



Mémoire Présenté
par : Elisabeth
Sègbédji TOSSOU

Université Nationale du Bénin
Facultés des Lettres, Arts et
Sciences Humaines

**Impact du trafic des produits pétroliers
sur les écosystèmes lacustres : cas du
lac Nokoué et de la lagune de Cotonou**

Année Académique: 1999 - 2000



05 FEV. 2010

Université Nationale du Bénin

Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines

**Ecole Doctorale Pluridisciplinaire "Espaces, Cultures
et Développement"**

01 BP. 526 Cotonou, République du Bénin. Téléphone (229) 36 00 74, poste 344

DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES

Option : Gestion de l'Environnement
Spécialité : Gestion des Ressources Naturelles
Aménagement du Territoire et Politique
Environnementale



N° d'Enregistrement : /EDP/GE

***Impact du trafic des produits pétroliers sur les
écosystèmes lacustres : cas du lac Nokoué et
de la lagune de Cotonou***

Présenté et soutenu publiquement par : Elisabeth Sègbédji TOSSOU

Sous la direction de : Mansour MOUDACHIROU

Professeur de chimie organique, FAST/UNB

Jury

Président : Simon AKPONA
Professeur Titulaire
Rapporteur : Mansour MOUDACHIROU
Professeur Titulaire
Examineur : Hyacinthe AHISSOU
Maître Assistant
: Nestor G. SAKITI
Maître Assistant
Date de soutenance : 31 juillet 2001
Mention : Très bien

Année académique 1999 - 2000

DEDICACE

« Je considère tout ce qui m'arrive comme épreuve venant de DIEU. Courage, fidélité et droiture doivent être mes guides dans ma vie, car DIEU seul sait ce qu'il me faut et quand il me le faut. Que sa lumière guide mes pas . »

***« Le SEIGNEUR est la forteresse de ma vie, je garde confiance. »
(Psaume 27)***

Je dédie ce travail au Père céleste détenteur de la force ultime, de la sagesse et de l'intelligence et à la Mère céleste consolatrice des malheureux.

RESUME

Le lac Nokoué est le plus grand plan d'eau du Bénin ; c'est un écosystème d'importance pour le Bénin. Il est situé dans la basse vallée de l'Ouémé et de la Sô. Il constitue des vases communicants du complexe Ouémé-Sô et s'ouvre sur la mer par la lagune de Cotonou.

Des relations entre la dégradation de cet écosystème lacustre, la pollution par les hydrocarbures pétroliers, le développement, la prolifération et l'extension de certaines maladies ont été établies. Trois paramètres physico-chimiques (Température, pH, potentiel redox) ont été utilisés pour prouver les influences de la pollution par les hydrocarbures pétroliers sur la qualité de l'eau et la qualité des ressources halieutiques issues de ce milieu.

En effet les hydrocarbures s'accumulent dans le milieu et, par contamination dans les organes des poissons et crevettes, de même que dans les organes des populations qui consomment ces ressources. Leur accumulation dans le milieu favorise le développement de nombre de germes qui infestent les populations.

Dans les organismes, les hydrocarbures et leurs produits de dégradation intoxiquent et bloquent le fonctionnement des organes, rendent les organismes hypersensibles à des affections et induisent des gènes cancérigènes.

Ces relations entre pollution par les hydrocarbures pétroliers, dégradation du milieu et qualité des ressources exploitables sont partielles ; d'autres polluants et d'autres raisons concourent et justifient l'état de dégradation actuelle de même que la prolifération et les extensions des affections hydriques.

L'approche de solution applicable facilement est l'utilisation de produits naturels pour éliminer temporairement les polluants accumulés dans les organes des poissons et crevettes consommés et dans les organismes humains.

ABSTRACT

The Nokoué Lake is the biggest and the most important lake of the republic of Benin. Situated in the low valley of Oueme and Sô, this lake is with Oueme and Sô a part of communicating vases.

Some relations are established between deterioration of lacustrine ecosystem, pollution by petroleum hydrocarbons, development, proliferation and extension of diseases.

Three physico-chemical parameters (Temperature, pH and electromotive force) were used to show:

- Firstly, the pollution level of the water by petroleum hydrocarbons,
- And secondly the quality control of the aquatic resources on this ecosystem.

Hydrocarbons accumulate in area and contaminate fishes and shrimp's organs as well as people's who consummate them. This contamination leads to the development of germs, which infest the populations.

In organs, hydrocarbons and their deterioration products inhibit chemical reactions of organs and make them hypersensitive to affections and seem to be carcinogenic genes.

Using natural products we hope accumulated pollutants in fishes shrimps and human's organs will be eliminated.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE PREMIER : LA PROBLEMATIQUE, OBJECTIF ET CADRE DE L'ETUDE

- I- Problématique
- II- Objectifs
- III- Cadre de l'étude

CHAPITRE DEUXIEME : METHODOLOGIE

- I- Collecte d'informations
 - I-1 Recherches bibliographiques
 - I-2 Informations auprès des populations et personnes ressources
- II- Prélèvements et mesure des paramètres physico-chimiques
 - II-1 Prélèvement du sédiment et des organismes
 - II-2 Mesure des paramètres physico-chimiques et coordonnées géographiques
- III- Analyses de laboratoire
 - III-1 Extraction des hydrocarbures
 - III-2 Analyse des extraits: chromatographie en phase gazeuse

CHAPITRE TROISIEME : LES RESULTATS PRELIMINAIRES ET LES PERSPECTIVES POUR LA THESE

- I Résultats et discussion
 - I-1 Informations collectées
 - I-2 Analyses de laboratoire
- II Perspectives

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

ANNEXE

- Questionnaire
- Résultats de l'enquête de terrain
- Analyses de laboratoire
- Photos de terrain
- Signification des sigles

AVANT-PROPOS

Ce travail intitulé "Impacts du trafic des produits pétroliers sur les écosystèmes lacustres : cas du lac Nokoué et de la lagune de Cotonou", présente certains faits de la pollution des eaux par les hydrocarbures pétroliers et ses conséquences sur le milieu lacustre. Il a été réalisé dans le cadre de la présentation d'un mémoire de DEA de gestion de l'Environnement.

Au terme de ce travail de recherche, je tiens à présenter mes respectueuses gratitudes au Projet Conseiller en Environnement (PCE) de la GTZ / MEHU pour l'aide matérielle et financière qu'il m'a apporté. Sans cette aide, les investigations sur le terrain n'auraient pas abouti. Mes gratitudes vont également à messieurs **Pascal YAHA** et **Théophile WOROU** qui m'ont soutenu dans les recherches d'aides matériels et financiers.

Je remercie tout d'abord le professeur **Mansour MOUDACHIROU**, mon maître de mémoire qui a accepté finalement de diriger ce travail malgré ses multiples occupations. Sa disponibilité, sa sollicitude et ses conseils et surtout ses soutiens ne m'ont jamais manqué durant tout le temps qu'a duré ce travail. Sans ses investissements personnels divers, l'appui matériel de votre laboratoire et l'appui technique de vos Assistants, ce travail n'aurait jamais abouti.

Je tiens à remercier le professeur **Michel BOKO** et tous les professeurs qui ne manquent pas de s'investir pour la réussite de la Formation Doctorale Pluridisciplinaire "Espace, Culture et Développement".

Je remercie également madame le professeur **QUETIN-LECLERCQ Joëlle** de l'école de pharmacie de l'Université Catholique de LOUVAIN pour les analyses en spectrométrie de masse.

Mes remerciements vont à tous les Professeurs de l'Université Nationale du Bénin qui n'ont pas manqué de me faire bénéficier de leur disponibilité, de leur sollicitude et de leurs conseils, notamment les Professeurs **Henri SOCLO**, **Dominique SOHOUNHLOUE** et **Adolphe TOKPANOU** du CPU, **Brahim YEKINI**, **Philippe**

LALEYE, Brice SINSIN et Philippe AKPOVI de la FSA, **Jean HOUNDAGBA** et **Sikirou ADAM** de la FLASH ainsi que les professeurs **Tidjani CHONIBARE, Biaou DIMON** et **Lucien M. OYEDE** de la FAST.

Je remercie également les enseignants chercheurs du laboratoire de pharmacognosie et des huiles essentielles du professeur **Mansour MOUDACHIROU** qui n'ont pas ménagé leur effort pour m'accorder leur soutien. Il s'agit de madame **Eléonore YAYI** responsable des analyses chromatographiques et ses collègues messieurs **Joachim GBENOU** et **Léon AHOUSI**.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à tous les amis et devanciers des différents Laboratoires et départements parcourus dont les conseils et les assistances ont contribué efficacement à l'aboutissement de ce travail. Notamment ceux des laboratoires des stupéfiants, d'hydrobiologie, d'écologie appliquée et du département de chimie de la FAST.

A tous mes parents, tuteurs et personnes ressources en particulier le Docteur **Victorin ADJAKOU, Macaire ALLABI** et surtout à mon enfant **Marius Lucien** pour les conseils et le soutien moral qu'ils m'ont généreusement offert tout le temps qu'a duré mes recherches je dis sincèrement merci.

Que messieurs **Pierre ADISSO, Serges AMOUSSOUGUENOU** et le Responsable du Développement Rural de Sô-Ava de même que les collaborateurs de **PONG PETRI, monsieur Franck CODJIA** et tous les pêcheurs et riverains du lac qui ont volontiers participé aux investigations de terrain et à la mise en forme du rapport, reçoivent mes remerciements.

Je dois beaucoup à mon feu père qui a su m'apprendre dès mon enfance que seule la rigueur, le courage et la persévérance avec la bénédiction de l'ÉTERNEL assurent la réussite ; Que son âme soit glorifiée ! Et, à ma mère en reconnaissance des nombreux sacrifices dans l'éducation de ses enfants.

INTRODUCTION GENERALE

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou sont des milieux naturels du Sud-Bénin à fortes potentialités touristiques mais surtout économiques: VIGNINO (1993) [1]. La pêche artisanale y est florissante et constituait l'activité traditionnelle génératrice de revenus pour les populations riveraines. Ainsi, il ne fait l'ombre d'aucun doute que la plupart des produits halieutiques: poissons, crabes, crevettes... proviennent de ces plans d'eau qui, de ce fait, représentent la principale origine des sources de protéines animales entrant dans l'alimentation des populations riveraines et surtout celles de Cotonou et de ses environs: Projet pêche lagunaire (1993) [2].

Au même titre que les principaux cours d'eau navigables, le lac Nokoué et la lagune de Cotonou sont utilisés comme voie de communication pour relier les cités lacustres entre elles d'une part, et ensuite entre ces cités et, les villages et villes sur terres fermes d'autre part. Le transport fluvial y est abondamment pratiqué: transport de personnes, de bagages, de marchandises etc., mais également, transport privilégiés de produits pétroliers en provenance du Nigeria surtout: KITI (1993) [3].

Il y a lieu de se demander si ce trafic auquel se livrent les populations n'influence pas négativement les écosystèmes lacustres au point d'hypothéquer la santé des populations qui vivent et s'alimentent essentiellement de ces produits halieutiques?

Ce constat ne s'avère t-il pas le plus probable lorsqu'on sait que les populations elles-mêmes s'interrogent sur l'état de dégradation avancé tant de richesses animales que végétales de ces écosystèmes lacustres et se plaignent de la réduction très sensible des revenus que leur génère la pêche, principale activité de la région.

Il s'agira de trouver une solution durable prenant en compte les intérêts des populations et de susciter en eux les réflexes d'organisation et de gestion rationnelle de ces écosystèmes lacustres. C'est dans la recherche d'une réponse à ces interrogations qui nous interpellent tous, que le présent travail intitulé: "*Impacts du trafic des produits pétroliers sur les écosystèmes lacustres: cas du lac Nokoué et la lagune de Cotonou*" a été entrepris.

Cette étude nous permettra de mesurer la part des hydrocarbures (produits pétroliers) dans la pollution de ces plans d'eau et leurs influences sur la qualité de ses ressources naturelles.

Elle s'articule autour de trois grands axes qui sont les suivants:

- Considération générale: problématique, objectifs et cadre de l'étude
- Méthodologie détaillée: données disponibles et démarche adoptée pour l'étude
- Résultats et conclusion

CHAPITRE PREMIER :
PROBLEMATIQUE, OBJECTIFS ET CADRE D'ETUDE

I- Problématique

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou sont des milieux naturels d'importance écologique et environnementale pour le Bénin; Ce sont également des milieux à forte potentialité économique pour la région du Sud-Bénin. En effet la plupart des poissons, des crabes et des crevettes consommés par les populations provient de ces plans d'eau: On estime à **122000 tonnes** la quantité de produits halieutiques fournis en moyenne par an DAPS (1999) [4]; de ce fait ils constituent la source la plus importante de l'alimentation en protéines animales pour les populations.

Ces plans d'eau sont aussi les principales voies privilégiées pour le transport des produits pétroliers. Le transport de ces produits avec les risques de déversement influencerait négativement les écosystèmes lacustres hypothéquant ainsi la santé des populations qui exploitent et utilisent ces ressources naturelles.

Les études scientifiques orientées dans ce sens sont rares; les rapports qui existent à ce sujet restent sommaires. Toutefois, ADDRA (1971) [5] a démontré l'importance du milieu lagunaire et les conséquences biogéographiques engendrées par l'ouverture du port de Cotonou. BAGLO (1980) [6] à travers l'étude des contraintes et potentialités d'aménagement du complexe fluvio-lagunaire sud-béninois a prouvé le rôle environnemental du complexe lac nokoué-lagune de Cotonou et son importance socioéconomique. KITI (1993) [3] a montré le rôle stratégique de ce complexe dans le commerce des produits pétroliers en provenance du Nigeria, les raisons de son choix comme voie privilégiée de transport par les populations et les risques de pollution par le déversement de ces produits lors des transports. SOCLO (1986) [7], après l'identification des sources de pollution par les hydrocarbures, la distribution des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sédiments récents en ce qui concerne la lagune de Cotonou et de l'estuaire (zone littorale) a énuméré quelques risques liés à l'accumulation des ces HAP dont la dégradation dans le milieu. Divers problèmes liés à la modification de la dynamiques du milieu, l'exploitation des plans d'eau et à la pollution par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été posés. Les études sur la dynamique n'ont pas pris en compte l'influence des polluants tels que les hydrocarbures. De même, les études sur la pollution n'ont pas été élargies au lac et les risques de l'accumulation des HAP dans les organismes utilisés comme ressources alimentaires par les populations n'ont pas été étudiés.

Cependant de telles études sont nécessaires pour une bonne gestion et une meilleure conservation de ces écosystèmes qui constituent des ressources naturelles très importantes pour le Bénin. La présente étude contribuera à la connaissance de l'impact des produits pétroliers sur les écosystèmes lacustres.

II- Objectifs de l'étude

La présente étude a pour but :

- d'apporter une modeste contribution à la lutte pour la protection de l'environnement en faisant connaître aux riverains, usagers, trafiquants de produits pétroliers, aux décideurs et à toute personne intéressée, l'importance des écosystèmes lacustres et surtout leur fragilité et leur vulnérabilité,
- de fournir quelques données et quelques suggestions en vue d'amoindrir les effets négatifs des activités humaines en occurrence le commerce des produits pétroliers sur les milieux et les êtres qui y vivent,
- De proposer des stratégies à adopter en vue d'amoindrir les effets négatifs liés aux activités et surtout à la pression anthropique sur les écosystèmes lacustres.

Ainsi cette étude permettra - t - elle de contribuer à une bonne gestion et à une meilleure conservation des ressources aquatiques du sud-Bénin par:

- la mesure et l'analyse du degré de pollution de ces plans d'eau à travers les influences des hydrocarbures sur les ressources naturelles (faunes et flores aquatiques) et humaines notamment sur la santé des populations lacustres et sur la santé de toutes les populations consommatrices de ces ressources naturelles,
- la mise à disposition des données quantitatives et qualitatives rassemblant des éléments nécessaires pouvant susciter des prises de décisions sur les plans scientifique, socio-économique et technique dans le cadre de la mise en œuvre de la politique nationale de l'assainissement des plans d'eau du Sud-Bénin.

Pour atteindre ces objectifs, la présente étude s'est proposée de :

- évaluer l'importance de l'exploitation des dits plans d'eau,
- décrire les techniques utilisées et leurs insuffisances,
- étudier les influences de cette exploitation sur les facteurs environnementaux,
- mesurer quelques paramètres physico-chimiques de l'eau (température, pH, potentiel redox, salinité)

- identifier la présence des hydrocarbures et des métaux lourds dans les sédiments et les tissus des organismes vivants: poissons et crustacés notamment;
- rechercher les influences des éléments identifiés sur la santé des populations qui exploitent et utilisent ces ressources naturelles.

III- Présentation du cadre de l'étude

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou constituent un milieu naturel dynamique qu'il importe de présenter. Une étude scientifique, en particulier une étude d'impact environnemental exige la connaissance du cadre en vue d'une analyse raisonnée.

III-1 Caractéristiques physiques

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou constituent un complexe fluvio-lacustre situé sur trois départements: Littoral, Atlantique et Ouémé.

D'une superficie d'environ 192 km², le complexe lac Nokoué-Lagune de Cotonou est situé dans la basse vallée du fleuve Ouémé et de la rivière Sô (figure n°1:carte de situation page 14).

Ce complexe fluvio-lacustre constitue le réservoir de la vaste plaine deltaïque du fleuve Ouémé et de la rivière Sô ; Encadré à l'ouest par le plateau de terre de barre d'Abomey-calavi et à l'est par celui de Porto-novo. Au Sud, le complexe s'ouvre sur l'océan atlantique par le chenal de Cotonou ou lagune de Cotonou (figure n°2: bloc diagramme de la zone d'étude page15).

Le milieu lacustre, constitué par le complexe lac Nokoué-Lagune de Cotonou bénéficie d'un climat sub-équatorial caractéristique du sud-Bénin ; deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses; le régime hydrographique est caractérisé par une période de crue, qui s'étend de septembre à décembre et une période d'étiage, qui s'étend de décembre à juillet. Les principaux cours d'eau qui alimentent ce complexe sont: le fleuve Ouémé et la rivière Sô, qui fonctionnent comme un système de vases communicants (complexe Ouémé-Sô); ces cours d'eau sont responsables de la montée des eaux. En période d'étiage on observe une intrusion massive de l'eau de mer surtout pendant les hautes marées.

Les influences lunaires sont caractérisées par une montée des eaux en pleine lune: le lac subit une attraction magnétique qui fait augmenter le volume d'eau.

La végétation jadis constituée d'une forêt de palétuviers est aujourd'hui réduite pour la plupart aux herbes dont *Passepalum vaginatum*; Toutefois, dans la vallée, pointent à l'horizon

(*Typha australis*) et à quelques autres petites plantes aquatiques rencontrées au niveau des bras de fleuve et de rivière pendant la période d'étiage.

Les espèces animales rencontrées dans le milieu au cours de nos investigations sont constituées pour l'essentiel :

- des oiseaux: canards d'eau (*Dendrocygna viduata*), aigrettes, hérons (*Ardea cinerea* et *Bubulcus ibis*), poule d'eau (*Gallinula chloropus meridinalis*),
- des animaux d'élevage: canards, bovins (*Bovidae*) et quelques caprins (*Caprinae*),
- des poissons: carpes (*Tilapia sp.*), sardinelles (*Sardinella maderensis*), poissons-chat (*Chrisystitch nigrodigitatus*), muges (*Mugil sp.*),
- des crustacés: crevettes (*Penaeus notilis* et *Penaeus keraturus*) et crabes (*Calinectes catimarus*)
- des mollusques: huîtres (*Ostrea tulipa*) et moules.

En dehors des caractéristiques physiques, le milieu offre des caractéristiques socioéconomiques qu'il importe de présenter.

III-2 Caractéristiques socio-économiques

Le milieu d'étude, est un milieu lacustre très peuplé (environ 90.000 habitants pour les villages riverains du lac); la densité moyenne est de 282 habitants au km² INSAE RGPH (1992) [8]. Les ethnies majoritaires sont les Goun, Ouémé, Toffin, Tori.

Les populations sont avant tout des pêcheurs; 80 à 90% des actifs pratiquent la pêche (tableau I page13).

Depuis quelques décennies, les populations s'adonnent de plus en plus au commerce et à d'autres activités telles que l'artisanat, l'agriculture et le transport. Le commerce des produits pétroliers a pris de l'ampleur depuis quelques années. Parmi les principales voies de trafic, les voies lacustres impliquant fortement le lac Nokoué et la lagune de Cotonou sont les plus privilégiées par les trafiquants. Les conditions, les moyens de transport et les difficultés afférentes engendrent sans nul doute des déversements de produits pétroliers dans ces plans d'eau.

Ces produits déversés influent-ils sur les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau et par conséquent sur les ressources animales exploitées par les populations ?

Une telle étude ne saurait bénéficier d'une crédibilité scientifique si elle n'est pas basée sur une méthodologie adaptée.

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Tableau I: Villages de la zone d'étude

Villages	Départements	CR/CU/CL	Populations	Populations pêcheurs	Pourcentage
Calavi-tokpa	Atlantique	Calavi	3578	465	12,99
Ganvié	Atlantique	Ganvié	18306	14645	80
Sô-Ava	Atlantique	Sô-Ava	7218	3602	49,9
Sô-Tchanhoué	Atlantique	Vekky	10612	8490	80
Sô-Zounko	Atlantique	Vekky	1491	1193	80
Vekky	Atlantique	Vekky	1883	1506	79,98
Houédogbadji	Atlantique	Houédo-Aguékon	3033	1820	60
Aguégués Houédomè	Ouémé	Houédomè	6568	3941	60
Aguégués Donoukpa	Ouémé	Zoungamè	861	517	60,05
Aguégués Zoungamè	Ouémé	Zoungamè	2659	1064	40
Agonsagbo	Ouémé	Aholouyèmè	831	233	28,04
Kétonou	Ouémé	Aholouyèmè	4450	315	7,08
Tchovi	Ouémé	Ekpè	2168	366	16,88
Gbakpodji	Ouémé	Agblangan-dan	503	50	9,94
Yénawa	Littoral	Yénawa	3871	206	5,32
Agbodjèdo	Littoral	Ayélawadjè	3262	66	2,02
Agbato	Littoral	Ayélawadjè	3441	123	3,57
Awansori	Littoral	Gbèdjomè- dé	3091	121	3,91
Zogbo	Littoral	5ème commune	5649	178	3,15
Godomey	Littoral	Godomey	958	305	31,84
Ensemble			85391	39206	45,91

Source: RGP 1992

CR : Circonscription Rurale

CU : Circonscription Urbaine

CL : Circonscription Lacustre

Figure n° 1: Carte de situation de la zone d'étude

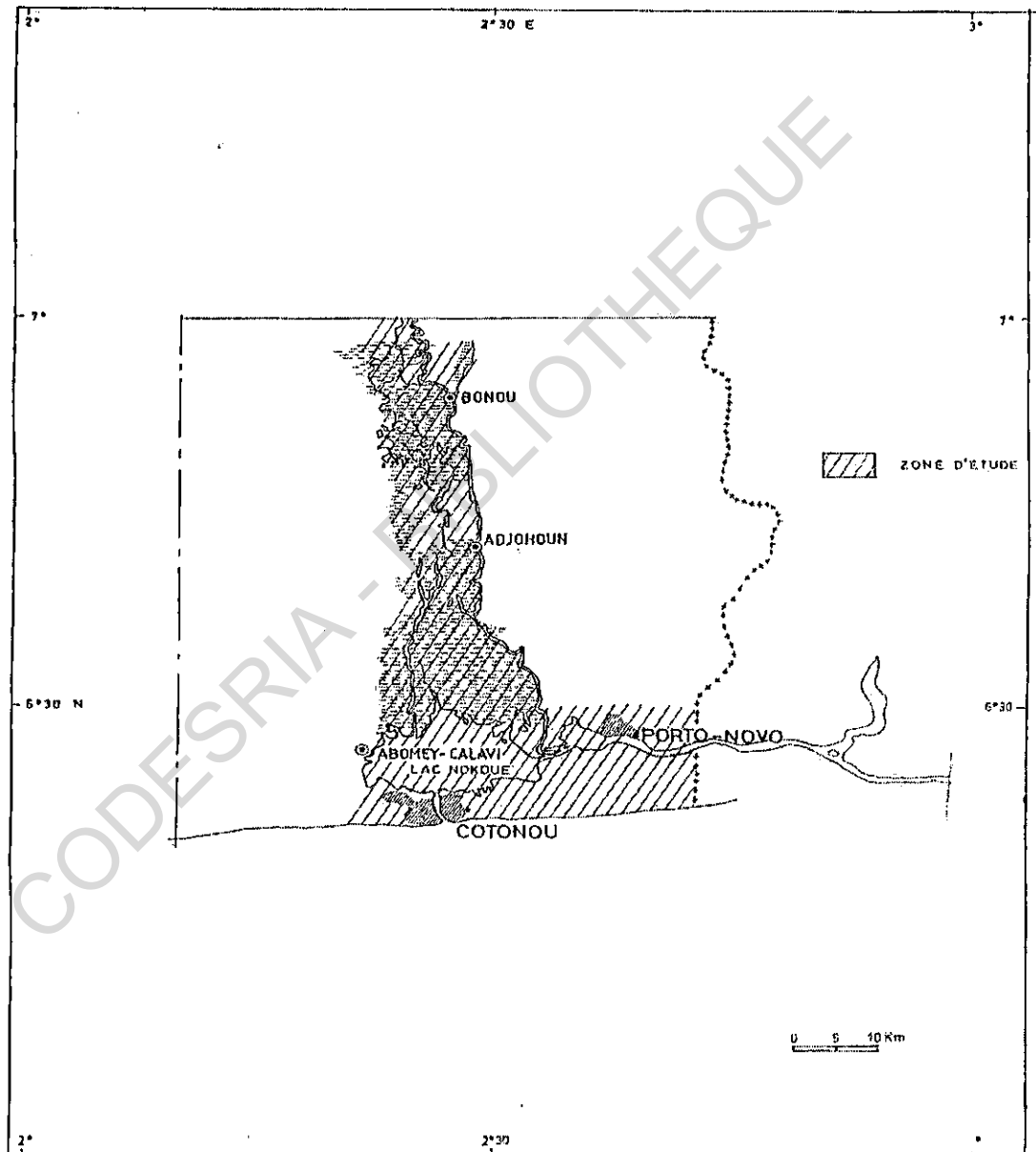
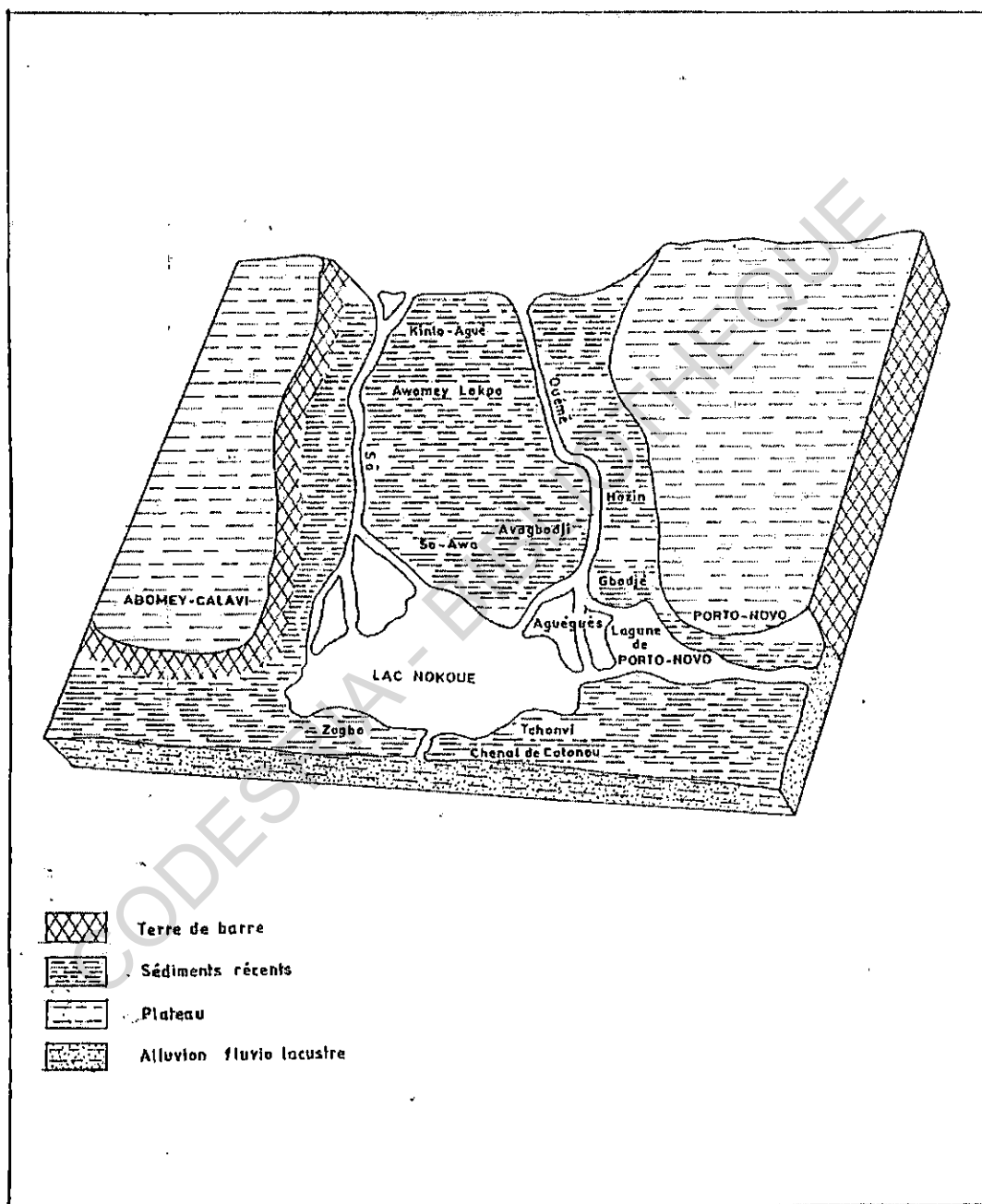


Figure n°2: Bloc diagramme de la zone d'étude



CHAPITRE DEUXIEME :
METHODOLOGIE

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Pour mener à bien notre étude, nous avons adopté une méthodologie qui comprend trois rubriques:

- collecte d'informations
- prélèvements et mesures de paramètres
- analyses de laboratoire

I- Collecte d'informations

I-1 Recherches bibliographiques

Elle a pour but de:

- rechercher des écrits et travaux effectués et disponibles sur le sujet,
- analyser des conclusions auxquelles ils sont parvenus.

Dans cette perspective, nous avons visité plusieurs centres où nous avons lu différents travaux. Au nombre de ces centres, citons:

- le laboratoire d'analyse et le service de documentation de la direction de l'hydraulique,
- le service de documentation de la direction de l'environnement (Ministère de l'environnement),
- les services de la documentation et le service statistique de la direction des pêches et de la FAO-pêche,
- le service de documentation de la FAO,
- le laboratoire d'hydrobiologie de la FSA,
- le laboratoire de Climatologie de la FLASH,
- les services de documentation des départements de Chimie et des sciences de la terre de la FAST,
- le service de documentation du Centre pour l'Environnement et le Développement en Afrique: CEDA,
- le service de documentation de l'Agence Béninoise pour l'Environnement: ABE,
- le service de documentation de la SONACOP,
- le service de documentation de l'Office Béninoise de Gestion des Ressources Minières: OBRGM,

- le service de documentation du Centre Béninois de Recherches en Sciences et Techniques (CBRST).

En plus de tous ces centres, plusieurs personnes ressources ont été contactées. Elle nous ont fourni des documents d'une grande importance pour nos travaux. Ces documents nous ont permis d'élaborer les protocoles d'échantillonnage et d'analyse efficaces dans le cadre de cette étude.

Critique documentaire

Dans le domaine de la gestion de l'environnement, beaucoup de travaux ont été effectués. Parmi ces travaux, quelques-uns portent sur les milieux lacustres, mais ceux spécifiques à la pollution des ces milieux par les hydrocarbures sont rares.

Au nombre des documents sélectionnés et lus dans les centres et laboratoires parcourus, on distingue ceux de:

- ADDRA(1971) [5]: "Evolution du milieu lagunaire depuis l'ouverture du port de Cotonou et ses conséquences biogéographiques":

A travers ce thème, l'auteur a présenté les milieux lagunaires (complexe Nokoué-Sô-Delta de l'Ouémé et lagune de Porto-Novo) avant, au moment et dix ans après l'ouverture du chenal. Dans une analyse, il a démontré l'influence de l'ouverture du chenal sur le complexe et sa dynamique par exemple:

- l'instabilité permanente des paramètres physico-chimiques, taux de salinité, pH etc.

Le taux de salinité connaît une fluctuation avec une période critique où elle atteint son niveau maximal. Il en est de même pour le pH et les autres paramètres écologiques.

- La biodiversité est en conséquence instable et selon les périodes, on a une tendance d'eau saumâtre et salée ou une tendance d'eau douce et saumâtre.

L'auteur a lié les variations des paramètres écologiques uniquement à l'ouverture du chenal. Il n'a pas porté ses analyses sur l'influence plausible des polluants tels que les hydrocarbures sur l'instabilité des paramètres physico-chimiques et la biodiversité.

Concernant la pollution par les hydrocarbures, les travaux des auteurs suivants sont à mentionner.

- Ibe et le groupe CEDA (1998) [9-10] "Profil de la zone côtière du Bénin" et "Perspectives in integrated coastal areas management in the Gulf of Guinea" et
- ADAM (1998) [11] "Vers une gestion intégrée de la zone côtière du Golfe de Guinée". Dans une première partie les auteurs ont présenté un aperçu général sur les pays du Golf de Guinée, et les pays côtiers en particulier le Cameroun, le Nigeria, le Ghana, la Côte d'Ivoire et le Bénin. Les auteurs ont énuméré et analysé les données physiques de base du développement de la zone côtière et les potentialités en ressources naturelles de chacun de ces pays; les difficultés liées à la gestion de ces ressources et les problèmes de pollution afférents à la dégradation de ces milieux. Dans une deuxième partie ils ont effectué une analyse des caractéristiques socio-économiques de chaque pays, les problèmes qui entravent la gestion intégrée de la zone côtière et ils ont proposé des approches de solution pour une gestion durable de cette zone.

Concernant la pollution les auteurs ont fait:

- un bref aperçu sur les différentes sources de pollution en général et ont reconnu que les trafics et utilisation des hydrocarbures constituent des sources de pollution qui influencent profondément les milieux lacustres,
- un état des lieux révélant l'accroissement de l'accumulation (concentration) des hydrocarbures issus des produits pétroliers déversés de 1986 à 1992.

Ils ont mis un accent sur l'ampleur des trafics et l'effet de la pollution par les hydrocarbures déversés sur les écosystèmes lacustres. Un état des lieux récent concernant la concentration des hydrocarbures dans ces milieux est donc nécessaire.

- SCIORTINO et RAVIKUMA (1999) [12] "Fishery and harbour manual on the prevention of pollution";

Ces auteurs dans une analyse de l'influence des différentes sources de polluants sur les milieux aquatiques, ont attiré l'attention sur la pollution de ces milieux tant par le déversement des hydrocarbures que par les déchets qui en résultent et leurs conséquences sur la pêche.

Ils ont souligné que ces hydrocarbures et leurs déchets participent à la dégradation profonde des milieux aquatiques, modifient les paramètres physico-

chimiques et rendent ces milieux aquatiques toxiques et impropres à la survie des organismes.

Il s'agit ici d'une étude générale qui mérite d'être confrontée à notre cadre d'étude spécifique de milieu lacustre à travers l'influence des trafics des hydrocarbures.

- SOCLO (1986) [7] dans "Etude de la distribution des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sédiments récents, identification des sources", a fait une étude quantitative et qualitative des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments. Après avoir analysé l'évolution des hydrocarbures dans le milieu, il a mis l'accent sur la toxicité de ces hydrocarbures.

Les recherches de l'auteur ont été effectuées en partie au Bénin et sont limitées au chenal de Cotonou. Le réceptacle des eaux qui sert de convergence des apports et d'émergence vers les diverses zones et le chenal n'a pas été pris en compte.

Ces différents auteurs ont fourni assez d'informations sur les problèmes environnementaux relatifs au milieu lacustre.

Cependant, aucun ouvrage parmi ceux que nous avons exploité n'a fait cas des conséquences de l'accumulation des hydrocarbures sur le milieu et sur les ressources halieutiques en provenance de ces milieux aquatiques ni sur les populations qui exploitent ces ressources.

Par ailleurs, depuis les cinq dernières années, l'état des lieux n'a plus été fait.

I-2 Méthodes de collecte des informations et de traitement des Données

I-2-1 Choix de villages et des personnes interviewées

La méthode d'échantillonnage utilisée est la méthode de choix raisonnée. Elle consiste à choisir les villages et les personnes à interviewer sur la base des critères définis après une pré-enquête.

Au total, trois villages lacustres ont été choisis; il s'agit de Ganvié, Houédogbadji et Aguégus. Cent cinquante personnes ont été interviewées (cinquante par village). La position sociale et les activités sont les critères de choix utilisés. Ces

critères ont été retenus sur la base des conseils et des informations obtenues au cours d'une pré-enquête.

Aussi cette pré-enquête nous a-t-elle permis de cibler les zones de trafic intense et les villages où nombre de personnes font le commerce ou le transport des produits pétroliers ainsi que les personnes ressources à impliquer dans l'échantillon.

I-2-2 Collecte de données

Plusieurs techniques ont été utilisées pour la collecte des informations ; il s'agit de l'observation libre, l'entretien individuel libre, l'entretien sur la base d'un questionnaire et la discussion de groupe. Ces techniques nous ont permis:

- d'identifier les circuits et les techniques utilisés dans le trafic des produits pétroliers,
- de cerner avec plus de précision les activités menées sur le lac et particulièrement l'ampleur du trafic des carburants,
- de comprendre l'idée que les usagers se font de l'impact de ce trafic sur la productivité du lac.

I-2-3 Traitement des données collectées

Le traitement des données a été effectué par:

- un dépouillement manuel sectoriel qui consiste à dépouiller le questionnaire par rubrique et à regrouper les différentes tendances de réponses par secteur.
- Un traitement informatique aux logiciels Excel[®], Statistica[®] et office Word 97[®].

II-Prélèvement et mesure des paramètres physico-chimiques

Sur la base des conseils et suivant le plan du lac Nokoué, onze (11) points ont été choisis pour les prélèvements dont dix périphériques et le onzième central (figure n°7 page37).

Les dix premiers correspondent aux points de creusement, de débouchés de bras de fleuve et de rivière qui se jettent dans le lac et au bras de drainage vers l'océan (chenal de Cotonou).

Ces bras et ces débouchés constituent des circuits de trafic de produits pétroliers et des circuits de diverses transactions susceptibles d'enfreindre à la sauvegarde de l'environnement.

Les dix points nous ont permis de mieux nous rendre compte de l'ampleur des trafics et de ses conséquences sur les ressources aquatiques environnantes.

Le point central quant à lui nous a permis de voir le sens d'évolution des polluants. Pour nous, il se produit un état de migration de sédiments des bras de rivière et fleuve. Nous pourrions ainsi apprécier la généralisation ou non de la pollution de l'eau sur le lac Nokoué et la lagune de Cotonou. Des observations, prélèvements d'eau, de substrats et d'organismes vivants, des mesures physico-chimiques et des relevés de coordonnées géographiques ont été effectués en ces points.

II-1 Prélèvement de l'eau

A l'approche du point de prélèvement, le conducteur éteint le moteur de la barque pour éviter de troubler localement l'eau. Arrivé au point de prélèvement, il accoste la barque. A l'aide d'une perche et d'un mètre ruban, nous mesurons la profondeur de l'eau et, en fonction de la profondeur mesurée, le nombre et les niveaux de prélèvement sont définis:

- pour une profondeur inférieure ou égale à un mètre, un seul niveau de prélèvement est défini;
- pour une profondeur comprise entre un et deux mètres, deux niveaux de prélèvement sont définis;
- pour une profondeur supérieure à deux mètres, trois niveaux de prélèvement sont définis.

Le prélèvement de l'eau a été effectué à l'aide d'un instrument construit pour la circonstance avec l'aide du laboratoire des Sciences du sol de la FSA (figure n°3 page24); il s'agit d'un flacon de sérum en verre de 250ml attaché dans un sachet en plastique noir. Au fond du sachet est placé un poids de 500g pour faciliter la descente rapide et la stabilité du flacon au niveau de prélèvement. Le sachet est percé à l'ouverture du flacon pour permettre l'entrée de l'eau. Afin de permettre l'immersion du flacon dans l'eau et à la profondeur voulue, un fil "gradué" en mètre (un nœud à

chaque mètre) est attaché au cou du flacon. Pour prélever l'eau, nous repérons la profondeur sur le fil, et nous laissons le flacon immerger jusqu'à la profondeur repérée, le nœud repère étant maintenu à la surface de l'eau. Nous immobilisons ensuite le flacon jusqu'à ce qu'il soit rempli et nous le retirons de l'eau. Pour éviter le contact avec l'air ambiant, le flacon est fermé à fleur de la surface avant sa sortie de l'eau.

II-2 Prélèvement du sédiment et des organismes

II-2-1 Prélèvement du sédiment

Il a lieu après l'échantillonnage de l'eau et les mesures de paramètres physico-chimiques. Le plongeur recruté pour la circonstance descend sous l'eau avec le flacon prévu pour le prélèvement. Il prélève le substrat (boue plus sable) et de l'eau, remplit le flacon qu'il ferme avant de remonter à la surface.

Les procédures de prélèvement de l'eau et du substrat sont conçues pour empêcher tout contact des prélèvements avec l'air et par conséquent empêcher toute réaction d'oxydation au niveau des échantillons.

II-2-2 Prélèvement d'organismes vivants

Des organismes vivants du lac (poissons) sont pêchés dans un rayon de cent mètres autour du point de prélèvement par un pêcheur recruté pour la circonstance.

Lorsque les essais de pêche sont infructueux, nous achetons quelques poissons auprès des pêcheurs qui opèrent dans les environs du point de prélèvement.

Les crevettes ne sont pêchées qu'au Sud et au Sud-Ouest du lac (entre Kétonou et Godomey). Il est utilisé pour cela des nasses spécifiques disposées dans l'eau à la tombée de la nuit. Notre échantillon de crevettes est donc acheté auprès des femmes qui se rendent tôt sur le lac se ravitailler auprès des pêcheurs.

II-3 Mesure des paramètres physico-chimiques et coordonnées géographiques

II-3-1 Mesure des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques à savoir: pH, potentiel redox, conductivité, salinité et température ont été essentiellement mesurés au niveau de l'eau à tous les points de prélèvement.

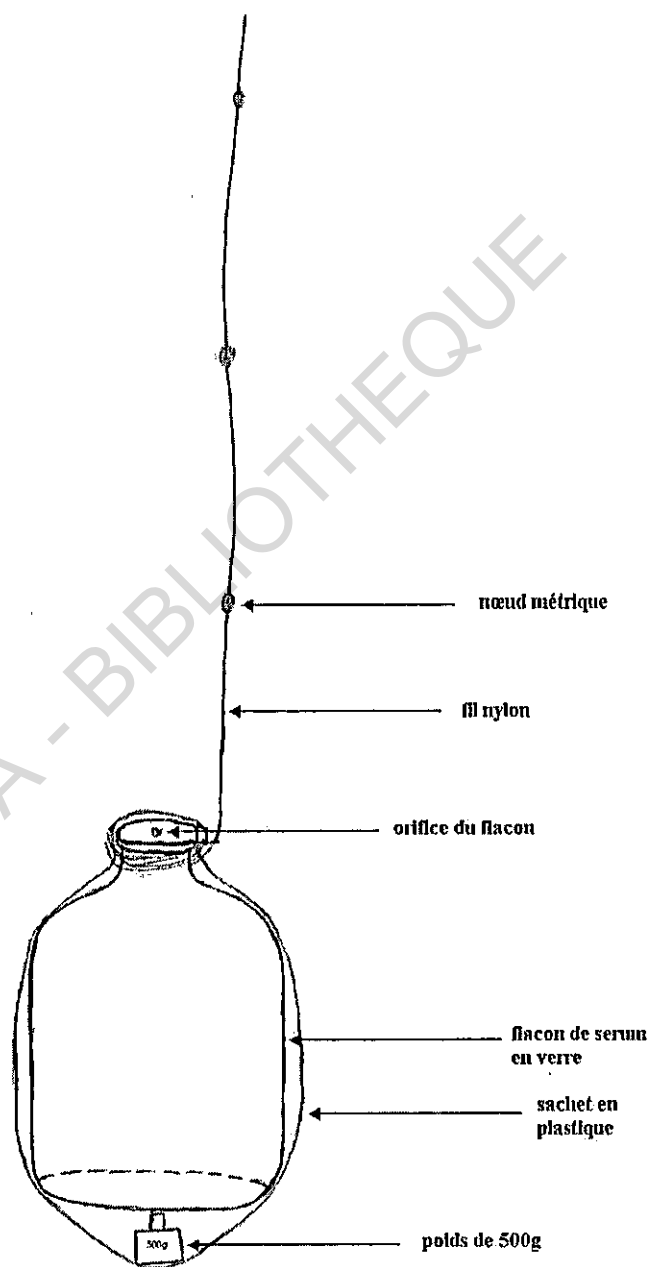
C'est un pH-mètre de type Multiline p4 portable que nous avons calibré à l'avance, qui a servi à effectuer ces mesures. Pour chaque type de mesure, l'électrode appropriée est plongée directement dans l'eau du lac et la lecture se fait sur l'écran de l'appareil après stabilisation de la valeur affichée. Lorsque la profondeur du lac en un point dépasse la longueur du conduit de l'électrode, nous faisons un prélèvement et la mesure est effectuée dans le flacon de prélèvement.

II-3-2 Relevé des coordonnées géographiques

Un GPS nous a permis de relever les coordonnées géographiques des points de prélèvement. A l'accostage de la barque, nous mettons le GPS en marche et nous attendons l'affichage sur l'écran des coordonnées; les valeurs sont relevées lorsque l'écran est stable. Les coordonnées géographiques sont relevées avant les mesures de paramètres et les prélèvements.

Cette méthodologie bien que longue est nécessaire pour éviter une dispersion des sédiments superficiels et une modification des paramètres lors des mesures et des prélèvements.

Figure n°3: Dispositif de prélèvement de l'eau



III- Analyses de laboratoire

III-1 Extraction des hydrocarbures

La technique d'extraction en bécher avec agitation magnétique a été utilisée. Cette technique est choisie en fonction des disponibilités en matériels et de son efficacité. L'objectif visé par l'extraction est de prouver la présence des hydrocarbures dans les sédiments et les organismes vivants et, d'en récupérer la plus grande partie.

III-1-1 Choix du solvant

Les hydrocarbures contenus dans les produits pétroliers sont souvent des mélanges complexes. Pour avoir la chance d'en extraire le maximum, nous avons retenu l'utilisation de mélange de solvants. Le mélange de solvants choisi est le mélange quaternaire acétone, chloroforme, éther de pétrole et alcool éthylique (2 :2 :1 :1). Ces solvants sont choisis compte tenu de leurs caractéristiques SOCLO (1986) [7]:

- le chloroforme présente l'avantage d'extraire les hydrocarbures aromatiques dont beaucoup présente une solubilité importante,
- l'acétone facilite la solubilisation des hydrocarbures peu polaires et est utilisé à la place du benzène écarté à cause de sa toxicité,
- l'éther de pétrole pour solubiliser les hydrocarbures non polaires
- l'alcool éthylique pour la récupération des hydrocarbures polaires

III-1-2 Protocole d'extraction.

Le protocole est élaboré sur la base de celui de SOCLO (1986) [7]; après des essais sur les sédiments humides et les sédiments lyophilisés, nous avons, compte tenu des rendements, choisi l'extraction sur sédiment lyophilisé. Le sédiment lyophilisé offre une accessibilité plus facile pour les solvants et nous évite des difficultés liées à l'élimination de l'eau après extraction.

III-1-2-1 Mode opératoire

50g de sédiment lyophilisé sont prélevés dans un erlenmeyer de 300ml muni de bouchon,

On y ajoute 200ml de mélange de solvants comprenant: l'acétone, le chloroforme, l'éther de pétrole et l'alcool éthylique (2:2:1:1),

l'ensemble est soumis à une agitation magnétique douce pendant 45 mn en gardant l'erlenmeyer fermé afin d'éviter tout contact avec l'air (figure n°4 page29),

- à l'issue de cette agitation, l'extrait est récupéré dans un autre erlenmeyer,
- une nouvelle extraction est effectuée sur l'aliquote en rajoutant le même volume de solvant.
- les extraits sont transvasés dans un ballon faisant partie du dispositif de récupération des fractions d'hydrocarbures conçu pour la circonstance (figure n°5 page29),
- Les solvants sont recueillis par distillation en fonction de leur température d'ébullition.
- A la fin, le mélange d'hydrocarbure resté dans le ballon est laissé au repos pendant 24 heures.
- Il se produit une décantation et les différentes fractions sont séparées et analysées par chromatographie en phase gazeuse.
- **Le présent tableau montre les points d'ébullition des solvants utilisés**

Tableau II : Points d'ébullition des solvants

Solvants	Formules chimiques	Points d'ébullition
Ether de pétrole	$C_4H_{10}O = 74,1g$	34 à 35°C
Acétone	$C_3H_6O = 58,08g$	55,5°C
Chloroforme	$CHCl_3 = 119,4g$	60,5°C
Alcool éthylique	$C_2H_6O = 46g$	78,2°C

III-1-2-2 Efficacité de la méthode d'extraction

A partir d'une expérience de dopage de sable sec par un mélange d'hydrocarbures (essence, pétrole et huile à moteur) en quantité connue, des essais d'extraction ont été effectués. Les hydrocarbures ont été récupérés et dosés selon la méthode présentée ci-dessus.

Le taux de rendement est de l'ordre de 98,8%; le taux de perte de 1,2% a été corrigé en augmentant le nombre de lavages de l'aliquote; trois lavages ont suffi pour réduire considérablement cette perte.

III-2 Dosage des hydrocarbures

La méthode d'extraction au méthanol contaminé au KOH de la Commission Océanographique Intergouvernementale de la Société de Chimie de l'Ethiopie a été utilisée. Elle permet de déterminer la quantité d'hydrocarbures accumulée dans les sédiments ONIANWA et ESSEIN (1999) [13].

- Pour cela 100g de sédiment ont été prélevés dans un erlenmeyer auquel il a été ajouté 100 ml de méthanol contaminé avec 3g de KOH.
- Le mélange est agité pendant 2 heures et on recueille le filtrat auquel on ajoute deux (fois) 25ml d'hexane distillé,
- Le combinat ainsi obtenu est ensuite évaporé et le résidu a été pesé
- L'évaporation permet d'isoler le mélange d'hydrocarbure

Cette méthode selon les auteurs est relativement efficace avec un rendement de $87.2 \pm 4.7\%$.

III-3 Analyse des extraits : chromatographie en phase gazeuse

III-3-1 choix de la méthode

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est la méthode d'analyse utilisée dans ce travail pour déterminer la composition chimique des hydrocarbures. Il nous a paru important de rappeler quelques notions concernant cette technique analytique.

La CPG est une méthode qui permet de séparer les constituants de mélanges complexes vaporisés par chauffage par une suite continue d'équilibres s'établissant entre phase stationnaire qui peut être liquide (chromatographie gaz-liquide) ou solide (chromatographie gaz-solide).

Elle a été choisie à cause de l'objectif de l'analyse à savoir identifier et quantifier les composés d'un mélange et est adaptée pour les mélanges d'hydrocarbures qui pourraient compromettre l'intégrité de l'écosystème lacustre d'importance que constitue le complexe lac Nokoué - lagune de Cotonou. Cette méthode permet également d'éviter les contraintes et les erreurs de quantification par dosage utilisant les indicateurs spécifiques. Les hydrocarbures

polluants sont pour la plupart présents en très faible quantité de l'ordre du ppm ou sous forme de traces mais agissent très négativement sur le milieu et les êtres vivants.

III-3-2 Principe de la chromatographie en phase gazeuse

Le principe de la séparation en C.P.G. (Gaz-liquide) est le partage de l'échantillon à analyser entre deux phases. Les constituants à analyser sont poussés à travers la colonne par un gaz inerte (GAZ VECTEUR). Le mélange à analyser se trouve dissocié entre le gaz vecteur et un solvant non volatil

(PHASE STATIONNAIRE) réparti sur un solide inerte tamisé (SUPPORT SOLIDE) . le solvant ou phase stationnaire retarde sélectivement les constituants de l'échantillon, selon leur coefficient de partage, jusqu'à ce qu'ils forment des bandes séparées dans le gaz vecteur. A la sortie de la colonne, les constituants sont détectés dans un ordre donné qui est en fonction de leur tension de vapeur, de la structure et de la nature de la phase stationnaire.

Cette technique d'élution présente comme avantages :

- 1- La rapidité : des temps d'analyse de quelques minutes sont assez courants.
- 2- La résolution : on peut séparer des constituants extrêmement difficiles, voire impossibles à séparer par d'autres techniques (température d'ébullition très voisine).
- 3- Analyse qualitative : le temps de rétention est une valeur constante, dans des conditions déterminées, pour chaque constituant. Cette valeur, facilement reproductible, sert à l'identification de chaque pic.
- 4- Analyse quantitative : la surface engendrée par chaque pic est proportionnelle à la concentration du composé dans le mélange.
- 5- Emploi d'échantillons minimes : quelques micro litres de liquide suffisent.
- 6- Sensibilité : très grande en moyenne 10^{-8} g

Le chromatographe est conditionné avant l'injection du mélange dans la colonne. Un (1) micro litre du mélange est injecté. Le mélange injecté est une solution obtenue en diluant cinq (5) micro litres d'extrait des hydrocarbures dans mille (1000) micro litre de solvant ; le solvant utilisé dans les analyses chromatographiques est l'acétone.

schéma du chromatographe

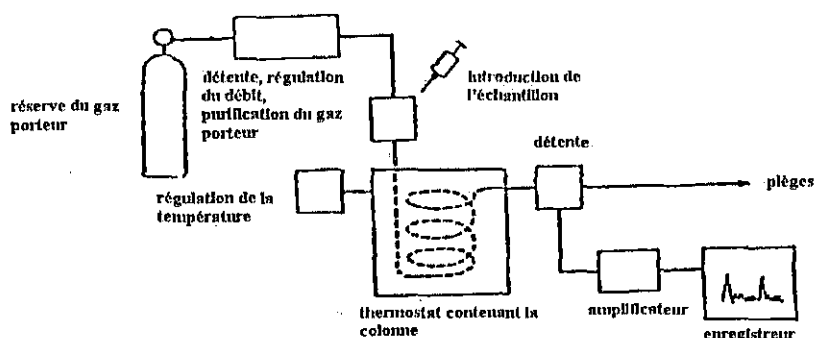


Figure 4 : Dispositif d'extraction des hydrocarbures

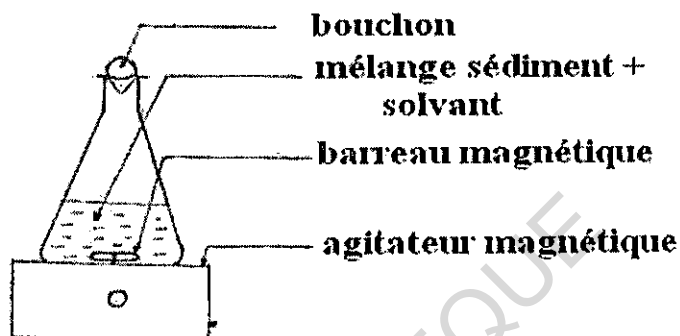
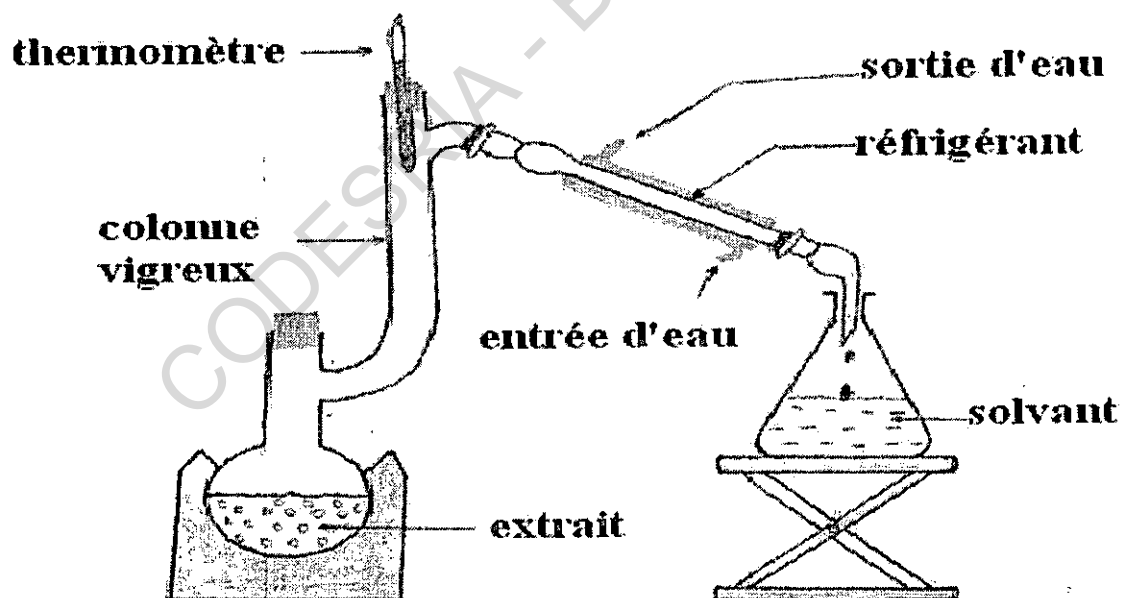


Figure 5 : Dispositif de récupération des hydrocarbures



III-3-3 Identification par les indices de rétention: indice de Kovats

L'indice de rétention est un paramètre caractéristique de chaque constituant d'un mélange à analyser et par conséquent d'un hydrocarbure.

Pour identifier chaque pic donc chaque composé, il faut calculer l'indice de rétention correspondant. Or, pour un même composé, l'indice de rétention qui est une grandeur caractéristique du composé est différent suivant le type de colonne. En effet, dans une colonne polaire, les composés sont retenus plus longtemps sur la phase stationnaire, ils auront donc un temps de rétention beaucoup plus grand; tandis que dans une colonne apolaire, l'élution est approximativement fonction de la température d'ébullition du composé.

Ces indices sont calculés après co-injection de l'hydrocarbure avec un mélange d'alcane linéaires sur l'une ou l'autre colonne.

Pour une analyse en programmation de température, l'indice de rétention linéaire ou indice de Kovats (IK) est donné par la formule suivante:

$$IK = 100n + \frac{100[(TR(X) - TR(C_n))]}{(TR(C_{n+1}) - TR(C_n))}, \text{ avec:}$$

TR(X): Temps de rétention du composé inconnu,

TR(C_n): Temps de rétention de l'alcane à n atomes de carbone,

TR(C_{n+1}): Temps de rétention de l'alcane à n+1 atome de carbone

X: composé inconnu élué entre C_n et C_{n+1}.

Ces indices expérimentaux sont ensuite comparés à ceux de la littérature: ouvrage de JENNINGS (1983) [14] et ADAMS (1989) [15] ainsi qu'à ceux de la banque de données du laboratoire.

L'analyse chromatographique donne d'excellents résultats en ce qui concerne l'individualisation des composés dans un mélange, mais certaines difficultés peuvent apparaître en ce qui concerne l'identification. C'est pourquoi la CPG est généralement associée à une autre technique, telle que la spectrométrie de masse et la spectrométrie infra rouge à transformée de Fourier. De tels couplages permettent d'individualiser chacun des constituants et de comparer leurs données spectrales avec celles de composés de référence. Il est par conséquent nécessaire de pouvoir disposer d'une banque de spectres riche et adaptée. Cette méthode que nous venons de décrire brièvement a été utilisée pour l'analyse de tous nos échantillons d'extraits.

CHAPITRE TROISIEME :
RÉSULTATS ET PERSPECTIVES POUR LA THÈSE

I- Résultats et discussion

Les observations directes ainsi que les différentes interviews faites au sein des populations nous ont permis de nous rendre compte des réalités environnementales du lac Nokoué et de la lagune de Cotonou.

I-1 Informations collectées sur le terrain

I-1-1 Exploitation des plans d'eau

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou sont des plans d'eau très sollicités tant dans la mise en œuvre de l'activité traditionnelle que dans le transport: transport humain, de marchandises diverses et surtout de produits pétroliers en provenance du Nigéria.

I-1-1-1 la pêche comme mode d'exploitation du lac

La pêche artisanale est la principale activité des populations lacustres. Plus de 80% des hommes pratiquent cette activité; les 20% restant mènent d'autres activités telles que la maçonnerie, la tailleurie, le commerce etc. Les femmes quant à elles sont chargées de la commercialisation des produits halieutiques.

Les techniques de pêche demeurent traditionnelles avec quelques améliorations. Les systèmes de pêche les plus utilisés sont les filets, les nasses et les acadja. Les deux derniers systèmes se font au détriment de la végétation arborescente qui a pratiquement disparu.

Le milieu est véritablement dégradé; la végétation est limitée à des herbes. Toutefois, quelques arbres pointent à l'horizon. Ce constat est le même tout autour du lac et le long de la lagune de Cotonou. Cependant, persistent encore quelques cocotiers (*Cocos nucifera*), palmiers (*Elaeis guineensis*) et reliques de palétuviers (*Avicenia germinans*), rescapés de la destruction cruelle à laquelle se sont livrées les populations pour assouvir leurs besoins en énergie (bois de chauffe) et en matériaux de pêche (nasse et acadja). Face à ces besoins persistant et croissant, les populations recourent à d'autres formations végétales d'autres localités et utilisent la voie lacustre pour le transport de bois de chauffe et de branchages pour acadja.

Les acadja compte tenu de leur nombre, apparaissent comme des haies érigées sur le lac. A ces derniers s'ajoutent les parcs à poissons, véritables palissades qui servent de gîtes

de développement pour les poissons. Le lac subit d'énormes pressions journalières de la part des pêcheurs à l'épervier. Les habitants des villages lacustres qui ne disposent pas de domaines pour l'installation des acadja se livrent à la pêche à l'épervier en eau libre. Si environ 25% seulement des populations disposent de domaine pour acadja, les 55% "sans domaine" passe le clair de leur temps sur l'eau à la recherche de poissons qu'ils vendront pour subvenir à leurs besoins. Les 20% de la population restantes mènent d'autres activités telles que le commerce et l'artisanat.

L'activité de pêche, jadis florissante, régresse de façon progressive depuis les cinq dernières années; la quantité de poissons pêchés a diminué de façon continue et est passée de plus de dix (10) paniers d'environ deux (2) litres de volume (petit panier servant à évaluer le rendement de la pêche) en moyenne par semaine en 1995 à moins de cinq (5) paniers en 1999. Le revenu moyen du pêcheur est passé de plus de dix milles (10000FCFA) par semaine en 1995 à moins de cinq milles (5000FCFA). La rentabilité de l'activité de pêche de nos jours laisse à désirer et les populations exclusivement pêcheurs vivent difficilement.

Cette baisse de l'ampleur des activités de pêche est selon les populations, directement liée à l'appauvrissement du lac. Quatre principales raisons justifient cette baisse de la productivité:

- la fermeture de l'embouchure au niveau de la lagune de Cotonou qui réduit la remontée des alevins d'espèces mixtes vivants une période de leur développement en eau saumâtre et surtout des crevettes qui suivent les marées,
- la mauvaise orientation des tuyaux de canalisation au niveau du pont de Godomey qui empêche la circulation des alevins et poissons des cours d'eau situés à l'ouest vers le lac.
- L'encombrement des plans d'eau lié:
 - ✓ à la décomposition des branches et branchages utilisés pour les acadja,
 - ✓ aux nombreux déchets de diverses sortes déversés dans le lac tant par les populations riveraines, les usagers que par les populations qui vivent sur terre ferme.
- la surexploitation des plans d'eau, due à l'augmentation de la population et par conséquent de leurs besoins.

La situation est préoccupante et les populations se reconnaissent de plus en plus en difficultés. En effet, le rendement de la production baisse et les moyens de subsistance diminuent considérablement. La pêche n'est plus rentable et les autres domaines d'activités sont alors envahis. Le secteur du commerce est la première opportunité qui s'offre aux

populations lacustres. Le commerce des produits en provenance du Nigéria est le recours des communautés de pêcheurs en difficultés de production. Les marchandises les plus importées restent les boissons, les ustensiles de ménage et surtout les produits pétroliers (essence, pétrole, huile à moteur et gas-oil).

1-1-1-2 Le commerce des produits pétroliers comme activité d'exploitation du lac.

D'une superficie de 192Km², le lac Nokoué est en contact grâce au canal de Tochoué avec la lagune de Porto-Novo qui se trouve elle-même en communication avec la lagune de Lagos. Les localités de Médédjonou, Djoffin, Gbadagri et Lagos servent de "port lagunaire frontalier". Les produits transitent par le Nokoué et sont livrés dans les divers débarcadères situés soit à Godomey, Zogbo, Awansori, Dantokpa, Yénawa, Agbato, Gbakpodji, Tchonvi, Kétonou, soit à Ganvié, Sô-Ava, Houédogbadji, soit à Abomey-Calavi. Les principaux affluents: la rivière Sô et le fleuve Ouémé servent également de voies de transport de produits venant de Bonou, Adjohoun, Dangbo et Hozin (figure n°7 page 37).

Les commerçants, les intermédiaires et les transporteurs sont généralement les populations riveraines de Ganvié, Sô-Ava, Houédogbadji et Aguégoués (tableau III page 35).

Ce sont les pêcheurs et les vendeuses de poissons qui se sont convertis temporairement ou définitivement en commerçants de carburant. Les raisons majeures de la conversion évoquées par les populations de pêcheurs sont :

- La non rentabilité des activités de pêche
- La baisse de rendement,
- Le manque ou la perte de domaine pour la pêche
- L'appauvrissement du lac ;

D'autres raisons telles que la diversification des activités et la couverture de la période de crue qui constitue pour les pêcheurs la période de soudure sont secondaires.

Les produits importés sont acheminés par petites embarcations motorisées ou à rame de 15 à 500 bidons de 50 litres. Au total 11500 bidons (soient 575.000 litres) de carburants (essence, gas-oil, huile à moteur et pétrole) transitent en moyenne par jour par le lac. La quantité importée dépend de la demande et varie selon la période de l'année. Les crises successives de carburant ont pour effet d'augmenter la demande . Ainsi, pendant la dernière crise de carburant due aux problèmes de gestion de la SONACOP, respectivement 8 et 4

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

barques ont été dénombrées aux débarcadères de Zogbo et d'Abomey-Calavi, entre six (6 heures) et treize (13) heures.

Les voies lacustres sont privilégiées et jouent un rôle considérable dans l'organisation du trafic. Elles sont spécialisées et permettent le transport des produits à moindre coût; cette spécialisation représente une base pour le développement et la pérennité du commerce. Le dynamisme des circuits de distribution participent également à l'évolution du trafic.

Tableau III: Estimation du trafic journalier des produits pétroliers au niveau du lac

III-1 : Estimation des embarcations

Origines des embarcations	Bonou	Adjohoun	Dangbo	Hozin	Gbadagri et Lagos	Ensemble des embarcations
Quantités de produits estimées en m ³	62,5	62,5	75	50	322,5	572,5

III- 2 : Estimation des débarcations

Destinations des embarcations	Calavi	Godomey	Zogbo	Awansori	Agbato	Dantokpa	Yénawa
Quantités estimées en m ³	206,5	41,0	41,0	41,0	41,0	61	41

Destinations des embarcations	Gbakpodji	Tchonvi	Kétonou	Sô-Ava	Houédogbadji et Ganvié	Ensemble des débarcations
Quantités estimées en m ³	36	36	22	6	0,5	572,5

Ampleur du trafic

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou sont très sollicités dans le trafic des produits pétroliers en provenance du Nigeria Environ trente (30) barques de 250 à 500 bidons transitent par l'eau chaque jour; les petites barques transportant 5 à 15 bidons ne sont pas dénombrées.

Au total, 2/5 à 3/5 des populations riveraines s'investissent dans le commerce des produits pétroliers actuellement. Par rapport à l'ensemble de la population, la proportion de commerçants des produits pétroliers a très peu évolué, mais leur nombre a considérablement augmenté du fait de la croissance démographique effrénée. Si nous remontons plus loin, nous pouvons constater que jusqu'en 1992, l'activité de pêche florissait. Elle était préférée à toute autre activité.

Le trafic des produits pétroliers était très faible et les risques de contraventions douanières étaient très grands. Des années soixante dix (70) aux années quatre vingt dix (90), le commerce des produits pétroliers est informel et est légalement sanctionné. Depuis 1993 et surtout avec l'interdiction de la pratique de pêche "MEDOKPOKONOU", l'activité de pêche a sérieusement régressé et la panacée trouvée par les populations reste le trafic des produits pétroliers qui du reste est devenu une activité informellement légale pour des raisons sociales.

Le nombre des commerçants a augmenté au cours des cinq dernières années. En 1994 environ 1/5 des populations riveraines faisait ce commerce; ce nombre a évolué progressivement et en 1999 le nombre de commerçants a été estimé au 3/5 des populations riveraines. Les petits détaillants sont plus nombreux; toutes les concessions des villages lacustres disposent au moins d'un vendeur de produits pétroliers. D'autres vendeurs en provenance de la terre ferme (Cotonou, Godomey, Calavi), pratiquent ce commerce par l'eau; ils sont pour la plupart des ressortissants de villages lacustres et leur nombre n'est pas maîtrisé.

Ce trafic compte tenu de l'augmentation du nombre de commerçants, de la maîtrise progressive des circuits d'acheminement par les douaniers, est de moins en moins rentable. Toutefois, bien que contraignant parfois, il permet aux personnes qui s'y investissent de se procurer le pain quotidien qui de plus en plus n'est pas garanti par la pêche.

Le bénéfice journalier varie selon notre enquête en fonction du type de vendeur, du type de produit et de la période de vente (période de crise ou d'accalmie). En temps normal, ce commerce rapporte en moyenne par jour:

- 500 à 1000 FCFA au petit vendeur (vendeur de pétrole surtout),
- 2000 à 5000 FCFA aux vendeurs en détail de carburants divers,
- plus de 5000 FCFA aux gros commerçants trafiquants et aux transporteurs (conducteurs de barques).

Le bénéfice en moyenne par bidon de 50 litres est d'environ 2500 FCFA pour les grossistes comme pour les détaillants; le chiffre d'affaire est fonction du nombre de bidons vendus qui varie de 1 à 500 pour les gros commerçants et de 1 à 10 pour les détaillants.

1-1-1-3 Impacts du trafic sur le lac

Le trafic des produits pétroliers, commerce non formel est combattu par les douaniers. Les tracasseries douanières constituent la principale difficulté que rencontrent les commerçants de produits pétroliers.

Les douaniers maîtrisent les circuits d'acheminement des produits pétroliers. Ils montent la garde avec des barques motorisées et interceptent les commerçants. Ces derniers fuyant le paiement des taxes douanières, empruntent des chemins détournés.

Les douaniers les pourchassent, font saisir les produits trafiqués, leur font payer des amendes et parfois leur font subir des sévices corporels. Les commerçants dans le souci d'éviter ces mauvais traitements trouvent des moyens pour se dérober. Dans cette tentative, il survient des déversements accidentels de produits dans le lac.

Toutefois, il arrive que les commerçants parviennent à s'échapper ; pour ce faire, ils empruntent des voies obscures. Parfois lorsque les trafiquants sont informés de la présence des douaniers, ils font cacher des bidons remplis de produits dans le lac, essayent de les localiser et reviennent en temps d'accalmie les récupérer. Acculés et mécontents de faire fortune gratuite aux douaniers, les commerçants déversent les produits dans le lac en perçant les bidons.

Ces produits déversés pour les populations riveraines, seraient sans influences négatives sur le lac et s'écouleraient vers la mer. Les effets signalés par les populations sont :

- le changement de couleur de l'eau surtout dans les concessions,
- l'odeur suffocante de l'eau ,
- l'ambiance atmosphérique au niveau du lac devient suffocante,
- les poissons morts seraient plutôt victimes d'un réchauffement de l'eau pour certains. Pour d'autres, les produits pétroliers déversés devaient en être la cause.

Le commerce des produits pétroliers ne se fait pas sans pertes; ces pertes sont notées surtout au cours des transports de produits. Elles sont caractérisées par des déversements des produits dans le lac :

- pour équilibrer les barques en surcharge afin d'éviter les naufrages,
- pour diminuer la charge des barques afin d'échapper aux poursuites douanières et sauvegarder une partie des produits,
- Pour nettoyer et mettre au propre les bidons sales chaque jour.

Ces déversements sont volontaires; les déversements accidentels sont dus aux causes suivantes :

- éclatements de bidons usagers,
- chavirement des barques lors des orages ou forces de courants non maîtrisables par les conducteurs.

Au total environ 15% des produits trafiqués sont déversés dans le lac pour les diverses raisons évoquées KITI(1993) [3].

I-1-2 Mesures des paramètres physico-chimiques du lac

Les différentes mesures ont été effectuées en période de décrue (janvier 2000): tableau IV. Des mesures mensuelles ont été aussi effectuées par la direction des pêches dans le cadre du projet pêche lagunaire. Elles nous ont permis d'avoir les données sur des paramètres physico-chimiques du lac au cours des trois dernières années; les résultats sont inscrits dans les tableaux V, VI et VII. Ces différents tableaux nous montrent respectivement les valeurs et l'évolution des paramètres physico-chimiques du lac de 1997 à 1999.

I-1-2-1 Température et pH

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou s'étendent entre 06°29' latitude Nord et 02°21' longitude Est. C'est un plan d'eau peu profond . Sa profondeur varie entre 56cm et 2.20m

soit une profondeur moyenne de 1.11m. Le lac présente un relief de fond non moins monotone. La profondeur atteint 9m au niveau du chenal de Cotonou.

Le substrat de fond varie d'un point à un autre; il est sableux avec du sable grossier par endroit, sablo-argileux, boueux et tapissé de coquilles d'huîtres ou de moules par endroit (Tchonvi et Ladji).

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou constituent un milieu naturel chaud; la Température de l'eau varie de 28.1°C à 32.6°C aux points de prélèvement soit une température moyenne de 29.70°C (figure n° 8).

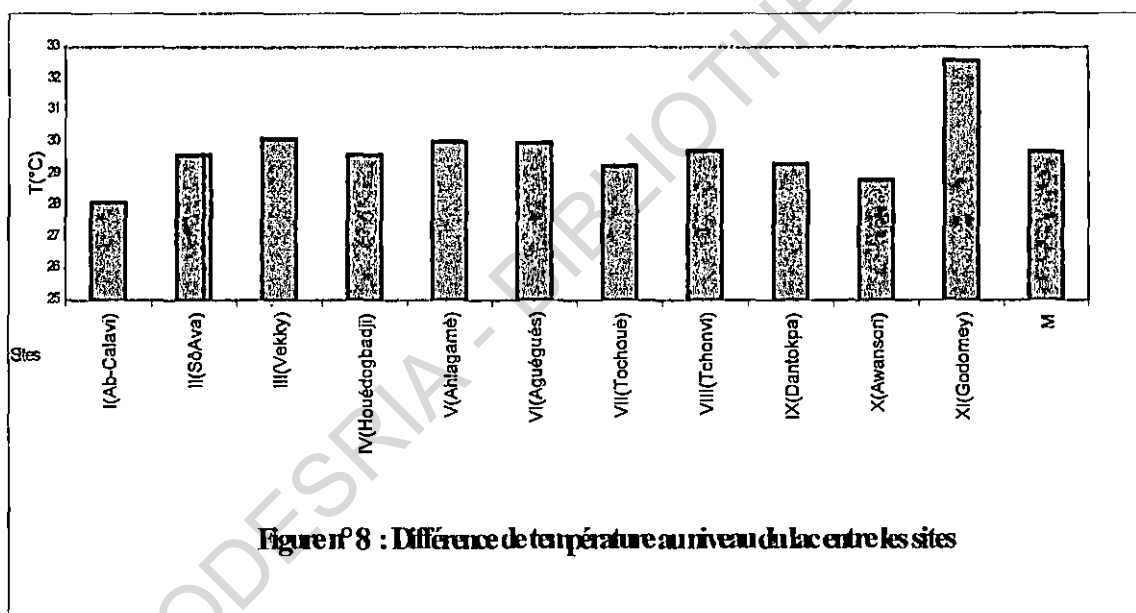


Figure n° 8 : Différence de température au niveau du lac entre les sites

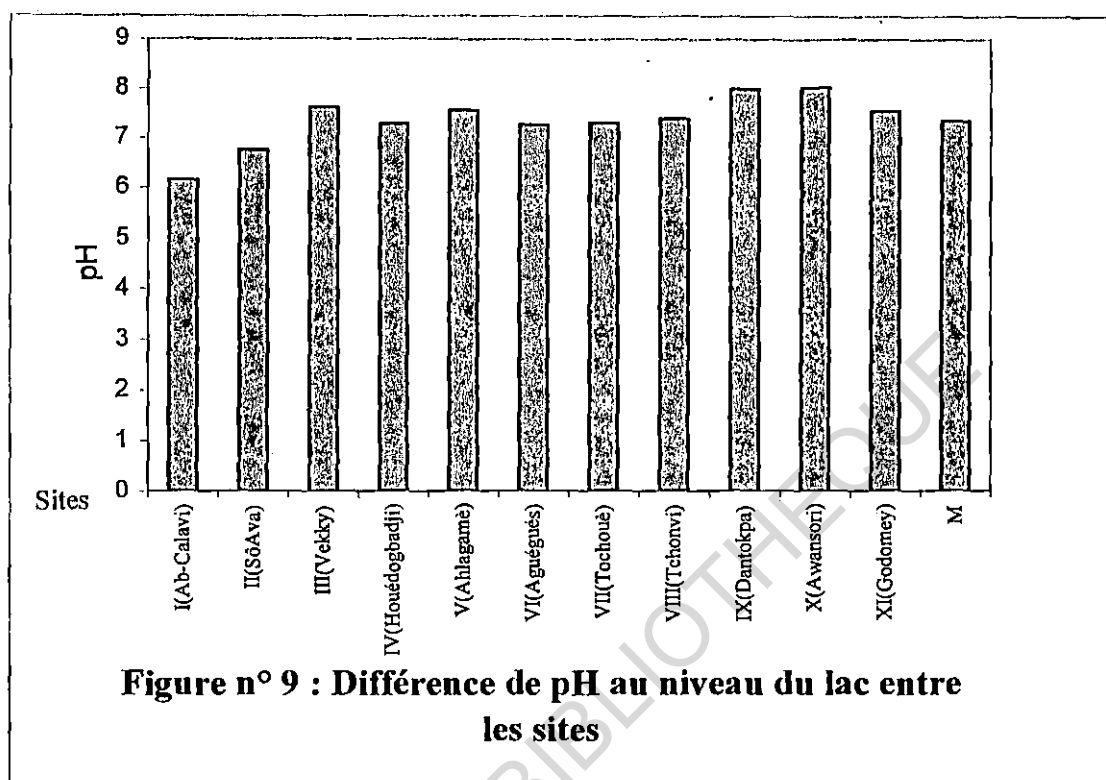
DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Tableau IV: Paramètres physico-chimiques du lac (janvier 2000)

Paramètres		Coordonnées géographiques	pH	Ox/Red mV	Conduct MS/Cm	Salinité ‰	T°C
Sites	Niveau de prélèvement						
Ab-Calavi	0.66 m	06°26'86N 02°21'75E	6.15	+ 22	21.9	13.3	28.1
Sô-Ava	1 m	06°29'47N 02°23'77E	6.71	+ 30	1.608	0.6	29.3
	1.30 m	06°29'47N 02°23'77E	6.80	+ 9	1.681	0.7	29.6
Vekky	0.65 m	06°29'09N 02°25'26E	7.62	- 35	16.63	9.9	30.1
Houédo gbadji	1 m	06°29'51N 02°26'78E	7.41	- 25	18.08	10.8	29.6
	1.21 m	06°29'51N 02°26'78E	7.15	- 6	18.98	11.4	29.6
Ahlagamè	1 m	06°25'86N 02°27'51E	7.77	- 45	30.8	19.2	30
	2 m	06°25'86N 02°27'51E	7.96	- 30	31.4	19.7	30
	2.20 m	06°25'86N 02°27'51E	7.92	- 52	31.7	20	30
Aguégoués	1 m	06°27'74N 02°30'99E	6.55	- 17	12.99	7.6	29.7
	1.17 m	06°27'74N 02°30'99E	7.39	- 18	11.13	7.6	30.2
Tchoué	1 m	06°26'19N 02°32'46E	7.32	- 15	13.96	8.2	29.1
	1.62 m	06°26'19N 02°32'46E	7.30	- 9	13.99	8.2	29.4
Tchonvi	0.88 m	06°24'65N 02°30'53E	6.93	- 5	16.55	9.9	29.7
Dantokpa	0.60 m	06°22'83N 02°26'06E	7.98	- 58	39	24.9	29.3
Awansori	1 m	06°23'7N 02°25'58E	8.02	- 59	42.3	27.3	28.8
	1.36 m	06°23'77N 02°25'58E	8.02	- 60	42.4	27.3	28.8
Godomey	0.56 m	06°24'34N 02°21'50E	7.55	- 31	25.2	15.4	32.6
Moyennes	1.11 m		6.99	- 22.4	21.51	13.44	29.69
Maximum	2.20 m		8.02	+ 30	42.4	27.3	32.6
Minimum	0.60 m		6.15	- 60	1.608	0.6	28.1

Malgré les apports hydriques de la Sô et de l'Ouémé, le lac demeure chaud. Cette situation peut s'expliquer par la diminution du volume de l'eau du lac du fait de la décrue, laquelle décrue serait progressive jusqu'au mois de mars d'une part et à la richesse de ce plan d'eau en déchets dont les hydrocarbures, d'autre part.

Le pH du lac et de la lagune de Cotonou varie entre 6.15 et 8.02; soit un pH moyen de 6.70 (figure n° 9 page 41). Il tend à être plus acide au niveau des débouchés de bras de fleuve et rivière qu'au niveau des autres points du lac. Le maximum du pH est atteint à Dantokpa où les marques de pollution sont grandes.



1-1-2-2 Salinité

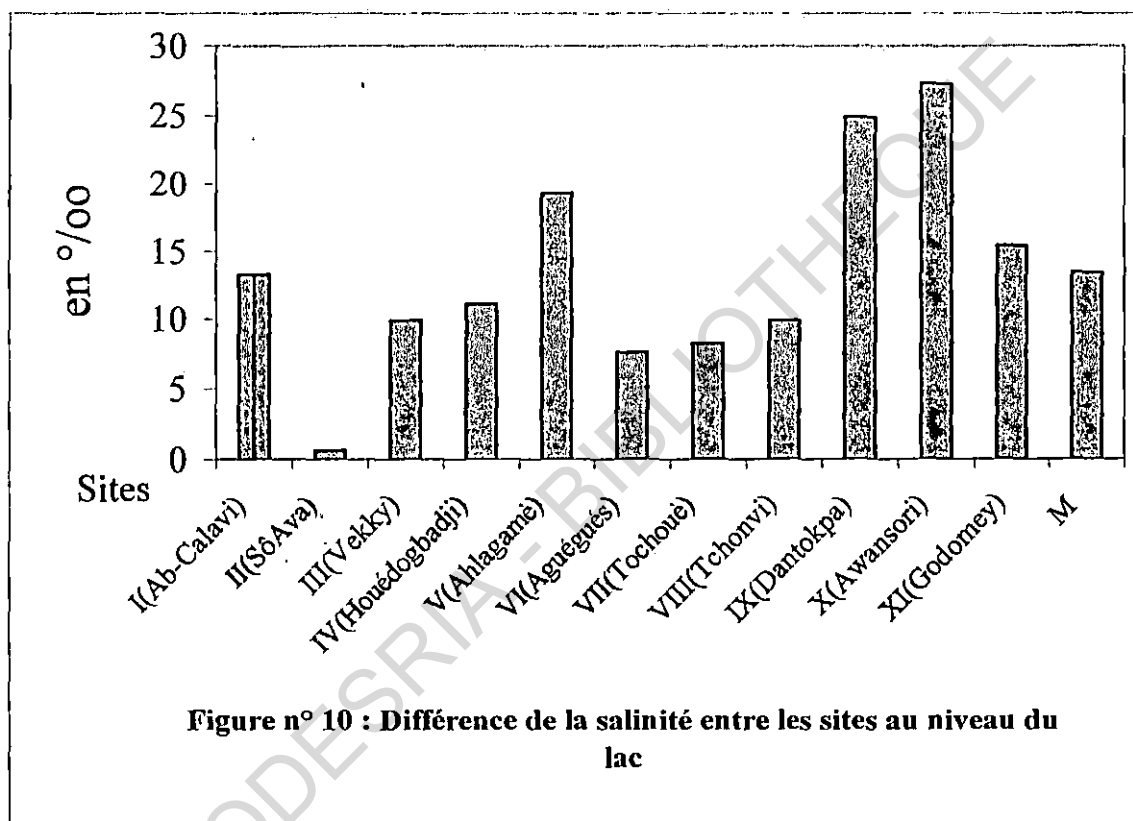
L'influence marine fait que l'eau du lac, saumâtre en période de crue, est salée en cette période au point où les embruns reçus sous l'effet du vent (de direction Sud-ouest - nord-est, très fort aux environs de 14 heures et provoquant des vagues importantes), laissent des grains de sel une fois asséchés sur la peau.

En effet la salinité de l'eau du lac et de la lagune de Cotonou varie de 0.6‰ (bras de la Sô), à 27.3‰ (Ladji); soit une salinité moyenne de 13.44‰ pour le lac (Figure n° 10 page 42).

Selon les informations reçues de la population, la salinité du lac augmente avec la décrue pour atteindre une valeur maximale en mars. Cette situation explique la présence d'espèces de poissons de mer dans le lac en cette période, alors que les espèces d'eau douce se font rares. On assiste dans le même temps à la disparition des jacinthes d'eau douce du lac d'autre part. Notons que, actuellement, ce sont les restes de jacinthes mortes qui flottent à la surfaces des eaux du lac en quelques endroits. Il n'existe pas de végétations au centre du lac et au niveau du chenal.

Il faut dire que les cours d'eau affluents (Sô et Ouémé) apportent de l'eau douce qui dilue localement l'eau du lac; c'est ce qui explique la baisse de la salinité aux points de débouché de ces cours d'eau (7‰ au large des Aguégus, 8.2‰ au niveau du chenal de Tochouè), surtout au niveau des bras de la Sô (6.0‰).

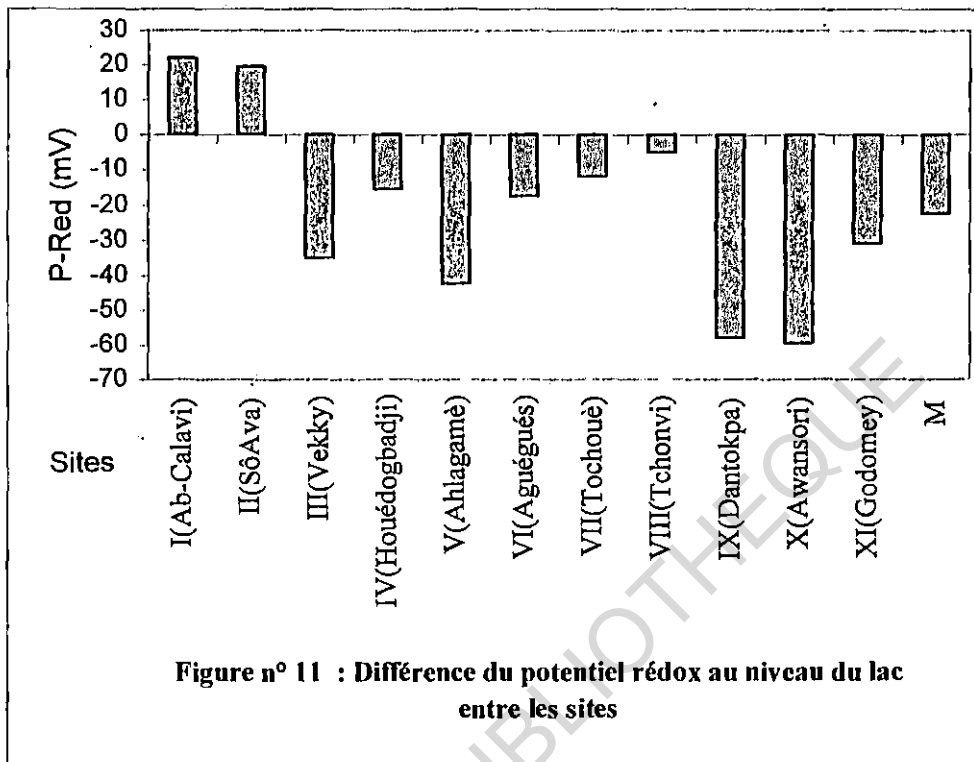
Cette dilution se confirme par la présence des jacinthes d'eau douce plus nombreuses au niveau de la Sô qu'au niveau du chenal de Tochouè.



1-1-2-3 Potentiel redox et conductivité

Le potentiel redox fluctue entre +9mV et -60mV (figure n°11 page 43); soit une valeur moyenne de -22.4mV pour le lac.

Il faut dire que le milieu naturel que constitue le lac et la lagune est très réduit. Et, les plus forts taux de réduction s'observent à Dantokpa (au niveau du chenal), à Awansori, Godomey-gbadji, Houédogbadji, Vekky, Ahlagamè où le potentiel redox est inférieur ou égal à -25mV, et où le degré de pollution est très élevé.



La conductivité varie également d'un point à un autre au niveau du lac, et, au niveau d'un point elle varie en fonction de la profondeur (figure n°12). Elle passe d'une valeur maximale de 42.4mS/cm à une valeur minimale de 1.608mS/cm avec une moyenne de 21.501mS/cm.

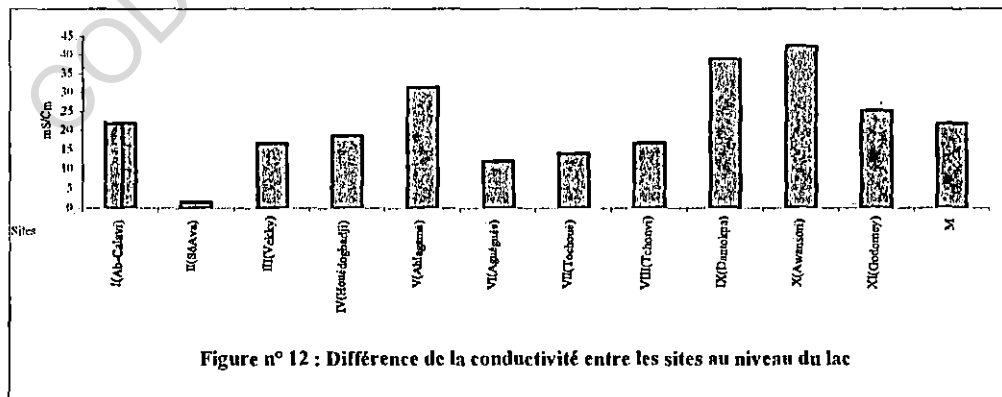
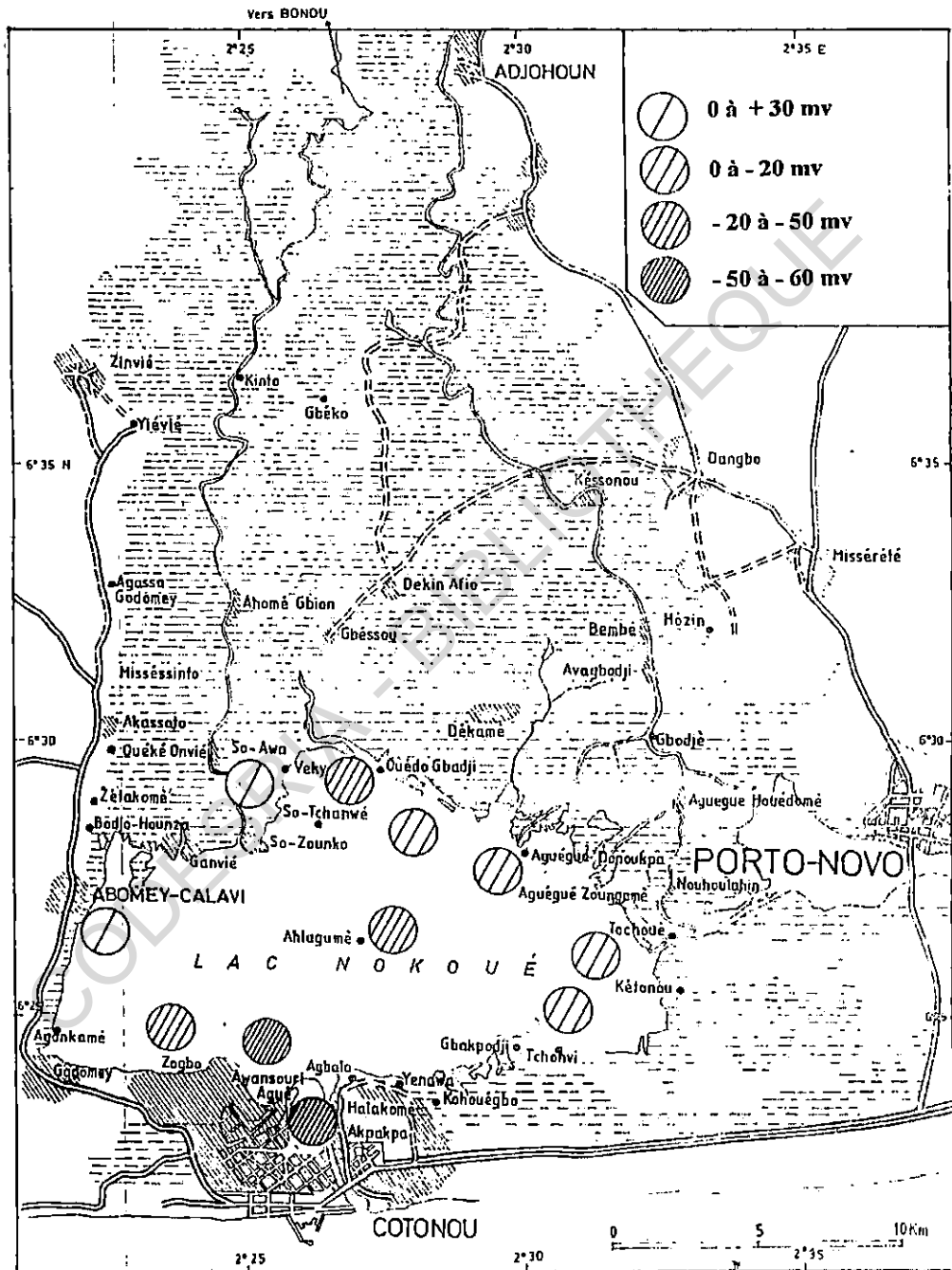


Figure n° 13 : Evolution du potentiel redox



I-1-2-4 relation entre les paramètres physico-chimiques

Il existe une relation entre les paramètres physico-chimiques de l'eau du lac. Toutes modifications de l'un des paramètres influencent les autres paramètres .

Les influences réciproques varient d'un paramètre à un autre. La température, le pH et la conductivité ont une influence réciproque faible. Leur modification n'entraîne pas strictement une modification des autres paramètres.

Les paramètres les plus dépendants sont la salinité et le potentiel redox. Toutes influences de ces paramètres engendrent strictement et de façon remarquable la modification des autres paramètres physico-chimiques à savoir la température, le pH et la conductivité. Les coefficients de corrélation R du potentiel redox et de la salinité sont respectivement 0.808 et 0.999. Ces deux paramètres influencent surtout le pH dont le coefficient de corrélation est égale à 0.896. La température influence également le pH mais dans une moindre mesure.

Le potentiel redox est caractéristique du taux d'oxygénation de l'eau. Lorsqu'il est négatif, il rend compte d'un faible taux d'oxygénation; lorsqu'il est positif, il rend compte d'un fort taux d'oxygénation. Le constat est que le potentiel se révèle très négatif dans les milieux où les marques de la pollution sont perceptibles (figure n°13 page 44); il s'agit :

- des traces d'hydrocarbures à la surface de l'eau,
- d'odeur répugnante de l'eau,
- des matières organiques en décomposition et en suspension,
- des déchets divers en putréfaction,
- couleurs noirâtre, jaunâtre, brunâtre voire brun verdâtre de l'eau,
- des cadavres de poissons.

L'écosystème lacustre que constitue le lac Nokoué et la lagune de Cotonou (ou chenal de Cotonou) est un milieu important à sauvegarder à tout prix.

La sauvegarde de ce milieu a une triple importance :

- primo, une importance économique qui résulte du fait que le lac Nokoué, le plus grand des lacs du Bénin (192 Km²), a une forte productivité économique pour le Sud-Bénin. La plupart des poissons, des crabes, des crevettes, des huîtres, des moules commercialisés dans les marchés et même exportés vers le Nigeria provient de ce plan d'eau.

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

- Secundo du fait de la fourniture des produits halieutiques (poissons, crabes, crevettes, moules et huîtres), le lac Nokoué et la lagune de Cotonou représentent la principale origine des sources de protéines animales pour les populations.
- Tertio, le lac est un milieu assez riche et diversifié (faune et flore aquatiques), il représente un joyau environnemental d'une importance écologique et biologique non mesurable mais en dégradation. Cette richesse environnementale mérite protection et conservation pour la sauvegarde de la diversité biologique à long terme afin de permettre aux générations futures d'en bénéficier.

Malheureusement ce milieu est dangereusement polluée. En plus des déchets solides biodégradables et non biodégradables, les eaux usées, les eaux d'égouts, les excréments humains etc., le déversement des produits pétroliers dû non seulement aux tractations douanières mais également aux surcharges des barques lors des trafics, provoque davantage la pollution de ce milieu qui se dégrade, devient asphyxiant et donc impropre au développement des organismes. Il s'appauvrit en produits halieutiques et subit ainsi une perte importante de la diversité biologique (tant animale que végétale).

Cette pollution se constate par les traces d'hydrocarbures à la surface de l'eau, caractérisée par les couleurs noirâtres, jaunâtres, brunâtres voire brun verdâtre que prend l'eau du lac dans certaines zones, ainsi que les odeurs suffocantes et malséantes qui se dégagent de l'eau dans certaines zones telles que le chenal, l'embarcadère d'Abomey-Calavi et les environs des villages lacustres.

La présence de polluants divers (hydrocarbures, matières organiques en décomposition et en suspension, divers gaz de biodégradation) influencent les paramètres physico-chimiques de l'eau du lac à savoir le PH, le potentiel redox et la température. Cette pollution pourrait avoir un effet sur la conductivité selon que le lac subit une dominance d'eau douce ou d'eau salée.

De même le lac Nokoué subit également une forte influence marine qui conditionne également ses caractéristiques physico-chimiques.

Les pressions d'exploitation, les systèmes d'exploitation inadéquats ont également une importance dans la dégradation de cet écosystème d'importance socio-économique. Entre autre système d'exploitation inadéquat, il faut signaler les barques usagers qui servent dans le transport des produits pétroliers. Ces barques du fait de simples fuites laissent déverser une quantité non négligeable de ces produits dans le lac.

Tableau V : Evolution des paramètres physico-chimiques du lac en 1997

Sites	paramètres	Janvier	février	mars	avril	Mai
Abomey-calavi	température	29	30	27	30	28,5
	pH	8	8	8	9	8
	salinité	26,91	28,82	27,54	26,26	25,25
Sô-Ava	température	27	30	27	30	29
	pH	7,8	8	8	8	7
	salinité	22,11	21,4	22,41	24,09	23,44
Vekky	température	27	29	27	29	27
	pH	8	8,2	8	8,5	7
	salinité	16,35	20,19	22,03	25,62	21,53
Houédogbadji	température	28	30,5	27	29	28
	pH	8,2	8	8	8,5	7,5
	salinité	17,95	22,11	22,03	26,91	19,74
Centre lac Ahlagamè	température	28,5	29,8	27	30	29
	pH	8	8	8	9	9
	salinité	23,96	27,23	27,21	29,2	24,6
Aguégués	température	28	30	26	29,5	28
	pH	7,8	7,8	8	8,5	7
	salinité	8,6	16,8	22,41	22,68	7,2
Tochouè	température	28,5	30	27	29,5	27,5
	pH	7,8	7,5	8	8	7
	salinité	8,1	15,39	21,13	21,53	5,79
Tchonvi	température	28	29	27	29	27
	pH	8	8,2	8	9	7,5
	salinité	21,78	25,85	29,45	28,82	20,25
Dantokpa	température	27,5	28	27	27	28
	pH	8	8	8	8	7,5
	salinité	32,66	35,23	34,45	35,35	31
Awansori Ladji	température	27	28	26	29	27
	pH	8	8	8	9	7
	salinité	29,78	30,48	27,79	31	25,34
Godomey Gbadji	température	27,5	29	29	29	26,5
	pH	8	8	7,5	8,5	7
	salinité	25,62	22,16	26	26	8,86

Source : Direction des pêches (1997)

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Tableau VI: Evolution des paramètres physico-chimiques du lac Nokoué (1998)

Sites	Paramètres	janvier	février	mars	avril	mai
Abomey- Calavi	température	30	30	31	31	30
	pH	8	8	8	9	9
	salinité	21,91	26,5	26,91	30,48	31,35
Sô-Ava	température	30	30	29	31	29
	pH	7	7,5	7,5	8	8,5
	salinité	12,83	11,29	22,81	26,4	27,94
Vekky	température	30	29,5	29	31	30
	pH	7	8	7,5	8,5	8
	salinité	9,51	15,5	20,63	25,62	29,49
Houédogbadji	température	30	30	29	31	30
	pH	8	8	7,9	8,5	9
	salinité	8,86	31	21,27	26,91	31,13
Centre lac Ahlagamè	température	30	30	30	31	30
	pH	7,5	8	8,1	9	8,5
	salinité	20,5	24,98	25,25	30,1	32,68
Aguégués	température	30,5	29	29	30	30
	pH	7,5	8	7	8,5	8,5
	salinité	4	14,74	15,39	23,31	25,37
Tochouè	température	30	29,5	29	31	30
	pH	7,5	8	7	8	8,5
	salinité	3,87	14,11	14,74	23,57	24,6
Tchonvi	température	29,5	29,5	29,5	30	29
	pH	8,5	8	8	9	8,5
	salinité	13,08	23,31	24,34	32,01	33,55
Dantokpa	température	29,5	28	29	30	28
	pH	8	8	7,5	8	8,5
	salinité	28,19	22,72	33,04	34,2	35,61
Awansori Ladji	température	29	29	29	30	28
	pH	7,5	8	7,5	9	9
	salinité	23,06	13,73	27,54	30,75	31,35
Godomey Gbadji	température	29	29	29	30	29
	pH	7,5	8	7,5	8,5	9
	salinité	20,5	22,16	26	28,82	30,48

Source: Direction des pêches (1998)

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Tableau VII : Evolution des paramètres physico-chimiques du complexe (1999)

Sites	paramètres	janvier	février	mars	avril	mai
Abomey-calavi	température	30	30	29	27	28
	pH	8	8	8	9	9
	salinité	10,64	2,85	3,48	3,48	3,48
Sô-Ava	température	30	30	27	27	28
	pH	7	7	7,5	8	8
	salinité	0,14	1,79	0,25	0,25	0,25
Vekky	température	30	29	27	27	28
	pH	8	8	7,5	8	8
	salinité	2,07	2,2	0,63	0,63	0,63
Houédogbadji	température	30	30	27	27	27
	pH	8	8	7,5	8	9
	salinité	2,34	2,07	0,76	0,76	0,76
Centre lac Ahlagamé	température	30	29	30	27	28
	pH	7,5	8	8	9	8,5
	salinité	2,85	2,72	2,59	2,72	2,72
Aguégués	température	30	29	29	29	28
	pH	7,5	8	7	8	8,5
	salinité	0,76	0,9	0,25	0,25	0,25
Tochoué	température	30	29,5	29	28	28
	pH	7,5	8	7	8,5	8,5
	salinité	0,76	0,9	0,25	0,25	0,25
Tchonvi	température	29	29,5	29	27	28
	pH	8,5	8	7	9	8,5
	salinité	0,16	1,66	0,63	0,76	0,76
Dantokpa	température	29,5	28	29	26	27
	pH	8	8	7,5	8	8,5
	salinité	4,13	4,25	2,97	3,1	3,22
Awansori Ladjì	température	29	29	27	27	27
	pH	8	8	7,5	8	8,5
	salinité	5,28	6,42	5,41	5,54	5,66
Godomey Gbadji	température	29	30,5	30	27	28
	pH	7,5	8	7,5	8,5	9
	salinité	10,64	9,24	7,95	7,83	7,83

Source : Direction des pêches (1999)

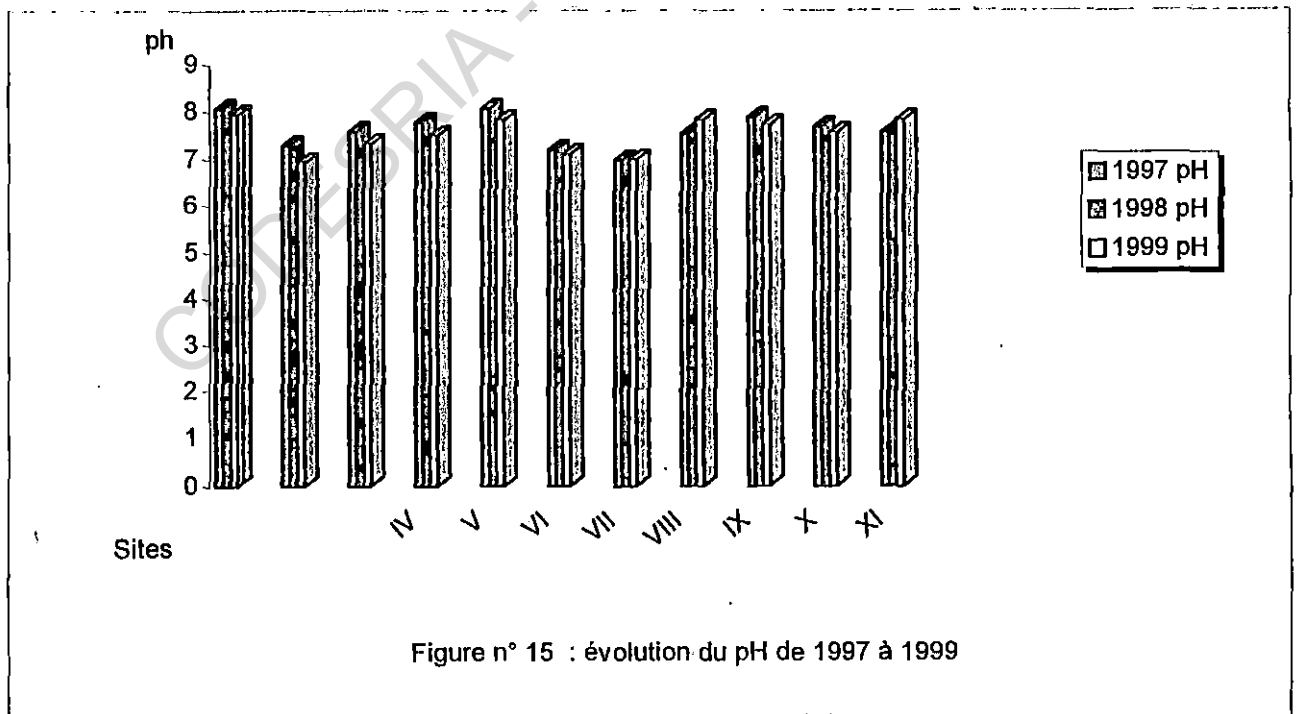
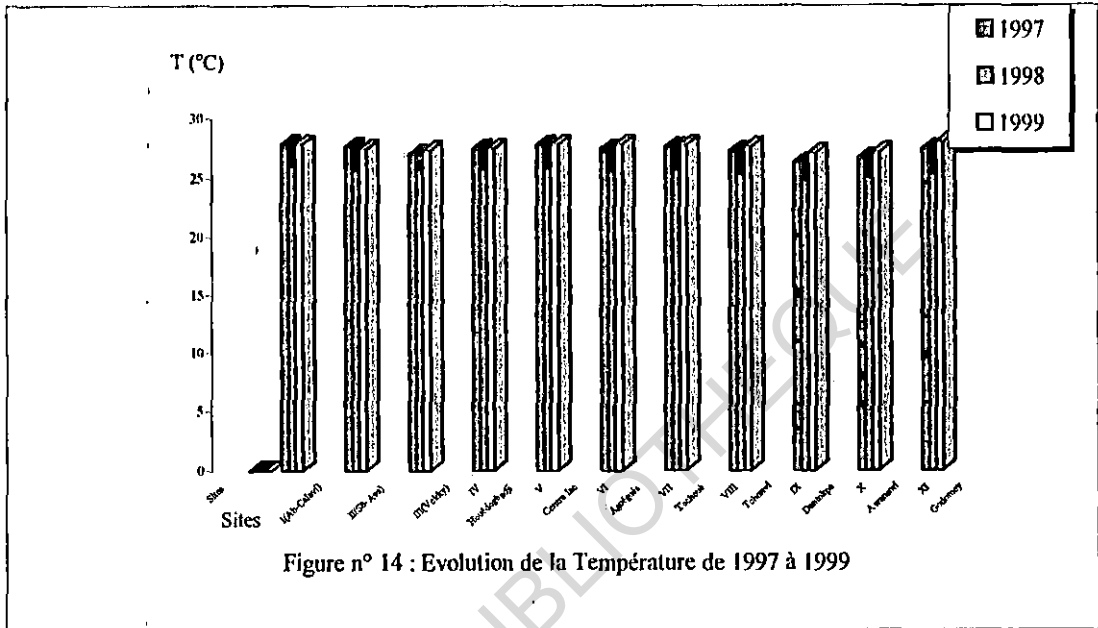
Tableau VIII : Moyenne inter annuelle des paramètres physico-chimiques (1997 à 1999)

Sites	1997			1998			1999		
	T°C	pH	S ‰	T°C	pH	S ‰	T°C	pH	S ‰
I (Ab-Calavi)	27,81	8,06	20,28	26	7,56	22,64	27,83	7,94	3,7
II (Sô-Ava)	27,63	7,29	15,22	25,67	6,56	16,35	27,44	6,94	0,39
III (Vekky)	27	7,59	15,02	25,72	7,06	16,76	27,33	7,33	0,85
IV (Houédogbadji)	27,44	7,78	14,87	25,78	7,32	18,62	27,44	7,5	9,7
V (Centre lac)	27,79	8,06	19,19	25,83	7,34	21,11	27,78	7,83	2,18
VI (Aguégués)	27,44	7,2	9,87	25,54	6,5	10,14	27,83	7,11	0,4
VII (Tochouè)	27,56	6,98	9,13	25,66	6,44	9,88	27,72	7	0,35
VIII (Tchonvi)	27,25	7,53	16,97	25,3	7,33	19,69	27,61	7,83	0,64
IX (Dantokpa)	26,25	7,88	30,79	24,81	7,11	26,9	27,06	7,72	2,74
X (Awansori)	26,63	7,69	23,52	25	7,39	21,88	27,11	7,56	4,58
XI (Godomey)	27,38	7,56	17,57	25,27	7,5	22,46	27,97	7,83	6,77

Le trafic ne constitue pas la seule source de déversement des hydrocarbures. Selon SCIORTINO et RAVIKUMA (1999) [12], les déchets résultants du fonctionnement des moteurs de barques, les effluents d'usines constituent également des sources de pollution des plans d'eau. Ces polluants participent à la dégradation profonde des milieux aquatiques, modifient les paramètres physico-chimiques, rendent les milieux impropres à la survie des organismes.

Les conséquences perceptibles sont: l'augmentation du caractère infestant des plans d'eau (développement de larves pathogènes), le pourrissement des herbes, le développement des affections hydriques diverses et le phénomène de mort massive des poissons.

Les paramètres physico-chimiques du lac sont très variables; ils varient d'un point à un autre et, au niveau d'un même point, les variations sont journalières, mensuelles, intra-annuelles et inter-annuelles. Elles évoluent entre un maximum et un minimum avec une moyenne elle-même variable au cours de la journée, du mois et des années (données de la Direction des pêches). Les figures 13, 14 et 15 (pages 44 et 51) montrent à la fois l'évolution de la température, du pH et de la Salinité et l'interrelation qui existe entre ces paramètres.



I-2 Analyse de laboratoire

Les sédiments et les organismes (poissons et crevettes) prélevés ont été traités au laboratoire de Pharmacognosie et des huiles essentielles. Les hydrocarbures accumulés dans les échantillons ont été extraits, dosés et analysés.

I-2-1 Dosage des hydrocarbures dans les sédiments et organismes

La méthode expérimentale utilisée est inspirée de celle utilisée par ONIANWA et ESSEIN (1999) [13].

Dans un erlenmeyer de 300 ml, on prélève 10 g de sédiment ou d'organisme (poissons ou crevettes). On ajoute 50 ml de méthanol ; après une agitation pendant 45 minutes au moyen d'un agitateur magnétique, on procède à une filtration sur papier.

A l'aliquote restante, on ajoute 50 ml d'hexane ; après une nouvelle agitation pendant 45 minutes, on procède à une nouvelle filtration sur papier filtre. Les extraits recueillis sont évaporés au rotavapor et les résidus sont pesés. Les résultats obtenus se présentent de la façon suivante :

Tableau IX : concentration en hydrocarbures par kg de sédiment

Sites de prélèvement	Quantité de sédiment prélevée en g	Quantité d'hydrocarbure extrait dans le méthanol en g	Quantité d'hydrocarbure extrait dans l'hexane en g	Quantité totale d'hydrocarbure extrait en g	Concentration des hydrocarbures en g/kg de sédiment
I Ab-Calavi	10	0,236	0,092	0,33	33
II Sô-Ava	10	0,164	0,013	0,177	17,7
III Vekky	10	0,486	0,077	0,563	56,3
IV Houédogbadji	10	0,791	0,055	0,846	84,6
V Ahlagamè	10	1,002	0,056	1,058	105,8
VI Aguégoués	10	0,489	0,135	0,624	62,4
VII Tochouè	10	1,287	0,089	1,376	137,6
VIII Tchouvi	10	0,277	0,054	0,331	33,1
IX Dantokpa	10	0,30	0,26	0,56	56
X Awansori	10	0,432	0,273	0,705	70,5
XI Godomey	10	0,124	0,171	0,295	29,5
Maximum	-	1,287	0,273	1,376	137,6
Minimum	-	0,124	0,013	0,177	17,7
Moyenne	-	0,508	0,116	0,624	62,4

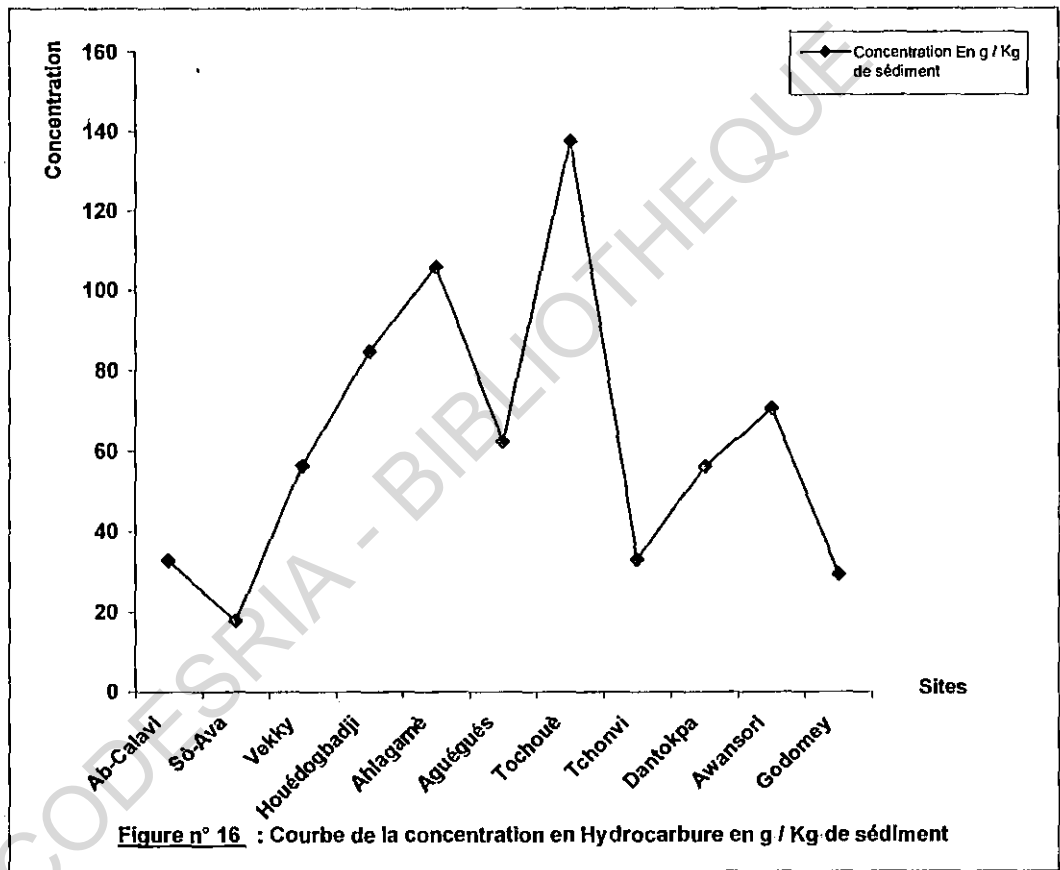
I-2-1-1 Concentration des hydrocarbures dans les sédiments

De l'analyse du tableau IX il ressort que les hydrocarbures s'accumulent dans les sédiments du lac. La quantité d'hydrocarbure accumulé varie d'un point à un autre.

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

De Abomey-Calavi à Ahlagamè (centre du lac), la concentration en hydrocarbure augmente progressivement de 33 à 105,8g/Kg pour atteindre son maximum à Tohouè (137,6g/Kg (Figure 16) .

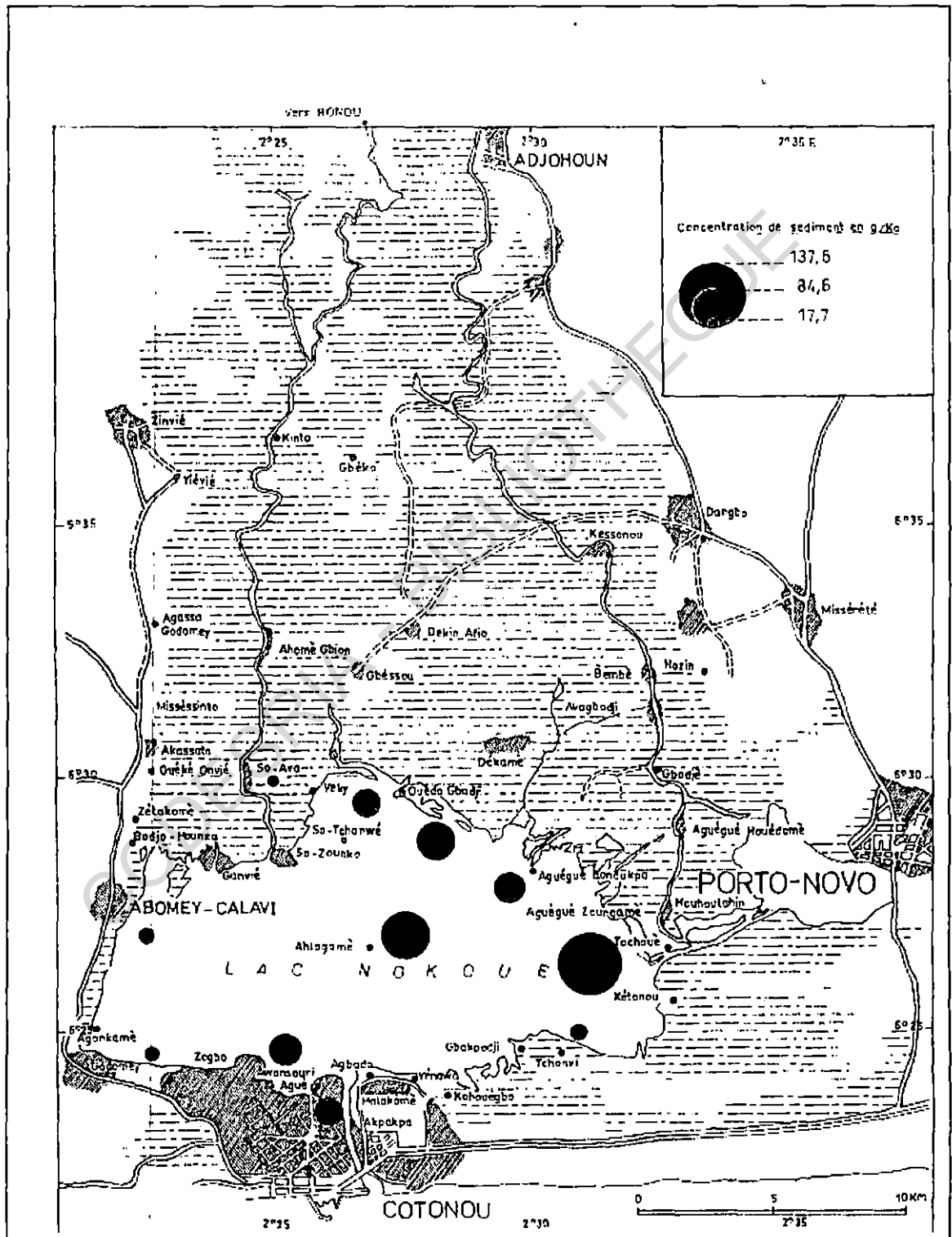
De Tohouè à Godomey elle chute de 137,6 à 29,5g/Kg . Elle connaît une fluctuation en général avec trois zones de forte concentration à savoir Ahlagamè (105,8g/kg), Tohouè (137,6 g/kg) et Awansori (70,5 g/Kg).



Selon nos investigations, le chenal de Tohouè qui connaît la plus forte concentration constitue le point de "confluence" des voies de trafic les plus importantes (Figure 7). A partir du chenal, commence la distribution des produits pétroliers de Tchonvi à Abomey-Calavi.

Le centre lac qui connaît également une forte concentration (105,8g/Kg), constitue la zone de passage vers les débarcadères importants tels que Dantokpa, Awansori, Zogbo, Godomey et Abomey-Calavi.

Figure N° 17 : Répartition de la concentration en hydrocarbure des sédiments au niveau du lac



La concentration baisse au fur et à mesure que la quantité de produits pétroliers transportés diminue. Ainsi très peu de produits pétroliers sont transportés par la rivière Sô où le sédiment prélevé révèle la plus faible concentration qui est 17,7g/Kg (Figure 17).

Dans les sédiments du lac, la concentration des hydrocarbures est fonction de l'intensité du trafic c'est ce qui explique les valeurs maximales obtenues à Tochouè, Ahlagamè et Awansori.

Elle varie au cours de l'année, en fonction des mouvements des eaux. Ainsi des prélèvements effectués en septembre montre qu'en période des hautes eaux (Juillet à Novembre), la concentration en hydrocarbures diminue et varie entre 0,1 et 0,3 g/Kg de sédiment au niveau du lac ROCHE INTERNATIONAL (2000) [16].

En période de basses eaux (novembre à juin), nous avons noté que la concentration en hydrocarbure des sédiments du lac augmente considérablement. Il faut noter que la période de décrue qui va de Novembre à Juin constitue la période d'activité intense pour les trafiquants de produits pétroliers utilisant les voies lacustres.

1-2-1-2 Concentration des hydrocarbures dans les organismes : poissons et crevettes

Les échantillons de poissons et de crevettes sont broyés à l'avance. Les extraits obtenus à partir de ces échantillons présentent au repos une phase de graisse surnageant qui n'a pas pu être éliminé à l'étape actuelle de nos investigations.

Les résultats bruts d'extraction sont présentés dans le Tableau X. Les observations faites nous permettent de dire que les hydrocarbures s'accumulent dans les organes des poissons et de crevettes du lac. Mais, dans le contexte de nos investigations, il est difficile pour nous d'une part, de faire une analyse approfondie de la concentration des hydrocarbures dans les organismes et, d'autre part, de confirmer que les valeurs du tableau X correspondent uniquement à des taux de graisse ou à des concentrations d'hydrocarbures accumulés dans les organes pour les poissons traités qui sont des carpes (*Tilapia sp.*) et des sardinelles (*Sardinella maderensis*).

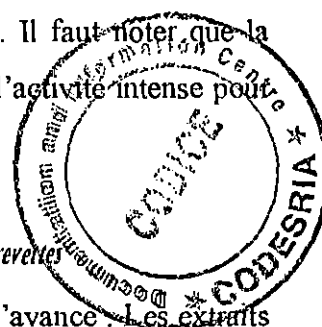


Tableau X : Concentration en hydrocarbures et en graisse par Kg de poissons / crevettes

Sites de prélèvement	Quantité de poissons / crevettes prélevée en g	Quantité d'hydrocarbure et de graisse extrait dans le méthanol en g	Quantité d'hydrocarbure et de graisse extrait dans l'hexane en g	Quantité totale d'hydrocarbure et de graisse extrait en g	Quantité totale d'hydrocarbure et de graisse extrait en g/Kg d'organisme
I Ab-Calavi	10	3,958	0,271	4,229	422,9
II Sô-Ava	10	3,013	0,168	3,181	318,1
III Veldy	10	3,561	0,004	3,565	356,5
IV Houédogbadji	10	2,986	0,231	3,217	321,7
V Ahlagamè	10	2,183	0,230	2,413	241,3
VI Aguégus	10	0,456	0,340	0,796	79,6
VII Tohouè	10	3,107	0,364	3,471	347,1
VIII Tchovi	10	1,553	0,942	2,495	249,5
IX Dantokpa	10	1,553	0,942	2,495	249,5
X Awansori	10	1,553	0,942	2,495	249,5
XI Godomey	10	1,553	0,942	2,495	249,5
Maximum	-	3,958	0,942	4,229	422,9
Minimum	-	0,456	0,004	0,796	79,6
Moyenne	-	2,619	0,385	3,003	300,3
Crevettes	-	2,750	0,911	3,661	366,1

L'observation du tableau X montre que la quantité totale d'hydrocarbures et de graisse baisse de Abomey-Calavi (422,9g/Kg) à Ahlagamè (241,3g/Kg). Elle chute brusquement aux Aguégus (79,6g/Kg) pour remonter et devenir constante (249,5g/Kg) de Tchovi à Godomey.

Les hydrocarbures s'accumulent dans les sédiments et les organismes FAO (1983) [17]; le taux d'accumulation dans les organismes reste à déterminer en raison de la présence de graisse dans les extraits. La méthode de saponification qui permet l'élimination des graisses est en cours.

Le développement et l'alimentation aux dépens du lac qui subit les déversements divers, justifient l'accumulation des hydrocarbures dans les organes des poissons et de crevettes.

I-2-2 Différents composés organiques des extraits

Les méthodes analytiques utilisées nous ont permis d'identifier les hydrocarbures de trois (3) à trente (30) atomes de carbone.

Plusieurs autres types d'hydrocarbures de produits pétroliers susceptibles de s'accumuler dans les sédiments et les organismes ne sont pas identifiés à cause des limites des appareils utilisés.

Ainsi les hydrocarbures à nombre d'atomes de carbone supérieur à 30 ne sont pas détectés bien que nous pensons qu'ils existent dans les extraits.

Plusieurs types d'hydrocarbures ont été identifiés. Il s'agit des hydrocarbures linéaires, ramifiés cycliques, insaturés, saturés, aromatiques, polycycliques. Les composés organiques identifiés dans les sédiments et les organiques du lac Nokoué et de la lagune de Cotonou sont des alcanes, des alcènes, des alcynes, des aldéhydes, des cétones et des acides organiques.

Les plus nombreux sont ceux qui ont un nombre d'atomes de carbone variant entre 7 et 10, soient les C₇, C₈, C₉ et C₁₀. Les hydrocarbures dont le nombre d'atomes de carbone varient entre 10 et 30 sont en faible quantité. Les résultats expérimentaux sont consignés dans les tableaux XI et XII (pages 58 et 60). L'analyse de ces résultats montre que les hydrocarbures s'accumulent dans les organismes. En général, les hydrocarbures aromatiques, cycliques, et les acides organiques dont la dégradation est très lente dans le milieu sont ceux majoritairement détectés dans les extraits. Dans les organismes, les dérivés du benzène représentent environ 15% des composés identifiés (tableau XII page 60). Il faut dire que ces dérivés benzéniques sont dangereux car ils peuvent induire des gènes cancérogènes. Les résultats du tableau XII sont obtenus grâce à la chromatographie couplée avec la spectrométrie de masse.

Les analyses se poursuivent avec les extraits des poissons et des crevettes.

Les types d'hydrocarbures détectés sont les mêmes au niveau de tous les sites de prélèvement ; il n'existe pas une spécificité dans la répartition des hydrocarbures au niveau du lac Nokoué et de la Lagune de Cotonou ; pour les prélèvements d'organismes les analyses sont en cours.

Le nombre d'hydrocarbures détectés varie d'un site de prélèvement à un autre. En général au niveau du lac, très peu d'hydrocarbures légers (petites chaînes linéaires) sont détectés. Huit (8) des onze (11) échantillons ont révélé trois (3) à sept (7) hydrocarbures légers ; les trois (3) autres sites ont révélés dix (10) à quinze (15) hydrocarbures (Tableau XIII pages 65)).

Selon les observations de terrain, les sites d'Abomey-Calavi, de Dantokpa et d'Awansori présentent des indicateurs physiques de pollution et d'accumulation d'hydrocarbures tels que : la couleur noirâtre, l'aspect boueux et les odeurs nauséabondes, suffocantes, et piquantes de l'eau.

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Nègro-Africain "

TABLEAU XI : Hydrocarbures détectés dans les sédiments sur la base de la référence disponible

N° échantillon	Site de prélèvement	Hydrocarbures détectés	Temps de rétention en minutes	Température d'éluion en degré °C	Indice de Kovats
I	Ab-Calavi	C8	6,22	81,1	833
		C8	6,86	84,3	863
		C9	7,41	87,05	906
		C9	7,59	87,95	913
		C9	7,68	88,4	919
		C9	7,74	88,7	919
		C11	13,06	115,3	1116
		C12	17,69	138,45	1289
		C13	18,62	143,1	1326
		C24	40,75	253,75	2488
II	Sô-Ava	C9	7,58	87,9	912
		C9	8,37	91,85	942
		C10	11,26	106,3	1052
III	Velky	C8	5,06	75,3	806
		C8	5,5	77,5	825
		C9	8,36	91,8	942
IV	Houédogbadji	C8	5,0	75,0	803
		C8	5,34	76,7	819
		C8	5,8	79	840
		C9	8,81	94,05	957
V	Ahlagamè	C8	6,75	83,75	879
		C8	6,87	84,35	884
		C9	7,59	87,95	913
		C9	8,15	90,75	935
		C10	11,14	105,7	1047
VI	Aguégués	C7	4,05	70,25	743
		C7	4,09	70,45	745
		C7	4,12	70,6	747
		C7	4,7	73,5	785
		C8	5,14	75,7	810
		C8	6,35	81,75	863
		C9	8,02	90,1	930
VII	Tochouè	C7	4,29	71,41	759
		C7	4,36	71,8	763
		C7	4,91	74,55	799
		C8	5,37	76,85	820
		C8	6,6	83,0	873
		C9	9,33	96,65	979

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

TABLEAU XI : Hydrocarbures détectés dans les sédiments sur la base de la référence disponible (suite)

VIII	Tchonvi	C7	4,48	72,4	771
		C7	4,75	73,75	789
		C7	4,83	74,15	794
		C8	5,08	75,4	807
		C8	5,54	77,7	828
		C8	6,76	83,8	880
		C9	8,39	91,95	944
IX	Dantokpa	C7	4,43	72,15	768
		C7	4,47	72,35	771
		C7	4,49	72,45	772
		C7	4,50	72,5	772
		C7	4,52	72,6	774
		C7	4,53	72,65	774
		C7	4,74	73,7	788
		C7	4,81	74,05	792
		C7	4,89	74,45	798
		C8	5,06	75,3	806
		C8	5,4	77	821
		C8	5,49	77,45	825
		C8	6,72	83,6	878
		C9	8,33	91,65	942
C9	9,43	97,15	983		
X	Awansori	C7	4,37	71,85	764
		C7	4,43	72,15	768
		C7	4,44	72,2	769
		C7	4,45	72,25	769
		C7	4,46	72,3	770
		C7	4,65	73,25	782
		C7	4,72	73,6	787
		C7	4,8	74,0	792
		C8	4,97	74,85	802
		C8	5,3	76,5	817
		C8	5,4	77,0	821
		C9	8,22	91,1	938
		C9	9,36	96,8	980
C18	30,3	201,5	1858		
XI	Godomey	C4	1,68	58,4	410
		C9	8,08	90,4	933
		C9	8,7	93,5	956
		C10	11,81	109,05	1071
		C12	16,1	130,5	1229

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Tableau XII : Hydrocarbures et autres composés organiques identifiés

Tableau XII-A : Hydrocarbures et autres composés organiques identifiés dans les sédiments					
Composés organiques	Temps de rétention (mn)	Surface %	probabilité	SI	RSI
MM=42 (cyclopropane ou propène)	5,66	Tr			
Isobutane	11,04	0,1	79,9	939	947
1-Propène, 2-méthyl	11,50	Tr	25,7	951	953
2-Butène	11,60	Tr	27,9	956	963
Butane	12,32	0,6	50,0	862	869
2-Butène (E)	12,63	0,2	34,7	970	974
Acétone	15,55	0,3	74,9	878	943
Cyclopropane, 1,2-diméthyl-, cis-	16,65	0,3	19,4	782	899
1,3-Pentadiène (Z)	17,00	Tr	20,6	776	921
Butane, 2-méthyl	17,49	4,1	55,6	813	848
MM=70	17,81	1,9			
1,3-Butadiène, 2-méthyl	18,20	0,1	20,2	930	934
Cyclopropane, 1,1-diméthyl-	18,31	1,2	21,5	901	902
Pentane	18,45	1,6	19,4	747	749
2-Pentène	18,56	3,1	38,9	770	770
1,3-Pentadiène (E)	19,21	0,1	19,8	939	942
Cyclopentane	19,38	0,3	41,1	874	912
Butane, 2, 2-diméthyl-	22,03	0,3	78,1	947	955
MM=84 (C ₆ H ₁₂)	22,50	0,9			
2-Pentène, 2-méthyl-	22,64	0,5	22,6	947	947
Butane, 2, 3-diméthyl-	22,97	0,8	65,1	761	801
Pentane, 2-méthyl	23,05	3,1	59,9	791	893
1-Pentène, 2-méthyl-	23,26	1,0	39,0	911	911
Pentane, 3-méthyl-	23,49	2,1	71,2	941	948
3-Hexène (Z)	23,63	1,5	20,0	847	855
1-Pentène, 3-méthyl-	23,81	1,1	19,4	804	895
Cyclopentane, éthyl-	23,89	1,4	23,1	730	723
1-Hexène	24,06	3,7	24,3	783	854
1,5-Hexadiène	24,31	1,9	31,2	872	877
3-Hexyne	24,59	Tr	24,3	751	896
2, 4-Hexadiène (E,E)	24,81	0,1	19,4	922	951
Cyclohexane	25,12	0,7	53,5	887	887
Cyclohexène	25,30	0,3	20,8	889	916
2, 4-Hexadiène (E,Z)	25,65	Tr	15,6	864	910
2, 4-Hexadiène (Z,Z)	25,76	Tr	19,4	883	924
1-Butène, 2,3,3-triméthyl	26,94	0,2	20,8	708	789
Pentane, 2,4-diméthyl-	27,04	0,7	68,2	933	934
3-Hexène, 2-méthyl	27,36	0,1	19,4	845	856
Cyclopropane, 1,2-diméthyl	27,43	0,1	24,3	871	906
4-Méthyl-2-hexène (cis-trans)	27,60	0,2	27,9	909	914
Cyclopentène, 4,4-diméthyl-	27,67	0,2	24,3	857	866
1,4-hexadiène, 4-méthyl-	27,77	0,3	19,4	774	811
Cyclopentane, 1,3-diméthyl-	27,93	1,0	24,3	908	910

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Tableau XII : Hydrocarbures et autres composés organiques identifiés (Suite)

Tableau XII-A : Hydrocarbures et autres composés organiques identifiés dans les sédiments					
Composés organiques	Temps de rétention (mn)	Surface %	probabilité	SI	RSI
Hexane,2-méthyl-	28,08	2,7	63,3	784	795
Hexane,3-méthyl-	28,26	2,5	24,3	792	854
2-Hexène,4-méthyl-	28,53	2,1	24,3	876	879
3-Heptène	28,74	0,5	19,4	882	892
2- Heptène	28,86	0,9	33,3	925	940
Heptane	28,99	2,1	75,5	873	877
Cyclohexane,méthyl-	29,25	2,3	60,0	843	848
Toluène	29,64	5,7	59,2	886	890
Cyclopentane, 1,2,4-triméthyl-	31,44	0,3	28,8	774	809
Hexane, 2,3-diméthyl-	31,70	0,8	19,8	819	859
MM=112	31,88	0,5			
4-Octène (Z)	33,21	0,4	19,4	807	886
Cyclohexane,1,4-diméthyl-	33,28	0,5	19,4	863	890
Octane	33,42	1,6	60,8	877	921
Cyclopentane, propyl-	33,85	0,1	54,6	817	941
Ethylbenzène	34,05	2,4	28,6	875	882
Para-xylène	34,28	6,2	12,6	779	798
Méta-xylène	35,02	3,1	21,9	869	874
Heptane, 1,4-diméthyl-	35,63	0,2	24,3	829	872
Heptane,2-méthyl-	35,83	0,4	19,4	729	854
1-Hexène, 3,5,5-triméthyl-	35,95	0,9	27,6	790	849
3-Heptène, 2,6-diméthyl-	36,27	0,1	22,3	722	841
MM=128	36,46	0,3			
Octane,4-méthyl-	36,57	0,7	19,4	796	858
Octane,2-méthyl-	36,68	0,9	50,0	880	912
Octane,3-méthyl-	36,79	1,0	47,8	844	865
2-Nonène	37,10	0,5	21,8	714	879
Benzène,1-éthyl, 4-méthyl-	38,07	2,5	25,6	670	863
MM=120	38,23	1,5			
Benzène, 1,3,5-triméthyl-	38,38	2,0	26,3	851	913
Benzène,1-éthyl-2-méthyl-	38,60	1,3	28,8	878	911
Benzène, 1,2,4-triméthyl-	39,01	2,8	29,4	880	885
Octane, 2,5-diméthyl-	39,46	0,2	42,2	821	925
Benzène, 1-propényl-	39,70	0,6	19,4	789	892
Benzène,x,x,x-triméthyl-	39,84	1,0			
Nonane,4-méthyl-	40,27	0,2	36,5	782	862
Nonane,2-méthyl-	40,42	0,3	19,4	800	846
Nonane,3-méthyl-	40,56	0,3	47,7	874	923
Benzène, 1,4-diéthyl-	40,76	0,1	19,4	835	869
Trans 4-décène	40,87	0,2	19,4	838	881
Décane	41,24	0,3	24,3	905	926
Benzène, 1,3-diéthyl-	41,58	0,2	35,9	855	935
Benzène,diéthyl-	41,77	0,8	29,3	886	916
Benzène, 1-méthyl-2-propyl-	41,99	0,3	26,6	808	867

Tableau XII : Résultats expérimentaux, Hydrocarbures identifiés (Suite)

Tableau XII-A : Hydrocarbures et autres composés organiques identifiés dans les sédiments					
Composés organiques	Temps de Rétention (mn)	Surface %	probabilité	SI	RSI
Benzène, (méthylpropyl)-	42,14	0,1	40,7	834	853
MM=134 (C ₁₀ H ₁₄)	42,39	0,4			
Benzène, 1-méthyl-3-(méthyléthyl)-	42,62	0,3	22,1	856	880
Benzène, 1-méthyl-2,4-diméthyl-	42,80	0,4	20,0	892	892
Benzène, 1-méthyl-4-(méthyléthyl)-	43,64	0,2	19,5	779	892
Benzène, 1,2,4,5-tétraméthyl	43,99	0,1	20,2	875	895
MM=134 (C ₁₀ H ₁₄)	44,15	0,3			
Indane, 5-méthyl-	44,39	0,1	21,7	802	825
Benzène,4-éthényl-,1,2-diméthyl-	44,79	0,2	19,4	790	841
Undécane	8,05	Tr	19,4	624	864
Diéthyl phtalate	12,34	0,5	94,7	952	959
Acide tétradécanoïque	13,80	Tr	62,1	789	913
Isopropyl myristate	14,22	Tr	67,6	743	849
Acide hexadécénoïque, Z-11	14,95	Tr	19,4	623	796
Soufre (S ₈)	15,10	0,2	97,5	776	878
Cholesta-3,5-diène	19,92	Tr	16,0	563	649
Cholestérol	20,83	Tr	21,7	540	642
Cholesta-22,24-diène-5-ol,4,4-diméthyl-	21,43	Tr	33,4	665	786

Tableau XII : Résultats expérimentaux, Hydrocarbures identifiés (fin)

Tableau XII-B : Hydrocarbures et autres composés organiques identifiés dans les organismes					
Composés organiques	Temps de rétention (mn)	Surface %	probabilité	SI	RSI
Ethanol	0,72	9,4	73,8	856	879
Butane,2,2-diméthyl	0,77	1,0	49,1	855	864
Pentane,2-méthyl	0,82	5,8	67,2	903	906
Pentane,3-méthyl	0,84	2,4	70,8	942	844
Chloroforme	0,88	33,3	91,1	695	697
Cyclopentane, méthyl	0,93	00	60,8	905	948
1-Butanol	1,01	0,7	65,5	907	918
Ethane,1,1-diéthoxy	1,29	0,3	23,1	667	836
Propane,2,2-diéthoxy	1,59	1,3	94,6	922	922
3-Penten-2-one,4-méthyle	1,74	0,1	60,9	920	932
2-Pentanone, 4-hydroxy-4-méthyle	2,19	1,2	93,8	896	897
Pentadécane	11,92	0,2	19,4	768	942
Diéthyl Phtalate	12,33	0,5	94,6	942	952
Heptadécane	13,43	0,2	19,4	901	920
Acide tétradécanoïque	13,80	0,8	76,7	929	960
Acide pentadécanoïque	14,45	0,2	64,9	853	900
Acide hexadécanoïque, Z-11	14,97	1,3	56,5	910	952
Acide hexadécanoïque	15,14	7,6	54,2	897	902
Acide heptadécanoïque	15,72	0,2	46,4	820	921
(Z,Z)-9,12 acide octadécadiénoïque	16,10	0,4	50,0	832	866
Acide 9-octadécanoïque	16,15	0,8	32,7	889	911
Acide oléique	16,18	0,8	27,6	805	859
Acide octadécanoïque	16,32	3,9	53,0	882	895
4,7,10,13,16,19-docosahexaénoate de méthyle	18,05	2,0	49,1	843	874
<i>Phase stationnaire</i>	<i>19,40</i>	<i>0,1</i>			
Cholesta-3,5-diène	19,91	0,2	24,2	876	925
Cholesta-5,22-diène-3-ol, (3β),	20,65	0,1	60,9	803	882
Cholestérol	20,83	5,4	43,7	895	932
(E)-24-propylidiènecholestérol	21,24	0,2	32,5	718	787

La concentration en hydrocarbures n'est pas fonction du nombre détectés ; elle est fonction de la densité du trafic au niveau du site d'une part et le fait du drainage de sédiment contaminé par les courants d'autres part.

Selon les observations de terrain et les résultats d'analyses, des hydrocarbures détectés existent à l'état naturel dans les produits pétroliers : essence surtout (Tableau XIV page 66) mais résulteraient également de la décomposition des hydrocarbures lourds à chaînes complexes dans le milieu. C'est ce qui explique leur abondance dans les sédiments aux endroits où les indices physiques de pollution (putréfaction) sont facilement perceptibles à savoir Abomey-Calavi, Dantokpa et Awansori (Tableau XIII et figure 18 page 65).

Les hydrocarbures qui s'accumulent dans les sédiments et les organismes sont de différents types ; seuls ceux qui sont plus légers ont été révélés à l'étape actuelle de nos investigations ; les plus complexes et les plus lourds seront identifiés ultérieurement.

De la même manière, les analyses seront approfondies au niveau des organismes à l'avenir ; ainsi les différents types d'hydrocarbures accumulés dans les organes des poissons et des crevettes seront exhaustivement identifiés.

TABLEAU XIII : Concentration et nombre d'hydrocarbures détectés

N° de l'échantillon	Sites de prélèvement	Concentration en hydrocarbures g/Kg de sédiment	Nombre d'hydrocarbures détectés
I	Abomey-Calavi	33	10
II	Sô-Ava	17,7	3
III	Vekky	56,3	3
IV	Houédogbadji	84,6	4
V	Ahlagamè	105,8	5
VI	Aguégués	62,4	7
VII	Tochouè	137,6	6
VIII	Tchonvi	33,1	7
IX	Dantokpa	56	15
X	Awansori	70,5	14
XI	Godomey	29,5	5
Maximum	-	137,6	15
Minimum	-	17,7	3
Moyenne	-	62,4	7

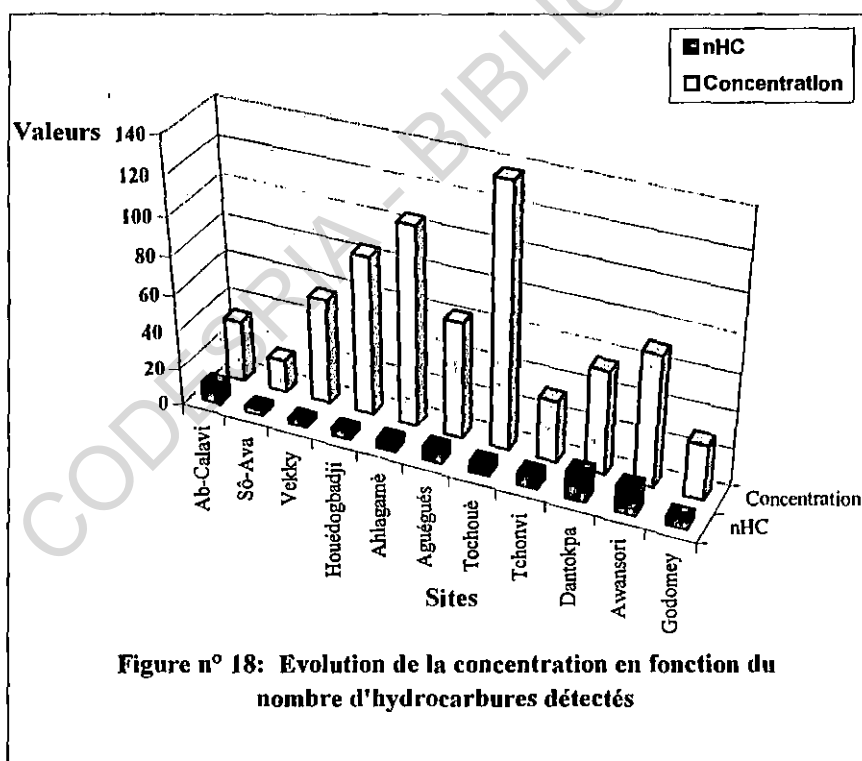


Figure n° 18: Evolution de la concentration en fonction du nombre d'hydrocarbures détectés

DEA : Gestion de l'Environnement
 " Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Tableau XIV : hydrocarbures détectés dans les échantillons de références sur la base de la référence d'alcane disponibles.

ECHANTILLONS	HYDROCARBURES DETECTES	TEMPS DE RETENTION (min) T_R	TEMPERATURE D'ELUTION $T_x = T_i + \nu T_R$	INDICE DE KOVATS $I = 100(n + \log T_x + \log T_{cn}) / \log T_{cn} - \log T_{cn}$
Essence ordinaire	C8	5,95	79,75	846
	C8	6,6	83,0	873
	C8	6,92	84,6	886
	C8	7,03	85,15	890
	C9	7,28	86,4	901
	C9	7,41	87,05	906
	C9	7,61	88,05	914
	C9	7,87	89,35	924
	C9	8,06	90,3	932
	C9	8,12	90,6	934
	C9	8,38	91,9	944
	C9	8,5	92,5	949
	C9	8,61	93,05	953
	C9	8,73	93,65	957
	C9	8,92	94,6	964
	C9	9,17	95,85	974
	C9	9,4	97,0	982
	C9	9,58	97,9	988
	C9	9,68	98,45	992
	C10	10,15	100,75	1009
	C10	10,32	101,6	1016
	C10	10,46	102,3	1021
	C10	10,63	103,15	1028
	C10	10,76	103,8	1029
	C10	10,92	104,6	1035
	C10	12,08	110,4	1073
	C10	12,24	111,2	1078
	C10	12,38	111,9	1082
	C10	12,66	113,3	1091
	C11	12,95	114,75	1112
C11	13,63	118,15	1138	
C11	13,99	119,95	1151	
C11	14,18	120,9	1158	
C11	14,34	121,7	1159	
C11	14,82	124,1	1181	
C11	15,01	125,05	1188	
Huile à moteur SAE 40	C7	3,92	69,6	734
	C7	4,09	70,45	745
	C7	4,16	70,8	750
	C7	4,46	72,3	770
	C7	4,72	73,6	787

I-2-3 Influence des hydrocarbures sur le lac Nokoué et la lagune de Cotonou

Le lac Nokoué et la lagune de Cotonou constituent comme cela a été signalé un écosystème dynamique. Les hydrocarbures (comme tout polluant), ont des influences certaines sur le milieu (biotope) et les êtres vivants de ce milieu (biocénose).

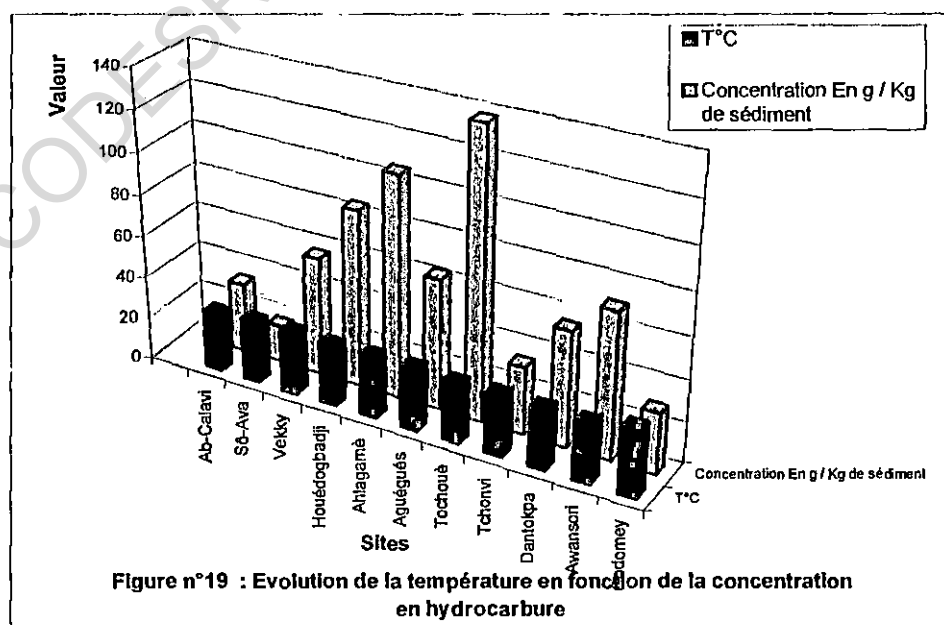
I-2-3-1 Influence des hydrocarbures sur les paramètres physico-chimiques du lac

I-2-3-1 -1 Influence sur la température du lac

L'augmentation de la concentration en hydrocarbures n'entraîne pas toujours une augmentation de la température (Tableau XV et Figure 19). Il est à remarquer que la température comme la concentration en hydrocarbures varie en fonction de la période de l'année ; en période de crue (juillet à octobre) elles (concentration et température) diminuent tandis qu'en période de décrue (novembre à juin) DIRECTIONS des PÊCHES (1995)[18] elles augmentent.

Tableau XV : Evolution de la température en fonction de la concentration en Hydrocarbures

Sites ¹	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
T° C	28,1	29,6	30,1	29,6	30	30,2	29,4	29,7	29,3	28,8	32,6
Concentration en g/kg de sédiment	33,	17,7	56,3	84,6	105,8	62,4	137,6	33,1	56	70,5	29,5



¹ Les Sites I..... XI, correspondent au nom des sites d'abomey-Calavi jusqu'à Godomey sur les figures

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

La concentration en hydrocarbures des sédiments du lac ne semble pas influencer la température ; mais elle contribuerait au maintien de cette dernière à une valeur presque constante et plus ou moins élevée. Aussi aurait-elle une part dans les phénomènes de réchauffement de l'ensemble du lac ; lequel lac est relativement chaud (température moyenne 29,6° C). Ces phénomènes de réchauffement influenceraient dangereusement et de façon périodique l'écosystème que constitue le lac LALEYE (1998) [19].

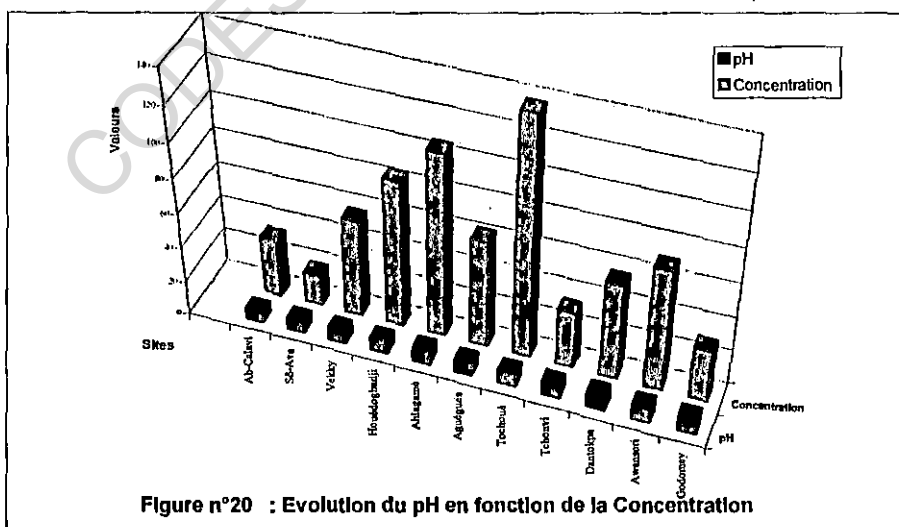
I-2-3-1-2 Influence sur le pH du lac

La variation de la concentration en hydrocarbures entraîne une variation du pH en ce qui concerne certains sites tels que Ahlagamè, Dantokpa et Awansori (Tableau XVI et Figure 20) ; la concentration en hydrocarbures influencent cette variation.

Les composés organiques détectés étant entre autres des aldéhydes et des cétones, les groupements OH⁻, CO et COO⁻ rendent le milieu basique donc tendent à augmenter le pH. Le maximum 8,02 de l'eau n'est pas très basique ; en plus de ces composés, d'autres facteurs participeraient à la variation du pH de l'eau du lac entre 6,15 et 8,02.

Tableau XVI : Evolution du pH en fonction de la concentration en Hydrocarbures

Sites	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
PH	6,15	6,8	7,62	7,15	7,92	7,39	7,3	6,93	7,98	8,02	7,55
Concentration en g/kg de sédiment	33,	17,7	56,3	84,6	105,8	62,4	137,6	33,1	56	70,5	29,5



Si les groupements OH⁻, CO⁻ et COO⁻ ont une influence sur le pH, l'augmentation de leur nombre par le fait de la décomposition, entraîne une élévation du pH. C'est ce qui se passe dans les zones de Dantokpa (pH = 7,98) et Awansori (pH = 8,02).

Les hydrocarbures participent donc, par leur concentration et leur nombre à l'évolution du pH du lac qui passe d'un pH acide à un pH basique selon que le site de prélèvement présente une concentration élevée ou des indices de pollution caractéristiques de la dégradation du milieu.

Les métaux lourds résultant de la dégradation de ces hydrocarbures influenceraient également l'acidité ou la basicité de l'eau CALAMARI et All (1995)[20].

Les polluants chimiques dont les hydrocarbures contribuent au réchauffement des milieux ; car leur décomposition ou leur transformation entraîne la formation des gaz à effet de serre qui se dégagent et se répandent, ce qui favorise l'augmentation de la température de l'eau. Indirectement ces polluants influencent le pH car certains produits de dégradation tels que le CO₂, le CH₄, le NH₃ et le H₂ sont dissous dans l'eau du lac, et le pH est fonction de la température.

I-2-3-1-3 Influence sur le Potentiel redox

Le potentiel redox évolue d'un site à un autre au niveau du lac. Cette évolution suit la variation de la concentration en hydrocarbures en ce qui concerne le lac. A faible concentration, le potentiel tend vers une valeur positive ou prend une valeur positive (Abomey-calavi et Sô-Ava). Par contre, lorsque la concentration en hydrocarbures augmente, le potentiel redox du lac devient très négatif (Dantokpa et Awansori), sauf à certains points de prélèvement tels que Houédogbadji et Tochoué (Tableau XVII et Figures 21 et 22).

Tableau XVII : Evolution du potentiel redox en fonction de la concentration en Hydrocarbures

Sites	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Potentiel Redox	22	9	-35	-6	-52	-18	-9	-5	-58	-60	-31
Concentration en g/kg de sédiment	33,	17,7	56,3	84,6	105,8	62,4	137,6	33,1	56	70,5	29,5

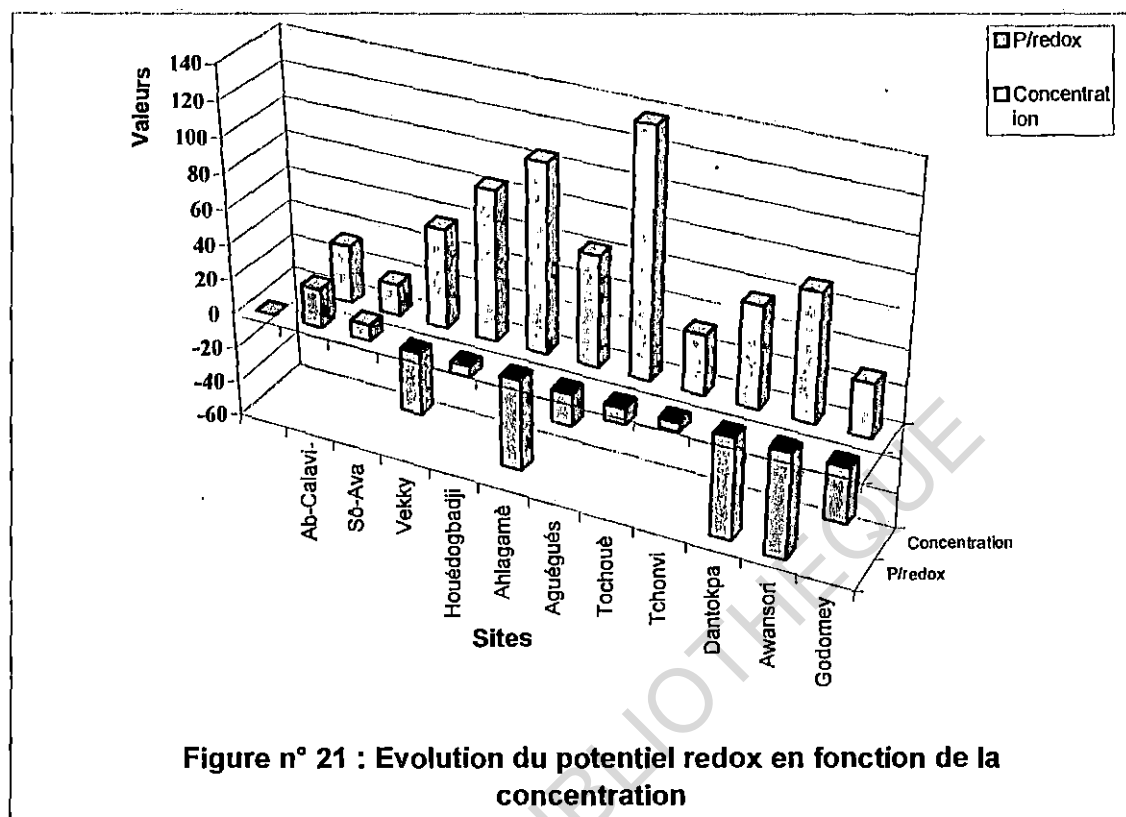


Figure n° 21 : Evolution du potentiel redox en fonction de la concentration

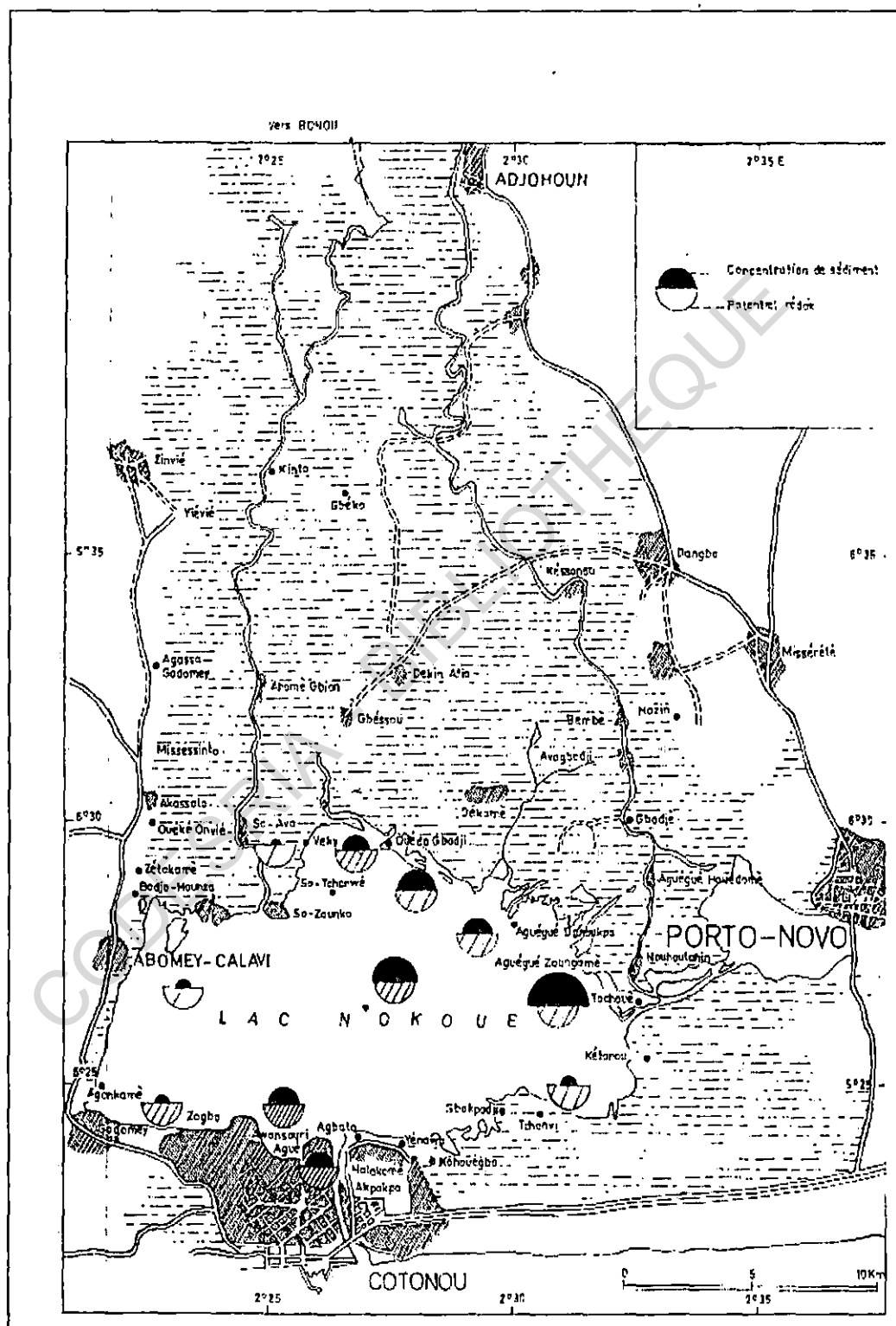
Le potentiel redox est un paramètre qui exprime l'oxygénation du milieu. Lorsque le taux d'oxygénation est élevé, le potentiel tend vers les valeurs positives et l'on dit que le milieu est oxydé ; lorsque l'oxygène vient à manquer dans le milieu, le potentiel tend à prendre des valeurs négatives et l'on dit que le milieu est réduit.

Selon la figure 21, le lac Nokoué est un milieu réduit ; le potentiel redox moyen du lac est de -22,4 mV. Le taux de réduction tend à augmenter avec la concentration en hydrocarbures sauf au niveau du chenal de Tochoué (-9 mV). A ce point le fleuve Ouémé apporte de l'eau qui est plus oxygénée comblant ainsi le déficit en oxygène .

Les types d'hydrocarbures influencent l'oxygénation de l'eau. Les hydrocarbures insaturés dans leur transformation ou décomposition forment des aldéhydes, des cétones, et des acides aux dépens de l'oxygène de l'eau. Ainsi, le milieu que constitue le lac s'appauvrit en oxygène et le potentiel redox devient négatif

DEA : Gestion de l'Environnement
 " Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

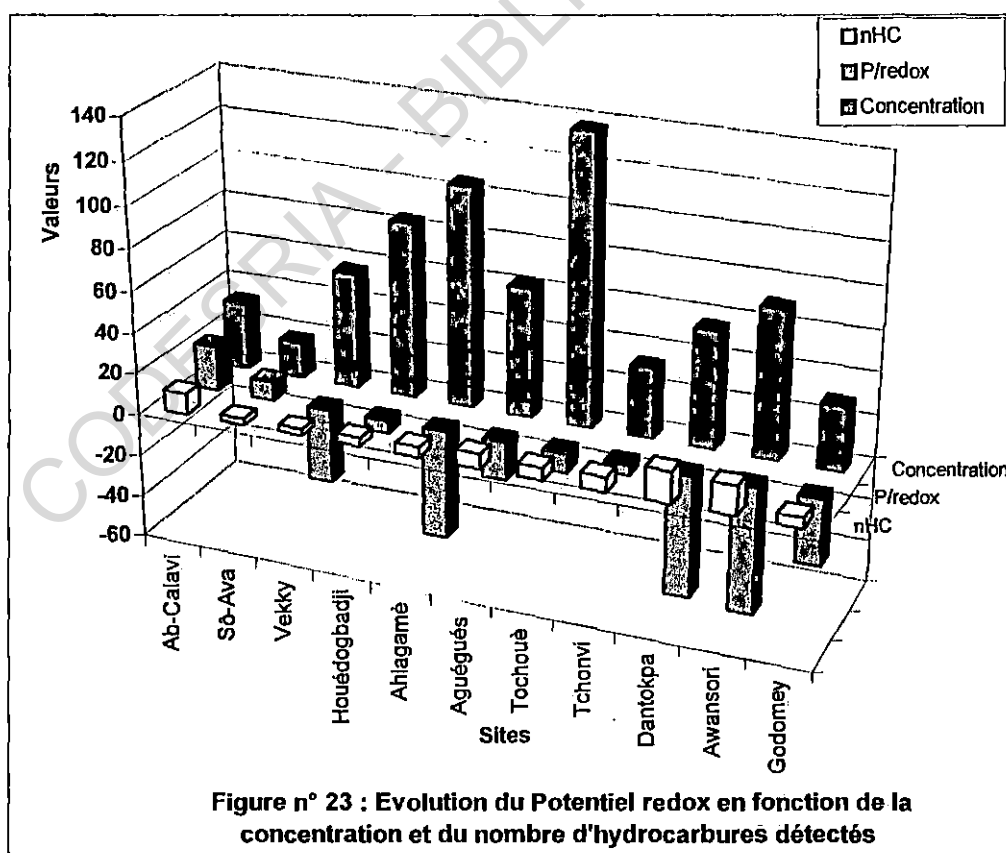
Figure N° 22 : Evolution du potentiel redox en fonction de la concentration en hydrocarbure



DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Les observations de terrain couplées avec les données des figures 21 et 22 nous montrent que le potentiel redox évolue non seulement avec la concentration mais aussi avec le degré de pollution. Les valeurs les plus négatives sont obtenues à Dantokpa (-58 mV) et Awansori (- 60mV) où, les marques de pollution sont très perceptibles. Cela nous amène à dire que la présence des hydrocarbures n'est pas le seul facteur qui influence le potentiel redox de l'eau du lac ; les autres déchets et le phénomène de la décomposition participe à la réduction du milieu aquatique qui, à une certaine limite favorise le développement des micro-organismes et la réduction du milieu.

Le centre du lac (Ahlagamè) qui est lieu de convergence des sédiments sous l'effet des courants et le lieu de passage des barques transporteurs de personnes et de produits pétroliers, connaît également une concentration en hydrocarbures élevée (105,8 g/kg) et un potentiel redox très négatif (-52 mV). Les hydrocarbures et les autres polluants sont responsables de cette situation (figure 23).



DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Les résultats des analyses de laboratoire compilés avec les données de terrain (Figure 23) nous amènent à dire que le nombre d'hydrocarbures présents dans le milieu participe à sa réduction et influence par conséquent le potentiel redox .

I-2-3-1-4 Relation entre profondeur et concentration en hydrocarbures

Les hydrocarbures déversés à divers endroits sont véhiculés par les courants et ont tendance à se déposer dans les endroits où le lac est un peu profond . Les ruptures de coup de roulis favorisent également la sédimentation qui influence l'accumulation des hydrocarbures dans le lac à certains endroits ; c'est ce qui explique la concentration élevée au niveau du Centre lac (105,8 g/kg) du chenal de Tochouè (137,6 g/kg) où les profondeurs sont respectivement 2,20 mètres et 1,62 mètres (Tableau XVII et Figure 24).

Tableau XVIII : Evolution de la concentration en Hydrocarbures en fonction de la profondeur

Sites	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
10 fois profondeur en m	6,6	13	6,5	12,1	22	11,7	16,2	8,8	6	13,6	5,6
Concentration en g/kg de sédiment	33,	17,7	56,3	84,6	105,8	62,4	137,6	33,1	56	70,5	29,5

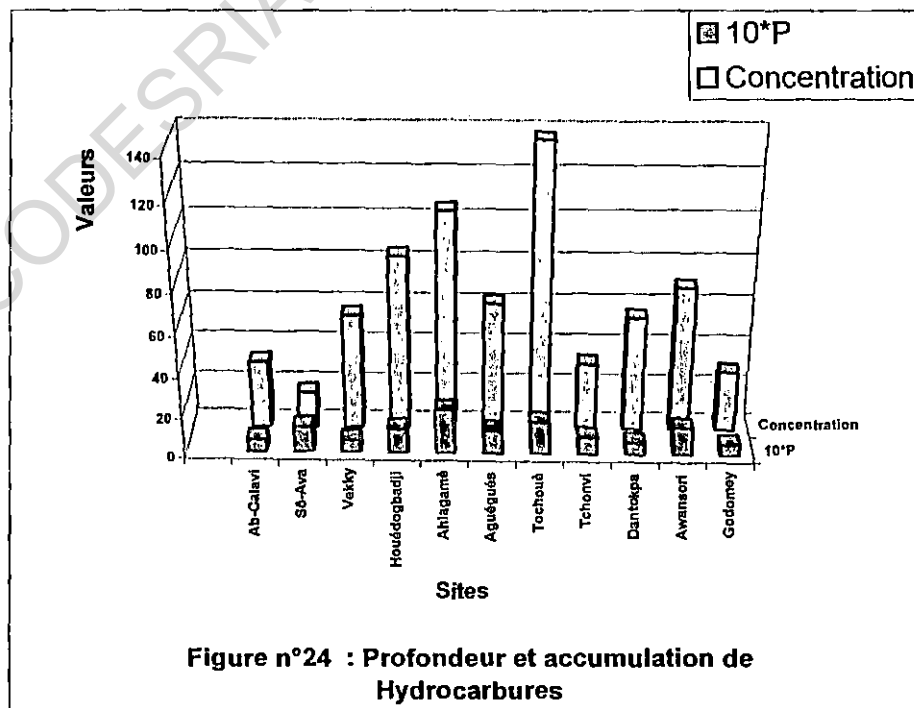


Figure n°24 : Profondeur et accumulation de Hydrocarbures

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

Au large et en dehors des bras du fleuve Ouémé et de la rivière Sô, on constate que la concentration est relativement élevée lorsque la profondeur atteint le mètre ; la profondeur de un (1) mètre est donc favorable à la sédimentation au niveau du lac Nokoué et par conséquent favorise l'accumulation des hydrocarbures et d'autres polluants.

Les hydrocarbures s'accumulent dans les sédiments et l'eau du lac. Ces hydrocarbures d'origines diverses, participent à la modification des paramètres physico-chimiques du lac à savoir la température, le pH et le potentiel redox (Tableau XVIII et Figure 25 et 26). Cette modification tend à transformer négativement le milieu lacustre que constitue le lac Nokoué qui se dégrade. La dégradation influence la qualité de ce milieu et compromet les ressources aquatiques qui y sont issues.

La dégradation du lac n'est pas le seul fait du déversement des polluants, leur accumulation et leurs transformations en d'autres polluants plus dangereux compromettent davantage la qualité de l'eau.

Ainsi les ressources halieutiques exploitables, du fait de développement et de la croissance aux dépens du milieu aquatique sont affectées SCIORTINO et All (1999)[12]

Tableau XIX : Concentration en hydrocarbures et paramètres physico-chimiques du lac.

N° échantillon	Sites de prélèvement	Profondeur en mètre	PH	T°C	P/redox	Concentration en HC
I	Ab-Calavi	0,66	6,15	28,1	22	33
II	Sô-Ava	1,3	6,8	29,6	9	17,7
III	Veldky	0,65	7,62	30,1	-35	56,3
IV	Houédogbadji	1,21	7,15	29,6	-6	84,6
V	Ahlagamè	2,2	7,92	30	-52	105,8
VI	Aguégués	1,17	7,39	30,2	-18	62,4
VII	Tochouè	1,62	7,3	29,4	-9	137,6
VIII	Tchonvi	0,88	6,93	29,7	-5	33,1
IX	Dantokpa	0,6	7,98	29,3	-58	56
X	Awansori	1,36	8,02	28,8	-60	70,5
XI	Godomey	0,56	7,55	32,6	-31	29,5
Maximum	-	2,2	8,02	32,6	22	137,6
Minimum	-	0,56	6,15	28,1	-60	17,7
Moyenne	-	1,11	6,99	29,69	-22,4	62,4

DEA : Gestion de l'Environnement
 " Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

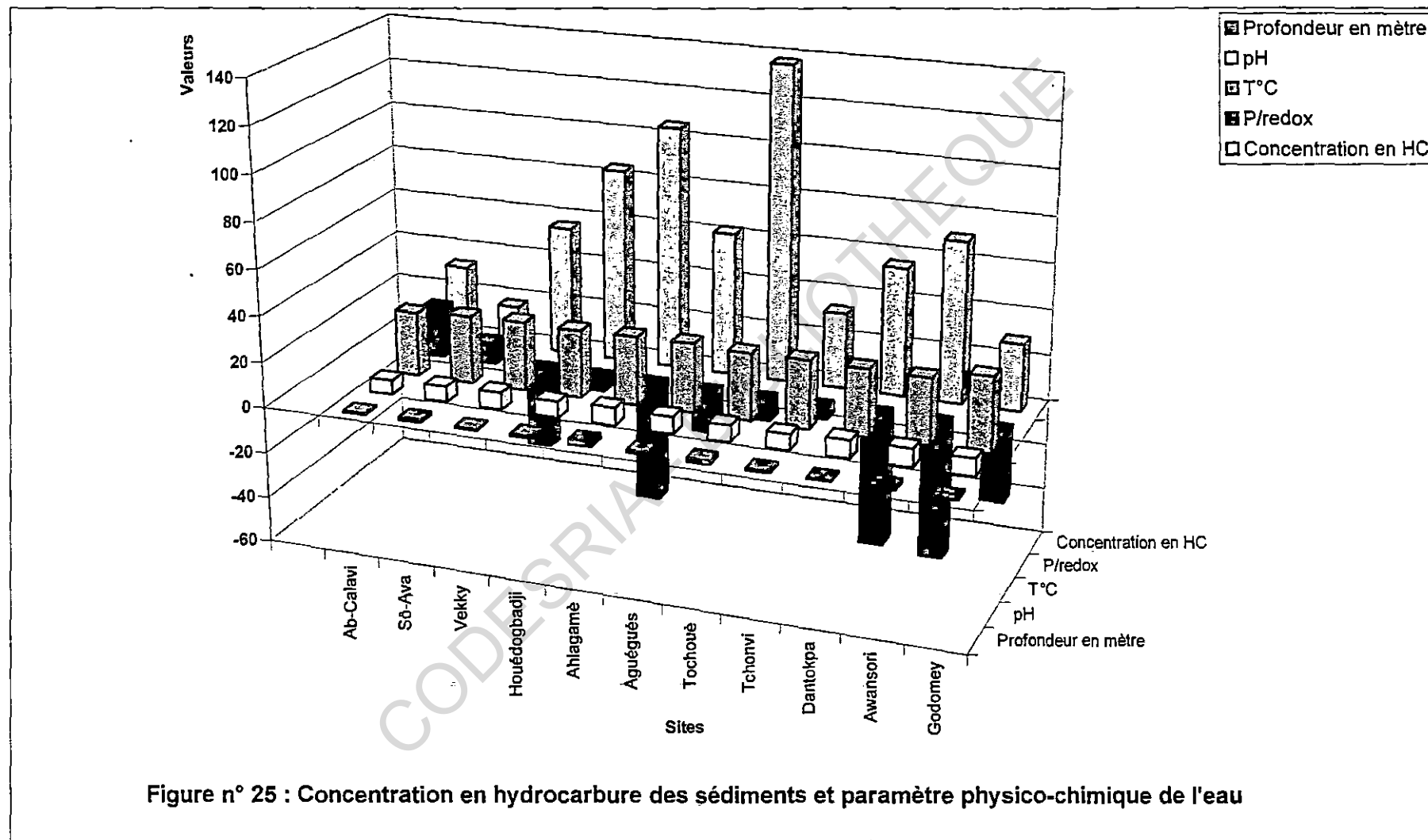
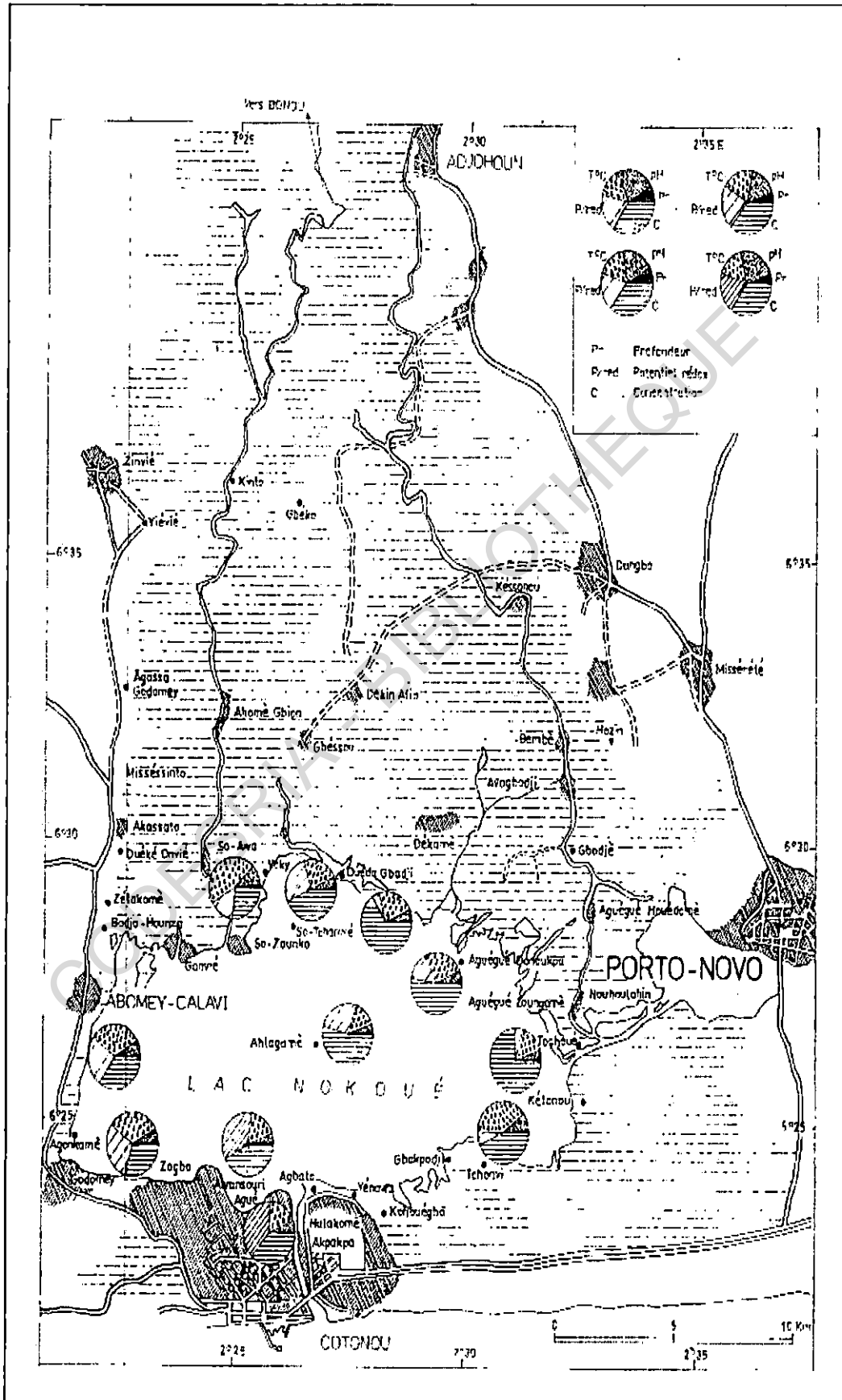


Figure N° 26 : Synthèse des paramètres exprimant la pollution du lac Nokoué



I-2-3-2 Influence sur les êtres vivants du milieu

Le milieu lacustre, dans le cadre de notre travail, prend en compte toute la zone d'étude comme le montre les cartes de situation et le bloc diagramme. Les végétaux, les animaux d'élevage, les poissons, les crevettes et les populations qui exploitent et utilisent les ressources de ce milieu bien qu'appartenant à ce dernier, constituent pour nous les êtres vivants du milieu.

Dans ce paragraphe, nous essayerons de faire ressortir quelques effets de l'accumulation des hydrocarbures sur le développement et sur l'exploitation des ressources du milieu aquatique que constituent les végétaux, les poissons, les crevettes et les animaux d'élevage.

I-2-3-2-1 influence de l'accumulation des hydrocarbures sur la qualité des ressources aquatiques.

La présence des hydrocarbures dans le milieu lacustre influence les paramètres physico-chimiques à savoir : la température, le pH et le potentiel redox qui ont un effet sur la qualité des ressources aquatiques. En effet :

- l'augmentation de la température à partir d'une certaine limite devient insupportable pour les poissons qui parfois meurent en masse LALEYE (1998) [19]. Le milieu chaud est le milieu privilégié pour le développement des micro organismes (responsables des maladies) et des végétaux minuscules telles que les Algues rouges, brunes etc. L'augmentation de la température rend donc le milieu aquatique défavorable pour le développement des ressources.

Les ressources halieutiques, pour leur développement, utilisent pour leur alimentation la microflore, la microfaune, l'eau et les matières organiques en suspension. Cette survie aux dépens du milieu, entraîne l'accumulation des hydrocarbures et des micro organismes pathogènes dans les organes des poissons et crevettes.

- Le pH qui tend à être basique n'est pas très favorable pour le développement des poissons qui perdent leur chair et deviennent squelettiques à maturité SCIORTINÓ et RAVIKUMAR (1999) [12].

- La réduction du milieu lacustre (potentiel redox négatif) exprime un déficit en oxygène libre, un encombrement en polluants divers dont les hydrocarbures, les gaz et autres produits de dégradation et de putréfaction. Ces différents éléments créent

une ambiance suffocante au niveau de l'eau ; l'augmentation de la température aggrave cette situation. La circulation de l'air y est difficile et les gaz de putréfaction tendent à se dégager. Ainsi le milieu devient insupportable aux poissons et crevettes qui migrent ou alors meurent . C'est ce qui explique le fait que dans les environs de Dantokpa, Awansori et Ahlagamè nous n'avons pas pu au cours de nos investigations pêcher des poissons. Les poissons ont été achetés auprès des pêcheurs.

La dégradation du milieu lacustre n'influence pas seulement la qualité des produits halieutiques.

Les végétaux qui se développent sont susceptibles d'accumuler des polluants dans certains organes au cours de l'absorption et de l'assimilation.

Le phénomène de contamination dû au fait du développement aux dépens du milieu aquatique dégradé et pollué ne se remarquerait pas seulement au niveau des végétaux et animaux aquatiques.

Au cours de nos investigations, nous avons vu des animaux d'élevage tels que les canards, les caprins, les bovins et les oiseaux aquatiques qui s'alimentent et s'abreuvent dans le milieu aquatique ; ils absorberaient les polluants accumulés dans le lac, dans les organes des végétaux, des poissons, des crevettes, et des animaux minuscules qui leur servent de nourriture. Ainsi, les polluants tels que les hydrocarbures et leurs produits de dégradation vont s'engager dans la chaîne alimentaire du système écologique que constitue le lac Nokoué et la Lagune de Cotonou, entraînant une contamination des animaux.

Ces différentes étapes de contamination compromettent dangereusement la qualité des ressources exploitables issues du milieu lacustre sur lequel nos investigations ont porté.

I-2-3-2-2 Influences de l'accumulation des hydrocarbures sur la vie des Populations.

Le lac Nokoué et la Lagune de Cotonou constituent un écosystème largement exploité. Ils abritent des populations lacustres, fournissent l'eau pour l'usage domestique et la mise en œuvre d'activités génératrices de revenus à savoir : la pêche et les transports lacustres. Ils fournissent la principale source de protéines alimentaires à la majorité des populations du Sud-Bénin par les divers produits de

pêche. Ils représentent de ce fait une ressource naturelle très importante pour le Bénin.

L'accumulation des hydrocarbures pétroliers et leur dégradation et/ou transformation dans le lac ont des influences directes et indirectes sur les populations qui exploitent et utilisent cette ressource naturelle.

I-2-3-2-2-1 Influences directes

Divers comportements mettent le corps humain en contact avec les hydrocarbures pétroliers. Entre autres comportements il y a : les manipulations lors de la commercialisation ou de l'utilisation, l'absorption directe de l'essence dans la lutte contre les vers parasites ou le non-respect des règles d'hygiène (se laver les mains avant de manger), se laver dans le lac, la consommation des produits halieutiques etc. Les hydrocarbures sont en contact avec la peau humaine ou pénètrent dans l'organisme.

Au contact de la peau ces hydrocarbures sont responsables de certaines affections cutanées telles que les rides sèches, les craquelures de peau et, accentuent les démangeaisons en cas d'affections cutanées d'origine microbienne, selon les déclarations des populations riveraines et surtout des commerçants et transporteurs des produits pétroliers.

Dans l'organismes, les hydrocarbures et leurs produits de dégradation sont responsables des affections respiratoires, et /ou de diverses formes de cancer. Ils constituent donc des polluants cancérigènes absorbés par les hommes à travers les produits halieutiques. Leur dégradation par oxydation entraîne la formation des liaisons chimiques et la libération d'éléments radioactifs qui ont des influences négatives sur les Hommes PALAGUINA (2001) [21]. Manger des produits halieutiques contaminés aux hydrocarbures peut conduire progressivement vers une leucémie, car les hydrocarbures pétroliers et leurs produits de dégradation dans les organes des poissons ou dans le corps humain développent des composés tels que l'acide benzoïque et le styrène qui bloquent les échanges cellulaires au niveau des globules rouges PALAGUINA (2001) [21] .

Les résultats expérimentaux ont révélé que les produits halieutiques issus du lac Nokoué sont riches en produits benzéniques qui font 15% des composés organiques identifiés dans les extraits. Cela suppose que consommer les produits

halieutiques du lac peut conduire également vers une leucémie ou d'autres types de cancer.

La consommation des produits d'élevages et des plantes issus de cette zone lacustre engendrerait les mêmes effets, car les hydrocarbures et leurs produits de dégradation s'accumuleraient au niveau des organes de ces plantes et animaux comme dans les organes des espèces halieutiques.

I-2-3-2-2 -2 Influences indirectes

Les hydrocarbures dégradent et transforment le milieu ; ils rendent ainsi le milieu favorable au développement et à la prolifération de nombres d'agents pathogènes (*plasmodium*, amibe, ...) qui sont responsables de nombres d'affections hydriques qui sévissent dans la zone. Entre autres affections nous pouvons citer : le paludisme et ses formes complicatives, les poly parasitoses, les amibiases diverses, la bilharziose et les gastro-entérites CLEDJO (1993) [22]. Ces maladies influencent profondément les populations lacustres et celles des environs soient sous forme d'épidémies ou sous forme d'endémies.

Dans tous les cas, les activités et par conséquents les revenus, sont dangereusement affectés.

I-2-3-3 Conclusion partielle

La présence et la transformation des polluants dans le milieu ont des influences multiples tant sur le milieu, les êtres vivants que sur les populations qui exploitent et utilisent les ressources issues de ce milieu.

Les effets des polluants chimiques que sont les hydrocarbures sont fortement liés aux paramètres physico-chimiques et aux conditions environnementales du milieu aquatique FAO (1997) [23]. Les polluants peuvent augmenter la résistance de certains micro organismes pathogènes vis à vis des produits antibactériens ou bactéricides. Il faut que les populations respectent les précautions d'hygiène et de sécurité pour réduire les risques dans le cadre de l'exploitation ou de l'utilisation des ressources lacustres.

L'accumulation des polluants tels que les hydrocarbures dans les organes des produits halieutiques et d'élevage, cause des risques potentiels aux consommateurs ; comme par exemples :

- une hypersensibilité aux microflore et microfaune intestinales qui, elles, développent des résistances terribles contre les antibactériens et les bactéricides,
- une hypersensibilité aux plasmodiums qui, eux, développent une résistance terrible aux antipaludiques.

Eviter l'accumulation des polluants et leur transformation dans le milieu et dans les organes serait l'idéal apparemment difficile à réaliser ; à défaut, il faut que les populations prennent des produits naturels pour faciliter l'élimination des polluants de l'organisme.

Si éliminer les polluants du milieu est utopique, « nettoyer l'organisme des polluants venus du milieu, c'est améliorer la situation écologique de l'individu dans l'environnement » PALAGUINA (2001) [21].

II- Perspectives de thèse

A l'étape actuelle de nos investigations, certaines inquiétudes subsistent ; parmi ces inquiétudes, nous noterons :

- la concentration des hydrocarbures et leurs produits de dégradation en gramme par kilogramme d'organisme,
- l'identification des hydrocarbures complexes qui sont supposés être les plus dangereux,
- l'existence des organismes biocapteurs parmi les ressources halieutiques exploitées,
- le rôle des plantes utilisées pour l'amélioration du rendement de production halieutique du lac dans le nettoyage de l'eau.

Nous avons essayé d'éliminer les graisses contenues dans les extraits de poissons et crevettes par saponification ; à l'avenir, nous allons poursuivre et doser les hydrocarbures accumulés dans les organes des produits halieutiques.

Les métaux lourds tels que le plomb résultant de la dégradation de ces hydrocarbures seront également dosés. Nous pourrions mesurer la valeur cancérigène des produits halieutiques en dosant l'acide benzoïque et le styrène concentrés dans les organes des produits halieutiques.

La spectrométrie sera utilisée à l'avenir pour identifier les hydrocarbures complexes; l'effet des plantes habituellement utilisées pour améliorer les rendements de pêche nous permettra d'apporter notre modeste contribution à l'amélioration de la situation écologique du lac.

CONCLUSION GENERALE

Le développement d'un pays exige une bonne santé socio-économique qui, elle, est appréciée par rapport aux secteurs d'activités.

La pêche constitue un volet important de la production primaire, qui est la principale base de l'économie béninoise. Elle dépend de plusieurs facteurs dont les paramètres écologiques et une bonne santé des populations.

La pêche, activité du secteur primaire au Bénin, élément d'appréciation du développement et participant au bien-être socio-économique est hypothéquée, car les paramètres physico-chimiques des milieux se dégradent. Une des causes de dégradation de ces paramètres est la pollution.

La part des polluants chimiques que constituent les hydrocarbures pétroliers dans la dégradation des paramètres écologiques, leurs conséquences sur les écosystèmes lacustres que sont le lac Nokoué et la Lagune de Cotonou et les populations qui exploitent et utilisent les ressources issues de ce milieu ont été les substances de cette étude. Des analyses nous avons relevé :

- ✓ le déversement des hydrocarbures pétroliers et des produits de déchets dans le lac lors des trafics et après les utilisations diverses,
- ✓ l'accumulation des hydrocarbures dans les sédiments et dans les produits halieutiques,
- ✓ la participation de ces hydrocarbures et de leurs produits de décomposition dans la destruction des paramètres écologiques du lac Nokoué et de la Lagune de Cotonou,
- ✓ les influences directes et indirectes de cette pollution sur les ressources naturelles et les populations qui exploitent et utilisent ces ressources.

Ces influences, pour la plupart négatives, compromettent dangereusement la qualité de l'eau du lac, le rendement de la pêche, la qualité des ressources halieutiques issues du lac.

Tous ces effets aboutissent à la dégradation progressive de la santé des populations qui exploitent et utilisent diversement les ressources halieutiques.

En somme, les hydrocarbures pétroliers sont déversés dans le lac Nokoué. Leur accumulation et leur dégradation dans le milieu lacustre diminuent sa qualité.

Et, par le fait de la contamination, la valeur nutritionnelle des ressources halieutiques diminue également.

La pollution par les hydrocarbures est l'une des causes de la baisse du rendement du lac et du développement et de la prolifération des affections hydriques dans les zones lacustres.

Eviter le déversement des polluants dans le lac et procéder à son épuration serait l'idéal. Mais, en attendant la mise en œuvre d'une politique adéquate pour y parvenir, il y a lieu de diminuer la quantité de polluants accumulés dans les produits halieutiques en utilisant des méthodes simples comme la trempe et le nettoyage au citron ou au vinaigre, la fermentation avant la consommation. Il faut procéder au nettoyage périodique de l'organisme humain en absorbant des produits naturels qui facilitent l'élimination des hydrocarbures et des produits de leurs produits de dégradation et/ou de transformation.

BIBLIOGRAPHIE

Documents exploités

1- VIGNINON T., 1993

Importance du lac Nokoué dans le développement du tourisme : Mémoire de Maîtrise de Géographie; 88 pages

2- Rapport de la quatrième session du Groupe de travail sur la pollution et les pêches.

Accra, Ghana 18-22 octobre 1993

3- KITIM., 1993

Le Commerce des Produits Pétroliers d'Origine nigériane au Bénin : Cas du Département de l'Atlantique. Mémoire de Maîtrise de Géographie. Option : Population, Espace, Développement 124 pages

4- - DAPS / MDR, 1999

Plan de campagne agricole nationale 1999. Direction de la perspective et de la prévision/ Ministère du Développement Rural. 295 pages

5 ADDRA K. M. H., 1971

Evolution du milieu lagunaire depuis l'ouverture du port de Cotonou et ses conséquences biogéographiques. Mémoire de thèse de 3^{ème} cycle 165 pages

6- BAGLO M. A. , 1980

Les conséquences géographiques de la construction du barrage de Cotonou sur la zone lagunaire du Sud-Est béninois: Mémoire de maîtrise de Géographie

7- SOCLO H, 1986

Etude de la Distribution des Hydrocarbures Aromatiques polycliniques (HAP) dans les sédiments récents, Identification des sources : Thèse de Doctorat Bordeaux 86 pages

8- RGPH, , 1992

Recensement général de la population et de l'habitat : bulletins des départements de l'Atlantique et de l'Ouémé

9- IBE A. et le groupe CEDA, 1998.

Profil de la zone côtière du Bénin. Document rapport de projet CEDA. 93 pages

10- IBE A. et le groupe CEDA, 1998

Perspectives in integrate coastal areas management in the Gulf of Guinea. Document cadre CEDA. 58 pages

11- ADAM S. K., 1998

Vers une gestion intégrée de la zone côtière du Golfe de Guinée. Document cadre version française CEDA. 88 pages.

12- SCIORTINO J.A. et RAVIKUMAR R., 1999

Fishery Harbour : manual on the prevention of pollution ; Document cadre 95 pages

13- ONIANWA.P.C et ESSIEN.C.A, 1999

Chemical Society of Ethiopia Bulletin. ISSN 1011-3294 pp 83-85

14- JENNIGS W. et SHIBAMOTO T., 1983

Qualitatives analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography. Academic press, New-york

15- ADAMS R., 1989

Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy. Academic press

16- ROCHE INTERNATIONAL., 2000

Etude du projet d'aménagement des plans d'eau du Sud-Bénin
Document cadre. Environ 400 pages.

17- FAO-Rome, 1983

Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. 35 pages
N°9 - Analyse des métaux et des organes chlorés contenus dans les poissons.
Document technique sur la pêche

18- Direction des Pêches, 1995

Caractéristiques physico-chimiques du lac Nokoué. Relevés de terrain de 1997-1999.

19- La Nation (Journal) N° 2001 du jeudi 11 juin 1998

Le lac Nokoué. Pourquoi des cadavres de poissons sur le lac ? Article du Dr Philippe LALEYE.

20- CALAMARI D. et NAEVE H, 1995

FAO Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain : Rome.
Document Technique du CPC A 129 pages

21- PALAGUINA A.I., 2001

Lipide des espèces halieutiques et particularité écologique : UNB : Rapport de recherche 8 pages (conférence).

22- CLEDJO P. F.G.A. 1993

Rythme hydro-climatique et pathologies en milieu lacustre (Sous-préfectures de Sô-ava et des Aguégus) Mémoire de Maîtrise de Géographie 147 pages.

23- **GESAMP Reports and studies, 1997.** IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture N° 65 : 40 Pages.

Autres documents lus

24- **ADJAVON A.N, 2000**

Stratégie de lutte contre la pollution atmosphérique En République du Bénin :
Rapport
de Consultation

25- **TOMASINO A. et ALL., 1999**

Chimie Terminale S. Edition NATHAN. Pages 204-212

26- **SPORE (Journal) N° 82 août 1999**

Littoral fragile, population en danger. Pages 3-4 Moins de poissons pour plus de
Pêcheurs.

27- **BIAOU E. B., 1999**

Ambiance Climatique, Calendrier Agricole et Rendement Bioclimatique dans le
Zou-Nord : Cas de la Sous-Préfecture de Savè : Mémoire de DEA UNB 72pages

28- **Réseau de la Santé Publique du Québec 1999.**

Bulletin d'Information en Santé Environnementale (BISE).
Volume 10 N°6 Novembre-Décembre 1999. 8 pages.

29- **GUIDI L. S., 1998.**

Stratégies paysannes d'adaptation aux contraintes hydriques et climatiques en
milieu
littoral béninois : secteur lac Nokoué et lac Ahémé. Mémoire de maîtrise de
Géographie. 64 pages.

30- **YAYI, E., 1998**

Contribution à l'étude des huiles essentielles de plantes aromatiques du Bénin :
cas de *Ocimum basilicum*, *Ocimum canum* et *Ocimum gratissimum* dans la
perspective de leur production. Mémoire de DEA 187 pages.

31- **TECSULT, 1998**

Normes et Standards Environnementaux. Principales sources de pollutions de
l'air et
de l'eau au Bénin, Vol I.

32- **BOUKARI M., OYEDE, M, ALIDOU S., GAYE G.B. et MALIKI R., 1995**

Identification des aquifères de la zone littorale du Bénin (Afrique de l'Ouest) :
Hydrodynamique, hydrochimie et problème d'alimentation en eau de la ville de
Cotonou : Africa géoscience Review, vol 2, N°1 pp 121-139.

33- **SIMPORE P., 1995**

Gestion, Caractérisation physico-chimique et Evaluation des charges polluantes
des eaux usées en milieu urbain : exemple de la ville de Cotonou Mémoire de fin

de cycle (Département : Aménagement et protection de l'environnement) CPU
52 pages.

34-VERNET.J. ,1995

L'environnement. Que sais-je ? PUF 58 pages.

35- FALANA N. E., 1989

Etude d'un environnement lagunaire : cas de la lagune de Porto-Novo. Mémoire de Maîtrise de Géographie. 120 pages.

36-Comité des pêches continentales pour l'Afrique., 1989: Rapport de la deuxième session du Groupe de Travail sur la pollution et les pêches. Nairobi, Kenya, 23-27 octobre , 1989.

37- GESAMP-Groupemixte d'experts

OMI/FAO/UNESCO/OMM/OMS/ONU/PNVE ; 1988

Etudes sur les aspects scientifiques de la pollution des mers : Rapport et Etudes N°33. Rapport sur la 18^e session. Paris, 11-15 avril, 61 pages.

38- BOUGUERRA M. L., 1988

Chimie et Développement 307 pages.

39- TROKOUREY A., 1988

Contribution à l'étude par électrodes spécifiques des ions halogénures dans les eaux de consommation des régions d'Abidjan et de Man puis certaines grandeurs thermodynamiques de solutions : Thèse de Doctorat de 3^e cycle Abijan (spécialité chimie-physique) 200 pages.

40- TECSULT 1988

Normes et Standards proposés Vol II. Document final.

41- FAO : Rapport sur les pêches N° 425, 1987

Colloque sur le développement et l'Aménagement des pêches dans les petits plans d'eau : Accra-Ghana, 7-8 décembre

42- ADISSO P., 1986

Modification de l'écosystème du bas-Bénin : aspect hydrologique. Communication de séminaire INFOSEC, polycopie Direction de l'hydraulique 8 pages.

43- COLLEUIL B,1984

Un modèle d'environnement lagunaire soumis aux conditions du climat équatorial tempéré : Lac Nokoué. Thèse de doctorat en sciences Bordeaux 135pages

44- DECADE : Groupe de travail et de réflexion sur la cartographie au service de la décision, 1984

Cartographie et développement : Mémento de cartographie à l'usage de la planification et de l'aménagement 85 pages.

45- RODIER J et al, 1984

L'analyse de l'eau : eaux naturelles-eaux résiduelles-eaux de mer (chimie physico-chimie, bactériologie-biologie) Paris Editions Dumod 1365 pages

46- BAGLO M., 1983

Potentialités et contraintes d'aménagement du complexe fluvio-lagunaire Sud-béninois. PUB Cotonou 25 pages.

47- FRONTIER J, 1983

Stratégie d'échantillonnage en écologie. Paris. Editions Masson

48- DOSSOU C, 1981

Peuplements animaux des lagunes du Bénin. In cahier Etudes et Documents N° 4 : la pêche au Bénin. INFOSEC Cotonou 15 pages.

49-FAO-Rome, 1981

Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique : Principes de sélection des tests biologiques; tests de toxicité ; bio essais sélectionnés pour la Méditerranée

50- TEXIER H, DOSSOU C, COLLEUIL B, PROFIZI J.,1980

Le lac Nokoué : Environnement du domaine margino-littoral sud-béninois bathymétrie, litho faciès, salinité, mollusques et peuplements végétaux In bulletin Institut de Géologie N°28 Bordeaux pp 115-142

51- ETCHEBER H., 1979

Répartition et comportement du Zinc, Plomb, Cuivre et Nickel dans l'estuaire de la Gironde. Bulletin Institut Géologique Bassin d'aquitaine, Bordeaux. N° 25 pp 121-147.

52- KEINER A, 1978

Ecologie-Physiologie et Economie des eaux saumâtres. Paris Editions Masson

53- ARRIGNON J., 1976

Aménagement piscicole des eaux douces. Paris Gauthier Villars FAO Cotonou 366 pages

54- GEORGE P, 1976

L'environnement. Paris Collection QSJ ? N° 1150 PUF 126 pages

55- JOURNAUX A, 1975

Légende pour une carte de l'environnement et de sa dynamique. FLASH Caen 23 pages.

56- FAO/UNEP, 1974

Report of the expert consultation on contaminant monitoring. Heads quaters, Rome-Italy ; 12-16 novembre Data on contaminants in aquatic organisms.

57- MOORE G.K, 1973

Le rôle instrumental de l'Administration dans la lutte contre la pollution des eaux

Document technique FAO.

58- BOURGOIGNIE G., 1972

Les hommes de l'eau. ethnoécologie du Dahomey lacustre. Paris Editions Universitaires FAO Cotonou 391 pages.

59-COLOMBARI, SIRCOULON, MONOID, RODIER, 1972

Monographie du delta de l'Ouémé ORSTOM : Service Hydrologique. 488 pages.

60- FAO, 1971

La pollution : l'Analyse des aspects principaux du problème de l'environnement, à savoir la pollution des eaux continentales et des océans et ses effets sur les ressources aquatiques.

61-GUIGO.M. et AL, CHAPOT.A., DAUPHINE.A.

Gestion de l'environnement et Etude d'impact. Collection Géographique. Edition MASSON Paris-Milan-Barcelone-Bonn. 223 pages.

62- VOGEL ARTHUR I.

A text-Book of Pratical Organic Chemistry Including qualitative organic analysis
3^{ème} Edition LONGMAN. Pages 392-395.

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau I : Villages de la zone d'étude
- Tableau II : Point d'ébullition des solvants
- Tableau III : Estimation du trafic journalier des produits pétroliers au niveau du lac
- Tableau IV : Paramètres physico-chimiques du lac en Janvier 2000
- Tableau V : Evolution des paramètres physico-chimiques du lac en 1997
- Tableau VI : Evolution des paramètres physico-chimiques du lac en 1998
- Tableau VII : Evolution des paramètres physico-chimiques du lac en 1999
- Tableau VIII : Moyennes inter annuelles des paramètres physico-chimiques de 1997 à 1999
- Tableau IX : Concentration en hydrocarbures par kg de sédiments
- Tableau X : Concentration en hydrocarbures par kg de poissons/crevettes
- Tableau XI : Hydrocarbures détectés dans les sédiments sur la base de la référence d'alcane disponibles
- Tableau XII : Résultats expérimentaux : identification des hydrocarbures
- Tableau XIII : Concentration et nombre d'hydrocarbures détectés
- Tableau XIV : Hydrocarbures détectés dans les échantillons de référence sur la base de la référence d'alcane disponibles
- Tableau XV : Evolution de la température en fonction de la concentration en hydrocarbures
- Tableau XVI : Evolution du pH en fonction de la concentration en hydrocarbures
- Tableau XVII : Evolution du potentiel redox en fonction de la concentration en hydrocarbures
- Tableau XVIII : Evolution de la concentration en fonction de la profondeur
- Tableau XIX : Concentration en hydrocarbures et paramètres physico-chimiques du lac

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Carte de situation de la zone d'étude
- Figure 2 : Bloc diagramme de la zone d'étude
- Figure 3 : Dispositif de prélèvement de l'eau
- Figure 4: Dispositif d'extraction des hydrocarbures
- Figure 5 : Dispositif de récupération des hydrocarbures
- Figure 6 : Schéma du chromatographe
- Figure 7 : Circuits de trafic des produits pétroliers
- Figure 8 : Différence de température au niveau du entre les sites
- Figure 9 : Différence de pH au niveau du lac entre les sites
- Figure 10 : Différence de la salinité entre les sites au niveau du lac
- Figure 11: Différence du potentiel redox entre les sites au niveau
- Figure 12: Différence de conductivité entre les sites au niveau
- Figure 13: Evolution du potentiel redox au niveau du lac
- Figure 14 : Evolution de la température du lac de 1997 à 1999
- Figure 15: Evolution du pH du lac de 1997 à 1999
- Figure 16: Concentration en hydrocarbures en g/Kg de sédiment
- Figure 17 : Répartition de la concentration en hydrocarbures des sédiments au niveau du lac
- Figure 18: Evolution de la concentration en fonction du nombre d'hydrocarbures détectés
- Figure 19: Evolution de la température en fonction de la concentration en hydrocarbures
- Figure 20: Evolution du pH en fonction de la concentration en hydrocarbures
- Figure 21: Evolution du potentiel redox en fonction de la concentration en hydrocarbures au niveau du lac
- Figure 22: Evolution du potentiel redox en fonction de la concentration en hydrocarbures
- Figure 23: Evolution du potentiel redox en fonction de la concentration et du nombre d'hydrocarbures détectés
- Figure 24: Concentration en hydrocarbures et paramètre physico-chimique de l'eau
- Figure 25: Synthèse des paramètres exprimant la pollution du lac Nokoué
- Figure 26 : Profondeur et accumulation des hydrocarbures

ANNEXES

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

QUESTIONNAIRE

Nom de l'enquêteur.....

Localité.....

Date de l'enquête.....

Nom de l'enquêté	N° d'ordre de l'enquêté
------------------	-------------------------

I- IDENTIFICATION DU VILLAGE

1- Etes-vous né dans ce village ? Oui Non

2- Depuis combien de temps y vivez-vous en permanence

?.....

Faites-nous l'histoire de ce village :

- dénomination du village.....

- signification.....

- provenance des populations.....

- éléments motivateurs.....

- période d'installation des premiers occupants.....

- ethnies majoritaires.....

II- Activités- Description- Ampleur

1- Quelles sont les activités menées par les populations de votre localité ?

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

2- Quelles sont les activités que vous exercez ?

- l'activité principale.....
- les activités secondaires : 1-.....
- 2-.....
- 3-.....

3- Combien d'habitants pratiquent l'activité de la pêche ?

1/5 2/5 3/5 4/5 5/5

4 - L'activité de la pêche a-t-elle pris de l'ampleur ces cinq dernières années ?

Oui

Non

Si oui proportion

1995 1996 1997 1998 1999

(inscrire les proportions dans les cases)

5- A combien peut-on estimer le revenu de pêche par habitant et par an pendant les cinq dernières années ?

1995.....

1996.....

1997.....

1998.....

1999.....

6- Quelles sont les raisons qui amènent les habitants à mener d'autres activités que la pêche ?

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

7- Les habitants de votre village font-ils le commerce des produits pétroliers ?

Oui

Non

Si oui, quelles sont les raisons qui les amènent à faire ce commerce ?

.....
.....

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

8- Combien de personnes en moyenne commercialisent les produits pétroliers dans ce village ?

1/5 2/5 3/5 4/5 5/5

9- Combien de personnes commercialisent les produits pétroliers avant l'arrivée de SOGLO ?.....

Pourquoi ?.....

1995 1996 1997 1998 1999

(inscrire les pourcentages dans les grilles)

10- Combien ce commerce rapporte t-il ?

	1995	1996	1997	1998	1999
Par jour					
Par semaine					
Par mois					

X III- Impacts des activités (pêche et commerce) sur la productivité du lac

1- Les commerçants des produits pétroliers rencontrent-ils des difficultés ?

Oui Non

Si oui, lesquelles ?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

2- Sont-ils perturbés/pourchassés par les douaniers ?

Oui Non

Si oui, comment ?

.....

.....

.....

.....

3- Parviennent-ils à s'échapper ?

Oui

Non

Si oui, comment ?

.....

.....

.....

4- Arrive-il des déversements accidentels des produits pétroliers dans le lac ?

Oui

Non

Si oui, comment ?

.....

.....

.....

5- Pensez-vous que ce déversement a des influences négatives sur le lac ?

Oui

Non

Si oui, comment le constatez-vous ?

Odeur de l'eau		Couleur de l'eau	
Poissons morts à la surface de l'eau		Saveur de l'eau	
Destruction des arbres		Mort de herbes	
		Autre (préciser)	

6- Si mort de poissons : consommez / commercialisez-vous les poissons morts retrouvés ?

Oui

Non

Si oui, pourquoi ?

.....

.....

.....

7- Selon vous, quels sont les dangers que peuvent engendrer le déversement des produits pétroliers dans le lac ?

a) A la qualité de l'eau du lac :

.....
.....
.....
.....

b) Aux poissons qui vivent dans le lac :

.....
.....
.....
.....

c) Aux personnes qui utilisent les ressources du lac :

.....
.....
.....
.....

8- Que pensez-vous qu'on puisse faire pour éviter le déversement des produits pétroliers dans le lac ?

.....
.....
.....
.....

RESULTATS DE L'ENQUETE DE TERRAIN

IDENTIFICATION DES VILLAGES

XI- Eléments	XII- Option	XIII- Ganvié	XIV- Houédogbadji	XV- Aguégoués	XVI- Total	Pourcentage
Etes vous né dans ce village	Oui Non	50 0	46 4	50 1	146 5	97% 3%
Depuis combien de temps y vivez-vous en permanence ?	Naissance 1à10ans 10à20ans plus de 20ans	14 8 8 20	22 3 6 18	0 0 12 37	36 11 26 75	24% 7% 17% 50%
Provenance des populations	Adja-Tado Porto-Novo Autres	50 0 0	31 3 17	11 14 23	92 17 40	61% 11% 27%
Eléments motivateurs	Guerre Pêche	50 0	5 45	36 13	91 58	61% 39%
Période d'installation des premiers occupants	Ne sais pas 100à200ans 200à300ans 300ans et plus	18 0 0 32	7 5 14 23	1 7 4 29	26 12 18 84	17% 8% 12% 56%
Ethnie	Toffin Goun	50 0	48 1	0 46	98 47	65% 31%

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

ACTIVITES - DESCRIPTION - AMPLEUR

ACTIVITES GENERALES

ELEMENTS	OPTIONS	PROPORTONS	GANVIE	HOUEDOGBADJI	AGUEGUES	TOTAL	POURCENTAGE
Quelles activité exercez-vous ?	Pêche Commerce de produits pêcheries Commerce de poissons Conducteur de barque Commerce de divers Autres		31 1 5 1 7 5	50 17 14 5 19 41	42 1 2 0 14 27	123 19 21 6 40 73	82% 13% 14% 4% 27% 49%
Combien d'habitants pratiquent l'activité de pêche ?		1/5 2/5 3/5 4/5 5/5	0 2 17 12 19	0 1 10 13 26	0 0 2 35 12	0 3 29 60 57	0% 2% 19% 40% 38%
L'activité de pêche a-t-elle pris de l'ampleur ces cinq dernières années ?	NON OUI		48 2	29 18	38 11	115 32	77% 21%
Quantité pêchée en moyenne pendant les dernières années. (nombre de petits paniers mesures)	1994 - 1995	1 à 5 paniers 6 à 10 paniers Plus de 10 paniers	2 1 0	8 2 15	5 2 7	15 5 22	10% 3% 15%
	1996 - 1997	1 à 5 paniers 6 à 10 paniers Plus de 10 paniers	2 1 0	8 5 12	5 3 6	15 9 18	10% 6% 12%
	1998 - 1999	1 à 5 paniers 6 à 10 paniers Plus de 10 paniers	3 0 0	13 0 12	8 0 6	24 0 18	16% 0% 12%
A combien peut-on estimer le revenu de pêche par habitant et par semaine pendant les cinq dernières années?	1994 - 1995	1 000F - 5 000F 5 000F - 10 000F Plus de 10 000F	7 12 31	10 8 31	4 12 33	21 32 95	14% 21% 63%
	1996 - 1997	1 000F - 5 000F 5 000F - 10 000F Plus de 10 000F	10 21 19	6 34 9	4 13 30	20 68 58	13% 45% 39%
	1998 - 1999	1 000F - 5 000F 5 000F - 10 000F Plus de 10 000F	39 10 1	38 6 5	44 4 2	121 20 8	81% 13% 5%
Quelles sont les raisons qui amènent les habitants à mener d'autres activités que la pêche ?	Non rentabilité de la pêche Varier les activités Couvrir la période de soudure Appauvrissement du lac		29 12 0 20	40 18 18 22	30 8 9 17	99 38 27 59	66% 25% 18% 39%

DEA : Gestion de l'Environnement
" Espace, Culture et Développement du Monde Négro-Africain "

COMMERCE DE PRODUITS PETROLIERS

ELEMNTS	OPTIONS	PROPORTIONS	GANVIE	HOUEDOGBADJI	AGUEGUES	TOTAL	POURCENTAGE
Les habitants de votre village font-ils le commerce des produits pétroliers ?	Non Oui		1 49	0 49	1 49	2 147	1% 98%
Combien de personnes en moyenne commercialisent les produits pétroliers dans ce village ?		1/5 2/5 3/5 4/5 5/5	16 15 14 1 2	14 18 15 3 0	39 9 1 0 0	69 42 30 4 2	46% 28% 20% 3% 1%
Combien de personnes commercialisaient les produits pétroliers avant 1990 ?		1/5 2/5 3/5 4/5 5/5	25 17 7 2 0	9 5 4 8 0	24 9 2 0 0	58 31 13 10 0	39% 21% 9% 7% 0%
Quelle a été l'évolution de l'ampleur de cette activité au cours des cinq dernières années ?	1994 -- 1995	1/5 2/5 3/5 4/5 5/5	15 16 9 1 2	13 22 10 5 1	23 12 5 0 0	51 50 24 6 3	34% 33% 16% 4% 2%
	1996 -- 1997	1/5 2/5 3/5 4/5 5/5	11 20 10 0 2	10 23 12 6 0	26 13 1 0 0	47 56 23 6 2	31% 37% 15% 4% 1%
	1998 -- 1999	1/5 2/5 3/5 4/5 5/5	10 18 13 0 2	20 14 13 4 0	38 1 1 0 0	68 33 27 4 2	45% 22% 18% 3% 1%
Combien ce commerce rapporte t-il par jour ?	1994 -- 1995	200F - 1 000F 1 000F - 2 000F 2 000F - 5 000F Plus de 5 000F	15 5 7 5	14 10 18 8	13 17 7	30 18 42 20	20% 12% 28% 13%
	1996 -- 1997	200F - 1 000F 1 000F - 2 000F 2 000F - 5 000F Plus de 5 000F	15 6 6 5	19 8 15 8	2 4 16 6	36 18 37 19	24% 12% 25% 13%
	1998 -- 1999	200F - 1 000F 1 000F - 2 000F 2 000F - 5 000F Plus de 5 000F	17 7 7 1	26 10 11 3	11 12 2 3	54 29 20 7	24% 12% 25% 13% 36% 19% 13% 5%

PHOTOS DE TERRAIN

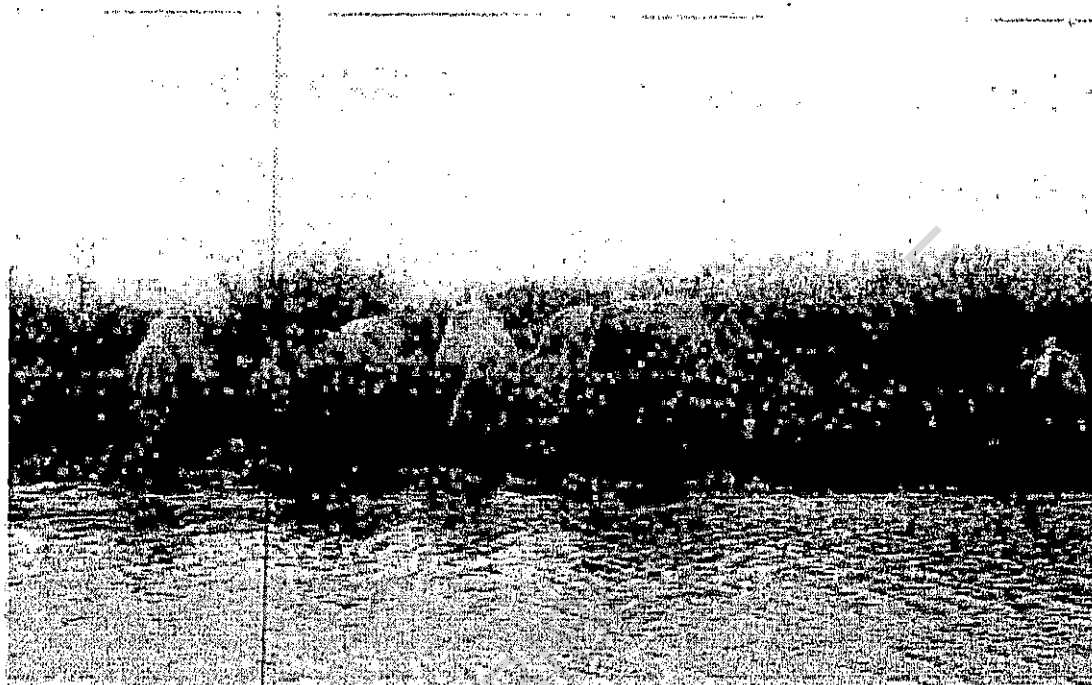


Photo I



Photos I et II montrant l'état actuel du milieu
d'étude et des animaux d'élevage



Le plongeur fermant un flacon après prélèvement de sédiment

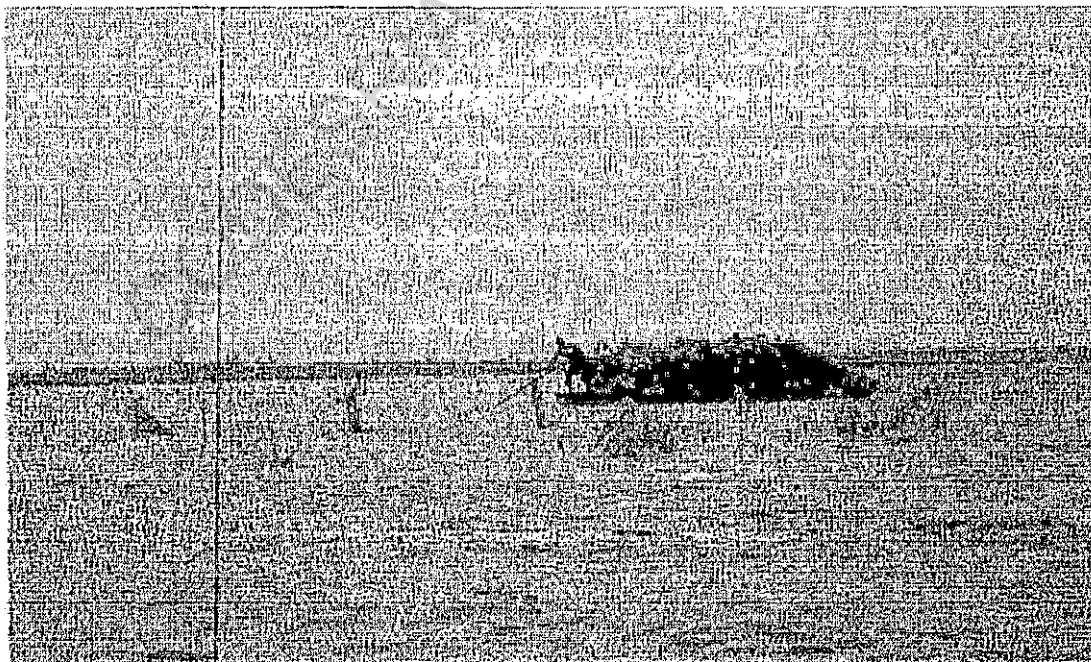
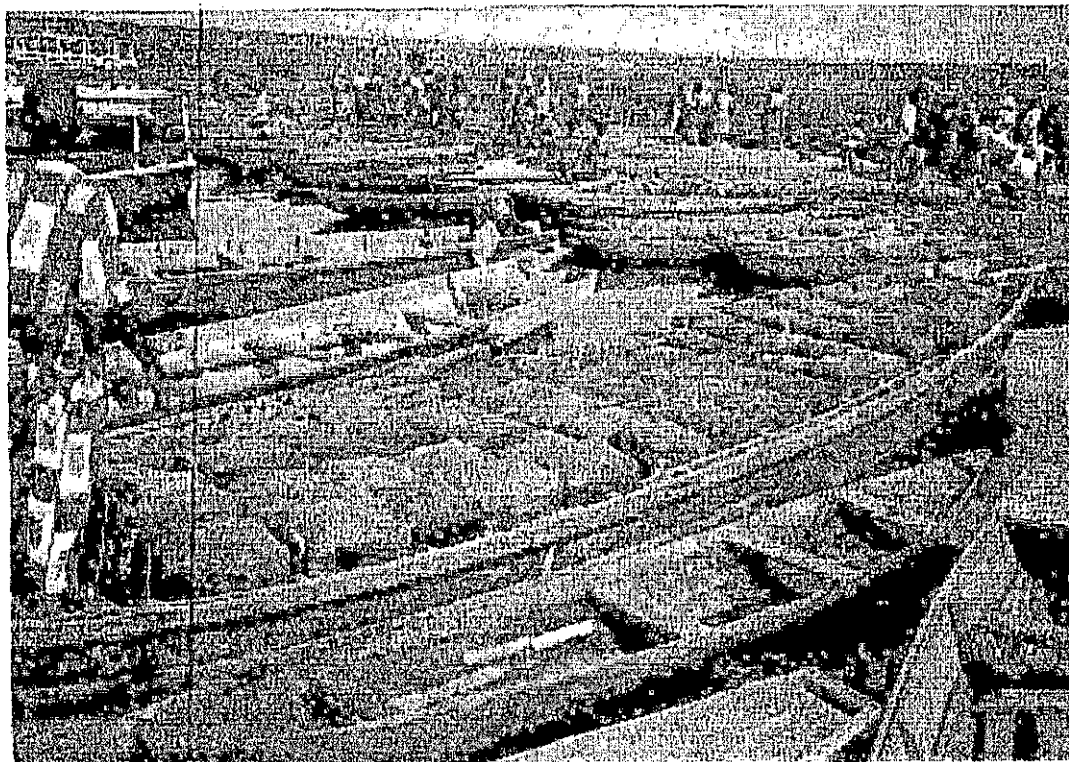
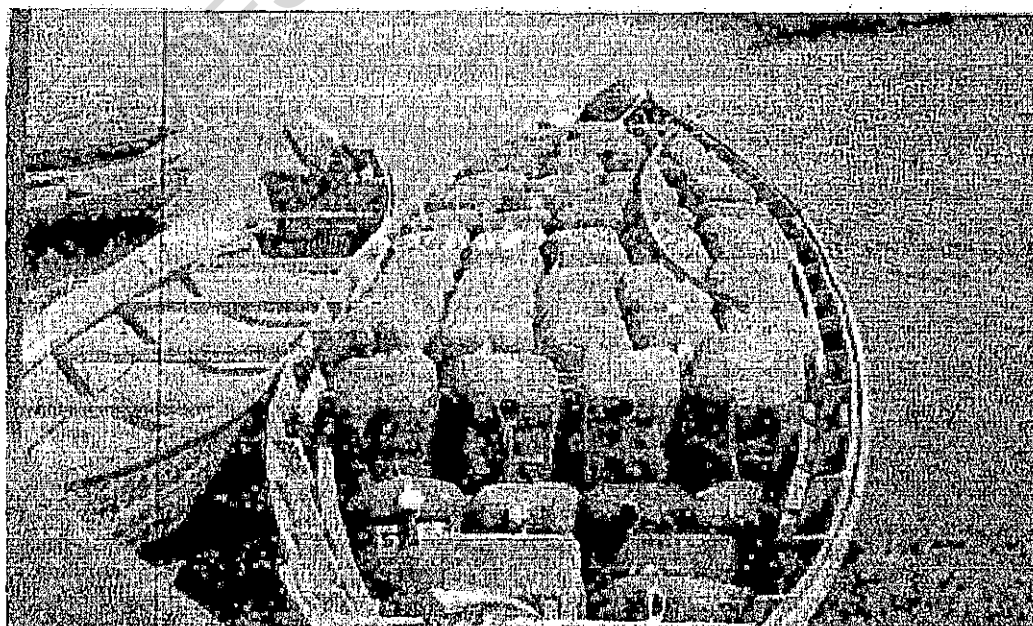


Photo montrant certaines exploitations du lac



Grandes embarcations de produits pétroliers



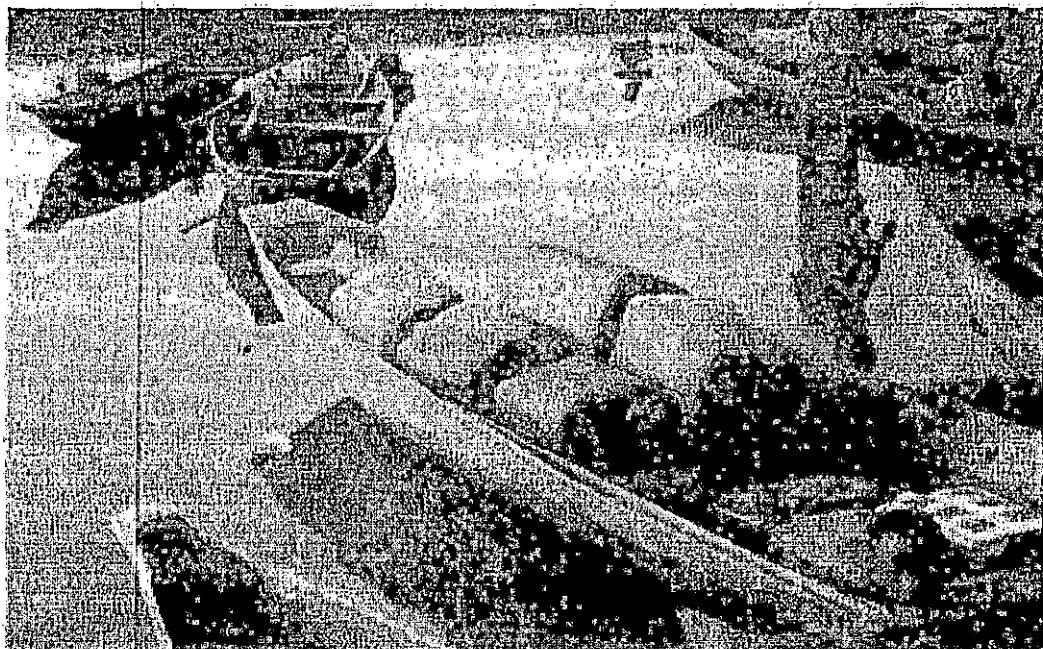


Photo I



Photo II

**Photos I et II : Petites embarcations de produits
nétoliers**



Relique de palétuvier retrouvée dans la zone d'étude



Surface de l'eau présentant les marques de pollution : aspect vert noirâtre

SIGLES

- ABE** : Agence Béninoise pour l'Environnement.
- CBRST** : Centre Béninois pour la Recherche Scientifique et Technique.
- CEDA** : Centre pour l'Environnement et le Développement en Afrique.
- CPG** : Chromatographie en Phase Gazeuse.
- DAPS** : Direction de l'Analyse et des Prévisions Statistiques.
- FAO** : Food and Agriculture Organisation.
- FAST** : Faculté des Sciences Techniques.
- FLASH** : Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines.
- FSA** : Faculté des Sciences Agronomiques.
- GPS** : Global Position System.
- HAP** : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique.
- INSAE** : Institut National de Statistique et de l'Analyse Economique.
- MEHU** : Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de l'Urbanisme.
- MDR** : Ministère du Développement Rural.
- PCE** : Projet Conseiller en Environnement.
- OBRGM** : Office Béninois des Recherches Géologiques et Minières.
- SONACOP** : Société Nationale de Commercialisation des Produits Pétroliers.
- RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat.
- MS** : Micro Siemens

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	5
INTRODUCTION GENERALE	7
CHAPITRE PREMIER	8-15
<i>I- Problématique</i>	9
<i>II- Objectifs</i>	10
<i>III- Présentation du cadre de l'étude</i>	11
<i>III-1 Caractéristiques physiques</i>	11
<i>III-2 Caractéristiques socio-économiques</i>	12
CHAPITRE DEUXIEME	16-30
<i>I- Collecte d'information</i> 17	
<i>I-1 Recherches bibliographiques</i>	17
<i>I-2 Méthodes de collectes des informations et de traitement des données</i>	20
<i>I-2-1. Choix des villages et des personnes interviewées</i>	20
<i>I-2-2 Collecte de données</i>	20
<i>I-2-3 Traitement des données collectées</i>	20
<i>II- Prélèvement et mesure des paramètres physico-chimiques</i>	21
<i>II-1 Prélèvement de l'eau</i>	21
<i>II-2 Prélèvement de sédiment et d'organismes</i>	22
<i>II-2-1 Prélèvement de sédiment</i>	22
<i>II-2-2 Prélèvement d'organismes vivants</i>	22
<i>II-3 Mesure des paramètres physico-chimiques et coordonnées géographiques</i>	22
<i>II-3-1 Mesure des paramètres physico-chimiques</i>	22

<i>II-3-2 Relevé des coordonnées géographiques</i>	23
<i>III- Analyses de laboratoire</i>	25
<i>III-1 Extraction des hydrocarbures</i>	25
<i>III-1-1 Choix du solvant</i>	25
<i>III-1-2 Protocole d'extraction</i>	25
<i>III-1-2-1 Mode opératoire</i>	25
<i>III-1-2-2 Efficacité de la méthode</i>	26
<i>III-2 Dosage des hydrocarbures</i>	26
<i>III-3 Analyse des extraits : chromatographie en phase gazeuse</i>	27
<i>III-3-1 Choix de la méthode</i>	27
<i>III-3-2 Principe de la chromatographie</i>	27
<i>III-3-3 Identification par les indices de rétention ! indice de Kovats</i>	30
CHAPITRE TROISIEME	31-83
<i>I- Résultats et discussion</i>	32
<i>I-1 Informations collectées sur le terrain</i>	32
<i>I-1-1 Exploitation des plans d'eau</i>	32
<i>I-1-1-1 Exploitation dans la pêche</i>	32
<i>I-1-1-2 Le commerce des produits pétroliers comme activité</i>	
<i>d'exploitation du lac</i>	34
<i>I-1-1-3 Impacts du trafic sur le lac</i>	36
<i>I-1-2 Mesure des paramètres physico-chimiques du lac</i>	39
<i>I-1-2-1 Température et pH</i>	39
<i>I-1-2-2 Salinité</i>	41
<i>I-1-2-3 Potentiel redox et conductivité</i>	42
<i>I-1-2-4 Relation entre les paramètres physico-chimiques</i>	45

CONCLUSION GENERALE	82
BIBLIOGRAPHIE	84-89
LISTE DES TABLEAUX	90
LISTE DES FIGURES	91
ANNEXES	92-114
<i>Questionnaire</i>	93
<i>Resultats de l'enquête de terrain</i>	98
<i>Quelques chromatogrammes</i>	102-111
<i>Photos de terrain</i>	112-115
<i>Sigles</i>	116
RESULTATS EXPERIMENTAUX	

