CADRE GEOGRAPHIQUE

MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

1. Cadre géographique

1.1. Le Tchad : étendue, situations géographique et climatologique

Le Tchad est situé au cœur de l'Afrique, entre le 7ème et le 24ème degré de latitude Nord et le 13ème et le 24ème degré de longitude Est. Avec une superficie de 1284000 km^2, il est limité au Nord par la Libye, à l'Ouest par le Soudan, au Sud par la République Centrafricaine, puis à l'Est par le Niger, le Nigeria et le Cameroun (CABOT & BOUQUET, 1972).

Pays sahélien, le Tchad présente un climat de type tropical caractérisé par deux saisons : une saison de pluies et une saison sèche dont la durée varie avec la latitude. On distingue trois grandes zones climatiques marquées par une décroissance rapide de pluviométrie allant du Sud vers le Nord. Il s'agit des zones climatiques : soudanienne au Sud, sahélienne entre le 11ème et 15ème parallèle, puis saharienne caractérisée par une aridité quasi permanente. A ces grandes zones climatiques correspondent des régimes hydrographiques caractéristiques.

1.2. Le Tchad : hydrographie

1.2.1. Paléo hydrographie

A chaque type de climat correspond un type d'hydrographie continentale bien déterminée (LÉVÊQUE *et al.*, 1999). Ainsi l'hydrographie du Tchad est marquée, du Sud au Nord, par des cours d'eau permanents et temporaires dont la présence ou l'absence dépend étroitement de la pluviométrie annuelle et faisant partie intégrante de la cuvette tchadienne. Cette dernière, berceau du complexe hydrographique fermé qu'est le bassin Logone-Chari-Lac Tchad, s'étend du 7ème degré au 21ème degré de latitude Nord et du 5ème degré au 20ème degré de longitude Est (Fig. 3). Elle est limitée au Nord par les massifs du Hoggar et du Tibesti, à l'Est par l'Ennedi, le Darfour et l'Ouaddaï, au Sud par le massif de l'Adamaoua puis le plateau oubanguien et à l'Ouest par le Daoutchi et l'Aïr. Souvent décrite comme une immense dépression, cette cuvette est émergée avant la fin du Primaire et n'a subit que quelques rares transgressions marines localisées au Crétacé et au début du Tertiaire. Sa périphérie est entamée par des brèches : le seuil de Birao vers le bassin nilotique soudanais ; le seuil de Zinder vers le Niger moyen ; les vallées du Gribingui et de l'Ouaka vers le bassin de l'Oubangui ; le bassin du Mayo Kebbi vers la haute Bénoué et le Niger inférieur. Au Crétacé supérieur, le Bénoué et le Logone unissaient leurs nappes d'alluvions qui étaient évacuées vers l'Ouest en direction du Golfe Atlantique, lequel remontait jusqu'au confluent Bénoué-Niger. Au Quaternaire ancien, le Logone empruntait la vallée du Mayo Kebbi. Quant au Chari qui prend sa source depuis la République Centrafricaine, il déversait les nappes d'alluvions dans le Lac Tchad, reste de la mer paléo tchadienne.

Cette Paléo hydrographie du Tchad montre que le réseau actuel n'est plus qu'une image du gigantesque complexe hydrographique du Quaternaire. Il se concentre dans la moitié Sud du pays et se caractérise principalement par les bassins du Chari, du Logone et du Lac Tchad.

1.2.2. Le bassin du Chari

Ce bassin est constitué par le plus grand fleuve tchadien, le Chari (1200 Km) (CABOT & BOUQUET, 1972). Les affluents de ce fleuve, qui présentent à l'heure

actuelle les plus forts débits, sont d'une part l'Ouham ou Bahr Sara et, d'autre part l'ensemble Gribingui-Bamingui-Bangoran.

Le Bahr Sara constitue l'axe de drainage le plus important. Sous le nom d'Ouham en Centrafrique, il prend sa source dans le mont Yadé vers 1100 m d'altitude. Ce n'est qu'au niveau de Manda, sur le territoire tchadien, qu'on observe une plaine d'inondation qui s'élargit le long de cet affluent du Chari tout en restant modeste.

Le Gribingui, le Bamingui et le Bangoran descendent de la chaîne de Kagas dont l'altitude est comprise entre 500 et 600 m. La pente est faible et ces trois collecteurs décrivent des méandres de plus en plus importants à partir d'une ligne Crampel-Bangoran, qui situe le passage du socle aux formations du continental terminal. Réunis au Bahr Aouk, ils constituent le Chari. Les eaux du Bahr Aouk parviennent au Chari après avoir parcouru, depuis son confluent avec la Bahr Kameur, un long itinéraire dans une grande plaine d'inondation.

Le Bahr Keita et le Bahr Salamat qui sont également affluents du Chari ne deviennent fonctionnels qu'au cours de périodes très humides sur les hauteurs du Darfour, du Ouaddaï et du Guérra /Abou Telfan ; dans l'ensemble, ils ne contribuent que médiocrement à l'alimentation du Chari et la dégradation de leur réseau hydrographique est générale dans la cuvette d'Am Timan dont l'affluent principal est représenté par le Bahr Erguig.

Après N'Djaména et le confluent avec le Logone, le cours du Chari prend une allure deltaïque et gagne la cuvette sud-ouest du Lac Tchad.

1.2.3. Le bassin du Logone

Les branches-mères du Logone, la Vina et la Mbéré, naissent sur le plateau de l'Adamoua au Cameroun à 1200 m d'altitude moyenne. Après Mbaïbokoum qui marque la limite nord des formations du socle précambrien, le fleuve reçoit en rive droite la Lim issue du mont Yadé. L'ensemble qui constitue le Logone occidental draine alors, associé à son homologue oriental, la Pendé, la pénéplaine gréseuse du continental terminal (400 à 500 m d'altitude). La réunion des deux Logone présente l'aspect d'un petit delta avec de multiples bras secondaires joignant les deux rivières. Marqué par d'importants bourrelets de berge après ce confluent, le fleuve commence, en période de vives eaux, à submerger les plaines avoisinantes. Les déversements d'eau sur les deux

rives sont manifestes et à partir de Laï, la pente du Logone devient faible, la plaine d'inondation s'élargissant régulièrement sur la couverture alluviale.

Entre Laï et Bongor, le fleuve décrit de nombreux méandres dans les formations quaternaires anciennes. Les bourrelets de berge souvent interrompus, sont franchis par les défluents, l'inondation s'effectuant en nappe ne laisse émerger que quelques buttes. Ces eaux alimentent de nombreuses zones dépressionnaires puis se rassemblent pour constituer le Ba Illi dans la région inter Logone-Chari, ou encore gagne la zone basse des lacs Toupouri, puis la Bénoué et le Niger. En aval de Bongor et jusqu'au confluent avec le Chari, les berges sont à peine marquées et le déversement est général dans les Yaéré, vaste plaine de 70 Km de largeur, dont l'exutoire d'El Beid peut rassembler en période très humide jusqu'à 40% des eaux qui transitent par Bongor.

Le Chari et le Logone se joignent à N'Djaména pour se jeter dans le Lac Tchad.

1.2.4. Le Lac Tchad

La cuvette tchadienne, drainée dans sa partie méridionale par deux grandes rivières, le Chari et le Logone, se singularise au cœur de l'Afrique par son caractère endoréique. Les bassins versants du Chari et du Logone qui se déploient sur un front de 1200 Km aux exutoires des zones d'alimentation méridionales, se resserrent ensuite considérablement vers le Nord. Les deux rivières décrivent alors de nombreux méandres et débouchent dans le bassin sédimentaire proprement dit et dans les plaines centrales en empruntant un couloir étroit dominé par le massif camerounais du Mandara et celui du Guerra au Tchad. Toutefois il ne faut pas négliger les apports des fleuves Kamadougou et Yedseram qui sont situés sur le territoire nigérian. La majeure partie des apports fluviaux du bassin en amont gagne le Lac Tchad (Fig. 3). Cette immense étendue d'eau occupe l'extrême Nord du Cameroun, le Nord-est du Nigeria, le Sud-est du Niger et le Centre ouest du Tchad. Elle subit d'importantes fluctuations en raison de la dégradation des conditions climatiques et sa superficie oscille entre 10000 et 25000 km^2. C'est ainsi qu'au cours de la période 1950-1970, la surface en eau du lac Tchad était d'environ 25000 km^2 pour un volume de 50km^3 pour une profondeur moyenne de 2,5 m (LÉVÊQUE *et al*., 1999) ; cependant le quart de la superficie dépasse 5,5 m, certaines zones atteignent plus de 10 m de profondeur.

Les rivages du Sud-ouest et du delta sont plats et marécageux, la côte Ouest et Nord-ouest est franche ; en revanche, toute la zone Nord-est, Est et Sud-est forme un

archipel composé d'une multitude d'îles qui ne sont que des dorsales émergées d'un système dunaire noyé et dont l'axe est approximativement Sud-est / Nord-Ouest. A la limite de l'archipel, les eaux libres sont occupées par une floraison intense de roseaux et surtout de papyrus formant un barrage végétal d'où se détachent, pour errer au gré des vents, des îlots flottants souvent de très grandes dimensions. Cette barrière définit de façon très nette deux zones hydro biologiques (BLACHE, 1964) :

- La zone des eaux libres, dystrophe, aux fonds encombrés de rhizomes et de papyrus pourrissants, pratiquement azoïque. La faune piscicole comprend de grands *Citharinus citharus*, *C. distichoïdes*, *C. latus*, ainsi que de grands *Labeo coubie* et parfois des *Hydrocyon brevis* ;
- La zone de l'archipel, eutrophe, aux fonds peuplés d'une végétation phanérogame immergée très dense, siège d'une vie piscicole intense. On y trouve surtout des Cichlidés (*Haplochromis wingati*, *Hemichromis bimaculatus*, *H. fasciatus*, *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon galilaeus galilaeus*, *Tilapia melanopleura*, *T. zilli*).

2. Matériel biologique

Les poissons que nous avons examinés dans cette étude proviennent des villages de Guitté, Mitteriné et Karal situés sur la rive Sud-est du Lac Tchad. Trois familles de la faune piscicole de cette rive, à savoir les Cichlidés, les Citharinidés et les Cyprinidés ont retenu notre attention au cours de nos prospections. Des travaux récents ont montré qu'il existe dans le bassin du Lac Tchad : dix (10) espèces de poissons appartenant à la famille des Cichlidés ; trois (3) à la famille des Citharinidés et vingt trois (23) à celle des Cyprinidés (LÉVÊQUE *et al.*, 1991).

2.1. Famille des Cichlidés

Les Cichlidés appartiennent à la classe des Ostéichtyens, à la sous-classe des Actinoptérygiens, au super ordre des Téléostéens et à l'ordre des Perciformes.

Apparu au Crétacé supérieur, l'ordre des Perciformes renferme 27 sous-ordres et 180 familles avec surtout des formes marines, mais également des familles, en partie ou totalement dulçaquicoles, jouant un grand rôle dans le peuplement des eaux continentales de l'Afrique.

CHAD
LIBYAN ARAB JAMAHIRIYA
EGYPT
NIGER
NIGERIA
SUDAN
CAMEROON
CENTRAL AFRICAN REPUBLIC
BORKOU - ENNEDI - TIBESTI
KANEM
BATHA
BILTINE
QUADDAI
CHARI-BAGUIRMI
GUERA
SALAMAT
MOYEN-CHARI
TANDJILE
MAYO KEBBI
LOGONE OCC.
LOGONE ORIENTAL
Aozou
Bardaï
Zouar
Séguédine
Bilma
Faya-Largeau
Fada
Koro Toro
Nokou
Mao
Salal
Nguigmi
Bol
Ngouri
Moussoro
Djédaa
Ati
Oum Hadjer
Arada
Biltine
Iriba
Guéréda
Am Zoer
Abéché
Massakory
Bokoro
N'Djamena
Mongo
Mangalmé
Am Dam
Goz Beïda
Maiduguri
Massenya
Abou Deïa
Melfi
Am Timan
Gélengdeng
Bongor
Fianga
Harazé Mangueigne
Pala
Lai
Kélo
Sarh
Kyabé
Koumra
Moundou
Doba
Maro
Moissala
Goré
Ngaoundéré
National capital
Préfecture capital
Town, village
Airport
International boundary
Préfecture boundary
Main road
Road or trail
0 100 200 300 km
0 50 100 150 200 mi
The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the United Nations.

Figure 3: Cadre géographique ; carte hydrographique du Tchad (Source : Map No. 3788 Rev. 4 United Nation. January 2004. Departement of Peackeeping Operations. Cartographic service).

* Zone de pêche de nos spécimens de poissons (Guitté, Mittériné et Karal).

Les spécimens de la famille des Cichlidés sont caractérisés par un corps comprimé, généralement élevé, couvert d'écailles cycloïdes ou cténoïdes. Ils possèdent généralement deux lignes latérales incomplètes et une bouche moyennement protractile. La dentition est très variable au niveau des mâchoires mais il n'y a pas de dents au palais. Les os pharyngiens inférieurs sont unis l'un à l'autre, mais la suture médiane est persistante. La membrane branchiostège est libre. On observe une seule narine de chaque côté (fait exceptionnel chez les téléostéens). Les nageoires pectorales ont une épine ; l'anale à trois épines au plus ; la dorsale unique est formée d'une partie antérieure épineuse suivie d'une partie molle.

Les Cichlidés sont représentés dans le bassin du Lac Tchad par 6 genres (BLACHE, 1964). Ce sont : *Hemichromis* PETERS, 1857 ; *Pelmatochromis* STEINDACHNER, 1894 ; *Tilapia* SMITH, 1840, *Tylochromis* REGAN, 1920 ; *Oreochromis* Günther, 1889 et *Sarotherodon* Rüpell, 1852. La figure 4 indique un représentant du genre *Oreochromis*.

2.2. Famille des Citharinidés

Les Citharinidés sont des Ostéichtyens, des Actinoptérygiens, Téléostéens de l'ordre des Cypriniformes. Apparu également au Crétacé supérieur, l'ordre des Cypriniformes est défini par un caractère anatomique qui le distingue de tout les autres : l'appareil de Webber, double chaîne d'osselets unissant la vessie aérienne aux organes auditifs et dérivant des quatre vertèbres antérieures dont les centres sont généralement ankylosés. En dehors de ce caractère, l'ordre reste primitif : nageoires formées uniquement de rayons mous (cependant certains s'ossifient en épines plus ou moins acérées) et toujours abdominales ; la vessie aérienne communiquant généralement avec l'oesophage.

Les Citharinidés sont de formes très diverses (corps allongé cylindrique ; corps court et fortement comprimé). L'écaillure est cycloïde ou cténoïde. On observe une ligne latérale et médiane. La symphyse mandibulaire est à charnière simple ou soudée. Parfois, les dents sont incluses et le prémaxillaire peut être mobile ou non.

Les Citharinidés sont représentés dans le bassin du Lac Tchad par sept (7) genres : *Citharidium* BOULENGER, 1902 ; *Citharinus* CUVIER, 1807 ; *Distichodus* MÜLLER & TROSCHEL, 1845 ; *Ichthyoborus* GÜNTHER, 1864 ; *Nannaethiops*

GÜNTHER, 1871 ; *Nannocharax* GÜNTHER, 1867 ; et *Paradistichodus* PELLEGRIN, 1922. La figure 5 indique un représentant du genre *Citharinus*.

2.3. Famille des Cyprinidés

Les Cyprinidés appartiennent également à la classe des Ostéichtyens, à la sous-classe des Actinoptérygiens, au superordre des Téléostéens et à l'ordre des Cypriniformes.

Les Cyprinidés sont caractérisés par un corps le plus souvent fusiforme et comprimé latéralement. Les barbillons sont absents ou présents, parfois réduits au nombre d'une ou de deux paires. A la maturité sexuelle, beaucoup d'espèces montrent des spécimens avec le museau, une partie de la tête et parfois les écailles couvertes de tubercules caduques. Cette famille est représentée dans le bassin du Lac Tchad par six (6) genres qui sont : *Barbus* CUVIER & CLOQUET, 1816 ; *Barilus* HAMILTON & BUCHANA, 1822 ; *Chelathiops* BOULENGER, 1899 ; *Garra* HAMILTON, 1822 ; *Labeo* CUVIER, 1817 et *Varicorhinus* RÜPPELL, 1837. La figure 6 indique un représentant du genre *Labeo*.

3. Méthodes d'étude

3.1. Echantillonnage

Les poissons examinés au cours de cette étude proviennent du Lac Tchad.

Du Lac Tchad où ils ont été péchés au marché de Dembé à N'djaména où ils ont été principalement commercialisés, les poissons ont été transportés par les mareyeurs dans de petites camionnettes dépourvues de chaîne de froid. Mais heureusement, le voyage qui dure deux à trois heures se fait généralement entre trois et quatre heures du matin, ce qui permet d'éviter l'effet négatif de la chaleur sur la qualité du matériel biologique.

C'est au niveau du marché de Dembé que nous achetons les poissons. Nous les avons alors transportés dans une glacière isotherme jusqu'au Laboratoire de Parasitologie Générale de l'Université de N'djaména. Ensuite, nous les avons identifiés grâce aux ouvrages de BLACHE (1964) et LÉVÊQUE (1990, 1992).

Figure 4: Exemple d'un poisson de l a famille des Cichlidés, *Oreochromis niloticus* (Présent travail).

Figure 5: Exemple d'un poisson de la famille des Citharinidés, *Citharinus latus* (Présent travail).

Figure 6 : Exemple d'un poisson de la famille des Cyprinidés, *Labeo coubie*. (Présent travail).

3.2. Recherche des parasites

La recherche des parasites débute par un examen minutieux des poissons à l'œil nu ou sous une loupe binoculaire afin de déceler d'éventuels kystes tégumentaires. Ils sont ensuite disséqués, les différents organes répartis dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau de robinet. Ces organes sont également examinés sous une loupe binoculaire à la recherche de kystes. Des frottis frais sont réalisés à partir de ces organes et observés au microscope photonique pour la mise en évidence des parasites qui n'induisent pas la formation de kystes.

Les prélèvements d'organes parasités sont stockés dans des liquides d'attente :

- Ethanol à 70% : branchies, foies et reins ;
- Formol à 10% : fragments d'intestin.

3.3. Techniques d'étude des parasites

Les prélèvements ont été étudiés au Laboratoire de Parasitologie Générale du Département de Biologie Animale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD). Les techniques d'étude sont tirées des ouvrages classiques d'histologie et de microscopie : MARTOJA et MARTOJA-PIERSON (1967).

Précédemment stockés dans des liquides d'attente, les tissus parasités sont soigneusement lavés à l'eau de robinet et étudiés par les moyens de la microscopie photonique.

3.3.1. Parasites *in situ*

Les kystes sont mis en évidence sous une loupe binoculaire et photographiés avant d'être prélevés.

3.3.2. Frottis frais et frottis colorés

Des frottis frais sont obtenus en dilacérant dans une petite goutte d'eau distillée une portion d'organe parasité (infection diffuse) ou un kyste prélevé sous la loupe binoculaire. Observés directement au microscope photonique à fort grossissement, les frottis frais ou colorés nous ont permis : d'une part de photographier les spores de Myxosporidies, d'autre part de dessiner ces spores grâce à la chambre claire du microscope.

Des frottis frais positifs à l'observation sont séchés à l'air libre durant une journée, puis colorés au May-Grünwald-Giemsa selon le protocole classique que nous avons légèrement modifié de la façon suivante :

- Fixation au méthanol à 95%, pendant deux (2) minutes ;
- Coloration au May-Grünwald, pendant trois (3) minutes ;
- Rinçage à l'eau tamponnée ;
- Séchage à l'air libre sur du papier absorbant, pendant cinq (5) minutes ;
- Coloration au Giemsa, pendant dix (10) minutes ;
- Lavage à l'eau de robinet, puis séchage à l'air libre,
- Montage au Baum de Canada.

3.3.3. Mensuration et caractérisation des spores

Les spores de Myxosporidies ont été mesurées à l'aide d'un microscope photonique muni d'une caméra connectée à un écran de visualisation. Les mesures se font grâce à un micromètre connecté à l'écran et étalonné à 72 pour une observation à l'objectif portant le grossissement x40. Ainsi, sont mesurées la longueur et la largeur de la spore puis la longueur et la largeur des capsules polaires mais aussi la longueur du prolongement caudal pour les types de spores qui en possèdent.

La caractérisation de la forme sporale et de celle des capsules polaires est faite au moyen de la clé d'identification des genres et espèces des Myxosporidies des poissons d'eau douce proposée par FOMENA *et al*. (1997).

3.3.4. Histopathologie

Après le lavage à l'eau distillée, les tissus parasités destinés à l'étude histopathologique sont fixés puis mis en bloc selon le protocole suivant :

- Fixation au Carnoy pendant douze (12) heures ;
- Déshydratation par trois (3) bains successifs dans de l'alcool à 95% ;
- Trois (3) bains successifs dans du Butanol ;
- Imprégnation dans du Butty-paraffine : un seul bain, pendant une nuit ;
- Imprégnation dans de la paraffine pure : trois (3) bains successifs.

La mise en bloc se fait dans de la paraffine neuve et pure à 60°C (dernier bain).

Des coupes d'environ 5 à 7µm d'épaisseur, réalisées au moyen d'un microtome à paraffine, type Minot, sont étalées et collées à l'albumine sur des lames.

On procède alors au dépar affinage qui consiste à él iminer le milieu d'inclusion c'est-à-dire la paraffine, puis à la déshydratation en plongeant les lames dans des tubes de Borel contenant les liquides appropriés. Comme technique de coloration, nous avons utilisé le Trichrome de Masson :

- 1er Bain de toluène, pendant cinq (5) minutes ;
- 2e bain de toluène, pendant cinq (5) minutes ;
- 1er Bain de butanol, pendant cinq (5) minutes ;
- 2e Bain de butanol, pendant cinq (5) minutes;
- Bain d'alcool à 95%, pendant cinq (5) minutes ;
- Bain d'alcool à 70%, pendant cinq (5) minutes ;
- Lavage à l'eau courante, pendant cinq (5) minutes ;
- Coloration à l'hématoxyline de Graot pendant deux (2) à cinq (5) minutes ;
- Lavage à l'eau distillée pendant cinq (5) minutes ;
- Coloration à la Fushine-acide-ponceau pendant cinq (5) minutes;
- Lavage à l'eau acétique ;
- Coloration à l'orangé G pendant cinq (5) minutes ;
- Lavage à l'eau acétique ;
- Coloration au vert lumière acétique ;
- Lavage à l'eau acétique
- Déshydratation par des bains d'alcool à concentrations croissantes (70, puis 95%) ;
- 1er Bain de butanol, pendant cinq (5) mm ;
- 2e Bain de butanol, pendant 5mm ;
- 1er bain de toluène ;
- 2e bain de toluène.

Le montage des lames s'est fait au Baume de Canada et leur séchage dans une étuve à 60°C.