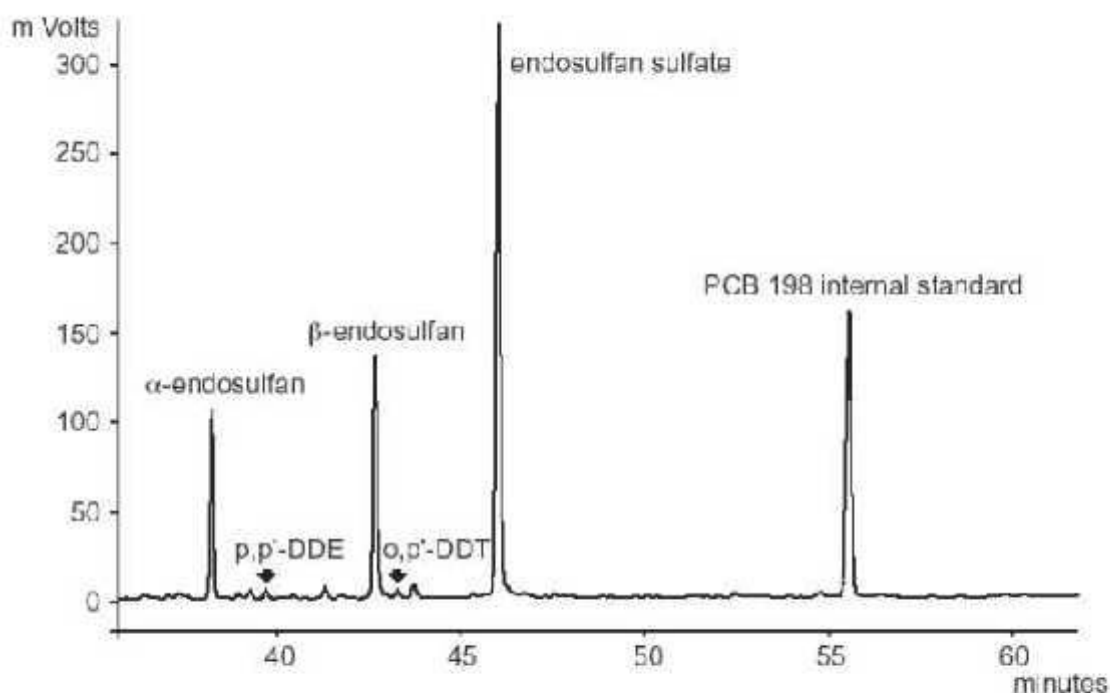


Figure 10 : Un exemple de chromatogramme en phase gazeuse des sédiments prélevés à Atchakpa-Béri.

3-6 Les résidus de pesticides identifiés dans les sédiments

3-6-1 Cas du fleuve Ouémé

Les résultats de l'analyse des sédiments prélevés entre 0 et 10 cm sont présentés dans le tableau 22. Les concentrations sont exprimées en fonction du taux de matière organique. Les résidus de pesticide ont été identifiés au niveau de toutes les stations sauf la première station (Tanéka-koko). L'analyse de variance entre les stations et entre les sites d'une même station montre des différences significatives. Les pesticides identifiés varient d'un site à un autre et d'une station à une autre. Les sites situés près des champs de coton ont un taux élevé de pesticide par exemple à Atchakpa-Béri, les échantillons prélevés non loin d'un champ de coton, sont contaminés par de fortes concentrations d'endosulfan sulfate, d' α et de β -endosulfan et de chlorpyrifos. Les concentrations obtenues dépassent de loin celles des étalons utilisés et les

concentrations maximales permises aux Pays-Bas (Verbruggen et al. 2001). Cette observation montre que l'endosulfan et le chlorpyrifos utilisés pour le traitement du coton ont contaminé le fleuve par effet de ruissellement à partir des champs pour contaminer les sédiments et les espèces aquatiques du fleuve. Les observations de terrain et les résultats de la recherche de résidus de pesticides dans les sédiments d'Atchakpa-Béri, justifient en partie notre hypothèse de recherche : les pesticides utilisés pour traiter le coton constituent une source de contamination du fleuve.

Une forte concentration de la somme des DDT a été identifiée à Bétérou (Tableau 22). A Bétérou, aucun champ de coton n'a été observé sur les bourrelets de berge du fleuve ; mais cette station présente les taux les plus élevés en résidus de pesticides. La station de Bétérou est directement située en aval de la station de Donga (Carte 1), et reçoit donc tous les polluants qui proviennent des stations situées en amont.

Tableau XXII : Les résidus de pesticides identifiés, quantifiés et comparés aux normes nationales et internationales (NL= Pays-Bas)

Pesticides identifiés	Pourcentage de résidus au dessus de la limite de détection	Les taux les plus élevés en ($\mu\text{g/kg O.M}$)	Zones à forte concentration	Standards			
				Bénin	NL M.P.C ($\mu\text{g/kg}^{-1}$)	Canada CEP ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	RPQS ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)
pp'-DDE	87%	70	Donga	-	58	6.75	1.42
		109	Bétérou				
		131	Kpassa				
		68	Lowé				
Σ DDD	87%	51 et 63	Donga	-	39	8.51	3.54
		403	Bétérou				
		61.5	Kpassa				
Σ DDT	95%	243 et 115.5	Lowé	30	98	4.77	1.19
		110.4 et 141	Donga				
		809 et 139	Bétérou				

		159.5	Kpassa		
		123	Toué		
		220	Bonou		
		312 et 167.3	Lowé		
		545.4	Houédo		
Σ endo	39%	16.4 et 19.2	Donga		
		52.2	Bétérou		
		164	Atcha-Béri		
		13	Toué		
Σ HCH	59%	sous la D.L	..	4	540
Σ drins	30%	sous la D.L	..	-	68

CEP = concentration qui pourrait avoir des effets probables (2002).

MPC = concentration maximale permise; DL= limite de détection

RPQS = Recommandation provisoire pour la qualité des sédiments (2002).

Tableau XXIII Les résidus pesticides organochlorés identifiés dans les sédiments prélevés le long du fleuve Ouémé (exprimé par matière organique). $\Sigma DDT = pp'DDD + op'DDD + pp'DDT + op'DDT + pp'DDT + pp'DDT$; End = endosulfan; $\Sigma endo = \alpha\text{-endo} + \beta\text{-endo}$; $\Sigma HCH = \alpha HCH + \beta HCH + \gamma HCH$; $\Sigma drin = aldrin + isodrin + telodrin + endrin + diedrin$; HCBd = hexachlorobutadiene.

Zones	sites	pp'DDE	op'DDD	pp'DDD	op'DDT	pp'DDT	ΣDDT	$\alpha\text{-end}$	$\beta\text{-end}$	Σend	αHCH	γHCH	ΣHCH	$\Sigma drin$	HCBd
Ta	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	9.5	9.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
D	1	55	13	38	4.2	<0.1	110	5	11	16	2.3	5	7.3	<0.1	<0.1
	2	70	16	48	8	<0.1	141	13	19	2.3	4.4	7	<0.1	<0.1	<0.1
Bet	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	2	109	89	314	51.4	246	810	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	36	0	36	<0.1	<0.1
	4	42	<0.1	37	<0.1	61	139	7	26	53	61	0	61	<0.1	<0.1
Kp	1	2.4	1	2	1	<0.1	5.4	1	1	2	1	7	8	1	<0.1
	2	9	2	4	<0.1	<0.1	14	<0.1	<0.1	<0.1	1	5	6	1	<0.1
	3	131	7	18	4	<0.1	160	<0.1	<0.1	<0.1	1	6	7	<0.1	<0.1
	4	26	19	42	5	<0.1	93	<0.1	5.4	5.4	<0.1	<0.1	<0.1	9	25
Ter	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Bef	1	263	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	263	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	2	373	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	373	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
AB	1	18	<0.1	7.4	<0.1	<0.1	25	1.4	<0.1	1.4	2	10	12	<0.1	<0.1
	2	10	<0.1	3	1	<0.1	14	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	20	20	5	12
	3	4	1.4	<0.1	<0.1	<0.1	5.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2	30
	4	1	<0.1	1	1	<0.1	3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2	14
	5	4	<0.1	3.4	3	<0.1	10.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	217	<0.1	<0.1
	6	8	6	5	12	<0.1	31	164	<0.1	164	<0.1	4	4	<0.1	5

Suite du tableau XXIII

Zones	Sites	pp'DDE	op'DDD	pp'DDD	op'DDT	pp'DDT	ΣDDT	α-end	β-end	Σend	αHCH	γHCH	ΣHCH	Σdrin	HCBd
T	1	25	3	21	<0.1	<0.1	39	4	9	13	<0.1	4	4	12	<0.1
	2	22	3	13	9	<0.1	48	<0.1	3	3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5.3
	3	4.4	<0.1	2	10	10	26.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	4	4	<0.1	<0.1
	4	32	10	18	13	41	114	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3	3	2	<0.1
	5	3	3	10	2	<0.1	35	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	<0.1
B	1	26	4	12	<0.1	19	61	2	2	4	<0.1	<0.1	3	<0.1	9
	2	16	4	17	1	9	48	<0.1	3	3	<0.1	5	5	<0.1	<0.1
	3	16	7	9	3	10	57	3	5	8	<0.1	3	3	<0.1	<0.1
	4	12	6	17	7	79	121	<0.1	8	8	<0.1	6	6	<0.1	<0.1
	5	12.2	6.3	18.3	3	7	47	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	42	42	32	<0.1
L	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	38	<0.1
	2	68	46	196	<0.1	196	507	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	30	<0.1
	3	51	27	88	<0.1	20	186	<0.1	8	8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	4	27	124	43	4	19	105	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	8	8	<0.1	<0.1
H	1	7	2	1	11	<0.1	21	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	3	9	5
	2	7	3	9	<0.1	2	20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5	10.4	<0.1
	3	7	4	21	<0.1	2	32	34	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3	3	<0.1
	4	14	4	17	<0.1	526	561	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	16	16	1	<0.1
	5	5	4	14	<0.1	<0.1	23.4	24	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Au total, le fleuve Ouémé est contaminé par vingt deux pesticides organochlorés et organophosphorés à savoir : pp-DDE, op-DDD, pp-DDD, op-DDT, pp'DDT, α -endosulfan, β -endosulfan, endosulfan sulfate, α -HCH, β -HCH, lindane, dieldrine, endrine, telodrine, isodrine, cis et trans heptachlorepoxyde, hexachlorbutadiène, hexachlorobenzène, octachlorstyrène et le chlorpyrifos). Les pesticides dont les concentrations sont supérieures à la limite de détection sont mentionnés dans le tableau 22. Les figures 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17 ci-dessous montrent les variations des concentrations de résidus de pesticide entre les différents sites situés au niveau de la même station et les variations de concentration entre les stations. Ces figures justifient l'analyse des variances.

Le pp'-DDE a été identifié dans tous les sédiments sauf à Tanéka-koko (Tableau 23). La plus forte concentration de pp'-DDE a été trouvée à Kpassa (131 $\mu\text{g/kg}$ OM) suivie de Bétérou (au niveau du second site) 109 $\mu\text{g/kg}$ OM, puis la station de Donga 70 $\mu\text{g/kg}$ OM et enfin au niveau de la station de Lowé (Tableau 23). Les taux de pp'-DDE au niveau de ces stations dépassent les concentrations maximales permises (Tableau 22). A Kpassa, les concentrations sont trois fois supérieures aux MPC. Le taux de pp'-DDE obtenu à Kpassa est à peu près le même que celui identifié dans les sédiments des fleuves Msimbazi et Kizinga en Tanzanie (Mwevura et al. 2002).

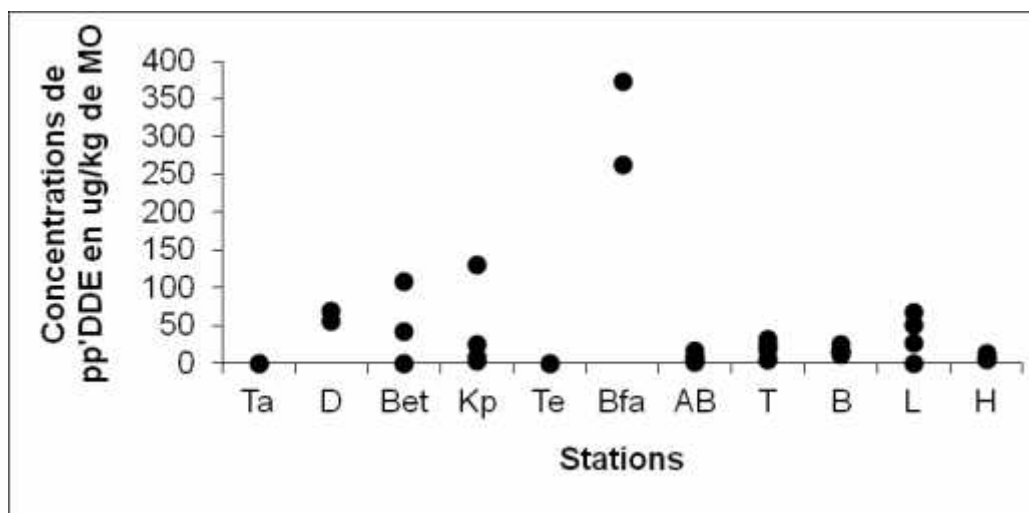


Figure 11 : Concentration de pp'-DDE obtenue dans les prélèvements de sédiments exprimée en $\mu\text{g/kg}$ de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement est noté dans le tableau 12.

Tout comme le DDE, 87 % des sédiments prélevés sont contaminés par du DDD (Tableau 23). La concentration la plus élevée a été identifiée à Bétérou (403 $\mu\text{g/kg}$ OM) suivie de la station de Lowé (243 $\mu\text{g/kg}$ OM). La somme des DDD identifiés à Bétérou est 10 fois supérieure au MPC. Les valeurs des concentrations de DDD à Donga sont assez proches de celles obtenues à Tabata en Tanzanie (Mwevura et al. 2002). La station de Tabata est située non loin de la source du fleuve Msinbazi ; de même la station de Donga est située non loin de la source du fleuve Ouémé. Une telle comparaison pourrait s'expliquer par la position des sites par rapport aux différentes sources.

95 % des sédiments sont contaminés par la somme de DDT. La concentration la plus élevée a été obtenue à Bétérou (810 $\mu\text{g/kg}$ OM) et à Houédo (561 $\mu\text{g/kg}$ OM). Le pp' - DDT obtenu au niveau de la première station de Houédo (526 $\mu\text{g/kg}$ OM) est vingt fois supérieur au taux de pp'-DDT obtenu au niveau de tous les sites de prélèvement des rivières Msimbazi et Kizinga en Tanzanie (Mwevura et al. 2002).

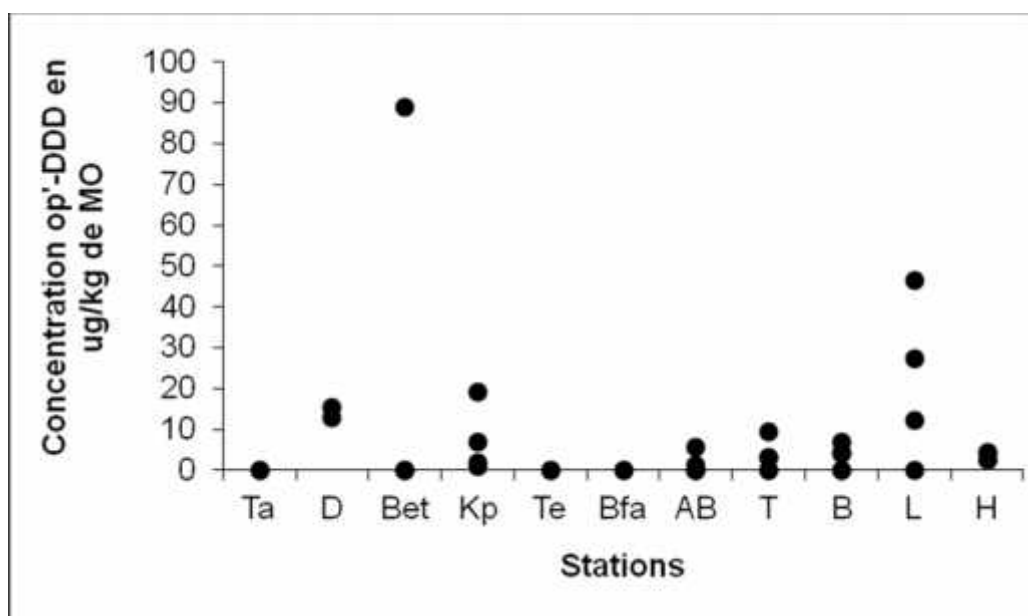


Figure 12 : Concentration d'op'-DDD obtenue dans les prélèvements de sédiment exprimée en $\mu\text{g/kg}$ de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement est noté dans le tableau 12.

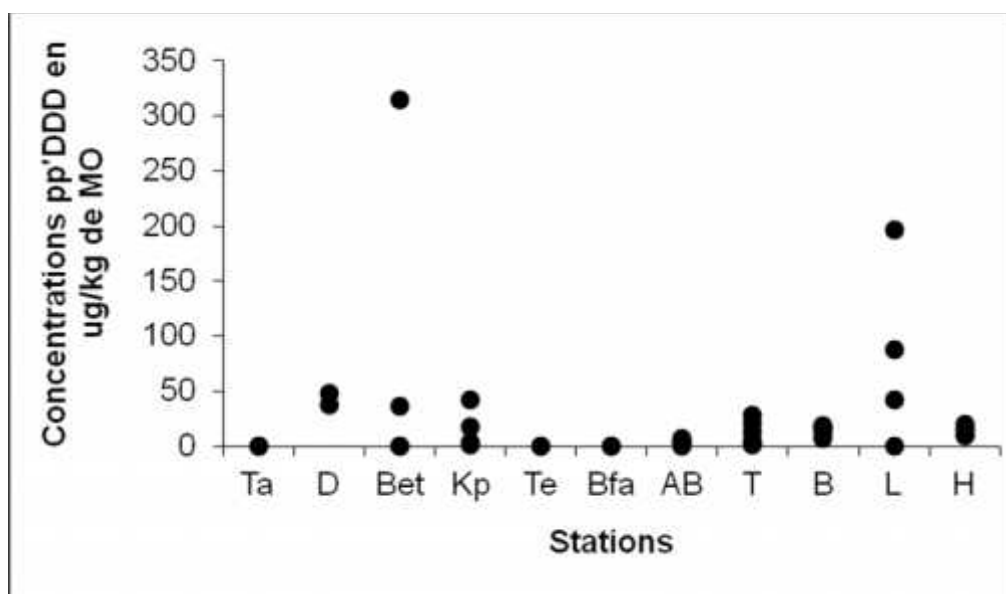


Figure 13 : Concentration de pp'-DDD obtenue dans les prélèvements de sédiment exprimée en µg/kg de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement figure dans le tableau 12

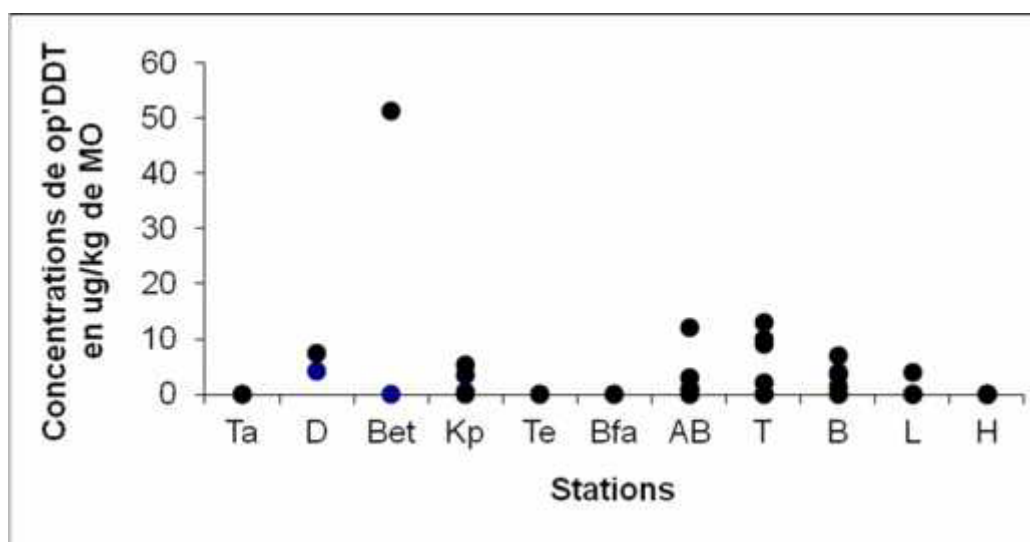


Figure 14 : Concentration d'op'-DDT obtenue dans les prélèvements de sédiment exprimée en µg/kg de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement est noté dans le tableau 12.

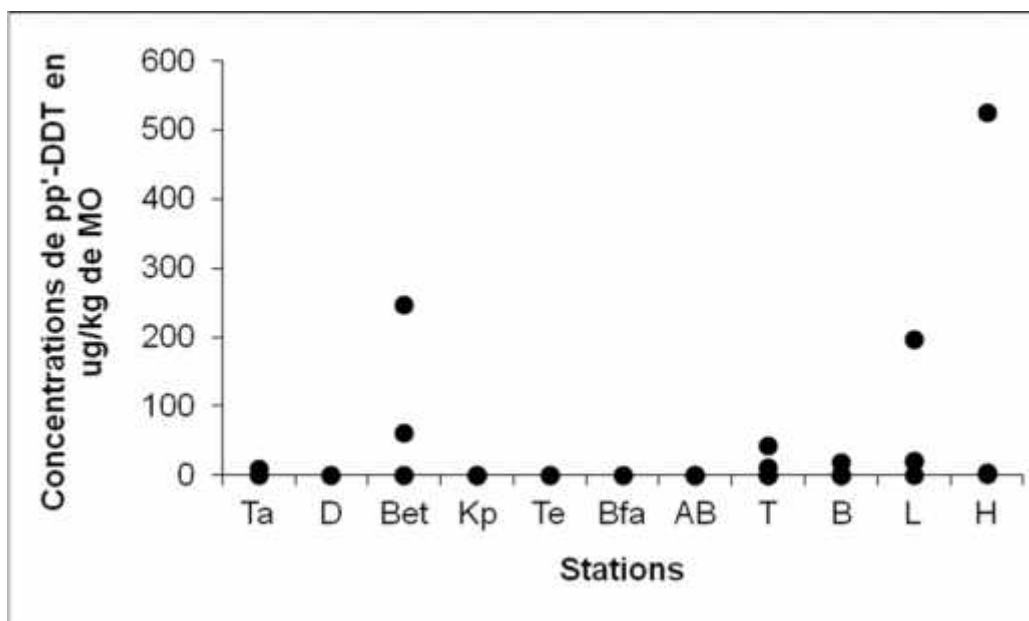


Figure 15 : Concentration de pp'-DDT obtenue dans les prélèvements de sédiment exprimée en µg/kg de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement est noté dans le tableau 12.

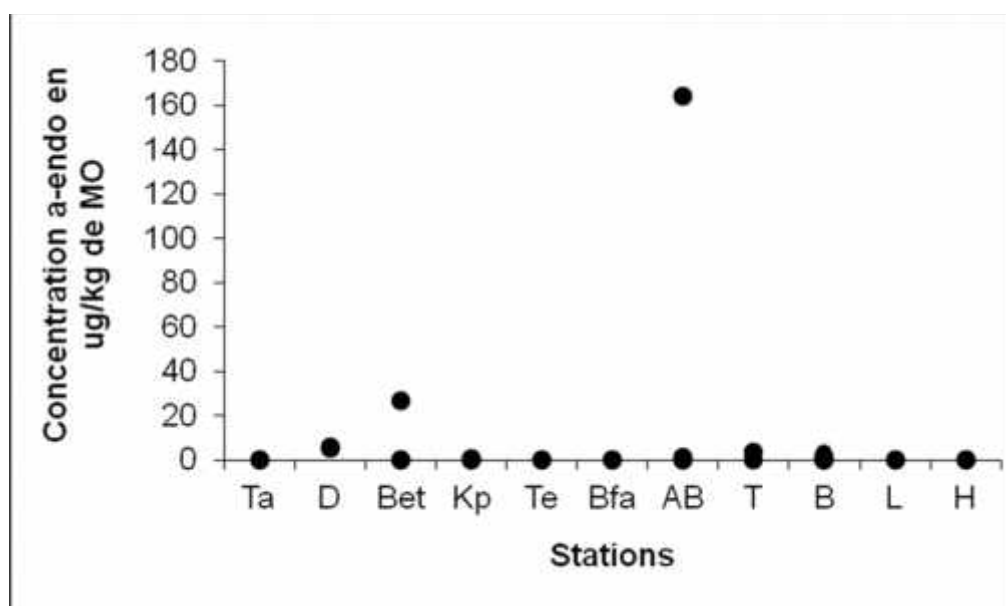


Figure 16 : Concentration d'α-endosulfan obtenue dans les prélèvements de sédiment exprimée en µg/kg de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement est noté dans le tableau 12.

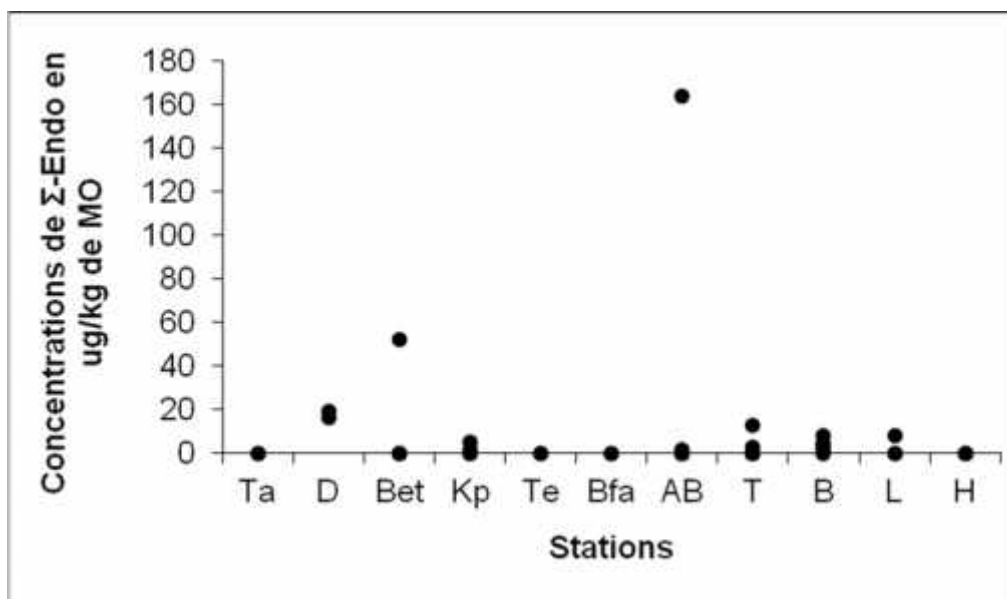


Figure 17 : Concentration de Σ -endosulfan obtenue dans les prélèvements de sédiment exprimée en $\mu\text{g/kg}$ de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement est noté dans le tableau 12.

En effet, il ressort de nos analyses que les métabolites et les isomères du DDT (pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT) ont été identifiés au niveau de toutes les stations. Les autres résidus de pesticides identifiés ont un taux inférieur au taux maximum permis.

A Lowé, un taux élevé de drin (30-38 $\mu\text{g/kg}$ OM) a été enregistré. Ce taux élevé serait probablement dû à la dieldrine utilisée dans la région dans le cadre des traitements de produits maraîchers. De forts taux de dieldrine ont été quantifiés à Toué, à Kpassa. L'isodrine a été identifiée à Atchakpa-Béri et sur l'un des sites de Bonou et de Houédo (1.2-7 $\mu\text{g/kg}$ OM). L'aldrine a été identifiée au niveau de trois stations et sur 3 sites à Houédo avec une concentration de 25 $\mu\text{g/kg}$ OM. Aucun pesticide du groupe des drins n'a été identifié à Tanéka-Koko, Donga et Bétérou. Le trans-heptachloroepoxide et l'octachlorostyrène sont identifiés sur un seul site à Atchakpa-Béri avec une concentration approximative de 1 $\mu\text{g/kg}$ OM.

54 % des sédiments sont contaminés par de l'hexachlorobutadiène. Les concentrations varient entre la limite de détection et 30 $\mu\text{g/kg}$ OM. Tous les sédiments prélevés à Atchakpa-Béri et à Toué sont contaminés par de l'hexachlorobutadiène de même qu'au

niveau de certains sites à Kpassa, Bonou et Houédo. L'hexachlorobutadiène n'est pas utilisé dans l'agriculture. Cette contamination serait probablement due à la pollution atmosphérique ou par transport d'une région à une autre. Environ 57 % des sédiments prélevés sont contaminés par du lindane. La concentration varie entre la limite de détection et 42 µg/kg OM. La concentration la plus élevée a été obtenue à Houédo. Cette concentration est supérieure à celle trouvée dans le fleuve Sabaki au Kenya (Lalah et al. 2003). Le lindane est utilisé au Bénin pour traiter le coton. Il avait été utilisé pour lutter contre les insectes nuisibles. Interdit d'application depuis au moins 10 ans, ce produit a été identifié dans le fleuve Ouémé avec une concentration très élevée, aussi élevée que celle obtenue dans le fleuve Sabaki au Kenya où son utilisation est encore officiellement autorisée par les autorités Kenyannes. La présence de lindane dans le fleuve Ouémé pourrait s'expliquer par sa persistance dans l'environnement. Le taux d'aldrine identifié dans le fleuve Sabaki (5.1 µg/kg OM de sédiment frais) est supérieur à celui obtenu dans le fleuve Ouémé.

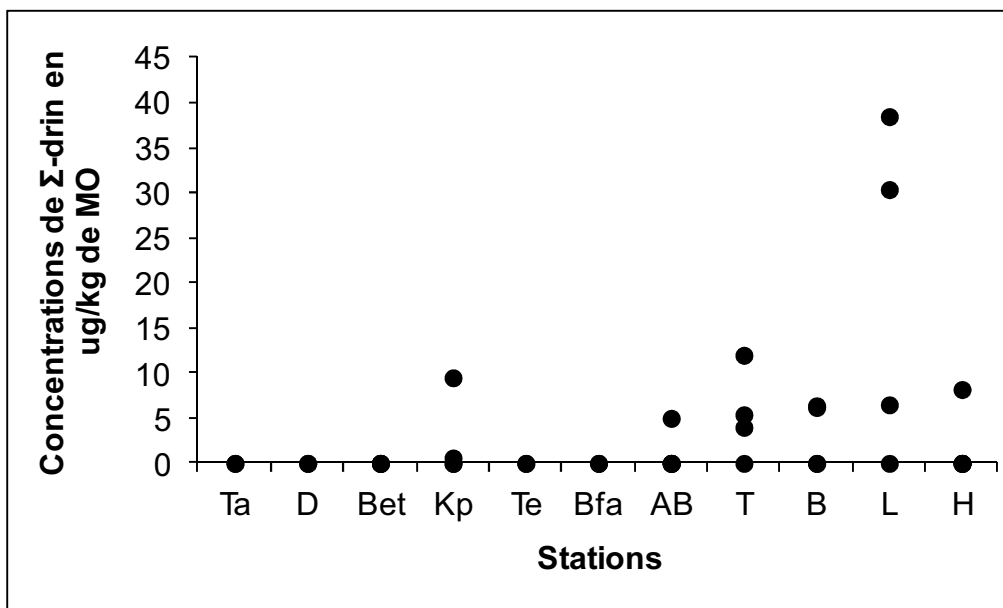


Figure 18 : Concentration de la Σ-des drins obtenue dans les prélèvements de sédiment exprimée en µg/kg de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement est noté dans le tableau 12.

A la source du fleuve (Tanéka-koko), aucun résidu de pesticide n'a contaminé le sédiment prélevé mais à deux cent mètres environ de ce premier site une faible

quantité de pp'-DDT a été identifiée avec une concentration de 10 µg/kg de matière organique. Aucune culture ne se fait et ne peut se faire car il s'agit d'une zone rocheuse. La présence de pp'-DDT serait probablement liée à la persistance du DDT qui était pulvérisé dans la nature pour lutter contre les mouches Tsé-tsé, le vecteur de l'onchocercose (la simulie) et d'autres vecteurs comme ceux responsables de la malaria.

Les sédiments prélevés au niveau de la station de Donga sont contaminés par du pp'-DDE, de op'-DDD, du pp'-DDD, de op'-DDT, d' α-HCH, de lindane, d'α-endosulfan, de β-endosulfan et d'hexachlorobutadiène (Tableau 23). Les concentrations relativement élevées pourraient être liées au transport de polluants par les eaux de ruissellement provenant des champs de coton.

Les prélèvements effectués à Bétérou sont contaminés par du pp'-DDE, de l'op'-DDD, du pp'-DDD, de l'op'-DDT, du pp'-DDT, d'α-HCH, d'α-endosulfan et de β-endosulfan. Les concentrations de pesticide obtenues à Bétérou sont très élevées par rapport à celles obtenues à Donga. Par exemple le taux de pp'-DDE obtenu sur le second site est deux fois supérieur à celui obtenu sur les sites de Donga (Tableau 23). Les sommes de DDD et de DDT à la station de Bétérou sont également très élevées. Le tableau 22 montre que les concentrations sont alarmantes par rapport aux normes internationales. La station de Bétérou pourrait être contaminée par des pesticides transportés par le fleuve en provenance de Donga (Bétérou est située directement en dessous de la station de Donga). Cette contamination peut provenir des eaux de ruissellement à partir des champs et des forêts. Le taux le plus élevé de lindane a été identifié à Bétérou (61 µg/kg MO) ce qui ferait croire que le lindane continue d'être utilisé dans cette région.

La station de Kpassa est située sur l'un des affluents du fleuve Ouémé, l'Okpara, a été contaminée par 11 différents résidus de pesticides à savoir le pp'-DDE, l'op'-DDD, le pp'-DDD, l'op'-DDT, l'α-HCH, le lindane, le β-endosulfan, l'aldrin, le dieldrin, le trans-heptachlorepoxyde, et l'hexachlorobutadiène. Les concentrations d'α-endosulfan, de β-endosulfan, d'aldrine, de dieldrine, d' α-HCH, et de lindane sont en dessous de la concentration maximale permise (Tableau 22). Les concentrations des pesticides

identifiés sont relativement faibles par rapport à celles obtenues à Bétérou. Signalons que la station de Kpassa ne se trouve pas directement en dessous de la station de Bétérou donc ne peut recevoir les pesticides en provenance de l'amont. Des champs de céréales sont labourés sur les rives du fleuve. Ces champs sont parfois traités avec des pesticides chimiques de synthèse qui pourront ruisseler vers le fleuve pour être transportés par le vent lors de l'épandage. Les concentrations de dieldrine sont faibles ($<0.1-5 \mu\text{g/kg MO}$) par rapport à celles obtenues dans les fleuves Msimbazi et Kizinga en Tanzanie ($<0.1-0.13 \mu\text{g/kg}$, et $1.0-38.1 \mu\text{g/kg}$ de poids sec respectivement) (Mwevura et al. 2002). Signalons que les fleuves TPC-Moshi en Tanzanie (Kishimba et al. 2004) et Sabaki au Kenya (Lalah et al. 2003) ne sont pas contaminés par de la dieldrine.

Les pesticides identifiés à Atchakpa-Béri sont pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, α -HCH, lindane, α -endosulfan, β -endosulfan une forte concentration d'endosulfan sulfate, du chlorpyrifos, de l'isodrine, de l'aldrine, du trans-heptachloroepoxide, de l'hexachlorobutadiène et du benzylbutylphthalate. A Atchakpa-Béri des champs de coton sont situés sur la rive gauche du fleuve. Le chlorpyrifos fait parti des organophosphorés qui continuent d'être utilisés pour le traitement du coton au Bénin. Etant donné que les pesticides organophosphorés sont des produits facilement dégradables, sa présence dans les sédiments du fleuve confirme leur ruissellement des champs vers le fleuve.

La station de Toué a été choisie sur le deuxième affluent du fleuve Ouémé. Il est contaminé par quatorze pesticides, ce sont : le pp'-DDE, le pp'-DDD, l'op'-DDD, le pp'-DDT, l'op'-DDT, le lindane, l'aldrine, le dieldrine, l'isodrine, la télodrine, le trans-heptachlorepoxyde, α -endosulfan, β -endosulfan, et l'hexachlorobutadiène. Les concentrations obtenues sont moins élevées que celles obtenues à Bétérou et à Donga (Tableau 23). Dans la région de Toué, les orangers, et les cultures vivrières se font sur le bassin du fleuve. Ces cultures sont parfois traitées avec des pesticides.

Des enquêtes menées ont montré que des pratiques illicites de pêche par empoisonnement du fleuve avec des plantes toxiques et des pesticides destinés aux cultures de coton sont fréquentes dans cette région. Les pesticides de coton les plus

utilisés sont le Dusban, le Cotalm D, et le Callisulfan.

La station de Bonou est contaminée par du pp'-DDE, de l'op'-DDD, du pp'-DDD, de l'op'-DDT, de lindane, d' α et de β -endosulfan, d'aldrine, d'isodrine et d'hexachlorobutadiène. A Bonou les cultures de maïs, de niébé, de coton se font sur la berge du fleuve. Le coton et le niébé étant traités par des pesticides chimiques de synthèse, le fleuve est ainsi soumis à une contamination directe. Certaines cultures de contre saison se font dans le lit du fleuve pendant la saison sèche.

Les pesticides identifiés à Lowé sont le pp'-DDE, l'op'-DDD, du pp'-DDD, l'op'-DDT, le pp'-DDT, le lindane et l'endrine. L'endrine a été identifié dans tous les sédiments. En dehors du pp'-DDE, tous les pesticides identifiés ont une concentration élevée par rapport à la concentration maximale permise (Tableau 22). Les enquêtes effectuées à Lowé ont montré que l'endrine et la dieldrine sont utilisées pour traiter les cultures maraîchères. Les cultures vivrières et maraîchères se font sur les rives du fleuve. La vallée de l'Ouémé est une zone inondable où se font des cultures de contre saison. Les pesticides utilisés pour traiter les cultures peuvent s'adsorber sur le sol et peuvent contaminer l'eau du fleuve en période de crue. Les eaux du fleuve Ouémé se jettent dans le lac Nokoué au niveau de la station de Houédo. Cette station est contaminée par du pp'-DDE, de l'op'-DDD, du pp'-DDD, de l'op'-DDT, de lindane, d' α et de β -HCH, d'aldrine, d'endrine, de dieldrine, de trans-heptachloroepoxide et de l'hexachlorobutadiène. Le taux le plus élevé de pp' DDT a été obtenu à Houédo. Cette concentration est 5 fois plus élevée que la concentration maximale permise. La station de Houédo pourrait être contaminée par les pesticides en provenance du Nord.

87% des sédiments prélevés et analysés sont contaminés par du pp'-DDE et par la somme des pp'-DDD. Les concentrations les plus élevées ont été observées à Donga, Bétérou, Kpassa et Lowé. Une concentration alarmante du total des DDT a été observée à Bétérou. La concentration de pp'-DDE obtenue à Bétérou est huit fois supérieure à celle obtenue au niveau du fleuve Kizinga en Tanzanie selon les travaux de Haji Mwevura et al. (2002). 95% des échantillons analysés sont contaminés par du Σ - DDT. La valeur la plus élevée a été obtenue à Bétérou (809 $\mu\text{g/kg MO}$). Cette

valeur est supérieure à la somme des DDT obtenue par M. A. Kishimba et al. (2004) dans les sédiments du fleuve TPC-Moshi à Dar es Salaam.

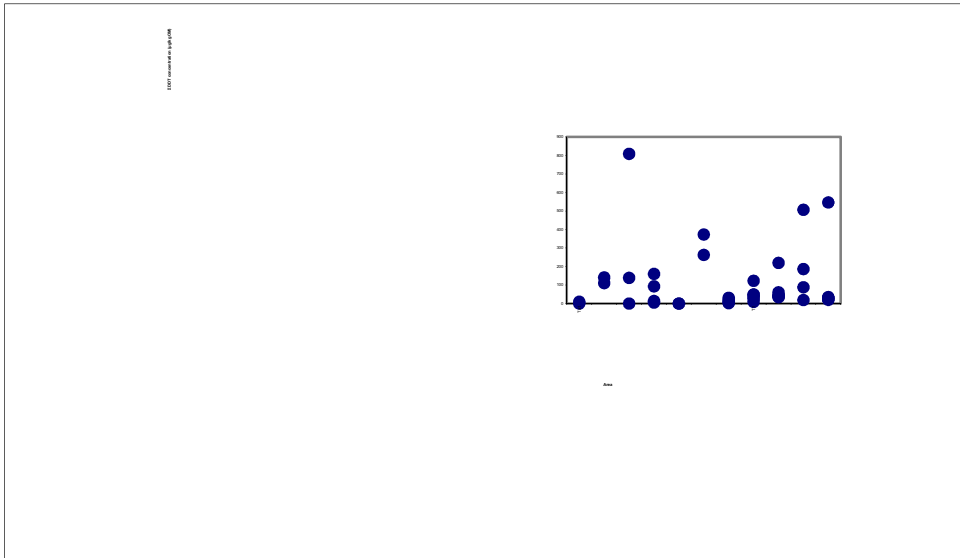
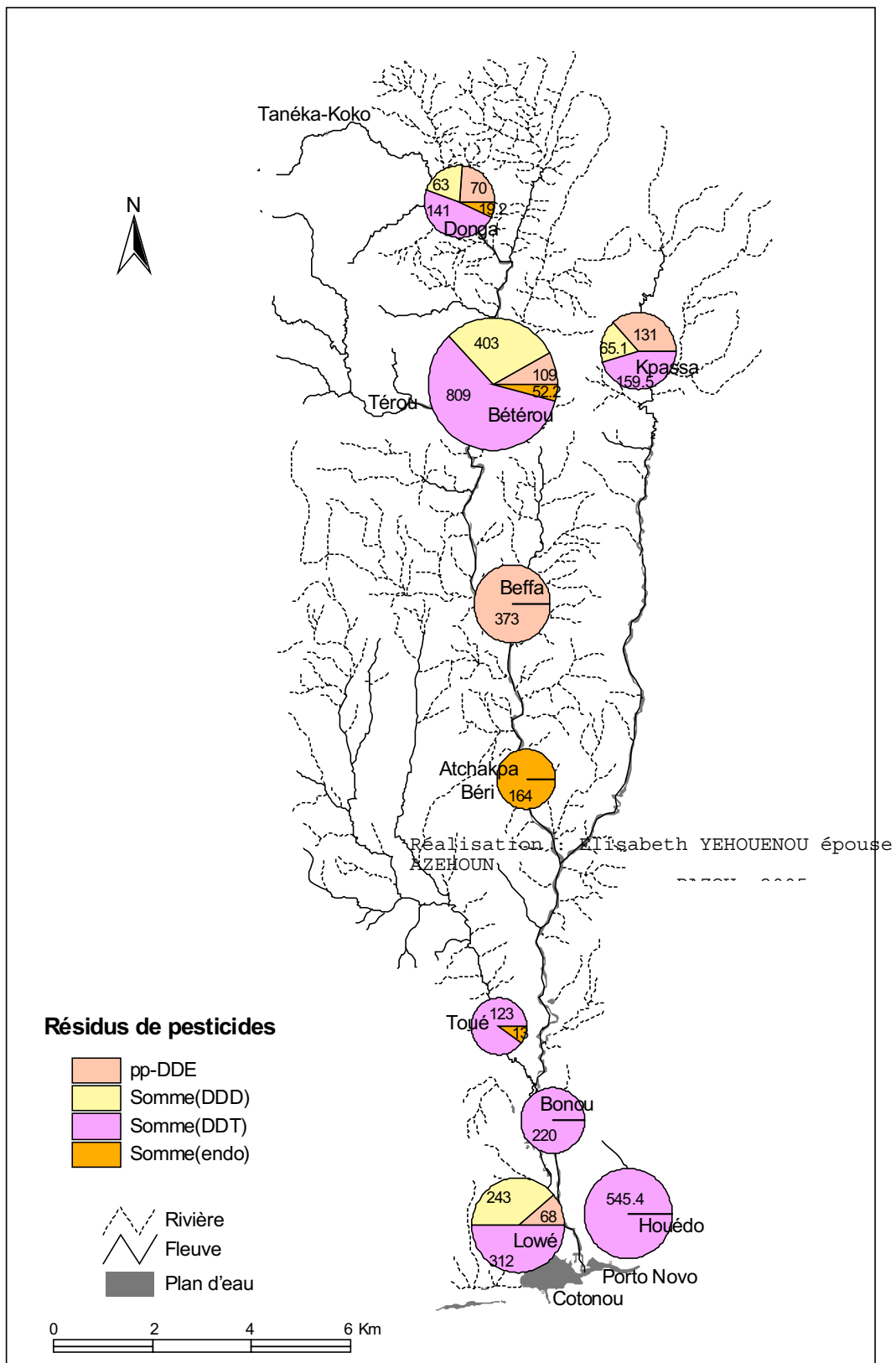


Figure 19 : les concentrations de la Σ -DDT dans les prélèvements de sédiment exprimées en $\mu\text{g/kg}$ de matière organique. Les prélèvements ont été effectués au niveau de onze stations. Plusieurs sites de prélèvement ont été choisis au niveau de chaque station. Le code de ces stations de prélèvement est noté dans le tableau 12.



Carte 3 : Carte de la distribution des différents résidus de pesticides dans les sédiments collectés dans le fleuve Ouémé .

Tableau XXIVa. Comparaison de 11 sites de prélèvement (ANOVA) pour chaque pesticide identifié dans les sédiments.

Sites	ppDDE	opDDD	ppDDD	opDDT	ppDDT	aldrin	dieldrin	aHCH	lindane	aendosulfan
Tanéka	0D	0 A	0B	0A	0,47±0,47A	0A	0A	0B	0B	0A
Donga	6,26±0,72B	1,41±0,14A	4,29±0,48AB	0,58±0,16A	0A	0A	0A	0,23±0B	0,47±0,03AB	0,55±0,04A
Bétérou	3,76±2,56BC	2,21±2,21A	8,77±7,60A	1,28±1,28A	7,66±5,81A	0A	0A	2,41±1,48A	0B	0,67±0,67A
D										
Térou	0D	0A	0B	0A	0A	0A	0A	0B	0B	0A
Kpassa	4,19±2,99BC	0,72±0,42A	1,63±0,94AB	0,24±0,13A	0A	0,10±0,10A	0,14±0,12A	0,07±0,024B	0,43±0,14AB	0,14±0,12A
Beffa	318±55 A	0A	0B	0A	0A	0A	0A	0B	0B	0A
Atchakpa	0,73±0,24CD	0,12±0,08A	0,32±0,11B	0,27±0,18A	0A	0,03±0,3A	0A	0,035±0,35B	0,56±0,33A	2,75±2,72A
Toué	2,05±0,45BC	0,38±0,15A	1,48±0,44AB	0,67±0,24A	1,02±0,80A	0A	0A	0B	0B	0,072±0,072A
D										
Bonou	1,35±0,12CD	0,55±0,05A	1,70±0,08AB	0,22±0,07A	4,32±3,85A	0A	0A	0B	0B	0,066±0,066A
Lowé	3,63±1,47BC	2,15±0,99A	8,16±4,22A	0,097±0,097	0,60±0,43A	0A	0A	0B	0B	0A
A										
Houédo	0,78±0,14CD	0,33±0,04A	1,41±0,21AB	0A	10,53±10,50	0A	0A	0B	0B	0A
A										
<u>Probabilité</u>	0,0001***	0,162 ns	0,045 *	0,458 ns	0,67 ns	0,672 ns	0,287 ns	0,023 *	0,019 *	0,858 ns
Erreur exp.	0,273	0,204	0,314	0,152	0,434	0,027	0,026	0,140	0,087	0,227

***=différence très hautement significative ou significative au seuil de 0,1% (ANOVA) ; *=différence significative au seuil de 5% (ANOVA). ns= différence non significative

au seuil de 5% (ANOVA). Les valeurs moyennes non suivies par la même lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité 5% (Test de

Newman et Keuls

Tableau XXIV b. Comparaison de 11 sites de prélèvement (ANOVA) pour chaque pesticide dosée dans le sédiment.

Sites	bendosulfa n	Hexachlorbut	Tran/hep
Tanéka	0A	0B	0B
Donga	1,23±0,10A	0,075±0,075B	0B
Bétérou	0,64±0,64A	0B	0B
Térou	0A	0B	0B
Kpassa	0,16±0,13A	0,10±0,05B	0,61±0,61AB
Beffa	0A	0B	0B
Atchakpa	0A	0,25±0,06AB	0B
Toué	0,23±0,17A	0,48±0,13A	0,87±0,22A
Bonou	0,36±0,12A	0,60±0,15A	0B
Lowé	0,19±0,19A	0,010±0,005B	0B
Houédo	0A	0B	0,11±0,11B
Probabilité	0,057 ns	<0,0001***	0,004**
Erreur exp.	0,114	0,054	0,097

3-6-1-2 Analyse en Composantes Principales (ACP) et la classification hiérarchique (Cluster) ou typologie dans les sédiments :

Les lettres A, B, C, D, etc, représentent les différents pesticides identifiés, le schéma 3 montre la distribution de ces résidus de pesticides dans le premier et le deuxième plan factoriel. Les pesticides sont positivement ou négativement corrélés à chaque axe. Les endroits où les résidus de pesticides sont positivement corrélés à l'axe indiquent que les concentrations de ces résidus sont élevées. Ainsi, on peut constater par exemple que la station de la Donga possède les concentrations les plus élevées en op'-DDT et en β endosulfan. Les résidus de pesticides suivant : pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, pp'-DDT, aldrine, dieldrine, α -HCH, lindane, α - endosulfan, β -endosulfan, heptachlorobenzène et le trans-heptachlore sont fortement corrélés au premier axe représentant le facteur 1.

Factor1

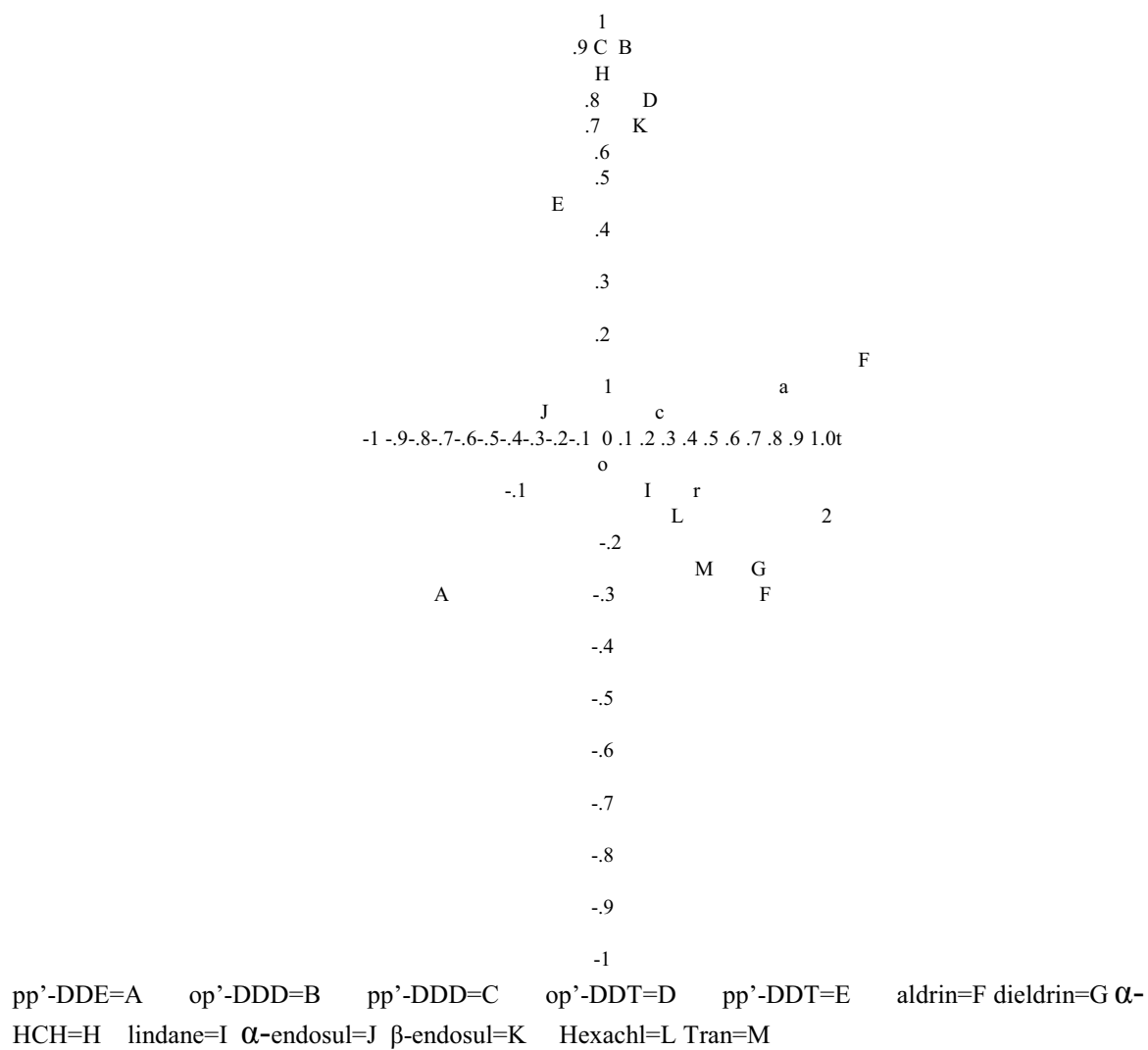


Schéma 3 : Représentation graphique des pesticides identifiés dans le premier plan factoriel

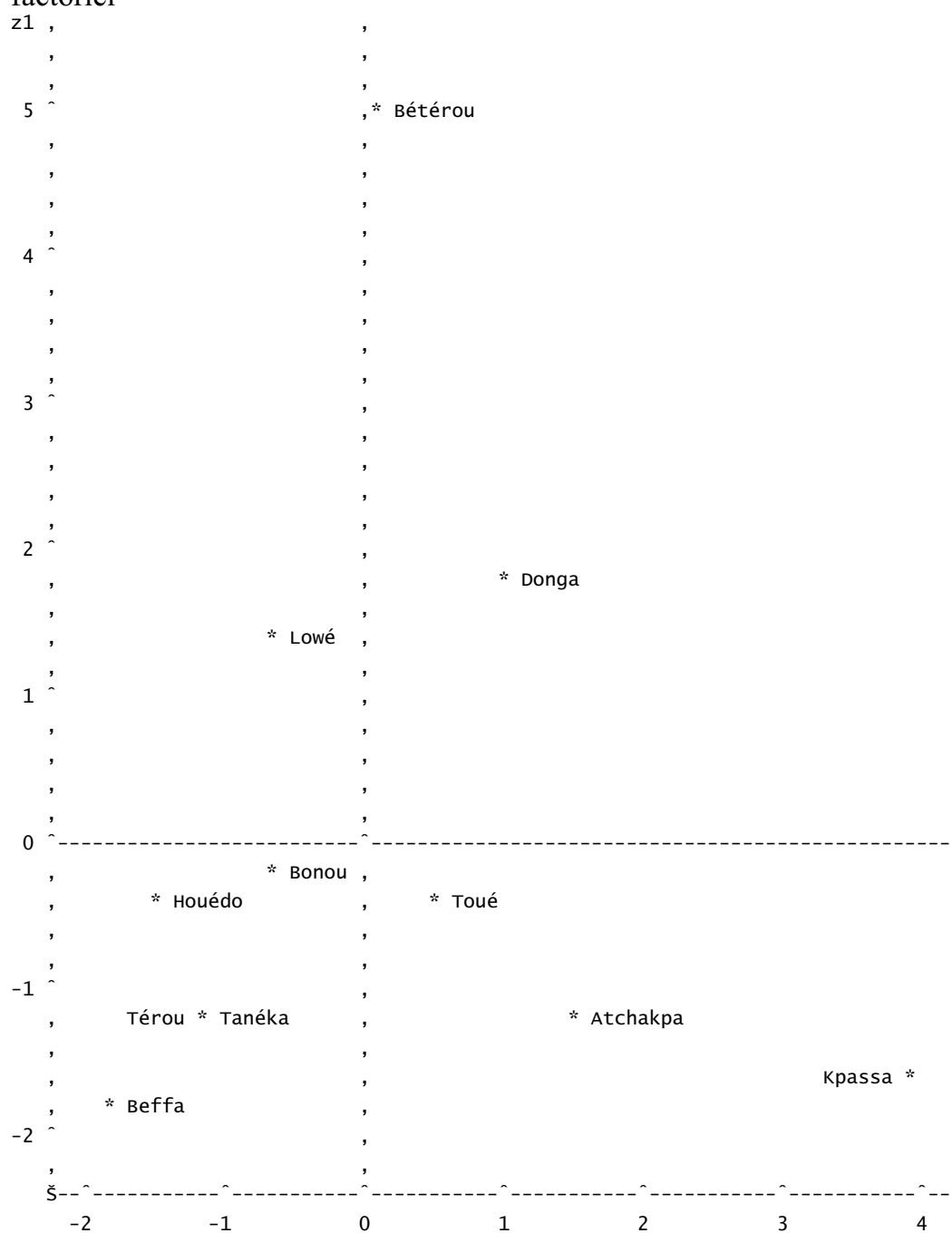


Schéma 4 : Représentation graphique des sites dans le premier plan factoriel.

En effet, le schéma 3 montre que les pesticides op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, α -HCH et β -endosulfan sont bien corrélés et positivement à l'axe 1 qui représente ici l'axe de taille. Le pesticide pp'-DDT est également corrélé positivement à cet axe mais faiblement. Les pesticides aldrine, dieldrine, lindane et Trans-heptachlore sont par contre fortement corrélés positivement à l'axe 2.

Le pp'-DDE est faiblement corrélé à l'axe 2 et négativement, il y a donc une opposition entre ce dernier et les pesticides aldrine, dieldrine, lindane et Trans-heptachlore suivant l'axe 2. Les pesticides α -endosulfan et Hexachlorbutadiène sont faiblement corrélés et positivement à ce dernier axe.

Le schéma 4 présente la distribution des sites dans le premier plan factoriel. De cette distribution, il ressort 7 groupes de sites semblables en matière de la concentration de leurs sédiments en pesticides. Les résultats de cluster en complément à l'ACP montrent que les sites regroupés sont semblables à plus de 85% ($R^2=85,4\%$ méthode de Ward). La superposition des schémas 3 et 4 permet de tirer les conclusions ci-après :

- les sédiments du site de Bétérou sont marqués par la présence remarquable des pesticides corrélés à l'axe 1 (op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, α -HCH, β -endosulfan et pp'-DDT). Les pesticides aldrine, dieldrine, lindane, Trans et Hexachlorbutadiène sont totalement absents de ce site ;
- les stations de Lowé et de Donga sont marquées par la présence de tous les pesticides étudiés exceptés l'aldrine, la dieldrine et le trans-heptachlore ;
- la station de Kpassa est plus présente en pesticides du deuxième axe (aldrine, dieldrine et lindane) qu'en d'autres pesticides. Il faut noter ici que le pp'-DDT est absent ;
- la station de Atchakpa n'est pas très différente de celle de Kpassa en pesticides mais elle se caractérise par l'absence de dieldrine, de β -endosulfan, de pp'-DDT et de Trans-heptachlore ;
- le groupe de Toué et Bonou est marqué par la présence relative de tous les pesticides exceptés l'aldrine, la dieldrine, l' α -HCH et le lindane ;
- le groupe de Tanéka, Téro et Houédo est marqué par la faible présence de pp'-DDE, d'op'-DDD, de pp'-DDD et de pp'-DDT.

Le dernier groupe formé du site de Beffa est marqué par la présence unique de pp'-DDE. Les sédiments du fleuve Ouémé sont contaminés par des pesticides organochlorés et des pesticides organophosphorés. Certains pesticides identifiés ne sont plus utilisés dans l'agriculture. Les concentrations des pesticides varient d'une station à une autre et d'un site à un autre au niveau de la même station. Les sites sur lesquels se font des cultures de coton ont une concentration élevée en pesticides par rapport aux sites sur lesquels il n'y a pas de cultures de coton.

3-6-2 Cas du lac Nokoué

Les résidus de pesticides identifiés dans les sédiments collectés entre 0 et 10 cm au niveau du lac Nokoué sont notés dans le tableau 25. Les quantités de pesticides sont calculées par rapport au taux de matière organique contenue dans les sédiments.

Les résidus de pesticides identifiés dans les sédiments collectés entre 0 et 10 cm au niveau du lac Nokoué sont notés dans le tableau 25. Les quantités de pesticides sont exprimées par rapport au taux de matière organique contenu dans les sédiments. Un taux élevé de résidus de pesticides a été obtenu à Ladji et à Zogbo.

Les concentrations des pesticides à Sô-Ava et à Sô-Tchanhoué sont inférieures à la limite de détection. Les résidus de pesticides identifiés sont les métabolites et les isomères du DDT (le pp'-DDE et le pp'-DDD). Le taux de DDE se situe entre la limite de détection et 11.5 µg/kg OM (Tableau 25). La concentration de pp'-DDE du lac Nokoué est similaire à celle obtenue à la station de Houédo au niveau du fleuve Ouémé (7-14 µg/kg OM). La présence de ces résidus de pesticides pourrait s'expliquer par leur transport de Houédo vers le lac ou une utilisation récente de DDT pour le traitement des plans d'eau, ou proviendrait des champs de cultures vivrières ou de légumineuses installés autour de la lagune. Cette concentration de pp'-DDE est inférieure à celles identifiées dans les lacs Tuz, Hirfanh, Esmekaya, Kulu, Kozanh et Uyuz (1.421, 0.677, 0.11, 0.282, 0.76 et 0.09 µg/kg OM respectivement) et supérieure aux taux de résidus de pesticides identifiés dans les lacs Tersakan, Bolluk, Samsam, et Col en Turquie où les concentrations sont

inférieures à la limite de détection (Barlas 2002).

Les concentrations de pp'-DDD se situent entre la limite de détection et 23 µg/kg OM et sont similaire à celles quantifiées à Houédo (1-21 µg/kg OM) et sont inférieures aux concentrations mesurées dans les différents lacs en Turquie (0.153-2.66 µg/kg) (Barlas 2002).

La somme des DDE et DDD trouvée à Ganvié et Abomey-Calavi sont inférieures à la concentration maximum permise (MPC) selon Verbruggen et al. 2001. Le site de Ganvié a le plus fort taux de pp'-DDE et de pp'-DDD par rapport aux autres sites. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que Ganvié est situé directement sous Houédo par conséquent, reçoit les eaux du fleuve Ouémé.

En dehors de Vêky et Jéssuko où les concentrations sont inférieures à la limite de détection, les autres sites sont contaminés par du pp'-DDT, du pp'-DDD et du pp'-DDE. La concentration de pp'-DDE se situe entre la limite de détection et 280 µg/kg OM. Le plus fort taux a été identifié à Ladji. Le taux de pp'-DDE enregistré à Ladji est faible par rapport aux taux identifiés dans les lacs de Tuz et Hirfanh (1.42 et 0.677 µg/g) et est supérieur aux taux des lacs Esmekaya, Kulu et Uyuz en Turkey (Barlas 2002). La concentration de pp'-DDE à Ladji est supérieure à la concentration maximale permise (Verbruggen et al. 2001).

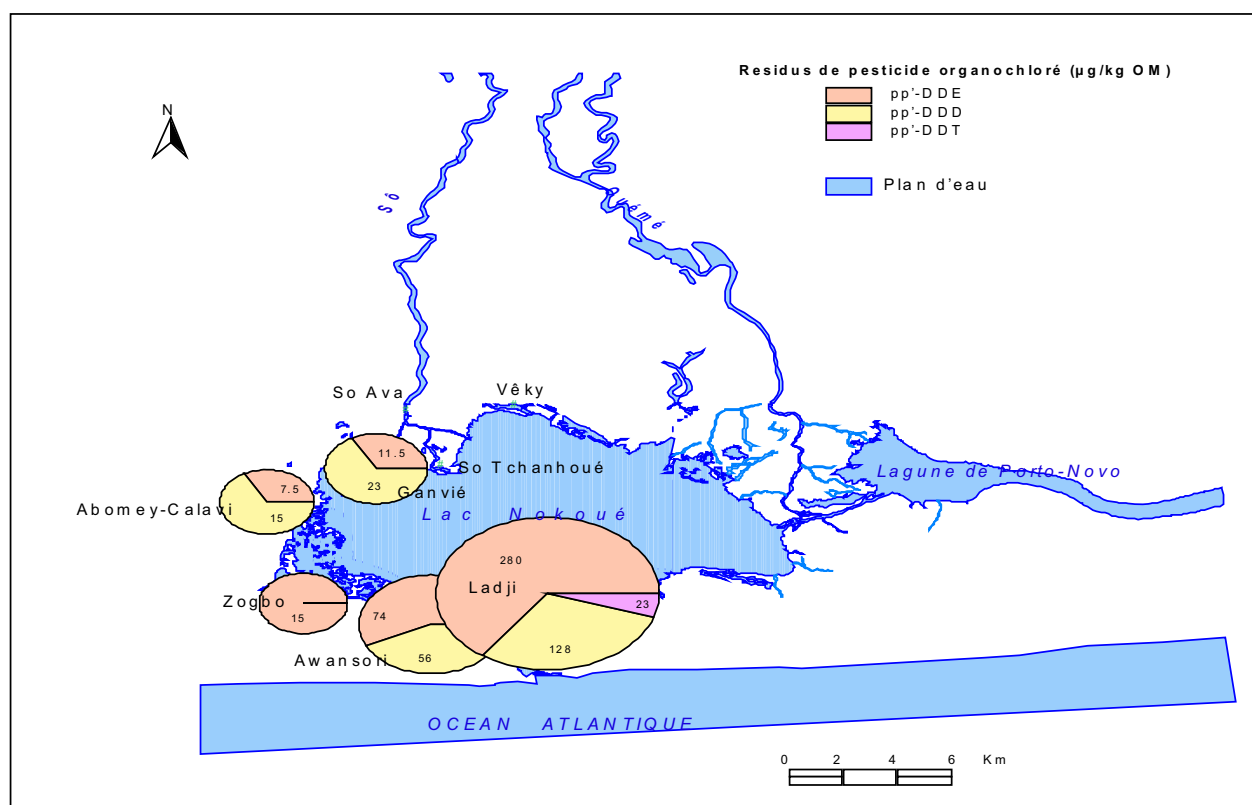
Le pp'-DDD identifié à Ladji se situe entre la limite de détection et 128 µg/kg OM. Le taux de pp'-DDD identifié est inférieur aux taux identifiés dans tous les lacs de Turquie (Barlas 2002).

Le pp'-DDT a été également identifié à Ladji. Ce taux est inférieur à la concentration maximale permise. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le DDT n'est pas utilisé pour le traitement de ce plan d'eau continental et sa présence quoique faible serait liée à son transport en provenance du fleuve Ouémé vers le lac Nokoué.

La somme des DDT à Zogbo est très faible par rapport à la somme des DDT à Awansori et Ladji (130 µg/kg OM et 431 µg/kg OM respectivement). Les sommes sont supérieures à la concentration maximale permise.

Tableau XXV : Les résidus de pesticides organochlorés identifiés dans le lac Nokoué.

Pesticides Stations	pp'-DDE OM)	pp'-DDD	pp'-DDT (µg/kg
So-Ava	<dl	<dl	<dl
Vêky	<dl	<dl	<dl
So-Tchanhoué	<dl	<dl	<dl
Ganvié	11.5	23	<dl
Abomey-Calavi (sed)	7.5	15	<dl
Abomey-Calavi (eau)	<dl	<dl	<dl
Zogbo	15	<dl	<dl
Awansori	74	56	<dl
Jesuko	<dl	<dl	<dl
Ladji	280	128	23



Carte 4 : Les résidus de pesticides organochlorés dans le lac Nokoué

3-6-2-1 Analyse en composante principale des sédiments du lac Nokoué

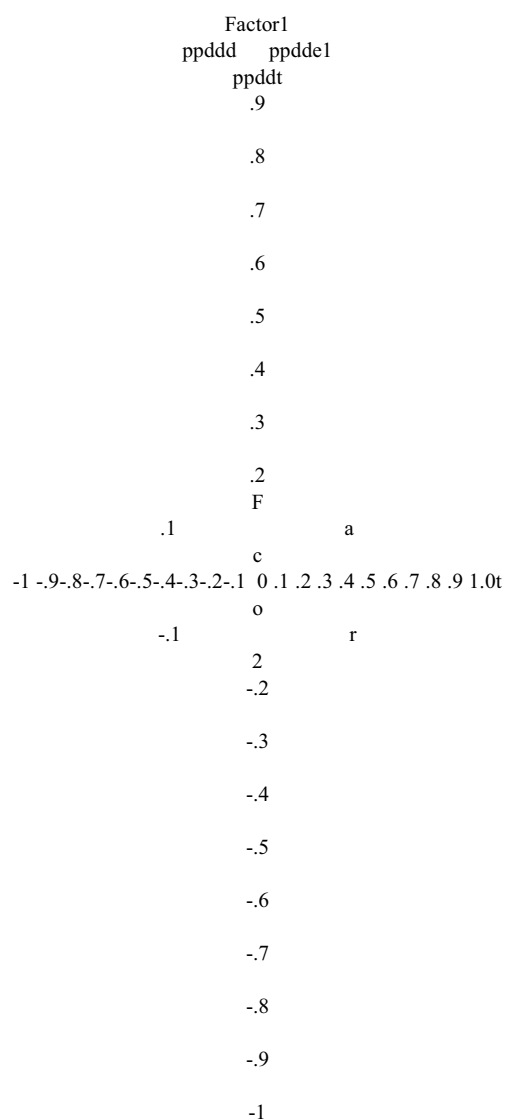


Schéma 5 : Représentation graphique des pesticides identifiés dans le premier plan factoriel (Lac Nokoué)

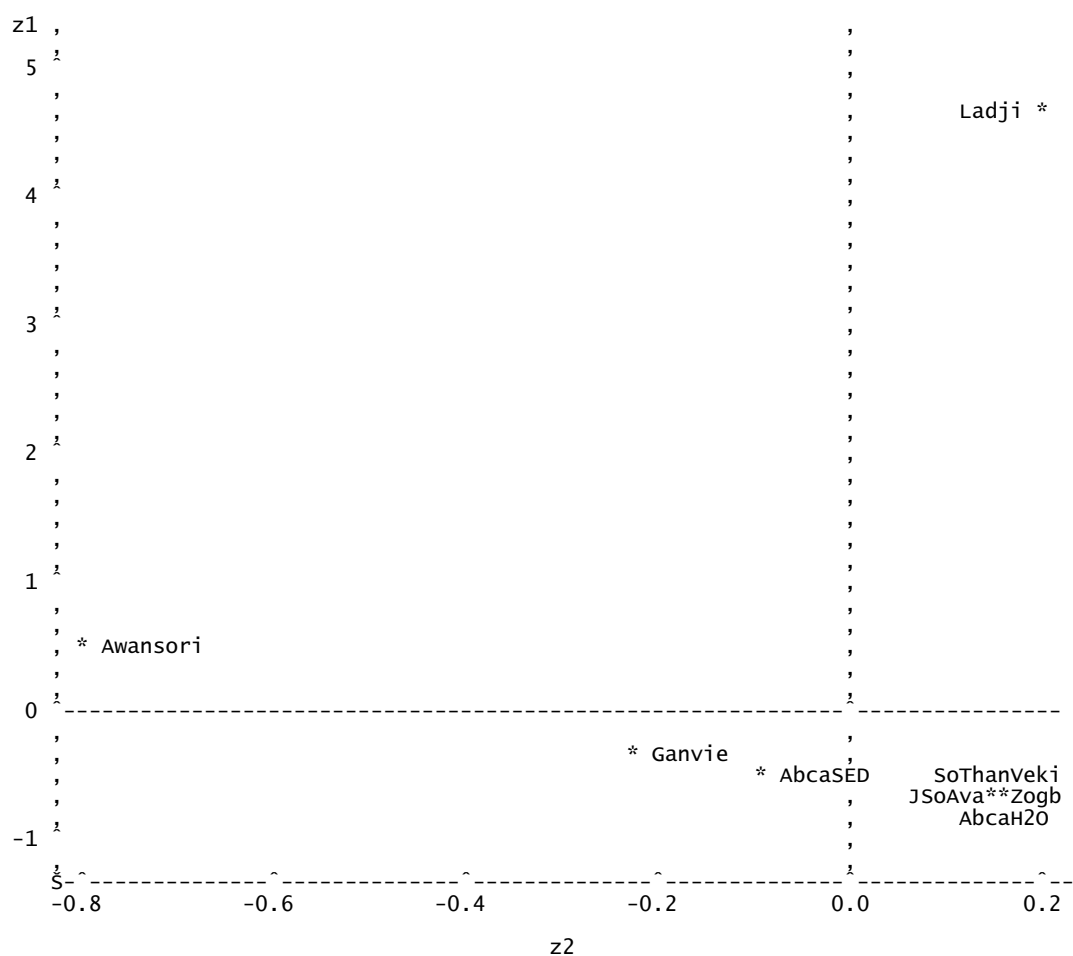


Schéma VI : Représentation graphique des sites dans le premier plan factoriel.

Tableau XXVI Le résultat du cluster sur les résidus de pesticides organochlorés identifiés dans le lac Nokoué : formation des groupes de sites semblables et leurs concentrations en pesticides (méthode de Ward, $R^2=99,8\%$).

Groupes	Sites	Les valeurs moyennes en $\mu\text{g/kg OM}$		
		pp'-DDE	pp'-DDD	pp'-DDT
1	So-Ava; So-Tchanhoué; Veki; Abomey-Calavi(H2O); Jesuko Zogbo	2,50±2,48	3,55±0	0
2	Ganvié; Abomey-Calavi (sédiment)	9,5±2	19±4	0
3	Awansori	74	56	0
4	Ladj i	280	128	23

Les résultats de l'ACP montrent que les 2 premiers axes expliquent presque la totalité de la variabilité (99,8%) des résidus entre les sites. Le schéma 5 qui donne la représentation graphique des corrélations entre les résidus de pesticides et les axes montre bien que le pp'-DDE, pp'-DDD et le pp'-DDT sont très bien corrélés au premier axe. Ce qui veut dire que cet axe détermine la concentration des pesticides dans les sédiments au niveau du lac. En superposant les schémas 5 et 6, nous constatons que le site de Ladji, est le site le plus pollué, après vient le site de Awansori, puis les sites de Ganvié et de Abomey-Calavi dont la contamination des sédiments par les résidus de pesticides est relativement faible par rapport aux deux premiers et enfin les sites de Sô-Ava, de Sô-Tchanhoué, de Véki, d'Abomey-Calavi, de Jesuko et de Zogbo sont moins contaminés par rapport aux autres sites prélevés.

Les résultats du cluster (tableau 26) confirment ceux de l'ACP et précisent les valeurs moyennes de chaque pesticide.

3-6-3 Les résidus de pesticides identifiés dans les sédiments prélevés à 39, 75 et 105 cm de profondeur au niveau du fleuve Ouémé.

Presque tous les sédiments prélevés entre 0 et 10 cm sont contaminés par plusieurs résidus de pesticides. Les sédiments prélevés à 39, 75 et 105 cm de profondeur dans le fleuve à Bétérou et à Lowé ont montré que seuls les sédiments prélevés à 39 cm de profondeur, sont contaminés par un seul pesticide (pp'-DDE) (Tableau 27). Les concentrations de pp'-DDE sont 38 et 115 µg/kg de matière organique. Les sédiments prélevés à 75 et 105 cm ne sont pas contaminés par des pesticides. Le site de Bétérou étant situé dans l'Ouémé supérieur et le site de Lowé dans l'Ouémé inférieur.

A Lowé, le sédiment prélevé entre 0 et 10 cm, au niveau du deuxième site, est contaminé par les pesticides suivants : pp'-DDE (51 µg/kg OM), op'-DDD (27 µg/kg OM), pp'-DDD (88 µg/kg OM), pp'-DDT (20µg/kg OM), β-endosulfan (8 µg/kg OM). Le sédiment prélevé à 39 cm de profondeur est contaminé par un seul pesticide : le pp'-DDE avec une concentration de 115 µg/kg OM. Cette concentration est supérieure à la concentration de pp'-DDE obtenue au niveau de la première couche (0-

10cm), ce qui pourrait s'expliquer par une accumulation ou une infiltration du pp'-DDE vers les couches profondes. Les sédiments prélevés à 75 et à 105 cm de profondeur ne contiennent plus de résidus de pesticides.

A Bétérou, le sédiment prélevé entre 0 et 10 cm, au niveau du deuxième site, est contaminé par du pp'-DDE (109 µg/kg OM), de l'op'-DDD (89 µg/kg OM), du pp'-DDD (314 µg/kg OM), de l'op'-DDT (51.4 µg/kg OM) et 246 µg/kg OM de pp'-DDT. Le sédiment prélevé à 39 cm de profondeur est contaminé par du pp'-DDE avec une concentration de 38 µg/kg OM. Les sédiments prélevés à 75 et 105 cm ne sont plus contaminés.

La présence du pp'-DDE à 39 cm de profondeur peut s'expliquer par la dégradation de certains résidus de pesticides existant. Aussi, la présence du pp'-DDE est due à sa rémanence. On constate également que, plus on va en profondeur, plus les résidus de pesticides disparaissent. Une recherche sur la stratification au niveau du fleuve, en corrélation avec les résidus de pesticides identifiés, permettrait certainement de connaître la période de dépôt des résidus de pesticides et le temps de désintégration de chaque résidu de pesticides.

Tableau XXVII: Identification et concentration des pesticides dans les sédiments prélevés à différente profondeur dans le fleuve (0-10, 39, 75, 105 cm) à Bétérou et à Lowé, Le site de Bétérou étant situé dans le bassin supérieur et le site de Lowé dans le bassin inférieur.

Pesticides Areas	pp'-DDE	op'-DDD	pp'-DDD	op'-DDT	pp'-DDT	β-endosulfan
Bétérou						
0-10 cm	109	89	314	51.4	246	<0.1
39 cm	38.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
75 cm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
105 cm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Lowé						
0-10 cm	51	27	88	<0.1	20	8
39 cm	115	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
75 cm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
105 cm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

3-7 Les poissons collectés dans le fleuve Ouémé

Tableau XXVIII : Les différentes espèces de poissons prélevées le long du fleuve Ouémé et les quantités de lipide contenues dans chaque espèce

Zones	Famille des espèces	Nom des espèces	Nombre de poissons poolés	Moyenne du poids Frais $\pm$ SD (g)	(%) de lipide
Kpassa	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	2	104 $\pm$ 1.3	2.2
		<i>Sarotherodon galileus</i>	1	163	2.5
		<i>Tilapia guineensis</i>	1	98	4.9
Toué		<i>Tilapia zilli</i>	8	64.2 $\pm$ 33	3.4
	Polypteridae	<i>Polypterus endlicheri</i>	1	81	2
Bétérou	Protopteridae	<i>cheri</i>	1	170	2.5
Atchakpa	Clariidae	<i>Protopterus annectens</i>	5	53 $\pm$ 17	6.3
Béri	"	<i>Clarias ebriensis</i>	1	265	6.4
Bonou	"	<i>Clarias gariepinus</i>	1	153	1.4
Houédo	"	"	2	254 $\pm$ 7	4.4
Lowé	"	"	1	249	4.6
	"	"	6	63.3 $\pm$ 19	4.2
	"	"	5	32 $\pm$ 12	2.9
	Schilbeidae	<i>Clarias ebriensis</i>	4	34 $\pm$ 17	1.4
	Mochokidae	<i>Schilbe intermedius</i>	6	44 $\pm$ 5	4.7
	"	<i>Synodontis schall</i>	3	135 $\pm$ 83	3.7
		<i>Synodontis nigrita</i>			
Atchakpa	Claroteidae				
Béri	"	<i>Chrysichthys auratus</i>	1	188	4.3
		<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>			
Lowé	Mormyridae		1	100	4.4
		<i>Hyperopisus bebe</i>	3	38 $\pm$ 11	2.6

Tableau XXIX : Les différentes espèces de poissons et invertébrés prélevées dans le lac Nokoué

Zone	Famille de espèces	Nom des espèces	Nombre d'espèces poolées	Moyenne du poids frais
Lac Noko	Elopidae	<i>Elops lacerta</i>	5	56.94
	Haemulidae	<i>Podamasys jubelin</i>	2	4.91
	Gobiidae	<i>Gobienellus</i>	5	11.23
	Clupeidae	<i>occidentalis</i>	10	33
	Mugilidae	<i>Ethmalosa</i>	6	42.18
	Cichlidae	<i>fimbriata</i>	9	38.74
	<i>Penaeus</i>	<i>Mugil cephalus</i>	2	5
	<i>Callinectes</i>	<i>Hemichromis</i>	1	10
	<i>Ostrea</i>	<i>fasciatus</i>	10	15
		<i>Penaeus notialis</i>		
		<i>Callinectes sp</i>		
		<i>Ostrea sp</i>		

3-7-1 Les résidus de pesticides identifiés dans les poissons du fleuve Ouémé et les différentes concentrations

Tableau XXX Les résidus de pesticides identifiés dans les espèces de poisson et leurs concentrations exprimées en ng /g de lipide .

Stations	Espèces	Résidus de pesticide en ng /g de lipide									
		pp'-DDE	op'-DDD	pp'-DDD	op'-DDT	pp'-DDT	αendo	βendo	diel	γHCH	Octy
Kpassa	<i>O. niloticus</i>	41	14	24	11	39	16	-	-	-	9
	<i>S. galileus</i>	2.2	-	3.3	-	13	-	1	-	-	-
A. Béri	<i>T. guineensis</i>	63	4	25	9	51	-	-	9	-	-
	<i>C. nigrodigitatus</i>	149	-	35	9	112	11	14	-	-	-
	<i>C. gariepinus</i>	421	-	157	20	786	-	41	-	-	-
Toué		44	-	24	7.4	59	-	5.3	-	6.5	
	<i>T. zilli</i>	78	-	29	6	59	-	-	-	3	
	<i>C. ebriensis</i>	65	-	60	13	335	-	-	-	-	-
	<i>P. endlicheri</i>										
Lowé	<i>endlicheri</i>	40	25	22	9	44	24	-	10	-	-
	<i>P. annectens</i>	115	19	85	12	340	57	28	7	-	-
	<i>S. nigrita</i>	396	37	283	23	452	158	57	9	-	-
	<i>S. intermedius</i>	297	-	122	9	811	70	51	4	-	-
	<i>C. auratus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>S. schall</i>	242	27	169	22	354	50	35	-	-	-
	<i>H. bebe</i>	107	7	41	11	76	-	9	-	-	-
	<i>C. ebriensis</i>	105	21	64	10	691	-	26	10	-	-
	<i>C. gariepinus</i>										
Bétérou	<i>C. gariepinus</i>	66	6	77	11	375	-	23	-	-	-
Bonou	<i>C. gariepinus</i>	221	-	57	-	1364	-	32	-	-	-
Houédo	<i>C. gariepinus</i>	72	6	91	11	609	21	33	-	-	-

3-7-1-1 Concentration des résidus de pesticides dans les poissons du fleuve Ouémé

95% des poissons analysés, sont contaminés par du pp'-DDE ; 95 % par du DDD et 84 % par de l'op'-DDT (Tableau 30). 68% des poissons prélevés sont contaminés par du β -endosulfan avec une concentration alarmante identifiée dans le *Schilbe intermedius* (photo 6) pêché à Lowé. Un taux élevé d' α -endosulfan (57 ng/g de lipide) a été obtenu dans le même poisson ci-dessous (photo 6)



Planche photographique 6 : *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832)

(cliché Lalèye Philippe 2000)

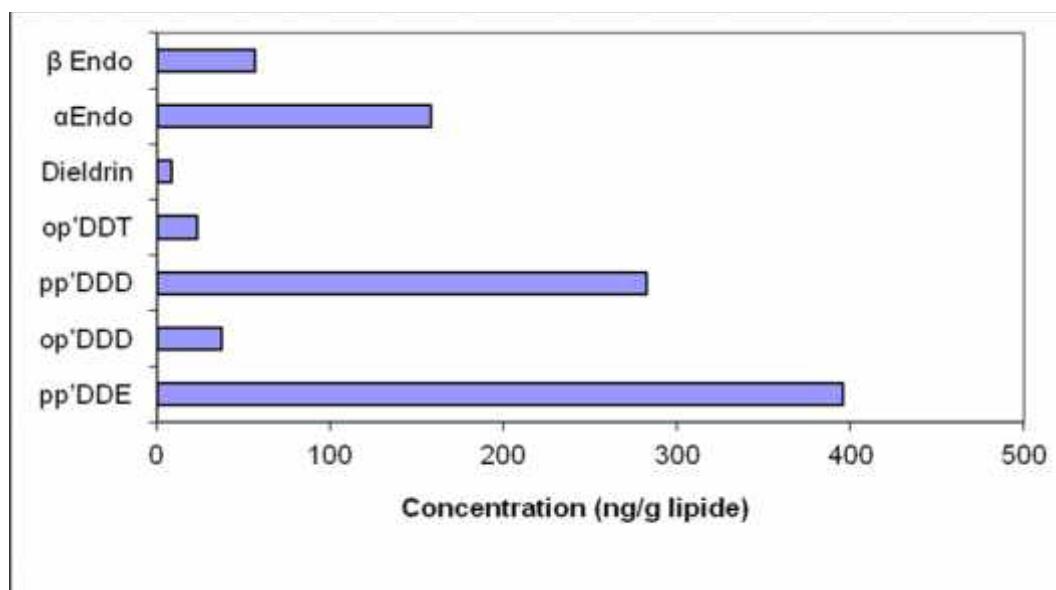


Figure 20 : Concentrations des résidus de pesticide du *Schilbe intermedius* pêché à Lowé

Le nombre de résidus de pesticides et les concentrations varient d'un poisson à un autre. Les pesticides identifiés varient suivant les stations et dépendent des pesticides utilisés dans la région pour traiter le coton. Par exemple parmi les poissons analysés, seuls ceux prélevés à Toué sont contaminés par du lindane. Les *Clarias gariepinus* (photo 7) prélevés au niveau de 5 stations différentes ne sont pas contaminés par les mêmes pesticides même s'ils ont la même teneur en lipide et à peu près le même poids. Par exemple le *Clarias gariepinus* pêché à Bonou est contaminé par 4 résidus de pesticides alors que celui pêché à Houédo est contaminé par 6 résidus de pesticides et celui de Toué est contaminé par 5 résidus de pesticides.



Planche photographique 7 : *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)
(Cliché Lalèye Phillipe 2000)

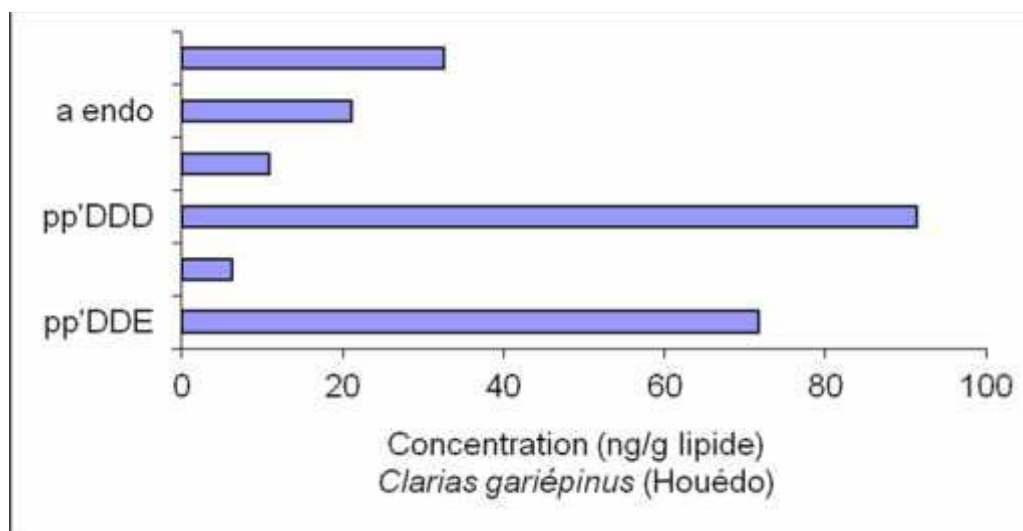


Figure 21 : Concentration des résidus de pesticides du *Clarias gariepinus* pêché à Houédo

Le taux de pp'-DDT est plus élevé dans les *Clarias gariepinus* que dans les autres espèces même si ces poissons sont pêchés sur le même site. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le *Clarias gariepinus* est une espèce benthique. Cette contamination serait liée à leur mode d'alimentation. Par rapport aux différents résultats, on peut conclure que les espèces pélagiques sont moins contaminées que les espèces benthiques.

La somme de DDT (pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, pp'-DDT) obtenue dans *Oreochromis niloticus* (photo 8) pêché à Kpassa (12.7 ng/g de poids frais) est 9 fois supérieure à celle obtenue dans *Oreochromis niloticus* pêché dans le lac Paranoa au Brésil (1.35 ng/g de poids frais) (Caldas et al. 1999).



Planche photographique 8 : *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758)

(Cliché Lalèyè Phillipe 2000)

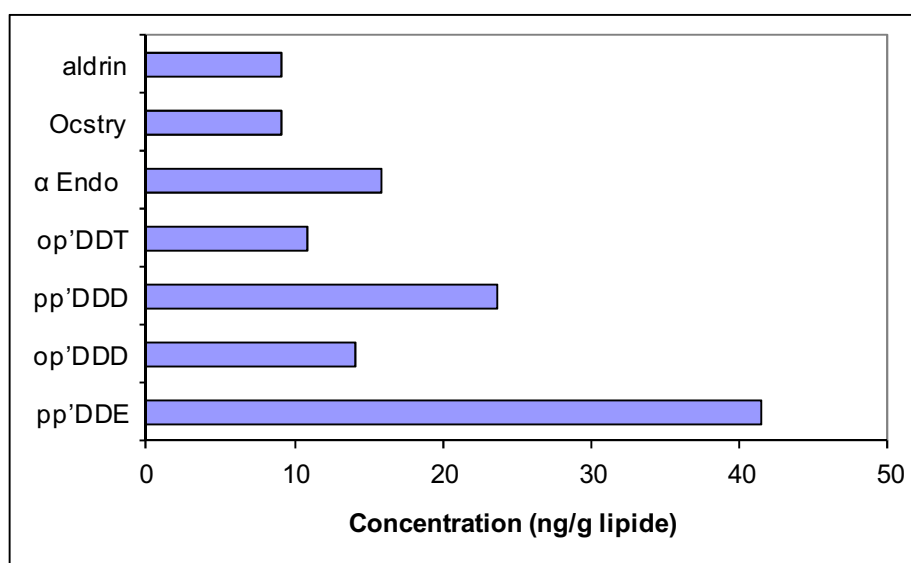


Figure 22 : Concentrations des résidus de pesticides dans l'*Oreochromis niloticus* pêché à Kpassa

Le *Tilapia zilli* pêché dans le fleuve Tana au Kenya (Lalah et al. 2003) est contaminé par 8 pesticides (aldrine, dieldrine, endrine, lindane, endosulfan, DDE, DDD et DDT) alors que la même espèce pêchée dans le fleuve Ouémé est contaminée par 6 pesticides (Tableau 30). Les taux de lindane et de pp'-DDE (131 et 141 ng/g de lipide) obtenus dans le *Tilapia zilli* (Tableau 30) pêché à Tana sont nettement supérieurs au

taux de lindane et de pp'-DDE trouvé dans la même espèce pêchée à Toué. Par contre les concentrations de DDD, DDT et d'endosulfan obtenues dans le *Tilapia zilli* pêché dans le fleuve Tana sont insignifiantes (0.009, 0.003 et 0.042 ng/g de lipide) par rapport à celles obtenues dans le *Tilapia zilli* pêché à Toué (24, 66.4 et 5.3 ng/g de lipide).

Certains résidus de pesticides, identifiés dans les sédiments, ont été retrouvés dans les poissons prélevés au niveau de la même station. D'autres résidus de pesticides identifiés dans les poissons ne sont pas retrouvés dans les sédiments du même site. Par exemple, le pp'-DDT n'est pas identifié dans les sédiments prélevés à Kpassa mais les deux espèces de poisson pêchées à Kpassa sont contaminées par du pp'-DDT. Le lindane et l'aldrine identifiés dans les sédiments ne sont pas retrouvés dans les poissons pêchés à Kpassa. Les mêmes observations sont faites à Atchakpa-Béri où les résidus de pp'-DDT et de β -endosulfan détectés dans les poissons ne sont pas identifiés dans les sédiments. Par contre la dieldrine, qui est un métabolite du lindane, identifié dans les sédiments, a été retrouvé dans le *Tilapia guineensis* pêché à Atchakpa-Béri (photo 9). A Kpassa et à Atchakpa-Béri, les concentrations des pesticides dans les poissons sont supérieures aux concentrations trouvées dans les sédiments.



Planche photographique 9 : *Tilapia guineensis* (Bleeker in Günther, 1862);

(cliché: Yehouénou A Pazou E 2004)

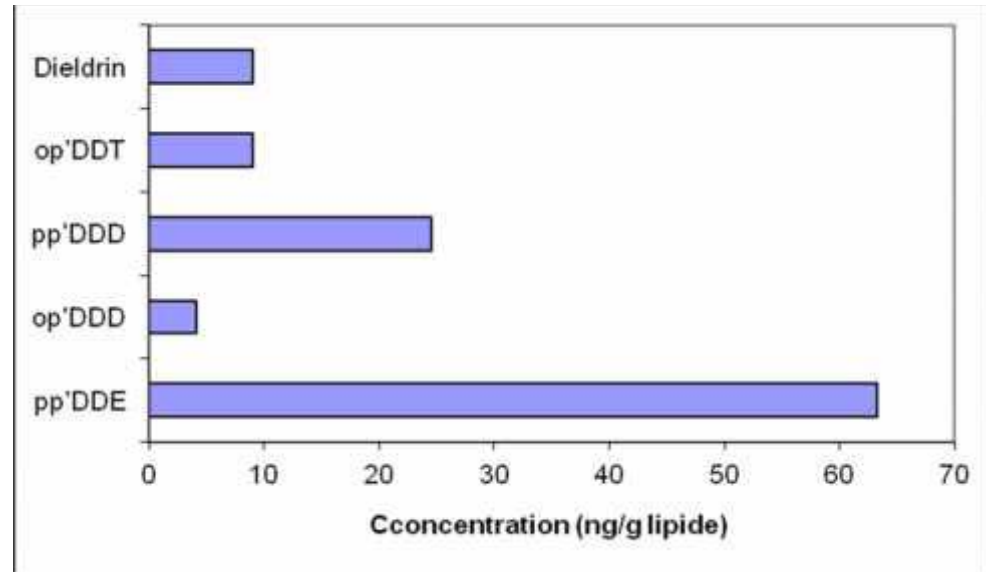


Figure 23 : Concentrations des résidus de pesticide du *Tilapia guineensis* pêché à Atchakpa- Béri

Par exemple, les sédiments prélevés à Lowé ne contiennent pas d' α -endosulfan par contre le *Protopterus annectens*, le *Synodontis nigrita*, le *Schilbe intermedius*, le *Chrysichthys auratus* (Photo 10) et l'*Hyperopysus bebe* pêchés à Lowé sont contaminés par de l' α -endosulfan (Tableau 30). Les sédiments prélevés à Atchakpa-Béri sont contaminés par du lindane alors que le *Tilapia guineensis*, le *Chrysichthys nigrodigitatus* et le *Clarias gariepinus* pêchés à Atchakpa-Béri ne le sont pas. Les résidus de pesticides identifiés dans les poissons pêchés au niveau d'une station ne sont pas systématiquement obtenus dans les sédiments de la même station.

Planche photographique 10 : *Chrysichthys auratus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1808)
(Tiré dans Lévêque et al. 1992)

:

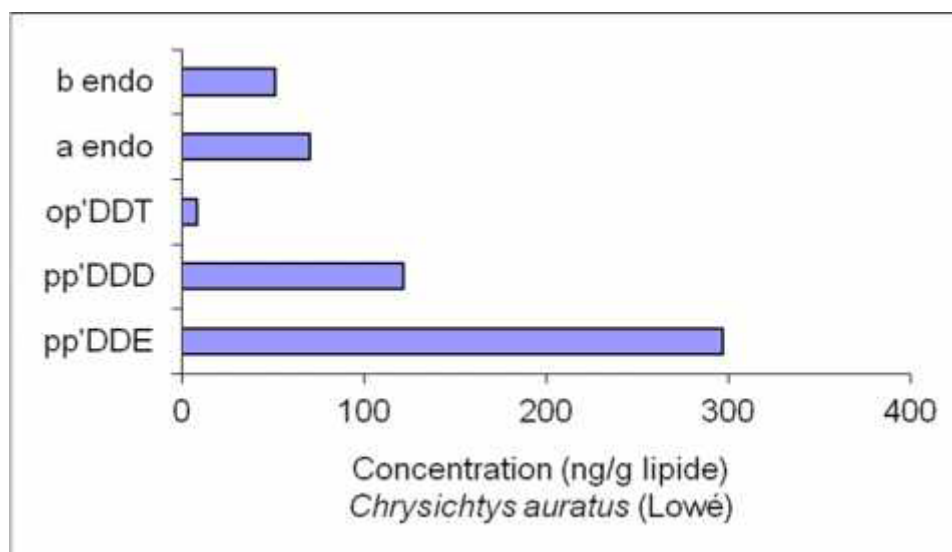
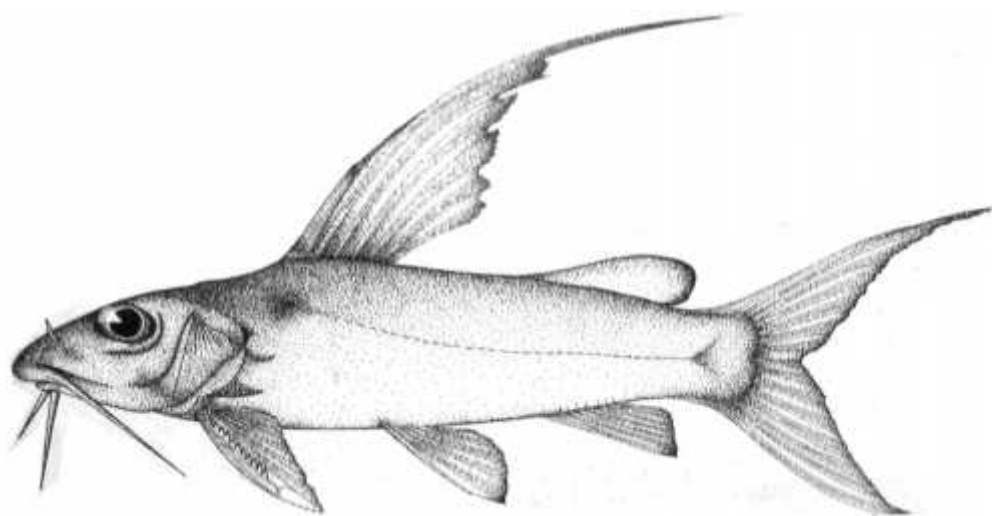


Figure 24 : Concentration des résidus de pesticide du *Chrysichthys auratus* pêché à Lowé

Eu égard à tout ce qui précède, on peut dire qu'il n'y a pas une corrélation entre les pesticides identifiés dans les sédiments et ceux identifiés dans les poissons. La présence ou l'absence d'un résidu de pesticide dans les sédiments par rapport aux poissons peuvent s'expliquer par le déplacement des poissons dans le fleuve. Les poissons pourraient être contaminés loin des endroits où ils ont été pêchés.

Les quantités de résidus de pesticide consommées lorsqu'on mange deux poissons par jour sont exprimées dans le tableau 30. Lorsqu'on consomme deux *Hyperopisus bebe* ayant un poids de 78g, les quantités de pesticides consommées sont respectivement : 160 ng de pp'-DDE, 18 ng d'op'-DDD, 112 ng de pp'-DDD, 14.5 ng d'op'-DDT, 234 ng de pp'-DDT, 33 ng d' α -endosulfan et 23 ng de β -endosulfan. Les doses de pesticides consommées pour chaque espèce de poisson analysée, sont exprimées dans le tableau 31. La plus forte quantité de pp'-DDT consommée se trouverait dans le *Clarias gariepinus* pêché à Bonou (3744 ng). La plus forte quantité d'endosulfan consommée serait contenue dans le *Schilbe intermedius* pêché à Lowé (456 ng) et le plus fort taux de dieldrine consommé proviendrait du *Protopterus annectens* pêché à Toué (20 ng). Malgré ces taux élevés, ils restent inférieurs à la dose journalière admise proposée par la FAO (2002).

L'unité toxique (Tu) calculée pour chaque espèce de poisson pêché le long du fleuve Ouémé est également consignée dans le tableau 31. Ces unités toxiques sont faibles montrant ainsi que les risques liés à la consommation des poissons du fleuve Ouémé, sont faibles pour le moment. La dose de résidus de pesticides consommée par jour est inférieure à la dose journalière admissible proposée par les institutions internationales. Cette constatation ne signifie guère qu'il n'y a pas de risque car l'accumulation de résidus de pesticides au niveau de l'organisme peut entraîner des risques à moyen et long terme.

Tableau XXXI: Estimation du risque de consommation par les populations locales situées le long du fleuve. Le poids des poissons et le taux de lipide, la concentration des résidus de pesticides consommés par poisson et pour 2 poissons mangés par jour comparée avec la dose journalière admissible(ADI) de chaque pesticide. Les risques de consommation sont calculés et exprimés en unité toxique. Les doses journalières admissibles de Σ DDT, Σ endosulfan, lindane et dieldrine sont respectivement 10,000, 6,000, 5,000 et 100 ng/kg de poids corporel par jour (ICPS 2005).

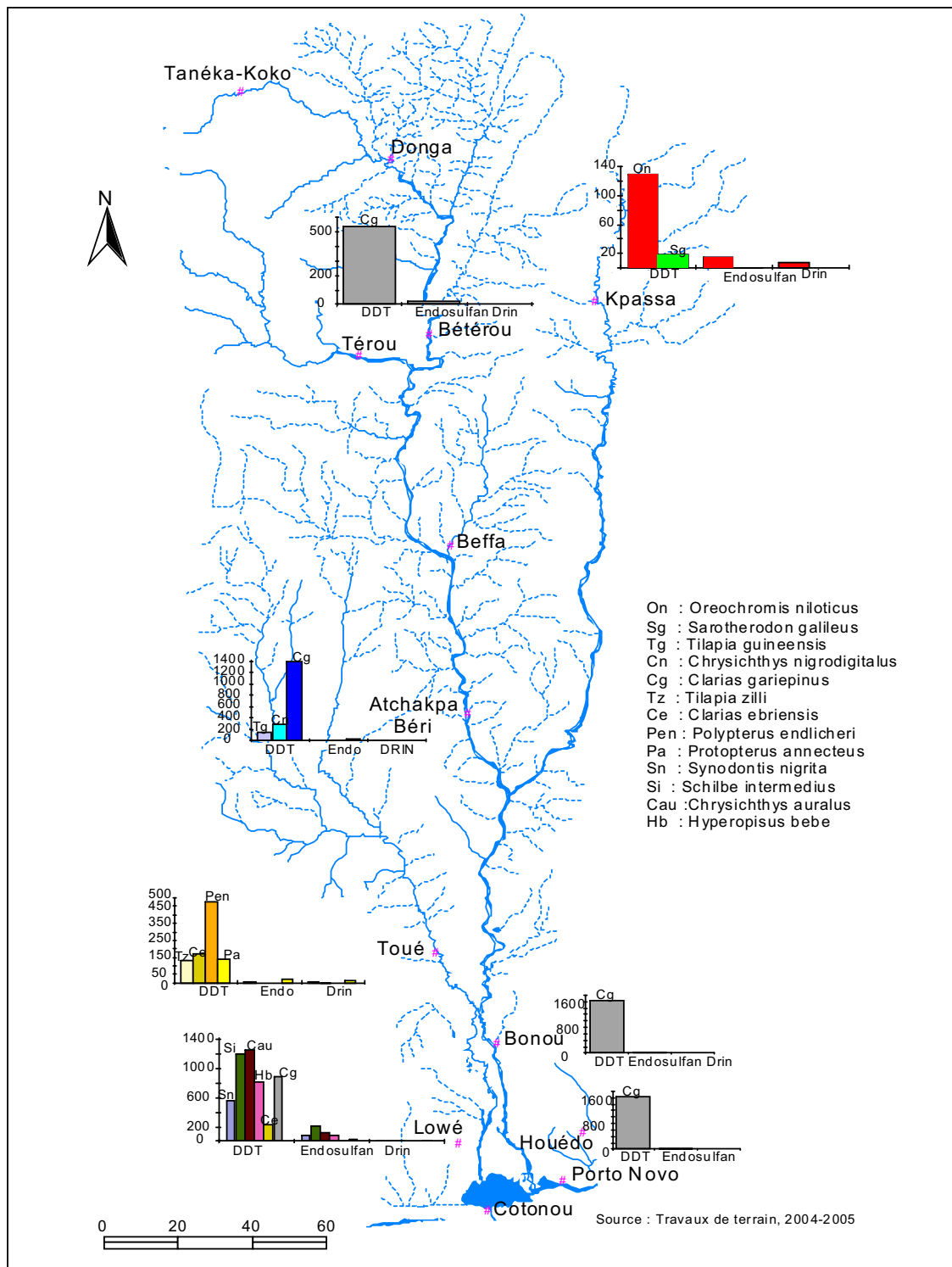
Nom poisson sites	O. nilo :Kpas	S.galil Kpas	T.guin A.B	T. zilli A.B	P. endli Toue	P. annec Toue	S. inter Toue	C. ebrien Lowe	C. gariepinus Toue	Bet, AB, B, H, L	S. nigrita C.aur Lowe	C. nigro Lowe	H.bebe Lowe	A.B	Lowe			
Poids du poisson frais (g)	104	163	98	64	81	170	57	53	32	265	153	254	249	63	44	135	188	100
Chair du poisson frais en (g)	35	54	33	21	27	57	20	18	12	60	51	57	51	20	10	45	30	33
Chair lyophilisée	11	16.3	10	6	8	17	6	6	5.4	27	15	26	23	9	1	3	1.9	7.5
Lipide total	2.2	2.5	4.9	3.4	2	2.5	17.7	6.3	2.9	6.4	1.4	4.4	4.6	4.2	4.7	3.7	4.3	4.4
Lipide chair (g)	0.242	0.408	0.49	0.204	0.16	0.425	0.425	1.06	0.378	0.157	1.73	0.2	1.14	1.06	0.378	0.047	0.111	0.33
Pesticide consom	més par poisson (ng)																	
pp'-DDE	41	2.2	63	44	65	40	396	78	107	66	421	221	72	105	115	297	149	242
op'-DDD	14	<0.1	4	<0.1	<0.1	25	37	<0.1	7	6	<0.1	<0.1	6	21	19	<0.1	<0.1	27
pp'-DDD	24	3.3	25	24	60	22	283	29	41	77	157	57	91	64	85	122	35	169
op'-DDT	11	<0.1	9	7.4	13	9	23	6	11	11	20	<0.1	11	10	12	9	9	22
pp'-DDT	39	13	51	59	335	44	452	59	76	375	786	1364	609	691	340	811	112	354
Σ DDT	129	18.5	152	134.4	473	140	1191	172	242	535	1384	1642	789	891	571	1239	305	814
α-endosulfan	16	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	24	158	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	21	<0.1	57	70	11	50
β-endosulfan	<0.1	1	<0.1	5.3	<0.1	<0.1	57	<0.1	9	23	41	32	33	26	28	51	14	35
Σ endosulfan	16	1	<0.1	5.3	<0.1	24	215	<0.1	9	23	41	32	54	26	85	121	25	85
γ-HCH	<0.1	<0.1	<0.1	6.5	<0.1	<0.1	<0.1	3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
dieldrin	<0.1	<0.1	9	<0.1	<0.1	10	9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	7	4	<0.1	<0.1
Pesticide consom	mé si on mangeait 2 poissons par jour (ng)																	
Σ DDT	258	37	304	269	142	280	2382	344	484	1070	2768	2728	1578	1782	1142	2478	610	1628
Σ endosulfan	32	2	<0.1	10.6	<0.1	48	430	<0.1	18	46	82	64	108	52	170	242	50	170
Dose journalière	consommée																	
DI ddt	1.03	0.25	2.5	0.916	0.45	1.98	42.1	2.16	1.26	31	9.23	62.4	28	11.23	0.9	4.55	8.3	9
DI endo	0.129	0.013	<0.1	0.033	<0.1	0.34	7.6	<0.1	0.05	1.33	0.273	1.216	1.91	0.33	0.133	0.45	0.683	0.933
DI lindane	<0.1	<0.1	<0.1	0.108	<0.1	<0.1	0.1	0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
DI dieldrine	<0.1	<0.1	0.15	<0.1	<0.1	0.166	0.15	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.116	0.066	0.1	<0.1
Unité Toxique	1.27x10 ⁻⁴	0.542x10 ⁻⁴	17.5x10 ⁻⁴					19.6x10 ⁻⁴	33.07x10 ⁻⁴	11.7x10 ⁻⁴	2.8x10 ⁻⁴							

3-7-1-2 Les résultats de l'ACP et de Cluster sur les pesticides dosés dans les poissons collectés au niveau du fleuve
Tableau XXXII a : le résultat du cluster sur les pesticides dosés dans les poissons sur les différents sites : formation des groupes homogènes de poissons ayant été contaminés par les mêmes résidus de pesticides et les différentes concentrations (méthode de Ward, R²= 88.4%).

Num	Groupes	sites	pp'-DDE	op'-DDD	pp'-DDD	op'DDT	α-endosulfan	β-endosulfan	dieldrin	β-HCH
1	<i>Sarotherodon galileus</i> 1	Lowé	216 ±0	35.6±0	160±0	23.2±0	24±0	0	10.4±0	0
	<i>Sarotherodon galileus</i> 2	Lowé								
	<i>Clarias gariepinus</i>	Houédo								
	<i>Clarias ebrensis</i>	Lowé								
	<i>Tilapia guineensis</i>	Atchakpa	70.05 ±28.36	2.6±3.03	48.35±29.5	8.57±3.57	21.77±25.28	15.07±17.52	8.12±1.64	0
	<i>Synodontis nigrita</i>									Lowé
	<i>Clarias gariepinus</i>	Bétérou								
	<i>Clarias gariepinus</i>	Bonou								
	<i>Clarias gariepinus</i>	Lowé								
3	<i>Synodontis schall</i>	Lowé	86.94±68.98	7.37±8.26	45.6±26.37	4.35±4.54	10.8±15.73	21.25±11.74	0.21±0.56	0
	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	Atchakpa-Béri								
	<i>Protopterus annectens</i>	Toué								
	<i>Polypterus endlicheri endlicheri</i>	Toué								
	<i>Clarias gariepinus</i>	Atchakpa-Béri								
4	<i>Chrysichthys auratus</i>	Lowé	320.33±91.74	9.1±15.76	149.3±24.74	16.7±7.05	40.1±36.18	42.23±8.5	0	0
	<i>Hyperopisus bebe</i>	Lowé								
5	<i>Schilbe intermedius</i>	Lowé	395.5	37.3	282.5	23.2	158.2	56.5	8.5	0
6	<i>Tilapia zilli</i>	Toué	44.10	0	23.50	7.4	0	5.3	0	0
7	<i>Clarias ebrensis</i>	Toué	77.8	0	28.6	5.7	0	0	0	2.5
8	<i>Oreochromis niloticus</i>	Kpassa	41.4	14.1	23.6	10.9	15.9	0	0	0

Tableau XXXII b: Le résultat du cluster sur les pesticides dosés dans les poissons sur les différents sites : formation des groupes homogènes de poissons et leurs concentrations en pesticides (méthode de Ward, $R^2=88,4\%$).

num	<u>Groupes</u>	Sites	Lindane	aldrin	Ocstyr
1	<i>Serotherodon galileus</i> 1	Lowé	0	0	0
	<i>Serotherodon galileus</i> 2	Lowé			
	<i>Clarias gariepinus</i>	Houédo			
	<i>Clarias ebriensis</i>	Lowé	0	0	0
2	<i>Tilapia guineensis</i>	Atchakpa			
	<i>Synodontis nigrita</i>	Lowé			
	<i>Clarias gariepinus</i>	Bétérou			
	<i>Clarias gariepinus</i>	Bonou			
	<i>Clarias gariepinus</i>	Lowé			
3	<i>Synodontis Schall</i>	Lowé	0	0	0
	<i>Chrysichtys nigrodigitatus</i>	Atchakpa			
	<i>Protopterus annectens</i>	Toué			
	<i>Polypterus endlicheri endlicheri</i>	Toué			
	<i>Clarias gariepinus</i>	Atchakpa			
4	<i>Chrysichtys auratus</i>	Lowé	0	0	0
	<i>Hyperopisus bebe</i>	Lowé			
5	<i>Schilbe</i>	Lowé	0	0	0
	<i>intermedius</i>				
6	<i>Tilapia zillii</i>	Toué	6,5	0	0
7	<i>Clarias ebriensis</i>	Toué	0	0	0
8	<i>Oreochromis niloticus</i>	Kpassa	0	9,10	9,10



Carte 5: Carte de la distribution des différents résidus de pesticides dans les poissons prélevés au niveau de chaque station de collecte.

3-7-2 Les résidus de pesticides identifiés dans les poissons prélevés dans le lac

Nokoué

Six espèces de poissons appartenant à six familles, pêchées dans le lac Nokoué, sont contaminées par des résidus de pesticides. Les concentrations des pesticides sont exprimées en ng/g de lipide et sont contenues dans le tableau 33. Le nombre de résidus de pesticides et les concentrations varient d'une espèce à une autre.

50% des poissons analysés sont contaminés par 9 différents pesticides à savoir le pp'-DDE, l'op'-DDD, le pp'-DDD, l'op'-DDT, le pp'-DDT, l' α -endosulfan, l'aldrine, la dieldrine et le gamma-hexachlorocyclohexane. Une comparaison, du nombre de résidus de pesticides identifiés dans les poissons analysés, montre que l'*Elops lacerta* (photo 11) est le seul poisson qui est contaminé par 7 résidus de pesticides.

Tableau XXXIII: Concentration en ng/g de lipide des résidus de pesticides des poissons prélevés dans le lac Nokoué.

Nom des poisons analysés	<i>Elops lacerta fasciatus</i>	<i>Pomadasys jubelini</i>	<i>Gobbiennellus occidentalis</i>	<i>Ethmalosa fimbriata</i>	<i>Mugil cephalus</i>	
Nom de famille des espèces	Elopidae	Haemulidae	Gobidae	Clupeidae	Mugilidae	
Nombre de poissons poulés	Cichlidae					
Poids de la chair collectée (g)	5	2	5	10	6	9
Résidus de pesticide identifiés	56.94	5.05	11.23	33	42.18	
pp'-DDE	38.74					
op'-DDD	189	194	113	289	106	99
pp'-DDD	17	3	<6	26	12	4
op'DDT	76	67	59	142	65	51
pp'DDT	16	8	17	28	9	10
α-endosulfan	52	12	15	95	25	19
aldrine	86	25	31	174	49	60
dieldrine	6	3	31	13	4	5
gamma-	<6	3	19	15	11	14
hexachlorocyclohexane	<6	4	28	4	<4	13



Planche photographique 11: *Elops lacerta* (Valenciennes, 1846)

(Cliché : Lalèye Philippe 2000)

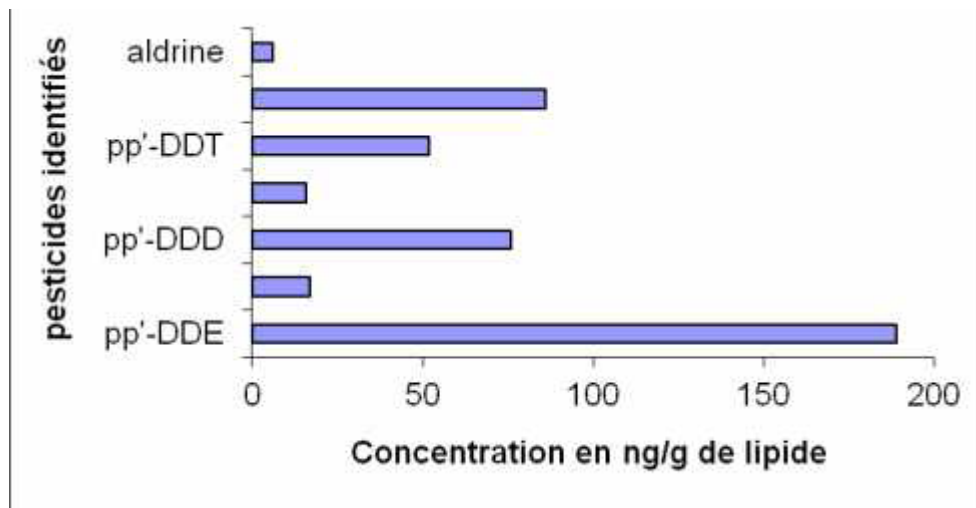


Figure 25 : Concentration en ng/g de lipide des résidus de pesticides dans l'*Elops lacerta* pêché dans le lac Nokoué

Les six espèces de poissons sont contaminées par du pp'-DDE. Les concentrations varient entre la limite de détection et 289 ng/g de lipide. Le taux le plus élevé de pp'-DDE a été observé dans l'*Ethmalosa fimbriata* (photo 12). Le plus faible taux de pp'-DDE a été identifié dans l'*Hemichromis fasciatus* (photo13).



Planche photographique 12 : *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich, 1825)

(Cliché : Lalèyè Philippe 2000)

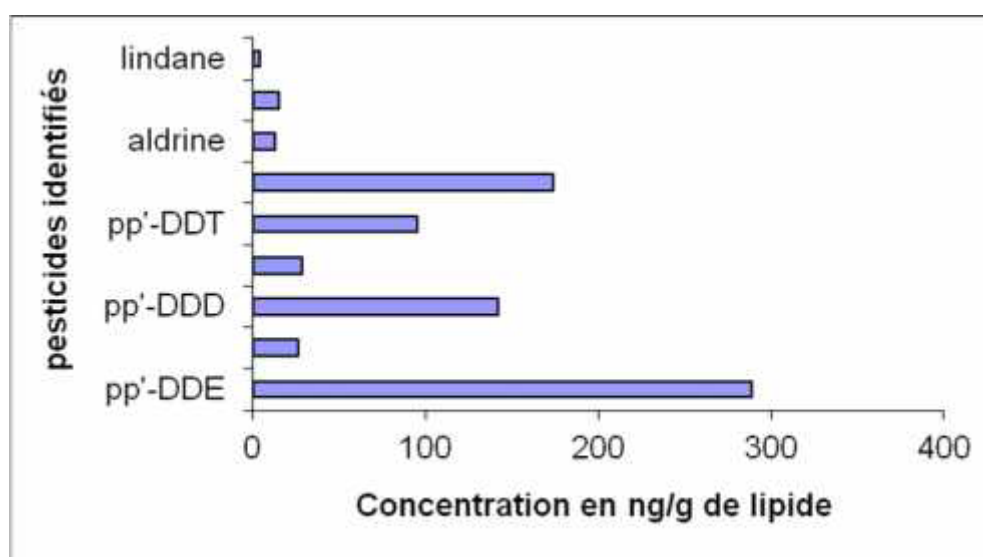


Figure 26 : Concentration des résidus de pesticides dans l'*Ethmalosa fimbriata* pêché dans le lac Nokoué



Planche photographique 13 : *Hemichromis fasciatus* (Peters, 1852)

(Cliché : Lalèye Philippe 2000)

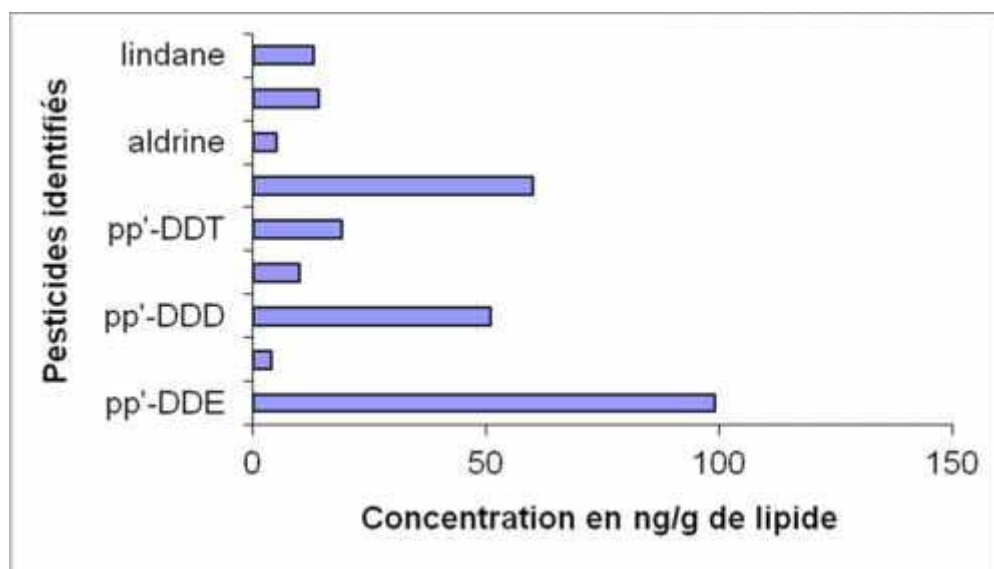


Figure 27 : Concentration des résidus de pesticides dans l'*Hemichromis fasciatus* pêché dans le lac Nokoué

Toutes les espèces de poissons analysées sont contaminées par du pp'-DDD, de l'op'-DDT, du pp'-DDT, d' α -endosulfan et d'aldrine. L'op-DDD n'a pas été identifié dans le *Gobbiellus occidentalis*. La dieldrine et le gamma-hexachlorocyclohexane n'ont pas été identifiés dans l'*Elops lacerta*. Le gamma-hexachlorocyclohexane n'a pas été

identifié dans le *Mugil cephalus*. L'*Ethmalosa fimbriata* contient les taux les plus élevés de résidus de pesticides par rapport à ceux obtenus dans les autres poissons. Le *Pomadasys jubelini* est contaminé par 9 résidus de pesticides (Photo 14).

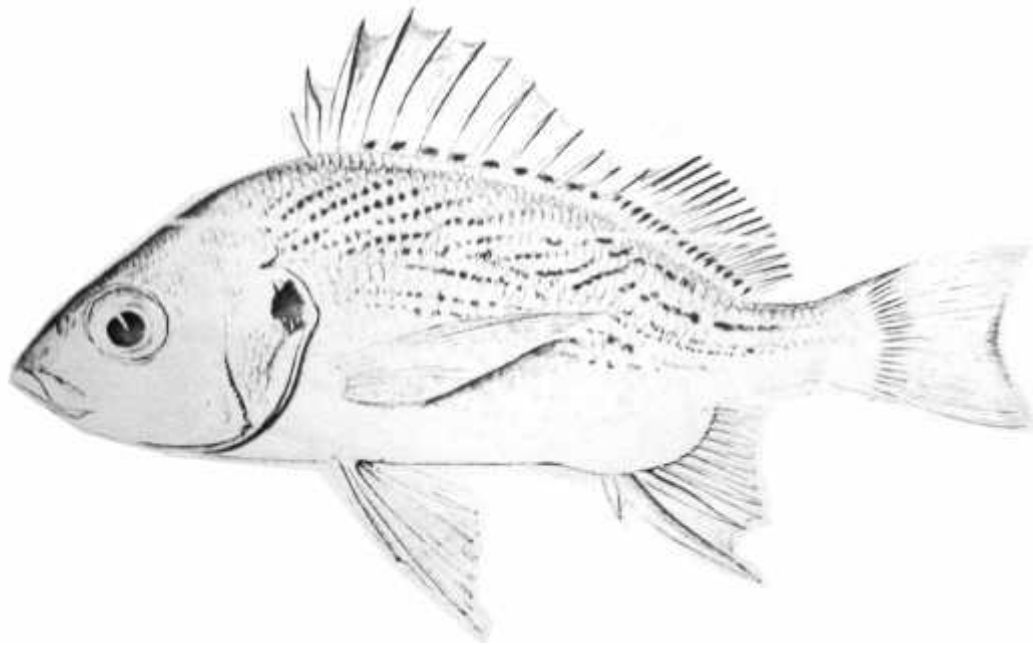


Planche photographique 14 : *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) ; Tirée de Seret (1981) page 221

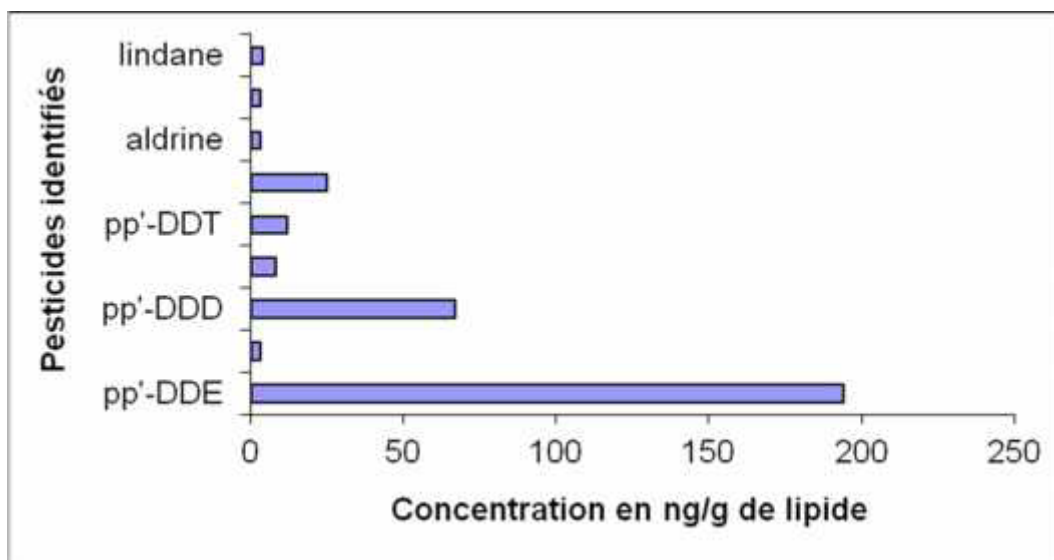
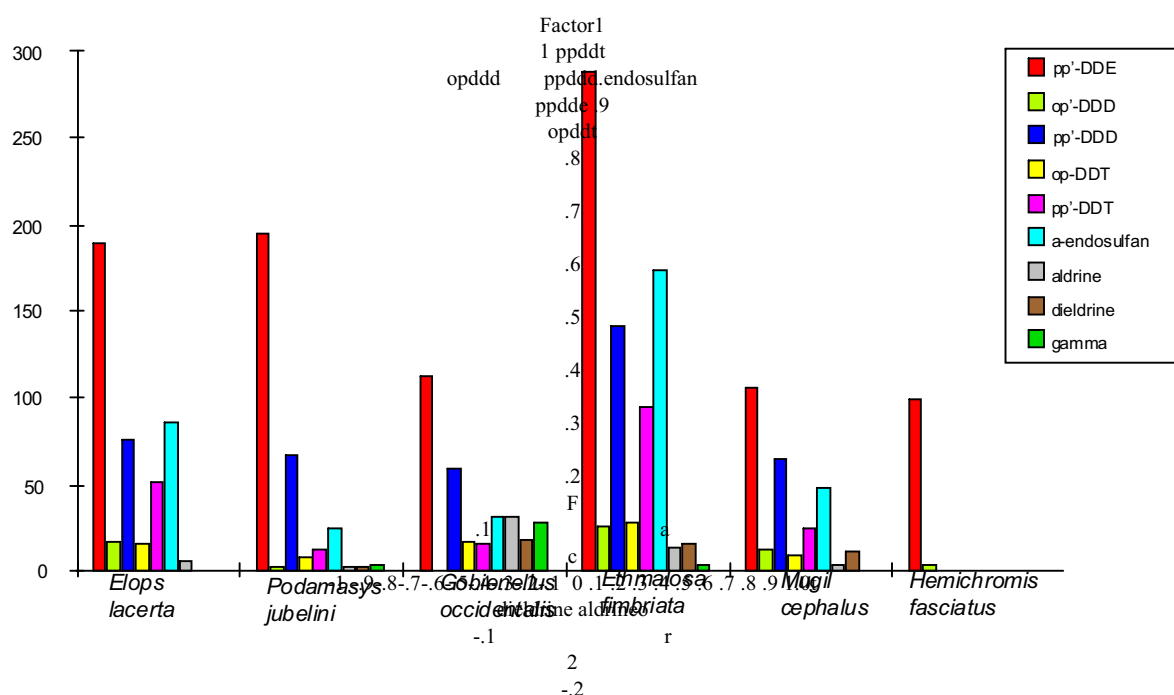


Figure 28 : Concentration des résidus de pesticides dans le *Pomadasys jubelini* pêché dans le lac Nokoué

3-7-2-1 Les résultats de l'ACP et de Cluster sur les concentrations des pesticides dans les poissons du lac Nokoué.



Réalisation : Elisabeth YEHOUENOU épouse AZEHOUN PAZOU 2005

Figure 29 : Concentration des résidus de pesticide dans les poissons prélevés
Au niveau du lac Nokoué.

-7
-8
-9
-1

Schéma 7 . Représentation graphique des pesticides étudiés dans le premier plan factoriel.

Les résultats de l'ACP montrent que : avec les 2 premiers axes on explique presque la totalité de la variabilité des pesticides (91%) entre les poissons. Le schéma 7 qui donne la représentation graphique des corrélations entre les résidus de pesticides et les axes montre bien que le pp'-DDE, l'op'-DDD, le pp'DDD, l'op'-DDT, le pp'-DDT et l'α-endosulfan sont bien corrélés au premier axe et que les pesticides aldrine, dieldrine et γ-hexachlorocyclohexane sont par contre bien corrélés au deuxième axe.

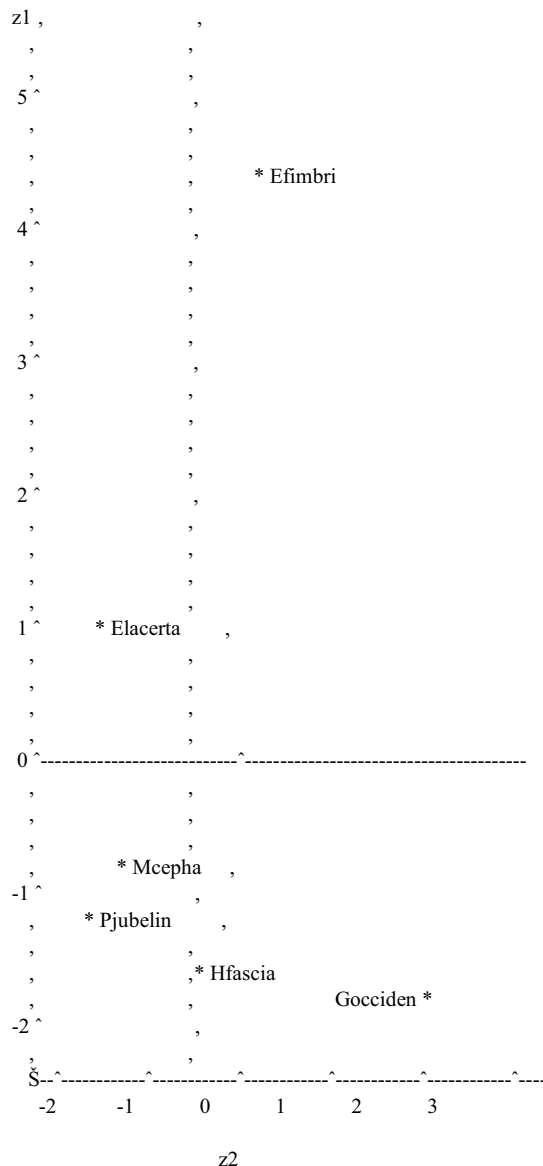


Schéma 8 : Représentation graphique des espèces de poissons dans le premier plan factoriel.

En superposant les schémas 7 et 8, nous constatons que l'espèce *Ethmalosa fimbriata* est très concentrée en pesticides du premier axe (le pp'-DDE, op'-DDD, pp'DDD, op'-DDT, pp'-DDT et α -endosulfan) et faible en pesticides du deuxième axe (aldrine, dieldrine et γ -hexachlorocyclohexane). L'espèce *Elops lacerta* est relativement concentrée en pesticides du premier axe et faible en pesticides du deuxième axe. L'espèce *Gobbiellus occidentalis* est plus concentrée en pesticides du deuxième axe et relativement faible en pesticides du premier axe. Les autres espèces à savoir : le *Mugil cephalus*, l'*Hemichromis fasciatus* et le *Podamasy jubelini* sont les espèces les moins concentrées en pesticides. Les résultats du cluster (Tableau 34) confirment ceux

de l'ACP et précisent les valeurs moyennes de chaque pesticide.

Tableau XXXIV : Le résultat du cluster sur les concentrations des pesticides dans les poissons collectés dans le lac Nokoué : formation des groupes de poissons semblables et leurs concentrations en pesticides (méthode de Ward, $R^2=91,2\%$).

Pesticides	Groupe des Espèces de poissons			
	1	2	3	4
	2 <i>Mugil cephalus</i> <i>Hemichromis fasciatus</i> <i>Pomadasys jubelini</i>	<i>Elops lacerta</i>	<i>Gobbienellus occidentalis</i>	<i>Ethmalosa fimbriata</i>
pp'-DDE	133±30,56	189	113	289
op'-DDD	6,33±2,84	17	0	26
pp'-DDD	61±5,03	76	59	142
op'-DDT	9±1	16	17	28
pp'-DDT	18,67±3,75	52	15	95
α-endosulfan	44,67±10,33	86	31	174
aldrine	4±1	6	31	13
dieldrine	9,33±3,30	0	19	15
g-hexachlorocyclohexane	5,67±3,84	0	28	4

3-8 Les résidus de pesticides dans les poissons traités

Le tableau 35 présente les concentrations des pesticides contenus dans 3 espèces de poissons qui ont été traitées avant d'être analysées (*Tilapia guineensis*, *Schilbe intermedius* et *Clarias gariepinus*). Les poissons sont cuits dans de l'eau bouillante ; ils sont fumés, séchés au soleil avec ou sans sel et frits dans l'huile. Les résultats obtenus, comparés aux résultats des poissons frais permettent de conclure que la cuisson des poissons dans l'huile engendre une diminution de l'ordre de 90% au moins du taux de pesticide contenu dans ces poissons. Certains poissons frits ne sont plus contaminés. Viennent ensuite les poissons séchés au soleil avec du sel, puis les poissons séchés non salés. Les poissons fumés (séchage

à l'étuve à 50°C) et cuits dans l'eau bouillante n'entraînent pas une diminution significative du taux de pesticides.

La disparition spectaculaire de pesticides des poissons frits dans l'huile pourrait s'expliquer par un transfert de résidus de pesticides du poisson vers l'huile qui est chauffée car la plupart des pesticides organochlorés sont liposolubles. De plus la diminution observée au niveau des poissons séchés peut être due à une évaporation ou à une photo décomposition de certains pesticides grâce aux rayons solaires.

Tableau XXXV : Concentration des résidus de pesticide dans les poissons traités

	<i>Tilapia guineensis</i>						<i>Schilbe intermedius</i>						<i>Clarias gariepinus</i>					
	frais	cuit	frit	50°C	salé	nsalé	frais	cuit	frit	50°C	salé	nsalé	frais	cuit	frit	50°C	salé	n sal
op'-DDE	<10	<5	<1	<16	<5	<5	3	5	<1	6	<5	<5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
pp'-DDE	293	234	15	199	85	90	483	489	62	674	400	450	146	130	10	98	24	23
op'-DDD	<10	23	<2	<36	<2	<2	51	57	7	69	38	40	283	175	5	82	179	258
pp'-DDD	202	160	10	168	124	130	326	350	42	428	184	220	118	100	<1	84	89	110
op'-DDT	<10	17	<1	<16	<5	<5	17	26	4	17	8	12	15	10	<2	4	<2	<2
pp'-DDT	136	94	6	33	25	28	126	134	15	109	68	90	57	20	<2	4	13	10
a-endosul	36	24	19	<36	12	15	124	90	8	62	31	44	120	78	<2	10	42	48
aldrine	<10	<5	<1	<16	<5	<5	<1	<2	<1	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<1	<10
dieldrine	<10	12	<1	<36	<2	<2	18	11	3	9	<7	<7	4	<5	<2	<2	<2	<2
lindane	<10	<5	2	<36	<2	<2	<2	<5	<2	<3	<2	<2	3	<5	<5	<5	<5	<5

3-9 Comparaison des résidus de pesticides des poissons pêchés dans les Acadjas avec ceux des poissons pêchés dans les Whédos à Agonlin Lowé.

Le Tableau 36 présente les concentrations des résidus de pesticides contenues dans des poissons issus de deux habitats différents : les Acadjas et les trous à poisson ou Whédo à des fins de comparaison. Il ressort de nos résultats que les quatre espèces de poissons prélevées aussi bien dans les Acadjas que dans les trous à poisson sont contaminées

par plusieurs pesticides. Le *Clarias gariépinus* pêché dans les Whédos et dans les Acadjas, est contaminé par les métabolites et isomères du DDT (pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, pp'-DDT), de l' α -endosulfan, et du lindane. Les concentrations de pp'-DDE, d'op'-DDD, de pp'-DDD, d'op'-DDT, et de pp'-DDT obtenues dans le *Clarias gariépinus* pêché dans les Acadjas sont plus élevées que les concentrations obtenues dans le *Clarias gariépinus* pêché dans les Whédos. Les taux de lindane et d' α -endosulfan obtenus dans le *Clarias gariépinus* pêché dans les Whédos sont supérieurs à ceux obtenus dans le *Clarias gariépinus* pêché dans les Acadjas. Les observations sont identiques pour les autres espèces à savoir le *Protoptéris annectens*, le *Polyptéris senegalensis senegalensis*, et le *Parachanna obscura*. Au total, les concentrations des résidus de pesticides sont plus élevées au niveau des Acadjas qu'au niveau des Whédos, contrairement au taux d' α -endosulfan qui est plus élevé au niveau des Whédos.

En effet, les Acadjas sont des habitats aménagés sur les plans d'eau pour faire de la pisciculture en milieu naturel ; les poissons y sont immobilisés. Au fur et à mesure que l'eau traverse les Acadjas, les pesticides qui ont contaminés le fleuve sont absorbés par les poissons. Ces poissons sont soumis de manière ininterrompue aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau et à toute forme de polluants. Les Whédos sont des tranchées creusées non pas dans le lit du fleuve mais dans la plaine inondable. Les Whédos sont inondés lors des crues, les poissons pénètrent donc dans les Whédos. Lors du retrait de l'eau, pendant la période de décrue, les poissons sont retenus dans les Whédos. Dans les Whédos (et contrairement aux acadjas), les poissons ne sont pas soumis de façon permanente aux polluants, ils sont moins perturbés par les paramètres physico-chimiques des eaux du fleuve. Ce qui pourrait expliquer le faible taux de pesticide dans les Whédos par rapport aux Acadjas de manière globale. Les Whédos étant creusés dans la plaine inondable du fleuve, c'est-à-dire en zone exploitée pour les cultures de décrue ou de contre saison, les concentrations élevées d'endosulfan et de quelques pesticides seraient liées aux traitements phytosanitaires effectués sur ces cultures de contre saison installées dans le même milieu que les Whédos.

Tableau XXXVI : Concentration des résidus de pesticide (ng/g de lipide) dans les poissons prélevés dans les Whédos et dans les Acadjas à Lowé.

Résidus de pesticides	Acadjas			Whédo		
	<i>Clarias</i> <i>gariépié.</i> <i>senega</i>	<i>Polyptérus</i> <i>annectens</i> <i>obscura</i>	<i>Protoptérus</i> <i>Parachama</i> <i>senega</i>	<i>Clarias</i> <i>gariépié.</i> <i>senega</i>	<i>Polyptérus</i> <i>annectens</i> <i>obscura</i>	<i>Protoptérus</i> <i>Parachama</i> <i>senega</i>
op' -DDE	<1		<2	<4		<2
pp' -DDE		<2			<2	
op' -DDD	<13			<13		
pp' -DDD	140		40	134		26
op' -DDT		168	390		136	
pp' -DDT	3		25	379		
α-endosul		<8		10		5
aldrine	37				22	
dieldrine	110		22	23		
endrine		30		44		20
lindane	283				73	
	15		9	263		
		33		8		7
	23				27	
	55		44	23		
		49		16		14
	452				29	
	120		24	68		
		23	158	7926		102
	<1		<2	678		31
		<4	<13	9		6
	4		10		24	
		5		<13		
	57			<4		2
	<2		<2		11	
		<4	<13	<13		
	3		<1	<4		<2
		<4			<2	
	<13			<13		5
				7		
					6	
				<13		

3-10 Les résidus de pesticides dans les invertébrés

3-10-1 Cas du fleuve Ouémé

Les invertébrés couramment consommés par les béninois ont été également prélevés et analysés. Parmi les deux espèces de crevettes analysées, le *Macrobrachium* a été prélevé dans le fleuve Ouémé, le *Penaeus notialis* (Pérez-Farfante 1967) dans le lac Nokoué. L'*Ostrea sp* et le *Callinectes sp* sont également prélevés dans le lac Nokoué.

Le *Machrobracium* pêché à Lowé est contaminé par 3 résidus de pesticides. Les concentrations des résidus de pesticides dans le *Machrobracium* sont élevées par rapport aux concentrations obtenues dans le *Penaeus notialis* prélevé dans le lac Nokoué (pp'-DDE = 38). La différence de concentration observée au niveau de cette espèce serait liée aux concentrations de résidus de pesticides de leurs milieux de vie.

3-10-2 Cas du lac Nokoué

Le *Penaeus notialis* (photo 16) prélevé dans le lac Nokoué est contaminé par trois résidus de pesticides. Les pesticides identifiés et les différentes concentrations sont indiqués dans le tableau 37. Les pesticides identifiés sont : pp'-DDE, op'-DDD et α -endosulfan. Les taux sont faibles par rapport aux taux obtenus dans le *Machrobracium* pêché à Lowé.

Le *Callinectes sp* (photo 15) ou crabes prélevé dans le lac Nokoué est contaminé par trois résidus de pesticide dont le pp'-DDE, le pp'-DDD et l' α -endosulfan.

Les *Ostrea sp* (photo 17) sont contaminées par huit résidus de pesticide (pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, pp'-DDT, α -endosulfan, aldrine et dieldrine). Les concentrations varient entre 2 et 135 ng/g de lipide. Les concentrations des métabolites et isomères du DDT sont très élevés dans les huîtres par rapport aux taux identifiées dans les crevettes et les crabes.

Il n'y a pas une corrélation entre les pesticides identifiés dans les invertébrés et ceux identifiés dans les sédiments du lac Nokoué. Les invertébrés sont contaminés par au plus 3 résidus alors que l'*Ostrea sp* est contaminé par 8 pesticides. Les sédiments ne sont contaminés que par les métabolites et isomères du DDT.

Tableau XXXVII : Concentration (en ng/g de lipide) de résidus de pesticides dans les huîtres, les crabes et les crevettes (*Ostrea sp*, *Callinectes sp*, *Penaeus notialis*) collectés dans le lac Nokoué et le fleuve Ouémé..

Pesticides. Invertébrés	op'DDE pp'DDE op'DDD pp'DDD opDDT ppDDT α-endo aldrin dield endr												
	lind Hbenz HepCl												
<i>Ostrea</i> (huîtres)	<1	135	10	74	10	55	19	2	5	<2	<1	<1	<1
<i>Callinectes sp</i>	<5	35	<23	11	<5	<5	47	<5	<23	<23	<23	<5	<5
<i>Penaeus notialis</i> (crevette Nokoué)	<3	38	<7	<7	14	<3	12	<3	<7	<7	<7	<3	<3
<i>Macrobrachium</i> (crevette Lowé)	<5	420	<7	<7	4	<3	12	<3	<3	<7	<7	<3	<3



Planche photographique 15 : *Callinectes sp* 2004

(cliché: Yehouenou A Pazou E)

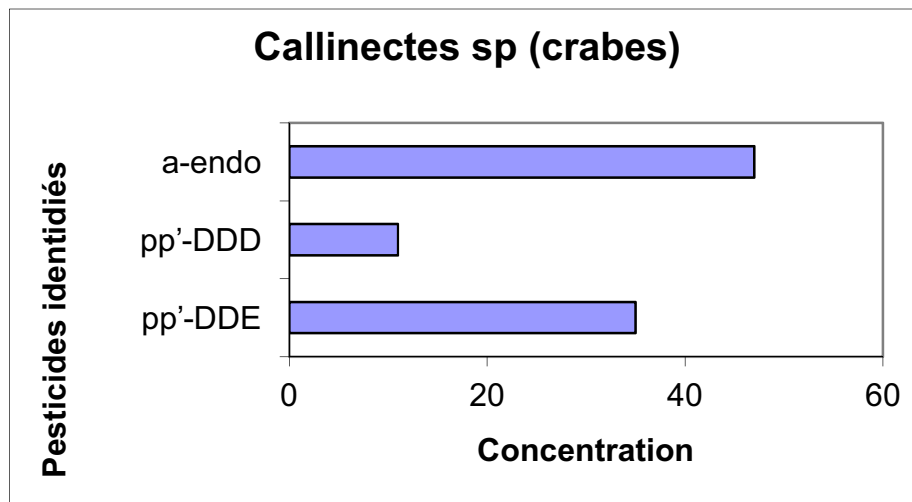


Figure 30 : Concentration des résidus de pesticides dans le *Callinectes sp* pêché dans le lac Nokoué



Planche photographique 16 :

Penaeus notialis

Cliché : Yehouenou A. Pazou E) 2004

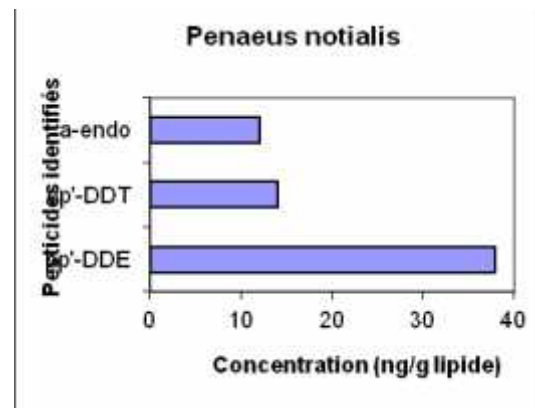


Figure 31 : Concentration des résidus de pesticides dans le *Penaeus notialis* pêché dans le lac Nokoué



Planche photographique 17

Ostrea sp 2004

(Cliché : Yehouenou A. Pazou E) 2004

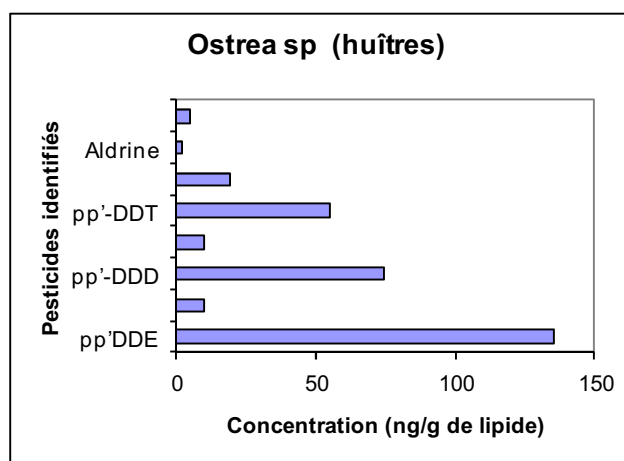


Figure 32 : Concentration des résidus de Pesticides
dans les huîtres pêchées dans le lac Nokoué

3-11 Les résidus de pesticides dans les produits maraîchers et autres espèces végétales collectées dans les plaines inondables de Lowé

A Lowé, des cultures maraîchères se font sur les rives du fleuve et dans les plaines inondables par le fleuve Ouémé. Ces cultures se font surtout pendant la saison sèche après le retrait de l'eau du fleuve. Certains produits maraîchers et espèces végétales collectés dans les plaines inondables et sur les rives du fleuve ont été analysés (cas de *Solanum macrocarpum*, photo 18)



Planche photographique 18 : *Solanum macrocarpum* cultivé dans les plaines inondables de Lowé (2004)

(cliché: Yehouénou A Pazou E)

Les résultats issus des analyses chromatographiques sont consignés dans le tableau 38. Au total une dizaine de résidus de pesticides ont été identifiés et quantifiés.

L'Amaranthus hybridis et le *Solanum macrocarpum* sont contaminés par les mêmes résidus de pesticides. Les concentrations varient entre la limite de détection et 387 µg/kg. . Les concentrations de ces pesticides sont plus élevées dans *L'Amaranthus hybridis* que dans le *Solanum macrocarpum* (figure 33). Le *Corchorus olitorius* est

également contaminé par 11 résidus de pesticides. Les concentrations sont moins élevées par rapport à celles obtenues dans l'*Amaranthe*. Le taux de lindane obtenu dans le *Corchorus olitorius* est 5 fois supérieur au taux obtenu dans celui de l'*Amaranthe* et 20 fois supérieur à celui du *Solanum*.

Le *Vernonia amygdalina* est également contaminé par 11 résidus de pesticides (Tableau 38). Les taux de lindane, de dieldrine et d'op'-DDE sont faibles par rapport aux taux obtenus dans les autres produits maraîchers.

Le *Leersia hexandra* est une espèce végétale broutée par les bovins, elle est contaminée par 12 pesticides dont les concentrations varient entre la limite de détection et 401 µg/kg..

L'*Ipomea fistulosa* est une espèce végétale collectée dans le lit du fleuve. Les enquêtes de terrain ont révélé que l'*Ipomea fistulosa* serait consommé par certaines espèces de poissons. Cette espèce végétale est contaminée par 11 résidus de pesticides. Les concentrations de ces résidus de pesticides sont élevées par rapport aux concentrations obtenues dans les produits maraîchers et dans le *Leersia hexandra* (Tableau 38). Les concentrations de résidus de pesticides mesurées dans les produits maraîchers (*Amarante* et *Solanum*) prélevés à Lowé sont nettement supérieures à celles obtenues dans les mêmes produits maraîchers cultivés à Houéyiho. Les concentrations varient entre la limite de détection et 0.029 pour l'*Amarante* ; entre 0.001 et 0.123 pour le *Solanum* (ABE 2003).

La contamination des produits maraîchers peut s'expliquer par le fait qu'ils sont parfois traités par des pesticides ou arrosés avec des eaux contaminées par des pesticides.

Tableau XXXVIII : Recherche des résidus de pesticides dans les produits maraîchers et dans les espèces végétales collectées dans les plaines inondables du fleuve Ouémé à Lowé.

Pesticides Plantes	op'DDE	pp'DDE	op'DDD	pp'DDD	opDDT	ppDDT	α -endo	aldrin	dield	endr	lind	Hbenz	
	HepCl												
<i>Amaranthus</i>	17	225	155	387	292	502	232	<5	34	<5	97	3	7
<i>hybridus</i>													
<i>Solanum</i>	8	127	64	145	115	188	138	<1	28	<5	21	3	4
<i>macrocarpum</i>													
<i>Celosa</i>	8	153	92	156	121	280	116	<2	22	<6	<6	<2	<2
<i>argentea</i>													
<i>Corchorus</i>	17	245	128	274	270	450	386	<2	45	<9	444	5	8
<i>olitorius</i>													
<i>Vernonia</i>	6	134	40	161	75	245	68	<1	12	<2	7	3	2
<i>Amygdalina</i>													
<i>Leersia hexandra</i>	14	234	109	248	198	401	179	9	42	<23	32	5	14
<i>Ipomea fistulosa</i>	19	295	195	565	351	671	171	<2	36	<2	23	3	4

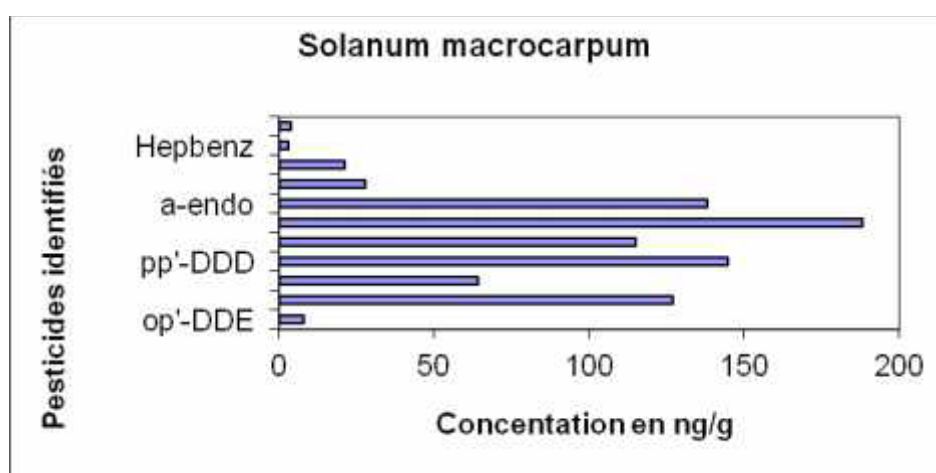


Figure 33 : Concentration des résidus de pesticides dans le *Solanum macrocarpum* pêché dans les plaines inondables de Lowé

Le présent travail, qui ne donne que les résultats des analyses de quelques produits maraîchers, espèces végétales et aquatiques, permettra d'élaborer un programme de contrôle et de surveillance des pesticides dans les zones humides du Bénin.

QUATRIEME PARTIE
MECANISMES DE POLLUTION DU FLEUVE,
IMPACTS, SUGGESTIONS, PLAN D’ACTION ET
PERSPECTIVES DE RECHERCHE

4-1 Mécanismes de pollution du fleuve Ouémé

Le fleuve Ouémé prend sa source dans les monts Tanéka. Il se jette dans le lac Nokoué au niveau de Houédo, passe par le chenal de Cotonou avant de se jeter dans l'océan Atlantique. Son écoulement est unidirectionnel (figure 40). La qualité de l'eau du fleuve à la source n'est plus la même à l'embouchure. L'eau pure, qui sort de la source du fleuve, est contaminée par des polluants qui proviennent des forêts, des champs situés sur les bassins versants, des engrais, des matières fécales etc. Le fleuve Ouémé est également soumis à une forte pression économique (surexploitation des ressources halieutiques), démographique (installation des populations lacustres). Il est parfois transformé pour des fins personnels (acadjas, whédo). L'ensemble de ces activités humaines contribue au changement irréversible du fleuve. Les populations situées en amont sont moins exposées lorsqu'elles consomment l'eau du fleuve, mais au fur et à mesure que nous évoluons, les populations situées en aval qui consomment les eaux du fleuve sont exposées à toutes sortes de maladies hydriques. Elles sont obligées de traiter l'eau du fleuve avant de la consommer. Pour l'illustrer, la Société Nationale des eaux du Bénin (SONEB) a installé sur l'Okpara une station de traitement de l'eau du fleuve Ouémé qui alimente la ville de Parakou. La qualité de cette eau change lorsque nous nous situons en aval de cette station tout simplement parce qu'elle est à nouveau contaminée par les polluants de tout genre.

En amont du fleuve, se trouvent beaucoup de champs de coton et d'autres cultures vivrières qui sont traités par des pesticides chimiques de synthèse. Les populations situées en amont du fleuve contaminent les eaux du fleuve, elles sont moins exposées aux effets négatifs des polluants, elles courent peu de risques en consommant les produits du fleuve, tandis que les populations situées en aval sont plus exposées. Elles subissent les conséquences des mauvais comportements de celles du nord. A Atchakpa-Béri par exemple, les champs de coton sont faits sur les bourrelets de berge du fleuve. Les pesticides utilisés pour traiter les champs de coton vont directement dans le fleuve. Ces pesticides contaminent les espèces aquatiques qui sont consommées par les populations situées en amont ou en aval de Atchakpa-Béri.

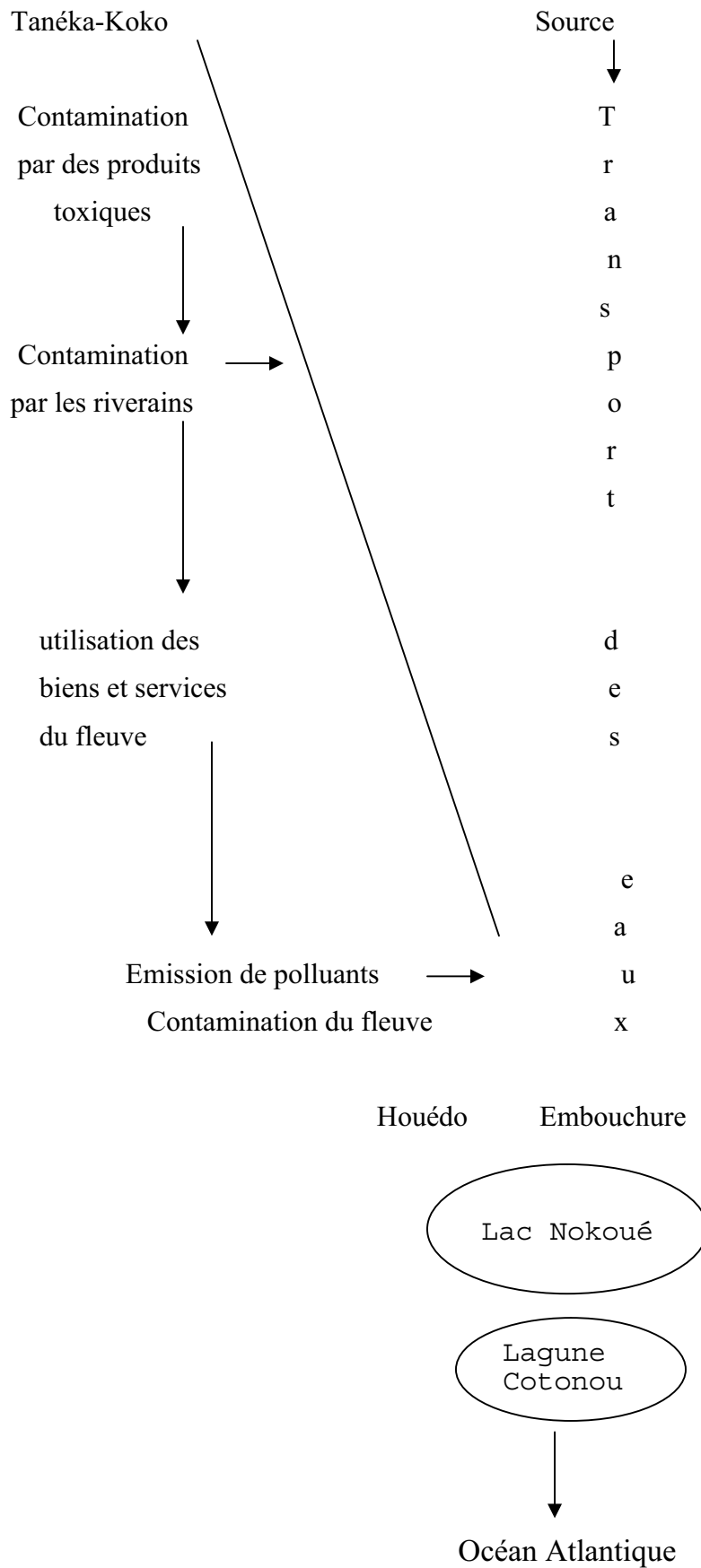


Figure XXXIV : Déplacement unidirectionnel des eaux du fleuve, transport de polluants et contamination par les populations riveraines.

4-2 Les impacts négatifs des pesticides sur le fleuve Ouémé

Les pesticides peuvent se retrouver dans le fleuve Ouémé après transport par le vent, par écoulement à partir des champs traités, par contamination volontaire (introduction de pesticides pour la pêche, ou introduction d'emballages de pesticides).

Des observations libres effectuées dans le cadre du présent travail ont permis de constater que des cultures maraîchères et cotonnières se font sur les bourrelets de berge ou à des distances très proches et parfois dans le lit du fleuve. Les berges érodées constituent un couloir d'entrée de polluants vers le fleuve. La disparition des arbres qui, auparavant tenaient la terre a entraîné une accélération de l'érosion. Cette érosion touche les zones très proches du fleuve formant ainsi des pentes qui favorisent le ruissellement des eaux des champs de coton vers le fleuve.

La déforestation a participé à la déstabilisation des bassins versants et a favorisé les glissements de terrain. Signalons que, sur une distance de 5km à 10km de part et d'autre du lit du fleuve, la situation de la couverture végétale dans le bassin versant du fleuve est caractérisée par une dégradation des formations naturelles. La disparition du couvert végétal a entraîné également l'érosion des berges ce qui favorise l'écoulement des pesticides des champs de coton vers le fleuve. On assiste également à un ensablement du fleuve formant, par endroits, des îlots de terre sur lesquels se font des cultures vivrières. A Bonou dans le village d'Ahouazounmè, des cultures de contre saison se font dans le lit du fleuve pendant la période de décrue (maïs, niébé, gombo, piment et produits maraîchers). Ces cultures vivrières et maraîchères sont soumises aux traitements par les pesticides entraînant ainsi une intoxication directe du fleuve.

Les pesticides introduits peuvent se disperser dans l'eau à partir de leur point d'entrée. Ceux qui sont solubles peuvent se déplacer d'un compartiment à un autre au niveau du fleuve, ils peuvent se fixer sur les sédiments ou contaminer les organismes aquatiques. Les pesticides, peu solubles, peuvent se volatiliser à partir de l'eau où peuvent se concentrer dans les organismes aquatiques. Cette pénétration se fait par la peau, les ouies, les branchies et l'appareil digestif. Le mode de pénétration varie d'une espèce à une autre et d'un polluant à un autre. Pour les espèces pélagiques, la contamination se fait par inhalation ou par transfert dermale (Roberts 1989 ; van Hattum 1995). Pour les

espèces détritivores et benthiques la contamination se fait par ingestion de sédiments contaminés ou d'autres espèces contaminées.

La présence de résidus de pesticides dans les invertébrés ou autres espèces aquatiques et dans les plantes et produits maraîchers est attribué à une bioconcentration. Cette bioaccumulation peut être toxique surtout lorsque les espèces contaminées sont consommées par d'autres organismes supérieurs.

Les produits maraîchers, les poissons et les invertébrés comme les huîtres, les crabes, et les crevettes interviennent dans l'alimentation de la population béninoise. Ils constituent les principales sources de protéines végétales, animales et de vitamines indispensables pour la santé et la croissance humaine. L'accumulation des pesticides dans ces espèces aquatiques consommées par l'homme constitue un risque pour les populations riveraines et la population béninoise toute entière.

4-2-1 Les risques pour la santé humaine

Les poissons intoxiqués consommés pourraient avoir des effets à cours, moyen et long terme pour les êtres humains car les pesticides sont composés de molécules susceptibles de favoriser des mutations (effet mutagène), d'autres peuvent être à l'origine des maladies respiratoires et de toutes sortes de cancer. Le lindane, par exemple, a des effets toxiques sur les poumons (Den Hond et al. 2003). Van Hattum et al (1998) ont montré que les pesticides organochlorés ont des effets cancérigènes pour les hommes qui sont soumis à une inhalation passive.

4-2-2 Les impacts sociaux

Les quantités de poissons pêchées dans le fleuve Ouémé et le lac Nokoué diminuent de jour en jour, les pêcheurs passent plus de temps sur le fleuve, les revenus sont de plus en plus faibles. Cette rareté des espèces aquatiques du fleuve entraîne la multiplication des acadjas qui est une sorte d'appropriation de certaines parties du fleuve ; on assiste parfois à des conflits entre les pêcheurs professionnels et les pêcheurs occasionnels. Au niveau de certains sites une prise de conscience des dangers dus à l'utilisation des plantes toxiques et pesticides a entraîné la mise sur pied des brigades de lutte contre les paysans qui utilisent les produits toxiques pour la pêche.

4-3 Suggestions,

Au regard des résultats obtenus et face aux conséquences induites par l'utilisation des pesticides sur les écosystèmes humides, les actions et suggestions ci-après sont formulées pour assainir l'environnement du fleuve Ouémé et du lac Nokoué d'une part, et d'autre part pour les préserver des effets dévastateurs des pesticides sur les organismes vivants et la santé des populations.

4-3-1 A l'attention des autorités publiques centrales

- 1- Mettre en place un système de prévention basé sur une perspicacité agro-écologique où l'agriculture se fera suivant des approches écologiques qui rendront stable l'écosystème et partant supprimer les stress biologiques ;
- 2- Promouvoir l'utilisation des produits peu toxiques, moins dangereux pour l'homme, les animaux et les végétaux (bref moins dangereux pour la vie) ;
- 3- Faire respecter les textes législatifs et réglementaires nationaux et internationaux relatifs à la protection des écosystèmes humides ;
- 4- Mettre en place un instrument de contrôle des pesticides homologués avant la commercialisation ;
- 5- Promouvoir une conscience citoyenne environnementale par la communication pour un changement de comportement ;
- 6- Faire assainir le bassin du fleuve Ouémé par le dragage ;
- 7- Faire exploiter à bon rendement les opportunités économiques, culturelles et écologiques qu'offre le fleuve ;
- 9- Interdire l'utilisation des pesticides de coton et les extraits toxiques des plantes dans la pêche artisanale ;
- 8- Sur le plan institutionnel, créer des taxes et réprimer les pollueurs en installant des brigades de lutte contre la pêche à l'aide des produits toxiques ;
- 9- Faire réaliser une étude visant à mettre en place un fonds de dépistage de résidus de pesticides chez la population surtout chez les producteurs de coton et chez tous ceux qui manipulent les produits phytosanitaires.

4-3-2 A l'attention des élus locaux

10- Sauvegarder la vie des riverains et de l'environnement du fleuve Ouémé par une délocalisation de la culture cotonnière ;

11- Faire développer l'écotourisme en exploitant les bordures du fleuve comme sites touristiques ;

12- Encourager la consommation de poisson frit en vue de diminuer la contamination alimentaire.

4-3-3 A l'attention des organismes de recherche

13- Sensibiliser les autorités à divers niveaux sur les résultats de nos travaux pour une prise de conscience nationale ;

14- Faire réaliser des études sur la biologie des ravageurs.

4-3-4 A l'attention des organisations non gouvernementales intervenant dans le domaine de la gestion durable de l'environnement

15- Vulgariser les résultats de cette étude afin de permettre à la population de s'en approprier ;

16- Informer les populations riveraines sur les conséquences de certaines de leurs pratiques non durables pour l'environnement ;

17- Faire prendre des dispositions nécessaires par les maquis où sont consommés à grande échelle les poissons frais ou fumés sous forme de poisson braisé. Ceci pour limiter les risques de contamination alimentaire car les études ont montré la résistance des pesticides dans les poissons bouillis ou fumés.

4-3-5 A l'attention des populations

18- Adopter des comportements responsables en optant pour une application plus raisonnée des insecticides et des fongicides en rapport avec l'intensité de l'attaque parasitaire ;

19- Sur le plan économique, faciliter la reproduction et la multiplication des ressources halieutiques par l'abandon de certaines pratiques de pêche ;

20- Eviter la propagation des ravageurs du cotonnier en dessouchant les plans après récolte.

4-4 Plan d'action

L'utilisation des pesticides a contribué certes à l'éradication de grandes épidémies de maladies et à l'amélioration de nombreuses cultures dont celle du coton. Malheureusement, même si le bilan est économiquement positif, le coût social est lourd. Les risques liés à l'utilisation souvent ignorés ou minimisés, sont à l'origine de la contamination des plus importants bassins fluviaux du Bénin. Le présent plan d'action environnemental, après avoir identifié les problèmes et les causes liés à cet état de choses, a recensé les actions à engager par chacun des acteurs en cause pour pouvoir les résoudre et enfin énuméré les stratégies pour y parvenir.

4-4-1 Problèmes identifiés

Les problèmes identifiés sont recensés par acteurs en cause. Entre autres acteurs nous avons :

4-4-1-1 Les agriculteurs et pêcheurs

A ce niveau, les problèmes identifiés sont les suivants :

- la non maîtrise de la composition chimique des pesticides utilisés ; cet état de chose est dû à la recherche de l'accroissement de la productivité et de la rentabilité ;
- le ruissellement des produits phytosanitaires vers les cours d'eau lié à la mauvaise technique culturale ;
- le risque d'intoxication lié à la consommation des produits halieutiques.

4-4-1-2 les autorités locales

Les problèmes identifiés à ce niveau sont relatifs au :

- manque d'informations et de sensibilisation sur l'utilisation des pesticides eu égard à leurs effets néfastes ;
- manque d'informations de sensibilisation et de formations sur les différents modes

- de transport des pesticides sur les écosystèmes aquatiques ;
- manque de ressources humaines, matérielles, financiers.... ;

4-4-1-2 Autorités gouvernementales

A ce niveau les problèmes se présentent comme suit :

- le manque de formations adéquates sur les pesticides ;
- insuffisance de données statistiques sur l'importation des pesticides;
- manque de travaux de recherches sur la contamination des écosystèmes aquatiques par les pesticides.

Pour réduire les problèmes liés à la contamination des écosystèmes aquatiques, des actions doivent être engagées par chaque acteur en ce qui le concerne.

4-4-2 Actions à engager

Les acteurs concernés sont responsabilisés pour l'engagement des actions à mener :

4-4-2-1 Les agriculteurs et les pêcheurs

En ce qui les concerne, les actions à mener sont relatives à :

- l'information et la sensibilisation pour un changement de comportement ;
- amener les pêcheurs et les agriculteurs à abandonner les pratiques tendant à la destruction de la chose environnementale.

4-4-2 -2 Les autorités locales

Elles doivent en ce qui les concerne :

- informer et sensibiliser les populations riveraines sur les risques liés à la consommation de produits halieutiques contaminés ;
- mettre en place des brigades de surveillance des plans d'eau ;
- mieux gérer les plans d'eau.

4-4-2 -3 Les autorités gouvernementales

Les autorités gouvernementales doivent :

- vulgariser les résultats du présent travail;

- évaluer le niveau de contamination des autres cours d'eau et fleuves du Bénin ;
- mettre en place une structure nationale chargée de suivre et d'évaluer le niveau de contamination de tous les plans d'eau du Bénin ;
- respecter les règles en matière d'importation et d'utilisation des produits phytosanitaires ;
- . Instaurer et faire respecter les lois devant réglementer l'exploitation des plans d'eau.

4-4-3 Les axes stratégiques à définir

Au nombre des stratégies à adopter pour pouvoir réduire la pollution des écosystèmes on peut retenir qu'il faut :

- favoriser le ruissellement et l'infiltration des pesticides à travers des techniques culturales appropriées ;
- éviter la culture de coton ou de produits vivriers aux abords immédiats ou dans les lits des fleuves et cours d'eau ;
- interdire l'utilisation des pesticides pour la pêche ;
- installer des brigades de lutte contre l'utilisation des pesticides par les pêcheurs ;
- informer et sensibiliser les populations sur les différents modes de cuisson des produits halieutiques afin de réduire l'intoxication alimentaire par les pesticides ;
- réduire l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse ;
- gérer et contrôler efficacement l'importation des produits phytosanitaires ;
- promouvoir le traitement biologique des cultures vivrières et cotonnières ;
- renforcer les recherches sur les ravageurs des cultures afin de se passer des pesticides ;
- développer la coopération interétatique afin de lutter efficacement contre l'importation frauduleuse des pesticides.

Les populations, les riverains, les autorités locales, départementales et nationales doivent contribuer à la mise en œuvre efficace des stratégies.

4-4-4 Mise en œuvre des stratégies

La mise en œuvre de ses différentes stratégies dépend des moyens financiers mobilisables auprès des structures nationales et d'organismes que sont :

- le MEHU, la DANIDA, le CRDI, la GTZ, l'Union Européenne etc.

4-5 Perspectives de recherche

- Poursuivre la recherche des résidus de pesticides au niveau des autres espèces aquatiques du fleuve Ouémé et du lac Nokoué.
- Etendre les travaux de recherche à d'autres groupes d'espèces aquatiques tels que les crustacés et les mollusques qui sont exportés.
- Identifier les alcanes et autres polluants qui contaminent le fleuve et le lac car les analyses par spectrométrie de masse sur les sédiments analysés ont montré la présence d'alcanes.
- Poursuivre la recherche des résidus de pesticides déjà commencés sur les poissons pêchés dans le fleuve Niger.
- Réaliser des recherches de résidus de pesticides dans les autres cours d'eau du Bénin.

CONCLUSION GENERALE

Les écosystèmes dans l'ensemble apparaissent comme des structures complexes où l'interaction des éléments physiologiques, chimiques et biotiques rend difficile la connaissance exacte de leur leurs comportements et de leurs fonctionnements. Notre connaissance sur les écosystèmes est limitée. Cependant les écosystèmes aquatiques constituent non seulement des sources d'approvisionnement mais encore des réseaux de transport et d'échanges commerciaux entre les communautés et les pays. Le fleuve Ouémé, par exemple, sert à naviguer (transport de marchandises en provenance du Nigéria), il fournit plusieurs variétés de poissons que nous consommons. Les eaux du fleuve sont consommées par les populations riveraines (barrage de l'Okpara), elles servent à irriguer les champs.

Il est évident aujourd'hui au Bénin que le fleuve Ouémé et le lac Nokoué sont contaminés par des pesticides chimiques de synthèse. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau du fleuve ne constituent pas un facteur limitant pour la biodiversité des espèces halieutiques. Les concentrations des pesticides dans l'eau sont faibles mais elles sont élevées dans les sédiments et dans les espèces halieutiques.

Les sédiments du fleuve sont contaminés par des pesticides organochlorés et des pesticides organophosphorés. Les concentrations varient d'une station à une autre et d'un site à un autre au niveau de la même station. Le taux de DDT le plus élevé a été obtenu dans les sédiments prélevés à Bétérou (810 µg/kg MO). Les sites sur lesquels se font les cultures de coton ont une concentration qui dépasse les doses permises.

Les poissons analysés ne sont contaminés que par des pesticides organochlorés dont les concentrations varient entre la limite de détection et 1364 ng/g de lipide. L'unité toxique calculée pour chaque poisson analysé montre que le risque lié à la consommation des poissons du fleuve est pour le moment peu alarmant.

Les quelques produits maraîchers analysés sont contaminés; les espèces végétales broutées par les caprins et les bovins n'ont pas été épargnées. Cet état de choses constitue un véritable danger pour la santé des populations riveraines qui consomment les ressources halieutiques de ces milieux.

Signalons que cette étude n'a porté que sur une quinzaine d'espèces de poissons

composées de Cichliidae, de Clariidae, de Mochokidae, de Mormyridae et de Protopteridae sur un total de 123 espèces que contient le fleuve Ouémé (Lalèyè et al. 2003).

Notre objectif général et les objectifs spécifiques ont été atteints dans cette étude car les résultats de nos travaux ont montré qu'il y a une accumulation de résidus de pesticides dans les sédiments, une bioconcentration de résidus de pesticides dans les espèces de poissons analysées, dans les invertébrés, dans les produits maraîchers et autres espèces végétales cultivées dans les plaines inondables du fleuve. L'endosulfan et le chlorpyrifos utilisé pour la culture du coton ont été identifiés. Les trois formes d'endosulfan, à savoir : l' α -endosulfan, le β -endosulfan et l'endosulfan sulfate, ont été identifiées à Atchakpa-Béri où se fait la culture de coton sur les bourrelets de berges du fleuve. Notre hypothèse de recherche est vérifiée : les pesticides utilisés pour traiter le coton constituent une source de contamination du bassin versant du fleuve Ouémé et une menace pour les espèces halieutiques et pour l'homme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adam S. K. , Akoegninou A. , Boko M., Anato B., Igue A. M., Bio B. S., Balogoun G., Boton E. S. M. et Badougou K. (Octobre 1991 à Janvier 1992) - *Etude de la faisabilité de Kétou dans le cadre de l'aménagement hydro-électrique optimal du fleuve Ouémé.*

Abate T., van Huis A. and Ampofo J. K. (2000) - *Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective.* Ann Rev Entomol. 45 : 631 - 659.

Agnihotri N. P, Kulshrestha G., Gajbhiye V. T., Mahapatra S. P. and Sing S. B. (1996). *Organochlorine Insecticide residues in agricultural soils of the Indo-Gangetic plain.* Environ. Monit Assess, 40 : 279 - 88.

Akogbeto M. and Yacoubou S. (1999) - *Resistance of malaria vectors to pyrethrins used for impregnating mosquito nets in Benin, west Africa.* Bull Soc Pathol Exot. 123 - 130.

Albero B., Sánchez-Brunete C. and Tadeo J. L. (2003) - *Determination of endosulfan isomers and endosulfan sulfate in tomato juice by matrix solid-phase dispersion and gas chromatography.* Journal of chromatography A. 1007 : 137 - 143.

Anderson O., Linder C. E., Olsson M., Reutergardh L., Uvemo U. B., and Wideqvist U. (1988) - *Spatial differences and temporal trends of organochlorine compounds in biota from the Northwestern hemisphere.* Arch. Environ. Contam. Toxicol. 17 : 755 - 765.

Balarin J. D. (1984) - *Etudes nationales pour le développement de l'aquaculture en Afrique. 5. Bénin.* FAO Circ. Pêches, 770 (5) : 52 p.

Barbé L., Ale G., Millet B., Texier H., Borel Y. and Gualde R. (1993) – *Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin* 379 – 402.

Barlas N. E. (2002) - *Determination of organochlorine pesticide residues in water and sediment Samples in Inner Anatolia in Turkey*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 69 : 236 - 242.

Berg B. and Mc Claugherty C. (2003) - *Plant litter decomposition, humus formation, carbon sequestration* ISBN 3-540-44329-0 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Printed in Germany : 286 p.

Bolt G. H. and Bruggenwert M. G. M. (1976) - *Soil chemistry. A basic elements*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-Oxford-New York 281 p.

Bonderf J., Breteau M. and Conso F. (1983) – *Toxicologie alimentaire des pesticides : nécessité et intérêt* : (10) 9 p.

Calamari D. and Bacci E. (1987) - *Environmental distribution and fate pesticides: A predictive approach in toxicology of pesticides: experimental, clinical and regulatory perspectives*. Nato Advanced Science Institute series H: Cell Biology, 13 : 171 - 84.

Caldas E. D., Coelho R., Souza L. C. K. R. and Siba S. C. (1999) - *Organochlorine pesticides in water, sediment, and fish of Paranoa lake of Brasilia, Brasil*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 62 : 199 - 206.

Campoy C., Olea-Serrano F., Jiménez M., Bayés R., Canabate F., Rosales M.J., Blanca E. and Olea N. (2001) - *Diet and organochlorine contaminants in women of reproductive age under 40 years old*. Early Human Development, Supplement (65) : 173 - 182.

Castro J., Perez R. A., Miguel E., Sánchez-Brunete C. and Tadeo J.L. (2002) - *Analysis of endosulfan isomers and endosulfan sulfate in air and tomato leaves by gas chromatography with electron-capture detection and confirmation by gas chromatography - mass spectrometry*. A journal of chromatography, 947 : 119 – 127.

Chanblasha B., Hian Kee Lee and Obbard J. (2002) - *Determination of organochlorine pesticides in seawater using liquid-phase hollow fibre membrane microextraction and gas chromatography-mass spectrometry.* Journal of chromatography, 968 : 191 -199.

Chandre F., Manguin S., Brengues C., Dossou-Yovo J., Darriet F., Diabate A., Carnevale P. and Guillet P. (1999) - *Current distribution of a pyrethroid resistance gene (kdr) in Anopheles Gambiae complex from west Africa and further evidence for reproductive Isolation of the Mopti form.* Parasitologia, 4 : 319 - 322.

Chandre F., Darriet F., Manga L., Akogbeto M., Faye O., Mouchet J. and Guillet P. (1999) - *Status of Pyrethroid resistance gene (Kdr) in Anopheles gambiae complex from west Africa and further evidence for reproductive isolation of the mopti form.* Parasitologia, 4 : 319 - 322.

Chippaux J. P., Laniyan I. and Akogbeto M. (1991) - *Evaluation of the efficacy of Temephos in the Campaign against dracunculosis.* Ann Soc Belg Med Trop. 71 : 279 - 285.

Colborn T., vom Saal F. S. and Soto A. M. (1994) - *Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans.* Environ Impact assessment Reviews 14 (5-6) : 469 - 489.

Colborn T, Landers D. H., Bangay., Sisula H. and Liljelund. (1995) - *Airborne contaminants in the Arctic: what we need to know.* Science of the total Environment, 160 - 161 (15) : 841 - 848.

Colin F. Poole., Salwa K. and Poole (1999) - *Chromatography today.* 1026 p.

Colombani J., Sircoulon J., Moniod F. et Rodier J. (1972) - *Monographie du delta de l'Ouémé* (1) ORSTOM, Paris : 200 p.

Costanza R., Mageau M. T., Ulanowicz R. E. (1998) - *Quantifying the trends expected in Developing Ecosystems*. University of Maryland Institute for Ecological Economics, Center for Environmental and Estuarine Studies. 150 p.

Crossland N. O. (1982) - *Aquatic toxicology of cypermethrin, II Fate and biological effects in pond experiments*. *Aquatic*, 2 : 205 - 22.

Crossland N. O. and Bennett D. (1984) - *Fate and biological effects of methyl parathion in Outdoor ponds and laboratory aquaria I. Fate*, *Ecotox. Environ. Safety*, 8 : 471 - 81.

Cruz S, Silveira M. I. and Lino C. (2003) - *Evaluation of organochlorine pesticide residues in human serum from an urban and two rural population in Portugal*. *The Science of the total Environment*, 317 (1-3) : 23 - 35.

De Voogt P. and Jansson B. (1993) - *Vertical and long-range transport of persistent organics in the atmosphere*. *Rev. environ. Contam. Toxicol.* 132 : 1 - 27.

Dehoux J. P. (1993) - *Control of Glossina tachinoïdes in Benin. Special use of deltamethrin - Impregnated tyretraps*. *Rev Elev Med V*, 46 : 581 - 589.

Den Hond F., Groenewegen and N. M. van Straalen. (2003) - *Pesticides problems, improvements, alternatives*. Blackwell Science Publishing, 156 p.

Elgar K. E. (1983) - *Pesticide residues in water* . An appraisal, in IUPAC. *Pesticide chemistry, Human welfare and the environment* (ed J. Miyamoto et al) 4 : 33 – 42.

Esser H. O. and Moser P. (1982) - *An appraisal of problems related to the measurement and Bioaccumulation*. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 6 : 131 - 148.

FAO. (1999) - *FAO warns about the dangerous legacy of obsolete pesticides*. Press

release 99 / 31.

Frank R. and Logan L. (1988) - *Pesticide and industrial chemical residues at the mouth of the Grand, Sangeen and Thames rivers, Ontario, Canada, 1981-85*, Arch. Environ. Contam Toxicol. 17 : 741 - 54.

Gbatcho A. M. (1992) - *Contribution à l'étude des rythmes pluviométriques et hydrologiques du bassin de l'Ouémé au pont de Savè..*

Gimeno S., Gerritsen A., Bowmer T. and Komen H. (1996) - *Feminization of male carp*. Nature 384 : 221 - 222.

Gimeno S., Komen H., Venderbosch P. W. M. and Bowmer T. (1997) - *Disruption of sexual differentiation in genetic male common carp (cyprinus carpio) exposed to an alkylphenol during different life stages*. Environ. Sci. Technol. 31 : 2884 - 2890.

Glynn A., Lind Y., Darnerud P. O., Atuna S., Aune M., Becker W., Bjerselius R. and Cnattingius S. (2003) - *Polybrominated diphenyl ethers in breast milk from Uppsala country, Sweden*. Environmental Research. 93 (2) : 186 - 194.

Gray M. A., Niimi A. J. and Metcalfe C. D. (1999a) - *Factors affecting the development of testis-ovarin medaka, (Oryzias latipes), exposed to octylphenol*. Environ. Toxicol. Chem. 18 : 1835 - 1842.

Gray M. A., Teather K. L. and Metcalfe C. D. (1999b) - *Reproductive success and behavior of Japanese Medaka (Oryzias latipes) exposed to 4-tert-octylphenol*. Environ. Toxicol. Chem. 18 : 2587 - 2594.

Grobbelaar J. U. & House (1995) - *Phosphorous as a limiting resource in Inland waters; Interactions With nitrogen*. In H'Tiessen (ed), phosphorous in the global environment, 54 : 255 - 273.

Halfon E. et Maguire J. (1981) - *Distribution et transformation du fénitrothion épandu sur un Etang: modelisation dans ces conditions d'incertitude*. Eau du Québec, 14 (3) : 216 – 19.

Hermans J. L. M. (1990) - *Quantitative structure activity relationships of environmental pollutants*. Handbook of environmental chemistry, O Hutzinger Ed. 2 : 111 - 162.

Hordijk L. (1991) - *An integrated assessment model for acidification in Europe*. Thesis. Vrije Universiteit, Amsterdam 150 p.

Houanye A. K. (2000) - *Contribution à l'étude de l'écologie et de l'exploitation de deux espèces de poisson chats (Clariidae) : Clarias gariepinus et Clarias ebriensis du bassin de l'Ouémé* 114 p.

Howard P. H. (1990) - *Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals*, 4 – 574.

Howard P. H. (1991) - *Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals*, 684 p.

Huges D. N., Boyer M. G., Papst M. H. and Fowle C. D. (1980) - *Persistence of three organophos - Phate insecticides in artificial ponds and some biological implications*, Arch. Environ. Contam. Toxicol. 9 : 269 - 79.

Hwang Bao Hueg and Maw-Rong Lee. (2000) - *Solid-phase microextraction for organochlorine pesticide residues analysis in chinese herbal formulations*. Journal of chromatography, 898 (2) : 245 - 256.

Institut Française pour l'Environnement (IFEN) (2001) – *Les pesticides dans les eaux, cinquième bilan annuel* (37) : 3 p.

INSAE (1994) - *Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique*. Annuaire statistique (10) : 25 p.

INSAE (1998) - *Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique*. Statistiques agricoles de 1970 à 1994 : 35 p.

IPCS. (2005) - *Inventory of IPCS and other WHO pesticide evaluations and summary of Toxicological Evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues [JMPR] through 2002*. The International Programme on chemical Safety. World Health organisation, Geneva :
http://www.who.int/ipcs/publications/jmpr/jmpr_pesticide/.

Kishimba M. A., Henry L., Mwevura H., Mmochi A. J., Mihale M. and Hellar H. (2004) - *The status of Pesticide pollution in Tanzania*. Talanta, 64 : 48 - 53.

Koeman J.H., Ten Oever M.C., De Brauw R.H. and Vos J.G. (1969) - *Chlorinated biphenyls in fish, Mussels and birds from the river Rhine and the Netherlands coastal area*. Nature 221 : 1126 - 1128.

Konert M. and Vandenberghe J. (1997) - *Comparison of laser grain size analysis with pipette and Sieve Analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction*. Sedimentology, 44 : 523 - 535.

Lalah J. O., Yugi P. O., Jumba I.O. and Wandiga S.O. (2003) - *Organochlorine pesticide residues in Tana and Sabaki rivers in Kenya*. Bull Environ Contam Toxicol. 71 : 298 - 307.

Lalèyè P., Chicou A., Teugels A., Vandewalle P. and Philippart J.C. (2003) - *Diversity and status of Fish Biodiversity in the Ouémé river basin Bénin*. In: Picarts (ed) International Conference Of the Pan Africana Fisheries Society, Cotonou (Bénin), 89 -90.

Lalèyè P., Chikou J. C., Philippart G., Teugels & Vandewalle P. (2004) - *Etude de la diversité ichtyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest)*. Cybium, 28 (4) : 329 - 339.

Lentza-Rizos C. H., Avramides E. J. and Visi E. (2001) - *Determination of residues of endosulfan and five pyrethroid insecticides in virgin olive oil using gas chromatography with electron capture detector*. A journal of chromatography, 921 : 297 - 304.

Pim L., Zierikzee Y., Brinkman A. Th, Cofino Wim P., N. M van Straalan and Hattum B. (1993) - *The selective dietary accumulation of planar polychlorinated Biphenyls in the Otter (Lutra Lutra)*. Environmental Toxicology and chemistry, 16 (9) : 1807 – 1815.

Pim L.(1993) - *PCBs in mustelids analysis, food chain transfer and critical levels*. 210 p.

Lévêque C., Paugy D. and Teugels G.G. (1990, 1992) - *Faune des poissons d'eau douce et saumatre de l'Afrique de l'Ouest*. Vol 1 et 2.

López-Blanco M.C., Reboreda-Rodríguez, Cancho-Grande B. and Simal-Gándara J. (2002) - *Optimization of solid-phase extraction and solid-phase microextraction for the Determination of α - and β -endosulfan in water by gas chromatography electron., Capture detection*. A journal of chromatography, 976 : 293 – 299.

López-Blanco M. C., Blanco-Cid S., Cancho-Grande B. and Simal-Gándara J. (2003) *Application of single-drop microextension and comparison with solid-phase microextraction and solid-phase extraction for the determination of α – and β -endosulfan in water samples by gas chromatography-electron capture detection*. Journal of chromatography, 984 - 245.

Lorenz C.M. (1999) - *Indicators for sustainable river management*. 135 p.

McCarty L. S. and Mackay D. (1993) - *Enhancing ecotoxicological modeling and assessment* Environ. Sci. Technol. 11 : 1719 - 1728.

Mill T. and Haag W. (1986) - *The environmental fate of hexachlorobenzene* IARC Sci. Publ. 77 : 61 - 6.

Ministère du Développement rural (1996-1997) - *Rapport annuel sur les quantités de poissons pêchés entre 1996 et 1997*, République du Bénin : 5p

Ministère du Développement rural (1999) - *Rapport sur les cas de décès enregistrés en 1999*. Carder Borgou et Atacora. République du Bénin : 3 p.

Ministère du plan de la statistique et de l'analyse économique, (1998) - *Les quantités cumulées de pesticides utilisés au Bénin jusqu'en 1996* :29 – 32.

Ministry of housing (2001) - *Spatial planning and the environment*. Environmental quality standards in the Netherlands. Kluver.150 p

Murai T., Degbey J. B. et Hounkpe C. (2002) - *Atlas des poissons et crustacés du Bénin. Eaux douces et saumâtres*, 209 p.

Mwevura H, Othman C. O. and Mhehe G. L. (2002) - *Organochlorine pesticide residues in sediments and biota from the coastal area of Dar es Salaam city, Tanzania*. Mar Pollut Bull. 45 : 262 - 267.

OECD; 1991 (Organization for Economic Co-operation and Development.

Okoumassoun L. E., Brochu C., Deblois C., Apkona S., Marion M., Averill-Bates and D., Denizeau F. (2002) - *Vitellogenin in Tilapia male fishes exposed to organochlorine pesticides in Ouémé river in Republic of Bénin*. The Science of the total environment 299 : 163 - 172.

OMS / Programme des Nations Unies pour l'environnement (1991) – *L'utilisation des pesticides en agriculture et ses conséquences pour la santé publique* : 145 p.

OMS (1994 – 1995) - *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification*. WHO/PCS/94 (2).

Pan Africa (2001) - *Pesticides poisoning pose concern to all Africa*.

Fr.allafrica.com/stories/061 20061.html.

Petit F., le Goff, Cravédi J. P., Voltaire Y. and Pakdel F. (1997) - *Two complementary bioassays for screening the estrogenic potency of xenobiotics: recombinant yeast for trout estrogen receptor and trout hepatocyte cultures*. J Mol Endocrinol. 19 : 321 - 335.

Poole C. F. and Poole S. K. (1991) - *Chromatography today*, 1026 p.

PROJET BENINO-ALLEMAND POUR LA PROTECTION DES VEGETAUX.
(1992) – *Recensement de résidus de pesticides au Bénin : Rapport d'expertise du 18 février au 7 mars* : 24 p.

Rabbier J. (1979) - *Etude sédimentologique de la lagune de Porto-Novo (Bénin – Afrique de l'Ouest)*, Bull. inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, 25 : 31 - 55.

Rawn G. P., Webster G. R. B. and Muir D. G. G. (1982) - *Fate of permethrin in model outdoor ponds*, J. Environ. Sci. Health, B 17 : 463 - 86.

Ratcliffe D. A. (1970) - *Changes attributable to pesticides in egg breakage frequency and Eggshell thickness in some British birds*. J. Appl. Ecol. 7 : 67 - 115.

Roberts T. R. (1989) - *Pesticides in drinking water, shell Agriculture*, 3 : 18 - 20.

Scheinder W. (1992) - *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Guide de terrain des ressources marines commerciales du golfe de Guinée. Préparé et Publié avec la collaboration du bureau régional de la FAO pour l'Afrique.* 268 p.

Schulz R. (2001) - *Rainfall induced sediment and pesticide input from Orchards into the Lourens river, wester cape, South Africa: Importance of a single event wat. Res.* 35

(8) : 1869 - 1876.

Srivastava A. K. and Srivastava A. K. (1994) - *Effects of chlordecone on gonads of freshwater catfish, Heteropneustes fossilis.* Bull. Contam. Toxicol. 53 : 186 - 191.

Stronkhorst J. van Hattum B. and Bowmer T. (1999) - *Bioaccumulation and toxicity of Tributyltin to a burrowing heart urchin and an amphipod in spiked, silty marine Sediments.* Environmental. Toxicology and Chemistry, 18 (10) : 2343 - 2351.

Stronkhorst J. (2003) - *Ecotoxicological effects of Dutch Harbour sediments,* 200 p.

Sujatha C. H., Nair S. M. and Chacko J. (1999) - *Determination and distribution of endosulfan and Malathion in Indian Estuary.* Wat. Res. 33 (1) : 109 - 114.

Stronkhorst J. (2003) - *Ecotoxicological effects of Dutch harbour sediment.*

Tanabes N., Subramanian A. N., Ramesh A., Kumaran P. L., Miyazaki N. & Tatsukawa R. (1993) - *Persistent organochlorine residues in dolphins from the Bay of Benghal, South India.* Mar. Pollt. Bull. 26 : 311 - 316.

Taylor. (2003) - *Ecological risk assessment of hexachlorobutadiene.* Hum. Ecol. Risk. Assess, 9 (2).

Ten Hulscher T. E. M. (2003) - *Availability of organic contaminants in lake Ketelmeer sediment Understanding sorption kinetics and distribution of insitu contaminants*. 200 p.

Texier H., Dossou C., Colleuil B. and Profizi. (1980) - *Le lac Nokoué, environnement du domaine margino-littoral sud-béninois: Bathymétrie-lithofaciès, salinités, mollusque et peuplements végétaux*. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, 28 : 115 - 142.

Torres C. M., Picó Y., Redondo M.J. and Mañes J. (1996) - *Matrix solid-phase dispersion extraction procedure for multiresidue pesticide analysis in oranges*. A journal of chromatography, 719 : 95 - 103.

Tovignan S., Vodouhê S. D. and Dinham B. (2001) - *Cotton pesticides cause more deaths in Bénin* Pesticides News. <http://www.panuk.org/pestnews/pn52/pn52p12.htm>. 1 – 5 p.

Truhaut R. (1977) - *Ecotoxicology: objectives principales and perspectives*. Environ. Saf. 1 : 151 - 173.

UNEP; 1997. (united Nations Environmental Programme), IFCS (Intergovernmental Forum On Chemical Safety), Ad Hoc Working Group on *persistent organic pollutants regional awareness raising, workshop on persistent organic pollutants (POPs)*. United Nations Conference Center, Bangkok, Thailand, 25 - 28 Nov. 1997.

van Gestel C. A. M. (2004) - *Syllabus ecotoxicology*, Faculteit Aard-en levenswetenschappen Vrije Universiteit Amsterdam 357 p.

van Heerwaarden L. (2004) - *Fron leal to litter, nutrient resorption in a changing Environment* 61 p.

van Hattum B. (1995) - *Bioaccumulation of sediment-bound contaminants by the freshwater Isopod Asellus aquaticus*. 246 p.

van Hattum B., Curto Pons M. J. and Montañés J. F. (1998) - *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In freshwater isopods and field partitioning between abiotic phases*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 35 : 257 - 267.

Veillerette F (2000) - *Les pollutions par les pesticides* <http://perso.wanadoo.fr/Francois.veillerette/pesticides1.htm> : 2 p.

Verbruggen E.M.J., Posthumus R. and van Wezel A. P. (2001) - *Ecotoxicological serious risk concentration for soil, sediment and ground water: updated proposals orf first series of compounds*. National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands, RIVM Report No 711701020.

Wayland J. Hayes., Rdward Jr, and Laws R. (1991) - *Handbooks of pesticide toxicology*, 2 : 1123 p.

Wester P. W. (1991) - *Histopathological effects of environmental pollutants -HCH and methyl mercury on reproductive organs in freshwater fish*. Comp. Biochem. Physiol. C Pharmacol. Toxicol. 100 : 237 – 239.

Yehouenou A. Pazou. (2000) - *Effet de l'utilisation des pesticides sur la faune aquatique: test de Tolérance de deux espèces de Tilapia (Oreochromis niloticus et Sarotherodon melanotheron) aux organochlorés et organophosphorés*. Mémoire de DEA. Publication en cours.

Yehouenou A. Pazou., Boko M., Cornelis A.M. van Gestel, Ahissou H., Lalèyè P., Akpona S., Bert van Hattum, Swart k. and van Straalen N. M. (2005) - *Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in the Ouémé river catchment in the republic of Bénin*. Accepté pour être publié dans Environnement

International

Yehouenou A. Pazou, Lalèyè P., Boko M., Cornelis A. M. van Gestel, Ahissou H., Akpona S., van Hattum B, Swart k. and van Straalen N. M. (2005) - *Contamination of fish by organochlorine pesticide residues in the Ouémé river catchment in the republic of Bénin.* Accepté pour être publier dans Environnement International.

Yochim R. S., Isensee A. R. and Walker E. A. (1980) - *Behaviour of trifluralin in aquatic model Ecosystems*, Bull. Environ. Contam. Toxicol. 24 : 134 - 41.

Zimmerman B., Bloch H.S., Williams W.L., Hitchcock C.R., Hoeischer B. (2000) - *Effects of DDT on Human adrenal. Attempt to use adrenal destructive agent in treatment of disseminated mammary and prostatic cancer*, Cancer 9 : 940 - 948.

ANNEXES

Annexe 1 Questionnaire sur l'utilisation des pesticides dans le pêche

Date :

Nom de la localité :

Département :

Commune :

Nom et prénom de l'enquêté :

Sexe : Masculin ☐ Féminin ☐

Age :

Niveau d'instruction :

Agriculteur : ☐ Pêcheur : ☐ Agriculteur-pêcheur : ☐

Commerçant : ☐ Autres activités :

A quels moments de l'année faites vous la pêche ?

Depuis combien d'années pêchez vous ?

Quels sont les moyens que vous utilisez pour pêcher ?

Filet : ☐ nasse : ☐ plante : ☐ pesticides : ☐

Quelles sont les plantes utilisées ?

Quels sont les pesticides utilisés ?

Où les avez-vous obtenus ?

Quelles sont les doses utilisées ?

Connaissez vous des gens qui utilisent autres produits toxiques aux poissons ?

Après combien de temps les poissons meurent ?

Comment sont traités les poissons intoxiqués ?

Séché : ☐ Frits : ☐ Vendus frais : ☐

Quelle quantité approximative ramassez vous ?

Les produits ont-ils des effets sur les animaux domestiques ?

Chien : ☐ chat : ☐ chèvre : ☐ porc : ☐ poule ou coq : ☐

Quel est le prix de vente des poissons ramassés ?

Consommez vous les poissons intoxiqués ?

Que ressentez vous après consommation ?

Cette pratique est- elle autorisée ?

Si oui par qui ?

Avez-vous des brigades de lutte contre l'utilisation des pesticides pour la pêche ?

Annexe 2 : les résultats de l'analyse de l'eau

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Houédo et à Bonou. Prélèvement du mois de mai 2002

Paramètres	Unité	Houédo 1	Houédo 2	Houédo 3	Houédo 4	Houédo 5	Bonou 1	Bonou 2	Bonou 3	Bonou 4	Bonou 5
Coordonnées géographiques	GMT	15/3/2002 8 h30	15/3/2002 8h45	15/3/2002 9h	15/3/2002 9h20	15/3/2002 9h45	12/5/2002 9h02	12/5/2002 9h15	12/5/2002 9h35	12/5/2002 10h	12/5/2002 10h20
Profondeur		06°28'48''	06°25'51.7''	06°30'01''	06°30'12.9''	06°55'52.9''	06°55'52.9''	06°55'55.2''	06°55'52.9''	06°55'49.6''	06°55'30.7''
Température		02°28'56''	02°2'46.4''	02°23'55.8''	02°23'58.3''	02°25'98.7''	02°25'98.7''	02°2'94''	02°25'93''	02°2'96.7''	02°26'02.8''
pH		2m	2m	2m	2m	06°2'56''	5m	2,15	1,75m	3,30	0,5m
Oxygène dissous	mg/l	24°8	24°8	25°7	25°6	5'3	27°3	27°2	27°2	27°2	27°2
Turbidité		6.88	6.84	6.94	7.12	02°2'56''	6.65	6.83	6.83	6.98	7.02
Conductivité	µS/cm	36,8	39,1	25	35	2,25	26,3	93,5	31,9	61,9	38,8
		4,59	4,44	4,14	3,86	25°9'7.20	92,4	88	92,7	88,9	90.0
						14,6					
						4,35					
Ammoniac	mg/l	0,554	0,55	0,553	0,542	0,54	0,105	0,05	0,081	0,12	0,014
Nitrate	mg/l	trace	trace	trace	trace	trace	0,392	0,39	0,392	<0,1	<0,14
Nitrite	mg/l	0,052	0,05	0,051	0,045	0,06	0,052	0,08	0,060	0,08	0,060
Autres polluants											
Carbonate	még/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chlore	még/l	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	0,780	0,78	0,784	0,78	0,788
Phosphate	még/l	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	0,375	0,25	0,250	0,25	0,250
Sulfate	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	=1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	mg/l	10388	1038	1038,	1038,	1040	12,36	14,4	12,26	9,88	11,12

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Lowé et à Toué en (mai 2002)

Paramètres	Unité	Lowé	Lowé	Lowé	Lowé	Lowé	Toué	Toué	Toué	Toué	Toué
Date		13/5 2002	13/5 2002	13/5 2002	13/5 2002	13/5 2002	19/5 2002	19/5 2002	19/5 2002	19/5 2002	19/5 2002
Heure	GMT	9h	9h15	9h30	9h50	10h15	8h45	9h50	10h10	9h	10h10
Coordonnées Géographiques											
N		06°39 38.1	06°39 43.6	06°39 49.5	06°39 61.2	06°38 25.3	07°12 77.7	07°12 29.4	07°12 35	07°12 05	07°12 35
E		02°28 45.3	02°28 51.4	02°28 58.5	02°28 61.3	02°28 30	02°67 98.2	02°17 08.5	02°17 12	02°17 01	02°17 25
Physico- chimie	M °C	1 .30 27°	1 .30 26.8°	1 .80 26.5°	2.50 26.4°	2 m 27°	2.50 32°	2 m 30°	2.50 32°	3 m 27.9°	1.75 m 29°
Profondeur		6.93	6.96	7.03	7.13	7.15	6.96	6.95	6.41	7.25	6.89
Température	mg/L	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	8.1	8.1	8.5	8.5	8.1
pH	NTU	30.04	30.04	29.1	24.7	29.3	40.05	41.7	59.8	46.6	40.5
Oxygène dissous	µS/cm	101.3	99.5	100.5	99.9	100.4	113	90.	145	187	180
Turbidité	g/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductivité											
Salinité											
Composés Azotés											
Nitrites	mg/L	0.009	0.016	0.015	0.026	0.026	0.058	0.015	0.006	0.012	0.074
Nitrates	mg/L	0.142	0.204	0.205	0.292	0.392	0.142	0.142	0.142	0.142	0.142
Ammonium	mg/L	0.070	0.072	0.059	0.060	0.065	0.045	0.05	0.12	0.13	0.012
Autres Polluants											
Carbonates	még/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonates	még/L	0.764	0.754	0.752	0.768	0.760	0.972	0.968	0.976	0.972	0.98
Chlore	még/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	11.124	8.652	8.502	12.77	12.20	9.476	7.416	9.064	7.004	9.064

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Atchakpa-Béri et à Kpassa en (mai 2002)

Paramètres	Unité	A. B	A. B	A. B	A. B	A. B	Kpas	Kpas	Kpas	Kpas	Kpas
Date		20/5	20/5	20/5	20/5	20/5	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4
Heure		2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002
Coordonnées	GMT	9h	9h10	9h25	9h50	10h3	8h15	8h45	9h10	9h30	10h
Geographiqu	°C										
N		8°00	8°00	8°01	8°02	8°00	9°17	9°17	9°17	9°17	9°17
E		01.0	10.	20	30	25	16.6	17.7	19.5	24	17.4
Physico		02°22	02°2	02°23	02°25	02°2	02°43	02°43	02°43	02°43	02°43
Chimie		38	58	01	55	45	48.7	53.3	59.8	87	96.5
Profondeur	m	2m	2.10	1.75m	2.5m	3m	2.15m	4 m	4.5 m	3.75	4.25
Température	°C	30°	30°	30°	30°	30°	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C
pH		6.16	6.22	6.40	6.47	6.43	6.66	7.01	6.85	6.76	7
Oxygène	mg/L	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Dissous											
Turbidité	NTU	25.9	43	81	325	57.9	05.2	07.5	05.4	07.5	05.3
Conductivité	µS/cm	100	100	103	98	105	69.2	68.6	70	69.2	69.2
Salinité		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Composés											
Azotés											
Nitrites	mg/L	0.005	0.12	0.132	0.083	0.08	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085
Nitrates	mg/L	0.204	0.39	0.392	0.392	0.39	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0.025	0.03	0.045	0.25	0.07	0.065	0.060	0.070	0.065	0.060
Autres											
Polluants											
Carbonates	még/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonate	még/L	1.192	1.19	1.184	1.188	1.18	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
Chlore	még/L	0.250	0.25	0.250	0.250	0.25	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	8.652	8.65	7.004	8.45	8.65	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Donga et à Bétérou en avril 2002

Paramètres	Unité	Donga 1	Donga 2	Bétérou1	Bétérou2	Pont Bét 1	Pont Bét 2
Coordonnées Géographiques	GMT	17/4 2002 11h	17/4 2002 11h10	17/4 2002 7h50	17/4 2002 8H10	17/4 2002 8H45	17/4 2002 9H10
Physico		09°45	09°45	09°12	09°12	09°12	09°12
Profondeur		13.2	12.9	15.1	15.1	15.1	15.1
Température		01°41	01°41	02°16	02°16	02°16	02°16
PH		21	21	6.4	6.4	6.4	6.4
Oxygène dissous		1.25	1	28°9	28°9	28°9	28°9
Turbidité		29°	29°	7.01	7.01	7.01	7.01
Conductivité	NTU µS/cm	8.16	8.16	8.5	8.5	8.5	8.5
		3.8	3.7	3.2	3.2	3.2	3.2
		203	204	88.1	86.5	89	891
Composés							
Nitrites	mg/L	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085
Nitrates	mg/L	trace	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0.025	0.022	0.020	0.020	0.020	0.020
Autres polluants							
Carbonates	még/L	00	00	00	00	00	00
Bicarbonates	még/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Chlore	még/L	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Tanéka-koko, à Térou et à Beffa en mai 2003

Paramètres	Unité	Taneka Koko1	Taneka Koko2	Taneka Koko3	Térou	Térou	Beffa	Beffa
Date		24/5 2003	24/5 2003	24/5 2003	26/5 2003	26/5 2003	28/5 2003	28/5 2003
Heure	GMT	8h30	8h45	9h10	9h30	9h40	9h	920
Coordonnées Géographiques	°C							
N		9°52' 27.2''	9°52' 27,3''	9°52' 27,4	9°15'94 2°18 06,8	9°15 94 2°18 06	9°11 94 2°18 06,8	8°11 94 2°18 06,8
E		1°30' 54''	1°31 14''	1°30 54,3				
Physico Chimie								
Profondeur	m	00	00	00	2,5 27°	2,85 27°	3.5 28°	3.5 28°
Température	°c	26°	26°	26°	6.8	6.8	6.9	6.9
PH		6,9	6,9	6,9	8.5	8.5	8.5	8.5
Oxygène dissous	mg/l	7.5	7.5	7.5				
Turbidité	NTU	2,1	1,6	1,8	2 .5 35	2.85 47	3.02 45	2.5 40
Conductivité	µS/cm	21,9	22,5	22,5				
Composés Azotés								
Nitrites	mg/L	.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Nitrates	mg/L	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace
Ammonium	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Autres polluants								
Carbonates	méq/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonates	méq/L	1,092	1,05	1,504	1,1	1,188	0,826	0,826
Chlore	méq/L	0,20	0,20	0,20	0,20	0,200	0,009	0,009
Phosphates	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfates	mg/L	8,652	8,652	8,004	6,450	6,450	8,596	8,596

Les caractéristiques physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés dans les différentes stations en septembre 2002 sont présentées dans les tableaux 6, 7, 8, 9 et 10

Tableau 6 : Paramètres physico-chimiques obtenus au niveau des stations de Houédo et de Bonou en septembre 2002

Paramètres	Unité	Houédo 1	Houédo 2	Houédo 3	Houédo 4	Houédo 5	Bonou	Bonou	Bonou 3	Bonou 4	Bonou 5
Date		15/9/2002	15/9/2002	15/9/2002	15/9/2002	15/9/2002	12/9/2002	12/9/2002	12/9/2002	12/9/2002	12/9/2002
Heure	GMT	8 h30	8h45	9h	9h20		9h02	9h15	9h35	10h	10h20
Coordonnée géographique											
N		06°28'48''	06°29'51.7''	06°30'01''	06°30'12.9''	9h45	06°55'52.9''	06°55'55.2''	06°55'52.9''	06°55'49.6''	06°55'30.7''
E		02°28'56''	02°23'46.4''	02°23'55.8''	02°23'58.3''	06°29'53.9''	02°25'49.7''	02°25'49.7''	02°25'49.7''	02°25'49.7''	02°26'02.8''
Physico-chim											
Profondeur		2m	2m	2m	2m	02°23'56''	5m	2,15m	1,75m	3,30m	0,5m
Température		24°8	24°8	25°7	25°6	56''	27°3	27°2	27°2	27°2	27°2
pH		6.88	6.84	6.94	7.12		6.65	6.83	6.83	6.98	7.02
Oxygène dissous	mg/L					2,25					
Turbidité	NTU	36,8	39,1	25	35	7.20	26,3	93,5	31,9	61,9	38,8
Conductivité	µS/cm	4,59	4,44	4,14	3,86		92,4	88	92,7	88,9	90,0
						14,6					
						4,35					
Azotés Composés											
Nitrite	mg/L	0,5540	0,5535	0,5530	0,5428	0,5450	0,1058	0,0574	0,0816	0,1276	0,0143
Nitrate	mg/L	trace	trace	trace	trace	trace	0,3923	0,3923	0,3923	<0,142	<0,142
Ammonium	mg/L	0,052	0,050	0,051	0,045	0,060	0,052	0,080	0,060	0,080	0,060
Autres polluants											
Carbonate											
Bicarbonate	még/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chlore	még/L	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	0,780	0,788	0,784	0,788	0,788
Phosphate	még/L	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	0,375	0,250	0,250	0,250	0,250
Sulfate	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	=1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	mg/L	10388	1038,5	1038,5	1038,2	1040	12,360	14,420	12,260	9,888	11,124

Tableau 7 : Paramètres physico-chimiques des stations de Lowé et Toué. Les prélèvements étant effectués en septembre 2002 ;

Paramètres	Unité	Lowé	Lowé	Lowé	Lowé	Lowé	Toué	Toué	Toué	Toué	Toué
Date		13/9 2002	13/9 2002	13/9 2002	13/9 2002	13/9 2002	18/9 2002	18/9 2002	18/9 2002	18/9 2002	18/9 2002
Heure	GMT	9h	9h15	9h30	9h50	10h15	8h45	9h50	10h10	9h	10h10
Coordonnées Géographiques											
N		06°39 38.1	06°39 43.6.1	06°39 49.5	06°39 61.2	06°38 25.3	07°12 77.7	07°12 29.4	07°12 35	07°12 05	07°12 35
E		02°28 45.3	02°28 51.4	02°28 58.5	02°28 61.3	02°28 30	02°67 98.2	02°17 08.5	02°17 12	02°17 01	02°17 25
Physico-chimie											
Profondeur	M	1 .30 m	1 .30 m	1 .80 m	2.50 m	2 m	2.50 m	2 m	2.50 m	3 m	1.75 m
Température	°C	27°	26.8°	26.5°	26.4°	27°	32°	30°	32°	27.9°	29°
pH		6.93	6.96	7.03	7.13	7.15	6.96	6.95	6.41	7.25	6.89
Oxygène dissou	mg/L	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	8.1	8.1	8.5	8.5	8.1
Turbidité	NTU	30.04	30.04	29.1	24.7	29.3	40.05	41.7	59.8	46.6.04	40.5
Conductivité	µS/cm	101.3	99.5	100.5	99.9	100.4	113	90.	145	187	180
Salinité	g/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Composés											
Azotés											
Nitrites	mg/L	0.0097	0.0166	0.0158	0.0261	0.0269	0.058	0.0158	0.0060	0.0127	0.074
Nitrates	mg/L	0.142	0.204	0.205	0.292	0.392	0.142	0.142	0.142	0.142	0.142
Ammonium	mg/L	0.070	0.072	0.059	0.060	0.065	0.045	0.05	0.12	0.13	0.012
Autres											
Polluants											
Carbonates	még/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonates	még/L	0.764	0.754	0.752	0.768	0.760	0.972	0.968	0.976	0.972	0.98
Chlore	még/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	11.124	8.652	8.502	12.772	12.20	9.476	7.416	9.064	7.004	9.064

Tableau 8 : Paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à Atchakpa-Béri et à Kpassa en Septembre 2002.

Paramètres	Unité	A. Bé	A. Bé	A. Bé	A. Bé	A. Bé	Kpas	Kpas	Kpas	Kpas	Kpas
Date		20/9	20/9	20/9	20/9	20/9	8/9	8/9	8/9	8/9	8/9
Heure		2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002
Coordonnées	GMT	9h	9h10	9h25	9h50	10h30	8h15	8h45	9h10	9h30	10h
Geographiques	°C										
N		8°00	8°00	8°01	8°02	8°00	9°17	9°17	9°17	9°17	9°17
		01.0	10.	20	30	25	16.6	17.7	19.5	24	17.4
E		02°22	02°22	02°23	02°25	02°22	02°43	02°43	02°43	02°43	02°43
		38	58	01	55	45	48.7	53.3	59.8	87	96.5
Physico											
Chimie											
Profondeur	m	2m	2.10m	1.75m	2.5m	3m	2.15m	4 m	4.5 m	3.75	4.25
Température	°C	30°	30°	30°	30°	30°	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C
pH		6.16	6.22	6.40	6.47	6.43	6.66	7.01	6.85	6.76	7
Oxygène	mg/L	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Dissous											
Turbidité	NTU	25.9	43	81	325	57.9	05.2	07.5	05.4	07.5	05.3
Conductivité	µS/cm	100	100	103	98	105	69.2	68.6	70	69.2	69.2
Salinité		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Composés											
Azotés											
Nitrites	mg/L	0.005	0.128	0.132	0.083	0.084	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085
Nitrates	mg/L	0.204	0.392	0.392	0.392	0.392	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0.025	0.035	0.045	0.25	0.070	0.065	0.060	0.070	0.065	0.060
Autres											
Polluants											
Carbonates	méq/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonates	méq/L	1.192	1.192	1.184	1.188	1.188	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
Chlore	méq/L	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	8.652	8.652	7.004	8.45	8.652	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59

Tableau 9 : Paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à Donga et à Bétérou
En septembre 2002.

Paramètres	Unité	Donga 1	Donga 2	Bétérou1	Bétérou2	Pont Bét 1	Pont Bét 2
Date		17/9	17/9	17/9	17/9	17/9	17/9
		2002	2002	2002	2002	2002	2002
Heure	GMT	11h	11h10	7h50	8H10	8H45	9H10
Coordonnées Géographiques							
N		09°45	09°45	09°12	09°12	09°12	09°12
E		13.2	12.9	15.1	15.1	15.1	15.1
		01°41	01°41	02°16	02°16	02°16	02°16
Physico Chimie		21	21	6.4	6.4	6.4	6.4
Profondeur							
Température		1.25	1	28°9	28°9	28°9	28°9
PH		29°	29°	7.01	7.01	7.01	7.01
Oxygène dissous		8.16	8.16	8.5	8.5	8.5	8.5
Turbidité		3.8	3.7	3.2	3.2	3.2	3.2
Conductivité	µS/cm	203	204	88.1	86.5	89	891
Composés Azotés							
Nitrites	mg/L	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085
Nitrates	mg/L	trace	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0.025	0.022	0.020	0.020	0.020	0.020
Autres polluants							
Carbonates	még/L	00	00	00	00	00	00
Bicarbonates	még/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Chlore	még/L	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5

Tableau 10 : Paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à Tanéka-koko, Térou et Beffa en septembre 2002.

Paramètres	Unité	Taneka Koko1	Taneka Koko2	Taneka Koko3	Térou	Térou	Beffa	Beffa
Date		25/9 2003	25/9 2003	25/9 2003	26/9 2003	26/9 2003	27/9 2003	27/9 2003
Heure	GMT	8h30	8h45	9h10	9h30	9h40	9h	920
Coordonnées Géographiques	°C							
N		9°52' 27.2''	9°52' 27,3''	9°52' 27,4	9°15'94 2°18 06,8	9°15 94 2°18 06	9°11 94 2°18 06,8	8°11 94 2°18 06,8
E		1°30' 54''	1°31' 14''	1°30' 54,3				
Physico Chimie					2,5	1,85	2.5	2.5
Profondeur	m	00	00	00	27°	27°	28°	28°
Température	°c	26°	26°	26°	6.8	6.8	6.9	6.9
PH		6,9	6,9	6,9	8	8.2	8.5	8.5
Oxygène dissous		7.5	7.2	7.3	2.5	2.85	3.02	2.5
Turbidité	NTU	2,1	1,6	1,8	39	49	55	45
Conductivité	µS/cm	25,9	29	27,5				
Composés Azotés								
Nitrites	mg/L	.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Nitrates	mg/L	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace
Ammonium	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Autres polluants								
Carbonates	méq/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonates	méq/L	1,092	1,05	1,504	1,1	1,188	0,826	0,826
Chlore	méq/L	0,20	0,20	0,20	0,20	0,200	0,009	0,009
Phosphates	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfates	mg/L	8,652	8,652	8,004	6,450	6,450	8,596	8,596

Tableau 11 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Houédo et à Bonou. Prélèvement du mois de mai 2003

Paramètres	Unité	Houé do 1	Houé do 2	Houé do 3	Houé do 4	Houé do 5	Bonou	Bonou	Bonou 3	Bonou 4	Bonou 5
Date		3/3 2003	3/3/ 2003	3/3/ 2003	3/3/ 2003	3/3/ 2003	10/5/ 2003	10/5 2003	10/5 2003	10/5 2003	10/5 2003
Heure	GMT	8 h30	8h45	9h	9h20		9h02	9h15	9h30	10h	10h10
Coordonnées géographiques									06°55		
N		06°28 48''	06°29 51.7''	06°30 01''	06°30 12.9''	9h45	06°55 52.9''	06°55 55.2''	52.9'' 02°25	06°55 49.6''	06°55 30.7''
E		02°28 56''	02°23 46.4''	02°23 55.8''	02°23 58.3''	06°29 .5'39.	02°25 98.7''	02°25 94''	93''	02°25 96.7''	02°26 02.8''
Physico-chimie									1,75m		
Profondeur		2m	2m	2m	2m	02°23	5m	2,15m	27°2	3,30m	0,5m
Température		24°8	24°8	25°7	25°6	56''	27°3	27°2	6.83	27°2	27°2
pH		6.88	6.84	6.94	7.12		6.65	6.83		6.98	7.02
Oxygène dissous	mg/L					2,25 25°9			31,9		
Turbidité	NTU	63	79,1	75	75	7.20	56,3	103,5	102,7	81,9	88,8
Conductivité	µS/cm	14,59	4,44	4,14	3,86	18,6 4,35	92,4	88		88,9	90.0
Azotés											
Composés											
Nitrite	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	0,10	0,05	0,06	0,1	0,01<0,1
Nitrate	mg/L	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0,052	0,050	0,051	0,045	0,060	0,052	0,080	0,060	0,080	0,010
Autres polluants											
Carbonate											
Bicarbonate	még/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chlore	még/L	1	1,6	1,6	1	1	0,52	0,570	0,56	0,56	0,6
Phosphate	még/L	5	5	8,88	8,88	8,88	0,375	0,250	0,250	0,250	0,250
Sulfate	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	=1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	mg/L	1020	1021,5	1030,5	1038,2	1040	11,360	12,420	11,260	9	10

Tableau 12 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Lowé et à Toué en (mai 2003)

Paramètres	Unité	Lowé	Lowé	Lowé	Lowé	Lowé	Toué	Toué	Toué	Toué	Toué
Date		5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/5	15/5	15/5	15/5	15/5
Heure	GMT	2003 9h	2003 9h15	2003 9h30	2003 9h50	2003 10h15	2003 8h45	2003 9h50	2003 10h10	2003 9h	2003 10h10
Coordonnées Géographiques											
N		06°39 38.1	06°39 43.6.1	06°39 49.5	06°39 61.2	06°38 25.3	07°12 77.7	07°12 29.4	07°12 35	07°12 05	07°12 35
E		02°28 45.3	02°28 51.4	02°28 58.5	02°28 61.3	02°28 30	02°67 98.2	02°17 08.5	02°17 12	02°17 01	02°17 25
Physico-chimie											
Profondeur	M	1 .30 m	1 .30 m	1 .80 m	2.50 m	2 m	2.50 m	2 m	2.50 m	3 m	1.75 m
Température	°C	27°	26.8°	26.5°	26.4°	27°	32°	30°	32°	27.9°	29°
pH		6.93	6.96	7.03	7.13	7.15	6.96	6.95	6.41	7.25	6.89
Oxygène dissou	mg/L	6.88	6.88	7.	7	8	8	8	8.2	8.1	8.1
Turbidité	NTU	30	30	29	24.	29	41	41	55	40	40.5
Conductivité	µS/cm	101.3	99.5	100.5	99.9	100.4	113	90.	145	187	180
Salinité	g/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Composés											
Azotés											
Nitrites	mg/L	0.0097	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00.14	0.0	0.00	0.0	0.
Nitrates	mg/L	0.142	0.204	0.205	0.292	0.392	0.045	0.142	0.142	0.142	0.142
Ammonium	mg/L	0.070	0.072	0.059	0.060	0.065		0.05	0.12	0.13	0.012
Autres											
Polluants											
Carbonates	még/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonates	még/L	0.7	0.7	0.72	0.78	0.70	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Chlore	még/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.2	0.2	0.2
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	7.004	<0.5
Sulfates	mg/L	11.1	8.6	8.2	12.	11.20	9	7	9.06		9.04

**Tableau 13 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à
Atchakpa-Béri et à Kpassa en (mai 2003)**

Paramètres	Unité	A. Bé	A. Bé	A. Bé	A. Bé	A. Bé	Kpas	Kpas	Kpas	Kpas	Kpas
Date		20/5	20/5	20/5	20/5	20/5	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4
Heure		2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003
Coordonnées Geographiques	GMT	9h	9h10	9h25	9h50	10h30	8h15	8h45	9h10	9h30	10h
N	°C	8°00	8°00	8°01	8°02	8°00	9°17	9°17	9°17	9°17	9°17
E		01.0	10.	20	30	25	16.6	17.7	19.5	24	17.4
		02°22	02°22	02°23	02°25	02°22	02°43	02°43	02°43	02°43	02°43
		38	58	01	55	45	48.7	53.3	59.8	87	96.5
Physico Chimie											
Profondeur	m	2m	2.10m	1.75m	2.5m	3m	2.15m	4 m	4.5 m	3.75	4.25
Température	°C	30°	30°	30°	30°	30°	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C
pH		6.16	6.22	6.40	6.47	6.43	6.66	7.01	6.85	6.76	7
Oxygène Dissous	mg/L	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Turbidité	NTU	25.9	43	81	325	57.9	05.2	07.5	05.4	07.5	05.3
Conductivité	µS/cm	100	100	103	98	105	69.2	68.6	70	69.2	69.2
Salinité		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Composés Azotés											
Nitrites	mg/L	0.05	0.12	0.1	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0
Nitrates	mg/L	0.20	0.42	0.4	0.3	0.392	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0.025	0.035	0.045	0.25	0.070	0.065	0.060	0.070	0.065	0.060
Autres Polluants											
Carbonates	méq/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonates	méq/L	1.1	1.1	1.84	1.18	1.1	0.82	0.8	0.86	0.86	0.86
Chlore	méq/L	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	8.652	8.652	7.004	8.45	8.652	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59

Tableau 14 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Donga et à Bétérou en avril 2003

Paramètres	Unité	Donga 1	Donga 2	Bétérou1	Bétérou2	Pont Bét 1	Pont Bét 2
Date		17/4	17/4	17/4	17/4	17/4	17/4
		2003	2003	2003	2003	2003	2003
Heure	GMT	11h	11h10	7h50	8H10	8H45	9H10
Coordonnées Géographiques							
N		09°45	09°45	09°12	09°12	09°12	09°12
		13.2	12.9	15.1	15.1	15.1	15.1
E		01°41	01°41	02°16	02°16	02°16	02°16
		21	21	6.4	6.4	6.4	6.4
Physico Chimie							
Profondeur		1.25	1	28°9	28°9	28°9	28°9
Température		29°	29°	7.01	7.01	7.01	7.01
PH							
Oxygène l		8.16	8.16	8.5	8.5	8.5	8.5
dissous							
Turbidité	NTU	3.8	3.7	3.2	3.2	3.2	3.2
Conductivité	µS/cm	203	204	88.1	86.5	89	891
Composés Azotés							
Nitrites	mg/L	0.0085	0	0.0	0.0	0.0	0.
Nitrates	mg/L	trace	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0.025	0.022	0.020	0.020	0.020	0.020
Autres polluant							
Carbonates	még/L	00	00	00	00	00	00
Bicarbonates	még/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Chlore	még/L	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5

Tableau 15 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Ouémé à Tanéka-koko, à Térou et à Beffa en mai 2003

Paramètres	Unité	Taneka Koko1	Taneka Koko2	Taneka Koko3	Térou	Térou	Beffa	Beffa
Date		23/5 2003	23/5 2003	23/5 2003	22/5 2003	22/5 2003	22/5 2003	22/5 2003
Heure	GMT	8h30	8h45	9h10	9h30	9h40	9h	920
Coordonnées Géographiques	°C							
N		9°52' 27.2''	9°52' 27.3''	9°52' 27.4	9°15'94 2°18 06,8	9°15 94 2°18 06	9°11 94 2°18 06,8	8°11 94 2°18 06,8
E		1°30' 54''	1°31' 14''	1°30' 54,3				
Physico Chimie					2,5	2,85	3.5	3.5
Profondeur	m	00	00	00	27°	27°	28°	28°
Température	°c	26°	26°	26°	6.8	6.8	6.9	6.9
PH		6,9	6,9	6,9	8.5	8.5	8.5	8.5
Oxygène dissous	mg/l	7.5	7.5	7.5				
Turbidité	NTU	2,1	1,6	1,8	2 .5 35	2.85 47,5	3.02 45	2.5 40
Conductivité	µS/cm	31,9	32,5	22,5				
Composés Azotés								
Nitrites	mg/L	.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Nitrates	mg/L	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace
Ammonium	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Autres polluants								
Carbonates	még/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonates	még/L	1,02	1,05	1,04	1,1	1,10	0,26	0,86
Chlore	még/L	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,09	0,09
Phosphates	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfates	mg/L	8,52	8,62	8,4	6,4	6,50	8,59	8,56

Les caractéristiques physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés dans les différentes stations en septembre 2002 sont présentées dans les tableaux 6, 7, 8, 9 et 10

Tableau 16 : Paramètres physico-chimiques obtenus au niveau des stations de Houédo et de Bonou en septembre 2003

Paramètres	Unité	Houédo 1	Houédo 2	Houédo 3	Houédo 4	Houédo 5	Bonou	Bonou	Bonou 3	Bonou 4	Bonou 5
Date		15/9/2003	15/9/2003	15/9/2003	15/9/2003	15/9/2003	12/9/2003	12/9/2003	12/9/2003	12/9/2003	12/9/2003
Heure	GMT	8 h30	8h45	9h	9h20		9h02	9h15	9h35	10h	10h20
Coordonnées géographiques											
N		06°28'48''	06°29'51.7''	06°30'01''	06°30'12.9''	9h45'06°29'52.9''	06°55'52.9''	06°55'55.2''	06°55'52.9''	06°55'49.6''	06°55'30.7''
E		02°28'56''	02°23'46.4''	02°23'55.8''	02°23'58.3''	.5°39'02°23'56''	02°25'98.7''	02°25'94''	02°25'93''	02°25'96.7''	02°26'02.8''
Physico-chimie											
Profondeur		3m	3,5m	2,5m	2m		5m	2,15m	1,75m	3,35m	0,5m
Température		24°8	24°8	25°7	25°6	3,5	27°3	27°2	27°2	27°2	27°2
pH		6.88	6.84	6.94	7.12	25°9'7.20	6.65	6.83	6.83	6.98	7.02
Oxygène dissous	mg/L										
Turbidité	NTU	36,8	39,1	25	35		26,3	93,5	31,9	61,9	38,8
Conductivité	µS/cm	4,59	4,44	4,14	3,86	14,6'4,35	92,4	88	92,7	88,9	90,0
Azotés Composés											
Nitrite	mg/L	0,53	0,5	0,56	0,42	0,45	0,10	0,05	0,08	0,12	0,01
Nitrate	mg/L	trace	trace	trace	trace	trace	0,323	0,33	0,33	<0,142	<0,1
Ammonium	mg/L	0,022	0,050	0,031	0,045	0,020	0,052	0,080	0,00	0,040	0,06
Autres polluants											
Carbonate	mécq/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonate	mécq/l	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	0,780	0,788	0,74	0,71	0,70
Chlore	mécq/l	8,85	7,83	8,80	8,83	8,88	0,35	0,25	0,20	0,250	0,20
Phosphate	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	=1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfate	mg/L	1030	1038	1035	1030	1043	12,30	14	12	9	11

Tableau 17 : Paramètres physico-chimiques des stations de Lowé et Toué. Les prélèvements étant effectués en septembre 2003 ;

Paramètres	Unité	Lowé	Lowé	Lowé	Lowé	Lowé	Toué	Toué	Toué	Toué	Toué
Date		13/9	13/9	13/9	13/9	13/9	18/9	18/9	18/9	18/9	18/9
Heure	GMT	2003 9h	2003 9h25	2003 9h30	2003 9h40	2003 10h15	2003 8h40	2003 9h50	2003 10h10	2003 9h	2003 10h10
Coordonnées Géographiques											
N		06°39 38.1	06°39 43.6.1	06°39 49.5	06°39 61.2	06°38 25.3	07°12 77.7	07°12 29.4	07°12 35	07°12 05	07°12 35
E		02°28 45.3	02°28 51.4	02°28 58.5	02°28 61.3	02°28 30	02°67 98.2	02°17 08.5	02°17 12	02°17 01	02°17 25
Physico-chimie											
Profondeur	M	1 .30 m	1 .30 m	1 .80 m	2.50 m	2 m	2.50 m	2 m	2.50 m	3 m	1.75 m
Température	°C	27°	26.8°	26.5°	26.4°	27°	32°	30°	32°	27.9°	29°
pH		6.93	7	7.03	7.13	7.15	76	7	6.5	7.23	6.8
Oxygène disso	mg/L	7.80	7.7	7.85	7.28	7.8	8.1	8.1	8.5	8.5	8.1
Turbidité	NTU	30	30.	29	24	29	40	41	59.8	46.04	40.5
Conductivité	µS/cm	105.3	99	100	99	100	115	95.	145	185	170
Salinité	g/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Composés											
Azotés											
Nitrites	mg/L	0.0097	0.01	0.01	0.02	0.0	0.	0.01	0.0	0.07	0.07
Nitrates	mg/L	0.14	0.24	0.25	0.29	0.30	0.13	0.142	0.14	0.14	0.10
Ammonium	mg/L	0.070	0.072	0.059	0.060	0.065	0.045	0.05	0.12	0.13	0.012
Autres											
Polluants											
Carbonates	még/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonates	még/L	0.764	0.74	0.75	0.78	0.76	0.97	0.98	0.96	0.92	0.90
Chlore	még/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	11.124	8.652	8.502	12.772	12.20	9.476	7.416	9.064	7.004	9.064

Tableau 18 : Paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à Atchakpa-Béri et à Kpassa en Septembre 2003.

Paramètres	Unité	A. Bé	A. Bé	A. Bé	A. Bé	A. Bé	Kpas	Kpas	Kpas	Kpas	Kpas
Date		19/9	19/9	19/9	19/9	19/9	8/9	8/9	8/9	8/9	8/9
Heure		2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003
Coordonnées	GMT	9h	9h10	9h25	9h50	10h30	8h15	8h45	9h10	9h30	10h
Geographiques	°C										
N		8°00	8°00	8°01	8°02	8°00	9°17	9°17	9°17	9°17	9°17
		01.0	10.	20	30	25	16.6	17.7	19.5	24	17.4
E		02°22	02°22	02°23	02°25	02°22	02°43	02°43	02°43	02°43	02°43
		38	58	01	55	45	48.7	53.3	59.8	87	96.5
Physico											
Chimie											
Profondeur	m	2m	2.10m	1.75m	2.5m	3m	2.15m	4 m	4.5 m	3.75	4.25
Température	°C	30°	30°	30°	30°	30°	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C
pH		6.16	6.22	6.40	6.47	6.43	6.66	7.01	6.85	6.76	7
Oxygène	mg/L	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Dissous											
Turbidité	NTU	25.9	43	81	325	57.9	05.2	07.5	05.4	07.5	05.3
Conductivité	µS/cm	100	100	103	98	105	69.2	68.6	70	69.2	69.2
Salinité		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Composés											
Azotés											
Nitrites	mg/L	0.005	0.1	0.1	0.083	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrates	mg/L	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0.025	0.035	0.045	0.25	0.070	0.065	0.060	0.070	0.065	0.060
Autres											
Polluants											
Carbonates	méq/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonates	méq/L	1.12	1.12	1.18	1.18	1.18	0.82	0.82	0.86	0.86	0.86
Chlore	méq/L	0.20	0.20	0.23	0.24	0.250	0.0	0.0	0.0	0.0	0.009
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	8.52	8.25	7.04	8.42	8.62	13.9	13.50	12.59	12.59	13.

Tableau 19 : Paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à Donga et à Bétérou
En septembre 2003.

Paramètres	Unité	Donga 1	Donga 2	Bétérou1	Bétérou2	Pont Bét 1	Pont Bét 2
Date		17/9	17/9	17/9	17/9	17/9	17/9
		2003	2003	2003	2003	2003	2003
Heure	GMT	11h	11h10	7h50	8H10	8H45	9H10
Coordonnées Géographiques							
N		09°45	09°45	09°12	09°12	09°12	09°12
		13.2	12.9	15.1	15.1	15.1	15.1
E		01°41	01°41	02°16	02°16	02°16	02°16
Physico Chimie		21	21	6.4	6.4	6.4	6.4
Profondeur		1.	1	1.35	1.25	1.5	1.75
Température		29°	29°	28°9	28°9	28°9	28°9
PH							
Oxygène dissous		8.16	8.16	7.01	7.01	7.01	7.01
Turbidité		3.8	3.7	3.2	8.5	8.5	8.5
Conductivité	µS/cm	203	204	305	286.5	290	291
Composés Azotés							
Nitrites	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0
Nitrates	mg/L	trace	trace	trace	trace	trace	trace
Ammonium	mg/L	0.05	0.02	0.020	0.022	0.021	0.025
Autres polluan							
Carbonates	még/L	00	00	00	00	00	00
Bicarbonates	még/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Chlore	még/L	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Phosphates	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sulfates	mg/L	12	11	11.5	13.5	10.5	11.5

Tableau 20 : Paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à Tanéka-koko, Térou et Beffa en septembre 2003.

Paramètres	Unité	Taneka Koko1	Taneka Koko2	Taneka Koko3	Térou	Térou	Beffa	Beffa
Date		25/9 2003	25/9 2003	25/9 2003	26/9 2003	26/9 2003	27/9 2003	27/9 2003
Heure	GMT	8h30	8h45	9h10	9h30	9h40	9h	920
Coordonnées Géographiques	°C							
N		9°52' 27.2''	9°52' 27,3''	9°52' 27,4	9°15'94 2°18 06,8	9°15 94 2°18 06	9°11 94 2°18 06,8	8°11 94 2°18 06,8
E		1°30' 54''	1°31 14''	1°30 54,3				
Physico Chimie					2,75	3,05	3.25	3.15
Profondeur	m	00	00	00	27°	27°	28°	28°
Température	°c	26°	26°	26°	6.8	6.8	6.9	6.9
PH		6,9	6,9	6,9	8.5	8.5	8.5	8.5
Oxygène dissous		7.5	7.5	7.5				
Turbidité	NTU	2,1	1,6	1,8	2.5	2.85	3.02	2.5
Conductivité	µS/cm	21,9	22,5	22,5	35	47	45	40
Composés Azotés								
Nitrites	mg/L	.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Nitrates	mg/L	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace
Ammonium	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Autres polluants								
Carbonates	méq/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonates	méq/L	1,092	1,05	1,504	1,1	1,188	0,826	0,826
Chlore	méq/L	0,20	0,20	0,20	0,20	0,200	0,009	0,009
Phosphates	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfates	mg/L	8,652	8,652	8,004	6,450	6,450	8,596	8,596

Annexe 3

Taux de Carbone et d'azote contenus dans les sédiments du fleuve Ouémé

Noms échantillon	abbreviation	%N	%C	C/N-ratio	% S.D. N	% S.D.C	VariableN	VariableC
Taneka1	Ta1	0.205	2.63	12.82927				
Taneka2	Ta2	0.212	2.663	12.56132				
Donga 1	D1	0.184	2.516	13.67391				
Donga 2	D2	0.075	1.099	14.65333				
Beterou1	Bet1	0.04	0.452	11.3				
Beterou2	Bet2	0.008	0.065	8.125				
Pbeterou1	PBet1	0.016	0.157	9.8125				
PBeterou2	PBet2	0.047	0.687	14.61702				
Terou1	Ter1	0.033	0.508	15.39394	2.594	1.479	7.345	5.658
Terou2	Ter2	0.035	0.508	14.51429	2.55	1.5	7.34	5.65
Kpassa1	Kp1	1.074	10.019	9.328678				
Kpassa2	Kp2	0.266	3.404	12.79699				
Kpassa3	Kp3	0.266	3.387	12.73308	4.299	5.749		3.792
Kpassa4	Kp4	0.032	0.496	15.5	3.943	0.236	1.599	1.381
Beffa1	Bef1	0.0853	1.167	13.68113	2.007	4.99		
Beffa2	bef2	0.0852	1.222	14.34272				
Atch-Beri1	AB1	0.24	2.94	12.25				
Atch-Beri2	AB2	0.122	1.523	12.48361				
Atch-Beri3	AB3	0.027	0.486	18				
Atch-Beri4	AB4	0.054	0.746	13.81481				
Atch-Beri5	AB5	0.065	0.741	11.4				
Atch-Beri6	AB6	0.279	3.507	12.56989				
Toue1	T1	0.129	1.641	12.72093				
Toue2	T2	0.336	4.284	12.75				
Toue3	T3	0.048	0.436	9.083333				
Toue4	T4	0.099	1.32	13.33333				
Bonou1	B1	0.181	1.824	10.07735	0.326	0.669	3.502	1.494
Bonou1-2	B2	0.198	2.747	13.87374	1.198	0.169	5.64	2.157
Bonou3-2	B3	0.149	2.312	15.51678				
Bonou4-2	B4	0.052	0.55	10.57692				
Lowe1	L1	0.208	2.801	13.46635				
Lowe2	L2	0.157	2.494	15.88535				
Lowe3	L3	0.076	0.898	11.81579				
Lowe4	L4	0.055	0.643	11.69091				
Tariere.39	tar.39	0.0263	0.369	14.03042	4.618	1.022	1.478	1.431
Tariere.75	tar.75	0.0272	0.335	12.31618				
Tariere1.05	tar1.05	0.0257	0.296	11.51751				
Houedo	H	0.153	2.538	16.58824				

Annexe 4

Taux de matière organique (LOI) contenu dans les sédiments du fleuve Ouémé.

nombre	Poids creuset	Numéro échantillon	Poids échantil	Poids (vreuset + échantillon)		LOI (%)	Moy. LOI (%)	CV (%)
				100degree	500degree			
1	13.818	B1	2.0535	15.87	15.707	8.08	8.06	0.49
2	14.377	B1	2.1175	16.493	16.326	8.03		
3	13.563	B1-2	2.7995	16.361	16.162	7.22	6.98	4.84
4	13.831	B1-2	2.6565	16.486	16.31	6.74		
5	14.204	B3	2.9185	17.121	16.932	6.58	6.72	2.88
6	13.561	B3	2.7145	16.274	16.091	6.85		
7	13.362	B3-2	3.7415	17.102	16.924	4.84	4.78	1.58
8	14.539	B3-2	3.6145	18.152	17.984	4.73		
9	13.721	B4	3.0485	16.768	16.522	8.17	8.19	0.38
10	13.809	B4	2.7765	16.584	16.359	8.21		
11	13.663	B4-2	4.2705	17.932	17.816	2.79	2.78	0.10
12	14.049	B4-2	4.7795	18.827	18.697	2.78		
13	14.391	B5	4.2125	18.602	18.534	1.69	1.69	0.20
14	14.322	B5	3.4315	17.752	17.697	1.69		
15	13.931	So1	1.6605	15.59	15.363	13.85	14.03	1.78
16	13.402	So1	1.4995	14.9	14.69	14.20		
17	13.564	So2	1.9745	15.537	15.369	8.66	8.83	2.73
18	13.296	So2	1.4665	14.761	14.632	9.00		
19	13.909	So3	1.6635	15.571	15.432	8.54	8.31	3.84
20	13.964	So3	1.5585	15.521	15.398	8.08		
21	13.222	So4	0.8465	14.067	13.956	13.47	13.32	1.61
22	14.053	So4	0.5925	14.644	14.569	13.16		
23	14.014	S05	1.0355	15.048	14.93	11.69	11.47	2.71
24	14.129	S05	1.0315	15.159	15.046	11.25		
25	14.04	T1	2.0175	16.056	15.955	5.15	5.23	1.92
26	13.709	T1	2.5865	16.294	16.16	5.30		
27	13.708	T2	2.0525	15.759	15.514	12.08	12.12	0.42
28	13.961	T2	2.0485	16.008	15.762	12.16		
29	14.626	T2-2	3.1375	17.762	17.646	3.79	3.83	1.46
30	14.122	T2-2	3.8225	17.943	17.798	3.87		
31	14.048	T4-2	3.4585	17.505	17.33	5.15	5.07	2.08
32	13.802	T4-2	3.0615	16.862	16.712	5.00		
33	14.225	T5	1.8155	16.039	15.808	12.89	12.92	0.32
34	13.914	T5	1.3285	15.241	15.072	12.95		
35	14.353	T3	4.2795	18.631	18.511	2.87	2.97	4.35
36	13.7	T3	3.5005	17.199	17.095	3.06		
37	12.315	L1	3.7385	16.052	16.033	0.59	0.39	72.19
38	13.844	L1	2.6215	16.464	16.462	0.19		
39	13.138	L2	2.9695	16.106	16.091	0.61	0.56	12.86
40	13.866	L2	2.7715	16.636	16.625	0.51		
41	14.048	L3	3.1895	17.236	17.167	2.26	2.17	5.95
42	13.623	L3	3.1805	16.802	16.739	2.08		
43	14.63	L4	1.7755	16.404	16.352	3.10	3.06	1.65
44	14.675	L4	1.9165	16.59	16.535	3.03		
45	13.401	AB1	2.1345	15.534	15.368	7.92	7.96	0.84
46	14.042	AB1	2.0345	16.075	15.915	8.01		
47	14.204	AB2	3.3015	17.504	17.327	5.45	5.45	0.06

48	13.618	AB2	2.9005	16.517	16.362	5.45		
49	13.734	AB3	3.2355	16.968	16.902	2.13	2.12	0.83
50	14.233	AB3	3.4635	17.695	17.625	2.11		
51	13.758	AB4	2.9775	16.734	16.596	4.74	4.73	0.21
52	13.718	AB4	3.0075	16.724	16.585	4.72		
53	15.462	AB5	3.1355	18.596	18.479	3.83	3.84	0.65
54	13.904	AB5	2.6665	16.569	16.469	3.86		
55	14.206	AB6	2.0585	16.263	16.08	9.04	9.16	1.92
56	13.61	AB6	2.0465	15.655	15.468	9.28		
57	13.8	Teroul	2.46			2.46	188.89	8.32
58	13.657	Treou2	2.242			2.42		
59	14.343	Beffa1	0.761			0.761	-299.92	-141.49
60	13.759	Beffa2	0.675			0.675		
61	11.724	Kp1	0.2465	11.969	11.908	25.96	25.44	2.89
62	11.526	Kp1	0.1605	11.685	11.648	24.92		
63	10.968	Kp2	1.2315	12.198	12.066	10.96	10.65	4.15
64	10.747	Kp2	1.1995	11.945	11.824	10.34		
65	11.771	Kp3	1.0835	12.853	12.747	10.06	9.95	1.59
66	11.569	Kp3	1.1895	12.757	12.643	9.84		
67	11.927	Kp4	1.3875	13.313	13.279	2.67	2.60	3.52
68	10.941	Kp4	1.5765	12.516	12.479	2.54		
69	11.276	Bet1	1.9675	13.242	13.181	3.25	3.16	4.23
70	11.434	Bet1	2.3825	13.815	13.745	3.06		
71	10.794	Bet2	2.5095	13.302	13.302	0.12	0.35	92.97
72	10.825	Bet2	2.4205	13.244	13.233	0.58		
73	11.097	PBet1	1.7285	12.824	12.799	1.62	1.55	6.38
74	11.628	PBet1	1.6215	13.248	13.227	1.48		
75	11.584	PBet2	2.3915	13.974	13.915	2.59	2.63	1.82
76	10.779	PBet2	1.8795	12.657	12.61	2.66		
77	11.031	Ta1	1.8845	12.914	12.887	1.59	1.54	4.37
78	10.853	Ta1	1.7375	12.589	12.566	1.50		
79	11.271	Ta2	1.7535	13.023	12.981	2.57	2.63	3.64
80	10.922	Ta2	1.4435	12.364	12.328	2.70		
81	11.463	D1	1.1795	12.641	12.541	8.73	8.67	0.98
82	11.119	D1	1.2075	12.325	12.224	8.61		
83	11.331	D2	1.3985	12.728	12.608	8.80	9.01	3.42
84	11.415	D2	1.1375	12.551	12.449	9.23		
85	11.907	Blank	0.0025	11.908	11.908	120.00	160.00	35.36
86	11.559	Blank	0.0015	11.559	11.559	200.00		
87	11.136	Blank	0.0005	11.135	11.136	400.00	240.00	94.28
88	11.694	Blank	0.0025	11.695	11.696	80.00		
89	11.467	Blank	0.0035	11.469	11.467	142.86	171.43	23.57
90	11.806	Blank	0.0015	11.806	11.806	200.00		

LISTE DES CARTES

Pages

Carte 1 : La bassin versant du fleuve Ouémé et les différentes stations de Prélèvement.....	11
Carte 2 : Le lac Nokoué et les différentes stations de prélèvement.....	21
Carte 3 : Distribution des résidus de pesticides dans les sédiments de l'Ouémé.....	105
Carte 4 : Distribution des résidus de pesticides dans les sédiments du lac Nokoué...	115
Carte 5 : Distribution des résidus de pesticides dans les poissons.....	135

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Quantité de pesticides utilisés pour la culture de coton de 1990 à 2000.....	4
Figure 2 : Teneur en carbone des sédiments du fleuve Ouémé.....	83
Figure 3 : Teneur en matière organique des sédiments du fleuve Ouémé.....	84
Figure 4: Proportion entre le carbone et l'azote des sédiments du fleuve Ouémé	84
Figure 5: Corrélation entre le taux de carbone et le taux de matière organique.....	85
Figure 6 : Teneur en carbone contenu dans les sédiments du lac Nokoué.....	87
Figure 7: Teneur en matière organique dans les sédiments du lac Nokoué.....	87
Figure 8: Proportion entre le carbone et l'azote des sédiments du lac Nokoué.....	88
Figure 9: Corrélation entre le taux de carbone et le taux de matière organique.....	89
Figure 10: Un exemple de chromatogramme dans les sédiments à Atchakpa-Béri.....	90
Figure 11: Concentration de pp'-DDE dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	95
Figure 12 : Concentration de op'-DDD dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	96
Figure 13 : Concentration de pp'-DDD dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	97
Figure 14 : Concentration de op'-DDT dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	97
Figure 15 : Concentration de pp'-DDT dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	98
Figure 16 : Concentration de α -endosulfan dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	98
Figure 17 : Concentration Σ -endosulfan dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	99
Figure 18 : Concentration de Σ -drins dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	100
Figure 19 : Concentration de Σ -DDT dans les sédiments du fleuve Ouémé.....	104
Figure 20 : Concentration des résidus de pesticides dans le <i>Schilbe intermedius</i>	124
Figure 21 : Concentration des résidus de pesticides dans <i>Clarias gariepinus</i>	126
Figure 22 : Concentration des résidus de pesticides dans <i>Oreochromis niloticus</i>	127

Figure 23 : Concentration des résidus de pesticides dans le <i>Tilapia guineensis</i> pêché à Atchakpa- Béri.....	129
Figure 24 : Concentration des résidus de pesticides dans le <i>Chrysichthys auratus</i>	130
Figure 25 : Concentration des résidus de pesticides dans l' <i>Elops lacerta</i> pêché dans le lac Nokoué.....	137
Figure 26 : Concentration des résidus de pesticides dans l' <i>Ethmalosa fimbriata</i> pêché dans le lac Nokoué.....	138
Figure 27 : Concentration des résidus de pesticides dans l' <i>Hemichromis fasciata</i> pêché dans le lac Nokoué.....	139
Figure 28 : Concentration des résidus de pesticides dans le <i>Pomadasys jubelini</i> pêché dans le lac Nokoué.....	141
Figure 29 : Concentration des résidus de pesticides dans tous les poissons pêchés dans le lac Nokoué.....	142
Figure 30 : Concentration des résidus de pesticides dans le <i>Callinectes sp</i> pêché dans le lac Nokoué.....	150
Figure 31 : Concentration des résidus de pesticides dans le <i>Penaeus notialis</i> pêché dans le lac Nokoué.....	151
Figure 32 : Concentration des résidus de pesticides dans l' <i>Ostrea sp</i> pêché dans le lac Nokoué.....	151
Figure 33 : Concentration des résidus de pesticides dans le <i>Solanum macrocarpum</i> prélevé dans les plaines inondables de Lowé	154
Figure 34 : Le déplacement unidirectionnel des eaux du fleuve, transport de polluants et Contamination.....	156

LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

Planche photographique 1: Les cultures de maïs et de piment situé au bord du fleuve à Lowé.....	45
Planche photographique 2 : Bouteille de prélèvement d'eau.....	56
Planche photographique 3 : Benne pour le prélèvement de sédiment.....	57
Planche photographique 4 : Un acadja formé de bois envahit par des végétations flottantes.....	58
Planche photographique 5 : Un whédo installé dans les plaines inondables de Lowé.....	59
Planche photographique 6 : <i>Schilbe intermedius</i>	124

Planche photographique 7 : <i>Clarias gariepinus</i>	125
Planche photographique 8 : <i>Oreochromis niloticus</i>	127
Planche photographique 9 : <i>Tilapia guineensis</i>	129
Planche photographique 10 : <i>Chrysichthys auratus</i>	130
Planche photographique 11 : <i>Elops lacerta</i>	137
Planche photographique 12 : <i>Ethmalosa fimbriata</i>	138
Planche photographique 13 : <i>Hemichromis fasciatus</i>	139
Planche photographique 14 : <i>Pamadasys jubelini</i>	140
Planche photographique 15 : <i>Callinectes sp</i> collecté dans le lac Nokoué.....	150
Planche photographique 16 : <i>Penaeus notialis</i> collecté dans le lac Nokoué	151
Planche photographique 17 : <i>Ostrea spp</i> collecté dans le lac Nokoué.....	152
Planche photographique 18 : <i>Solanum macrocarpum</i> collecté dans les plaines inondables de Lowé.....	152

LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1 : Relation entre les pesticides utilisés, les risques sur la santé humaine et les impacts environnementaux.....	9
Schéma 2 : Circuit de distribution des poissons.....	17
Schéma 3 : Représentation graphique des pesticides des sédiments du fleuve Ouémé dans le premier plan factoriel.....	109
Schéma 4 : Représentation graphique des sites du fleuve dans le premier plan factoriel.....	110
Schéma 5 : Représentation graphique des pesticides du lac Nokoué dans le premier plan factoriel	116
Schéma 6 : Représentation graphique des sites du lac dans le premier plan.....	117
Schéma 7 : Représentation graphique des pesticides du lac Nokoué dans le premier Plan factoriel.....	143
Schéma 8 : Représentation graphique des pesticides des poissons dans le premier plan factoriel du lac Nokoué.....	144

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Cas d'empoisonnements enregistrés au Bénin par l'OBEPAB	6
Tableau 2 : Les quantités de poissons pêchés par an et par espèce.....	16
Tableau 3 : Propriétés physico-chimiques de quelques pesticides organochlorés et les doses journalières admissibles fixées par le comité mixte FAO/OMS ...	37
Tableau 4 : Pesticides utilisés dans certains pays du monde.....	38
Tableau 5 : Liste des pesticides pyréthroides vulgarisés au Bénin.....	41
Tableau 6: Liste des organophosphorés acaricides utilisés au Bénin.....	41
Tableau 7: Les binaires acaricides à faible dose	42
Tableau 8: Les binaires acaricides à forte dose	42
Tableau 9: Liste des organophosphorés aphicides.....	42
Tableau 10: Liste des binaires aphicides	43
Tableau 11: Nouvelle formulation pour la culture de coton de 1999 à 2000).....	43
Tableau 12: Zones de prélèvement, coordonnées géographiques et les principales cultures effectuées au niveau de chaque zone.....	55
Tableau 13 : Les sites de prélèvement au niveau du lac Nokoué.....	56
Tableau 14 : Comparaison de 11 sites de prélèvement pour les paramètres mesurés dans l'eau en mai 2002.....	75
Tableau 15 : Comparaison de 11 sites de prélèvement pour les paramètres mesurés dans l'eau en septembre 2002.....	76
Tableau 16 : Comparaison de 11 sites de prélèvement pour les paramètres mesurés dans l'eau en mai 2003.....	77
Tableau 17 : Comparaison de 11 sites de prélèvement pour les paramètres mesurés dans l'eau en septembre 2003.....	78
Tableau 18 : Comparaison de deux périodes pour la variable turbidité au niveau de chaque site de prélèvement.....	79
Tableau 19 : Mesure des paramètres physico-chimiques du lac Nokoué.....	80
Tableau 20 : Texture des sédiments prélevés le long du fleuve Ouémé.....	82
Tableau 21 : Caractéristiques des sédiments collectés dans le lac Nokoué.....	86
Tableau 22 : Les résidus de pesticides identifiés, quantifiés et comparés aux normes nationales et internationales	92
Tableau 23 : les résidus de pesticides identifiés dans les sédiments prélevés le long du fleuve Ouémé.....	93

Tableau 24 : Comparaison de 11 zones de prélèvement pour chaque pesticide dosé dans les sédiments.....	107
Tableau 25 : Les résidus de pesticide dans le lac Nokoué.....	112
Tableau 26 : Les analyses statistiques sur les résultats des résidus du lac Nokoué...	117
Tableau 27 Les pesticides identifiés à différentes strates (0-10, 39, 75 et 105 cm)...	120
Tableau 28 : Les poissons prélevées dans le fleuve Ouémé et les quantités de lipide contenues dans chaque espèce.....	121
Tableau 29 : Les différentes espèces de poissons prélevées dans le lac Nokoué.....	122
Tableau 30 : Les concentrations des résidus de pesticide identifiés dans les poissons prélevés dans le fleuve Ouémé.....	123
Tableau 31 : Estimation des risques liés à la consommation des poissons du fleuve Ouémé et les doses journalières admissibles.....	132
Tableau 32 a : Résultat de Cluster sur les pesticides dosés dans les poissons.....	133
Tableau 32 b : Résultat de Cluster sur les poissons du fleuve Ouémé.....	134
Tableau 33 : Concentration des résidus de pesticides dans les poissons prélevés dans le lac Nokoué.....	136
Tableau 34 : Le résultat de Cluster sur les poissons du lac Nokoué.....	145
Tableau 35 : Concentration des résidus de pesticides dans les poissons traités.....	146
Tableau 36 : Concentration et comparaison des résidus de pesticides dans les poissons prélevés dans les Acadjas et dans les Whédos.....	148
Tableau 37 : Concentration des résidus de pesticides dans les invertébrés.....	149
Tableau 38 : Recherche des résidus de pesticides dans les produits maraîchers et autres espèces collectées dans les plaines inondables du fleuve à Lowé....	154

TABLE DES MATIERES	Pages
Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Sommaire.....	v
Liste des sigles et acronymes.....	vi
Résumé.....	vii
Abstract.....	ix
Introduction générale.....	1
Première partie : Présentation du cadre théorique et revue de la littérature.....	3
1-1-1 Présentation du cadre théorique.....	4
1-1-1-1 Intérêt du sujet.....	4
1-1 1-1-2 Problématique.....	5
1-1 1-1-3 Objectifs.....	8
1-1 1-1-3-1 Objectif général.....	8
1-1 1-1-3-2 Les objectifs spécifiques.....	8
1-1 1-1-4 Hypothèse de recherche.....	8
1-1 1-1-5 Cadre conceptuel.....	8
1-1 1-1-6 Zone d'étude.....	10
1-1 1-1-6-1 Le bassin versant du fleuve Ouémé.....	11
1-1 1-1-6-1-1 Le bassin supérieur.....	12
1-1 1-1-6-1-2 Le bassin inférieur et le delta de l'Ouémé.....	14
1-1 1-1-6-1-3 Relevé floristique par station.....	15
1-1 1-1-6-1-4 Les pêcheurs et les activités de pêche le long du fleuve.....	16
1-1 1-1-6-1-5 Les engins et techniques de pêche.....	17
1-1 1-1-6-2 Le lac Nokoué.....	19
1-1 1-1-6-2-1 Le régime hydrologique du lac Nokoué.....	19
1-1 1-1-6-2-2 La pression démographique autour du lac Nokoué.....	19
1-1 1-1-6-2-3 Les activités agricoles autour du lac Nokoué.....	20
1-1 1-1-6-2-4 La végétation.....	20
1-1-2 la revue de la littérature.....	22
1-1-2-1 Les grandes familles des pesticides.....	22
1-1-2-2 Dénomination des pesticides.....	22
1-1-2-3 Les pesticides organochlorés.....	23

1-1-2-3-1 Le DDT.....	24
1-1-2-3-1-1 Le DDE.....	26
1-1-2-3-1-2 Le DDD.....	27
1-1-2-3-2 Le lindane.....	27
1-1-2-3-3 L'aldrine	29
1-1-2-3-4 La dieldrine.....	30
1-1-2-3-5 L'endrine.....	31
1-1-2-3-6 L'heptachlore.....	32
1-1-2-3-7 L'hexachlorobenzène.....	33
1-1-2-4- Les autres pesticides.....	34
1-1-2-4-1 Les cyclodienes.....	34
1-1-2-4-1-1 L'endosulfan.....	34
1-1-2-4-1-2 L'hexachlorobutadiène.....	35
1-1-2-4-1-3 Les organophosphorés.....	36
1-1-2-4-1-4 Les carbamates.....	36
1-1-2-4-1-5 Les pyréthrinoïdes.....	36
1-1-1-2-5 Propriétés physio-chimiques des pesticides.....	36
1-1-1-2-6 Quantités de pesticides utilisés dans certains pays du monde.....	38
1-1-1-2-7 Les pesticides utilisés dans certains pays africains.....	39
1-1-1-2-8 Les pesticides au Bénin : évolution.....	39
1-1-1-2-9 Les risques liés à la mauvaise utilisation des pesticides au Bénin.....	44
1-1-1-2-10 Les coûts liés à l'utilisation des pesticides.....	45
1-1-1-2-10-1 Coûts directs.....	46
1-1-1-2-10-2 Coûts indirectes.....	46
1-1-1-2-11 Les pesticides et leur conséquences pour l'environnement.....	47
Deuxième partie : Méthodologie.....	51
2 Méthode d'étude.....	52
2-1 Collecte des informations.....	52
2-2 Les enquêtes de terrain.....	52
2-3 Les observations libres.....	53
2-4 Les analyses de laboratoire.....	53
Echantillonnage.....	53
2-5-1 Choix des stations.....	53

2-5-2 Prélèvement de l'eau.....	56
2-5-3 Prélèvement de sédiment.....	57
2-5-4 Prélèvement des poissons.....	58
2-5-5 Prélèvement des invertébrés.....	60
2-5-6 Prélèvement de produits maraîchers et autres espèces végétales.....	60
2-6 Les analyses de laboratoire.....	61
2-6-1 Dosage des propriétés physico-chimiques de l'eau.....	61
2-6-1-1 Les protocoles de dosage des propriétés physico-chimiques de l'eau.....	64
2-6-2 Caractéristiques des sédiments.....	64
2-6-2-1 Les protocoles de dosage.....	64
2-6-3 Les protocoles d'extraction des résidus de pesticides dans l'eau et les plantes..	65
2-6-4 Les protocoles d'extraction des résidus de pesticides dans les sédiments.....	65
2-6-5 Les protocoles d'extraction des lipides et résidus de pesticides dans les poissons et dans les invertébrés.....	66
2-6-6 Protocoles d'analyse chromatographique (GC-ECD) et (GC-MS).....	66
2-6-6-1 GC-ECD et GC-MS des sédiments.....	67
2-6-6-2 GC-ECD de l'eau.....	67
2-7 Les analyses statistiques.....	68
Troisième partie : Résultats et discussions.....	69
3-1 Résultat des enquêtes de terrain.....	70
3-2 Résultat de l'analyse de l'eau.....	72
3-2-1 Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau du fleuve Ouémé.....	73
3-2-1-1 Analyse statistique des résultats de l'eau du fleuve Ouémé.....	79
3-2-2 Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac Nokoué.....	80
3-2-3 Les résidus de pesticide dans l'eau.....	81
3-3 Résultat de l'analyse des sédiments du fleuve Ouémé.....	81
3-3-1 Texture des sédiments du fleuve Ouémé.....	81
3-3-2 Teneur en matière organique, en carbone, en azote.....	82
3-3-1-1 Teneur en carbone.....	83
3-3-1-2 Teneur en matière organique.....	84
3-3-1-3 Proportion entre l'azote et le carbone.....	84
3-3-1-4 Corrélation entre taux de matière organique et taux de carbone.....	85
3-4 Analyse des sédiments du lac Nokoué.....	86

3-4-1 Texture des sédiments du lac Nokoué.....	86
3-4-2 Teneur en matière organique, en carbone, en azote Nokoué	87
3-4-2-1 Teneur en carbone.....	87
3-4-2-2 Teneur en matière organique des sédiments du lac Nokoué	87
3-4-2-3 Proportion entre l'azote et le carbone des sédiments du lac Nokoué	88
3-4-2-4 Corrélation entre taux de matière organique et taux de carbone du lac Nokoué..	89
3-5 Un exemple de chromatogramme obtenu après GC-ECD.....	90
3-6 Les résidus de pesticides identifiés dans les sédiments	91
3-6-1 Cas du fleuve Ouémé.....	91
3-6-1-1 Comparaison des résultats par ANOVA et le test de Newman et Keuls.....	106
3-6-1-2 Analyse en composante principale et classification de Cluster.....	109
3-6-2 Cas du lac Nokoué.....	112
3-6-2-1 Analyse statistique des sédiments du lac Nokoué.....	116
3-6-3 Les résidus de pesticides des sédiments prélevés à 39, 75 et 105 cm de profondeur.....	118
3-7 Les poissons collectés et analysés au niveau du fleuve Ouémé.....	121
3-7-1 Les résidus de pesticides identifiés dans les poissons du fleuve.....	123
3-7-1-1 Les concentrations des résidus de pesticides dans les poissons du fleuve.....	124
3-7-1-2 Analyse statistique des résultats des pesticides identifiés dans les poissons.....	133
3-7-2 Les résidus de pesticides dans les poissons collectés dans le lac Nokoué.....	136
3-7-2-1 Les résultats de l'ACP et de Cluster sur les poissons du lac Nokoué.....	143
3-8 Les résidus de pesticides dans les poissons traités.....	145
3-9 Comparaison des résidus de pesticides dans les poissons pêchés dans les Acadjas et ceux pêchés dans les Whédos.....	146
3-10 Les résidus de pesticides dans les invertébrés.....	148
3-10-1 Cas du fleuve Ouémé.....	148
3-10-2 Cas du lac Nokoué.....	149
3-11 Les résidus de pesticides dans les produits maraîchers et autres espèces végétales collectés dans les plaines inondables de Lowé.....	152
3-12 Mécanisme et impact des pollutions observées.....	155
3-12-1 Mécanisme de pollution du fleuve Ouémé.....	155
3-12-2 Les impacts négatifs des pesticides sur le fleuve Ouémé.....	157
3-12-2-1 Les risques pour la santé humaine.....	158

3-12-2-2 Les impacts sociaux.....	158
Quatrième partie :Suggestions, plan d'action, perspectives de recherche et conclusion générale.....	160
4-1 Suggestions.....	
4-2 Plan d'action environnemental.....	161
4-3 Perspectives de recherche.....	164
4-2 Conclusion générale.....	163
Références bibliographiques.....	165
Annexes.....	180
Liste des cartes.....	205
Liste des figures.....	205
Liste des photos.....	206
Liste des schémas.....	207
Liste des tableaux.....	208
Table des matières.....	210