



UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP  
 FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE  
 DAKAR

# La Mesure des Cholinestérases chez les Poissons des genres Tilapia et Clarias au Sénégal

Application au Suivi de la Contamination du milieu aquatique  
 par les Insecticides organophosphorés



**THESE :**

présentée et soutenue publiquement le 8 Décembre 1989  
 devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
 pour obtenir le grade de DOCTEUR VÉTÉRINAIRE  
 (DIPLOME D'ETAT)

par

**Paly CISSE**

né le 23 Août 1959 à Médina-Mary (SENEGAL)

**Président du Jury** : Monsieur Ibrahima WONE  
 Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

**Directeur de Thèse et Rapporteur** : Monsieur François Adébayo ABIOLA  
 Professeur Agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar

**Membres** : Monsieur Samba DIOP  
 Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
 Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO  
 Professeur Agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar

ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES ET MEDECINE  
VETERINAIRES DE DAKAR

ANNEE UNIVERSITAIRE 1988-1989

SCOLARITE

MS/MD

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

I- PERSONNEL A PLEIN TEMPS

1- ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE

Kondi M. AGBA	Maître de Conférences Agrégé
Jean-Marie AKAYEZU	Assistant
J. ALMARGOT	Assistant
Pathé DIOP	Moniteur

2- CHIRURGIE-REPRODUCTION

Papa El Hassan DIOP	Maître de Conférences Agrégé
Franck ALLAIRE	Assistant
Moumouni OUATTA	Moniteur

3- ECONOMIE-GESTION

Cheikh LY	Assistant
-----------	-----------

4- HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES  
ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE

(HIDAOA)

Malang SEYDI	Maître de Conférences Agrégé
Serge LAPLANCHE	Assistant
Saïdou DJIMRAO	Moniteur

5- MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE PATHOLOGIE

INFECTIEUSE

Justin Ayayi AKAKPO	Professeur
Mme Rianatou ALAMBEDI	Assistante
Pierre BORNAREL	Assistant de Recherches
Julien KOULDIATI	Moniteur

6- PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE

Louis Joseph PANGUI	Maître de Conférences Agrégé
Jean BELOT	Maître-Assistant
Salifou SAHIDOU	Moniteur

7- PATHOLOGIE MEDICALE-ANATOMIE PATHOLOGIE

ET CLINIQUE AMBULANTE

Théodore ALOGNINOUBA	Maître de Conférences Agrégé
Roger PARENT	Maître-Assistant
Jean PARANT	Maître-Assistant
Jacques GODFROID	Assistant
Yalacé Y. KABORET	Assistant
Ayao MISSOHO	Moniteur

8- PHARMACIE-TOXICOLOGIE

François A. ABIOLA	Maître de Conférences Agrégé
Lassina OUAÏTARA	Moniteur

9- PHYSIOLOGIE-THERAPEUTIQUE PHARMACODYNAMIE

Alassane SERE	Professeur
Moussa ASSANE	Maître-Assistant
Mohamadou M. LAWANI	Moniteur

10- PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Germain Jérôme SAWADOGO	Maître de Conférences Agrégé
Samuel MINOUNGOU	Moniteur

11. ZOOTECHE-ALIMENTATION

Kodjo Pierre ABASSA	Chargé d'enseignement
Moussa FALL	Moniteur

- CERTIFICAT PREPARATOIRE AUX ETUDES VETERINAIRES (CPEV)

Lucien BALMA	Moniteur
--------------	----------

II- PERSONNEL VACATAIRE

- BIOPHYSIQUE

René NDOYE	Professeur
	Faculté de Médecine et de Pharmacie
	Pharmacie.
	Université Ch. A. DIOP
	.../...

- Mme Jacqueline PIQUET  
Chargée d'enseignement  
Faculté de Médecine et de Pharmacie  
Université Ch.A. DIOP

Alain LECOMTE  
Maître-Assistant  
Faculté de Médecine et de Pharmacie  
Université Ch. A. DIOP

Mme Sylvie GASSAMA  
Maître-de Conférences  
Faculté de Médecine et de Pharmacie  
Université Ch.A. DIOP

Mme H. SOW  
Assistante  
Faculté de Médecine et de Pharmacie  
Université Ch.A. DIOP

- BOTANIQUE-AGRO-PEDOLOGIE

Antoine NONGONIERMA  
Professeur  
IFAN-Institut Ch.A. DIOP  
Université Ch.A. DIOP

- ECONOMIE GENERALE

Oumar BERTE  
Maître-Assistant  
Faculté des Sciences Juridiques et  
Economiques  
Université Ch.A. DIOP

- AGROSTOLOGIE

- Mr MANDRET  
Ingénieur agronome, Agropastoraliste  
(I.E.M.V.T.) en poste au Laboratoire  
de Hann.

- Mr AIDARA  
Ingénieur agronome  
Ministère de développement rural

- Dr GROUZIS  
Ecologue, ORSTOM

III- PERSONNEL EN MISSION (prévu pour 1988-1989)

- PARASITOLOGIE  
- L. KILANI  
Professeur  
ENV Sidi Thabet (TUNISIE)

.../...

S. GEERTS

Professeur Institut Médecine  
Vétérinaire Tropicale ANVERS  
(Belgique)

- PATHOLOGIE PORCINE  
ANATOMIE PATHOLOGIQUE

A. DEWAELE

Professeur  
Faculté Vétérinaire de CURGHEM  
Université de LIEGE. (BELGIQUE)

- PHARMACODYNAMIE GENERALE ET  
SPECIALE

P.L. TOUTAIN

Professeur  
Ecole Nationale Vétérinaire  
TOULOUSE (France)

- MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE

Melle Nadia HADDAD

Maître de Conférences Agrégée  
E.N.V. Sidi THABET (TUNISIE)

- PHARMACIE-TOXICOLOGIE

L. EL BAHRI

Maître de Conférences Agrégé  
E.N.V. Sidi THABET (TUNISIE)

Michel Adelin J. ANSAY

Professeur Faculté de Médecine  
Vétérinaires  
Université de LIEGE (BELGIQUE)

- ZOOTECHNIE-ALIMENTATION

R. WOLTER

Professeur  
ENV ALFORT (FRANCE)

R. PARIGI BINI

Professeur Faculté des Sciences  
Agraires

R. GUZZONATI

Université de PADOUE (ITALIE)  
Technicien de laboratoire  
Faculté des Sciences Agraires  
Université de PADOUE (ITALIE)

- INFORMATIQUE STATISTICIENNE  
Dr. G. GUIDETTI

Technicien de la Faculté des  
Sciences Agraires  
Université de PADOUE (ITALIE)

---

D

E

- A Allah le Tout Puissant

D

- A son Prophète Mouhammad (PSL).

D

- A mes parents pour les énormes sacrifices consentis;

l

- A mon épouse Gnouma Afissatou CISSE pour la patience  
cdnt dont tu as su faire preuve

E

C

- A mon fils Mohamed pour que tu fasses beaucoup mieux.

D

A

- A la grande famille DJEBO et particulièrement à la  
famille SAKHO de Dakar pour le soutien à tous égards

C

- A la mémoire du feu Saliou DIOP et sa à sa famille  
de Vélingara.

I

E

- A la famille Boubou CISSE de Kolda.

C

S

- A Amadou Doudou CISSE et famille à Richard-Toll  
pour les accueils spontannés, généreux et chaleureux.

A

- A tous mes amis

- A tous les Etudiants de l'EISMV.

C

- A l'ACDI pour l'appui à la réalisation de ma  
vocation.

E

- Au SENEGAL, Mon Pays.

S

---

A NOS MAITRES ET JUGES  
=====

A MONSIEUR IBRAHIMA WONE

*Vous avez, malgré , un emploi du temps fort chargé et les contraintes de ce jour Saint du Vendredi, accepté de présider notre jury de thèse.*

*Votre constante disponibilité, vos qualités humaines et votre grande érudition vous ont toujours charmés.*

*HOMMAGES RESPECTUEUX.*

A MONSIEUR FRANCOIS ADEBAYO ABIOLA

*Nous vous devons une reconnaissance toute particulière, vous qui avez inspiré et dirigé ce travail. Tout au long de son déroulement nous avons été impressionné par vos multiples qualités.*

*Votre énorme capacité de travail ,  
votre rigueur scientifique qui n'exclut nullement la chaleur et la cordialité dans vos relations avec les étudiants,  
votre constante disponibilité n'en sont que quelques exemples .  
Puissiez-vous trouver dans ces quelques lignes notre gratitude et notre profond attachement.*

*MERCI.*

A MONSIEUR SAMBA DIOP

*Vous avez bien voulu effectuer ce long déplacement de Cotonou à Dakar pour siéger à notre jury de thèse.*

*Merci de cet Honneur que vous nous faites et de l'intérêt que vous portez sur notre travail.*

*TRES PROFONDES GRATITUDES*

A MONSIEUR GERMAIN JEROME SAWADOGO

*Vous nous faites un très grand honneur en acceptant d'être parmi nos juges et ceci malgré vos multiples occupations.*

*TRES SINCERES RECONNAISSANCES ET PROFONDES  
GRATITUDES*



R E M E R C I E M E N T S

- A *ABDOULAYE DIAW* - Technicien du laboratoire de Pharmacie  
Toxicologie de l'EISMV de Dakar
  
  - A *MONSIEUR MAMADOU DIAGNE* - Chef de la division Pêche continentale  
de la Direction des Eaux, Forêts et Chasses : pour les  
accueils chaleureux, les conseils, informations et collabora-  
tion.
  
  - Au personnel du Service des Eaux-Forêts et Chasses de Richard-Toll  
plus particulièrement à *MR BADJI CHEF DU SECTEUR*  
  
et *PAUL WALLY NDIAYE (ATEF)* Ansooumana pour la franche et  
efficace collaboration.
  
  - Aux pêcheurs du village de Bountau Boat (Lac de Guiers)
  
  - A *monsieur Alioune SENE* chef du Service Recherche à la Compagnie  
Sucrière sénégalaise (C.S.S.) à Richard-Toll,  
pour sa disponibilité et sa franche collaboration.
  
  - A *Monsieur Le Directeur Général de la Société de Développement  
Agricole et Industriel (SODAGRI)* et à *MM Bocar GUISSSE* et  
*Alioune DIOUF* pour leur sincère collaboration.
  
  - Au personnel du Service de l'élevage de Vélingara pour leur  
collaboration.
-

/// ABLE des MATIERES  
-+++++

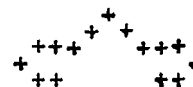
	PAGES
<u>INTRODUCTION</u> :.....=	01
<u>PREMIERE PARTIE</u> : LES MILIEUX DE L'ETUDE.....=	05
<u>Chapitre I</u> - Le lac de Guiers.....=	07
I. Description et situation géographique.=	07
II. Climatologie de la Région du lac de Guiers.....=	09
III. <u>Caractéristiques spécifiques</u> du lac de Guiers.....=	13
-1/- Hydrologie du lac de Guiers.....=	13
-2/- Physico-chimie, des eaux du lac de Guiers.....=	15
-3/- Caractéristiques chimiques.....=	15
IV. <u>Facteurs biotiques de la région du lac de Guiers</u> .....=	16
A. Flore de la région du lac de Guiers..=	16
-1/- Végétation terrestre.....=	16
-2/- Végétation aquatique.....=	17
a)- Le phytoplancton.....=	17
b)- La végétation supérieure.....=	17
B. Faune de la région du lac de Guiers..=	18
-1/- Faune aquatique.....=	18
a)- Invertébrés.....=	18
b)- Faune piscicole .....	19
c)- Faune avienne.....=	19
-2/- Faune terrestre.....=	19
V. Utilisation urbaine de l'eau du lac de Guiers.....=	20
VI. La pêche au lac de Guiers.....=	21
VII. Activités agro-industrielles dans la région du lac de Guiers : La Compagnie sucrière Sénégalaise (C.S.S.).....=	22
A. Installations hydro-agricoles de la C.S.S. : Structure et bilan fonc- tionnel.....=	24
-1/-Le système d'irrigation.....=	24
-2/-Le système de drainage.....=	27

B. Physico-chimie des eaux utilisées par la C.S.S.....=	30
C. Pesticides utilisées par la C.S.S. (campagne 1987-1988).....=	33
<b>CHAPITRE II - La bassin de l'Anambé.....=</b>	<b>36</b>
I. Description et situation géographique..=	36
II. Climatologie de la région.....=	36
III. Caractéristiques spécifiques.....=	39
A - Hydrologie.....=	39
B - Physico-chimie des eaux de la Kayanga et de l'Anambé.....=	40
IV. Activités agro-industrielles dans la zone du bassin de l'Anambé.....=	40
A. La Société de Développement Agricole et Industrielle (SO.DA.GRI.).....=	40
-1/- Installations hydro-agricoles du projet Anambé.....=	41
-2/- Bilan de la campagne agricole 1988-1989.....=	
B. Autres sociétés agro-industrielles opérant dans la zone de l'Anambé. La Société de Développement des Fibres Textiles (SO.DE.FI.TEXT).....=	45
<b><u>DEUXIEME PARTIE : LA POLLUTION DU MILIEU AQUATIQUE...=</u></b>	<b>47</b>
<b><u>Chapitre 1 - Généralités sur la pollution du milieu aquatique.....=</u></b>	<b>48</b>
I. Intervention de l'homme dans le proces- sus de pollution du milieu aquatique.....=	49
A. Types de pollution du milieu aqua- tique.....=	51
-1/- Pollution dues aux polluants de nature physique.....=	51
-2/- Pollution dues aux polluants de nature chimique.....=	51
B. Modifications des écosystèmes aqua- tiques sous l'influence des pollu- tions.....=	52

	<u>PAGES</u>
II. Les insecticides organophosphorés.....=	54
-A. Structurel et classification.....=	55
1). Les phosphates.....=	56
2). Thionophosphates phosphorothiona- tes.....=	57
3). Les phosphothionothiolates ou phosphorodithionates.....=	58
4). Les phosphonates.....=	59
5). Les phosphoramides.....=	60
-B. Propriétés physicochimiques des I.O.P.....=	61
* Propriétés physiques.....=	61
* propriétés chimiques.....=	61
-C. Usage des I.O.P.....=	62
-D. Mécanisme d'action toxique des I.O.P.....=	64
1). Rappels physiologiques sur les acteurs de la transmission ner- veuse synaptique.....=	64
a)- L'acétylcholine (ACh).....=	64
b)- Les cholinestérases (ChE).....=	65
2). Distribution des cholinestérases dans tissus.....=	66
3). Rôles de l'acétylcholine et des cholinestérases dans la trans- mission nerveuse synaptique.....=	69
 <u>Chapitre 2</u> - Effets des insecticides organophosphorés sur les biocénoses aquatiques.....=	 74
.I Origines de la contamination du milieu aquatique par les I.O.P. ....=	74
.II Description des effets des organophos- phorés sur les biocénoses aquatiques.....=	75
-A. Effets sur les poissons.....=	75
-B. Effets sur le phytoplancton.....=	79
-C. Effets sur les invertébrés aqua- tiques.....=	79
.III Diagnostic des intoxications par les I.O.P. ....=	80
-A. Les méthodes titrimétriques.....=	81
-B. Les méthodes gazométriques.....=	81
-C. Les méthodes électrométriques.....=	82
-D. Les méthodes colorimétriques.....=	82

	<u>Pages</u>
<u>TROISIEME PARTIE</u> : MESURE DE L'ACTIVITE CHOLINESTERASIQUE CHEZ LES POISSONS.....=	84
<u>Chapitre 1</u> - Matériel et méthodes.....=	85
I. Les poissons.....=	85
-A Description des prélèvements.....=	85
-1/- Prélèvements du lac de Guiers.....=	85
-2/- Prélèvements effectués dans l'Anambé.....=	89
-B Préparation des échantillons.....=	92
-1/- Dissection des organes.....=	93
-2/- Préparation des homogénats.....=	93
II. Matériel de laboratoire.....=	94
-A Le spectrophotomètre.....=	94
-B Les réactifs.....=	94
- Les accessoires.....=	96
I	
III. Dosage des cholinestérases.....=	96
-1/- Principes.....=	96
-2/- Méthodes.....=	97
a)- Conditions requises pour un bon dosage.....=	98
b)- Cinétique de la réaction d'hydrolyse de l'ACh par les ChE.....=	99
c)- Détermination de l'hydrolyse non enzymatique des substrats.....=	100
d)- Méthode de calcul des activités cholinestérasiques.....=	100
<u>Chapitre 2</u> - Résultats	
I. Effets du milieu d'homogénéisation sur l'activité cholinestérasique.....=	102
II. Cinétique de la réaction d'hydrolyse de l'ACh par les ChE.....=	106
III. Variations de l'activité cholinestérasique en fonction de l'organe.....=	108
IV. Variations de l'activité cholinestérasique en fonction du temps.....=	113
-A Zone du lac de Guiers.....=	113
-B Zone de l'Anambé.....=	117
V. Variations de l'activité cholinestérasique en fonction du lieu de prélèvement.....=	119

<u>Chapitre 3</u> - Discussion.....=	121
-A.-Du choix des espèces.....=	121
-B. Des lieux de prélèvement.....=	121
-C. Du choix des organes.....=	122
-D. Des substrats.....=	123
-E. De l'effet du milieu d'homogénéisation sur l'activité cholinestérasique.....=	125
-F. Des précautions d'emploi.....=	126
CONCLUSION. GENERALE .....	128
BIBLIOGRAPHIE.....=	132
A N N E X E.....=	140



"Par délibération , la Faculté et l'Ecole ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation".

---

I N T R O D U C T I O N

-----



Dans un monde qui doit faire face, de plus en plus , à des besoins sans cesse croissants en aliments, la nécessité de protéger les plantes contre leurs prédateurs n'est plus à démontrer. Elle constitue en effet un des passages obligés pour l'amélioration des rendements agricoles et une garantie pour une meilleure conservation des récoltes.

Cette lutte phytosanitaire utilise des produits chimiques désignés sous le nom général de "pesticides" qui inclut les insecticides ; parmi ceux-ci, les organophosphorés occupent une place importante, sans doute à cause de leur grande efficacité dans l'action antiparasitaire doublée d'une rémanence relativement faible dans le milieu extérieur.

Mais en dépit des avantages certains résultant de leur usage, ces composés chimiques présentent des inconvénients, notamment par leurs effets aigus où à long terme sur les populations non cibles de divers écosystèmes.

Le milieu aquatique constitue très souvent le réceptacle des effluents agroindustriels, de même que des eaux de ruissellement des cultures riveraines ou des bassins-versants des cours d'eaux et lacs, tous pouvant véhiculer des résidus d'organophosphorés. Pourtant ces eaux de surface ne sont pas des eaux inertes, stériles. Elles constituent un véritable "monde" avec un ensemble d'êtres vivants aussi nombreux que diversifiés, en parfait équilibre au sein d'un biotope qui leur offre un cadre de vie propice. De plus, ces eaux deviennent une source importante pour l'alimentation

.../...

en eau des agglomérations urbaines et représentent d'autre part une importante source de protéines animales par le biais de la pêche voire de l'agriculture et de l'élevage.

Il devient donc de plus en plus nécessaire que les études écologiques prennent en compte le stress imposé à cet écosystème par les effets directs ou indirects des insecticides organophosphorés. Pour cela il faut outre la définition de normes de qualité des eaux de surface et des effluents, mettre au point des méthodes simples mais sensibles et fiables de contrôle et de suivi des niveaux de pollution.

En ce qui concerne les insecticides organophosphorés, leur identification directe est difficile et même s'il est possible, leur véritable rôle dans le processus de pollution aux taux détectés, est difficilement déterminable. C'est pourquoi il est préférable de procéder à leur mise en évidence de façon indirecte, notamment par des méthodes biologiques. Ces méthodes font intervenir des enzymes spécifiques : les Cholinestérases. Plusieurs méthodes ont été mises au point à cet effet et parmi elles, figure celle de ELLMAN.

Ce présent travail a deux objectifs principaux :

1- Maîtriser à l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar une méthode fiable de mesure des cholinestérases chez les poissons d'eau douce.

.../...

---

2- Etablir si les taux des cholinestérases peuvent être en relation avec le degré de pollution du milieu aquatique dans les conditions réelles.

Les résultats obtenus devront permettre de faire les choix adéquats surtout en matière d'organes sensibles aux variations des Cholinestérases, de substrats adéquats, de moments de prélèvement etc...

Trois parties composent notre argumentation :

- La première présente les milieux de l'étude.
  - La deuxième traite des sources de pollution du milieu aquatique.
  - La troisième expérimentale, présente nos résultats et observations.
-

P R E M I E R E   P A R T I E

=====

LES MILIEUX DE L'ETUDE

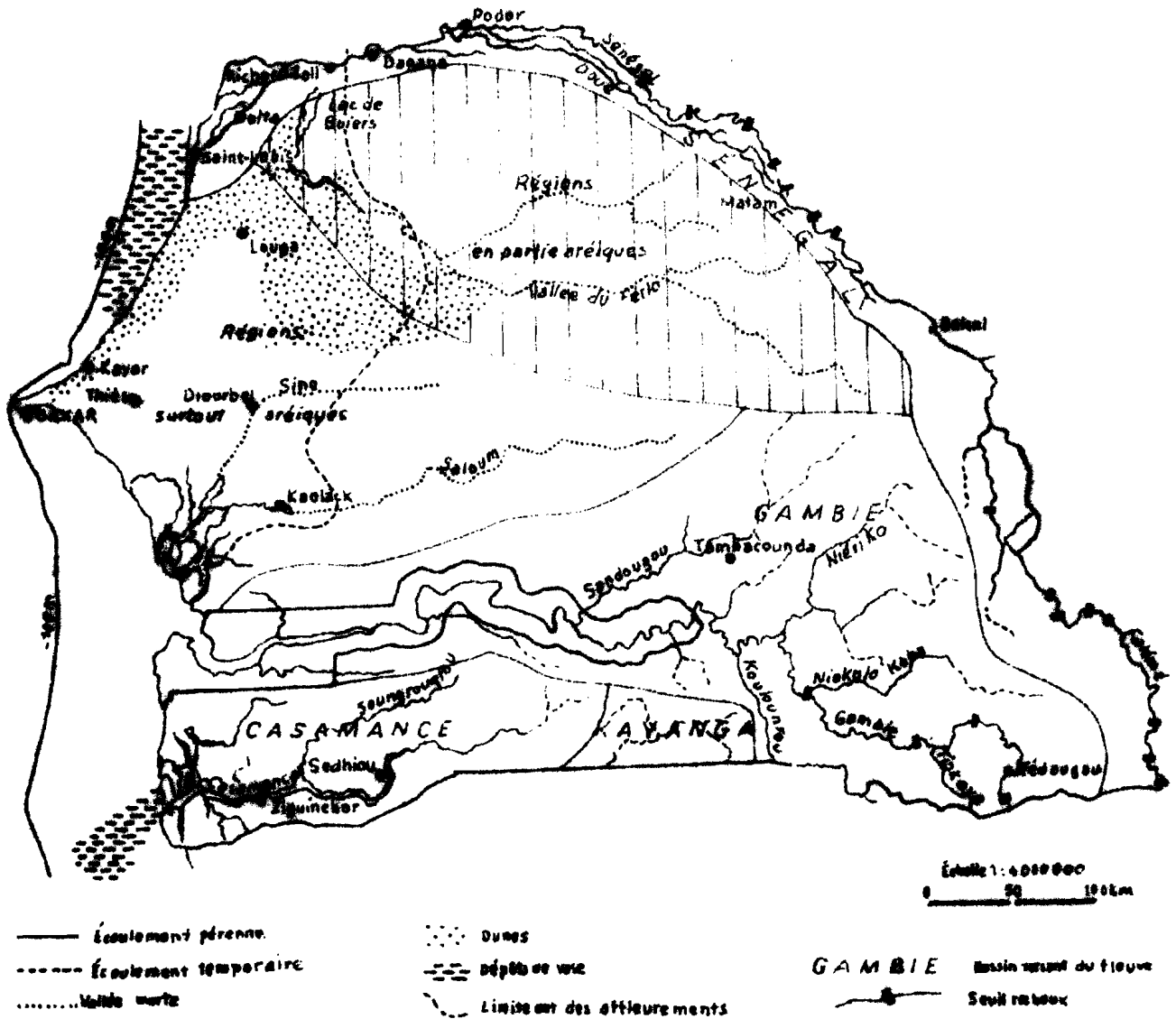
Nos. travaux se sont déroulés dans deux régions :

l'une au nord du Sénégal, le lac de Guiers et l'autre  
au sud, le bassin de l'Anambé (Carte n°1).

Cette partie comportera donc deux chapitres :

- 1- Etude de la région du lac de Guiers
- 2- Etude de la région du bassin de l'Anambé.

Carte N° 1 : LES ZONES DE L'ETUDE



## CHAPITRE I : LE LAC DE GUIERS

### I- DESCRIPTION ET SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le lac de Guiers se présente comme une dépression naturelle peu profonde, allongée suivant l'axe nord-sud, longue d'environ 50km et large de 7km (8). Il est situé à cheval sur deux régions administratives, celle de Louga et celle de Saint-Louis et s'inscrit dans un quadrilatère entre 15°25 et 16° de longitude Ouest et 15°40 et 16°25 de latitude nord.

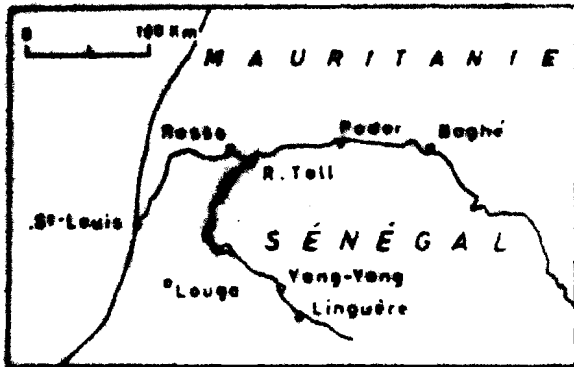
Le lac communique avec le Fleuve Sénégal par l'intermédiaire d'un chenal long de 17km qui est la Toudi (carte n°2). Dans sa configuration actuelle le lac se subdivise en deux grandes régions :

- une partie nord longue de 30 km et large de 5 à 7 km, vaste nappe d'eau libre représentant plus de 85p.100 du volume total,
- une partie sud, longue de 20 km, étroite, encaissée et parsemée d'îlots plus ou moins apparents selon la position du plan d'eau du lac.

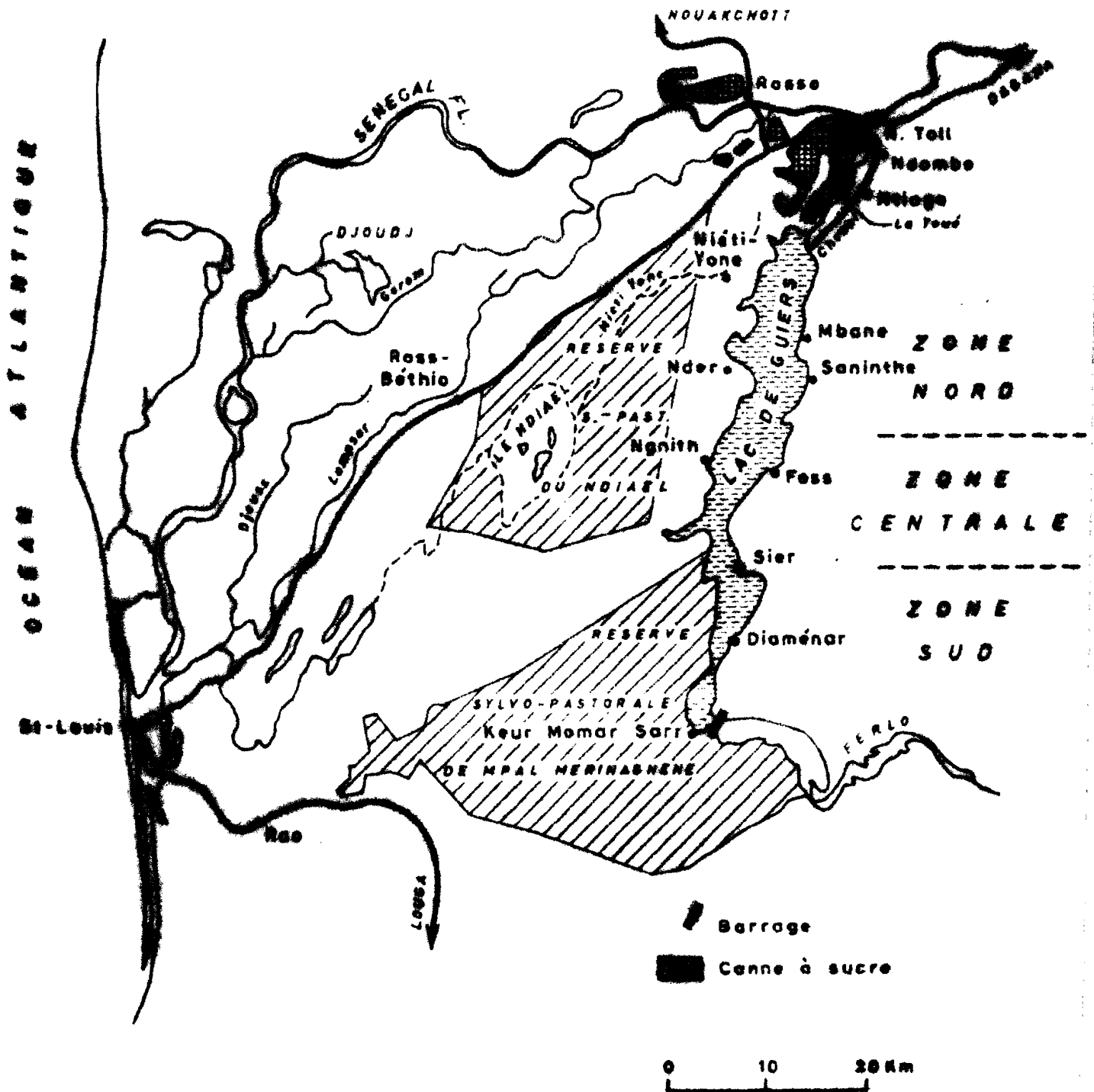
La région nord est limitée à son extrémité la plus septentrionale par les digues de l'exploitation agricole de la compagnie sucrière sénégalaise (C.S.S.) ; la région sud est isolée de l'ancienne Vallée du Ferlo par le barrage de Kour-Nomar-Sarr.

.../...

**Carte n° 1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU LAC DE GUIERS**



**CROQUIS DE LA SITUATION**



La superficie totale du lac aux hautes eaux est de 30.000 ha mais elle se réduit à 7000ha aux basses eaux. La superficie inondable est estimée à 13.000ha.

La dépression regorge de ressources naturelles importantes (eau, poissons...), ce qui fait qu'il revêt une importance sociale et économique.

## II- CLIMATOLOGIE DE LA REGION DU LAC DE GUIERS

La région du lac de Guiers appartient à la zone climatique dite sahélienne caractérisée par une brève saison des pluies (mi-juillet à mi-October) et une longue saison sèche (mi-septembre à mi-juillet).

Pendant l'hivernage les précipitations sont faibles et inégalement réparties dans le temps et l'espace. La pluviométrie moyenne est de 250 mm/an.

Les températures sont relativement élevées pendant presque toute l'année (tableau n°1).

.../...



TABLEAU N°1 : TEMPERATURES MINIMALES, MAXIMALES  
ET MOYENNES EN °C A RICHARD-TOLL DE  
1975 à 1987

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Min	14,06	15,23	17,23	19,40	20,66	22,83	24,00	24,46	21,63	22,60	18,03	15,13
Max	30,10	33,40	35,26	37,63	38,66	38,10	35,66	34,93	35,30	37,50	34,73	31,00
Moy	22,23	24,20	26,16	28,13	29,40	30,06	29,60	29,50	29,86	29,76	26,50	23,23

Source : Service hydro-pédo-météo, C.S.S., Richard Toll.

Les mois de décembre, janvier et février sont les plus froids alors que ceux d'avril, mai et juin sont les plus chauds. Ces températures élevées influent généralement sur la rapidité de dégradation des pesticides en augmentant la vitesse des réactions chimiques et l'intensité du métabolisme des êtres vivants du milieu. En plus les rayons ultra-violetts accélèrent la vitesse de décomposition de la plupart des pesticides. Elles influent également sur l'évaporation des eaux de surface.

L'évaporation du lac atteint environ 2m/an (tableau n°2)

TABLEAU N°2 : EVAPORATION EN MM/JOUR ; MOYENNES MENSUELLES  
DE 1975 A 1987 AU LAC DE GUIERS

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
mm/j	8,96	10,7	11,86	13,1	13,46	11,76	10,03	8,80	7,85	9,26	8,76	18,10

Source : Service hydro-pédo-météo, C.S.S. Richard-Toll.

Cette évaporation des eaux est également favorisée par la vitesse des vents. Les vents dominants ont une direction générale nord-nord-Est et Ouest -Nord-Ouest et soufflent principalement pendant trois périodes (30) :

.../...

- entre Juin et septembre souffle la mousson dans la direction sud-ouest.

- entre janvier et mars, c'est la période des alizés,

- pendant presque toute l'année souffle l'harmattant vent chaud et sec qui entraîne une érosion très importante des sols et un fort déficit de saturation en eau de l'air.

L'humidité relative de l'air varie également au cours de l'année (tableau n°3).

TABLEAU N°3 : HUMIDITES MINIMALES ET MOYENNES

EN P.100 DE 1975 A 1987 A RICHARD-TOLL

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Min	40	24,33	24	24,66	30,00	38,66	49	51,66	51,66	33,00	28,66	31,33
Max	70	68,33	75,33	81,33	84,33	90,33	94,66	93,33	93,33	88,00	78,66	71,33
Moy	49,33	46,00	43,33	53,00	57,66	69,00	79,33	78,66	78,66	63,33	53,00	49,66

Source : Service hydro-pédo-météo, C.S.S., Richard-Toll.

Tous ces facteurs climatiques influent sur la stabilité, la dégradation et par conséquent sur la toxicité des pesticides.

.../...

### III- CARACTERISTIQUES SPECIFIQUES DU LAC DE GUIERS

#### 1- HYDROLOGIE DU LAC DE GUIERS

L'hydrologie du lac de Guiers est fortement conditionnée par la pluviométrie et les hauteurs d'eau dans le fleuve Sénégal. Le régime de celui-ci est de type tropical, caractérisé par une seule crue entre Juin-Juillet et Octobre Novembre. Elle est perceptible à Richard-Toll vers le mois de Juillet (22).

Tous les ans (de fin Juillet à mi-October) , la crue du fleuve Sénégal réalimente le lac par l'intermédiaire du chenal de la Taoué, long de 17 km. Au confluent du Sénégal et de la Taoué, la présence de deux barrages assure le remplissage maximal du lac en fonction des crues du fleuve. Juste avant celles-ci signalons la présence d'une langue salée marine venue de l'Océan Atlantique, en aval du fleuve. La remontée d'eau dans le fleuve est tellement bas qu'il est inférieur au niveau zéro. Les eaux salées de la marée ne sont repoussées vers l'Océan Atlantique qu'avec l'arrivée de l'onde de crue venant de l'amont du fleuve en hivernage.

Deux phases peuvent être distinguées au cours du remplissage du lac :

- La première phase commence avec l'arrivée de l'onde de crue à Richard-Toll et le retrait de la langue salée marine. Les deux barrages sur la Taoué sont ouverts ; le lac se remplit à partir de l'écoulement des eaux fluviales à travers le ...  
Ce déversement s'explique par la différence de niveau des deux milieux qui est de 100 à 150 cm.

.../...

- La seconde phase débute lorsque le fleuve amorce sa décrue, le lac est à son maximum. Le barrage aval est alors fermé pour éviter le reflux des eaux stockées vers le fleuve. Le barrage amont reste ouvert, permettant à la Compagnie Sucrière Sénégalaise (C.S.S.) de s'alimenter à partir du fleuve tant que la langue salée du fleuve se trouve en aval de Richard-Toll. A l'arrivée de la marée, le barrage amont est fermé; avec l'ouverture du barrage aval, la C.S.S. assure l'irrigation de la canne-à-sucre à partir des eaux lacustres (8).

Avec la mise en marche de deux barrages sur le fleuve Sénégal (barrage régulateur et hydroélectrique de Manantali (Mali) sur le Bafing, affluent principal du Sénégal, et barrage et d'irrigation de Diama, à cheval entre le Sénégal et la Mauritanie) le rôle des ponts-barrages de Richard-Toll est considérablement réduit. En effet les barrages de Diama et Manantali permettent un meilleur remplissage du lac et le maintien du plan d'eau à un niveau plus élevé (22).

Les apports des différentes sources d'alimentation du lac de Guiers ont été évalués en 1982 (9) ; ils sont assurés essentiellement par :

- les crues du fleuve Sénégal                    81p.100
- les apports météoriques                        11p.100
- les eaux de drainage de la C.S.S.            8p.100

.../...

Les pertes en eaux proviennent en majeure partie de :

- l'intense évaporation : 79p.100
- les pompages conjugués de la C.S.S. (19p.100) et de l'usine de traitement des eaux de la SONESS (Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal) implantée à NGnuith.

## 2- PHYSICOCHEMIE DES EAUX DU LAC DE GUIERS

La température des eaux du lac de Guiers est généralement plus élevée que celle des eaux du fleuve Sénégal. La différence est d'environ 1°C (15). Cette température présente des variations saisonnières voire mensuelles. C'est ainsi qu'en 1979, la moyenne mensuelle des températures lacustres la plus faible était celle de janvier (22,5°C) et la plus élevée, celle de Juin (31°C). En général ces températures s'homogénéisent de la surface au fond en début de matinée (14).

## 3- CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

L'une des caractéristiques principales des eaux du lac de Guiers réside dans l'importante variation observée dans le temps et l'espace, des paramètres hydrochimiques. Les eaux méridionales sont en effet nettement plus minéralisées que celles de la région nord. .../...

Les phases de dilution et de concentration se succèdent au rythme saisonnier du rétablissement et de l'interruption de la liaison entre le Fleuve et le lac.

L'augmentation de la salinité des eaux lacustres est essentiellement contrôlé par le processus d'évaporation. L'intervention des nappes phréatiques salées, reliques des anciennes transgressions marines (Nouackchottien) n'est pas à négliger, de même que le rejet dans la zone nord du lac, du surplus d'eau des zones irriguées (8 ; 9).

#### IV- FACTEURS BIOTIQUES DE LA REGION DU LAC DE GUIERS

##### A. FLORE DE LA REGION DU LAC DE GUIERS

##### 1- VEGETATION-TERRESTRE

La végétation terrestre est composée d'une strate arborée, arbustive, et d'une strate herbacée. Dans les strates arborées et arbustives prédominent les accacia (Accacia nilotica, A. adansonii, A. radiana) et Balanites aegyptiaca.

La strate herbacée est composée en partie de Graminées dont Aristida funiculata, A. longiflora, Pennisetum Cenchrus biflorus...) (30)

.../...

## 2. VEGETATION AQUATIQUE

Elle est composée du phytoplancton et de la végétation supérieure.

### a/ Le phytoplancton

Le peuplement phytoplanctonique du lac de Guiers est constitué de 49 espèces réparties en 4 Embranchements : les Chromophytes, 23 espèces, les Chlorophytes 14 espèces, les Cyanophytes 8 espèces et les Euglénophytes par 4 espèces (14).

Ces différentes espèces sont inégalement réparties dans l'espace (la densité algale diminue du nord vers le sud). Ce phénomène est lié à la profondeur des eaux lacustres et aux rejets des eaux d'irrigation de la C.S.S. et de la SAED. (Société d'Aménagement des Eaux du Delta).

La densité phytoplanctonique varie également avec le temps ; elle est plus élevée en Mars-Avril (saison-sèche) et plus faible en Mai-Juin .

### b) b/ La végétation supérieure

Jadis diversifiée, elle est menacée par les effets conjugués de la sécheresse, des activités humaines et de la concentration sans cesse croissante des eaux lacustres en substances minérales sous l'action des eaux de drainage. Ces facteurs ont

.../...



entraîné une diminution significative de leur nombre et de leur diversité (30).

Le groupement végétal à Typha Australis Shum et Thon est le plus abondant ; il se localise tant sur les rives immédiates du lac que sur les hauts-fonds particulièrement dans la partie sud où il est sous forme de peuplement purs, fixés ou non (33).

#### B/ FAUNE DE LA REGION DU LAC DE GUIERS

1. FAUNE AQUATIQUE : Elle comprend les Invertébrés, la faune piscicole et la faune avienne.

##### a/ Invertébrés :

Les invertébrés sont représentés par la faune micro-biologique , le phytoplancton et le zooplancton.

Parmi les mollusques on rencontre trois groupes de Gastéropodes :

- les Pulmonnés (Lymnéa natalensis, Bulinus forskalei, Biomphalaria pfeifferi, Gyranthus costulatus...)

- les Prosobranches (Belomia unicola, Laniste adansoni.).

- Les Bivalves (Bulinus senegalensis) (36).

Les autres Invertébrés aquatiques du lac de Guiers sont mal connus (30).

.../...

b/ Faune piscicole

Elle constitue une importante source de protéines animales . Elle est fortement diminuée et ne dépasse guère une trentaine d'espèces de poissons dont les plus abondants sont ; Tilapia nilotica, et Citharinus citharus (34). Un recensement effectué par le service des Eaux-Forêts et Chasses retient 41 espèces d'eau douce et 20 espèces d'eau saumâtre qui seraient introduites dans le lac avec l'arrivée de la langue salée ; ces espèces se retrouvent essentiellement dans le sud du lac plus riche en sels.

c/ Faune aviaire

Elle est riche et variée. Le lac attire en effet beaucoup d'espèces ; hormis les migrateurs en transit qui s'y désaltèrent par fortes températures, il y a 150 espèces qui sont des espèces aquatiques au sens large du terme et des espèces non aquatiques (colombidés aquatiques) qui fréquentent régulièrement ce plan d'eau. Au compte parmi eux 20 espèces ichtyoprédateurs.

FAUNE TERRESTRE

Elle est essentiellement représentée par les Mammifères terrestres. Ceux-ci sont d'ailleurs en voie de disparition du fait du braconnage, des activités humaines qui entraînent la dégradations des habitats, et de la sécheresse. Il ne reste plus que les petits animaux, surtout les rongeurs, dépendant du milieu naturel (eau, aliment). En plus on recense le lamentein, le crocodile et la tortue (30).

.../...

## V- UTILISATION URBAINE DE L'EAU DU LAC DE GUIERS

Le lac de Guiers joue un rôle important dans l'évolution et le fonctionnement de certaines villes telles que Richard-Toll, les villes situées le long de la conduite du lac de Guiers et surtout Dakar. En effet, dans les années 1970, les nappes de la presqu'île du Cap-Vert apparaissent surexploitées du fait d'un contexte géographique et hydrogéologique. Pour résoudre ce problème, il a été fait appel à l'exploitation de ressources nouvelles parmi lesquelles les eaux de surface du lac de Guiers. Ceci a conduit à la construction d'une usine d'eau à Ngiith, sur les bords du lac, dont l'exploitation a débuté en 1971.

L'eau produite par l'usine de Ngiith est acheminée vers Thiès au moyen d'une conduite de 195 km de longueur. Entre le lac et Thiès, la conduite reçoit les eaux des nappes phréatiques de Kelle à Kébémér et permet de desservir au passage un certain nombre de villes (Louga, Mekhé, Tivaouane...). Des réservoirs de Thiès une conduite de 52 km mène l'eau à Dakar après avoir reçu les apports des zones de forage de Pout. Ceci fait dire à WANE (37) que les 250 km de conduites qui relient le lac de Guiers à Dakar sont un véritable cordon ombilical par lequel s'effectue le transfert d'un élément de cet écosystème lacustre (l'eau) vers l'écosystème urbain, élément qui apparaît en définitive comme une sève nourricière". Ce rôle de cordon ombilical se verra renforcé avec la réalisation du "Canal de Cayor" qui est un canal à ciel ouvert reliant le lac de Guiers à Dakar.

.../...

## VI- LA PECHE AU LAC DE GUIERS

La pêche a toujours été présente au lac de Guiers et elle a même été à l'origine de l'établissement de plusieurs villages sur les rives (5,15,34). Elle est pratiquée par toutes les ethnies (maures, oulooffs, à l'exception des peulhs qui sont plutôt des éleveurs). On distingue les pêcheurs professionnels pour lesquels la pêche représente la seule activité et des agriculteurs-pêcheurs qui pratiquent l'une ou l'autre activité en fonction de la saison.

Les techniques de pêche consistent en l'utilisation de moyens traditionnels - "pirogues casaamançaises" (taillées dans un tronc d'arbre) mues par l'énergie humaine, l'utilisation du moteur étant interdite.

- filets de pêche de deux sortes : filets dormants qui vont en profondeur constituant ainsi un piège pour les espèces de poisson recherchant leur nourriture au niveau du sol lacustre ; filets de surface ou "Thakh" (nom vernaculaire) qui servent à attraper les poissons dans les eaux peu profondes.

Le produit de la pêche est utilisé pour l'alimentation locale et constitue frais ou sec la principale alimentation protéique des populations au bord du lac. Une grande partie est également vendue sur les marchés des villes périphériques (Richard-Toll, Rosso, Saint-Louis...).

Pour un rendement moyen de 100 kg/ha , le lac fournit 2250 tonnes de poissons par an, destiné à la consommation. (15).

VII- ACTIVITES AGRO-INDUSTRIELLES DANS LA REGION  
DU LAC DE GUIERS; LA COMPAGNIE  
SUCRIERE SENEGALAISE (C.S.S.)

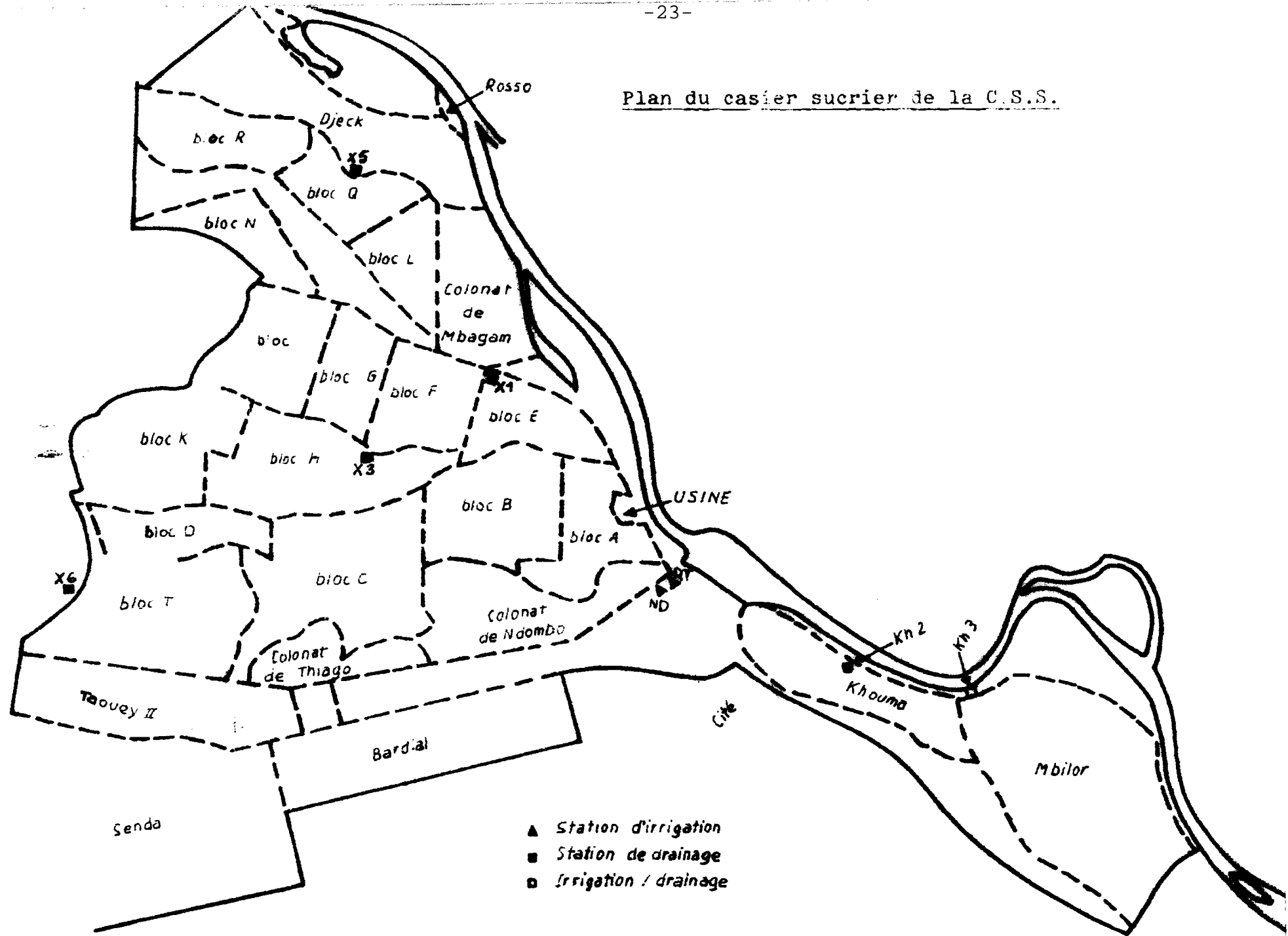
La C.S.S. est la plus grande unité agro-industrielle opérant dans la région du lac de Guiers. C'est une société créée en 1970 mais dont le fonctionnement n'a démarré qu'en 1972. Son objectif est de satisfaire les besoins du marché sénégalais en sucre. La zone d'emprise est constituée par les terres limitrophes du delta du fleuve Sénégal (30). La compagnie comprend un casier sucrier et une entreprise industrielle à trois éléments :

- un broyeur de canne,
- une sucrerie et
- une agglomération.

La canne à sucre est cultivée à l'Ouest, au Nord-Ouest et au nord-est de la Taoué sur une surface de 7500 ha aménagés dont 6500 sous canne pour la campagne 1988-1989.

.../...

Plan du casier sucrier de la C.S.S.



Carte N° 2 bis : Source C.S.S.

A/ INSTALLATIONS HYDRO-AGRICOLES DE LA C.S.S. : STRUCTURE  
ET BILAN FONCTIONNEL

La culture irriguée de la canne à sucre nécessite un certain nombre d'installations hydrauliques. Celles utilisées par la C.S.S. peuvent être distinguées en deux systèmes : le système d'irrigation et le système de drainage.

1°/ LE SYSTEME D'IRRIGATION :

Il est constitué de deux parties : un dispositif de pompage et un réseau complexe d'irrigation.

Le dispositif de pompage comprend deux stations de pompage qui alimentent les casiers de canne à sucre de la C.S.S. ce sont :

- la station principale de Richard-Toll qui alimente le casier Ouest

- La station de Kouma-MBilor pour les casiers de la zone du même nom.

.../...

Les caractéristiques de ces stations sont données dans le tableau n°5.

TABLEAU N°5 : CARACTERISTIQUES DES STATIONS DE POMPAGE DE LA C.S.S.

	Marque	Nombre	Energie	Capacité
Station de Richard- Tall	Stork	2	Diésel	1,2m <sup>3</sup> /s
	Sultzzer	3	Electrique	3,5m <sup>3</sup> /s
	Flight	4	Electrique	1,5m <sup>3</sup> /s
Station de Khouma- Milor	Sultzzer	2	Electrique	2m <sup>3</sup> /s
Total		11		22,9m <sup>3</sup> /s

Source : SENE (A). Service Recherches C.S.S.

Outre ces deux stations, il existe des stations mixtes irrigation-drainage qui peuvent servir, selon le besoin, soit à l'irrigation, soit au drainage. Il s'agit des stations dénommées Khoum 1 (KH1) et Khouma 2 (KH2) dont les caractéristiques sont données par le tableau n°6.

.../...



TABLEAU N°6 : CARACTERISTIQUES DES STATI 'S MIXTES DE LA C.S.S.

	Marque	Nombre	Energie	Capacité
Khouma 1 (KH1)	Stork	1	Diésel	1,2m <sup>3</sup> /s
Khouma 2 (KH2)	Stork	1	Diésel	1,2m <sup>3</sup> /s
Total		2		2,4m <sup>3</sup> /s

Source : SENE (A) Service Recherches C.S.S.

En prenant en compte les stations mixtes, la capacité totale de pompage est donc de  $25,3\text{m}^3/\text{s}$ .

L'alimentation en eau se fait soit à partir du fleuve Sénégal par la Taoué en période de crue et avant l'arrivée à Richard-Toll de la langue salée venant de l'océan Atlantique en remontant le fleuve, soit à partir du lac de Guiers le reste de l'année.

Le volume total d'eau pompée durant la campagne de culture 1987-1988 est de  $190\ 148\ 000\text{m}^3$  provenant de la station principale de Richard-Toll pour  $135\ 611\ 000\text{m}^3$  et de la station de Kouma Mbilor pour  $56\ 487\ 000\text{m}^3$ .

Le réseau d'irrigation est constitué de canaux d'irrigation principaux et secondaires qui entourent les parcelles et de canaux primaires parcellaires qui vont jusqu'aux plants de canne. Le sens de la circulation des eaux d'irrigation est le suivant :

Fleuve ou lac → Station de pompage → Canal principal → Canaux secondaires → canaux primaires parcellaires

Après irrigation, les excédents d'eau sont évacués par un système de drainage.

## 2- LE SYSTEME DE DRAINAGE

Il est constitué par des stations de drainage et par un réseau non moins complexe de drainage.

.../...

a/ LES STATIONS DE DRAINAGE

En plus des stations mixtes KH1 et KH2, la C.S.S. utilise quatre stations de drainage désignées par X1, X3, X5, et X6. Leurs caractéristiques sont données par le tableau N°7.

TABLEAU N°7 : CARACTERISTIQUES DES STATIONS DE DRAINAGE UTILISEES PAR LA C.S.S.

	Moteur (Marque)	Nombre	Energie	Capacité
X <sub>1</sub>	Stork	1	Diésel	1,2m <sup>3</sup> /s
X <sub>3</sub>	Alta	2	électrique	0,5m <sup>3</sup> /s
X	Stork	1	Diésel	1,2m <sup>3</sup> /s
X <sub>6</sub>	Stork	1	Diésel	1,2m <sup>3</sup> /s
Total		5		4,6m <sup>3</sup> /s

Associées à celle des stations mixtes, la capacité totale de drainage est de 7m<sup>3</sup>/s.

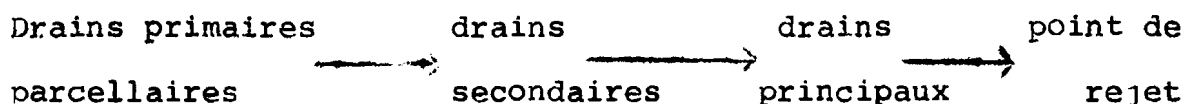
b/ LE RESEAU DE DRAINAGE

Il est constitué de deux types de drains : les drains enterrés et les drains superficiels à ciel ouvert.

.../...

La présence des drains enterrés se justifie par l'existence dans la zone d'une nappe phréatique salée relique des anciennes transgressions marines (Nouakchottien) ou récente (fin du 19<sup>e</sup> siècle) . Cette nappe salée se trouve à quelques mètres de la surface et contribue à la salinisation des sols du casier sucrier, les rendant ainsi impropres à la culture de la canne. Les drains sous-terrains permettent donc de rabaisser le niveau de la nappe salée.

Les drains superficiels à ciel ouvert évacuent les excédents d'eau des parcelles irriguées, suivant un sens inverse à celui des canaux d'irrigation. Ils comprennent des drains primaires parcellaires à l'intérieur des parcelles, des drains secondaires autour des parcelles et des drains principaux. La circulation des eaux de drainage se fait dans le sens :



Ces points de rejet sont au nombre de 3 : le fleuve Sénégal, le marigot Diovol et le lac de Guiers par la station X<sub>6</sub> (30).

La quantité totale d'eau drainée en 1987-1988 est de ~~145.499~~ 145.499.000 m<sup>3</sup> ; une partie non négligeable provenant de la nappe phréatique. Elle est évacuée pour 33.265.000 m<sup>3</sup> dans le lac de Guiers par l'ancienne Taoué transformée en drain principal. Le reste est drainé vers le fleuve Sénégal et le marigot Diovol.

.../...

La physicochimie des eaux utilisées par la C.S.S. fait l'objet de contrôle par les services de la compagnie.

B/ PHYSICOCHIMIE DES EAUX UTILISEES PAR LA C.S.S.

La composition chimique des eaux d'irrigation, de même que celle des eaux de drainage et des eaux résiduaires de l'usine est mensuellement déterminée par les laboratoires de la C.S.S. Plusieurs prélèvements sont faits pour chaque type d'eau et en des endroits donnés. L'échantillon à analyser est constitué d'un mélange équilibré (d'égales volumes) de tous les prélèvements effectués dans le mois.

La salinité et les quantités de sels dans la masse d'eau pompée pendant la campagne 1987-1988 révèlent qu'en moyenne cette salinité des eaux d'irrigation est de  $0,09 \cdot 10^3 \text{ t/m}^3$  d'eau pompée ; ce qui donne une quantité totale de sel égale à 12.198 tonnes pour le casier Ouest et 5.165 tonnes pour le casier de Kouma-MBilor.

En ce qui concerne les eaux de drainage leur salinité est toujours supérieure à celle des eaux d'irrigation. On peut noter également que la salinité des eaux de drainage de la zone de Kouma-MBilor est moins élevée que celle des eaux de drainage du casier Ouest. De ce dernier dépend la station de drainage X<sub>6</sub> qui évacue 37.556 tonnes de sels dans le lac.

.../...

Le tableau n°8 résume les salinités moyennes des eaux de drainage de la C.S.S. ainsi que les sels totaux pendant la campagne agricole 1987-1988.

TABLEAU N°8 : SALINITES MOYENNES DES EAUX DE DRAINAGE DE LA C.S.S. ET SELS TOTAUX EVACUES .CAMPAGNE 1988-1989

	CASIER OUEST				ZONE DE KHOUMA-MBILOR	
Station	X3	X1	X5	X6	KH1	KH2
Salinité x 10 <sup>3</sup> t/m <sup>3</sup>	1,91	1,97	1,99	1,13	0,27	0,42
sels totaux (tonnes)	31 920	49.778	24,251	37.556	5.660	9.993

Sources : Données rassemblées par A. SENE

Service Recherche C.S.S. Richard-Toll.

Ces sels sont constitués d'anions et de cations dont les principaux sont :

- pour les anions  $\text{CO}_3\text{H}_2^-$  ;  $\text{Cl}^-$  ;  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $\text{CO}_3^{3-}$  et  $\text{NO}_2^-$  ne sont pas dosés) ;

- pour les cations  $\text{Ca}^{2+}$  ;  $\text{Mg}^{2+}$  ;  $\text{N}^+$  ;  $\text{K}^+$ .

On peut noter également que les eaux du fleuve sont moins chargées en sels que celles du lac comme l'indique le tableau n°9.

.../...

TABLEAU N°9 : CARACTERISTIQUES DES EAUX DU LAC DE GUIERS ET  
DU FLEUVE SENEGAL AU MOIS DE MAI 1989

					Anions (mg/l)		Cations (mg/l)			
	Résidu	CE à 25%	PH	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Fleuve Sénégal	0,14	0,23	7,4	61	35	11,7	10,82	6,90	18,3	3,82
Lac de Guiers	0,37	0,46	7,4	97,6	78,1	32,7	16,22	13,33	53,3	7,13

Source : SENE (A). Service Recherche C.S.S. Richard -Toll.

L'eau n'est pas seulement utilisée pour l'irrigation des plans de canne ; elle l'est également à l'usine. Les eaux sorties de celle-ci sont très chargées en matières solides. Elles ne sont pas directement évacuées par le système de drainage mais subissent un traitement consistant en une série de décantations successives en cascade dans un système de quatre bassins construits légèrement en pente. A partir du 4e bassin, les eaux débarrassées d'une grande partie de leurs sels et de leurs matières solides en suspension, sont utilisées pour l'irrigation du bloc B.

Les bilans hydrique et minéral de ces eaux résiduaires sont dressés régulièrement.

En résumé : L'irrigation des plants sucriers nécessite une grande quantité d'eau. Cette eau se charge en minéraux qui sont évacués dans les différents exutoires dont le lac de Guiers. Elle est également susceptible de véhiculer des résidus de substances chimiques en particulier de pesticides.

.../...

C/ PESTICIDES UTILISES PAR LA C.S.S. (CAMPAGNE 1987-1988)

En plus des engrais, la C.S.S. utilise d'autres produits chimiques tels que les pesticides (fongicides, herbicides, insecticides) (Tableau n°11)

TABLEAU N°11 : PESTICIDES UTILISES PAR LA C.S.S.  
CAMPAGNE 1987-1988

	Nom Commercial	Matière active	Quantités utilisées
HERBICIDES	Herbazol	2-4D sels d'aminés	8 505 l
	Gesapax	Amétrine	8 400 l
	Gesapax 500 WP	"	1 580 l
	Gesapax 500 FW Combi	Amétrine + Atrazine	1 040 l
	Gesaprim 500 FW	Atrazine	2 020 l
	Gesaprim 80 WP	"	1 520 l
	Gesaprim 80 WP Combi	"	11 040 l
	Asulox	Asulame	1 950 l
	Extravon mouillant-2	Paradichlorobenzène	2 726 l
	Alatex	Dalapon	1 725 l
	Actril DS	Ixonil, 2-4 D. esters	7 090 l
	2-4 D ester	2-4 D	2 782 l
	Diuron 80 PM	Diuron	625 kg
	Weedazol TS	Aminotriazol+Thiocyanate d'ammonium	100 l
	Weedazol TL	" "	90 l
	Velpar	Hexazinone	50 l
	Sencor 70 PM		1 150 kg
	Round-Up	Glyphosate	1 115 kg
	FONGICIDE	Benlate	Bélomyl
INSECTICIDE	Fenitrothion (liquide)	Fénitrothion	2 330 l
	Malathion (liquide)	Malathion	1 025 l
	Furadan (granulés)	Carbofuran	50kg
	Lindamul (liquide)	Dieldrine	3 900 l

Source : Service hydro-pédo-météo C.S.S. Richard-Toll.



Parmi les pesticides utilisés les herbicides viennent donc en première position tant par leurs quantités que par leurs diversités. Les insecticides ne sont cependant pas négligeables : 3355 l d'organophosphorés ont été utilisées dans la lutte contre les prédateurs des cultures en 1987-1988. De même que des organochlorés. Ces produits sont dangereux pour l'environnement du fait de leur toxicité et de leur rémanence. On remarque même que la dieldrine, pourtant interdite, continue d'être utilisée. Les tableaux 12 et 13 indiquent des toxicités et des rémanences comparées de quelques pesticides .

TABLEAU N°12 : TOXICITES COMPAREES DE QUELQUES INSECTICIDES

	DL50 (mg/kg)		Rapport de sélection (a/b)
	Rat per os (a)	Mouche domestique voie S/C (b)	
Fenitrothion	330	-	-
Malathion	1000	26,5	37,7
Dieldrine	46	1,95	24
Carbofuran	4	4,6	1

Source (30)

TABLEAU N°13 : REMANENCE DANS LE SOL DE QUELQUES INSECTICIDES

UTILISES DANS LA REGION DU LAC DE GUIERS (VALEURS INDICATIVES)

Rémanence dans le sol

Malathion	15j à 1 mois	faible
Dieldrine	6 mois	longue
Endosulfan	15j à 1 mois	faible
Carbofuran	60 jours	faible

Source : (30)

Les organochlorés (Dielmul<sup>R</sup>, endosulfan) sont utilisés en épandage au moment du bouturage de la canne à sucre ; les tiges et les insecticides sont enterrés ensemble dans les sillons, ce qui leurs évitent d'être attaquées par les termites.

Quant aux organophosphorés (Malathion, Fénitrothion), ils ne font l'objet d'aucun planning d'application fixe ; en effet ils ne sont utilisés qu'en cas de besoin (attaques par les insectes prédateurs tels que les criquets, sauteriaux, puces, pucerons etc...).

Nos expériences s'étant déroulées au cours de la campagne 1988-1989 les données sur les quantités totales de pesticides utilisées n'étaient pas encore disponibles. Néanmoins nous disposons de données partielles, en ce qui concerne les organophosphorés. Ainsi du 1er novembre 1988 au 31 mars 1989 seuls 904 litres de fénitrothion ont été utilisés contre une attaque de chenilles. Toute cette quantité a été utilisée en novembre-décembre, c'est-à-dire un mois environ avant notre premier prélèvement. (23 Janvier 1989).

En résumé, la C.S.S. utilise plutôt beaucoup plus d'herbicides . Les quantités d'organophosphorés les plus importantes sont utilisées durant l'hivernage période de pullulation des parasites. En plus de la C.S.S., la D.P.V. (Direction de la Protection des Végétaux) en utilise beaucoup dans la lutte antiacridienne en période hivernale.

Signalons enfin un évènement particulier qui s'est produit cette année aux mois d'Août et Septembre dans la zone ; il est constitué par des expériences (avec le Fénitrothion et le Chlorphyriphos en épandage aérien) d'évaluation de l'effet de la lutte antiacridienne sur l'environnement.

---

## CHAPITRE II : LE BASSIN DE L'ANAMBE

### I- DESCRIPTION ET SITUATION GEOGRAPHIQUE

La région du bassin de l'anambé comprend en fait deux bassins : celui de la KAYANGA et celui de son affluent principal, l'ANAMBE. Ces deux bassins sont situés à 13°00 de latitude nord et 14°08 de longitude ouest ; au sud du Sénégal , entre la Gambie au nord et la Guinée Bissau au Sud. Ils sont limités à l'Est par le bassin du Koulinto, affluent du fleuve Gambie et à l'Ouest par celui de la Casamance. (42)

La zone est comprise dans la région de Kolda et en majorité dans le département de Vélingara.

Les deux bassins représentent la zone d'emprise du Projet de l'Anambé dont le but est l'aménagement par la Société de Développement Agricole et Industriel (SODAGRI) d'une surface de 16.265 ha net de terres irriguées destinées au développement de la riziculture et des autres cultures céréalières (42).

### II- CLIMATOLOGIE DE LA REGION

La région est située à la limite des climats soudanais et soudano-guinéen. Les caractéristiques principales sont les suivantes :

#### - Pluviométrie

La zone est caractérisée par une saison pluvieuse (hivernage) de juin à Octobre suivie de 7 à 8 mois de saison sèche. La pluviométrie annuelle diminue du sud vers le nord avec un gradient d'environ 4mm/kg. Elle est de 1050 mm à Vélingara. (42).

.../...

Durant la campagne agricole 1988-1989 la pluviométrie s'est caractérisée par : (41)

- une bonne répartition dans le temps à part des poches de sécheresse observées du 27 mai au 11 juin et du 18 au 26 juillet ;

- une répartition spatiale homogène

- une hauteur pluviométrique faible car huit postes sont déficitaires par rapport à la moyenne normale. Le tableau n°14 indique la pluviométrie du bassin.

TABLEAU N°14 : PLUVIOMETRIE DU BASSIN DE L'ANAMBE : CAMPAGNES AGRICOLES 1987-1988 ET 1988-1989

Postes	Hauteurs pluviométriques en mm		Nombres de jours	
	1987-1988	1988-1989	1987-1988	1988-1989
Anambé/Soutouré	939,9	943,1	53	56
Awataba	860,1	710,7	48	49
Barrage	929,7	919,0	55	53
Bonconto	1050,0	955,8	60	54
Dabo	882,3	921,3	62	56
Koukané	991,2	832,0	60	58
Pakour	1170,7	1433,6	68	66
Vélingara	922,7	730,8	58	58

Source : Résumé du rapport annuel, campagne agricole 1988-1989

- Température

Elles atteignent leur maximum en Mai, peu avant le début de l'hivernage, et leur minimum en Janvier. La moyenne annuelle est de 28°C. A Basse (Gambie) station météorologique la plus proche du projet) les températures moyennes journalières varient entre 32°3 et 24°7. La température du sol varie avec la saison et la profondeur, ainsi que le montre le tableau n°15.

TABLEAU N°15 : TEMPERATURES AU SOL A BASSI EN °C

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Profondeurs	30cm	27,1	29,3	32,5	35,6	37,0	34,1	31	29,6	29,7	31,0	30,1	27,5
	120cm	29,3	30,4	32,b	35,0	36,7	35,3	33,2	34,7	31,1	32,3	32,2	30,1

Source (42).

- Humidité relative

Elle atteint son maximum en septembre (80p.100 à Bassi) et son minimum en Janvier 31p.100.

- Vents

Ils sont en général modérés, la moyenne observée à Bassé est d'environ 2m/s.

. Insolation :

Les études menées montrent qu'elle varie au cours de l'année autour d'une moyenne de 264 heures par mois à Kolda (42).

.../...

. Evapotranspiration potentielle (E.T.P.)

Elle est d'environ 1800 mm par an ; elle dépasse en moyenne la valeur des précipitations tout au long de l'année sauf pendant les 4 à 5 mois de saison des pluies (mi-juin à mi-octobre) (42).

Evapotranspiration potentielle (E.T.P.)

Elle est d'environ 1800 mm par an ; elle dépasse en moyenne la valeur des précipitations tout au long de l'année sauf pendant les 4 à 5 mois de saison des pluies (mi-juin à mi-octobre) (42).

III- CARACTERISTIQUES SPECIFIQUES

A/ HYDROLOGIE :

La Kayanga prend sa source en Guinée Bissau, dans les marécages situés au pied du Fouta Djallon où cette source réunit plusieurs marigots à la Côte 30 mètres I.G.N. (Institut Géographique National). Elle s'écoule en direction Nord-Ouest et pénètre au Sénégal après quelques kilomètres ; elle infléchit son cours en direction Ouest 40 km plus loin puis en direction sud 50km plus loin avant de pénétrer en Guinée Bissau où elle prend le nom de Rio Geba.

La longueur totale du cours est de 350 km et son profil en longueur peut être schématisé par le tableau n° 16).

TABLEAU N° 16 : PROFIL DE LA KAYANGA

Tronçon	Longueur (km)	Côte IGN (m)	pente 0/00
Source	-	80	-
Vélingara-Pakane	50	28	1,04
Pont Niap	45	16	0,18
Missira	50	11,8	0,08
Estuaire	190	0,00	0,06

Source : (42)

L'Anambé est l'affluent principal de la Kayanga et draine un bassin-versant de 1.100 km<sup>2</sup>. Son bassin est de forme circulaire ; il est drainé par un réseau de marigots à lits très larges et peu marqués dont la pente est à 2-3p.1000.

#### B/ PHYSICOCHEMIE DES EAUX DU KAYANGA ET DE L'ANAMBE

D'après les études préliminaires du projet, "les eaux de la Kayanga qui, constituent la principale source d'alimentation du projet d'irrigation, sont très pures et aucune trace de salinité n'a été enregistrée. L'utilisation même soutenue des eaux de ce fleuve pendant de longues périodes ne devrait poser aucun problème". (42).

#### IV- ACTIVITES AGRO-INDUSTRIELLES DANS LA ZONE DU BASSIN DE L'ANAMBE

##### A/ LA SOCIETE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET INDUSTRIEL (SODAGRI)

La SODAGRI est une société d'encadrement fondée en Novembre 1974. Sa zone d'emprise est constituée principalement par le bassin de l'Anambé. Par le développement de ce bassin et de ses régions limitrophes, la SONAGRI poursuit deux objectifs principaux :

- l'augmentation de la production nationale en riz afin de réduire la dépendance du pays envers l'importation de cette denrée ;
- l'amélioration des revenus de la population locale par la création d'emplois et autres sources de revenus.

En plus du riz, d'autres céréales comme le mil, le sorgho et le maïs sont exploitées par le projet. Leur culture se fait sur des périmètres aménagés mais également sur des périmètres non aménagés et ceci pendant deux types de campagnes : une campagne hivernale et une campagne de contre-saison qui se

.../...

déroule au cours de la saison sèche grâce à l'irrigation.

### 1- INSTALLATION HYDROAGRIQUES DU PROJET ANAMBE

Elles consistent en la mise en place successive d'un système de trois barrages sur la Kayanga et son affluent (42) :

- le barrage dit "du confluent", situé au confluent de la Kayanga et de son affluent l'anambé, destiné à contrôler le plan d'eau de la Kayanga en aval du barrage de Niandouba et à permettre l'utilisation de ce cours d'eau.

- Le barrage de garde : destiné à protéger la partie basse de la cuvette de l'anambé contre les inondations dues aux refoulements de la Kayanga et accessoirement à permettre l'utilisation partielle des apports de l'anambé pour l'irrigation des périmètres.

- Le barrage de Niandouba , destiné à créer une accumulation permettant la régularisation et l'utilisation des débits de la Kayanga. Mais dans la phase actuelle du projet, seul a été réalisé le barrage du confluent. Il permet de constituer une réserve d'eau dans les vallées des deux cours d'eaux d'un volume total de  $5910^6 \text{ m}^3$  à la cote 22,3m IGN ; ce qui donne un volume utile de  $4810^6 \text{ m}^3$  si l'on admet le minimum d'exploitation à la cote de 20,5m IGN.

En plus du barrage du confluent , il existe un certain nombre d'installations qui permettent l'irrigation et le drainage des périmètres aménagés ; il s'agit des systèmes d'irrigation et de drainage.

### LE SYSTEME D'IRRIGATION

L'eau de la retenue est propulsée grâce à une station de pompage dans le réseau d'irrigation constitué de canaux primaires, secondaires et tertiaires. Les excédents d'eaux d'irrigation ou de pluies sont collectés



par un système de drainage.

LE SYSTEME DE DRAINAGE

Il est composé de fossés collecteurs intraparcéllaires qui drainent les excédents d'eau des parcelles dans des drains tertiaires ; Ceux-ci aboutissent aux drains secondaires qui à leur tour fusionnent pour donner les drains principaux. Ces derniers, qui suivent ainsi le système fonctionne-t-il en un cycle fermé.

Cette eau drainée ne manque pas d'emporter par ruissellement divers résidus de pesticides.

2- BILAN DE LA CAMPAGNE AGRICOLE 1988-1989

Pendant la campagne agricole 1988-1989 , une superficie totale de 37.754 ha a été mise sous culture sur les périmètres aménagés et les périmètres non aménagés (41). La répartition de cette surface en fonction du type de périmètre, de la spéculation et du type de campagne (hivernale ou contre-saison) est donnée par le tableau n°17.

TABLEAU N°17 : TABLEAU SYNOPTIQUE DES SURFACES

ENCADREES PAR LA SODAGRI : CAMPAGNE AGRICOLE

1988-1989

Campagne	Spéculation	Périmètres aménagés (ha)	Périmètres non aménagés (ha)	Total périmètres aménagés + non aménagés
hivernale	riz	639,25	8.511	9.150,25
	maïs	101,25	14.939,20	15.040,45
	mil -sorgho	0	13.435,80	13.435,80
	Total	730,50	36.886,00	37.626,40
Contre-saison	riz	137,65	-	137,65
Agricole 1988/1989	Total	868,15	36.886,00	37.764,05

Source : (41)

.../...

La phisionomie de la pluviométrie a été donnée au Tableau

14. Elle est caractérisée par une bonne répartition dans le temps et l'espace mais par de faibles hauteurs pluviométriques. Cette pluviométrie a permis le drainage, par les bassins versants de deux cours d'eau, d'un volume d'eau stocké de  $39.10^6 m^3$ . Ce volume n'a pas permis de remplir le réservoir du barrage ; en effet la cote maximale a été atteinte le 10 Octobre 1988 et s'élevait à 21,68 mIGN et elle n'a donc pas atteint la cote optimale de 22,30m qui permet l'accumulation de  $59.10^6 m^3$  d'eau.

La fréquence et l'importance des moyens mis en oeuvre pour la lutte phytosanitaire est fonction de la fréquence et de l'importance des attaques des cultures par les prédateurs.

Les statistiques de la SODAGRI ne donnent les quantités de pesticides utilisés que pour les périmètres aménagés. Au niveau des autres zones les paysans s'approvisionnent dans les Centres d'Expansion Rurale (C.E.R.) et à partir des magasins des communautés rurales (41) ; ce qui fait que les quantités réellement utilisées sont peu maîtrisables :

Toutefois, les moyens déployés au cours de la campagne 1987-1988 (40) révèlent l'utilisation plus importante d'organophosphorés par rapport aux autres insecticides. Les traitements se font par pulvérisation ou par poudrage. (Tableau N°18).

.../...

TABLEAU N°18 : PRODUITS ET MATERIELS DEPLOYES LORS DE LA CAMPAGNE

1987-1988

	SERVICE DE LA D.P.V.			SODA GRI	TOTAL DPV SODAGRI	
	Unité	Kolda	Vélingara			Total DPV
Pulvérisation à moteur	Nombre	10	2	12	11	13
Pulvérisation manuels	"	10	-	10	25	35
Poudreuses	"	2	-	2	-	2
Soufflets	"	20	-	20	-	20
Sacs poudreurs	"	350	-	350	-	350
Proposeur *	kg	550	2500	3050	1950	5000
Fénitrothion 3p.100**	"	4750	2000	6750	-	6750
SUMICOMBI <sup>R</sup> (Fénitrothion)		-	-	-	-	250
SUMICOMBI <sup>R</sup> (Fénitrothion)	litres	-	-	-	-	492
Thiul 35 (Dielatrine)***	"	-	-	-	-	120
SUMITHION <sup>R</sup> (Fénitrothion)**	"	-	150	150	-	150

Source : (40)

- \* Insecticide de la famille des Carbamates
- \*\* " " organophosphorés
- \*\*\* " " organochlorés.

Signalons qu'en prévision de la campagne 1989-1990 en cours, les besoins en insecticides ont été évalués à 40001 d'organochlorés (organochlorés) et 40.0001 de sumithion (organophosphorés) (41).

A la lumière de ce que nous venons d'exposer, il ressort que là aussi les grosses utilisations des insecticides et notamment organophosphorés, se font surtout en hivernage ; la saison sèche étant caractérisé par l'existence d'une quasi totale d'infestation.

#### B- AUTRES SOCIÉTÉS AGRO-INDUSTRIELLES OPERANT DANS LA ZONE DE

##### L'ANAMBE

#### La société de développement des Fibres Textiles (SODEFITEX)

Le département de Vélingara, qui contient la plus grande partie de la zone d'emprise du projet Anambé, est également une zone pionnière en matière de culture cotonnière. Cette plante dont la culture est gérée par la SODEFITEX est très sensible aux insectes prédateurs. Les surfaces cultivées sont en moyenne de 15.000 ha /an pour le département. Cependant la campagne agricole 1988-1989 a vu cette surface réduite de moitié, ce qui fait que les quantités de pesticide utilisées ont aussi subi une réduction.

Les traitements se font exclusivement en hivernage car le coton est cultivé sous pluie.

Les méthodes de traitement consistent en la pulvérisation par le procédé dit "Ultra low volume" (U.L.V.) à l'aide d'appareils à moteurs électriques d'insecticides.

.../...

L'insecticide actuellement utilisé contient comme principes actifs le diméthoate associé à des pyréthrinoides. Deux spécialités sont distribuées.

- Le PERFEKTHION<sup>R</sup> ULV qui contient 400g de diméthoate/l
- Le CYMBUSH-DIMETHOATE<sup>R</sup> qui contient 100g de diméthoate/l.

Les doses de traitement sont de 5x3 litres/ha/an ; deux traitements étant séparés de 15 jours. Cela correspond pour la campagne 1988-1989 à 151 X 7000ha soit 105000.l d'insecticides contenant 10,50 à 42,00 tonnes de diméthoate déversées dans la nature.

Signalons cependant que les champs de coton ne sont pas tous regroupés autour de la Kayanga et de l'Anambé, son affluent ; Mais une grande partie se trouve dans le bassin -versant de ces deux cours d'eau.

En Résumé : Cette partie nous a permis de situer les deux zones qui nous ont intéressées pour cette étude. Elles sont caractérisées par la présence de plans de retenues d'eau permanents, la présence de sociétés agrà-industrielles faisant intervenir des produits chimiques dont la période maximum d'utilisation en ce qui concerne les insecticides, se situe en hivernage (Juillet, Août, Septembre).

---

DEUXIEME PARTIE  
LA POLLUTION DU MILIEU AQUATIQUE

Dans cette partie nous aborderons deux chapitres :

1- Généralités sur la pollution du milieu aquatique

2- Effets des insecticides organophosphorés sur les biocénoses aquatiques.

## CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA POLLUTION DU MILIEU AQUATIQUE

Comme tout écosystème, les écosystèmes aquatiques sont constitués de deux parties étroitement liées : le biotope et la biocénose.

Le biotope désigne le cadre de vie, le milieu dans lequel évolue la biocénose. Il est caractérisé par des constantes physiques et chimiques bien définies : concentration en substances minérales ou organiques solubles ou insolubles ; concentration en gaz dissous , température pH, turbulence, lumière limpidité etc... (2)

La biocénose est l'ensemble des êtres vivants au sein du biotope, entretenant entre eux et avec le biotope des relations énergétiques complexes.

Le climax constitue l'harmonie, l'équilibre entre le biotope et la biocénose. Toute modification de celui-ci se traduit par un déséquilibre au niveau des chaînes trophiques alimentaires, des producteurs autotrophes (phytoplancton, et zooplancton) jusqu'aux consommateurs carnivores des différents étages, y compris l'homme (2). A l'inverse, toute modification de la quantité et de la qualité de la biocénose se répercute sur la qualité des eaux. Or de nos jours, la qualité des eaux de surface qui tendent à devenir la principale source de l'alimentation en eau potable, se dégrade constamment du fait de pollutions diverses (10). Mais avant de voir les différents types de pollution du milieu aquatique , leur origine et leur impact sur les biocénoses de ces milieux, tentons de cerner les contours du concept de pollution.

.../...

La définition du terme de pollution a soulevé en fait quelques difficultés et désaccords, les eaux naturelles ayant un degré de pureté très variable, depuis les eaux de fonte de neige ou de glace jusqu'aux eaux usées de marécages très chargées en matières organiques. En plus, une eau chimiquement pure n'est pas favorable au développement de la vie (27).

La notion de pollution ne se réfère donc pas à la "pureté" des eaux, ni même à leur aptitude, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux actions humaines (10, 27). Des experts européens réunis en séminaire à Genève en mars 1961 ont bien explicité cette notion en disant qu'"un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux sont directement ou indirectement modifiés du fait de l'action de l'homme de manière telle que celle-ci se prête moins facilement à toutes les utilisations auxquelles elle pourrait servir à leur état naturel ou à certaines d'entre elles".

Cette définition a le mérite d'attribuer à l'activité de l'homme la responsabilité de la pollution des eaux et de faire ressortir les inconvénients qui résultent de la pollution par cette activité même (27).

#### I- INTERVENTION DE L'HOMME DANS LE PROCESSUS DE POLLUTION DU MILIEU AQUATIQUE

L'homme modifie la qualité originelle des eaux en agissant quelquefois inconsciemment mais souvent délibérément sur différents systèmes écologiques. La figure n°1 montre que le processus de pollution peut être déclenché en agissant soit sur la terre, sur les eaux et dans tous les cas toujours sous la pression de facteurs socio-économiques (densité démographique, demande d'aliments, d'emplois, loisirs etc...).

.../...



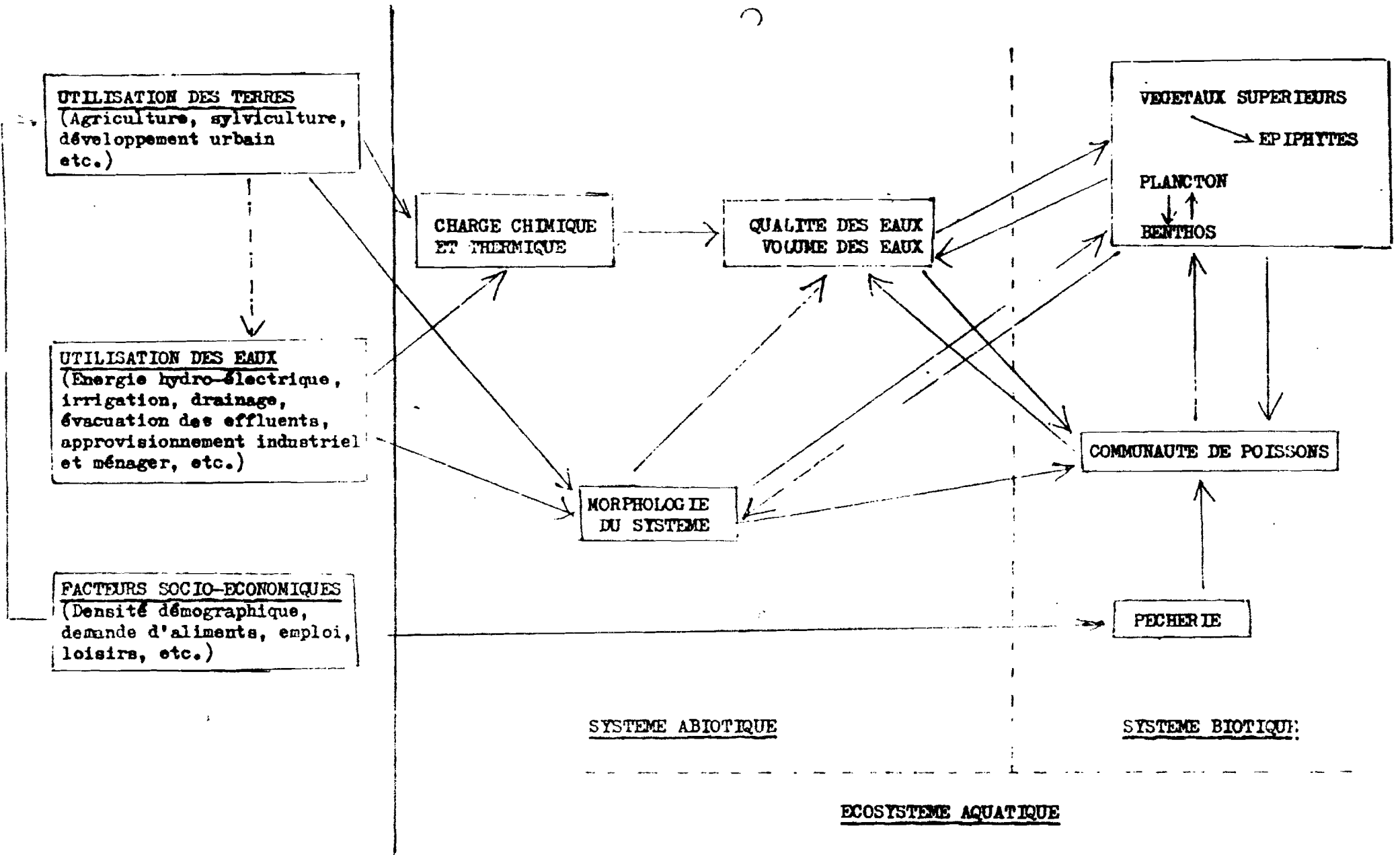


Fig. n°1 Interactions des principaux systèmes écologiques susceptibles d'affecter une communauté de poissons

## A/ TYPES DE POLLUTION DU MILIEU AQUATIQUE

Plusieurs types de pollution du milieu aquatique peuvent être distingués en fonction du critère de typologie choisi. On peut, en se basant sur la nature du polluant, distinguer deux grands types :

- la pollution due aux polluants de nature physique
- la pollution due aux polluants de nature chimique.

### 1- POLLUTION DUE AUX POLLUANTS DE NATURE PHYSIQUE

Elle comprend les pollutions mécaniques, thermiques et radioactives.

Les pollutions mécaniques sont dues à une charge des eaux par des éléments solides. Elles sont provoquées par des effluents issus de carrières d'eaux de lavage, de sable , de charbon, d'amiante etc.

Les pollutions thermiques sont causées par les rejets d'eau chaude provenant de systèmes de refroidissement des centrales électriques, classiques ou nucléaires.

Les pollutions radioactives sont, elles, dues aux éléments radioactifs.

### 2- POLLUTION DUE AUX POLLUANTS DE NATURE CHIMIQUE

Actuellement le plus grand nombre de nuisances ont une origine chimique. On distingue les rejets de nature minérale dominante et les effluents organiques. Ils sont le plus souvent associés.

.../...

La pollution à dominance minérale est causée par des substances non naturelles dont la toxicité est immédiate ou différée. Elle intervient après accumulation dans les tissus des organismes vivants d'éléments comme les pesticides, les métaux lourds, les détergeants, les phosphates, les nitrates, l'ammoniaque, les sulfades etc...

La pollution à dominante organique se trouve associée à la pollution de nature minérale dans les effluents complexes des villes et des industries alimentaires et agricoles.

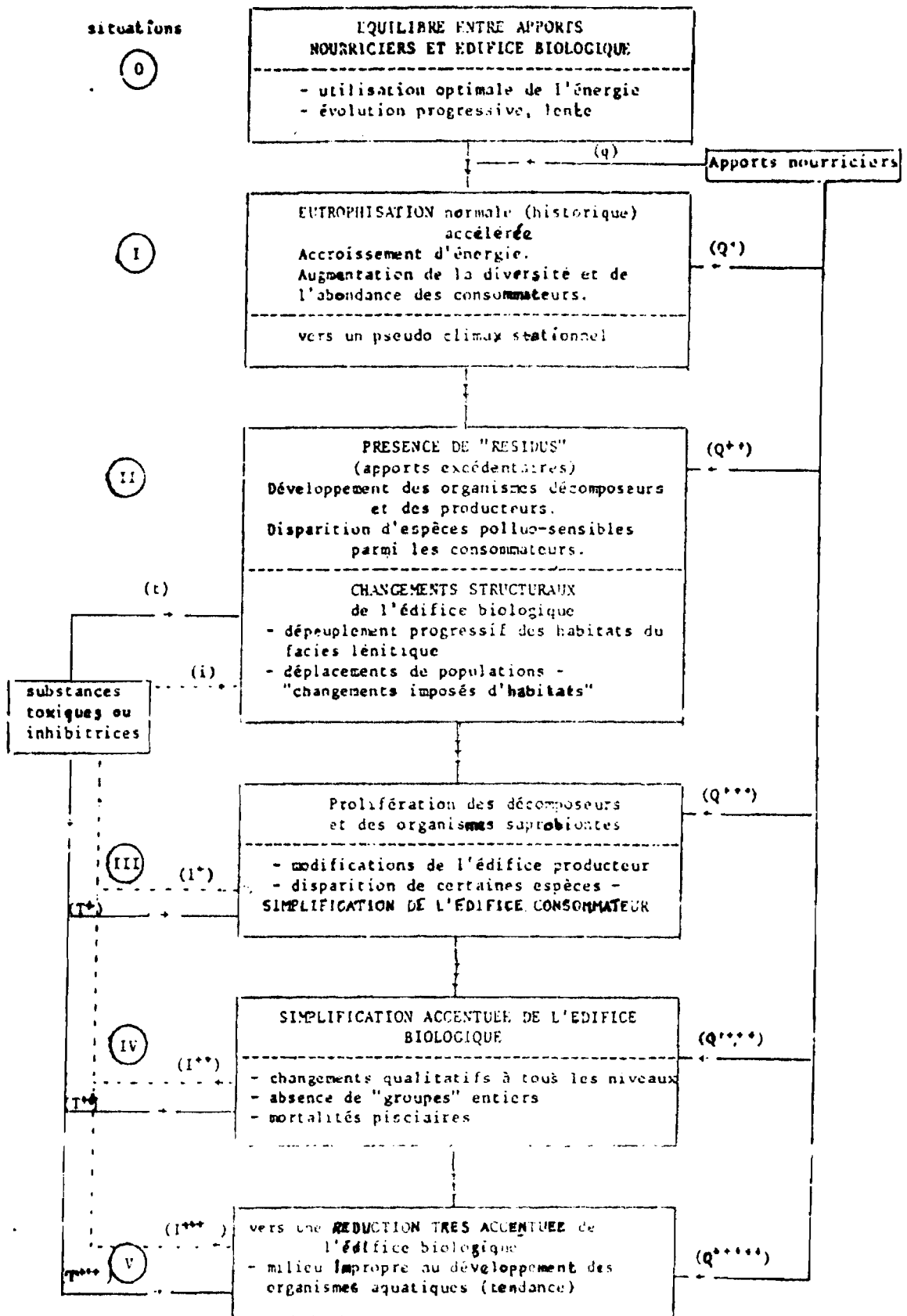
B/ MODIFICATIONS DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES SOUS L'INFLUENCE  
DES POLLUTIONS

Les eaux ne sont pas des milieux stériles. Ce sont des milieux vivants qui permettent le développement de nombreux organismes, végétaux et animaux. A l'état naturel l'ensemble possède un équilibre pratiquement stable, réglé par l'action chlorophyllienne qui se trouve être à la base de l'édifice biologique. Cet équilibre est en fait un équilibre dynamique entre la tendance au changement et le pouvoir homéostatique. C'est l'action antagoniste de ces deux propriétés sur les systèmes biologiques qui donne naissance à un environnement stable caractérisé par des modifications à long terme lentes (39). L'édifice biologique joue un rôle prépondérant dans le maintien de cette homéostasie.

En effet, l'édifice biologique aquatique est constitué de producteurs, consommateurs et de décomposeurs qui associent leurs actions pour maintenir la limpidité et la qualité des eaux. Cet édifice est capable d'absorber, en plus des apports naturels, les rejets dus

.../...

---



I = inhibition  
 T = toxicité  
 Q = quantité d'apports (d'après VERNEAUX modifié in PESSON, 1976)

**Fig n° 2 :** Représentation schématique des effets des apports sur les édifices biologiques

à l'activité humaine par un mécanisme d'adaptation consistant en un développement de l'ensemble des organismes qui le composent. Toutefois ce pouvoir antiépurateur ne fonctionne convenablement que dans la mesure où les apports exogènes ne modifient pas les conditions du milieu au point d'entraîner des changements notables dans la structure des biocénoses. Ces changements excessifs sous la pression des polluants se traduisent en effet par la disparition des espèces à cycle long en faveur des espèces à cycle court plus adaptées aux nouvelles conditions.

Cette prolifération d'organismes à cycle court (algues, champignons, bactéries) constitue en elle-même des nuisances graves à la qualité de l'eau. La figure N°2 montre bien les étapes et les mécanismes de passage d'une situation d'équilibre d'un écosystème aquatique, à son état pollué.

Étudions maintenant le cas particulier des insecticides organophosphorés.

## II- LES INSECTICIDES ORGANOPHOSPHORES

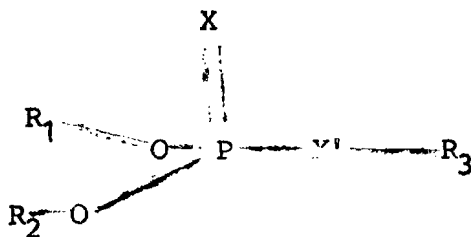
Les insecticides organophosphorés sont une importante famille de composés de synthèse doués de propriétés anticholinestérasiques sur lesquelles reposent leur activité mais aussi leur toxicité. Ce sont des dérivés aliphatiques, cycliques ou hétérocycliques de l'acide orthophosphorique. Ils sont caractérisés par leur liposolubilité leur permettant de traverser aisément les membranes biologiques, et par leur faible rémanence dans le milieu extérieur. Ces deux propriétés justifient leur large utilisation tant en agriculture, en médecine vétérinaire, qu'en médecine humaine

surtout dans la prophylaxie des maladies transmissibles par les insectes.

Ils provoquent des intoxications graves, le plus souvent aiguës caractérisées par des symptômes parasymphominétiques marqués.

#### A/ STRUCTURE ET CLASSIFICATION

La classification des insecticides organophosphorés peut se faire selon plusieurs critères. Celui qui est le plus accepté actuellement est la structure. En effet, la classification chimique des organophosphorés se fait en fonction des chaînes liées à l'atome de phosphore figurant dans la structure de base. Cette structure de base s'écrit :



Les atomes X et X' sont soit du soufre soit de l'oxygène. Les radiateurs R1 et R2 sont souvent identiques mais presque toujours différents du radical R3.

A partir de cette structure de base, on distingue 3 classes principales :

- les phosphates pour lesquels X = O et X' = O
- les thionophosphates pour lesquels X = S et X' = O
- les thionothiophosphates pour lesquels X = S et X' = O.

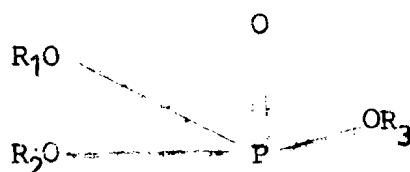
.../...

Signalons l'existence de deux autres classes qui constituent des cas particuliers par rapport à la formule générale. Ce sont :

- Les phosphoramides pour lesquels  $X' = N$
- les phosphonates pour lesquels  $X'$  n'existe pas.

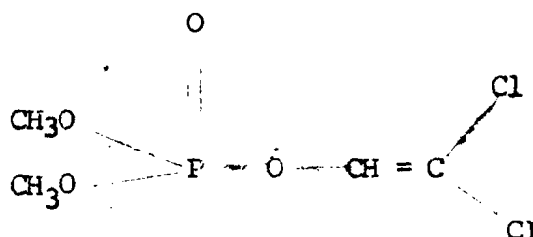
Dans chaque classe il existe des dizaines voire des centaines de molécules comprenant elles-mêmes des dizaines de spécialités. Nous nous limiterons ici à donner quelques exemples tirés de TOURTE (35).

1- LES PHOSPHATES dont la formule générale s'écrit.

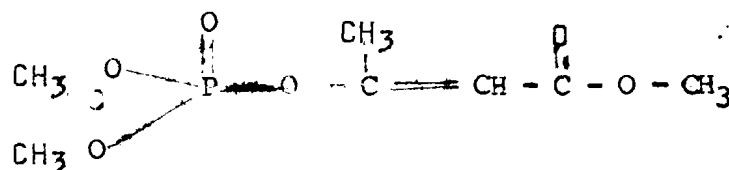


Comme exemples nous avons :

- le Dichlorvos : c'est le dichloro - 1,1 vinyl phosphate de diméthyl commercialisé sous plusieurs noms parmi lesquels le VAPONA<sup>ND</sup>.



- Le névinphos est le méthyl- 1 carbométhoxy - 2 vinyl phosphate de diméthyl.

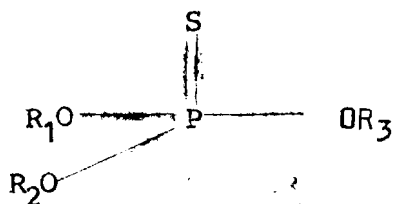


Il est commercialisé sous le nom de PHOSDRIN<sup>ND</sup> utilisé aussi

.../...

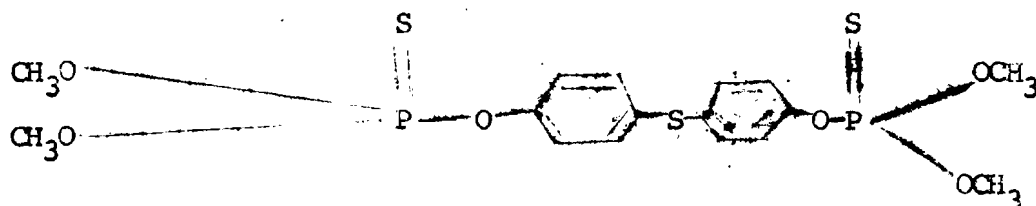
bien comme insecticide de contact qu'insecticide endotherapique.

2- LES THIONOPHOSPHATES OU PHOSPHOROTHIONATES DE FORMULE GENERALE



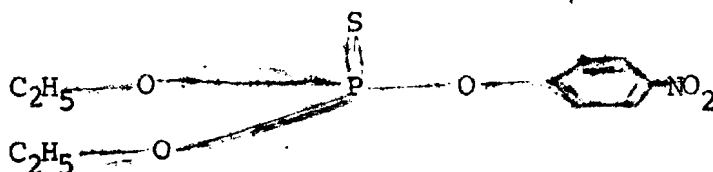
comme exemples nous avons :

- le diphosphorothionate de pp' thioldiphénylène et de tétraméthyl commercialisé sous le nom de ABATE<sup>ND</sup>



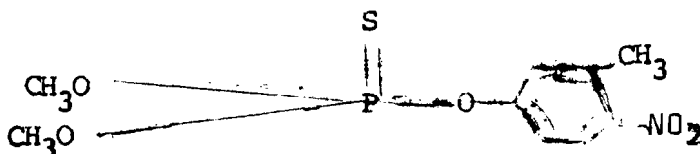
Il est utilisé dans la lutte contre les larves de moustique.

- le parathion est le nitro - 4 phényl phosphorothionate de diéthyl.



Il existe de très nombreuses spécialités. Le parathion est utilisé comme insecticide de contact.

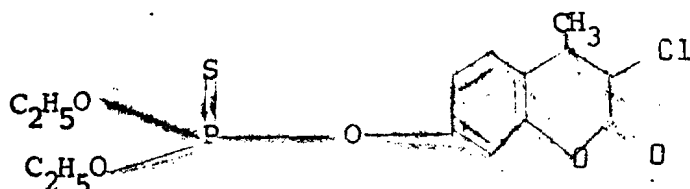
- Le Fénitrothion qui est le méthyl - 3 nitro - 4 phényl phosphorothionate de diméthyl commercialisé sous les noms de FOLITHION<sup>ND</sup> et SUMMITHION<sup>ND</sup>.



.../...

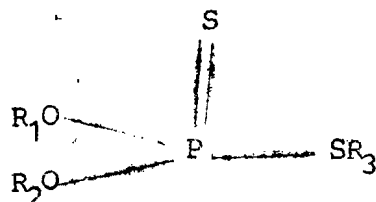


- Le coumaphos est le Chloro - 3 méthyl - 4 - coumarinyl - 7 phosphorothionate de diéthyl commercialisé sous divers noms dont ASUNTOL<sup>ND</sup>. Il est actif contre les ectoparasites et endoparasites.



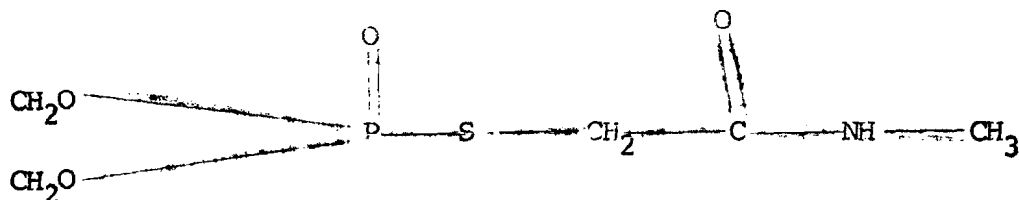
### 3- LES PHOSPHOROTHIONOATHIOLATES OU PHOSPHORODITHIONATES

Ils ont comme formule générale.



Comme exemples nous avons :

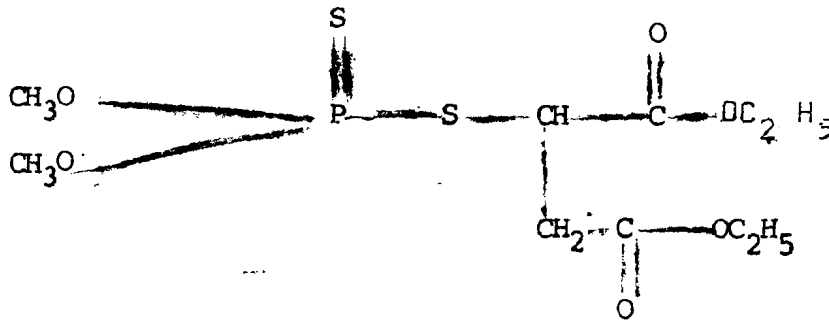
- le diméthoate qui est le S - (N méthylcarbamoyl méthyl) phosphorothionate de diméthyl.



Grâce à son action rémanente, il est utilisé contre les mouches, les insectes des plantes ornementales et de certaines légumes.

.../...

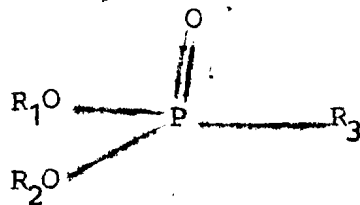
- le malathion : c'est le S di (éthoxycarbonyl) - 1-2 éthyl phosphorothiolothionate de diméthyl.



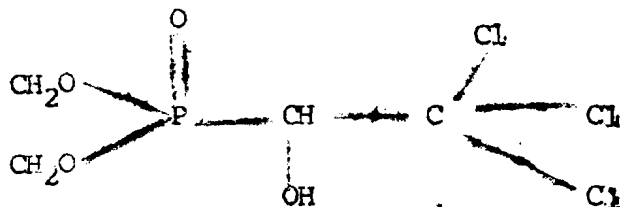
Le malathion est moins toxique que les autres insecticides organo-phosphorés ce qui en autorise l'usage dans les locaux agricoles contre les mouches et les moustiques ainsi que contre les insectes ectoparasites du bétail.

#### 4- LES PHOSPHONATES

Ils ont pour formule générale :



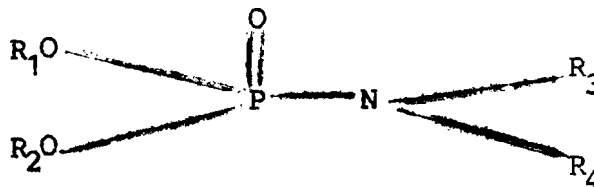
C'est l'exemple du trichlorfon qui est le trichloro - 2,22 hydroxy - 1 éthyl phosphonate de diméthyl.



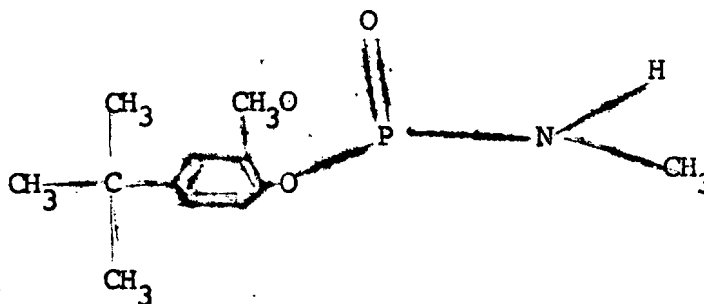
.../...

### 5- LES PHOSPHORAMIDES

Ils ont une formule générale qui est :



Comme exemple citons le crufomate (RUELENE<sup>ND</sup>) qui est le t - butyl - 4 chloro - 2 phényl, méthyl phosphoramidate de méthyl.



C'est un insecticide endotherapique très peu toxique, actif contre les parasites du bétail.

.../...

## B/ PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES DES INSECTICIDES ORGANOPHOSPHORES

### 1- PROPRIETES PHYSIQUES

Les propriétés physiques concernent les caractères de couleur, d'odeur, de consistance, de solubilité et de volatilité. Ces propriétés varient beaucoup avec la molécule voire avec la spécialité. Ainsi les I.O.P. se présentent-ils sous forme de liquides incolores, jaunâtre ou brunâtres, visqueux ou comme des solides incolores cristallisés. Ils sont volatiles en général, avec une odeur alliagée désagréable.

Leur solubilité dans l'eau est en général très faible ; c'est ainsi que le chlorpyrifos est pratiquement insoluble dans l'eau (de l'ordre de 2 ppm à 25°C) alors que le trichlorfon, le diisopropyl -fluorophosphate (DFP) et le mevinphos sont très solubles dans l'eau.(31).

Si ces composés sont dans leur majorité peu solubles dans l'eau, ils sont par contre très solubles dans les lipides ce qui leur permet de traverser aisément les membranes biologiques.

Dans les solvants organiques (Benzène , Chloroforme...) ils sont en général assez solubles, plus que dans les hydrocarbures aliphatiques (essence, pétrole...).

### 2- PROPRIETES CHIMIQUES

Une des principales propriétés chimiques des O.P. qui conditionne leur stabilité dans le milieu extérieur est la réaction d'hydrolyse. La vitesse de celle-ci est fonction de la molécule et des conditions de réaction

.../...

telles que le PH, la température, la nature du solvant etc...Ainsi les dérivés oxygénés sont plus facilement hydrolysés que les dérivés soufrés . L'augmentation du Ph, de même que de la température accroissent la vitesse de la réaction.

Comme autres propriétés chimiques, citons les propriétés alkylantes. et l'isomérisation des composés organophosphorés . Les premières permettent d'expliquer certaines activités biologiques des esters phosphoriques ainsi que de synthétiser certains dérivés (31). La seconde quant à elle, liée à la présence de cinq valences non identiques du phosphore, permet d'obtenir un mélange d'isomères sous l'effet de la température et ceci lors de la préparation de certains composés comme le parathion.

Une propriété non moins importante des organophosphorés est la réaction d'oxydation qui permet, in vivo, de transformer certains dérivés soufrés en dérivés oxygénés plus actifs. C'est ainsi que dans l'organisme le parathion est oxydé en paraoxon au niveau des microsomes hépatiques.

#### C- USAGE DES INSECTICIDES ORGANOPHOSPHORES

Le fait que les O.P. aient une courte durée d'action, une faible toxicité à long terme et un faible taux de résidus, explique leur large utilisation tant sur le plan vétérinaire que sanitaire et agricole.

- Sur le plan vétérinaire c'est surtout comme antiparasitaire interne ou externe que les O.P. sont utilisés. Leur usage se fait sous forme de poudrage, de pulvérisation, de bains, de colliers insecticides ou de comprimés.

.../...

Ils sont utilisés à des doses laissant une grande marge de sécurité car l'action anticholinestérasique se manifeste aussi bien chez le parasite que chez l'hôte, bien que les Invertébrés y soient infiniment plus sensibles.

- Sur le plan sanitaire, en élevage comme en médecine humaine, ces insecticides sont utilisés dans le cadre de la lutte pour l'amélioration générale du cadre de la vie, notamment dans la prophylaxie des maladies transmissibles par les insectes .

Un exemple, en Afrique est le programme de lutte contre l'onchocercose, de l'OMS, qui vise l'éradication de cette affection ou "Cécité des rivières", par la lutte chimique contre Simulium damnosum surtout à son stade larvaire, dans le bassin du fleuve Volta. Cette lutte antivectorielle se fait par l'épandage aérien selon un rythme hebdomadaire, de Temephos dans les savanes (4 ; 13, 26).

- Sur le plan phytosanitaire : c'est surtout là que leur usage est plus important. En effet, les O.P. sont utilisés dans la protection des semences et dans le traitement des cultures contre les prédateurs (oiseaux, insectes etc...).

Aujourd'hui, et ceci depuis quelques années, il s'y ajoute un domaine qui prend de plus en plus d'importance surtout dans la région sub-saharienne : la lutte anti-acridienne.

Ces multiples usages sont possibles grâce au mécanisme d'action particulier de cette famille de composés chimiques.

.../...

D/ MECANISME D'ACTION TOXIQUE DES IOP

Les I.O.P. tiennent l'essentiel de leurs propriétés toxicologique de leur capacité d'inhiber les cholinestérases, ce qui entraîne une hyper-activité vagotonique due à l'accumulation d'acétylcholine qui est le neuromédia-  
teur du système nerveux para-symphatique.

Avant d'en arriver au mécanisme d'action proprement dit, faisons quelques rappels sur les acteurs de la transmission nerveuse cholinergique.

1- RAPPELS PHYSIOLOGIQUES SUR LES ACTEURS DE LA TRANSMISSION

NERVEUSE CHOLINERGIQUE

A/ L'ACETYLCHOLINE (ACH)

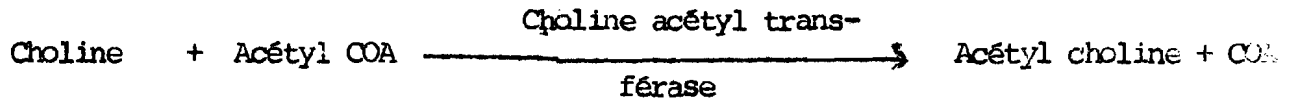
L'ACH est le médiateur chimique nécessaire au transfert de l'in-  
flux nerveux à différents niveaux du système nerveux parasymphatique. Il se trouve dans les fibres nerveuses cholinergiques avant d'être libéré au niveau de la synapse au moment de la transmission. Les tissus qui en sont riches sont ceux contenant de nombreuses terminaisons cholinergiques (gan-  
glions sympathiques en particulier). Il en est de même avec les formations contenant de nombreuses fibres cholinergiques (racines ventrales de la  
moelle épinière, nerfs purement moteurs tels que le nerf phrénique, les fi-  
bres sympathiques préganglionnaires, le nerf X). Certaines structures du sys-  
tème nerveux central contiennent également des quantités notables d'Ach.

Dans la cellule nerveuse l'Ach n'est pas libre dans le protoplasme,  
mais continue dans des vésicules dites vésicules synaptiques de  $469\text{Å}$ , elles  
mêmes contenues dans des vésicules plus grandes de 0,02 à 0,08 M qui sont  
les synaptosomes de WHITTAKER ...

.../...

La synthèse de l'Ach se fait par un processus enzymatique anaérobie qui estérifie la choline par l'acide acétique grâce à la choline acétyl transférase ou choline acétylase qui assure le transfert du radical de la coenzyme A sur la choline.

La réaction peut s'écrire :



L'enzyme se trouve en grande partie dans les synaptosomes qui les libèrent après leur rupture (20).

#### B/ LES CHOLINESTERASES (ChE)

L'Ach est hydrolysée par une estérase qui fut appelée cholinestérase en 1932 par STEDMANS.

La ChE hydrolyse l'Ach en acide acétique et en choline mais son action s'étend à d'autres esters voire d'autres alcools. On en distingue deux types qui tous hydrolysent l'Ach.

- l'acétylcholinestérase (AChE) ou ChE spécifique qui se trouve dans les globules rouges humains, au niveau des terminaisons nerveuses cholinergiques et des jonctions neuromusculaires.

Son action est limitée à certains esters de la choline de structure analogue à l'acétylcholine, tels que l'acétyl méthylcholine.

- La pseudo-cholinestérase (PChE) ou Cholinestérase aspécifique qui se retrouve dans le plasma et le cerveau et qui agit sur un grand nombre d'esters parmi lesquels le benzoylcholine et même les esters aliphatiques tels que la tributrine (35).

.../...



## 2- DISTRIBUTION DES CHOLINESTERASES DANS LES TISSUS

La distribution des cholinestérases varie d'un organe à l'autre. Ces organes peuvent se répartir en trois groupes en fonction de leur richesse en l'un ou l'autre type de ChE (20).

- ceux qui contiennent surtout l'AchE : cerveau, muscles, glandes salivaires, globules rouges ;

- ceux où les deux sont également présents (glandes salivaires, estomac, foie, poumon).

- ceux où prédominent les pseudocholinestérases (plasma, cœur, intestin, peau).

En ce qui concerne le cas particulier du système nerveux central, la répartition des ChE en son sein n'est pas uniforme. Les teneurs en ChE varient d'une formation à une autre comme le montre le tableau n°20.

.../...

TABLEAU N° 20 : REPARTITION DES CHOLINESTERASES DANS LE  
SYSTEME NERVEUX CENTRAL DU CHIEN (ACTIVITE  
EN ML de CO<sub>2</sub> FORMEE PAR GRAMME DE TISSU

FRAIS PENDANT 10MN

FORMATIONS	Acétylméthyl choline	Benzoylcholine	Acétylcholine
Racines postérieures	34	20	92
Racines antérieures	149	20	212
Molle (substance grise)	611	213	-
Nerf optique	11	222	233
Cervelet (hémisphères)	1075	24	1350
Vésicules quadrijumeaux antérieures	935	159	1619
Noyaux caudés (tête)	3936	360	7 550
Thalamus (noyau dorsolatéral)	409	161	808
Hypothalamus	323	358	866
Cortex cérébral	107-238	27-49	232-407
Corps calleux	16	27	62
Bulbe olfactif	196	-	-

Source (20)

Dans les fibres cholinergiques la ChE est localisée à plusieurs niveaux :

- dans le soma : à l'intérieur de l'ergastoplasme, parfois dans la membrane du noyau.
- dans les fibres : sur les membranes des axones et des terminaisons présynaptiques.

Ceci est en accord avec les expériences de centrifugation fractionnées qui montrent que l'ACHE se trouve principalement dans les couches où sédimementent les membranes soit axoniques, soit nucléaires et d'où elle peut être libérée par un traitement par les détergents . (20).

La médiation de l'influx nerveux parasympathique entre deux éléments cellulaires s'effectue au niveau de structures particulièrement spécialisées.

Les synapses. On en distingue deux types :

- la synapse neuroneuronique entre deux neurones,
- la synapse neuromusculaire entre un neurone et un muscle. Elle constitue la plaque motrice.

La plaque motrice est formé de 3 éléments (20) :

- les rameaux nerveux terminaux qui serpentent dans des gouttières creusées dans le sarcolemme musculaire dites, gouttières synaptiques :

- la fibre musculaire
- la tétroglie qui recouvre l'ensemble.

.../...

Sur les parois de la gouttière synaptique se trouve l'appareil sous neural de COUTEAUX, ensemble de lamelles qui sont en fait des replis de la fibre musculaire. C'est surtout a leur niveau que l'on trouve les chE synaptiques. Dans cette localisation , ces enzymes jouent un rôle important dans la médiation de l'influx nerveux.

### 3- ROLES DE L'ACH ET DES CHE DANS LA TRANSMISSION SYNAPTIQUE

Au niveau des plaques motrices d'un muscle au repos et en l'absence de toute excitation , il se produit des potentiels miniatures de plaque motrice, résultats de la libération de quantités constantes, ou quanta d'Ach, échappés des terminaisons nerveuses. Ils ne peuvent produire de contraction des fibres musculaires. Pour qu'elle se produise, il faut la libération simultanée d'un grand nombre de quanta d'Ach.

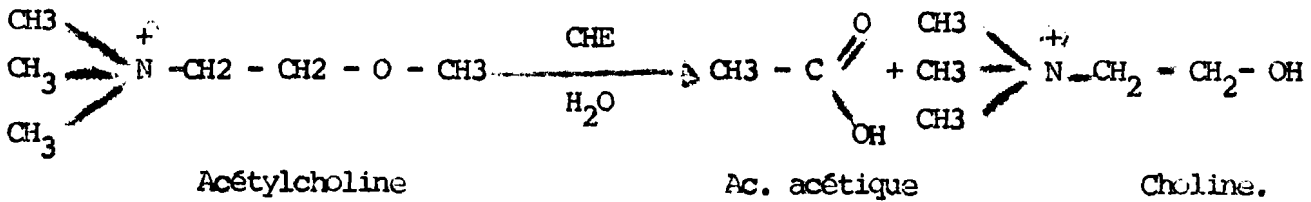
La ChE synaptique détruit l'Ach libérée par l'influx nerveux présynaptique pour ne pas prolonger exagérément son effet post-synaptique. Et pour FELBERG "la distribution très large des ChE dans l'organisme, notamment sa présence dans le sang, fait que l'Ach est rapidement détruite et ne peut diffuser ni produire des effets ailleurs qu'au point où elle apparaît".

Le mécanisme de cette hydrolyse de l'Ach par les ChE a été bien étudié et décrit par divers auteurs.

Quelles que soient leur localisation et leur spécificité, les ChE provoquent la rupture de la liaison ester de l'Ach selon la réaction géné-

.../...

rale suivante.



Cette réaction est rendue possible grâce à la structure particulière des CHE. En effet, les études entreprises par WILSON et BERGMAN ont montré que la surface active de l'unité enzymatique est composée de deux sites (20).

- un site anionique chargé négativement
- un site estérasique formé de deux parties situées respectivement à 2,5 et 5A° du site anionique. Le premier est un groupement nucléophile basique et le second une fonction acide.

Les phénomènes électroniques accompagnant cette réaction ont été bien décrits par SIDO (31) ; nous nous limiterons ici à rappeler ses grandes étapes. On peut en effet distinguer 3 temps principaux :

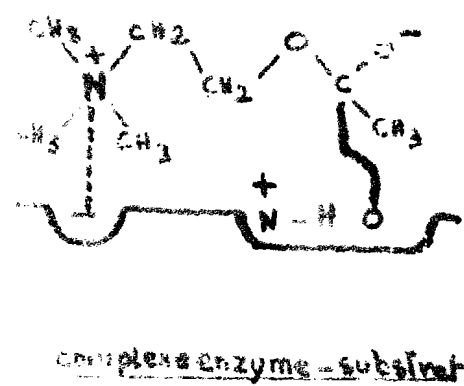
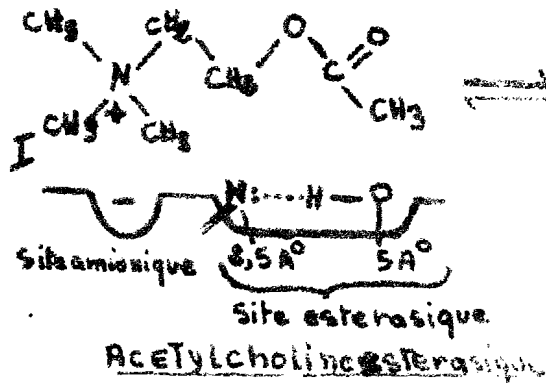
1°/ Formation du complexe enzyme-substrat avec au site anionique intervention de forces de type VANDERWALS, et au site estérasique une véritable liaison covalente entre le carbone de l'acide acétique et l'oxygène de la sérine.

2°/ Formation de l'enzyme acétylée : il y a hydrolyse et libération de la choline mais la liaison, covalente persiste au site estérasique.

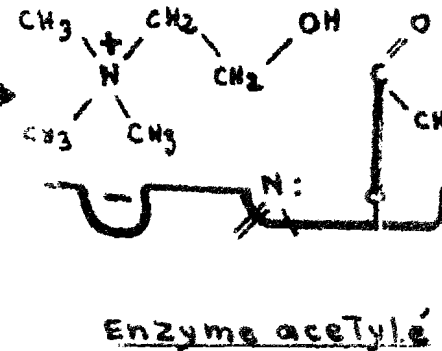
3°/ Régénération de l'enzyme avec libération de l'acide acétique.

.../...

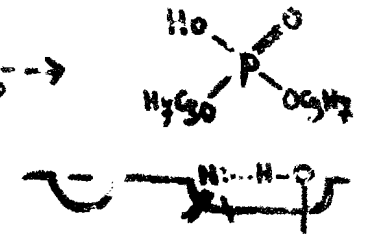
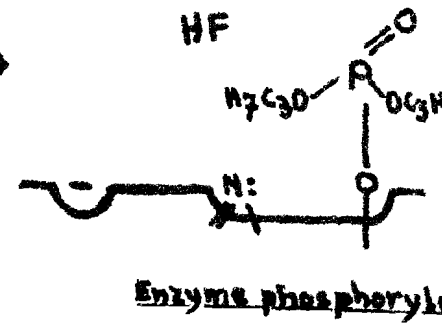
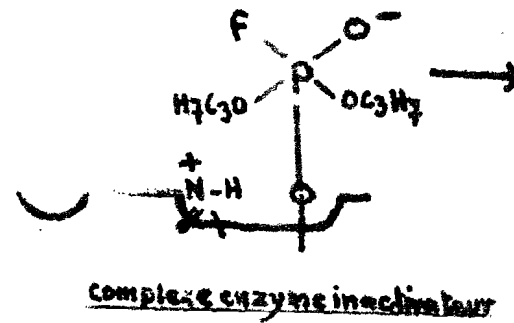
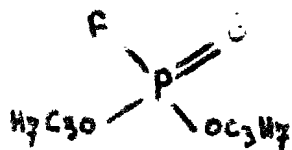
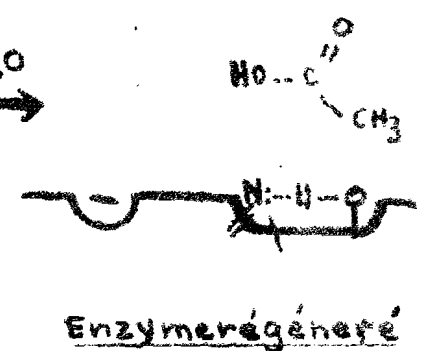
ACETYLCHOLINE



choline



Ac. acétique



La réaction dure 80MS à l'état physiologique, mais lors de la liaison entre CHE et O.P., il se forme un complexe stable par liaison covalente au niveau du pôle estérasique. La liaison oxygène-phosphore, covalente, est plus forte que la liaison oxygène-carbone de la ChE acétylée du fait du caractère plus électrophile du P par rapport au C. La régénération de l'enzyme se trouve ainsi être très difficile et ceci entraîne une inhibition quasi irréversible de la ChE par l'O.P. et une accumulation d'Ach non dégradée. Ce phénomène d'inhibition irréversible est encore plus renforcé par un phénomène appelé "vieillessement". Il a été en effet, vérifié qu'avec ce phénomène, l'union Ach - ChE se modifie de telle sorte que l'enzyme n'est plus récupérable (6 ; 35).

En dehors du "vieillessement" la remontée de l'activité cholinestérasique chez un sujet exposé à des OP survient par la synthèse de nouvelles molécules ou par l'intervention d'un groupe de molécules chimiques particuliers. Cependant, les ChE plasmatiques sont remplacées plus rapidement que les cholinestérasases globulaires. Synthétisées par le foie, ces CHE plasmatiques sont remplacées plus lentement chez les animaux souffrant de troubles hépatiques (35) Chez l'Homme, l'activité plasmatique réapparaît pour 10p.100 dans les premières 24 heures (régénération spontanée) puis plus lentement en 30-40 jours pour atteindre le taux normal (35).

Au niveau des globules rouges, les CHE sont fixées à la surface de la membrane cytoplasmique ce qui fait que l'activité cholinestérasique globulaire est proportionnelle à la quantité de globules rouges. Il est plus bas chez le nouveau-né.

Les ChE globulaires n'ont aucune régénération spontanée et leur taux ne remonte que du fait de l'apparition d'hématies jeunes très riches en ChE.

.../...

Ainsi le retour à la normale ne se fait qu'en 90-100j chez l'homme - soumis à une exposition prolongée, à raison de 1p.100 par jour (35). Chez les applicateurs d'IOP,  $\beta$ -IOLA et al (2) ont montré qu'un mois après la fin des pulvérisations, seulement 70 à 80p.100 du niveau basal ont été récupérés .

Chez les bovins la récupération de l'activité cholinestérasique érythrocytaire se fait plus lentement avec le fénitrothion administré par voie cutanée, qu'avec le chlorpyrifos administré par voie orale ; ces administrations étant faites à petites doses prolongées. La récupération complète est obtenue à un peu plus de 40 jours après l'arrêt de l'intoxication.(31).

L'utilisation massive et répétée de tout produit chimique constitue une pression permanente sur l'environnement et pose donc le problème de ses effets secondaires sur cet environnement. Ceci est d'autant plus vrai pour les IOP que leur mécanisme d'action toxique que nous venons de voir peut, hélas, se dérouler également chez les populations non-cibles entraînant ainsi des risques d'effets néfastes. Parmi ces populations non cibles, celles du milieu aquatique y sont particulièrement sensibles.

---



CHAPITRE II : EFFETS DES INSECTICIDES ORGANOPHOSPHORES SUR LES  
BIOCENOSSES AQUATIQUES

I- ORIGINES DE LA CONTAMINATION DU MILIEU AQUATIQUE PAR LES  
INSECTICIDES ORGANOPHOSPHORES

Elles sont diverses mais on peut retenir essentiellement deux modalités :

- la contamination directe qui se fait par transport directe et dépôt de molécules d'organophosphorés dans le milieu aquatique : C'est le cas lors des pulvérisations au cours des campagnes agricoles ou de lutte anti-acridienne.

- La contamination indirecte par l'intermédiaire de particules variées : particules de sables contaminés véhiculées par le vent ; lavage d'emballages ayant contenu des IOP en vue de leur récupération ; eau de drainage de parcelles irriguées traitées par ces produits et sur une plus grande échelle, lessivage des terres des bassins versants des fleuves et lacs par les eaux de pluies.

Au Sahel les deux modalités sont possibles et c'est surtout, pendant la période hivernale qu'ils ont cours à cause de la recrudescence des infestations et parallèlement celle de la lutte phytosanitaire.

.../...

## II- DESCRIPTION DES EFFETS DES ORGANOPHOSPHORES SUR LES BIOCENOSSES

### AQUATIQUES

Diverses composantes de la chaîne trophique aquatique sont concernées par ces pollutions. Ainsi on note des effets sur les poissons, des effets sur le phytoplancton et des effets sur les Invertébrés aquatiques.

#### A/ EFFETS SUR LES POISSONS

On attribue souvent au poisson un certain "sens du danger" qui lui permet d'éviter les secteurs où sa vie serait menacée ; et la finesse de ses sens chimiques laisse supposer une telle faculté (27). En effet la plupart des poissons évitent l'impact des IOP en nageant en aval. C'est ainsi que certains comme le poisson doré (Carassinus auratus) évitent l'eau contenant le fénitrothion (4) alors que d'autres espèces telles que celles du genre Gambusia évitent l'eau contenant le Chlorphyriphos (4). ~~ALLEN~~ et SAMMAN (1) ont observé des mouvements ératiques chez les poissons consistant en des mouvements violents et désordonnés survenant dans les cinq minutes après application du Temephos dans le fleuve OTI au Ghana ; ils attribuèrent cela à des tentatives du poisson à éviter le poison.

Si le poisson manifeste des réactions de fuite devant le poison, il semble qu'il existe une notion de "zone de sécurité" dans laquelle l'effet toxique n'est plus subi (4). En effet, il a été récemment démontré dans le fleuve MARAHOUE en Côte d'Ivoire que lors de traitement aérien avec le Chlorphoxim, il y a dépression des acétylcholinestérases encéphaliques chez

.../...

Tilapia zilli placé à un kilomètre en aval du point de déversement. Cet effet disparaît à une distance de trois kilomètres. Ainsi la distance de 3 km représente la limite de la zone de sécurité pour les poissons pendant l'application du Temphos dans ce cours d'eau.

En plus des réactions de fuite des poissons lors des traitements, d'autres facteurs parmi lesquels la faible rémanence des I.O.P. dans le milieu aquatique et le grand volume des eaux courantes (qui assurent une dilution rapide de l'insecticide à partir du point de déversement), contribuent à la survie des populations piscicoles dans les fleuves traités.

Mais survie n'est pas synonyme de développement équilibré. En effet pour certains auteurs, si les poissons reconnaissent bien les goûts et odeurs naturels, qui leur permettent de déceler la présence d'aliments ou d'ennemis, il n'en est pas de même en ce qui concerne les produits chimiques d'origine artificielle. En outre, le stress manifesté par le poisson dans un milieu agressif, se traduisant par des mouvements violents et désordonnés, peuvent aussi bien l'éloigner de la zone dangereuse qu'à contribuer à l'y maintenir (27). Ainsi les OP sont-ils susceptibles d'exercer leurs effets sur les populations piscicoles malgré leur faible rémanence et leur dilution plus ou moins forte dans les eaux.

Les manifestations les plus spectaculaires des organophosphorés sur les populations piscicoles sont les mortalités plus ou moins importantes survenant lors de déversements de quantités importantes d'effluents plus ou moins chargés en principes actifs ou lors de déversement direct d'OP dans un milieu récepteur peu étendu. Les effets sont plus importants aux environs immédiats du point de déversement. Il peut également survenir des effets moins spectaculaires, d'apparition inattendue, qui doivent être considérés comme des

.../...

effets à terme. Ces effets peuvent survenir dans plusieurs circonstances mais on incrimine surtout la contamination de la chaîne alimentaire (13). En effet, il y a absorption de l'insecticide durant le passage de la vague et par la suite une forte contamination survient à travers la chaîne alimentaire. L'importance de ces effets dépendrait de l'habitude alimentaire. Les détritivores seraient beaucoup plus contaminés que les insectivores (13). Certains auteurs soupçonnent même une modification des habitudes alimentaires du poisson pour les I.O.P.

Plus importants sont les effets des petites doses sur les alevins plus particulièrement lors du frayage, effets dont les conséquences n'apparaissent qu'après 3 à 4 ans (13). Il en est de même de l'accumulation importante des IOP dans les organes génitaux des poissons adultes entraînant une baisse de la fécondation et une baisse de l'éclosion des oeufs ce qui provoque au bout de 3 à 4 ans une baisse importante de la densité piscicole (13).

Les soviétiques NIKULINA, SOKOL et SKAYA (25) ont étudié l'influence d'IOP tels que le Dichlorvos, le Malathion, le Fenitrothion et la phosaline sur l'ontogénèse chez la carpe en exposant leurs oeufs et larves à diverses concentrations. Après 10 jours de contact ils notent :

- Sur les oeufs en division, un blocage de la division suivi de leur dégénérescence à des concentrations de 0,001 ppm. En particulier le dichlorvos tire 50p.100 des oeufs à 0,0015 mg/l et le malathion à 0,088mg/l ;

- Sur les jeunes carpes, un effet létal à 1mg/l environ. L'effet du Fenitrothion se révèle à 0,006mg/l et celui de la Phosalone à 0,058mg/l ;

- Les doses sublétales provoquent, elles, une diminution du poids des jeunes carpes et atteignent les fonctions cardiaques, respiratoires et hématopoïétiques.

D'un autre point de vue, l'inhibition de l'activité acétyl-cholinestérasique chez le poisson provoque l'apparition d'un certain nombre de symptômes comprenant :

- La diminution de la capacité du poisson à tolérer de faibles tensions d'oxygène ;

- le ralentissement de ses réflexes et de ses mouvements natatoires.

- dans l'eau, les poissons sous ce stress, sont capturés plus aisément par les pêcheurs et autres prédateurs entraînant comme conséquences la réduction importante à long terme des prises par unité d'effort-filet (1).

Tous ces faits démontrent la sensibilité des poissons aux effets aigus ou chroniques des organophosphorés. Mais d'autres organismes aquatiques sont également soumis à leurs effets. Et comme le maintien à terme des populations piscicoles peut être compromis indirectement si les organismes aquatiques qui leur fournissent la nourriture sont détruits par la pollution, il est nécessaire de ne pas se limiter à l'étude des effets sur <sup>les</sup> poissons, mais de considérer également les incidences possibles sur les autres maillons de la chaîne trophique. Il s'agit en particulier du phytoplancton et du zooplancton.

.../...

## B/ EFFETS DES IOP SUR LE PHYTOPLANCTON

Des études effectuées au Ghana par le laboratoire hydrobiologique de l'ORSTOM semblent indiquer une modification des densités des espèces (13). En effet ces études montrent une augmentation de la densité des Chlorophytes par rapport aux autres groupes d'algues suite à des traitements avec le Temephos. Cependant des études similaires entreprises dans les fleuves de Côte-d'Ivoire n'ont pas permis de mettre en évidence de façon nette cet effet (13).

## C/ EFFETS SUR LES INVERTEBRES AQUATIQUES

Les Invertébrés sont les organismes les plus sensibles à l'action des pesticides à cause vraisemblablement de la brièveté de leur cycle ; aussi donnent-ils une réponse très rapide à leur action.

Les chercheurs du laboratoire hydrobiologique de l'ORSTOM au Ghana (13) mettent en évidence deux types d'effets sur les Invertébrés lors du traitement aérien à l'ABATE<sup>R</sup> :

- un effet algü qui survient immédiatement après chaque traitement. L'intensité de la réponse est strictement corrélée à la concentration utilisée de l'insecticide. Cette cinétique de décrochement est fonction de la sensibilité du groupe et aussi, en grande partie, de la localisation des espèces dans le biotope et leur capacité de fixation sur les fonds ;

- un effet à moyen terme qui survient après deux, trois, quatre années de traitements, caractérisé par une modification relativement importante des

.../...

proportions initiales des différents groupes d'Invertébrés. Elle est suivie d'une deuxième phase de rétablissement des proportions initiales mais avec en plus une réduction générale de la faune totale.

Au total nous dirons que bien que les OP soient considérés comme peu polluants et comme des "pesticides de sécurité" par rapport à d'autres (13) leurs effets sur les écosystèmes notamment aquatiques sont non négligeables. En effet, une baisse des populations d'Invertébrés par exemple ne peut pas ne pas avoir de conséquences à long terme. En outre l'appauvrissement des cours d'eaux et lacs en produits de pêche constitue indéniablement un problème important.

### III- DIAGNOSTIC DES INTOXICATIONS PAR LES INSECTICIDES

#### ORGANOPHOSPHORES

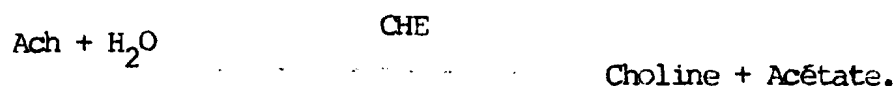
Le diagnostic des intoxications par les IOP est rarement nécropsique ; il peut être épidémioclinique en se référant aux circonstances et aux symptômes résultant de l'hyperstimulation du système nerveux parasympathique. Mais le plus souvent, ce diagnostic est expérimental, direct ou indirect.

Sur le plan du diagnostic expérimental direct, des russes ont réussi à extraire des IOP à partir d'échantillons d'eau et de poissons. L'extraction est faite à l'acétone et le dosage par des papiers imprégnés d'indicateurs (21).

D'autres part, les résidus d'IOP et leurs métabolites peuvent être dosés par divers procédés chromatographiques et colorimétriques. C'est le cas du parathion dont les métabolites sont dosés dans les urines.

Pourtant le diagnostic direct est peu pratique du fait de la faible rémanence de ces produits dans les organismes. C'est pourquoi on fait souvent recours au diagnostic indirect.

Ce type de diagnostic repose sur le dosage d'enzymes spécifiques les cholinestérase (ChE). Plusieurs méthodes ont été mises au point à cet effet. Elles reposent toutes sur l'évaluation de la vitesse d'hydrolyse d'une quantité connue d'Acétylcholine (Ach), hydrolyse qui se produit selon la réaction.



L'évaluation peut se faire soit par la détermination de l'Ach résiduel, soit par la détermination de l'acide acétique libéré. Les méthodes sont distinguées en méthodes titrimétriques, électrométriques, gazométriques et colorimétriques. Faisons leur description du moins dans leur principe.

#### A/ LES METHODES TITRIMETRIQUES

Elles consistent à titrer l'acide acétique libéré au cours de l'hydrolyse, au moyen d'un alcalin standard en utilisant un indicateur coloré.

#### B/ LES METHODES GAZOMETRIQUES

Elles sont basées sur la mesure du gaz carbonique formé en milieu tamponné, par action de l'acide acétique libéré sur le liquide de Ringer bicarbonaté en atmosphère d'azote à 5p.100 de CO<sub>2</sub>.



C/ LES METHODES ELECTROMETRIQUES

Elles consistent à mesurer l'abaissement de pH en milieu tamponné, provoqué par la libération d'acide acétique. C'est l'exemple de la méthode de MICHEL avec ses nombreuses variantes.

D/ LES METHODES COLORIMETRIQUES

Elles comprennent trois groupes de méthodes :

- La méthode de dosage colorimétrique de l'acétylcholine :

C'est l'exemple de la méthode de VINCENT et SEGONZAC. Elle repose sur la mesure, au bout d'un temps donné, de la quantité d'Ach hydrolysée, par formation d'un complexe ferrique hydroxamique coloré en pourpre. Cette méthode connaît également de nombreuses variantes ;

- La méthode de dosage colorimétrique par mise en évidence de l'abaissement de pH par des indicateurs colorés exemple le Bleu de méthylène qui vire au bleu-vert ou au jaune-brun avec la chute de pH ;

- La méthode de dosage photométrique de la couleur jaune produite par la réaction de la thiocholine avec un chromogène qui est le dithiodinitrobenzoate. C'est la méthode de ELLMAN (16). Elle est la plus courante de nos jours.

Toutes ces méthodes sont utilisées dans le diagnostic des intoxications de l'homme et des animaux par les anticholinestérasés. Le principe consiste à apprécier le degré d'inhibition de l'activité cholinestérasique d'un tissu de l'individu suspect d'être intoxiqué ; par rapport à celle du même tissu d'un individu témoin ; les deux individus appartenant à la même espèce.

Chez les oiseaux on admet en général selon ELWOOD et FLEMING (17)

qu'une dépression des ChE encéphaliques au moins égale à 50p.100 par rapport au témoin atteste, chez le cadavre, d'une mort suite à une exposition à des I.O.P. ; chez l'individu encore vivant, 30p.100 de dépression témoigne de l'exposition à ces produits.

Aux Etats-Unis une chute des ChE sanguines atteignant 40p.100 du taux observé avant exposition est un signe d'alarme chez les professionnels ; au delà de 50 à 50p.100, il faut écarter le sujet de son poste. (35).

En France, une chute de 30p.100 à partir du taux initial entraîne l'éviction provisoire du sujet (35).

En résumé :

Si la mesure des ChE a depuis longtemps servi au diagnostic des intoxications chez l'homme et l'animal pris isolément en tant qu'individus, elle peut être utilisée dans le cadre global de la toxicologie de l'Environnement. Ainsi elle peut servir dans le suivi de la pollution de divers écosystèmes par les insecticides à action anticholinestérasique. Divers animaux aquatiques peuvent être utilisés à cette fin ; nous avons quant à nous choisi le poisson comme base de notre étude. C'est l'objet de la 3e partie.

---

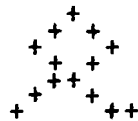
TROISIEME PARTIE :

MESURE DES CHOLINESTERASES CHEZ LES POISSONS :

---

Cette troisième et dernière partie de notre travail comprend les trois chapitres classiques d'une étude expérimentale :

- Chapitre 1 : Matériel et méthodes
- Chapitre 2 : Résultats
- Chapitre 3 : Discussions.



## CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES :

### I. LES POISSONS

Au cours de nos expériences, deux espèces de poissons (Clarias lazera et Tilapia nilotica) ont été choisies. Ce choix s'est fait selon des critères de leur disponibilité dans le temps et dans les deux milieux d'étude que sont le lac de Guiers et le fleuve Anambé.

Tous les prélèvements ont été effectués selon la même procédure, notre souci constant ayant été de préserver au maximum les enzymes contre leur détérioration. C'est ainsi que les poissons sont pris le matin vers huit heures au moment du débarquement des pêcheurs. Ce sont les poissons encore vivants, c'est-à-dire frétillements que nous choisissons. Ils sont aussitôt mis dans deux glacières dans lesquelles la réfrigération est assurée par des générateurs de froid que nous prenons la précaution de congeler la veille. L'effet de ces générateurs est renforcé par des blocs de glace alimentaire contenus dans des sachets en plastique. Les échantillons sont ainsi immédiatement acheminés sur Dakar où ils arrivent après un voyage de cinq à six heures.

Dès leur arrivée au laboratoire, nous procédons à la pesée de chaque échantillon, au conditionnement individuel dans des sachets en plastique puis chacun est doté d'un numéro d'identification.

Nous plaçons tous les échantillons prélevés à la même date et au même lieu dans un emballage collectif qui est mis au congélateur en attendant la dissection des organes.

.../...

A - Descriptions des prélèvements :1. Prélèvements du lac de Guiers

Ils ont été effectués au village de pêcheurs de Bountou-Baat situé sur la rive nord du lac, à un km de la station de rejet par laquelle la C.S.S. rejette les eaux de drainage dans le lac de Guiers. Selon les pêcheurs, les poissons sont capturés jusqu'à un rayon de un à deux km de la rive. Ils utilisent à cette fin des filets de surface ou "Tiakh" en ouoloff.

Quatre prélèvements ont été effectués les 23 Janvier, 23 février, 14 mars et 10 octobre 1989. L'identification (numéro et espèce) et le poids des échantillons sont consignés dans les tableaux N° 21, 22, 23 et 24

TABLEAU N° 21/: Identification et poids des échantillons prélevés au lac de Guiers le 23/01/89 (n = 10)

N° Echantillons	Espèces	Poids en Grammes.
101	<u>Tilapia nilotica</u>	355,4
102	- " - - " -	419
103	- " - - " -	525,9
104	<u>Clarias lazera</u>	253,2
105	- " - - " -	625,7
106	<u>Tilapia nilotica</u>	273,8
107	- " - - " -	235,3
108	- " - - " -	403,9
109	- " - - " -	449,4
110	- " - - " -	607,6

**TABLEAU N° 22/:** Identification et poids des échantillons  
du 23/02/89 ( n = 10)

N° Echantillons	Espèces	Poids en grammes.
201	<u>Tilapia nilotica</u>	438
202	- " -      - " -	427,8
203	- " -      - " -	378
204	- " -      - " -	433
205	- " -      - " -	295
206	- " -      - " -	257,3
207	- " -      - " -	382,6
208	- " -      - " -	379,4
209	- " -      - " -	382,6
210	- " -      - " -	227

... / ...

**TABLEAU N° 23/:** Identification et poids des échantillons  
du 14/03/89 (n = 14).

N° échantillons	Espèces	Poids en grammes.
301	<u>-Tilapia nilotica</u>	206
302	-"- -"	272,5
303	-"- -"	269,3
304	-"- -"	217,6
305	-"- -"	445,0
306	-"- -"	339,5
307	<u>Clarias lazera</u>	214,7
308	-"- -"	
309	<u>Tilapia nilotica</u>	270,0
310	-"- -"	382,0
311	-"- -"	336,3
312	-"- -"	381,7
313	<u>Clarias lazera</u>	146,6
314	-"- -"	126,0

TABLEAU N° 24/: Identification et poids des échantillons de Octobre 1989 (n = 14).

N° échantillons	Espèces	poids en grammes.
921	<u>Tilapia nilotica</u>	364,4
922	-"- -"	354,5
923	-"- -"	202,6
924	-"- -"	251,4
925	-"- -"	285,2
926	-"- -"	270,6
927	-"- -"	382,5
928	-"- -"	405,0
929	-"- -"	170,2
930	-"- -"	295,0
931	<u>Clarias lazera</u>	215,4
932	-"- -"	314,9
933	-"- -"	291,2
934	<u>Tilapia nilotica</u>	151,5



## 2. Prélèvements effectués dans l'Anambé

Le 8 Avril 1989, selon des modalités identiques à celles des échantillons de Richard-Toll, nous avons prélevé 27 poissons au campement de pêcheurs de TELEW sur le fleuve KAYANGA, en amont du barrage du confluent. Nous les avons fait acheminer sur Dakar le jour même dans des glacières avec générateurs de froid. Compte tenu de la distance (400 à 450 km) nous avons renforcé le froid deux fois : à Tambacounda et à Kaolack (300 km du point de prélèvement). L'identification et les poids de ces échantillons sont donnés par le tableau N° 25

TABLEAU N° 25/: Identification et poids des échantillons prélevés à l'Anambé le 08/04/89 (n = 27)

N° échantillons	espèces	poids en grammes.
21	<u>Tilapia nilotica</u>	335,4
22	- " - - " -	143,4
23	- " - - " -	240,8
24	- " - - " -	208,9
25	<u>Clarias lazera</u>	430,3
26	<u>Tilapia nilotica</u>	314,8
27	- " - - " -	214,9
28	- " - - " -	313,5
29	- " - - " -	318,6
30	<u>Clarias lazera</u>	492,2

.../...

suite tableau N° 25

N° échantillons	espèces	Poids en grammes.
31	<u>Clarias lazera</u>	580,9
32	- " - - " -	372,6
33	- " - - " -	339,3
34	<u>Tilapia nilotica</u>	153,4
35	- " - - " -	216,0
36	<u>Clarias lazera</u>	
37	- " - - " -	
38	- " - - " -	225,4
39	<u>Tilapia nilotica</u>	295,9
40	- " - - " -	325,0
41	- " - - " -	324,0
42	- " - - " -	297,2
43	- " - - " -	351,7
44	- " - - " -	313,00
45	- " - - " -	179,9
46	- " - - " -	403,8
47	- " - - " -	130,4

Au mois d'octobre vingt (20) autres poissons  
au même lieu (tableau 26)

**TABEAU 26/**: Identification et poids des échantillons pré-  
levés dans l'Anambé le 03/10/89 (n = 20)

N° échantillons	espèces	poids en grammes.
901	<u>Clarias lazera</u>	447,8
902	- " - - " - - " -	253,0
903	- " - - " - - " -	390,0
904	- " - - " - - " -	441,0
905	- " - - " - - " -	565,0
906	- " - - " - - " -	633,8
907	- " - - " - - " -	478,0
908	- " - - " - - " -	324,3
909	- " - - " - - " -	352,7
910	- " - - " - - " -	431,0
911	<u>Tilapia nilotica</u>	210,4
912	- " - - " - - " -	248,9
913	- " - - " - - " -	171,9
914	- " - - " - - " -	203,2

.../...

TABLEAU N° 24/: Identification et poids des échantillons de Octobre 1989 (n = 14).

N° échantillons	Espèces	poids en grammes.
921	<u>Tilapia nilotica</u>	364,4
922	" "	354,5
923	" "	202,6
924	" "	251,4
925	" "	285,2
926	" "	270,6
927	" "	382,5
928	" "	405,0
929	" "	170,2
930	" "	295,0
931	<u>Clarias lazera</u>	215,4
932	" "	314,9
933	" "	291,2
934	<u>Tilapia nilotica</u>	151,5

2. Enlèvement et affectation dans l'Anambé

Le 8 Avril 1989, selon des modalités identiques à celles des échantillons de Richard-Toll, nous avons prélevé 27 poissons au campement de pêcheurs de TELEW sur le fleuve KAYANGA, en amont du barrage du confluent. Nous les avons fait acheminer sur Dakar le jour même dans des glacières avec générateurs de froid. Compte tenu de la distance (400 à 450 km) nous avons renforcé le froid deux fois : à Tambacounda et à Kaolack (300 km du point de prélèvement). L'identification et les poids de ces échantillons sont donnés par le tableau N° 25

TABLEAU N° 25/: Identification et poids des échantillons prélevés à l'Anambé le 08/04/89 (n = 27)

N° échantillons	espèces	poids en grammes.
21	<u>Filapia nilotica</u>	335,4
22	- " - - " -	143,4
23	- " - - " -	240,8
24	- " - - " -	208,9
25	<u>Clarias lazera</u>	430,3
26	<u>Tilapia nilotica</u>	314,8
27	- " - - " -	214,9
28	- " - - " -	313,5
29	- " - - " -	318,6
30	<u>Clarias lazera</u>	492,2

.../...

suite tableau N° 25

N° échantillons	espèces	Poids en grammes.
31	<u>Clarias lazera</u>	580,0
32	" "	370,6
33	" "	339,3
34	<u>Tilapia nilotica</u>	153,4
35	" "	216,0
36	<u>Clarias lazera</u>	
37	" "	
38	" "	225,4
39	<u>Tilapia nilotica</u>	295,9
40	" "	325,0
41	" "	320,0
42	" "	297,2
43	" "	351,7
44	" "	313,00
45	" "	179,9
46	" "	403,8
47	" "	130,4

au sein d'autres (autres) autres poissons  
 au même lieu (autres) (autres)

TABLEAU 26/: Identification des échantillons prélevés dans l'aire le 05/10/89 (n = 20)

N° échantillons	nom	poids en grammes.
901	.....	447,8
902	" " "	253,0
903	" " "	390,0
904	" " "	441,0
905	" " "	555,0
906	" " "	633,8
907	" " "	478,0
908	" " "	324,3
909	" " "	352,7
910	" " "	431,0
911	.....	210,4
912	" " "	248,9
913	" " "	171,9
914	" " "	203,2

suite tableau N° 26

N° échantillons	espèces	poids en grammes.
915	<u>Tilapia nilotica</u>	172,2
916	-"- -"	158,7
917	-"- -"	191,1
918	-"- -"	228,8
919	-"- -"	261,2
920	-"- -"	161,8

Quarante sept (47) poissons proviennent ainsi du bassin de l'Anamé. Ceci nous fait un total de quatre vingt quinze (95) poissons ; ce qui représente selon nous une taille assez importante pour nous faire une idée sur l'activité cholinestérasique des poissons vivants dans les deux zones.

Tous ces poissons ont été préparés en vue du dosage des ChE.

#### B. Préparation des échantillons :

Cette préparation consiste surtout à disséquer les organes désirés (encéphale, foie, branchies), à préparer les homogénats de ces organes et à les conditionner en vue de leur conservation.

.../...



### 1 - Dissection des organes :

Les échantillons à disséquer sont congelés au réfrigérateur où ils sont placés la veille à 18 h. Au matin, ils sont suffisamment décongelés pour pouvoir être disséqués. Cette dissection est faite de façon à prélever entièrement l'encéphale, le foie et les branchies de chaque échantillon.

Une fois chacun de ces organes isolé, il est pesé sur une balance de précision. Le poids obtenu servira d'une part à comparer les rapports poids de l'organe/poids total de l'échantillon, et d'autre part à calculer le volume de solution dans laquelle cet organe doit être homogénéisé.

### 2 - Préparation des homogénats :

Pour homogénéiser chaque organe en vue du dosage, nous le broyons dans une solution tampon contenant du triton. Le triton est un détergent qui permet d'une part de libérer les molécules de cholinestérases des membranes cellulaires les rendant ainsi plus accessibles à leurs substrats et, d'autre part, de stabiliser ces enzymes. Il est dilué à 2 p. 1000 dans une solution de tampon phosphate dont la composition sera donnée ultérieurement.

Les organes (encéphale et foie) de quelques échantillons ont été homogénéisés dans la solution tampon sans triton. Ils permettront de vérifier l'importance du triton sur l'activité cholinestérasique des organes.

Les organes sont donc homogénéisés à raison de :

-50 mg d'encéphale/ml de tampon

-500mg de foie/ml de tampon

-1 000mg de branchies/ml de tampon.

.../...

Nous avons utilisé un homogénéiseur de type ultraturrax. Les broyats ont été centrifugés à 3 000t/mn pendant 10mn ; les surnageants récupérés et répartis dans des microtubes identifiés et congelés en attendant leur dosage.

## II. MATERIEL DE LABORATOIRE :

Le matériel que nous avons utilisé peut être classé en trois groupes :

- le spectrophotomètre
- les réactifs
- les accessoires.

### A- Le spectrophotomètre :

Nous avons utilisé deux types de spectrophotomètres  
-Un appareil de marque Varian DMS Spectrophotometer à tableau d'affichage digital essentiellement pour le dosage des échantillons du mois de mars.  
-Un appareil de marque PERKIN-ELMER 558 également à affichage digital.

### B- Les réactifs :

Quatre types de réactifs sont nécessaires au dosage des ChE par la méthode d'ELLMAN. Il s'agit de la solution tampon ; la solution de dithiodinitrobenzoate (D.T.N.B.), les substrats et les enzymes.

#### -La solution tampon ou tampon phosphate

Peser 8,83 g de  $\text{Na H}_2 \text{PO}_4/\text{H}_2\text{O}$  (P.M. : 138) et dissoudre dans 800 ml d'eau déminéralisée. Amener la solution à pH8 en ajoutant progressivement 60 ml de NaOH 1N.

Verser la solution dans un ballon jaugé de 1 l ; ajuster au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée.

.../...

Transférer dans une bouteille brune et conserver réfrigérateur.

-La solution de D.T.N.B. :

Peser 0,130 g de D.T.N.B. et l'ajouter à un litre de tampon phosphate. Conserver la solution au réfrigérateur (4°C) dans une bouteille brune (à l'abri de la lumière).

Nous avons utilisé le 5,5' Dithio-bis (4-nitrobenzoïque acide) obtenu chez Sigma Chemical Company.

-Les substrats :

Nous avons utilisé deux types de substrats au cours de nos dosages : l'iodure d'acétyl thiocholine (ASChI) et l'iodure de propionylthiocholine (PSChI) ~~tous deux du laboratoire Sigma Chemical Company?~~

Pour préparer la solution-mère d'ASChI qui est à 1,25 mM nous avons pesé 0,2892 g d'ASChI que nous avons mis dans 25 ml d'eau déminéralisée. Cette solution est ensuite répartie et congelée dans 10 tubes à hémolyse, à raison de 2,5 ml par tube.

La solution de PSChI est obtenue de la même manière avec la seule différence que nous avons pesé 0,303 g de PSChI.

-Les enzymes :

Ils sont constitués par les surnageants des homogénats des différents organes. Au cours de nos dosages, tous les surnageants ont été décongelés au moment de leur utilisation et dilués à  $\frac{1}{20}$  dans la solution de tampon phosphate.

.../...

C. Les accessoires :

Ils sont constitués de portoirs et de tubes en plastique, de déchets, d'un bac pour la récupération des tubes déjà utilisés, de cuvettes de spectrophotomètre, de micropipettes de type Pipettman de 5 ml et de 1 ml avec embouts adaptés, d'un vortex et d'un bain thermostaté.

Comme autres matériels nous avons également utilisé un stabilisateur de tension et un chronomètre.

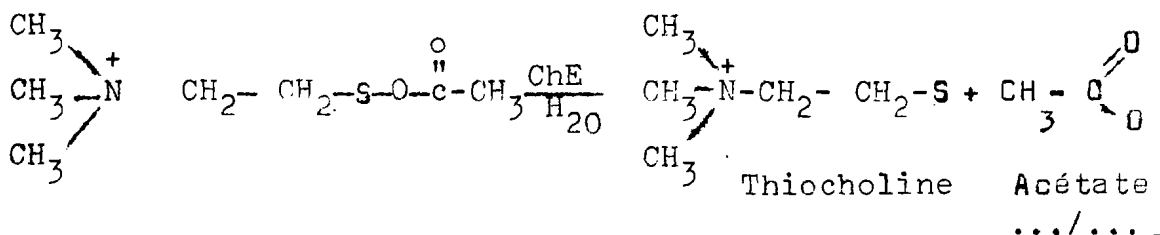
III - DOSAGE DES CHOLINESTERASES :

Les différentes méthodes de dosage des ChE ont été exposées plus haut. Celle que nous avons utilisée est la méthode d'ELLMAN.

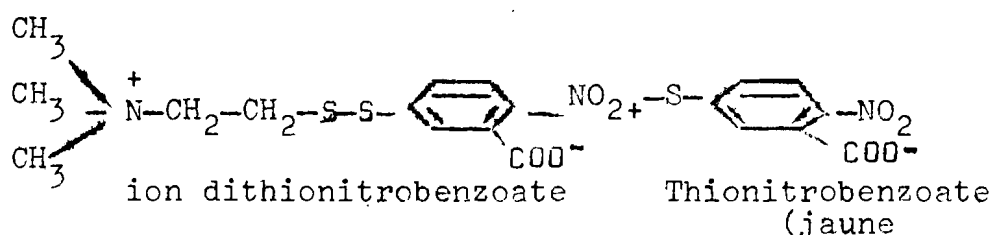
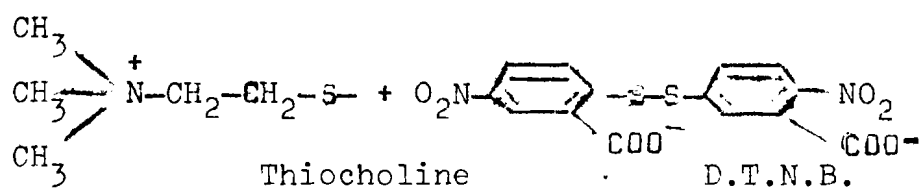
1. PRINCIPE :

Il s'agit d'une méthode de détermination photométrique de l'activité cholinestérasique. Elle repose sur le principe suivant : les ChE hydrolysent l'iodure d'acétylthiocholine (ASChI) en thiocholine et en acétate ; la thiocholine libérée réagit avec la 5,5' Dithio-bis (2 nitrobenzoate) ou D.T.N.B. pour former un ion dithiobenzoate et le thionitrobenzoate qui est de coloration jaune. La vitesse avec laquelle cette coloration jaune apparait et s'intensifie est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 405 nm. Elle est en corrélation positive avec l'importance de l'activité cholinestérasique de l'échantillon étudié.

La réaction chimique peut s'écrire (16) :



puis :



Le spectrophotomètre mesure cette coloration en variation de densité optique (D.O.) pendant un temps donné.

## 2. METHODES :

Le spectrophotomètre est branché au secteur par l'intermédiaire du stabilisateur de tension ; nous attendons au moins 30 mn pour que l'appareil se stabilise. Pendant ce temps, un portoir rempli de tubes contenant 3 ml de tampon phosphate/D.T.N.B., est placé au bain-marie thermostaté à 37°c.

C'est après que l'équilibre thermique se soit réalisé dans les tubes, que nous y ajoutons, à l'aide d'une micropipette, 0,1 ml d'enzyme dilué à 5p. 100 ( $=\frac{1}{20}$ ). Ce mélange est homogénéisé au vortex et remis au bain-marie.

Dans un deuxième temps, nous ajoutons 0,1 ml de substrat ; une fois homogénéisé, le mélange final est versé dans la cuvette du spectrophotomètre. Celle-ci est introduite dans la cellule et le couvercle de l'appareil est rabattu. Aussitôt le chronomètre qui était au zéro est déclenché. L'ensemble de ces opérations, depuis l'ajout du substrat, durent moins de 15s. Nous attendons qu'une minute

.../...

s'écoule pour laisser le temps au faisceau lumineux du spectrophotomètre de s'adapter aux nouvelles conditions ; puis nous lisons la variation de densité optique ( DO) entre 1 mn et 3 mn. A partir de celle-ci nous pouvons calculer la variation de densité optique par minute de réaction.

Pour avoir cependant de bons résultats, un certain nombre de conditions sont nécessaires.

-a)- Conditions requises pour un bon dosage :

Pour minimiser les sources d'erreurs, nous avons pris un certain nombre de précautions

1. Le spectrophotomètre doit être stabilisé avant de commencer toute mesure ; pour cela nous attendons au moins 30 mn après l'avoir branché.

2. Pour éviter l'impact des variations de tension du secteur sur l'intensité du faisceau du spectrophotomètre et donc sur la lecture, nous avons toujours utilisé un stabilisateur de tension.

3. La longueur d'onde étant fixée sur 405 nm, nous prenons le soin de mettre l'appareil au zéro avec de l'eau distillée avant toute mesure.

4. Toutes les mesures sont faites à une température de 37°C.

5. Pour éviter les intercontaminations entre réactifs, nous réservons toujours le même embout pour le même réactif.

6. le contenu d'un tube est toujours homogénéisé au vortex avant d'en pipeter le contenu.

7. Un substrat décongelé est utilisé dans les 48 heures car son activité diminue avec le temps du fait de l'hydrolyse spontanée.

.../...

8. Tout enzyme décongelé est analysé sur-le-champ et n'est plus utilisé pour des analyses ultérieures.

b)- Cinétique de la réaction d'hydrolyse de l'ACh par les ChE.

Le taux d'hydrolyse de l'ACh est fonction de deux paramètres : la concentration en enzymes et la concentration en substrats.

La concentration en enzymes qui s'est révélée efficace pour nos mesures est celle correspondant à la dilution au  $\frac{1}{20}$  du surnageant des homogénats organiques.

Pour chercher la dilution optimale des substrats, nous avons procédé à des dilutions croissantes à partir des solutions-mères à 1,25 mM ; nous avons donc préparé des solutions à 75 p.100, 20p.100, 10p.100 et 3,33p.100 de ces solutions-mères ; puis nous avons mesuré l'activité optique de plusieurs échantillons. En traçant les courbes  $DO/mn=f(C)$

nous obtenons des courbes hyperboliques avec un maximum de DO avec la solution-mère à 1,25 mM. Ceci nous a conduit à choisir comme dilution optimale et nous l'avons utilisé par la suite pour toutes les autres mesures.

La représentation graphique de la fonction  $\frac{1}{DO} = f\left(\frac{1}{C}\right)$  est une droite moyenne avec un coefficient de corrélation moyen de 0,99. Cette valeur atteste de la précision de nos dosages. Cette droite nous permettra de déterminer la vitesse maximale ( $V_{max}$ ) et la constante de Michaelis ( $K_m$ ).

De ces variations globales de densités optiques par minute a été soustraite celles du "blanc".

.../...

c) - Détermination de l'hydrolyse non enzymatique  
des substrats

En l'absence de toute enzyme l'ASChE et le PSChI subissent une hydrolyse spontanée selon le même schéma réactionnel décrit plus haut. Cette réaction intervient surtout au pH du milieu réactionnel qui est de 8 donc légèrement basique. Il est donc nécessaire d'évaluer cette hydrolyse non enzymatique. Cela est réalisé à travers ce que l'on appelle la mesure de l'activité optique du "blanc", dont la procédure est la suivante :

.- à 3 ml du mélange tampon phosphate (D.T.N.B.) ajouter 0,1 ml de substrat ; homogénéiser puis ajouter 0,1 ml de substrats. Homogénéiser le mélange final et la variation de densité optique entre 1 et 3 mn.

.- Calculer la D.O./mn. Elle sera soustraite de la D.O. du mélange comprenant l'enzyme, afin de ne prendre en compte finalement que l'activité de cette dernière.

La connaissance de la D.O./mn nette nous a permis de calculer l'activité cholinestérasique de chaque organe en unités équivalentes.

d) - Méthodes de calcul des activités cholinestérasiques :

La variation de densité optique de chaque organe est convertie en unité qui représente le nombre de  $\mu$ moles de substrats hydrolysés par gramme de tissu et par minute de réaction. Cette unité est fonction de la dilution de l'enzyme, du coefficient d'extinction du D.T.N.B., de la  $\Delta$  DO/mn nette du tissu en question et de la masse de tissu homogénéisée/ml de tampon.

.../...



$$A \frac{\triangle DO/mn}{1,36 \cdot 10^4} \times \frac{\frac{3,2}{0,1} \times 20}{10^3} \times \frac{10^6}{\text{mg de tissu/ml}} \times 1000$$

avec A = activité cholinestérasique en  $\mu\text{M}$  de substrat hydrolysé/mn/gramme de tissu.

$\triangle$  DO/mn : variation nette de densité optique par mn.

$1,36 \cdot 10^4$  : coefficient d'extinction du D.T.N.B.

$\frac{3,2}{0,1} = 32$  = taux de dilution de l'enzyme dans la cuvette.

20 : taux de dilution de l'enzyme avant la cuvette

$10^3$  : moles de substrat/ml

$10^6$  : Mmoles de substrat/ml

1000 : Mmoles de substrat/ml/g de tissu.

+  
+ + +  
+ +

CHAPITRE II/      R E S U L T A T S

I. EFFETS DU MILIEU D'HOMOGENEISATION  
SUR L'ACTIVITE CHOLINESTERASIQUE :

Les activités cholinestérasiques moyennes des organes homogénéisés dans le tampon phosphate (pH8) à 2p.1000 de triton et ceux des organes homogénéisés dans le même tampon sans triton sont consignés dans les tableaux N° 27 et 28.

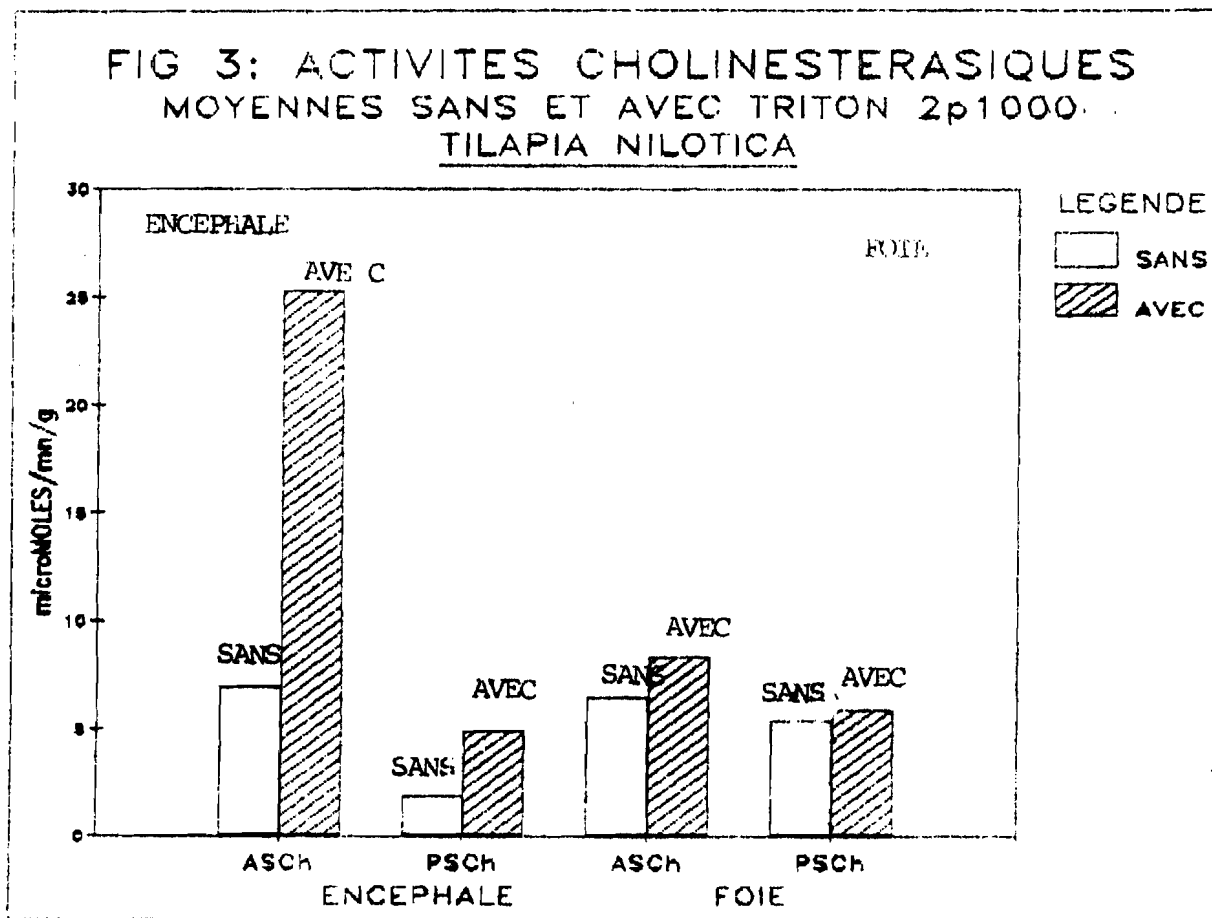
TABLEAU N° 27/: Activités cholinestérasiques encéphaliques moyennes en fonction du milieu d'homogénéisation chez Tilapia nilotica (en  $\mu$ M de substrat hydrolysé/mn/g)

	ASCh	PSCh
Sans triton (ST.)	7,09 $\pm$ 1,94 (n=9)	1,94 $\pm$ 0,95 (n=9)
Avec triton (A.T.)	25,37 $\pm$ 6,61 (n=10)	5,01 $\pm$ 1,00 (n=9)
% d'activité sans triton	27,94%	38,72%

TABLEAU N° 28/: Activités cholinestérasiques hépatiques moyennes en fonction du milieu d'homogénéisation chez Tilapia nilotica (en  $\mu$ M de substrat hydrolysé /mn/g.

	ASCh	PSCh
sans triton (S.T.)	6,62 $\pm$ 1,17 (n=9)	5,46 $\pm$ 1,86 (n=9)
Avec triton (A.T.)	8,47 $\pm$ 4,36 (n=10)	6,03 $\pm$ 2,77 (n=10)
% d'activité sans triton	78,15%	90,54%

La figure N° 3 représente les histogrammes des activités cholinestérasiques des mêmes organes sans et avec triton.



Comparaison des effets du triton en fonction  
des substrats

La comparaison des activités cholinestérasiques obtenues avec l'ASCh permet les observations suivantes :

Pour l'encéphale :

Sans triton, l'activité cholinestérasiqne obtenue avec le PSCh fait 27,36 p.100 de celle obtenue avec l'ASCh soit 72,64 p.100 en moins.

.../...

Avec triton, ce taux est de 19,74 p.100 soit 80,26 p.100 en moins. Le triton augmente plus l'activité cholinestérasique avec l'ASCh comme substrat : 7,22 p.100 de plus que le FSCh.

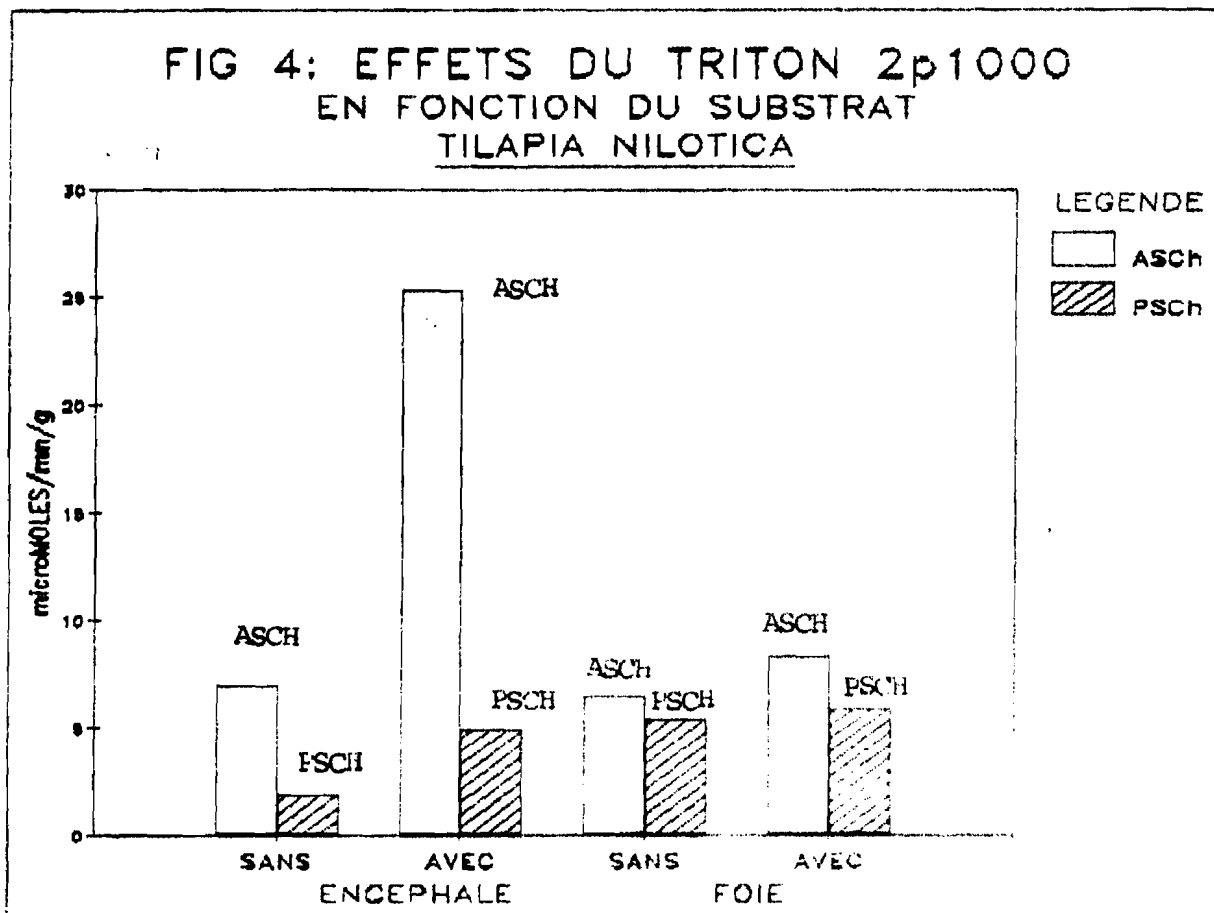
Pour le foie :

Sans triton, l'activité cholinestérasique avec le FSCh représente les 82,47 p.100 de celle obtenue avec ASCh, soit 17,47% en moins.

Avec triton, l'activité obtenue avec le FSCh est de 71,19 p.100 par rapport à celle de l'ASCh soit 28,81 p.100 en moins ; soit 11,34 p.100 de plus.

Ici aussi, le triton augmente plus l'activité cholinestérasique avec l'ASCh.

La figure n°4 illustre ces résultats.



L'ajout du triton au milieu d'homogénéisation induit donc une augmentation de l'activité cholinestérasique. Cependant le taux d'augmentation diffère selon la nature de l'organe et celle du substrat.

En effet, avec l'encéphale et l'ASCh comme substrat, l'activité cholinestérasique "sans triton" ne fait que 27,94% de celle avec triton soit une augmentation d'activité de 72,05 p. 100 induite par le triton. Avec le PSCh l'activité cholinestérasique encéphalique "sans triton" ne fait que 38,72 p.100 de l'activité "avec triton" soit une augmentation de 61,27 p.100 par rapport au niveau d'activité "sans triton".

Avec le foie et l'ASCh comme substrats, l'activité cholinestérasique "sans triton" atteint 78,15 p.100 du niveau d'activité "avec triton" ce qui équivaut à une augmentation de 21,84 p.100 induite par le triton.

Lorsque le substrat utilisé est le PSCh, l'activité cholinestérasique hépatique "sans triton" atteint 90,54 p.100 de l'activité "avec triton" ce qui signifie que le triton a induit une élévation du niveau d'activité de 9,45 p.100 au niveau du foie.

L'analyse de ces résultats montre que le taux d'augmentation est plus élevé avec l'encéphale quel que soit le substrat utilisé.

+  
+† †+  
+† †+  
+† †+

FIG 6: CINETIQUE DO = f(C) FOIES  
 TILAPIA NILOTICA (21F) ET CLARIAS LAZERA (25F)

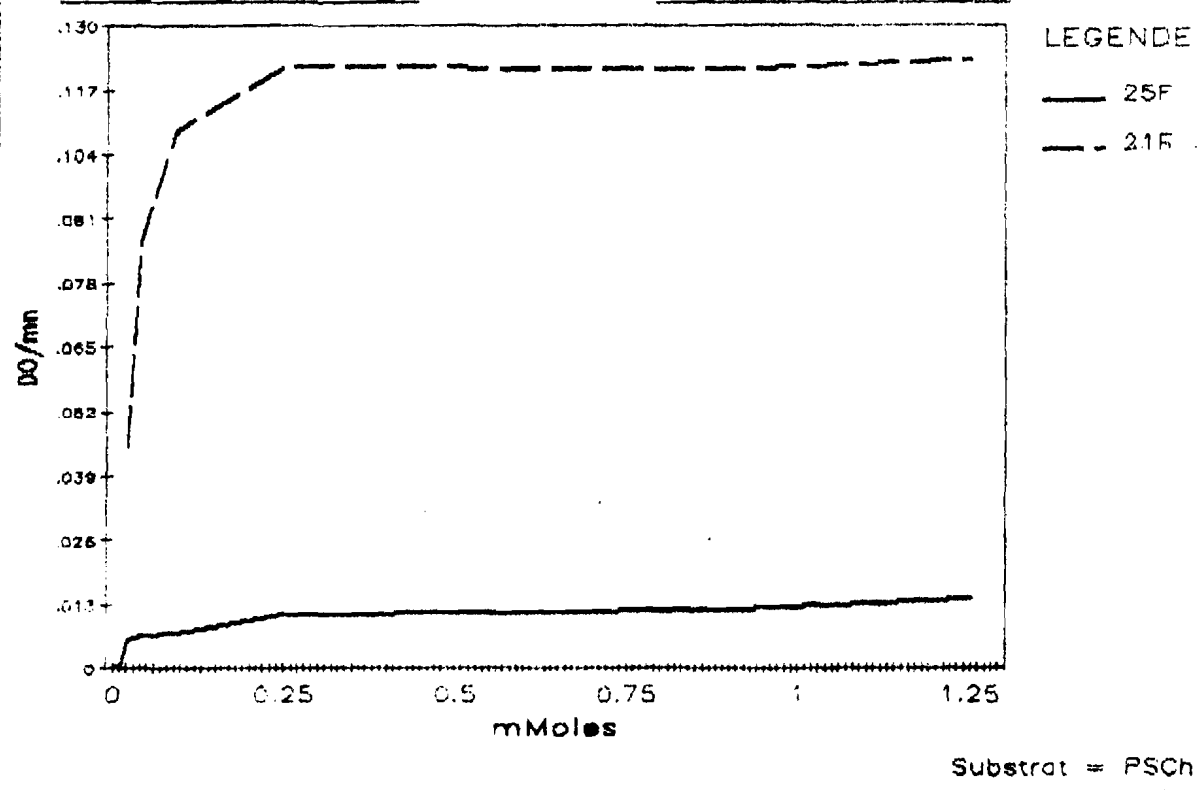


FIG 7: CINETIQUE DO = f(C) BRANCHIES  
 TILAPIA NILOTICA (35B)

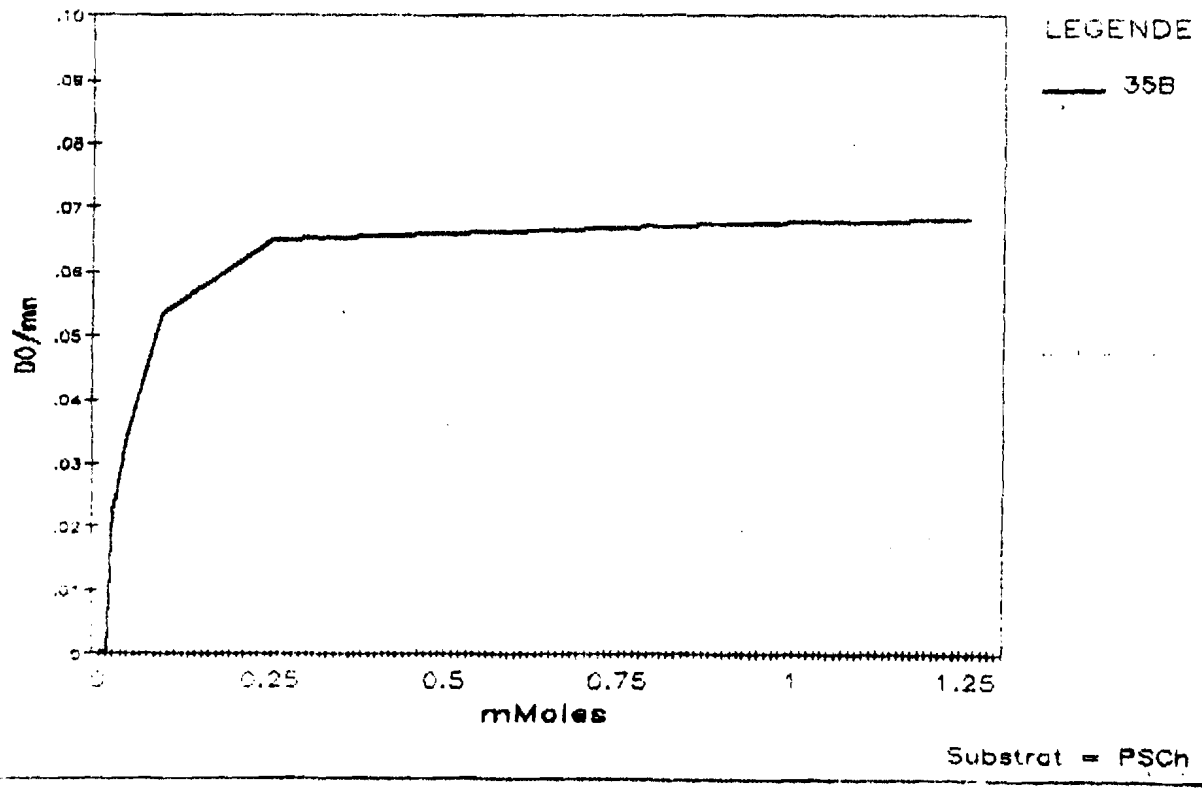
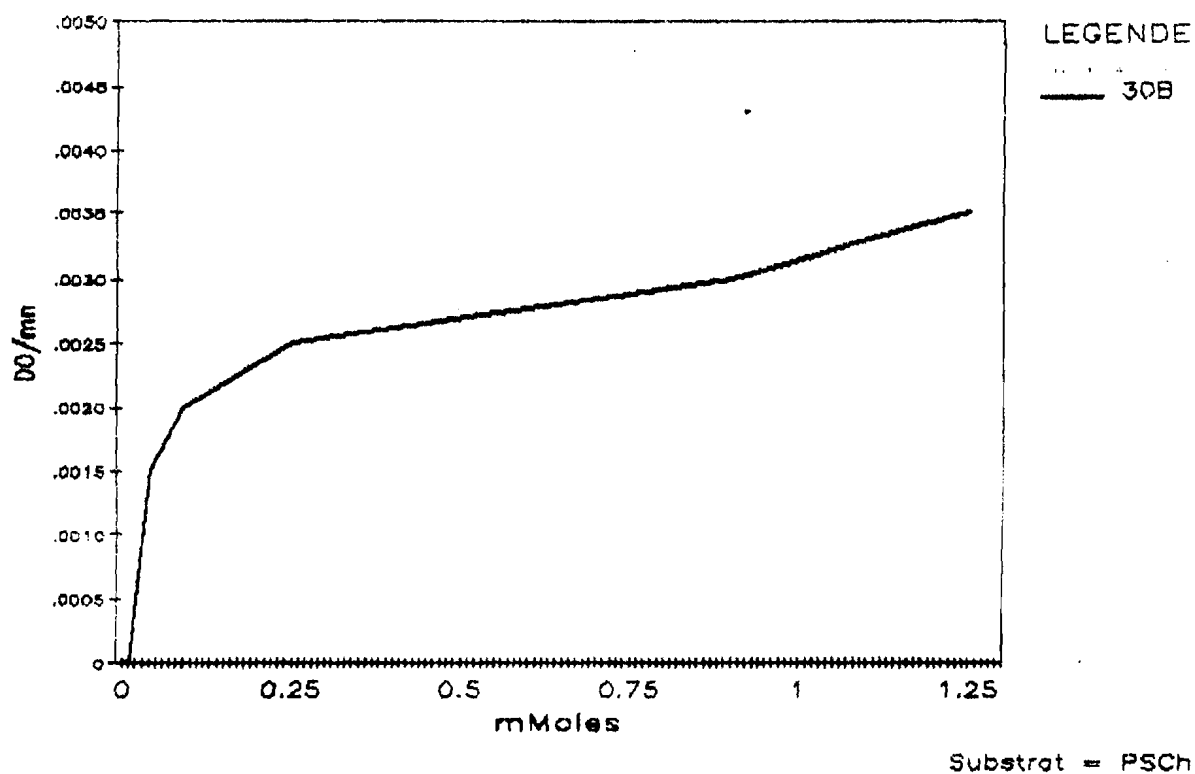


FIG 8: CINETIQUE DO = f(C) BRANCHIES  
CLARIAS LAZERA (30B)



Ces courbes sont des hyperboles d'équation générale  $\frac{ax + b}{cy + d}$ . Elles indiquent que l'activité cholinestérasique à 1,25 mM de substrat est très proche de l'activité maximale (V max) de l'enzyme pour un organe donné.

La représentation graphique de la transformée  $\frac{1}{DO} = f\left(\frac{1}{C}\right)$  de la fonction (DO = f(C)) est un ensemble de points ; le coefficient de corrélation entre ceux-ci est voisin de 1 : Ces points forment donc une droite d'équation générale  $y = ax + b$ . Celle-ci permet de déterminer la V max et le Km de la réaction considérée. En effet, cette droite coupe l'axe des y en  $+\sqrt{\frac{1}{\text{max}}}$  et l'axe des x à  $-\frac{1}{\text{Km}}$ .

Le Km ou "constante de Michaelis" mesure la dissociation entre une enzyme et son substrat. Plus le Km est élevé, plus cette dissociation est importante et donc plus l'affinité entre l'enzyme et son substrat est faible. En d'autres termes, plus le Km est bas, plus l'enzyme est active. Le tableau N° 29 résume les différentes caractéristiques de la réaction de quelques organes avec leurs substrats.

TABLEAU N° 29/ : Caractéristiques cinétiques de quelques organes :

N°	Espèces	Organe	Substrat.	r	Km	Vm	Activité à 1,25mM
1	<u>T. nilotica</u>	Encéphale	ASCh	0,99	0,074	24,47	22,11
14	<u>C. lazera</u>	Encéphale	ASCh	1	0,072	87,52	82,82
4	<u>T. nilotica</u>	Foie	ASCh	0,99	0,12	12,04	12,04
1	<u>C. lazera</u>	Foie	ASCh	1	0,1572	2,25	2,16
9	<u>T. nilotica</u>	Branchies	ASCh	1	0,21	3,78	3,78
13	<u>C. Lazera</u>	Branchies	ASCh	1	0,178	3,85	3,34

L'activité obtenue à 1,25mM est toujours inférieure, mais de peu à la Vmax, ce qui maximise les activités enzymatiques obtenus. Les valeurs du Km révèlent une très grande activité des cholinestérases encéphaliques vis-à-vis de l'ASCh (faible valeur du Km), lorsqu'elle est comparée aux valeurs du Km pour le foie et les branchies.



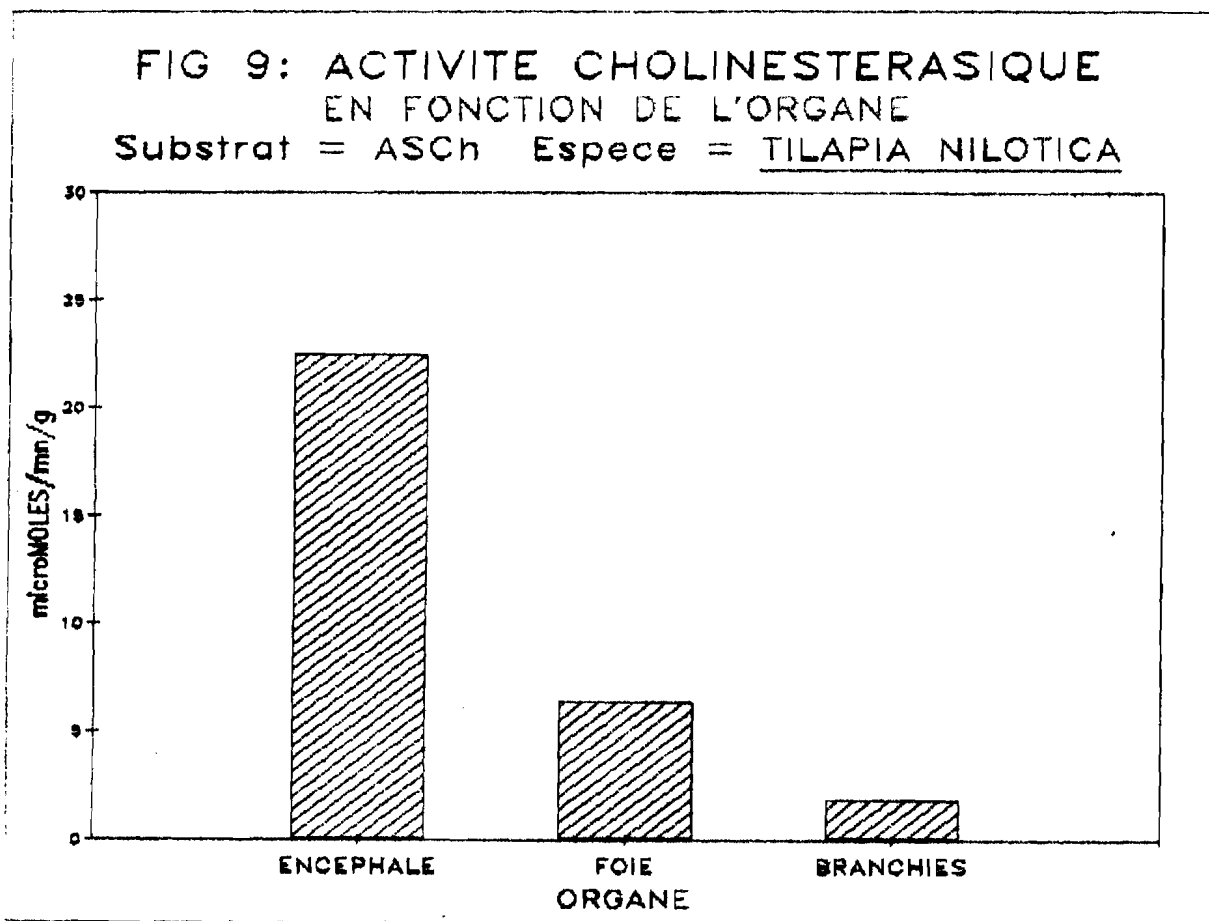
III

VARIATION DE L'ACTIVITE CHOLINESTERASIQUE EN FONCTION DE L'ORGANE

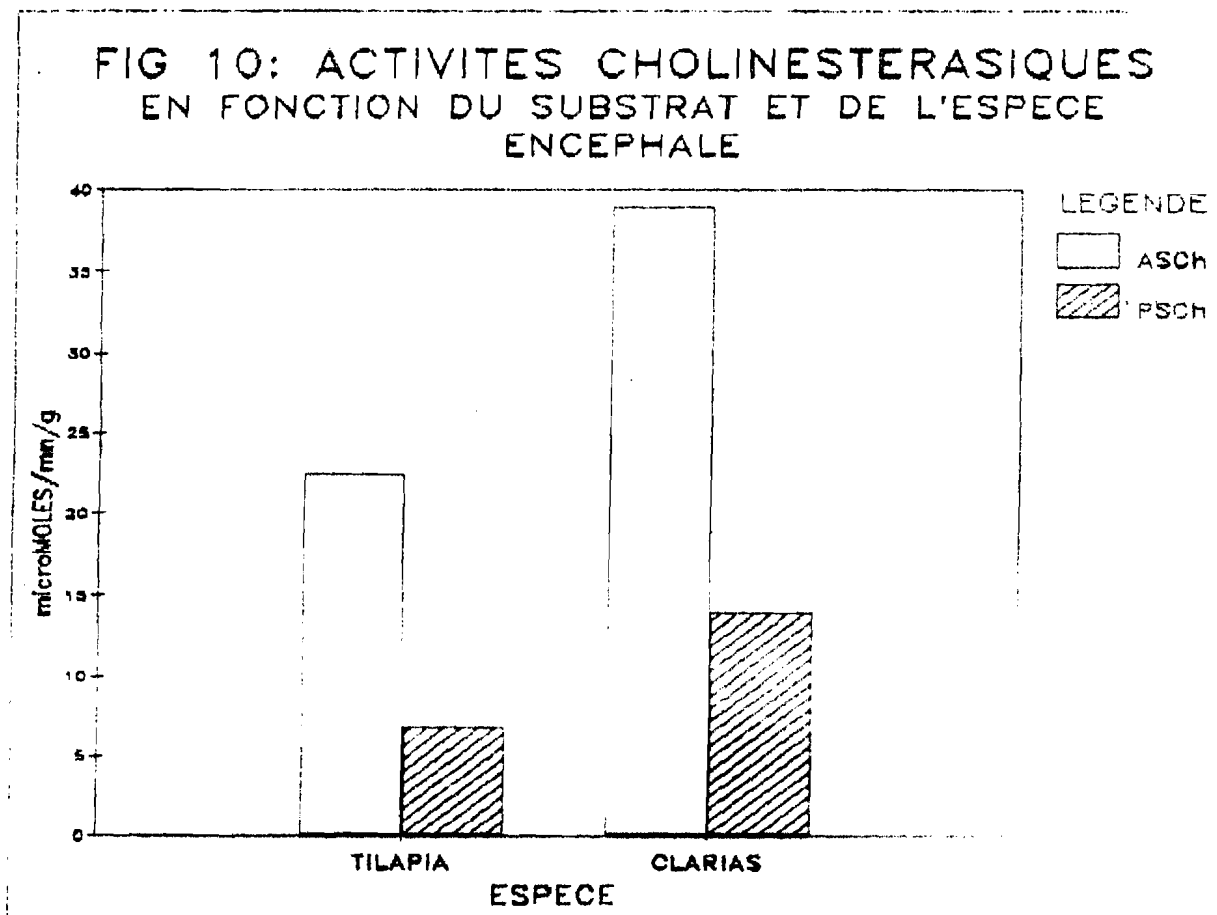
Pour un même échantillon et avec un même substrat l'activité cholinestérasique varie en fonction de l'organe. Les valeurs des Km ont laissé déjà entrevoir ce résultat. Le tableau n°30 et l'histogramme représenté à la figure n°9 illustrent les résultats que nous avons obtenus sur ce point.

Tableau n°30 : Valeur des activités cholinestérasiques en MM d'ASCh/g/mm en fonction de l'organe : moyennes du mois de Janvier;  
(substrat : ASCh : espèce : Tilapia nilotica)

ORGANE	ENCEPHALE	FOIE	BRANCHES
Activité en MM/g/mm	22,58 ± 5,07 (n = 8)	6,44 ± 1,51 (n=8)	1,94 ± 0,19 (n = 8)



D'après ces valeurs, l'encéphale de Tilapia nilotica se révèle être 3 à 4 fois plus actif que son foie lorsque le substrat utilisé est l'ASch, et 11 à 12 fois plus actif que ses branchies. Le foie est 3 à 4 fois plus actif que les branchies.

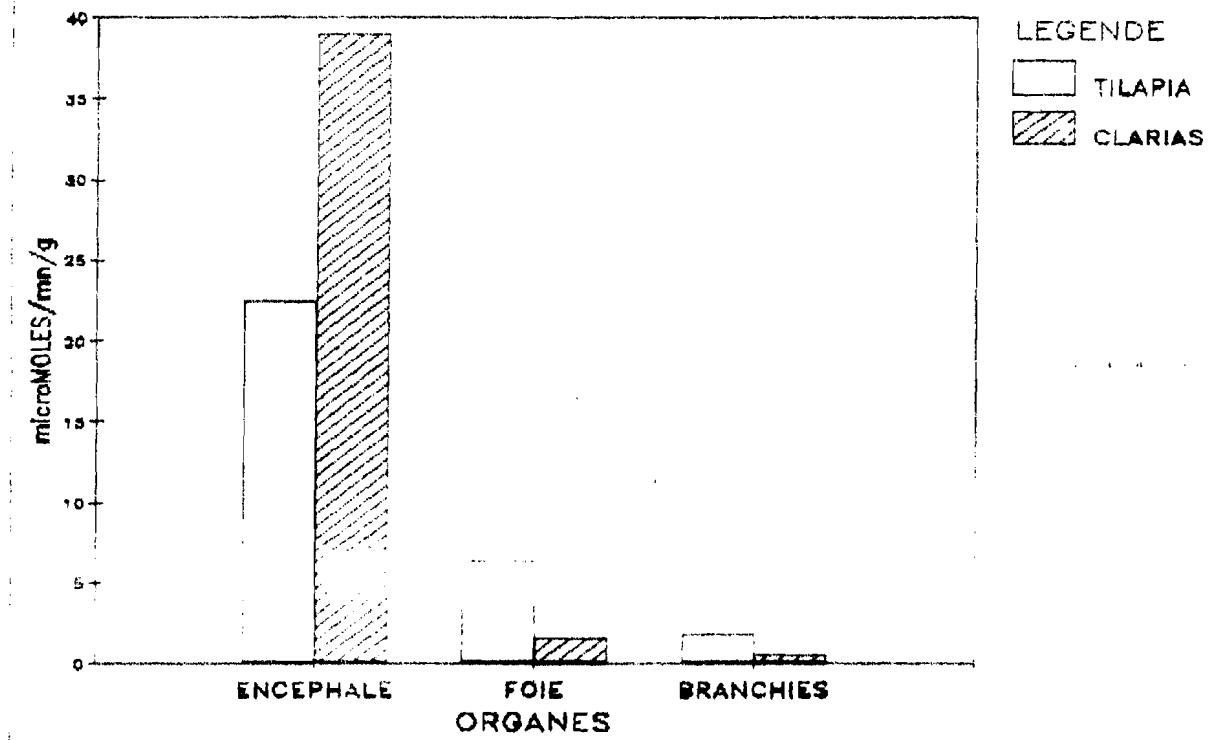


Ainsi pour l'encéphale l'ASCh est 3 à 4 fois plus actif que le PSCh chez Tilapia niloticar alors qu'il n'est que 2 à 3 fois plus actif chez Clarias lazera.

Variation de l'activité cholinestérasique en fonction de l'espèce

La figure n°11 illustre les variations de l'activité cholinestérasique en fonction des 2 paramètres (Espèce, organe).

FIG 11: ACTIVITES CHOLINESTERASIQUES  
EN FONCTION DE L'ESPECE ET DE L'ORGANE  
Substrat = ASCh



Nous pouvons faire les observations suivantes :

L'encéphale de Clarias est plus actif que celui de Tilapia .

Le foie de Tilapia est plus actif que celui de Clarias. Il en est de même des branchies de Tilapia nilotica qui sont plus actifs que celles de Clarias lazera.

III. Variation de l'activité cholinestérasique  
avec le temps :

Cette étude nous a permis de suivre l'évolution de l'activité cholinestérasique aux niveaux des deux zones d'études : Celles du lac de Guiers et du bassin de l'Anambé.

A. Zone du lac de Guiers :

TABLEAU N° 31/ : Variation de l'activité encéphalique au niveau du lac de Guiers chez Tilapia nilotica (en  $\mu\text{M}$  de substrat hydrolysé/g/mn).

	ASCh	PSCh
Janvier	22,58 $\pm$ 5,07 (n= 6)	6,93 $\pm$ 1,99 (n= 8)
Février	21,27 $\pm$ 1,98 (n=10)	6,53 $\pm$ 1,57 (n=10)
Mars	29,23 $\pm$ 6,84 (n=10)	4,95 $\pm$ 1,68 (n=10)
Octobre	14,54 $\pm$ 1,78 (n=11)	3,03 $\pm$ 0,95 (n=11)
% inhibition octobre/janvier	35,60%	56,27%

TABLEAU N° 32/: Variation de l'activité encéphalique  
chez Clarias lazera ( $\mu$ M de substrat hydrolysé/g/mn)

	ASCh	PSCh
Janvier	39,05 $\pm$ 11,98 (n=3)	14,10 $\pm$ 5,50 (n=2)
Février	-	-
Mars	53,99 $\pm$ 43,35 (n=4)	15,92 $\pm$ 6,85 (n=4)
Octobre	21,17 $\pm$ 5,79 (n=3)	4,38 $\pm$ 2,67 (n=3)
% inhibition octobre/janvier	45,78	68,93

TABLEAU N° 33/: Variation de l'activité cholinestérasique  
hépatique au lac de Guiers et chez Tilapia nilotica  
(en  $\mu$ m de substrat hydrolysé/g/mn)

	ASCh	PSCh
Janvier	6,44 $\pm$ 1,51 (n= 7)	5,83 $\pm$ 1,61 (n=7)
Février	5,75 $\pm$ 0,88 (n=10)	3,15 $\pm$ 1,21 (n=7)
Mars	14,23 $\pm$ 4,07 (n=10)	9,27 $\pm$ 2,74 (n=10)
Octobre	4,90 $\pm$ 0,48 (n=11)	4,90 + (n=10)
% inhibition octobre/janvier	23,91%	18,97%

.../...

**TABLEAU N° 34/:** Variation de l'activité cholinestérasique hépatique au lac de Guiers chez Clarias lazera (en  $\mu$ M de substrat hydrolysé/g/mn).

	ASCh	PSCh
Janvier	1,71 $\pm$ 2,07 (n=2)	1,29 $\pm$ 1,60 (n=2)
Février	-	-
Mars	13,19 $\pm$ 14,47 (n=4)	8,18 $\pm$ 15,31 (n=4)
Octobre	0,95 $\pm$ 0,81 (n=3)	1,88 $\pm$ 1,00 (n=3)
% inhibition octobre/janvier	44,44%	-

**TABLEAU N° 35/:** Variation de l'activité cholinestérasique branchiale au lac de Guiers chez Tilapia nilotica

	ASCh	PSCh
Janvier	1,94 $\pm$ 0,19 (n=3)	1,95 $\pm$ 0,71 (n=3)
Février	1,64 $\pm$ 0,52 (n=10)	2,1 $\pm$ 0,35 (n=10)
Mars	3,07 $\pm$ 0,83 (n= )	2,44 $\pm$ 0,78 (n= )
Octobre	-	-
% inhibition octobre/janvier	-	-

.../...

TABLEAU N° 36/: Variation de l'activité cholinestérasique branchiale au lac de Guiers chez Clarias lazera

	ASCh	PSCh
Janvier	0,7 ± 0,41 (n=2)	0,31 ± 0,16 (n=2)
Février	-	-
Mars	3,01 ± 0,93(n=4)	2,29 ± 3,05 (n=4)
Octobre	-	-
% inhibition Octobre/janvier	-	-

Pour les prélèvements du lac de Guiers, nous constatons que l'activité cholinestérasique mensuelle moyenne est restée presque constante pour le mois de janvier et février aussi bien aux niveaux encéphalique, hépatique que branchial ; il y a eu par la suite une augmentation du niveau de l'activité enzymatique au mois de mars. Ce niveau subit une baisse au mois d'octobre. Ces faits sont à mettre en relation avec les rythmes de traitement phytosanitaire.

Ces traitements ont eu pour effet la dépression de l'activité cholinestérasique constatée chez les poissons en janvier et février. Mais cette dépression n'a persisté que pendant deux (2) mois et il a fallu 8 mois pour voir le relèvement des taux.

.../...

B. Zone du l'Anambé :  
 .....

L'analyse des activités cholinestérasiques des 27 échantillons du mois d'avril et des 20 échantillons du mois d'octobre a donné les résultats consignés dans les tableaux N° 37, 38, 39 et 40.

TABLEAU N° 37/: Activités cholinestérasiques encéphaliques moyennes chez Tilapia nilotica (fleuve Anambé en avril et octobre 1989. (en  $\mu$ M de substrat hydrolysé/g/mn)

	ASCh	PSCh
Avril	25,37 $\pm$ 6,51 (n=10)	5,01 $\pm$ 1,00 (n= 9)
Octobre	15,00 $\pm$ 2,51 (n=10)	2,55 $\pm$ 1,09 (n=10)
% inhibition octobre/avril	40,87%	46,70%

TABLEAU N° 38/: Activités cholinestérasiques encéphaliques moyennes chez Claria lazera (Anambé) en avril et octobre 1989 en  $\mu$ M de substrat hydrolysé/g/mn)

	ASCh	PSCh
Avril	40,19 $\pm$ 5,80 (n=8)	11,29 $\pm$ 2,12 (n= 5)
Octobre	31,68 $\pm$ 11,27 (n=10)	14,20 $\pm$ 10,88 (n=10)
% inhibition octobre/avril	21,17%	-

.../...



TABLEAU N° 39/: Activités cholinestérasiques hépatiques moyennes chez Tilapia nilotica (Anambé) en Avril et octobre 1989 (en MM de substrat hydrolysé/g/mn).

	ASCh	PSCh
Avril	8,47 ± 4,36 (n=10)	6,03 ± 2,77 (n= 10)
Octobre	5,46 ± 1,05 (n=10)	5,03 ± 2,77 (n= 10)
% inhibition octobre/avril		

TABLEAU N° 40/: Acitivités cholinestérasiques hépatiques moyennes chez Clarias lazera (Anambé) en avril et en octobre 1989 (MM de substrat hydrolysé/g/mn).

	ASCh	PSCh
Avril	2,19 ± 1,47 (n= 8)	0,63 ± 0,24 (n= 8)
Octobre	0,65 ± 0,17 (n=10)	0,22 ± 0,11 (n=10)
% inhibition avril/octobre	70,31%	65,07%

Nous notons une dépression de l'activité chez Tilapia nilotica et Clarias lazera au niveau encéphalique et hépatique ; ceci aussi bien avec l'ASCh qu'avec le PSCh. Ceci s'explique par le fait qu'en avril (saison sèche) il n'y a pas eu de traitement phytosanitaire depuis la campagne hivernale précédente ; alors qu'en octobre, on est à la fin de la période hivernale et des traitements phytosanitaires ont lieu, aussi bien par la SODAGRI, la SODEFITEX que par les paysans indépendants.

.../...

IV- Variation de l'activité cholinestérasique en fonction du lieu de prélèvement :

Les activités cholinestérasiques au cours du même mois mais en des endroits différents sont données dans les tableaux 41, 42, 43, et 44.

Activités cholinestérasiques comparées à l'Anambé et au lac de Guiers..

TABLEAU N° 41/: Activités encéphaliques moyennes à l'Anambé et au Lac de Guiers en Octobre 1989 chez Tilapia nilotica (en  $\mu\text{M}$  de substrat hydrolysé /g/mn)

	ASch	PSch
Anambé	15,00 $\pm$ 2,51 (n=10)	2,67 $\pm$ 1,09 (n=10)
Lac de Guiers	14,54 $\pm$ 1,78 (n=11)	3,03 $\pm$ 0,95 (n=11)

TABLEAU N° 42/: Activités hépatiques moyennes à l'Anambé et au lac de Guiers en octobre 1989 chez Tilapia nilotica (en  $\mu\text{M}$  de substrat hydrolysé/g/mn)

	ASch	PSch
Anambé	5,46 $\pm$ 1,05 (n = 10)	5,03 $\pm$ 1,00 (n = 10)
Lac de Guiers	4,90 $\pm$ 0,48 (n = 11)	5,75 $\pm$ 0,98 (n = 11)

.../...

TABLEAU N° 43/ : Activités encéphaliques moyennes à l'Anambé et au lac de Guiers en Octobre 1989 chez Clarias lazera (en  $\mu\text{M}^2$  de substrat hydrolysé/g/mm).

	ASCh	PSCh
Anambé	31,68 $\pm$ 14,17 (n = 10)	14,20 $\pm$ 10,88 (n=10)
Lac de Guiers	21,17 $\pm$ 5,79 (n = 3)	4,38 $\pm$ 2,67 (n= 3)

TABLEAU N° 44/ : Activités cholinestérasiques hépatiques moyennes au lac de Guiers en Octobre 1989 chez Clarias Lazera (en  $\mu\text{M}^2$  de substrat hydrolysé /g/mm).

	ASCh	PSCh
Anambé	0,65 $\pm$ 0,17 (n = 10)	0,22 $\pm$ 0,11 (n = 10)
Lac de Guiers	0,95 $\pm$ 0,81 (n = 3)	1,23 $\pm$ 1,40 (n = 3)

L'analyse de ces tableaux suscite l'observation suivante : le lac de Guiers et l'Anambé présentent un même profil cholinestérasique au mois d'Octobre, surtout noté <sup>chez</sup> Tilapia nilotica.

INTERPRETATION :

Au Sénégal, le mois d'octobre représente un mois de transition entre l'hivernage et la saison sèche. Dans les zones du lac de Guiers et de l'Anambé, des traitements phytosanitaires ont eu lieu au cours de cette saison de pluies. Cela explique la dépression de l'activité cholinestérasique chez les échantillons prélevés dans les deux zones pendant cette période.

### CHAPITRE III/ : DISCUSSIONS :

#### A - DU CHOIX DES ESPECES :

Le choix des espèces supports de nos expériences s'est fait dans un triple souci :

-Le souci de prendre en compte les conditions réelles du terrain dans la recherche au laboratoire,

-Celui de pouvoir disposer des échantillons de ces espèces tout au long de la durée de nos expériences,

-Celui de tenir compte de la localisation des espèces au niveau du biotope aquatique.

Tilapia nilotica et Clarias lazera ont favorablement répondu à ces critères. Mais le fait que Clarias lazera soit une espèce vivant près des fonds lacustres ou fluviaux explique la faiblesse de ses prises par rapport à celles de Tilapia nilotica. Ce dernier nage en effet dans les plans superficiels et est plus aisément capturé par les filets de surface.

Nous remercions le service des Eaux et Forêts et Chasse dont l'efficace collaboration a facilité ces prélèvements.

#### B - DES LIEUX DE PRELEVEMENT :

Ces lieux sont situés l'un au nord et l'autre au sud du Sénégal et dans des domaines climatiques différents (sahélien pour le lac de Guiers et soudano guinéen pour l'Anambé). Elles sont toutes deux des zones à activité agricole importante.

.../...

A la lumière de nos résultats, les deux lieux de prélèvement présentent le même profil dans l'évolution de l'activité cholinestérasique au fil du temps. En effet, nous avons noté une activité élevée en saison sèche (mars-avril 1989), activité qui accuse une chute importante juste après l'hivernage (octobre 1989), celle-ci étant la période d'application des insecticides organophosphorés.

Les difficultés que nous a imposé le choix de ces lieux de prélèvements n'ont pas été<sup>des</sup>/moindres. Celui sur le lac de Guiers se trouve à près de 400 km de Dakar tandis que celui sur l'Anambé est à plus de 500km de Dakar. Cet éloignement a nécessité un matériel de froid adéquat et un transport rapide des prélèvements. Nous remercions la direction de l'E.I.S.M.V. qui a bien voulu contribuer à la logistique, ce qui nous a permis de parcourir ces longues distances et d'effectuer nos prélèvements dans les conditions requises.

#### C - DU CHOIX DES ORGANES :

Si les cholinestérases existent partout dans les organismes animaux, leur répartition est variable en quantité et en qualité en fonction des organes. Le choix de ces derniers est donc important en vue du dosage des ChE car il conditionne fortement les résultats. Pour notre part, parmi les trois organes que nous avons utilisés, l'encéphale et le foie se sont révélés être les organes de choix pour de tels dosages. Ils présentent en effet des activités cholinestérasiques élevées qui peuvent exprimer en plus, par leur sensibilité aux variations, l'exposition des milieux aquatiques à des I.O.P. D'un autre point de vue, ces organes sont très facilement broyés à l'aide de notre homogénéiseur. Quant aux branchies, les difficultés présentées par leur homogénéisation ne militent pas en faveur de leur utilisation dans le dosage des cholinestérases.

La seule contrainte qu'impose le choix de l'encéphale et du foie réside dans leur dissection. Celle-ci né-

cessite une certaine méticulosité liée à leur localisation, leur fragilité et leur dimension. L'encéphale représente en effet en moyenne 0,08 et 0,25p.100 du poids total de Tilapia nilotica et Clarias lazera respectivement, tandis que le foie qui est plus gros, représente 0,5 p.100 du poids total chez les deux espèces. Cependant, ces valeurs sont des moyennes, elles sont donc relatives car variant en grande partie avec la taille et l'âge.

D - LES SUBSTRATS :

Plusieurs esters de la choline peuvent être hydrolysés par les ChE. Les substrats que nous avons utilisés présentent des affinités différentes qui sont mises en évidence par les valeurs du Km, de l'activité cholinestérasique en fonction de l'organe et des pourcentages d'inhibition (Tableau N° 45).

TABLEAU N° 45/ : Tableau synoptique des pourcentages d'inhibitions de l'activité cholinestérasique du mois d'octobre par rapport à ceux du mois de Janvier 1989 (lac de Guiers) et d'avril 1989 (Anambé).

		ENCEPHALE		FOIE	
		ASCh.	PSCh.	ASCh.	PSCh.
LAC DE GUIERS	<u>Tilapia nilotica</u>	36,60%	56,27%	23,91%	18,97%
	<u>Clarias lazera</u>	45,87%	68,93%	44,44%	-
ANAMBE	<u>Tilapia nilotica</u>	40,87%	46,70%	35,53%	16,58%
	<u>Clarias lazera</u>	21,17%	-	70,31%	65,07%

.../...

L'encéphale qui présente une plus grande affinité pour l'ASCh offre un pourcentage d'inhibition moins élevé avec ce substrat au niveau des deux zones d'étude et avec les deux espèces. Son Km est plus bas (de l'ordre de 0,07) et son niveau d'activité plus élevé avec ce même substrat.

Le foie présente lui un pourcentage de dépression moins élevé avec le PSCh, substrat avec lequel il a une plus grande affinité. Ce fait est appuyé par un Km plus faible et une activité plus élevée de l'organe avec ce substrat.

A première vue le choix du substrat est conditionné par celui de l'organe, compte tenu des affinités. Mais une analyse plus profonde montre qu'il peut en être autrement car, si avec un des organes on obtient une activité cholinestérasique plus élevée avec le substrat pour lequel il présente une plus grande affinité, les pourcentages d'inhibition sont eux, moins élevés en cas de contamination par des I.O.P.

A l'inverse, si on utilise le substrat pour lequel l'organe présente le moins d'affinités, on obtiendra des activités moins élevées mais des pourcentages d'inhibition plus importantes.

En conclusion : Le choix de l'organe peut ne pas conditionner le choix du substrat car, avec le substrat qui présente plus d'affinités : "ce que l'on gagne en activité on le perd en inhibition" et avec le substrat qui présente le moins d'affinités : "on gagne en inhibition ce qu'on perd en activité".

---

.../...

E. DE L'EFFET DU MILEU D'HOMOGENEISATION  
SUR L'ACTIVITE CHOLINESTERASIQUE

Le triton est un détergent qui a potentialisé l'activité cholinestérasique des organes que nous avons utilisés dans nos expériences.

Cet effet potentialisateur varie en fonction des organes et des substrats

-En fonction des organes : l'augmentation de l'activité cholinestérasique est plus marquée avec l'encéphale. En effet nous avons obtenu 72,5 p.100 d'augmentation par rapport à l'activité sans triton, avec l'ASCh et 61,27 p.100 d'augmentation avec le PSCh. Pour le foie ces valeurs sont respectivement de 21,84 p.100 et 9,45 p.100.

-En fonction des substrats : pour un même organe, l'augmentation de l'activité cholinestérasique se fait dans des proportions différentes en fonction du substrat. Ceci est illustré par la variation du rapport d'activité  $\frac{(PSCh)}{(ASCh)} \times 100$

En effet, ce rapport qui est de 27,36 p.100 pour l'encéphale sans triton, baisse à 19,74 p.100 avec le triton, ce qui atteste d'un taux d'augmentation plus élevé avec l'ASCh.

En ce qui concerne le foie, le rapport  $\frac{(PSCh)}{(ASCh)} \times 100$  passe de 82,47 p.100 sans triton à 71,19 p.100 avec le triton.

Conclusion : Le triton augmente l'activité cholinestérasique. Cette action est plus prononcée avec l'encéphale et avec l'ASCh.

.../...



F. DES PRECAUTIONS D'EMPLOI :

Nos résultats révèlent que dans les conditions réelles, l'activité cholinestérasique des organismes aquatiques et en particulier du poisson subissent effectivement des variations en fonction du degré de contamination de ce milieu par des insecticides organophosphorés. Cette variation est détectable par le dosage des ChE par la méthode d'ELLMAN.

Ces résultats ouvrent la confrontation avec ceux obtenus au cours d'études bibliographiques. Ainsi, au Ghana, ANTWI (4), utilisant la tête entière de poissons, a obtenu chez Tilapia nilotica des valeurs d'activité cholinestérasique très faibles par rapport à ceux que nous avons trouvés. En plus, il n'a pas pu observer de dépression de cette activité malgré six (6) années de traitements hebdomadaires des cours d'eau par le Temephos à raison de 0,05 ppr par 10 mn de volume d'eau écoulée. Le tableau N° 46 compare nos résultats aux siens :

TABLEAU N° 46/: Comparaison de divers résultats :

		Taille de l'échantillon (n)	Activité cholinestérasique en $\mu\text{M ASCh}/\text{mm/g} \pm \text{SD}$
RESULTATS DE ANTWI (Ghana)	Volta blanche (traitée).	13	7,18 $\pm$ 3,09
	Volta rouge (traitée).	11	7,12 $\pm$ 1,65
	Barrage de Loumbila (non traité)	7	7,76 $\pm$ 1,65
NOS RESULTATS (Sénégal)	Anambé (Avril avril sans triton)	9	7,09 $\pm$ 1,94
	Anambé Avril + triton	10	25,37 $\pm$ 6,51
	Le ... +	10	15,00 $\pm$ 2,51
	% d'inhibition octobre/Avril	-	40,87

.../...

Ce tableau fait ressortir l'importance du choix des organes sensibles à l'inhibition des cholinestérases et celui de l'utilisation de l'effet potentialisateur du triton. Ce choix nous a permis d'obtenir des valeurs plus élevées et d'observer la dépression de l'activité cholinestérasique.

Application du test de Student aux différentes moyennes :

Il est fondé sur la détermination de t par la for

mule =

$$t = \frac{m_A - m_B}{\sqrt{\frac{s^2}{n_A} + \frac{s^2}{n_B}}} \quad \text{avec } m_A \text{ et } m_B \text{ les moyennes observées sur les échantillons A et B.}$$

$$\text{et } s^2 = \frac{(x_A - m_A)^2 + (x_B - m_B)^2}{n_A + n_B - 2}$$

si (t) est inférieure à la valeur lue dans la table de Student pour un degré de liberté (d d l) égal à  $n_A + n_B - 2$  au risque de 5 p. 100, alors la différence entre les moyennes  $m_A$  et  $m_B$  n'est pas significative.

Si par conte (t) est supérieure à la valeur lue dans la table, la différence est significative. Les résultats des tests statistiques pour une meilleure comparaison sont présentés en annexe.

+  
+  
+  
+  
+

## CONCLUSION GÉNÉRALE

---

La lutte contre la faim, la malnutrition et les maladies transmissibles par les insectes, implique l'utilisation massive des insecticides. Chaque année, des quantités impressionnantes de principes actifs toxiques sont déversées dans la nature. Parmi eux, les inhibiteurs des cholinestérases, en l'occurrence les organophosphorés, occupent une place importante. Malgré les avantages certains qu'ils présentent, ces produits ne sont pas sans effets sur l'environnement même s'ils sont utilisés de façon raisonnée, dans la mesure où les organismes non cibles font également les frais de leur usage. Ceux des écosystèmes aquatiques sont particulièrement exposés et sensibles à ces effets.

La nécessité de préserver l'équilibre de ces écosystèmes sous entend, si l'on ne peut éviter leur contamination, que l'on puisse la limiter, sinon contrôler leur évolution.

Au département de Pharmacie-Toxicologie de l'École Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, l'un des principaux axes d'orientation de la recherche en matière de toxicologie de l'Environnement, est la maîtrise de méthodes de suivi de la pollution, fiables et adaptées à nos réalités. Le présent travail a pour objectifs l'élaboration à l'E.I.S.M.V. d'une méthode sûre de dosage des cholinestérases chez les poissons d'eau douce et la vérification d'une possibilité de relation entre leurs taux et le degré de pollution du milieu aquatique par les insecticides organophosphorés. Pour cela des échantillons de deux espèces de poissons d'eau douce (Tilapia nilotica) et Clarias lazera) ont été prélevés au lac de Guiers (nord Sénégal) et à l'Anambé (sud Sénégal) en saison sèche et en hivernage.

.../.

La mesure des cholinestérases par la méthode d'ELLMAN au niveau de divers organes (encéphale, foie, branchies) a abouti aux conclusions suivantes =

-Le triton ajouté à 2 p.1000 au milieu d'homogénéisation de ces organes, potentialise leur activité cholinestérasique. Les augmentations d'activité induites sont fonction de l'organe et du substrat. Elles sont plus marquées pour l'encéphale et avec l'acétylthiocholine. Nous avons en effet obtenu avec l'encéphale de Tilapia nilotica 72,05 p.100 d'augmentation avec l'acétylthiocholine et 61,27 p.100 avec le propionylthiocholine contre 21,84 et 9,45 p.100 respectivement avec le foie de cette espèce.

-La cinétique de la réaction chimique révèle que la dilution des enzymes à  $\frac{1}{20}$  permet une bonne lecture de l'activité cholinestérasique affichée en variation de densité optique sur l'écran du spectrophotomètre. A cette dilution la concentration des substrats à 1,25 mM permet d'obtenir des activités enzymatiques proches de l'activité maximale.

-L'activité cholinestérasique varie en fonction du substrat, de l'organe, de l'espèce, de la période et du lieu de prélèvement.

-En fonction du substrat : Pour un même organe l'activité varie en fonction du substrat utilisé. C'est ainsi que l'encéphale présente une activité plus élevée avec l'acétylthiocholine alors que le foie est plus actif avec le propionylthiocholine.

-En fonction de l'organe : Pour un même poisson et avec un même substrat, l'encéphale présente une activité supérieure à celle du foie et encore plus à celle des branchies. Par exemple chez Tilapia nilotica et avec l'acétylthiocholine comme substrat, l'encéphale est 3 à 4 fois plus actif que le foie et 11 à 12 fois plus que les branchies ; ces derniers sont à leur tour 3 à 4 fois moins actifs que le foie.

.../...

-En fonction de l'espèce : Clarias lazera présente une activité encéphalique plus élevée que celle de Tilapia nilotica alors que celui-ci présente des activités hépatiques et branchiales plus élevées.

-En fonction du moment de prélèvement : L'évolution de l'activité cholinestérasique se fait en fonction de la saison, elle même en rapport avec les traitements phytosanitaires. En fin hivernage, période des traitements phytosanitaires, nous avons noté une dépression de l'activité cholinestérasique par rapport aux valeurs de saison sèche. Au cours de celle-ci, l'activité remonte du fait de l'absence de traitement phytosanitaire. Les pourcentages d'inhibition que nous avons observés varient entre 20 et 70 p.100.

Quant-à l'évolution de l'activité avec le lieu de prélèvement, nous n'avons pas observé de variation en relation avec ce paramètre. Cela peut être expliqué par le parallélisme de la lutte phytosanitaire dans les deux zones expérimentales.

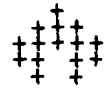
Au terme de ce travail, il ressort que le dosage des cholinestérasés par la méthode photométrique d'ELLMAN chez le poisson est maîtrisable et peut être effectivement appliqué au suivi de la pollution du milieu aquatique par les insecticides organophosphorés. Pour cela il est nécessaire de tenir compte de deux éléments essentiels :

-Sur le terrain : tenir compte d'un part de la période de prélèvement afin de pouvoir déterminer les activités enzymatiques de référence et calculer les pourcentages d'inhibition et, d'autre part, choisir les espèces de poissons les plus disponibles.

-Au laboratoire : se mettre dans les conditions optimales qui favorisent l'expression de l'activité cholinestérasique, ce qui passe entre autres par le choix judicieux des organes, des substrats, de leurs dilutions les

plus efficaces et par l'ajout du triton au milieu d'homogénéisation.

Notre souhait est que ce travail soit élargi à d'autres espèces aquatiques et qu'il puisse surtout être utilisé, dans la pratique, pour le suivi de la contamination du milieu aquatique par les insecticides organophosphorés.



B I B L I O G R A P H I E

---

---

1- ABBAN (E.K.) ; SAMMAN (J.)

Préliminary observations of effect of the insect larvicide  
Abate on fish catches in the river OTI, Gana.  
Environmental Pollution 1980, 21 : 307-311.

2- ABIOLA (F.A.)

Pollution de l'environnement par les effluents industriels.  
Dosage des fluorures, du cadmium et du chrome en milieu marin.  
Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A.),  
Paris VII, 1986.

3- ABIOLA (F.A.) ; SERE (A.) ; SAWADOGO (J.G.) ; DIATTA (F.) et LY (M.).

Cholinesterase depression among senegalese crop protection workers exposed  
to organophosphorus pesticides.  
Bulletin of Environmental Toxicology 1988, 41 : 483-486.

4- ANIWI (L.A.K.)

Fish head cholinesterase activity after aerial application of Temephos  
in two rivers in Burkina -Faso, West Africa.  
Bulletin of Environmental contamination and Toxicology 1987 : 38 : 461-466.

5- BALDE (P.)

Organisation de l'économie rurale à Keur-Momar-Sarr autour du marché heb-  
domadaire in Le lac de Guiers : Problématique d'environnement et de dévelop-  
pement. Actes du Colloque Institut des Sciences de l'Environnement (ISE)  
Dakar 09-11 Mai 1983.

.../...

6- BUCK (W.B.) ; OSWEILER (G.D.)

Clinical and diagnostical veterinary toxicology

edited by GARRY A. VAN GELDER ; second edition - 1980.

7- BUSBY (D.G.) ; PEARCE (P.A.)

Effect of an organophosphorus insecticide on brain cholinesterase activity in white throated sparrows exposed to aerial forest spraying.

Journal of applied Ecology, 1983 20 : 255-263.

8- COGELS (F.X.) ; GAC (J.Y.)

Circulation et salinité des eaux du lac de Guiers. Problèmes de développement et modèle de gestion.

in Le lac de Guiers : Problématique d'environnement et de développement . Actes du colloque ISE Dakar - 09-11 mai 1983.

9- COGELS (F.X.) ; GAC (J.Y.)

La chlorinité des eaux du lac de Guiers (Sénégal).

Bilan quantitatif, qualitatif et perspectives.

in Le lac de Guiers : Problématiques d'environnement et de développement. Actes du colloque ISE Dakar 09 - 11Mai- Dakar.1983

10- COLAS (R.)

La pollution des eaux

Collection Que sais-je 1962, n°983.

Presses Universitaires de France (PUF).



11- COLY (S.) M.

Mesure de l'activité cholinestérasique plasmatique et érythrocytaire. Application de l'effet des insecticides organophosphorés chez les manipulateurs.

Thèse Méd. Vét. ; Dakar ; 1988 , N°28.

12- DAGEI (J.) ; ILTIS (A.)

Poissons de Côte-d'Ivoire (eaux douces et saumâtres)

Mémoires de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire.

IFAN - DAKAR, 1965 ; n°74.

13- DEJOUX (G.)

Hydrobiological evaluation of side effects of larvicide treatments against Simulium damnosum in West Africa.

Office de Recherches Scientifiques et Techniques

d'Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.) ; réunion de travail sur la Limnologie africaine, NAIROBY, 16-23 décembre 1979.

14- DIA (A)

Le phytoplancton du lac de Guiers. Approche quantitative et qualitative.

in : Le lac de Guiers - Problématique d'environnement et de développement . Actes du colloque ISE Dakar 09-11 Mai .1983.

15- DIENG (O.)

La pêche au lac de Guiers

in : Le lac de Guiers : Problématique d'environnement et de développement. Actes du Colloque ISE, Dakar, 09-11 Mai 1983.

.../...

- 16- ELLMAN (L.) ; DIANE COURTNEY (K.) ; ANDRES (V.Jr.) ; FEATHERSTONE (R.M.)  
A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity.

Biochemical Pharmacology 1961 ; 7 : 88-95.

- 17- ELWOOD (F.H.) ; FLEMING (W.J.)

Anticholinesterase poisoning of birds, field monitoring and diagnosis of acute poisoning .

Environmental Toxicology and Chemistry 1982, 1 : 27-28.

- 18- GELMAN (A.) ; HERZBERG (A.) :

A field method to certify whether fish died from poisoning by acetylcholinesterase inhibition.

Veterinary Bulletin, 1980 ; 50 : 223.

- 19- KANAEV (A.I.) ; GRISHCHENKO (L.I.) ; TRONDINA (G.A.) ; WERKHOVSKII (A.P.)

Diagnosis of poisoning of fish by phtalophos (Phosmet)

Veterinary Bulletin 1978 ; 48 : 346.

- 20- KAYSER (C.)

Physiologie : Système nerveux, muscles.

Tome 2 Charles Kayser ; 2e édition Flammarion 1969 ;  
pp.1467.

- 21- KORZHEVENKO (G.N.) ; LESHCHEV (V.V.) ; METELEV (V.V.) BICHKO (V.F.)

Rapid testing for organophosphorus pesticide poisoning in fish.

Vet. Bull. 1977 ; 47 : 294.

22- LEULER (J.)

Le lac de Guiers.

in Le lac de Guiers. Problématique d'environnement et de développement. Actes du Colloque ISE 09-11 Mai - Dakar 1983.

23- MACEK (K.J.)

Acute toxicity of pesticide to blue gills.

Vet. Bull. 1976 ; 46 : 446.

24- METELEV (V.V.) ; BRICHKO (V.F.) ; KORZHEVENKO (G.N.)

Residues of some organophosphorus compound and their effects on fish.

Vet. Bull. 1977 ; 47 : 786.

25- NIKULINA (S.S.) ; SOKOL'SKAYA (N.P.)

Influence of some pesticides on ontogenis in carp (dichlorvos, malathion, fenitrothion, phosalone).

Vet. Bull. 1976 ; 46 : 137.

26- PARE (M.)

L'utilisation des pesticides au Burkina-Faso

Thèse Méd-Vét : Dakar 1985 ; 11.

27- PESSON (P.) ; LEYNAUD (G.) ; RIVIERE (J.) ; CABRIDENC (R.) (et al...)

La pollution des eaux continentales, incidences sur les biocénoses aquatiques.

1976 - Gauthier - Villard Ed. Paris.

28- ROBERTS (R.J.)

Pathologie du poisson

Traduction française de P. AUTHEVILLE

1976 - Maloine SA. Ed. Paris.

29- SALTE (R.) ; SYVERTSEN (C.) ; KJONNOY (M.) ; FOMNUM (F.)

Fatal acetylcholinesterase inhibition in salmonids subjected to a routine organophosphorus treatment .

Aquaculture 1987, 61 : 173-179.

30- SENE (F.)

Pesticides utilisés par l'agroindustrie (C.S.S. et SAED) dans la région du lac de Guiers. Analyse de l'accumulation de la dieldrine et de la toxicité du carbofunan et du propanyl.

Mémoire de D.E.A. Institut des Sciences de l'Environnement - Dakar - 1987.

31- SIDO (S.)

Mesure de l'activité cholinestérasique chez les Ruminants. Application au diagnostic de l'intoxication par les insecticides organophosphorés.

Thèse Méd. Vét. Dakar 1987 ; 8.

32- STROKUN (N.A.)

Enzymatic activity as an indicator of physiological state of fish (carp).

Vet. Bull. 1980, 50 : 1021.

.../...

33- THIAM (A.)

Thypha Australis Shum et Thonn : Une entrave au développement socio-économique du lac de Guiers ?

in Le lac de Guiers. Problématique d'environnement et de développement. Actes du colloque ISE - Dakar 09-11 Mai 1983.

34- THIAO (M.)

Structures traditionnelles et structures modernes de production à NDER (lac de Guiers - Senegal)

in Le Lac de Guiers - Problématique d'environnement et de développement Actes du colloque ISE - Dakar 03-11 mai 1983.

35- TOURIE (C.)

Insecticides et Environnement ; résidus et toxicité dans les écosystèmes. Situation actuelle et perspectives d'avenir de la lutte contre les insectes, agents et vecteurs de maladies.

Thèse Méd. Paris V, 1972 ; 140.

36- VINCKE (P.P.)

Présence d'une absence : la bilharziose humaine au lac de Guiers et les aménagements à venir.

in Le lac de Guiers. Problématique d'environnement et de développement. Actes du Colloque ISE. Dakar 09-11 Mai 1983.

37- WANE (O)

Utilisation urbaine de l'eau du lac de Guiers et planification écologique intégrée de la ville. In le Lac de Guiers. Problématique d'environnement et de développement. Actes du colloque ISE ; Dakar 03-11 Mai 1983.

.../...

38- MERKOWSKII (A.P.) ; GRISHCHENKO (L.I.) ; TRONDINA (G.A.)

Toxicity of gardona (tetrachlorvinphos) for fish and the  
diagnosis and prevention of poisoning.

Vet. Bull. 1982 ; 52 : 994.

ANONYMES

39- La valeur et les limites de diverses méthodes de surveillance biologique  
de la qualité des eaux pour le poisson d'eau douce.

Commission Européenne Consultative pour les Pêches dans les  
Eaux Intérieures (CECPI) - FAO, 1978, n°32

40- Rapport annuel campagne agricole 1987-1988

Editeur : Ministère du Développement Rural - Société de  
Développement Agricole et Industriel (MDR/SODAGRI) Dakar Sénégal.

41- Rapport annuel campagne agricole 1988-1989

Editeur : MDR/SODAGRI - Dakar - Sénégal.

42- Aménagement du bassin de l'Anambé

MDR/SODAGRI - Dakar - 1975.

vol II rapports 2,3 et 4

vol III rapport 7C

vol V rapports 9,10 et 11.

43- Atlas du Sénégal

Les atlas Jeune Afrique 1983, Ed. Jeune Afrique  
2e édition - Paris - pp.71.

RESULTAS DU TEST DE STUDENT APPLIQUE AUX VARIATIONS DE L'ACTIVITE CHOLINESTERASIQUE EN FONCTION DU MOIS

(moyennes mensuelles au lac de Guiers)

EN C E P H A L E

Moyennes comparées		Espèces	A S C h				P S C h			
			ddl	t		Conclusion	ddl	t		Conclusion
				donné par la table	Calculé			donné par la table	Calculé	
Janvier	Février	Tilapia	16	2,120	0,51	NS	16	2,120	0,61	NS
		Clarias	-	-	-	-	-	-	-	-
Janvier	Mars	Tilapia	16	2,120	1,46	NS	16	2,120	1,49	NS
		Clarias	4	2,776	0,45	NS	4	2,776	0,32	NS
Janvier	Octobre	Tilapia	17	2,110	3,34	S	17	2,110	3,78	S
		Clarias	3	3,182	3,01	S	3	3,182	3,55	S

N.S. = Non significatif

S. = Significatif





Résultats du test de STUDENT appliqué aux variations de l'activité cholinestérasique en fonction du temps (moyennes mensuelles au lac de Guiers).

F O I E

MOYENNES COMPAREES		ESPECES	A S C h				P S C h			
			ddl	t		Conclusion	ddl	t		Conclusion
				donné par la table	Calculé			donné par la table	Calculé	
Janvier	Février	Tilapia	16	2,120	1,46	NS	16	2,120	1,49	NS
		Clarias	-	-	-	-	-	-	-	-
Janvier	Mars	Tilapia	15	2,131	3,05	S	15	2,131	0,49	NS
		Clarias	4	2,776	1,01	NS	4	2,776	0,98	NS
Janvier	Octobre	Tilapia	16	2,120	2,67	S	16	2,120	0,08	NS
		Clarias	3	2,182	0,79	NS	3	2,182	0,54	NS

N.S. = Non Significatif

S. = Significatif

Résultats du test de STUDENT appliqué aux variations des activités cholinestérasiques mensuelles moyennes en fonction de la  
saison

E N C E P H A L E

Moyennes comparées		Espèces	A S C h				P S C h			
			ddl	t		Conclusion	ddl	t		Conclusion
				donné par la table	Calculé			donné par la table	Calculé	
Avril	Octobre	Tilapia	18	2,101	2,91	S	17	2,110	3,05	S
		Clarias	16	2,12	0,99	NS	13	2,16	0,35	NS

N.S. = Non Significatif  
S. = Significatif

F O I E

Moyennes comparées		Espèces	A S C h				P S C h			
			ddl	t		Conclusion	ddl	t		Conclusion
				donné par la table	Calculé			donné par la table	Calculé	
Avril	Octobre	Tilapia	18	2,101	1,33	NS	18	2,101	2,84	S
		Clarias	16	2,12	2,29	S	12	2,12	3,74	S

RESULTATS DU TESTS DE STUDENT APPLIQUE AUX VARIATIONS DE L'ACTIVITE CHOLINESTERASIQUE MENSUELLE EN FONCTION DU LIEU

E N C E P H A L E

Moyennes comparées		Espèces	A S C h				P S C h			
			ddl	t		Conclusion	ddl	t		Conclusion
				donné par la table.	Calculé			donné par la table.	Calculé	
Anambé	Lac de Guiers	Tilapia	19	2,093	0,29	NS	19	2,093	0,66	NS
		Clarias	11	2,201	0,76	NS	11	2,201	0,92	NS

N.S. = Non Significatif  
S. = Significatif

F O I E

Moyennes comparées		Espèces	A S C h				P S C h			
			ddl	t		Conclusion	ddl	t		Conclusion
				donné par la table	Calculé			donné par la table	Calculé	
Anambé	Lac de Guiers	Tilapia	19	2,093	1,22	NS	19	2,093	1,00	NS
		Clarias	11	2,201	1,16	NS	11	2,201	2,77	NS

**SERMENT DE VETERINAIRES**

**DIPLOMES DE DAKAR**

"Fidèlement attaché aux directives de ~~Claude Bourgelat~~,  
fondateur de l'enseignement vétérinaires dans le monde je promets  
et jure devant mes maîtres et mes aînés :

- D'avoir en tous moments et en tous lieux  
le souci de la dignité et de l'honneur de  
la profession vétérinaire.
- D'observer en toutes circonstances les principes  
de correction et de droiture fixés par le code  
déontologique de mon pays.
- De prouver par ma conduite, ma conviction que  
la fortune consiste moins dans le bien que l'on  
a, que dans celui que l'on peut faire.
- De ne point mettre à trop haut prix le savoir  
que je dois à la générosité de ma partie et  
à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis  
de réaliser ma vocation.

Que toute confiance me soit retirée s'il advienne  
que je me parjure.

LE CANDIDAT

VU

LE DIRECTEUR  
DE L'ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES VETERINAIRES

LE PROFESSEUR RESPONSABLE  
DE L'ECOLE INTER-ETATS DES  
SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRE

VU

LE DOYEN  
DE LA FACULTE DE MEDECINE  
ET DE PHARMACIE

LE PRESIDENT DU JURY

VU ET PERMIS D'IMPRIMER.....

Dakar, le .....

LE RECTEUR, PRESIDENT DE L'ASSEMBLEE  
DE L'UNIVERSITE DE DAKAR