

BIOLOGIE COMPARÉE DE *TILAPIA RENDALLI* (BOULENGER) (Pisc. Cichl.) AU LAC ITASY ET AU LAC DE MANTASOA

par J. MOREAU*

RÉSUMÉ

Ce travail est une étude de la biologie de Tilapia rendalli dans deux lacs des Hauts Plateaux malgaches, le lac Itasy et le lac de Mantasoa.

L'auteur compare ces deux lacs en ce qui concerne la géographie, le climat, les conditions aquatiques et la place de Tilapia rendalli dans la population piscicole.

Tilapia rendalli a une plus longue saison de reproduction et une meilleure fécondité au lac Itasy. Au lac de Mantasoa, la fécondité dépend de l'époque à l'intérieur de la saison de reproduction. Les pontes semblent plus fréquentes dans le premier lac que dans le second.

Tilapia rendalli est herbivore et phyto-planctonophage au lac Itasy et principalement planctonophage au lac de Mantasoa. Cette étude de l'alimentation de Tilapia rendalli comprend des statistiques sur le coefficient de condition du poisson.

La croissance de Tilapia rendalli est analysée par la lecture et l'interprétation des annuli sur les écailles ; les courbes de croissance sont tracées suivant l'équation de Von Bertalanffy, par la méthode d'Abramson et Tomlinson.

Ce travail se termine par une introduction à la dynamique des populations de Tilapia rendalli ; l'opportunité de l'introduction d'une nouvelle espèce de Tilapia (Tilapia nilotica) au lac de Mantasoa est discutée.

ABSTRACT

This paper is a comparative study of the Biology of Tilapia rendalli in two lakes of malagasy Highlands: the Itasy lake and the lake of Mantasoa.

The author compares these two lakes with respect to the geography, the climate, the aquatic conditions and the place of Tilapia rendalli in the fish populations.

Tilapia rendalli has a larger breeding season and a better fecundity in the Itasy lake. In the lake of Mantasoa the fecundity depends on the date when it occurs inside the breeding season. Laying eggs seems to occur more often in the former than in the latter lake.

(*) Assistant de recherches à l'I.N.R.A. — C.T.F.T., 45 bis avenue de la Belle-Gabrielle. 94 - Nogent-sur-Marne, France.

Tilapia rendalli is herbivorous and phytoplanktonophagous in Itasy lake and only planktonophagous in the lake of Mantasoa. In this study of the food of *Tilapia rendalli*, are included statistical tests on its condition-coefficient.

The growth of *Tilapia rendalli* is analysed by reading and interpreting ring formation on the scales. Growth-curves are drawn according to the equation of Von Bertalanffy by Abramson and Tomlinson method.

This work is concluded by an introduction to *Tilapia rendalli* population dynamics; the suitability of introduction of a new species of *Tilapia* (*Tilapia nilotica*) is discussed.

La présente étude est le résultat d'un travail effectué à Madagascar durant l'année 1969, dans le cadre des activités de la Division de Recherches Piscicoles du Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.).

Il a été présenté le 9 octobre 1970 à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris comme thèse de Doctorat de 3^e cycle en Biologie animale (Écologie) et a obtenu la mention « très honorable ». Le jury comprenait MM. M. LAMOTTE et R. BAUCHOT, professeurs à l'Université, M. J. DAGET, inspecteur général de recherches à l'O.R.S.T.O.M. et M. PESSON, professeur à l'I.N.A., membre invité.

L'intérêt général de ce travail pour l'Écologie et l'Hydrobiologie justifie sa publication dans les Cahiers O.R.S.T.O.M. car il aborde les problèmes de l'introduction d'espèces nouvelles dans une faune autochtone et de l'aménagement des retenues d'eau artificielles.

N. D. L. R.

INTRODUCTION

A Madagascar, il existe des Cichlidés endémiques (KIENER et MAUGE, 1966), mais les cinq espèces de *Tilapia* actuellement présentes dans l'Ile ont été introduites entre 1950 et 1960. C'est le cas, notamment, de *T. rendalli* (BOULENGER, 1896) dont nous nous proposons d'étudier la biologie dans deux lacs des Hauts Plateaux malgaches : le lac Itasy et le lac de Mantasoa.

Tilapia rendalli a été décrit pour la première fois du bassin du Zambèze et on le rencontre couramment au Congo-Kinshasa où il a été signalé sous le nom de *Tilapia melanopleura* (DUMERIL, 1859). C'est sous ce nom qu'il a été introduit à Madagascar en provenance de Brazzaville, en 1951. Il s'est rapidement acclimaté et on le trouve maintenant dans toute la « Grande Ile ».

Notre propos est ici de comparer ces deux lacs, leur géographie et leur milieu aquatique (conditions physico-chimiques et biologiques) pour voir si les différences que l'on peut mettre en évidence influent sur la reproduction, l'alimentation et la croissance de *Tilapia rendalli* et de nous demander si les deux milieux aquatiques étudiés conviennent à *Tilapia rendalli* et si l'on peut améliorer la production du lac de Mantasoa en fonction de ce que l'on sait, par ailleurs, du lac Itasy.

1. CONDITIONS ET MÉTHODES DE TRAVAIL

1.1. Les travaux sur le terrain.

1.1.1. Matériel.

L'équipe de pêche du C.T.F.T. disposait des filets suivants :

- 1 filet moustiquaire (10 m de large),
- 1 filet senne, mailles 3 cm : fils 2300 m/kg sur 50 m, 4400 m/kg sur 50 m, Longueur totale : 100 m,
- 12 éléments de filets dormants de 50 m de long sur 2,5 m de hauteur, ayant les caractéristiques suivantes :

Nombre	Fil (m/kg)	Mailles (cm) (1)
1	Monofilament.	3
1	13.400	3
2	10.000	4
1	13.400	4
1	13.400	4,5
1	6.660	5
2	10.000	5
2	6.660	6
1	10.000	6

Cinq de ces éléments, comportant des mailles de 3-4-4, 5-5-6 cm, étaient réunis bout à bout pour former deux filets de 250 m de long chacun.

Ces filets étaient tendus en 10 stations de chaque lac (toujours les mêmes), situées en eau profonde. Les filets tendus l'après-midi, entre 16 h et 17 h, étaient relevés le lendemain matin, entre 6 h et 7 h. Par ailleurs, des pêches à la senne, au filet moustiquaire et à la roténone ont été effectuées dans la journée en divers points du lac.

1.1.2. Observations et analyses faites en vue d'une connaissance générale du milieu.

A chaque station, où étaient tendus les filets, nous effectuions :

- des mesures de température, de turbidité, et de profondeur,
- un prélèvement de plancton (par filtration avec un filet à mailles de 50 microns) conservé en formol dilué à 5 %,
- un prélèvement d'eau pour titrer l'oxygène dissous,
- un deuxième prélèvement d'eau pour mesurer le pH, le SBV (2) et effectuer en laboratoire d'autres analyses,
- un inventaire des captures faites avec les différents filets à cette station (dénombrement, pesées et mensurations des poissons de chaque espèce rencontrée).

1.1.3. Collecte des *Tilapia rendalli*.

T. rendalli est très rare au lac Itasy, dans les grands fonds, mais la pose de nos deux filets nous a permis de connaître approximativement l'ensemble du peuplement du lac. Nous avons récolté quelques échantillons en eau peu profonde à la senne et au filet moustiquaire, mais la majorité des *Tilapia rendalli*, qui ont servi à notre étude, ont été capturés à la ligne, à la nasse ou à l'épervier, surtout près des marais qui bordent le lac par endroits.

Les *Tilapia rendalli*, étudiés au lac de Mantasoa, venaient tous de nos propres récoltes, à la senne, au filet moustiquaire ou aux filets dormants.

(1) Les mesures sont effectuées nœud à nœud.

(2) SBV = SÄURE BINDUNGS VERMÖGEN = Pouvoir de liaison avec un acide. Le chiffre écrit dans la colonne représente la quantité d'acide sulfurique N/10 qu'il a fallu verser dans un litre d'eau analysée pour faire virer l'héliantine.

1.1.4. Observations effectuées sur les *Tilapia rendalli*.

Sur chaque individu récolté, nous avons mesuré :

- la longueur totale (nageoire caudale comprise) et la longueur standard (nageoire caudale exclue) à 0,25 cm près environ,
- le poids total du corps à 0,5 g près et la maturité sexuelle,
- la longueur du tube digestif à 0,25 cm près.

D'autre part, nous conservions, pour examen ultérieur, l'estomac, les gonades et quelques écailles prélevées juste au-dessous de la ligne latérale supérieure (*Tilapia rendalli* comporte 2 lignes latérales).

1.2. Mesures et observations réalisées au laboratoire.

1.2.1. Étude du milieu aquatique.

Des analyses nous ont permis de déterminer les concentrations des eaux de chaque lac en oxygène dissous, en phosphates, en fer, en ions NH_4^+ et NO_3^- .

(Standard methods for examination of Water including Bottom Sediments and Sludge 12^e ed New York Ann. Publ. Health Ass. 1965).

Les principaux genres présents dans le phytoplancton et le zooplancton ont été déterminés et nous avons mesuré la quantité totale de plancton présente dans l'eau de chaque lac (1).

1.2.2. Étude de la reproduction de *T. rendalli*.

Nous avons pesé les gonades au 0,1 mg près ; nous avons ainsi pu calculer le rapport gonadosomatique de chaque individu rencontré.

Les ovaires des femelles ont donné lieu à un comptage des ovocytes les plus gros (qui sont ceux de la prochaine ponte) ; ces ovocytes étaient séparés soigneusement des jeunes ovocytes en cours de maturation et dénombrés à part (les ovocytes mûrs de *T. rendalli*, ellipsoïdaux, sont 1,5 à 2 fois plus longs que larges).

Sur les ovaires de plusieurs femelles, les jeunes ovocytes ont également été comptés pour connaître la quantité d'ovocytes de différentes tailles (donc de divers degrés de maturité) présents dans l'ovaire étudié. Ce travail a été réalisé sur des ovaires présentant tous les degrés de maturité sexuelle, estimés d'après l'échelle suivante :

Femelles	Mâles
0/4. Ovaires présents non différenciés (ovocytes non visibles à l'œil nu (2)).	0/4. Testicules transparents à peine apparents (2).
1/4. Ovocytes présents très petits, visibles (blancs).	1/4. Testicules blanchâtres très peu développés.
2/4. Ovaires différenciés, ovocytes visibles à l'œil nu, non mobiles et colorés (jaune clair en général).	2/4. Testicules développés, sperme visible dans une coupe.
3/4. Ovaires différenciés, ovocytes gros et mobiles, mais non expulsables à la pression manuelle.	3/4. Sperme dans le testicule visible à l'œil nu, mais non expulsable à la pression de l'abdomen.
4/4. <i>Idem</i> , mais ovocytes sortant à la pression manuelle.	4/4. Sperme expulsable à la pression manuelle.

Le sexe de quelques très gros adultes au repos sexuel, n'a pas pu être déterminé.

(1) Je remercie M. THEREZIEU de l'aide qu'il m'a apportée pour ces déterminations.

(2) Un fort grossissement est nécessaire pour déterminer le sexe.

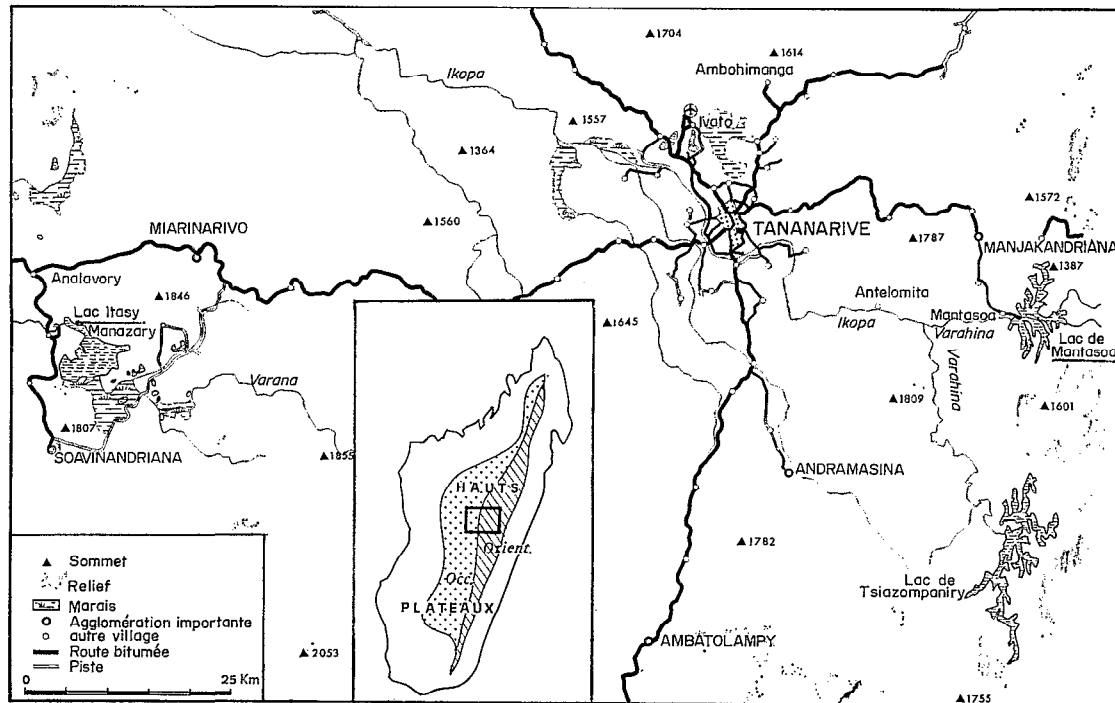


Fig. 1. — Environs de Tananarive.

1.2.3. Étude de l'alimentation de *T. rendalli*.

La proportion des différents constituants des contenus stomacaux a été estimée en volume par appréciation visuelle et en général les éléments grossiers ont été séparés des éléments fins. Ceux-ci ont été ensuite observés au microscope à divers grossissements.

1.2.4. Étude de la croissance de *T. rendalli* par examen des écailles.

Pour chaque poisson étudié, nous avons examiné plusieurs écailles selon les techniques habituelles (VIBERT et LAGLER, 1961 — DAGET, 1962) et nous avons considéré l'analyse scalimétrique comme terminée lorsque nous avons trouvé le même résultat sur au moins 5 écailles en tenant compte du nombre d'annuli comptés et de leur position sur l'écaille (annulus tout près du centre de l'écaille, sur la périphérie, ou à mi-distance entre cette dernière et le centre de l'écaille par exemple).

L'ensemble des écailles a été l'objet de deux lectures successives. Dans 10 % des cas environ, les deux lectures donnèrent des résultats différents. Les poissons auxquels les écailles en question appartenaient n'ont pas servi à l'étude de la croissance.

2. GÉOGRAPHIE DU LAC ITASY ET DU LAC DE MANTASOA

Les deux lacs dans lesquels nous avons étudié la biologie de *T. rendalli* sont situés dans la province de Tananarive (figure 1). Ce sont deux lacs des Hauts plateaux malgaches, le lac Itasy étant à 1.220 m environ et le lac de Mantsoa à 1.420 m.

2.1. Le lac Itasy (figure 2 et planche photographique n° 1).

La région du lac Itasy, à l'ouest de Tananarive, est facilement accessible par la route.

Au point de vue administratif le lac est donc partagé entre deux sous-préfectures, celle de Soavinandriana et celle de Miarinarivo.

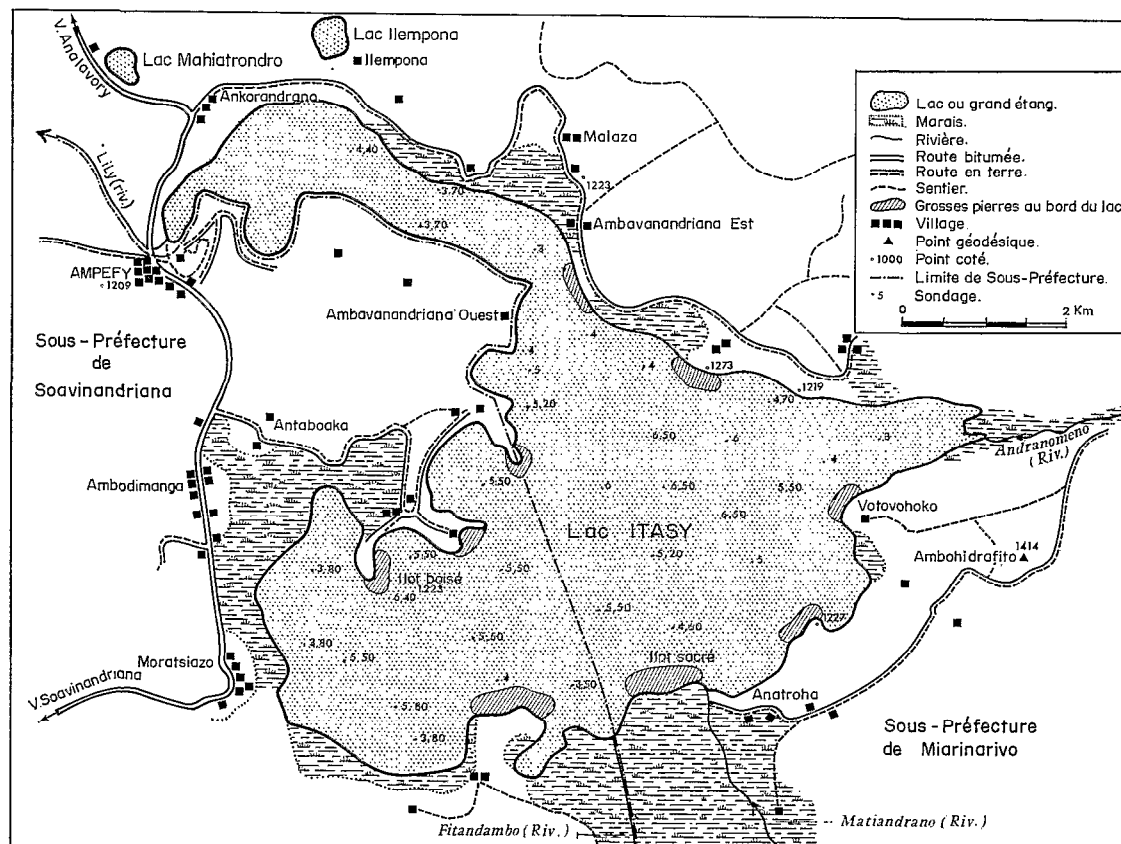


Fig. 2. — Lac Itasy.

2.1.1. Géographie physique.

Le lac Itasy est un vaste plan d'eau d'une superficie d'environ 35 km² qui, entre l'extrémité Est et l'extrémité Ouest, mesure environ 10 km.

Le lac Itasy a été autrefois deux à trois fois plus étendu que maintenant, mais ses parties orientales et méridionales ont été colmatées par les apports alluvionnaires de différentes rivières qui l'alimentent dont, à son extrémité Est, une rivière de faible importance : l'Andranomena qui parvient dans le lac à travers des marais à *Cyperus madagascariensis* et à *Eichornia crassipes*. Sur sa rive Sud, le lac reçoit deux rivières assez importantes : la Matiandrano et la Fitandambo qui parviennent également dans le lac en traversant un très grand marais. L'avance du delta de ces rivières continue à réduire peu à peu ce qui reste du plan d'eau.

Le niveau actuel du lac est très inférieur à son niveau primitif datant du pleistocène. Ce niveau a dû baisser de 25 m environ. Cet abaissement est sans doute dû à l'entaille, par la rivière Lily, actuel exutoire du lac, du seuil rocheux servant maintenant de déversoir et constitué de basanites et de scories.

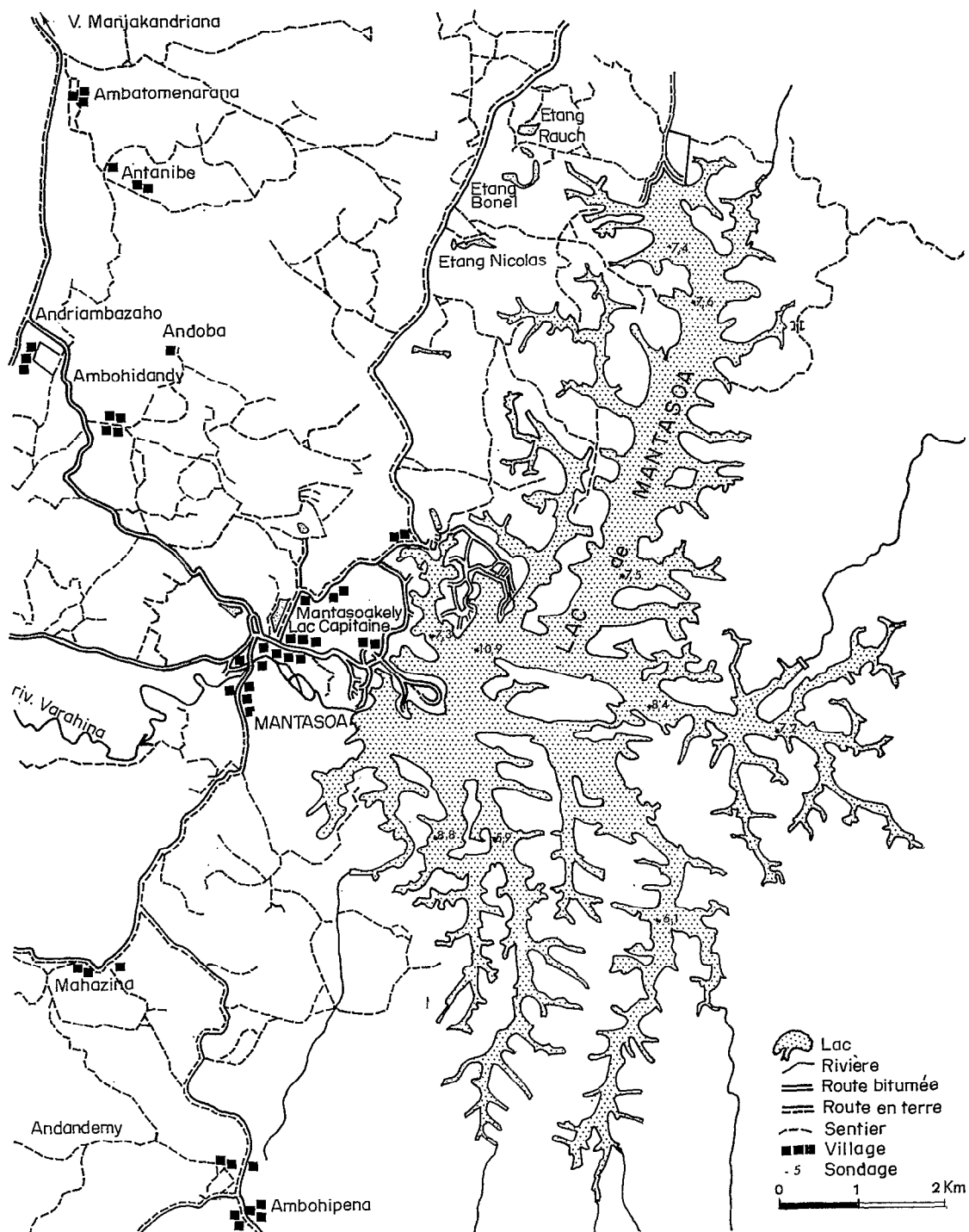


Fig. 3. — Lac de Mantasoa.

La zone littorale du lac est caractérisée par deux types de bords : les uns, abrupts, sont dus à la proximité, à l'ouest du Lac, du Massif volcanique de l'Itasy, contemporain du Massif Central français et lui ressemblant beaucoup. Les autres sont constitués par des marécages importants, contigus au Lac, principalement dans sa partie méridionale. L'ensemble des reliefs voisins du Lac est dépourvu de végétation en dehors de graminées servant de pâture aux bœufs et brûlées en fin de saison sèche.

Au point de vue géologique, le lac Itasy est situé sur des terrains cristallins anciens du Précambrien. Ces terrains sont essentiellement constitués de gneiss et de granites stratoïdes de la série du graphite. Immédiatement à l'ouest du lac et venant même à son contact dans la région de Moratsiaz, se trouve le massif volcanique de l'Itasy déjà évoqué. En venant se surimposer à une ancienne topographie, il a barré le cours de trois rivières qui s'écoulaient vers l'Ouest et c'est le barrage de l'une de ces rivières qui a créé le lac volcanique de retenue qu'est l'Itasy.

Au point de vue pédologique, la plus grande partie du lac étant entourée de terrains anciens, on a affaire généralement, sur les collines, à des sols rouges ferralitiques. Les grands marais du Sud sont constitués par des sols hydromorphes à horizon tourbeux assez développé. A l'Ouest, apparaît l'influence des volcans sous forme de cendres qui, par plaques, recouvrent nettement les sols anciens. Parfois, on se trouve également en présence de coulées de basanites ou d'ordanchites, de brèches ultravulcaniennes ou même de conglomérats lacustres à éléments volcaniques roulés.

2.1.2. Le climat du lac Itasy.

Le climat de la région du lac Itasy est caractérisé par une pluviométrie de l'ordre de 1500 mm, dont 1300 mm tombent en moyenne en 74 jours se répartissant sur les mois de novembre, décembre, janvier, février et mars. Les pluies ont surtout lieu sous forme d'orages violents ; la petite pluie fine et continue sur une journée est très rare. Par contre, les journées ensoleillées sont nombreuses. Ce climat est celui des Hauts Plateaux avec influence occidentale.

La température moyenne annuelle est de 19 °C environ, avec des moyennes mensuelles de l'ordre de 21° en décembre (saison chaude) et de 16° en juillet (saison froide). Les températures maxima enregistrées en décembre, janvier, février, sont souvent de l'ordre de 31° et les températures minima sont de 6° environ en juillet-août. Il y a une saison froide très nette (tableau I et figure 4).

TABLEAU I

Lac Itasy

Relevé climatologique (Moyennes sur 20 ans 1940-1960) Documents du Service de la Météorologie Nationale

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
$\bar{T} M \dots \dots$	26,8	26,4	26,1	24,5	23,4	23	22,6	24	26,1	26,5	27,6	26,8	25,4
$\bar{T} m \dots \dots$	15,2	15,2	14	13,5	11,3	9,5	8,4	9,2	11	13	14,4	15	12,6
$\bar{T} \dots \dots$	21	20,8	20	19	17,3	16,2	15,5	16,6	18,5	19,7	21	20,9	19
$T M A \dots \dots$	29,8	29	28,5	26,8	25	24,5	25,8	26,5	27,7	30,7	30	29,7	30,7
$T m A \dots \dots$	13,3	13,2	13	11,4	8,5	6,6	5,8	6,7	7,8	9,8	12,2	13,1	5,8
$N \dots \dots$	16	18	15	7	3	1	2	1	3	6	16	13	101
$Q P \dots \dots$	322	301	178,5	53,2	20	5,6	14	11,4	18,2	58,1	235,2	280,5	1497,7

$\bar{T} M$ = Moyenne des températures maxima.

$\bar{T} m$ = Moyenne des températures minima.

$\bar{T}$ = Moyenne générale des températures.

$T M A$ = Température maximale absolue pour le mois relevé pendant les 10 années d'observation.

$T m A$ = Température minimale absolue pour le mois relevé pendant les 10 années d'observation.

N = Moyenne de nombre de jours de pluie au cours du mois.

$Q P$ = Moyenne de la hauteur d'eau tombée (en mm) au cours du mois.

En résumé, le lac Itasy est un lac volcanique de retenue situé sous climat ensoleillé dont les effets sont atténués par l'altitude.

2.2. Le lac de Mantasoa (figure 3 et planche II).

Le barrage de Mantasoa a été construit à 65 km à l'est de Tananarive, dans le canton de Mantasoa (village qui a donné son nom au barrage) relevant lui-même de la sous-préfecture de Mandjakandriana.

2.2.1. Le barrage de Mantasoa.

Il a été édifié en 1935 pour alimenter une centrale hydro-électrique à Antelomita à 40 km à l'est de Tananarive et irriguer les rizières des environs immédiats de Tananarive ; en fait, l'aménagement d'un déversoir supplémentaire au nord du lac permet d'alimenter en partie, en période de hautes eaux, une autre centrale hydro-électrique au nord-est du barrage.

Ce dernier a été construit dans une région comportant des vallées nombreuses et encaissées, ce qui donne au plan d'eau cette forme extrêmement diverticulée qu'on peut lui voir sur les cartes. Des rizières étaient aménagées dans des vallées maintenant sous eau. Le barrage et le réservoir de Mantasoa présentent les caractéristiques suivantes :

Hauteur du barrage : 20 m.

	Hauteur d'eau au droit du barrage (m)	Superficie du plan d'eau (km ²)	Volume d'eau du réservoir (m ³)
Minimum.....	10	11,50	45.000.000
Maximum.....	17	18,00	120.000.000

2.2.2. Site dans lequel est construit le barrage.

Le plan d'eau (en période de hautes eaux), se situe à 1.420 mètres d'altitude et le lac est approvisionné par les ruisseaux qui ont creusé autrefois les vallées maintenant inondées. C'est sur la rivière Varahina qu'a été édifié le barrage de Mantasoa.

Les reliefs entourant le lac sont importants comme ceux de la région du lac Itasy et comportent, contrairement à ces derniers, une certaine végétation. Le lac est bordé dans sa partie Ouest principalement, par les propriétés des riverains où ont eu lieu des reboisements en pins et en eucalyptus. Ailleurs, les collines sont recouvertes d'une végétation arbustive sauvage et on observe très rarement le sol nu. Au point de vue géologique, le barrage a été édifié sur le socle cristallin ancien constitué d'un complexe avec magmatite et granite. On observe des sols latéritiques et ferrallitiques rouges caractéristiques, peu épais, semble-t-il. Sauf exceptions rares, les berges descendent en pente forte vers le lac (plus de 20 %). Pour trouver des berges descendant en pente douce, on doit aller au fond de criques où arrivent quelquefois les ruisseaux qui approvisionnent le lac.

2.2.3. Climat du lac de Mantasoa.

Par rapport à celui du lac Itasy, le climat du lac de Mantasoa apparaît plus froid en hiver et, en général, plus nuageux et pluvieux. La température peut descendre très près de 0 °C et remonte très rarement à plus de 30 °C. Enfin, il tombe en moyenne 1485 mm d'eau par an et il y a 196 jours de pluie par an (tableau n° II). Les pluies durant des journées entières sont fréquentes et les journées ensoleillées sont rares. Le climat du lac de Mantasoa est celui des Hauts Plateaux avec influence de la côte Est.

TABLEAU II

Lac de Mantasoa. Relevé climatologique (Les moyennes sont calculées sur 10 ans (1955-1965) Documents du Service de la Météorologie Nationale.

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
$\bar{T} M$	24	24,2	23,6	22,1	19,9	18	16,9	17,8	19,7	24,5	24,3	24,2	21,4
$\bar{T} m$	15	15	14,5	13	10,7	8,7	7,7	8,2	9,3	10,4	12,8	14,4	11,6
$\bar{T}$	19,5	19,6	19,1	17,6	15,3	13,4	12,3	13	14,5	16,5	18,6	19,3	16,6
T M A.	29,2	28,2	27,3	27,6	28	23,7	23	26	27	30,4	30	28,8	30,4
T m A.	9,7	10,5	9	7,1	3,4	1,3	0,5	1,5	-0,4	4,1	5	10	-0,4
N....	22,2	21,3	22,6	15,9	13,1	14,7	15,6	13,3	11	10,4	15,5	20,9	196,5
Q P...	229,66	262,64	237,62	57,58	31,43	33,20	37	38,08	24,43	49,52	145,53	309,54	1455,2

$\bar{T} M$ = Moyenne des températures maxima.

$\bar{T} m$ = Moyenne des températures minima.

$\bar{T}$ = Moyenne générale des températures.

T M A = Température maximale absolue pour le mois relevée pendant les 10 années d'observation.

T m A = Température minimale absolue pour le mois relevée pendant les 10 années d'observation.

N = Moyenne de nombre de jours de pluie au cours du mois.

Q P = Moyenne de la hauteur d'eau tombée (en mm) au cours du mois.

La comparaison de ce climat avec celui du lac Itasy (tableaux n° I et n° II et figure n° 4), montre que les températures maxima et les températures moyennes sont plus élevées au lac Itasy. Les températures minimales moyennes enregistrées dans les régions des deux lacs sont très voisines.

Les quantités totales de pluie tombant au cours de l'année sont très peu différentes mais la saison des pluies est plus marquée au lac Itasy où le nombre de jours de pluie est plus faible (101 jours au lieu de 196 au lac de Mantasoa).

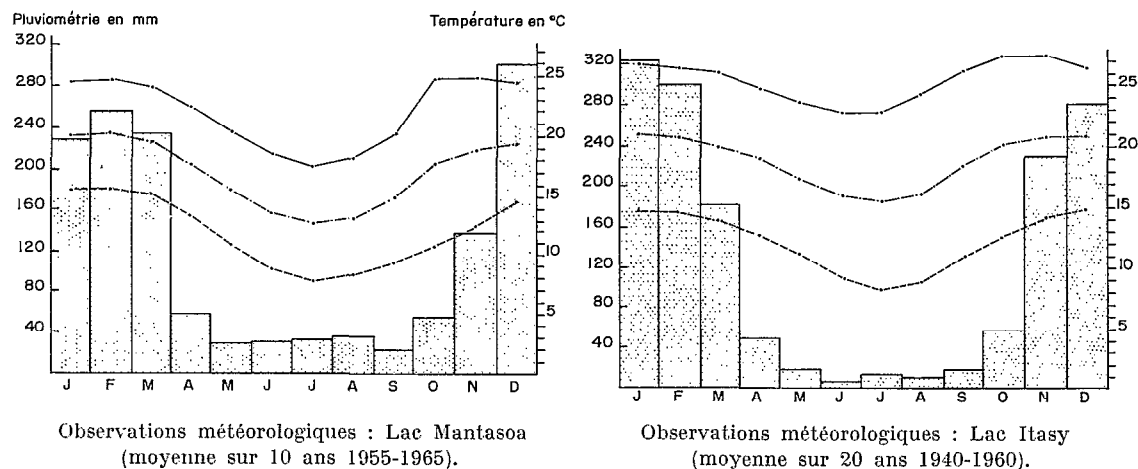


Fig. 4. — Moyenne des maxima ——— }
Moyennes des minima - - - - - } Températures °C
Température moyenne - · - · }
■■■■■ pluviométrie

3. LE MILIEU AQUATIQUE DES DEUX LACS

Le milieu géographique du lac Itasy et du lac de Mantasoa, analysé dans le chapitre précédent, a une influence sur les conditions physico-chimiques et biologiques de ces lacs (tableaux n° III et n° IV, figure n° 5).

3.1. Étude des facteurs physiques du milieu.

3.1.1. La profondeur et ses variations.

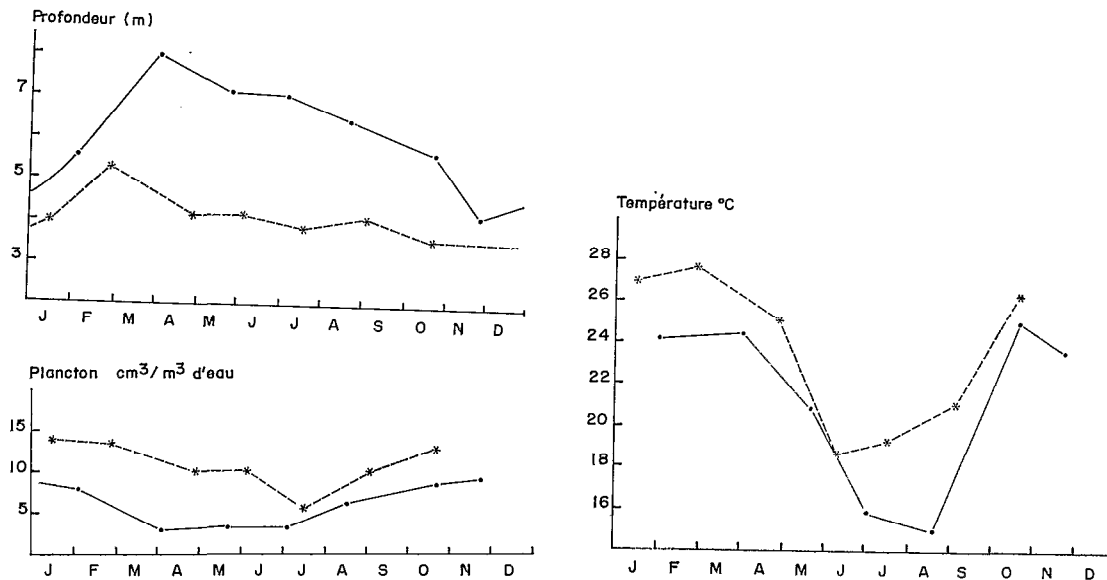


Fig. 5. — Variations de quelques facteurs du milieu (moyennes des données recueillies lors de chaque pêche) au Lac de Mantasoa (.) et au Lac Itasy (*).

Au lac Itasy, la profondeur maximale est de 6,80 m environ. On trouve ces fonds vers le centre du lac et aussi au sud de l'îlot boisé (figure 2). Les mesures de profondeur indiquent qu'entre le niveau des plus basses eaux et celui des plus hautes eaux, il y a une dénivellation d'environ 1,25 m à 1,50 m (figure n° 5). En année normale, le niveau des eaux commence à baisser fin mars ; il atteint l'étiage en novembre. La baisse des eaux s'étale sur une période de plus de 6 mois. Le niveau de l'eau commence, en général, à remonter fin novembre et le niveau des plus hautes eaux est habituellement atteint courant mars. La remontée des eaux est plus rapide que la descente.

Au lac de Mantasoa, les profondeurs maximales habituelles sont voisines de 12 m, mais nous avons vu que la hauteur d'eau au droit du barrage pouvait atteindre 17 m. Les variations de niveau d'eau sont beaucoup plus importantes qu'au lac Itasy. L'étiage y est cependant atteint à la même époque (fin novembre), mais la remontée des eaux se prolonge jusqu'au début avril. La baisse importante du niveau de l'eau enregistrée en octobre correspond à un prélèvement important d'eau dans le réservoir pour irriguer les rizières situées en aval, en fin de saison sèche.

Au lac Itasy, ces variations affectent principalement les marais bordant le lac et qui se trouvent ainsi plus ou moins inondés. La superficie de la surface libre du lac varie très peu. Ce

n'est pas le cas de Mantasoa (cf. § 2) et par endroit, l'eau recule de plusieurs dizaines de mètres par rapport à sa position en périodes de hautes eaux.

3.1.2. La température.

Les mesures effectuées à 20 cm de profondeur aux différentes époques de l'année, montrent que, au lac Itasy, la température de l'eau oscille entre 18 °C en moyenne sur l'ensemble du lac en juin et juillet et 27 °C en moyenne en janvier-février. Au lac de Mantasoa, la moyenne est seulement de 15 °C en hiver et 25 °C en été.

L'amplitude de variation des températures de l'eau est environ 10° ; la saison froide se fait donc très nettement sentir. En surface et en saison chaude, la température de l'eau peut atteindre 30° et plus, au milieu de la journée au lac Itasy et 28° seulement au lac de Mantasoa. En saison froide, par journée ensoleillée, on peut avoir des températures de 22° en surface au lac Itasy et 18° au lac de Mantasoa.

Dans chaque lac, quelques mesures de la température de l'eau du fond ont montré des écarts avec la température en surface de 4 °C en été et 1,5 °C en hiver ; aux saisons intermédiaires, la différence est de 0,5 °C seulement.

3.1.3. La turbidité.

Elle est liée à la quantité de matières en suspension, cette dernière étant relativement importante au lac Itasy (en raison de la rareté du couvert végétal sur le relief voisin et du drainage important provoqué par les pluies) et insignifiante au lac de Mantasoa. La turbidité est aussi en relation avec la richesse des eaux en plancton.

La turbidité moyenne mesurée au disque de Secchi au lac Itasy est de 1,30 m ; elle est de 1,50 m au lac de Mantasoa.

TABLEAU III

Conditions physico-chimiques du lac Itasy. Moyenne des données recueillies lors de chaque pêche.
Heure des prélèvements et observations : de 16 h à 17 h

Date	Profondeur moyenne (m)	Temp. (°C.)	Turbidité (m)	p H	S B V (ml)	P (mg/l)	Fer NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	O ₂ (mg/l)	O ₂ (% sat.)	Plancton (ml/m ³)	Résistivité à 25 °C (ohm/cm/cm ³)
mi-janvier.	3,95	26,9	1,25	7,35	0,68	0,8	tr	7,37	109	13,9	13.500
fin février.	5,20	27,6	1,33	7,20	0,42	1,3	tr	6,75	102	13,3	14.200
fin avril...	4,20	25,0	1,10	6,82	0,41	0,7	tr	8,15	116	10,0	10.600
début juin.	4,18	18,5	1,64	7,30	0,44	0,9	tr	8,70	112,5	10,0	12.300
mi-juillet..	3,88	18,8	1,47	7,25	0,75	0,8	tr	13,70	172	5,7	9.500
début sept.	4,12	21,0	1,43	7,20	0,50	0,8	tr	8,30	98,5	10,0	12.600
fin octobre.	3,62	26,2	0,85	7,45	0,79	0,9	tr	13,50	197	17,7	11.900
Moyenne générale...	4,20	23,5	1,30	7,2	0,55	0,9	tr	9,41	130	10,3	12.100

tr = traces.

S B V = SÄURE BINDUNGS VERMÖGEN = Pouvoir de liaison avec un acide.

Le chiffre écrit dans la colonne représente la quantité d'acide sulfurique N/10 qu'il a fallu verser dans un litre d'eau analysée pour faire virer l'héliantine.

3.2. Les conditions chimiques.

Les eaux sont légèrement alcalines au lac Itasy (pH moyen = 7,2) et légèrement acides au lac de Mantasoa (pH moyen = 6,5). Les réserves alcalines sont d'ailleurs beaucoup plus impor-

tantes au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa (le SBV est de 0,55 en moyenne au lac Itasy et de 0,15 seulement au lac de Mantasoa). Les eaux de ces deux lacs sont très peu minéralisées, surtout celles du lac de Mantasoa. Dans les deux lacs, on trouve des quantités de phosphore très voisines (environ 0,8 mg P par litre d'eau) ; ni fer, ni azote ammoniacal ni azote nitrique ne sont décelables.

Notons enfin qu'en surface, les eaux des deux lacs sont en moyenne sursaturées en oxygène, mais les variations d'un mois à l'autre de la concentration en oxygène et du taux de saturation en O₂ de l'eau sont assez importantes.

TABLEAU IV

Conditions physico-chimiques du lac de Mantasoa. Moyenne des données recueillies lors de chaque pêche.
Heure des prélèvements et observations : entre 16 h et 17 h

Date	Profondeur moyenne (m)	Temp. (°C.)	Turbidité (m)	p H	S B V (ml)	P (mg/l)	Fer NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	O ₂ (mg/l)	O ₂ (% sat.)	Plancton (ml/m ³)	Résistivité à 25 °C (ohm/cm/cm ²)
début fév..	5,6	24,1	1,05	6,6	0,19	0,7	tr	7,15	103	8,1	37.000
début avr..	8,0	24,4	1,22	6,1	0,15	0,8	tr	9,10	131	2,1	33.000
fin mai....	7,2	20,8	1,70	6,5	0,11	0,8	tr	9,60	128	3,4	35.000
début juil..	7,0	15,9	2,00	6,7	0,10	0,8	tr	10,70	133	3,6	45.000
fin août....	6,0	15,0	1,55	6,7	0,15	0,7	tr	8,10	99	8,3	42.100
fin octobre.	5,8	25,0	1,55	6,8	0,12	1,1	tr	6,35	93	6,2	31.500
fin novem..	4,2	23,8	1,41	6,6	0,18	0,8	tr	12,50	178	8,9	43.000
Moyenne générale...	6,7	21,3	1,50	6,6	0,14	0,8	tr	9,07	123	5,7	37.300

3.3. Les facteurs biologiques.

3.3.1. Le plancton.

Les mesures de la quantité globale de plancton ont montré que le lac Itasy était plus riche que le lac de Mantasoa. Il existe des variations cycliques annuelles de la quantité de plancton présent dans l'eau de chaque lac.

Ces variations sont à mettre en relation avec celles de la température et de l'ensoleillement.

Le Phytoplancton comporte 32 genres identifiés au lac Itasy et 30 au lac de Mantasoa. Ce dernier apparaîtrait plus pauvre en espèces de Cyanophycées et plus riche en Desmidiées. Le zooplancton comporte davantage de genres au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa.

3.3.2. Les végétaux.

Quelques plantes aquatiques sont caractéristiques du paysage du lac Itasy. Parmi celles-ci, nous pouvons citer *Cyperus madagascariensis*, très abondant par endroits. La jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes*) est également très fréquente au lac Itasy ; quand il y a du vent, il n'est pas rare de voir des îles flottantes de plus d'un hectare, constituées par des jacinthes, dériver à la surface du lac, ce qui oblige à prendre des précautions pour la pose des filets. Parmi les autres plantes, on peut citer : *Nymphaea stellata*, *Najas australis*, *Jussiaea sp.*, *Polygonum spp.*, etc.

Par contre, on ne trouve aucune végétation aquatique sur les rives du lac de Mantasoa ; dans certaines criques, de petites graminées qui ont poussé en période de basses eaux, se trouvent seulement en partie immergées quand l'eau remonte à la saison des pluies.

3.3.3. Les animaux autres que les poissons et le zooplancton.

Dans une étude sur le lac Itasy, THEREZIEN (1964) fait état de nombreux organismes abondamment représentés au lac Itasy (mollusques, crustacés, insectes, batraciens, reptiles et oiseaux). Le lac de Mantasoa semble beaucoup plus pauvre. Les insectes, très nombreux au lac Itasy, n'y semblent représentés que par les Chironomides. On ne trouve pas d'oiseaux aquatiques, excepté de rares canards sauvages.

3.3.4. Les poissons.

Les espèces rencontrées dans le lac Itasy sont les suivantes :

ESPÈCES AUTOCHTONES

FAMILLES	ESPÈCES
Anguillidés	<i>Anguilla mossambica</i> <i>Anguilla nebulosa labiata</i> (très rare)
Gobiidés	<i>Gobius macrorhynchus</i>
Eléotridés	<i>Eleotris legendrei</i>

ESPÈCES INTRODUITES

(entre parenthèses, année d'introduction et éventuellement provenance)

FAMILLES	ESPÈCES
	<i>Tilapia</i> dit « trois quarts » (voir plus loin)
Cichlidés	<i>Tilapia rendalli</i> (1955) <i>Tilapia macrochir</i> (1958) <i>Tilapia nilotica</i> (1962) <i>Paratilapia polleni</i> : le Marakely (1924, région de Tananarive)
Cyprinidés	<i>Carassius auratus</i> (fin du XIX ^e siècle) <i>Cyprinus carpio</i> : (1932)
Cyprinodontidés	<i>Gambusia holbrooki</i> :
Centrarchidés	<i>Micropterus salmoides</i> : le Black-bass (début 1963).

Le peuplement piscicole du lac Itasy a subi une profonde évolution au cours des vingt dernières années.

Avant 1955, le lac était considéré comme très peu poissonneux ; seules les anguilles faisaient vivre les pêcheurs du village d'Ampefy. L'introduction de *Carassius auratus* à la fin du siècle dernier, celle de *Paratilapia polleni* en 1924 et de *Cyprinus carpio* en 1932, n'améliorèrent pas sensiblement la production du lac.

Tilapia rendalli, introduit en 1955, eut un développement « explosif », dû surtout à son abondante reproduction ; ensuite *Tilapia macrochir*, introduit en 1958, devint prédominant et *Tilapia rendalli* connut un recul très net.

En 1962, avant l'étude réalisée par THEREZIEN (1964), on avait introduit *T. mossambica*, *T. nilotica*, *T. zillii* et *Micropterus salmoides* ; la répartition des captures aux filets dormants, de maille de 4 à 6,5 cm tendus en pleine eau, était alors la suivante :

ESPÈCES	Pourcentage	
	en poids	en nombre
<i>Tilapia macrochir</i>	93,39	95,98
<i>Tilapia rendalli</i>	0,25	0,27
<i>Tilapia mossambica</i>	0,12	0,11
<i>Tilapia nilotica</i>	0,07	0,06
<i>Cyprinus carpio</i>	6,03	3,44
<i>Paratilapia polleni</i>	0,02	0,02
<i>Ptichochromis betsileanus</i> (1).....	0,11	0,11
<i>Carassius auratus</i> (Cyprin).....	0,01	0,01
	100,00	100,00

Les *Tilapia* de toutes espèces représentaient donc au total 93,83 % en poids, 96,42 % en nombre, et dominaient très largement dans le peuplement piscicole.

Malgré l'imperfection de la méthode d'échantillonnage, on pourra remarquer que *T. mossambica* et *T. nilotica*, introduits depuis peu, représentent 0,19 % en poids alors que ni *Tilapia zillii*, ni *Micropterus salmoides* ne figurent dans les relevés.

Entre 1964 et 1969 (époque de la présente étude), *Tilapia macrochir* a régressé au profit d'une forme dite localement *Tilapia* « trois quarts » et qui ne peut être qu'un hybride (2). *T. nilotica* et *Micropterus salmoides* constituent une part plus importante des captures qu'autrefois, alors que les espèces autochtones (*Paratilapia polleni* et *Ptichochromis betsileanus*) ont pratiquement disparu (cf. tableau ci-dessous). D'autre part, on notera l'absence de *Tilapia mossambica* et *Tilapia zillii*.

L'échantillonnage effectué en 1969, comme en 1964, avec des filets dormants, nous a permis de dresser le tableau suivant :

ESPÈCES	Pourcentage	
	en poids	en nombre
<i>Tilapia</i> « trois quarts ».....	73,90	90,08
<i>Tilapia nilotica</i>	17,50	6,00
<i>Tilapia macrochir</i>	1,00	0,60
<i>Tilapia rendalli</i>	0,75	0,60
<i>Cyprinus carpio</i>	2,30	0,70
<i>Micropterus salmoides</i>	4,30	1,00
<i>Carassius auratus</i>	0,22	1,00
<i>Anguilla</i> sp.....	0,03	0,02
	100,00	100,00

La différence de pourcentage enregistrée pour une même espèce entre la proportion en nombre et la proportion en poids, vient de ce que l'on récolte facilement de gros sujets de *T. nilotica* et de Carpes, ce qui n'est pas le cas pour les autres espèces.

(1) *Ptichochromis betsileanus*, appelé aussi Marakely à bosse, a maintenant disparu.

(2) Les espèces ayant donné cet hybride ne sont pas encore déterminées. Mentionnons simplement ici, que le *Tilapia* « trois quarts » semble pratiquer l'incubation buccale, qu'il est planctonophage et qu'il pourrait résulter d'un croisement entre *T. nilotica* et *T. macrochir*. Il est apparu en 1967.

Le lac de Mantasoa diffère du lac Itasy par une plus grande pauvreté du peuplement piscicole aux points de vue qualitatif et quantitatif.

En effet, au cours des 7 tournées effectuées dans les mêmes conditions dans chaque lac, il a été capturé en tout, aux filets dormants, 232 poissons pesant 111,160 kg au lac de Mantasoa et 1493 individus pesant 423 kg au lac Itasy.

Les proportions relatives des captures au filet dormant au lac de Mantasoa sont les suivantes :

	<i>T. rendalli</i>	<i>Carpes</i>	<i>Black-bass</i>
% en poids.....	65,1	28,7	6,2
% en nombre.....	81,5	4,3	14,2

Nous avons pu assister, par ailleurs, à la capture d'une Anguille et à celle de quelques Cyprins dorés, à la roténone.

3.3.5. *La pêche.*

Le lac Itasy est très pêché par les riverains qui exercent principalement leur activité à une faible distance des rivages. Nous avons pu voir nous-même que l'activité des pêcheurs et le rendement des pêches étaient maximums en saison chaude, surtout en octobre et en avril. Par contre, au lac de Mantasoa, la pêche à l'épervier ou au filet dormant n'est pour ainsi dire pas pratiquée.

Il est possible que cette différence entre les deux lacs ait des répercussions sur la biologie des poissons et de *Tilapia rendalli* en particulier, mais il nous est difficile d'apprécier exactement les conséquences de la prédation exercée par l'homme sur le peuplement du lac Itasy sans en faire une étude dynamique complète.

Nous noterons seulement que *T. rendalli* est actuellement très peu abondant au lac Itasy. Aux dires des pêcheurs, il se cantonne aux abords des marécages ; c'est là qu'il a été pêché le plus souvent et il ne semble s'aventurer dans les fonds qu'en saison froide, époque à laquelle nous en avons capturé quelques-uns avec nos filets dormants. Au lac de Mantasoa, *T. rendalli* est un peu plus abondant qu'au lac Itasy et se trouve dans les fonds toute l'année ; il y est pourtant moins abondant que dans les ramifications étroites et peu profondes du lac où il peut trouver de rares végétaux supérieurs et des sites favorables à la nidification.

3.3.6. *Conclusion.*

Par rapport aux eaux du lac Itasy, celles du lac de Mantasoa apparaissent plus froides, plus claires, plus acides, moins minéralisées et moins riches en plancton, quantitativement au moins.

Les variations de niveau de l'eau sont plus importantes au lac de Mantasoa qu'au lac Itasy. Ce dernier lac est limité par des marais et présente une importante végétation supérieure aquatique, absente au lac de Mantasoa. Le peuplement piscicole comporte de nombreuses espèces au lac Itasy et est constitué principalement par *Tilapias rendalli*, *Micropterus salmoides* et *Cyprinus carpio* au lac de Mantasoa ; la densité de peuplement piscicole y est plus faible qu'au lac Itasy.

4. LA REPRODUCTION DE *TILAPIA RENDALLI*

La reproduction de *Tilapia rendalli* a été l'objet de nombreuses études réalisées principalement au Congo-Kinshasa. Le comportement (parade nuptiale, creusement des nids, émission des produits génitaux) a été bien étudié en aquarium et sur le terrain, notamment au barrage de la Lufira (RUWET, 1962).

Sur d'autres espèces de *Tilapia*, plusieurs auteurs ont relié le nombre des œufs pondus au poids (ou à l'âge) de la femelle ; enfin, certaines publications rendent compte de travaux sur la gamétogenèse, principalement l'ovogenèse (LOWE, 1955 ; GRIDLAND, 1961 ; PETERS, 1963).

4.1. Taille de maturité sexuelle.

Pour chaque sexe, dans les deux lacs étudiés, nous distinguons :

— la longueur standard minimum de maturité sexuelle qui est celle au-dessous de laquelle on ne trouve aucun individu mature (notée L_0)

— la longueur standard moyenne de maturité sexuelle qui est celle à laquelle il y a autant d'individus immatures que d'individus capables de se reproduire (notée L_{50})

— la longueur standard de maturité sexuelle à partir de laquelle tous les individus sont aptes à se reproduire (notée L_{100}).

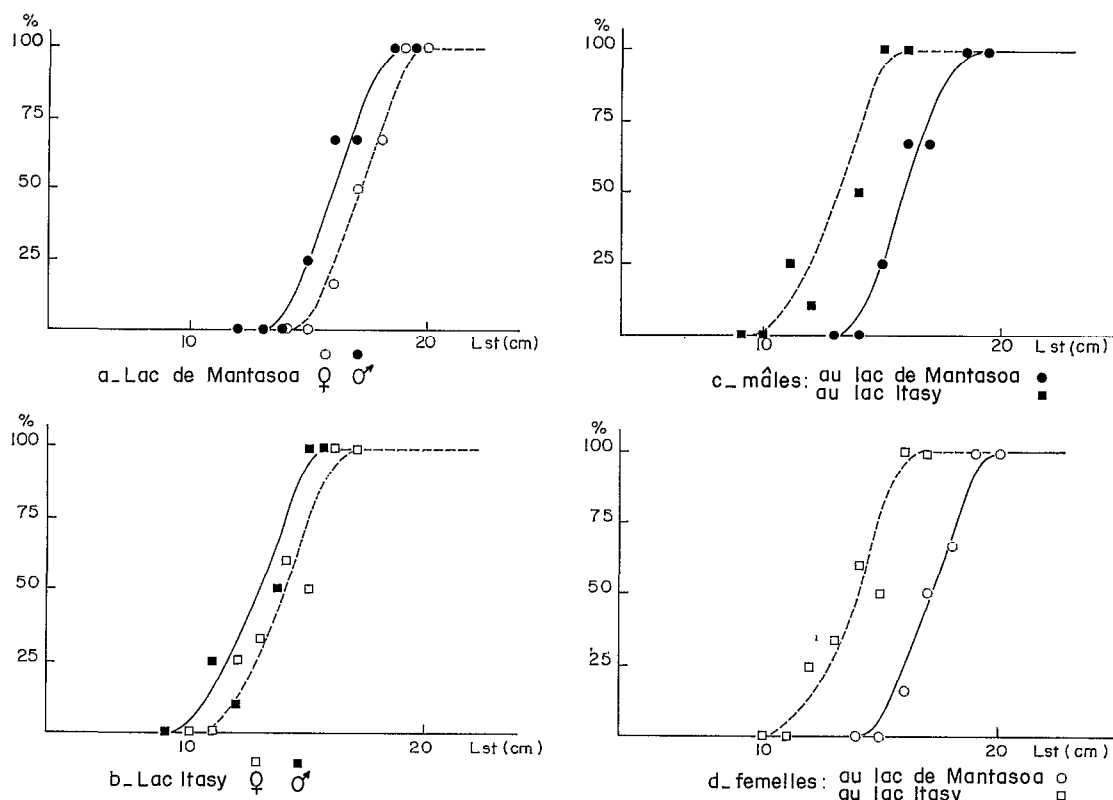


Fig. 6. — Évolution de la maturité sexuelle avec la taille de *T. rendalli* au Lac Itasy et au Lac de Mantasoa. En ordonnée : proportion d'individus aptes à se reproduire ; en abscisse : L_{50} .

Par individus capables de se reproduire, il faut entendre des individus en cours de maturation, à maturité ou venant de se reproduire et non seulement les individus dont les ovocytes ou le sperme (laitance) sortent par pression manuelle sur l'abdomen.

Les individus capables de se reproduire seront donc ceux dont le stade de maturité sexuelle est représenté par 2/4, 3/4 ou 4/4 d'après l'échelle adoptée (cf. 1). On sait qu'en général dans le genre *Tilapia*, les individus sont aptes à se reproduire à une taille très faible, notamment si la

température de l'eau et la densité de population sont élevées (GRIDLAND, 1961) ; en outre, les mâles atteignent la maturité sexuelle à une taille plus petite que les femelles.

La figure 6 et le tableau ci-dessous où sont groupés les résultats d'observations faites sur des individus de toutes tailles récoltés au milieu de la saison de reproduction, montrent que ces remarques sont vraies pour les populations de *Tilapia rendalli* des deux lacs que nous étudions. Les *Tilapia rendalli*, quel que soit le sexe, sont, de plus, capables de se reproduire à plus petite taille au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa.

	L 0 (cm)		L 50 (cm)		L 100 (cm)	
	m	f	m	f	m	f
Lac Itasy...	11	12	13	14	16	19
Lac de Mantasoa.....	15	16	16	17	19	17

Les courbes de croissance (cf. § 6) montrent que la longueur standard moyenne de maturité sexuelle est atteinte au bout d'un an quel que soit le sexe au lac Itasy, et au bout de 18 mois à 2 ans au lac de Mantasoa. Un *Tilapia rendalli* peut donc se reproduire au cours de la saison de reproduction qui suit immédiatement celle qui l'a vu naître au lac Itasy, ce qui n'est pas le cas au lac de Mantasoa.

En étudiant pendant la saison de reproduction les *Tilapia rendalli* de longueur standard supérieure à L_{50} , nous avons vu par des tests χ^2 (1), que dans chaque lac considéré indépendamment de l'autre, la proportion d'individus capturés était la même pour les deux sexes, mais quel que soit le sexe, nous avons capturé une plus grande proportion d'individus aptes à se reproduire au lac de Mantasoa qu'au lac Itasy.

Les chiffres entre parenthèses dans les tableaux ci-dessous sont les valeurs calculées dans l'hypothèse où les deux populations sont homogènes, c'est-à-dire où la proportion d'individus aptes à se reproduire est la même pour les 2 sexes (1^{er} tableau) ou pour les 2 lacs (2^e tableau).

— *Comparaison de la proportion d'individus aptes à se reproduire pour les deux sexes dans chaque lac, étudiés séparément.*

	Lac Itasy			Lac de Mantasoa		
	Mâles	Femelles	Total	Mâles	Femelles	Total
maturité 0/4 et 1/4.....	14 (15,5)	22 (20,5)	36	6 (3,5)	4 (6,5)	10
maturité 2/4-3/4 et 4/4.....	13 (11,5)	14 (15,5)	27	16 (18,5)	38 (35,5)	54
Total.....	27	36	63	22	42	64

D'après ces calculs, la probabilité est de 0,45 au lac Itasy et de 0,08 au lac de Mantasoa pour que la différence observée entre les deux sexes soit due au hasard. Cela signifie que dans chaque lac, considéré séparément, il y a une proportion constante d'individus aptes à se reproduire quel que soit le sexe.

(1) Sur le test de comparaison de distribution de fréquences voir LAMOTTE (1967).

— *Lac Itasy et lac de Mantasoa* (sexes groupés).

	Individus aux stades 0/4 et 1/4	Individus aux stades 2/4, 3/4, 4/4	Total
Lac Itasy.....	36 (23)	27 (40)	63
Lac de Mantasoa.....	10 (23)	54 (41)	64
Total.....	46	81	127

$$\chi^2 = 23$$

Cette valeur de χ^2 montre que la probabilité pour que la différence entre les deux échantillons soit due au hasard est inférieure à 0,001 ; donc pour les tailles supérieures à L_{50} la proportion d'individus aux stades 2/4 à 4/4 est significativement plus élevée au lac de Mantasoa qu'au lac Itasy. (Discussion, p. 26).

4.2. Étude du rapport gonado-somatique.

Le rapport gonado-somatique (RGS) a été calculé par la formule :

$RGS = (\text{poids total des gonades}) \times 100 / (\text{poids total du corps})$; toutes les mesures de poids étaient exprimées en grammes.

Il n'existe pas de relation entre le RGS et la taille du poisson ; aussi, en utilisant les résultats obtenus pour tous les poissons dont la taille est supérieure à L_{50} , nous avons pu suivre l'évolution du rapport gonado-somatique au cours de l'année pour chaque lac et pour chaque sexe (figure 7 a et b).

Chaque point des courbes de la figure 7 a et b représente la moyenne de mesures effectuées sur plusieurs poissons capturés à chaque date. Le rapport gonado-somatique subit une diminution importante en début de saison froide et remonte très rapidement, révélant une intense activité gamétogénétique en août et septembre, la période de reproduction étant plus étalée au lac Itasy.

4.3. La saison de reproduction.

A Madagascar, KIENER (1963) a étudié l'étalement de la saison de reproduction de *T. rendalli* aux différentes altitudes. D'après ses conclusions, la saison de reproduction s'étend du 1^{er} novembre au 1^{er} avril au lac Itasy, et du 15 novembre au 15 mars au lac de Mantasoa.

Nous avons trouvé des poissons dont les produits génitaux étaient expulsés par pression manuelle sur l'abdomen entre le 1^{er} octobre et le 1^{er} mai au lac Itasy, et entre le 20 octobre et le 1^{er} avril au lac de Mantasoa.

Par des observations directes dans la station piscicole située près de Fianarantsoa à 1.200 m d'altitude (comme le lac Itasy), nous avons pu voir en étang de pisciculture que des *Tilapia rendalli* s'étaient reproduits entre le 15 et 20 septembre. Nous avons observé des nids et des nuages d'alevins le 25 septembre.

D'après l'ensemble de ces observations, la saison de reproduction dure du 15 septembre au 1^{er} mai au lac Itasy, et du 15 octobre au 15 avril au lac de Mantasoa. Ces données confirment en les précisant le résultat des observations de KIENER (1963).

4.4. Étude quantitative de la reproduction.

4.4.1. Nombre d'œufs par ponte (fécondité).

Il s'agit du nombre d'ovocytes mûrs présents dans l'ovaire aux stades de maturité 3/4 ou 4/4 (cf. § 1).

RELATION AVEC LA TAILLE ET LE POIDS DU POISSON.

LOWE (1955), CRIDLAND (1961), PETERS (1963), ont établi, dans le cas de nombreuses espèces de *Tilapia*, une relation entre le nombre d'œufs pondus et le poids ou la taille de la femelle, corroborant ainsi des observations identiques faites sur d'autres espèces de poissons.

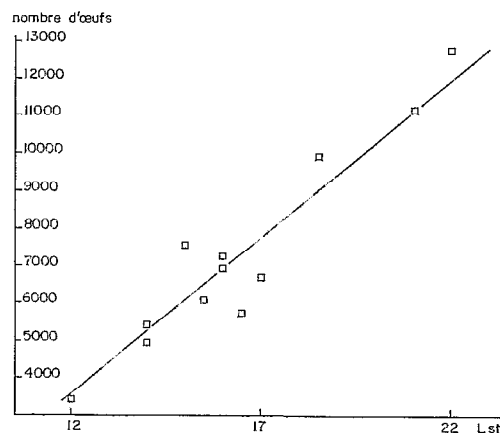
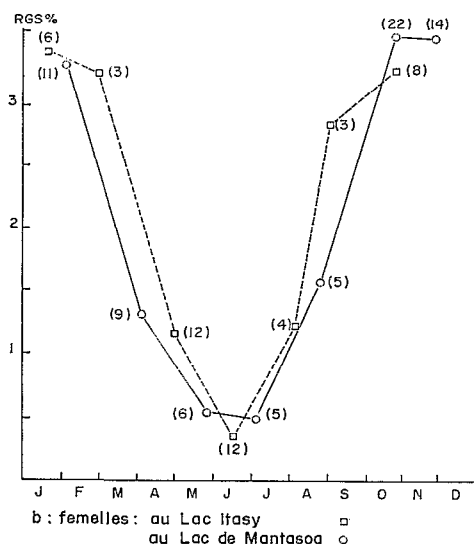
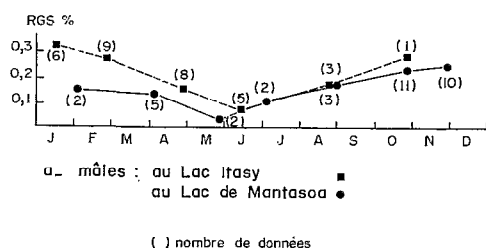


Fig. 8. — Variations de la fécondité avec la longueur standard au Lac Itasy.

← Fig. 7. — Évolution annuelle du RGS de *T. rendalli* dans les lacs étudiés.

Au lac Itasy, il existe une relation entre le nombre d'œufs d'une ponte et la longueur standard de la femelle. Le coefficient de corrélation r (1) est égal à $+0,805$; la droite de régression a pour équation :

$$N = 840 \times \text{Lst} - 6.430 \text{ (figure 8)}$$

N est le nombre des œufs et Lst est la longueur standard en cm. Les calculs ont été effectués sur 1 échantillon de 12 individus.

(1) Le calcul du coefficient de corrélation (compris entre -1 et $+1$) permet d'étudier la relation existant entre 2 grandeurs, ici le nombre des œufs et la longueur de la femelle. L'équation de la droite de régression permet de traduire cette relation en la supposant linéaire (LAMOTTE 1967).

Le coefficient r entre la fécondité et le poids de la femelle est égal à 0,850 ; cette valeur n'est pas significativement plus élevée que la précédente, comme le montrent les calculs suivants, destinés à comparer les 2 valeurs de r évoquées ci-dessus (LAMOTTE, 1967) :

$$\begin{aligned} r_1 &= 0,805 & z_1 &= 1,112 & r_2 &= 0,850 & z_2 &= 1,257 \\ s(z_1)^2 + s(z_2)^2 &= \frac{2}{12 - 3} = \frac{2}{9} & z_1 - z_2 &= 0,145 \\ t &= 0,145 / \frac{\sqrt{2}}{3} = 0,307 \end{aligned}$$

Cependant, la corrélation est meilleure avec le poids qu'avec la taille.

Aucune relation de ce type, par contre, n'a pu être mise en évidence au lac de Mantasoa où le coefficient de corrélation avec le poids de la femelle est de 0,24 et de 0,13 seulement avec la longueur standard.

Une raison de cette différence entre les deux lacs est sans doute que l'écart de longueur standard entre la plus petite femelle et la plus grande femelle échantillonnée est de 10 cm au lac Itasy et de 6 seulement au lac de Mantasoa. Une autre raison est que, pour une taille donnée, le nombre des œufs pondus varie dans de fortes proportions avec la saison.

RELATION AVEC LA SAISON.

Nos observations sur les femelles de chaque lac sont résumées dans les deux tableaux suivants :

LAC ITASY					
Date de la pêche.....	15 janv.	25 févr.	25 avril	15 août	1 ^{er} sept.
Nombre moyen d'ovocytes mûrs dans l'ovaire.....	4.200	6.500	7.400	7.800	8.650
Longueur standard moyenne.....	13,5	16	16,5	17,25	18

LAG DE MANTASOA				
Date de la pêche.....	20 août	20 oct.	1 ^{er} févr.	1 ^{er} avril
Nombre moyen d'ovocytes mûrs dans l'ovaire.....	11.100	11.500	7.100	5.150
Longueur standard moyenne...	20,5	20,0	20,0	21,0

Au lac Itasy, il se trouve, qu'entre janvier et septembre, nous avons capturé des femelles de plus en plus grosses, d'une pêche à la suivante dans l'année (cf. § 6 sur la croissance). Nous ne pouvons donc dissocier l'effet sur la fécondité de la saison de celui de la taille. Au lac de Mantasoa, au contraire, les femelles étudiées ont, d'une pêche à l'autre, des tailles moyennes tout à fait comparables ; la fécondité passe pourtant par un maximum en octobre et diminue considérablement en février et avril (figure 9).

Entre les fécondités observées en février et en octobre, la différence est hautement significative car la comparaison entre les moyennes conduit à une valeur de t (1) égale à 2,83 pour 22 degrés de liberté, nombre pour lequel t limite est de 2.82.

(1) Le test permet de comparer les moyennes de 2 échantillons (LAMOTTE 1967).

Chez les individus dont la maturité sexuelle correspond aux stades 3/4 et 4/4 ; l'évolution du rapport gonado-somatique moyen obéit à une loi analogue à celle observée pour la fécondité (figure 9), le RGS et la fécondité sont en effet liés : $r = 0,624$ pour 29 mesures. Cette relation n'apparaît pas sur les observations faites au lac Itasy ($r = 0,29$).

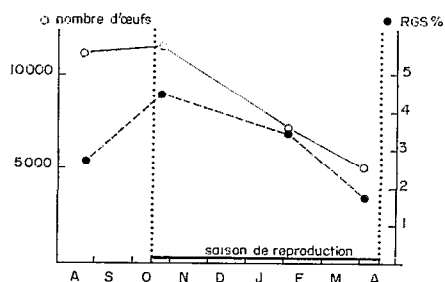


Fig. 9. — Variations saisonnières de la fécondité et du RGS chez la femelle de maturité 3/4 et 4/4 au Lac de Mantasoa.

COMPARAISON DE LA FÉCONDITÉ DES FEMELLES DES DEUX LACS.

Nous avons comparé la fécondité moyenne des 32 femelles capturées au lac de Mantasoa dont la longueur standard variait de 17 à 23 cm (moyenne 20,3) avec la fécondité moyenne des femelles du lac Itasy, de 20,3 cm de longueur standard, calculée par la relation $N = 840 \text{ Lst} - 6.430$. Au lac de Mantasoa, la fécondité moyenne observée est de 9.600 œufs et au lac Itasy, la fécondité moyenne calculée est de 10.600 œufs.

La différence entre ces deux nombres est significative : $t = 2,54$ pour 31 degrés de liberté.

4.4.2. Taille des ovocytes mûrs (plus grande dimension).

Le tableau ci-dessous indique la taille des ovocytes aux différents stades de maturité sexuelle :

Stade de maturité sexuelle	1/4	2/4	3/4	4/4 (œufs expulsables à la pression manuelle)
l en mm	0,3 à 0,7	0,9 à 1,2	1,3 et plus moyenne 1,6	1,3 et plus moyenne 1,9 au lac Itasy 1,7 au lac de Mantasoa

Les ovocytes provenant d'ovaires au stade 4/4 sont plus gros chez les femelles du lac Itasy que chez celles du lac de Mantasoa. La différence est hautement significative, ($t = 2,95$ pour 21 degrés de liberté), mais seuls les calculs statistiques ont permis de la mettre en évidence, l'observation directe ne la laissant même pas soupçonner. La quantité de vitellus formée avant la ponte est donc plus importante au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa. Ce phénomène est sans doute lié à une meilleure alimentation (cf. § 5).

Dans les deux lacs étudiés, la taille des œufs semble indépendante de la saison de reproduction, du poids de la femelle, du nombre d'œufs et du poids des gonades.

4.4.3. La succession des pontes dans le temps. Répartition de la taille des ovocytes.

Après avoir observé les pontes de *Tilapia zillii* au Niger, DAGET (1952) faisait remarquer que, vu les conditions de milieu et l'époque de ses observations (début de la saison des pluies), la présence d'ovocytes de 0,5 mm dans les ovaires d'une femelle venant de pondre permettait de penser qu'il y avait d'autres pontes dans la saison.

Plusieurs auteurs affirment avoir observé des pontes de *Tilapia rendalli* espacées de 15 jours seulement. En isolant des couples de *Tilapia rendalli* en étang de pisciculture à 900 m d'altitude à Madagascar, nous avons nous-même constaté plusieurs pontes au cours d'une même saison de reproduction ; une femelle a pondu deux fois à 3 semaines d'intervalle. Nous pensons qu'il

en est de même, à un degré moindre sans doute, au lac Itasy et au lac de Mantasoa. Pour le vérifier, nous avons dénombré les ovocytes de différentes tailles présents aux divers stades de maturité sexuelle, chez 45 femelles. Pour quelques unes d'entre elles, les courbes de distribution de fréquence (figure 10) ont été tracées en trait plein pour le lac de Mantasoa et en trait interrompu pour le lac Itasy.

STADE DE MATURITÉ 1/4 (figure 10 a).

Les ovocytes les plus âgés ne dépassent pas 0,75 mm dans la plus grande dimension. Au mois d'août, chez les femelles du lac de Mantasoa, on note l'individualisation d'une génération d'ovocytes alors qu'au lac Itasy, il en existe deux successives assez rapprochées.

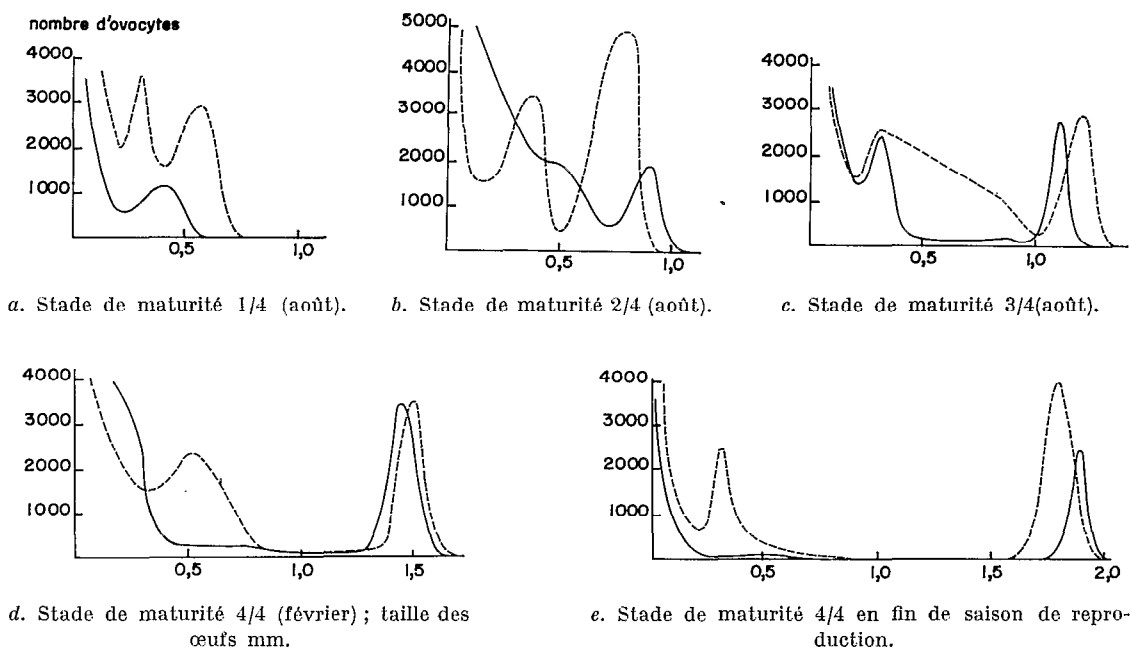


Fig. 10. — Ovaires aux différents stades de maturité sexuelle.

---- Lac Itasy.
— Lac de Mantasoa.

STADE DE MATURITÉ 2/4 (figure 10 b).

Les ovocytes les plus âgés ont de 0,8 à 1 mm dans leur plus grande dimension. Au lac Itasy et au lac de Mantasoa, deux générations d'ovocytes sont reconnaissables, les deux modes étant distants de 0,3 mm à 0,4 mm. La seconde génération est bien individualisée surtout chez les femelles du lac Itasy.

STADES DE MATURITÉ 3/4 et 4/4 (figure 10 c, d, e).

Les ovocytes les plus âgés ont plus de 1 mm dans leur plus grande dimension. On voit qu'aux stades 3/4 et 4/4 la taille des ovocytes de la première augmente progressivement jusqu'à un maximum voisin de 2,0 mm, alors que celle des ovocytes de seconde génération reste bloquée vers 0,3 à 0,5 mm, surtout au lac de Mantasoa.

La figure 11 a correspond à deux stades différents de l'ovogenèse, observés en septembre, c'est-à-dire au début de la saison de reproduction chez deux femelles du lac Itasy. Sur un ovaire au stade 2/4 (trait mixte), les deux générations successives d'ovocytes sont bien caractérisées. Sur un ovaire au stade 4/4 (trait interrompu), la seconde génération est beaucoup moins nette. Enfin, la figure 11 b montre trois stades différents de l'ovogenèse, observés en octobre, au début de la saison de reproduction, chez trois femelles du lac de Mantasoa. Les deux générations d'ovocytes sont bien individualisées sur des ovaires dont les ovocytes de première génération atteignent 2,1 mm en moyenne (trait mixte). La seconde génération est à peine reconnaissable sur des ovaires dont les ovocytes de première génération ont 2,0 mm en moyenne (trait interrompu). Elle n'est pas encore ébauchée sur des ovaires dont les ovocytes de première génération ont un peu moins de 1,5 mm en moyenne (trait plein).

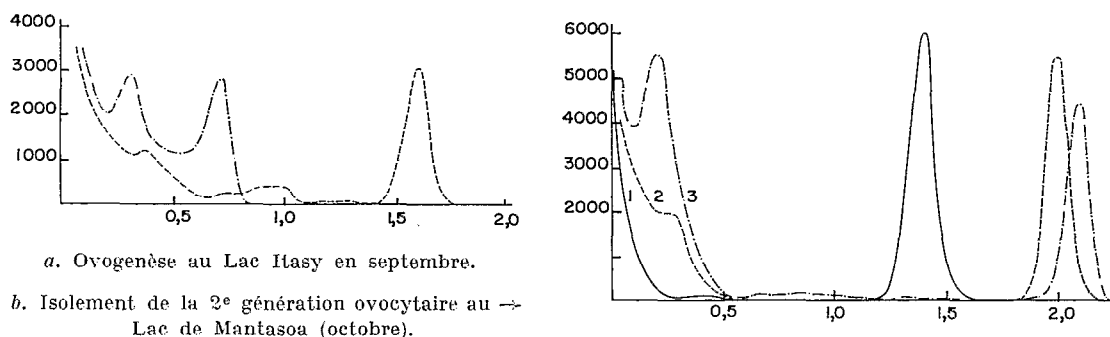


Fig. 11. — Ovogenèse au début de la saison de reproduction dans chaque lac.

Dans la mesure où l'existence dans l'ovaire de deux générations successives d'ovocytes indique qu'il y a plusieurs pontes successives, on est en droit de penser que ces pontes sont plus fréquentes au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa. En effet, la deuxième génération d'ovocytes a moins de retard sur la première, dans sa formation et sa maturation, au lac Itasy. Cependant, la ponte est aussi soumise à un ensemble de stimuli externes et internes (mécanismes endocriniens) dont il n'a pas été possible d'aborder l'étude.

4.5. Discussion et résumé.

Les conditions de milieu, différentes entre les deux lacs (température, pH, minéralisation, richesse en plancton, autres disponibilités alimentaires, densité du peuplement piscicole) font que *Tilapia rendalli* se reproduit dans de meilleures conditions au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa.

Quel que soit le sexe, *Tilapia rendalli* est plus précoce au lac Itasy où la saison de reproduction dure environ un mois de plus qu'au lac de Mantasoa. Au lac Itasy, nous avons vu qu'il était relativement difficile de trouver des individus en état de maturité sexuelle : cela vient de ce qu'au lac Itasy, ces individus se cantonnent dans des endroits où ils sont peu accessibles aux pêcheurs, donc moins pêchés ; il est vraisemblable que, vu les conditions écologiques (température élevée, forte densité de population), la maturation des ovocytes destinés à la prochaine ponte dure peu de temps, et que la ponte elle-même survient dès que ces ovocytes sont mûrs ; ce qui n'est pas le cas au lac de Mantasoa.

A taille égale, les femelles du lac Itasy sont plus fécondes que celles du lac de Mantasoa, et elles pondent, quelle que soit leur taille, des œufs plus gros. La quantité de vitellus formée est sans doute en relation avec une meilleure alimentation (cf. § 5). En outre, les ovaires des femelles du lac Itasy contiennent plus souvent deux générations successives d'ovocytes en cours de maturation et ces générations sont plus rapprochées, due à une ovogénèse plus rapide, et à une température de l'eau plus élevée.

La fécondité est liée à la taille du poisson au lac Itasy et à la saison de reproduction au lac de Mantasoa. Dans ce dernier lac, le maximum observé en août et surtout en octobre, semble provenir de ce que l'ovogenèse n'a pas encore épuisé toutes les réserves du poisson. Elle peut donc se dérouler dans de bonnes conditions, ce qui n'est pas le cas par la suite, la femelle s'alimentant peu pendant le frai (cf. § 5).

5. L'ALIMENTATION

L'espèce *Tilapia rendalli* est généralement considérée comme herbivore. On a souvent parlé des possibilités qu'elle offre pour lutter contre l'envahissement de certains plans d'eau par des végétaux (RUWET, 1963) et des dégâts qu'elle cause dans les rizières.

Au lac Kinkony (1), THEREZIEN (1963) note que *Tilapia rendalli* a détruit les *Nymphæa* et fait régresser l'herbier, en général.

Des observations précises ont été faites au Congo-Kinshasa par HULOT (1950 b), COUVREUR et MAES (1957 a), de BONT, DECEUNINCK et DETAILLE (1950) ; ces derniers affirment que les alevins de *Tilapia rendalli* sont consommateurs de phytoplancton et que la proportion du régime alimentaire constitué par les végétaux supérieurs augmente avec l'âge jusqu'à 100 % ; d'après LEROUX (1961), l'alimentation serait à base exclusive de végétaux supérieurs pour les *Tilapia rendalli* d'une longueur standard supérieure à 10 cm. D'autres publications (DE OLIVIERA et SILVA, 1959) rendent compte d'études sur la relation entre la longueur du tube digestif et la longueur totale du poisson, et des variations qualitatives et quantitatives de l'alimentation au cours de l'année.

Sachant donc que *Tilapia rendalli* est normalement herbivore et que les végétaux supérieurs aquatiques, abondants par endroits au lac Itasy, sont très rares au lac de Mantasoa, nous avons cherché à savoir si cela provoquait des différences dans l'alimentation de *Tilapia rendalli* dans les deux lacs étudiés.

5.1. Les divers types de nourriture absorbée.

5.1.1. Les végétaux supérieurs.

Au lac Itasy nous avons pu identifier dans l'estomac des poissons étudiés des débris de Characées, de Graminées, de Cypéracées et de cryptogames vasculaires qui semblent être des équisétacées. Au lac de Mantasoa, les seuls végétaux supérieurs consommés semblent être des Graminées.

5.1.2. Le plancton.

Pour l'étude de l'Alimentation planctonique il est très difficile de distinguer les éléments de la couverture biologique des végétaux supérieurs (périphyton) absorbés en même temps que ces derniers et les éléments de plancton proprement dit.

L'étude qualitative de l'alimentation en plancton est résumée (tableaux V et VI).

(1) Province de Majunga, Madagascar.

TABLEAU V

Pourcentage des *T. rendalli* de chaque lac dans l'estomac contenant les éléments planctoniques suivants :

Éléments du plancton	Lac Itasy	Lac de Mantasoa
<i>Phytoplankton</i>		
Cyanophycées.....	18,5	17
Chlorophycées.....	59,5	69
Desmidiées.....	37	55
Baccillariphyccées.....	85,5	45
Chrysophycées.....	0	7
<i>Zooplankton et benthos</i>		
Protozoaires.....	7,5	31
Rotifères.....	15	14
Copépodes.....	0	14
Cladocères.....	0	48,5
Ostracodes.....	3,7	
Crustacés non identifiés...	0	10,5
Nématodes.....	3,7	14
Oligochètes.....	11	0
Larves d'insectes.....	11	21

TABLEAU VI

Liste des éléments du Phytoplankton et du Zooplankton présents dans les contenus stomacaux de *Tilapia rendalli* des deux lacs

Lac Itasy	Lac de Mantasoa	Éléments du Plancton
<i>PHYTOPLANKTON</i>		
CYANOPHYCÉES :		
+		<i>Anabaena, Microcystis</i>
+		<i>Phormidium, Oscillatorium</i>
	+	<i>Stigonema, Merismopedia</i>
CHLOROPHYCÉES :		
+	+	<i>Coelastrum, Pediastrum, Scenedesmus,</i>
+	+	<i>Ankistrodesmus, Spirogyra, Oedogonium,</i>
+	+	<i>Nelrium, Ulothrix, Bulbochaete</i>
+		<i>Mougeotia</i>
	+	<i>Tetralantos, Zygnema</i>
DESMIDIÉES :		
+	+	<i>Arthrodesmus, Staurastrum, Euastrum,</i>
+	+	<i>Closterium, Cosmarium, Pleurotaenium</i>
	+	<i>Desmidium grevillei, Tetmemorus,</i>
	+	<i>Xanthidium</i>
BACCILLARIPHYCÉES :		
+	+	<i>Melosira, Cyclotella, Pinnularia,</i>
+	+	<i>Synedra</i>
	+	<i>Gyrosigma, Navicula, Diatoma</i>
+		<i>Cocconeis, Gomphonema, Surirella</i>
CHRYSOPHYCÉES :		
	+	<i>Dinobryon</i>

Lac Itasy	Lac de Mantasoa	Élément du Plancton
		ZOOPLANKTON ET BENTHOS
		PROTOZOAIRE :
+	+	<i>Centropixis</i>
	+	<i>Peridinium-Arcella</i>
		ROTIFÈRES :
+		<i>Anurea, Brachionus</i>
+		<i>Trichocerca</i>
	+	<i>Trichotria</i> ,
+	+	Autres espèces non identifiées
	+	Copépodes
	+	Cladocères
+		Ostracodes
	+	Crustacés non identifiés
+	+	Nématodes
+		Oligochètes
+	+	Larves d'insectes

Ces observations montrent que les Cyanophycées et les Chlorophycées sont à peu près autant consommées au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa. Les Desmidiées et les Chrysophycées sont ingérées souvent au lac de Mantasoa, alors que les Baccillariophycées y sont moins recherchées qu'au lac Itasy.

Parmi les éléments du Zooplancton et du Benthon, les Ostracodes et les Oligochètes sont consommés seulement au lac Itasy. Les Rotifères semblent avoir une égale importance dans les deux lacs. Il est important de noter que les autres organismes sont consommés à peu près exclusivement au lac de Mantasoa alors qu'ils sont présents également au lac Itasy.

5.1.3. Autres éléments observés.

Nous avons identifié des larves d'insectes (Chironomides), des Hydracariens (ces derniers au lac Itasy seulement), et parfois des imagos d'insectes aquatiques principalement dans les estomacs de jeunes poissons ; notons enfin, la consommation d'œufs de poissons et d'alevins encore vésiculés ou non, principalement pendant la saison de reproduction.

5.2. Comparaison quantitative des régimes alimentaires.

5.2.1. Méthode.

Pour chaque poisson étudié, nous avons noté, la composition du contenu stomacal en évaluant approximativement l'importance de ses divers constituants. En multipliant les deux évaluations, exprimées chacune en pourcentages, nous avons obtenu la proportion relative des différents éléments absorbés par rapport à la capacité stomacale totale. Ainsi, pour un poisson dont l'estomac était à demi plein (0,50), et dont le contenu stomacal se composait par moitié de végétaux supérieurs (0,50) et d'Algues filamenteuses (0,50), nous avons estimé que l'estomac contenait 25 % de végétaux supérieurs et 25 % d'Algues filamenteuses. En opérant de cette façon, nous avons rendu comparables les résultats quantitatifs de toutes nos analyses de contenus stomacaux. C'est à partir de ces résultats que nous avons calculé les pourcentages moyens qui figurent dans les tableaux récapitulatifs suivants.

5.2.2. Résultats obtenus au lac Itasy.

D'après nos observations, les jeunes individus (dont la longueur standard est inférieure à 10 cm) consomment davantage de phytoplancton et de nourriture animale (zooplancton et benthon), mais, par contre, moins de végétaux supérieurs que les adultes ainsi qu'en témoigne le tableau n° VII où l'on trouve le pourcentage moyen des différents constituants du contenu stomacal chez 182 jeunes et 153 adultes. Dans ce tableau, comme dans le tableau n° VIII les nombres entre parenthèses dans la première colonne représentent l'effectif de l'échantillon étudié.

TABLEAU VII

Étude quantitative de l'alimentation de *T. rendalli* au lac Itasy. Proportions relatives des différents éléments ingérés

		Végétaux supé- rieurs	Phyto- plancton	Larves d'insectes	Insectes	Autres arthro- podes	Poissons (œufs alevins)	Débris non ident.	Terre
Jeunes	Saison chaude (61)....	41 %	15 %	18 %	1 %	5 %	10 %	8 %	2 %
	Saison froide (121)....	30 %	32 %	10 %	2 %	8 %	6 %	10 %	2 %
	Jeunes (182) (total)...	33 %	25 %	15 %	2 %	5 %	10 %	8 %	2 %
Mâles	Saison chaude (49)....	52 %	21 %	1 %	0	1 %	17 %	3 %	5 %
	Saison froide (19)....	58 %	26 %	0	0	1 %	0	12 %	3 %
Femelles	Saison chaude (31)....	61 %	17 %	1 %	1 %	0	10 %	6 %	4 %
	Saison froide (34)....	58 %	25 %	0	2 %	1 %	0	10 %	4 %
	Adultes (153) (total)...	57 %	22 %	1 %	1 %	2 %	8 %	6 %	3 %

Les variations saisonnières d'alimentation sont surtout perceptibles chez les jeunes, pour lesquels le phytoplancton, le zooplancton et le benthon prennent plus d'importance en saison froide qu'en saison chaude.

Chez les adultes, on ne remarque de différence entre le régime alimentaire des mâles et celui des femelles ni en saison chaude, ni en saison froide.

D'une saison à l'autre chez les adultes, la variation éventuelle vient de la consommation d'œufs ou d'alevins qui peuvent être ceux de leur propre espèce ou ceux d'autres espèces. Ceci diminue d'autant l'importance prise par la végétation supérieure et le phytoplancton dans l'alimentation du poisson.

5.2.3. Résultats obtenus au lac de Mantasoa.

Nous avons comparé l'alimentation des jeunes et celle des adultes : elle diffère sensiblement puisque les jeunes consomment davantage de végétaux supérieurs et moins de larves d'insectes que les adultes (tableau n° VIII).

On observe des variations saisonnières d'alimentation chez les jeunes qui recherchent le benthon (larves d'insectes, insectes aquatiques, œufs de poissons) quand il y en a, c'est-à-dire en été.

Il en est de même chez les adultes comme l'indique le tableau n° VIII, dans lequel les deux sexes ont été regroupés. On note en été une plus grande abondance de poissons, d'insectes et de terre, ce qui est peut-être dû au creusement de nids pour la reproduction.

Contrairement à ce qui se passe au lac Itasy, on observe au lac de Mantasoa des différences d'alimentation entre les mâles et les femelles, ces dernières étant moins herbivores.

TABLEAU VIII

Étude quantitative de l'Alimentation de *T. rendalli* au lac de Mantasoa. Proportions relatives des différents éléments ingérés

	Végétaux supé- rieurs	Phyto- plancton	Larves d'insectes	Insectes	Autres arthro- podes	Poissons (œufs alevins)	Déchets non ident.	Terre
Jeunes	Été (92).....	30 %	10 %	5 %	15 %	15 %	5 %	5 %
	Hiver (52).....	35 %	25 %	1 %	8 %	15 %	5 %	5 %
	Jeunes (144) (total)...	33 %	15 %	5 %	12 %	15 %	5 %	10 %
Adultes	Saison chaude (68)....	21 %	19 %	19 %	10 %	12 %	4 %	10 %
	Saison froide (38)....	17 %	23 %	27 %	6 %	16 %	4 %	7 %
Adultes	Mâles (36).....	29 %	21 %	10 %	10 %	13 %	7 %	5 %
	Femelles (70).....	15 %	18 %	27 %	5 %	12 %	7 %	14 %
	Adultes (106) (total)...	21 %	20 %	20 %	8 %	12 %	7 %	10 %

5.2.4. Comparaison entre les deux lacs.

En été, les jeunes du lac Itasy sont plus herbivores que ceux du lac de Mantasoa pour lesquels une partie importante de la nourriture est constituée par des Arthropodes et des petits poissons.

En hiver, les nourritures animales et végétales (Phytoplancton compris) ont la même importance pour les jeunes des deux populations.

Les adultes du lac Itasy sont nettement plus herbivores que ceux du lac de Mantasoa, en été et surtout en hiver.

5.2.5. Discussion.

Nous avons mis en évidence un régime plus phytophage chez les adultes que chez les jeunes au lac Itasy, les jeunes consommant davantage de végétaux supérieurs en été qu'en hiver. Au lac de Mantasoa, ce sont les jeunes qui sont les plus phytophages car eux seuls ont accès aux rares zones enherbées, recouvertes d'une faible hauteur d'eau.

L'alimentation de *T. rendalli* du lac de Mantasoa subit des variations saisonnières soumises à celles du Zooplancton et du Benthon. Quand le lac est à son niveau maximum, il existe des zones où les adultes peuvent consommer des végétaux supérieurs. De toute façon, on notera que par rapport à ceux du lac Itasy, les *Tilapia rendalli* du lac de Mantasoa se caractérisent par l'ingestion d'une plus faible quantité de nourriture végétale (phytoplancton compris) compensée par un prélèvement alimentaire plus important sur le Zooplancton et le Benthon.

5.3. Relation entre le régime alimentaire et la longueur du tube digestif (figure 12).

Nous avons constaté, à la suite de OLIVEIRA et SILVA (1959), que ces différences de régime alimentaire avaient une incidence sur la longueur relative du tube digestif de *Tilapia rendalli*. Pour cela, nous avons étudié la relation existant entre la longueur standard du poisson et la longueur du tube digestif. La comparaison est résumée dans le tableau ci-dessous :

	<i>r</i>	Droite de régression
Lac Itasy.....	0,98	LTD = 8,16 L — 10,5
Lac de Mantasoa.....	0,98	LTD = 7,07 L — 12,33

r = coefficient de corrélation entre la longueur du tube digestif et la longueur standard.

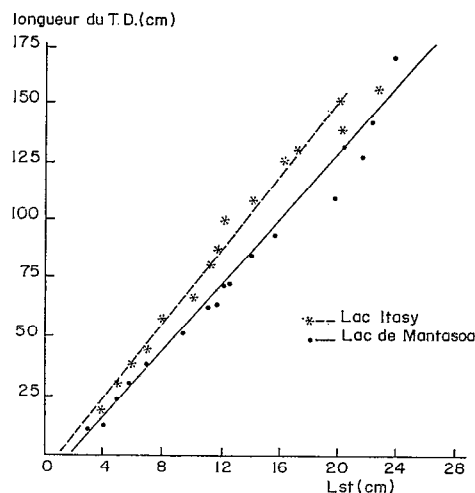
LTD = longueur du tube digestif en cm.

L = longueur standard du poisson en cm.

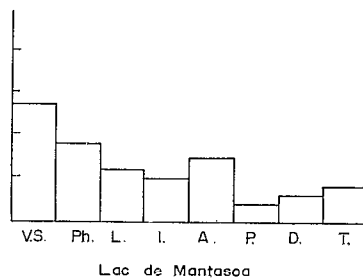
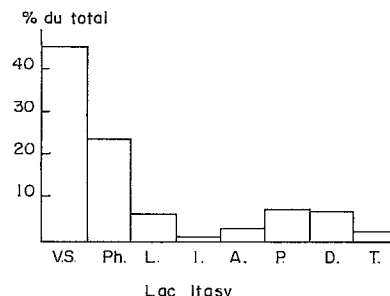
Pour savoir si la relation est différente d'un lac à l'autre, nous avons comparé les pentes b_1 et b_2 des deux droites de régression, en suivant la méthode préconisée par LAMOTTE (1967) :

$b_1 = 8,16$ au lac Itasy ;

$b_2 = 7,07$ au lac de Mantasoa.



a. Relation entre la longueur du tube digestif et la longueur standard du *T. rendalli*.



b. Proportions relatives des différents constituants du régime alimentaire de *T. rendalli* des 2 lacs.

Fig. 12. — V. S. végétaux supérieurs; Ph. phytoplancton; L. larves d'insectes; I. insectes A. autres arthropodes; P. poissons; D. autres débris; T. terre

La variance de la pente b d'une droite de régression de y en x se calcule par la formule générale ci-dessous :

$$\text{var. } b = \frac{\text{variance } y}{\text{variance } x} \times \frac{1 - r^2}{n - 2}$$

r = coefficient de corrélation linéaire entre x et y ,

n = nombre de couples de valeurs x, y .

Dans notre cas, $y = \text{LTD}$ et $x = \text{Lst}$,

n = nombre de poissons étudiés.

Les deux pentes b_1 et b_2 ont été comparées en calculant le rapport suivant :

$$t = \frac{b_1 - b_2}{\sqrt{\text{variance } b_1 + \text{variance } b_2}};$$

si ce rapport est supérieur à 2, les 2 pentes b_1 et b_2 sont significativement différentes.

Tous calculs faits, la variance de b_1 est de 0,072 et celle de b_2 est de 0,059, leur somme est donc de 0,131 et $\sqrt{0,131} = 0,362$.

$t = (8,16 - 7,07) / 0,362 = 3,1$; donc la différence entre b 1 et b 2 est hautement significative. On a déduit que la longueur du tube digestif chez *T. rendalli* du lac Itasy augmente plus rapidement avec la taille que chez les individus du lac de Mantasoa. De plus, à taille égale, la longueur du tube digestif est toujours plus grande au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa, ceci est en accord avec le fait que *Tilapia rendalli* est plus herbivore au lac Itasy qu'au lac de Mantasoa. Il est permis de penser qu'il y a une adaptation anatomique et physiologique au régime alimentaire.

Après avoir montré que la différence de régime alimentaire avait une influence sur le rapport entre la longueur du tube digestif et la taille du poisson, nous examinons les conséquences de ces variations de l'alimentation de *T. rendalli* sur le coefficient de condition K des populations des deux lacs.

5.4. Étude des coefficients K des deux populations.

Le coefficient K se calcule de la façon suivante :

$$K = \frac{100 P}{L^3} \quad \begin{array}{l} P \text{ est le poids exprimé en grammes,} \\ L^3 \text{ est le cube de la longueur exprimée en centimètres.} \end{array}$$

K se calcule à l'aide de la longueur standard du poisson ou sa longueur totale. Nous avons utilisé la longueur standard.

Le coefficient K n'est pas constant quelle que soit la taille des poissons au sein d'une même population. K peut parfois varier avec la saison pour une même classe d'âge. Il n'est donc pas possible de comparer globalement les deux populations ; nous avons choisi de diviser nos échantillons en trois classes d'âge :

— la première comprend tous les individus de longueur standard inférieure à 10 cm ; en effet, nous avons vu que d'après certains auteurs, cette taille est celle à partir de laquelle, dans de bonnes conditions, *T. rendalli* devient uniquement herbivore ;

— la deuxième classe groupe tous les individus qui, ayant plus de 10 cm de longueur standard, n'ont cependant pas atteint la taille moyenne de maturité sexuelle à partir de laquelle le comportement de reproduction peut avoir une influence sur l'alimentation et, par conséquent, sur le coefficient K ;

— la dernière classe comprend tous les individus de taille supérieure à la longueur standard moyenne de maturité sexuelle, qui, donc, se reproduisent (cf. § 4).

5.4.1. Études des alevins et des jeunes (L inférieure à 10 cm).

Il n'a pas été possible de mettre en évidence une variation saisonnière du coefficient K, malgré les variations saisonnières de l'alimentation observées dans les deux lacs, ainsi qu'en témoigne le tableau n° IX.

Le coefficient K moyen est de 4,2 au lac de Mantasoa, et de 4,55 au lac Itasy. L'étude a porté sur 179 individus au lac de Mantasoa et sur 169 au lac Itasy, les individus ayant été prélevés de façon uniforme sur toute l'année. La différence observée entre les valeurs moyennes du coefficient K des deux échantillons est significative ; en effet, le calcul de t avec les valeurs ci-dessus conduit à $t = 3,48$, alors que t limite pour 6 degrés de liberté et 95 % de sécurité n'est que de 2,45.

5.4.2. Études des jeunes individus sexués (longueur standard comprise entre 10 cm et 15 cm environ).

L'étude a porté sur 30 mâles et 20 femelles au lac Itasy et sur 13 mâles et 17 femelles au lac de Mantasoa (tableau n° IX) :

TABLEAU IX

Valeurs moyennes de K à chaque saison

	Saison	Saison chaude	Saison inter- médiane	Saison froide	Saison inter- médiane	Moyenne
Alevins et Jeunes L < 10 cm	Lac Itasy....	4,65	4,75	4,35	4,40	4,55
	Lac de Mantasoa.....	4,25	4,00	4,30	4,20	4,20
Jeunes individus sexués 10 < L < 15 cm	<i>Lac Itasy</i>					
	Mâles.....	4,45	4,35	4,55	4,45	4,45
	Femelles.....	4,15	4,35	4,45	4,55	4,37
	<i>Lac de Mantasoa</i>					
	Mâles.....	4,05	4,50	4,45	4,40	4,35
	Femelles.....	—	4,30	4,40	4,55	4,40
Adultes de grande taille L > 15 cm	<i>Lac Itasy</i>					
	Mâles.....	4,15	4,20	4,20	4,25	4,2
	Femelles.....	3,61	4,20	4	4,20	4,0
	<i>Lac de Mantasoa</i>					
	Mâles.....	4,80	4,25	4,55	4,85	4,60
	Femelles.....	3,70	4,30	4,55	4,45	4,25

Elle n'a pas révélé de différence significative entre les sexes ni entre les populations totales des deux lacs, quelle que soit l'époque de l'année.

5.4.3. Études des individus de grande taille (longueur standard supérieure à 15 cm).

Nous avons examiné 32 mâles et 63 femelles au lac Itasy et 21 mâles et 47 femelles au lac de Mantasoa ; mais les *T. rendalli* que nous avons capturés au lac Itasy étaient plus petits que ceux provenant du lac de Mantasoa ; il est possible que cette différence de taille ait une influence sur le facteur K.

Dans chaque lac, la différence entre les mâles et les femelles n'est significative qu'en été. Les mâles du lac de Mantasoa ont un coefficient K plus élevé que ceux du lac Itasy, sur l'ensemble de l'année. t calculé avec les valeurs des tableaux ci-dessus est de 3,2 ; la différence est significative. Cette différence observée au sujet des mâles n'apparaît pas chez les femelles, $t = 0,98$.

Le coefficient de condition des jeunes est plus élevé au lac Itasy que celui des adultes de grande taille. Entre les valeurs correspondantes des tableaux ci-dessus, t est égal à 4. La différence est hautement significative.

Au lac de Mantasoa, les mâles de taille supérieure à L_{50} (cf. § 4) ont, au contraire, un coefficient K plus élevé que celui des alevins. Le calcul de t entre les valeurs correspondantes du tableau n° IX conduit à $t = 3,02$; la différence est significative. Il n'existe pas de différence entre les jeunes et les femelles.

5.4.4. Discussion.

Les jeunes du lac Itasy ont un coefficient K plus élevé que ceux du lac de Mantasoa, cela s'explique par une alimentation globalement plus abondante, les proportions relatives des différents constituants du régime alimentaire étant sensiblement les mêmes dans les deux lacs.

En raison d'une prédation importante de la part des Black-bass qui les gênent dans l'absorption de leur nourriture (cf. § 7), les jeunes *T. rendalli* du lac de Mantasoa passent, dès le début de leur existence, par une période difficile de leur vie que ne connaissent pas leurs congénères du lac Itasy.

Les différences constatées entre les valeurs du coefficient K des jeunes des 2 populations étudiées n'existent pas pour les individus de taille intermédiaire (longueur standard comprise entre 10 cm et 15 à 16 cm).

Au lac Itasy, il est vraisemblable qu'à partir de 10 cm, les poissons ont à souffrir de mauvaises conditions de milieu (haute densité de population, saison froide) ; au lac de Mantasoa, les *Tilapia rendalli* qui ont survécu à la prédation des Black-bass, bénéficient de disponibilités alimentaires quantitativement importantes, même si elles ne sont pas, qualitativement, excellentes.

Cela explique que les *Tilapia rendalli* du lac de Mantasoa, après avoir connu une période de vie difficile dans les premiers mois de leur existence, parviennent à s'adapter à des conditions de milieu par ailleurs peu favorables.

Chez les adultes ayant atteint la taille moyenne de maturité sexuelle les hypothèses précédentes sont confirmées. Nous avons même vu que les mâles du lac de Mantasoa étaient en meilleure condition que ceux du lac Itasy. Au lac Itasy, le coefficient K est significativement plus faible que chez les jeunes. Au lac de Mantasoa, les mâles ont au contraire un coefficient K plus élevé que celui des jeunes.

En été, au lac Itasy comme au lac de Mantasoa, le coefficient de condition des femelles est significativement plus faible que celui des mâles car l'alimentation est soumise chez elles au comportement de reproduction. D'ailleurs, cette différence entre les sexes n'apparaît pas en saison froide où les mâles et les femelles s'alimentent de la même façon.

En résumé, seuls les gros individus (mâles surtout) ont un meilleur état physiologique au lac de Mantasoa, sans doute par suite de leur isolement, et par conséquent de disponibilités alimentaires meilleures, en quantité tout au moins.

6. LA CROISSANCE

Il est important de pouvoir déterminer l'âge des poissons et la relation qui existe entre la taille des individus et leur âge, c'est-à-dire la loi de croissance. La connaissance de celle-ci est en effet indispensable pour aborder la dynamique des populations et proposer des mesures réglementaires en vue de leur exploitation rationnelle.

Plusieurs études de la croissance par examen des écailles ont été faites sur les *Tilapia* : par exemple, celles de DAGET (1956) sur *Tilapia zillii*, au Mali, de LE ROUX sur *Tilapia mossambica* (1961) et de JENSEN (1957). D'autres auteurs, notamment CHARPY, à la station piscicole de la Djoumouna, au Congo-Brazzaville, ont suivi la croissance des *Tilapia* en étang pendant plusieurs années. Par contre, aucune étude de ce type n'avait encore été réalisée à Madagascar. Les travaux publiés dans les autres pays montrent que la croissance chez les *Tilapia* se ralentit considérablement dès l'âge de 2 ans et qu'un arrêt de croissance se produit en général quand arrive la saison froide. D'après plusieurs auteurs, les annuli que l'on observe sur les écailles se forment à la reprise de la croissance, c'est-à-dire en fin de saison froide, mais il faut tenir compte de l'âge des poissons car il arrive que chez les adultes la reproduction s'accompagne également d'un arrêt de croissance.

6.1. Détermination du nombre d'annuli annuels.

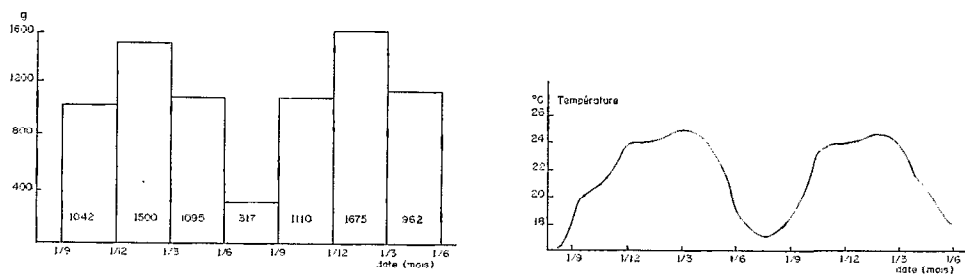
A Madagascar, on pourrait donc observer soit un seul annulus par an correspondant à un arrêt de croissance en saison froide (juin-août), soit deux annuli annuels, le second correspondant chez les adultes, à l'arrêt de croissance en saison de reproduction (octobre-avril).

6.1.1. Observations en étangs de pisciculture (THEREZIEN, 1968).

L'expérience était destinée à évaluer le gain de poids de 8 kg de poissons de toutes tailles, élevés en petits étangs pendant une période de trois mois pour quatre époques différentes de l'année :

- 1^{re} époque : décembre, janvier, février, saison chaude ;
- 2^e époque : mars, avril, mai, saison intermédiaire ;
- 3^e époque : juin, juillet, août, saison froide ;
- 4^e époque : septembre, octobre, novembre, saison intermédiaire.

Les résultats globaux obtenus à la station d'Ampamaherana (province de Fianarantsoa, altitude 1150 m), sur *Tilapia rendalli* (figure 13) montrent une baisse considérable de productivité des étangs pendant la saison froide qui montre, sinon l'arrêt total de la croissance, du moins un très net ralentissement. Malheureusement, aucune observation sur les écailles n'a été faite au cours de cette étude.



a. Gain total de poids/étang en 3 mois (moyenne de 4 étangs).

b. Relevé des températures à la station piscicole d'Ampamaherana.

Fig. 13. — Résumé de l'étude d'Y. THEREZIEN sur la croissance saisonnière de *Tilapia rendalli*.

6.1.2. Observations sur le nombre des annuli chez les adultes.

La saison froide étant en juillet et la saison de reproduction en décembre, s'il n'y a qu'un seul annulus par an (en juillet), lorsque l'on récolte les poissons en décembre, il existe sur les écailles 1, 2, 3, 4 annuli ; si 2 annuli sont formés par an (un en décembre et un en juillet), on observera en novembre 1 annulus formé en juillet chez les immatures ou un annulus formé en juillet + 2 en décembre et juillet précédents chez les adultes qui se sont reproduits, soit 3 annuli ou $3 + 2 = 5$ annuli. Autrement dit, entre juillet et décembre, on ne notera que des nombres impairs d'annuli (1, 3, 5...), lorsque les poissons se sont reproduits au bout d'un an, ce qui est le cas au lac Itasy. Or, pour ce lac, nous avons observé des écailles avec 1, 2, 3 annuli, ce qui indique l'absence d'arrêt de croissance dû à la reproduction (figures 14 et 15).

6.1.3. Répartition des tailles de poissons à la saison froide et apparition des annuli sur les écailles des jeunes individus.

La répartition des tailles des individus capturés en saison froide est représentée sur la figure 16 a. On note deux maxima, l'un pour 9 à 10 cm, l'autre pour 16 à 17 cm de longueur standard au lac Itasy.

Ce phénomène particulièrement net au lac Itasy, l'était un peu moins au lac de Mantasoa ; il montre l'existence de deux cohortes successives nettement distinctes l'une et l'autre. Les individus appartenant à la première cohorte avaient des écailles sans annuli et les écailles de

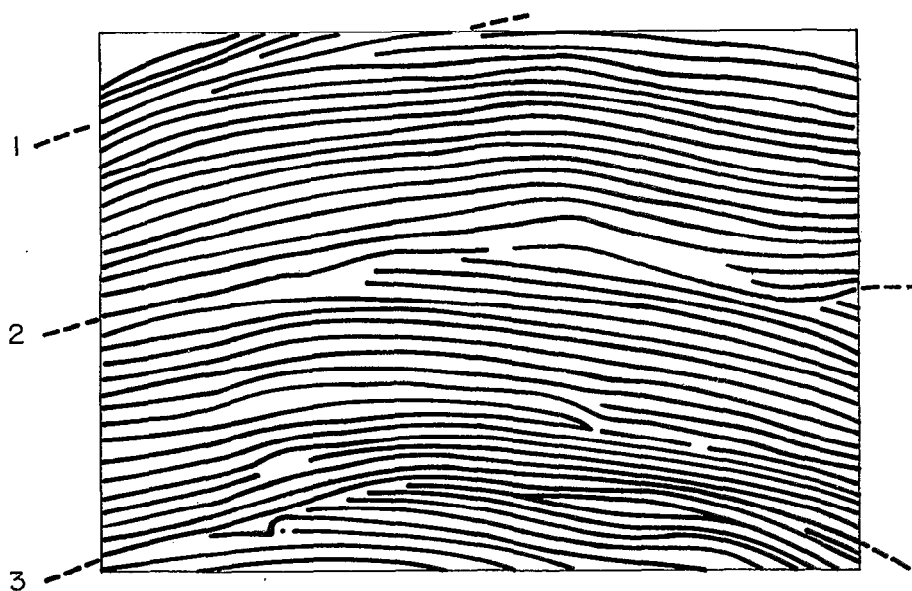


Fig. 14. — 3 annuli sur 1 écaille de *Tilapia rendalli* du Lac Itasy (capturé le 25/4/69 ; Lt. 31 cm ; pds 620 g ; ♀) (d'après microphotographie $\times 100$).

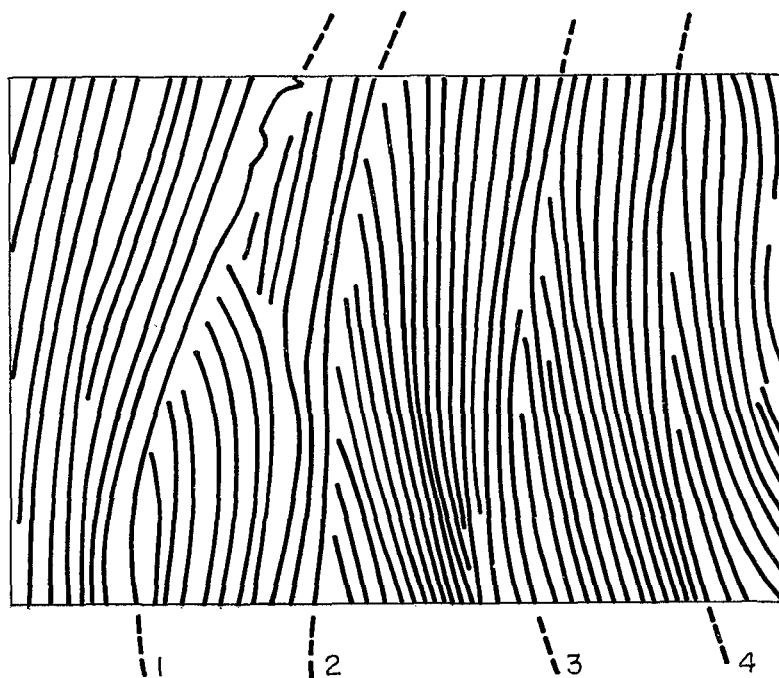


Fig. 15. — 4 annulis sur 1 écaille de *Tilapia rendalli* du Lac Itasy (capturé le 13/1/69 ; Lt. 29 cm ; pds 425 g ; ♀).

la seconde cohorte avaient un annulus. En observant les écailles des jeunes de la première cohorte, en fin septembre et en octobre, il a été possible de voir sur les écailles de plusieurs individus un annulus périphérique qui n'a pu être formé qu'à la fin de l'hiver. Il est permis de penser que la première cohorte est née pendant la saison de reproduction immédiatement précédente, et la deuxième cohorte pendant la saison de reproduction antérieure, l'annulus se formant à la reprise de la croissance, en fin de saison froide.

6.2. Détermination de la date de naissance et de l'âge des poissons étudiés.

Une fois que l'on a déterminé l'année de naissance du poisson, il est nécessaire pour déterminer les courbes de croissance, de lui donner une date de naissance approximative.

Au lac Itasy, la saison de reproduction s'étend à peu près du 15 septembre au 1^{er} mai, c'est-à-dire pendant sept mois et demi (cf. § 4).

On peut donc estimer que la date moyenne de naissance des poissons du lac Itasy se situe à égale distance entre le 15 septembre et le 1^{er} mai, donc aux alentours du 8 janvier. Au lac de Mantasoa, où la saison de reproduction dure du 15 octobre au 15 avril, on peut de même estimer au 15 janvier la date moyenne de naissance de *T. rendalli* ; en tenant compte de cette observation et de la date de capture, on détermine facilement l'âge estimé en mois du poisson. L'âge des alevins de l'année, dont les écailles n'ont pas d'annulus, se détermine par une méthode analogue : la saison de reproduction commençant le 15 septembre au lac Itasy, si on capture un *Tilapia rendalli* de 6 cm de longueur standard le 15 mars, c'est-à-dire 6 mois après, on admettra que son âge estimé est de 3 mois (la moitié).

Cette façon de déterminer l'âge moyen des poissons récoltés à une date donnée sera d'autant plus sûre que l'on disposera pour chaque classe d'âge, d'un nombre plus important d'individus de toutes tailles. Sinon, on peut surestimer ou sous-estimer l'âge moyen des poissons étudiés.

6.3. Estimation directe de la croissance moyenne annuelle.

En admettant qu'il ne se forme qu'un seul annulus par an, le diagramme de fréquence des tailles des poissons capturés au lac Itasy en saison froide (figure 16 a) permet d'estimer la croissance moyenne annuelle. Pour la première période, cette croissance est approximativement égale à 9,5 cm. Pour la seconde période de croissance, elle est approximativement égale à la distance séparant les deux modes soit 7 cm. Pour les périodes de croissance ultérieures, comme on le verra plus loin, les augmentations moyennes annuelles de tailles décroissent très rapidement.

Des résultats concordants ont été obtenus à partir d'autres échantillonnages effectués en janvier, juin et septembre 1969 au lac Itasy et portant sur des *T. rendalli* des deux sexes dont les écailles présentaient un seul annulus et dont la date moyenne de naissance était janvier 1968 (figure 16 b). En janvier, on observe un mode très net à 12 cm ; il correspond aux Poissons qui, ayant atteint 9 cm de longueur moyenne à l'arrêt de croissance de la saison froide 1968, ont déjà recommencé à croître et ont augmenté en moyenne leur taille de 2,5 cm. Cette taille moyenne de 12 cm correspond en fait à un âge moyen de 12 mois. En juin, le mode est à 15 cm et en septembre à 16 cm, valeur très proche de 16,5 cm du second mode observé sur le graphique 10. Cette taille moyenne de 16 à 17 correspond en fait à un âge moyen de l'ordre de 20 mois.

Des échantillonnages effectués au lac de Mantasoa confirment les valeurs précédentes. La figure 16 c donnant la répartition des tailles des femelles dont les écailles présentent 1, 2 et 3 annuli, montre des modes à 16 cm, 19 cm et 20 cm. On voit qu'à partir de la seconde année, les taux moyens de croissance diminuent considérablement.

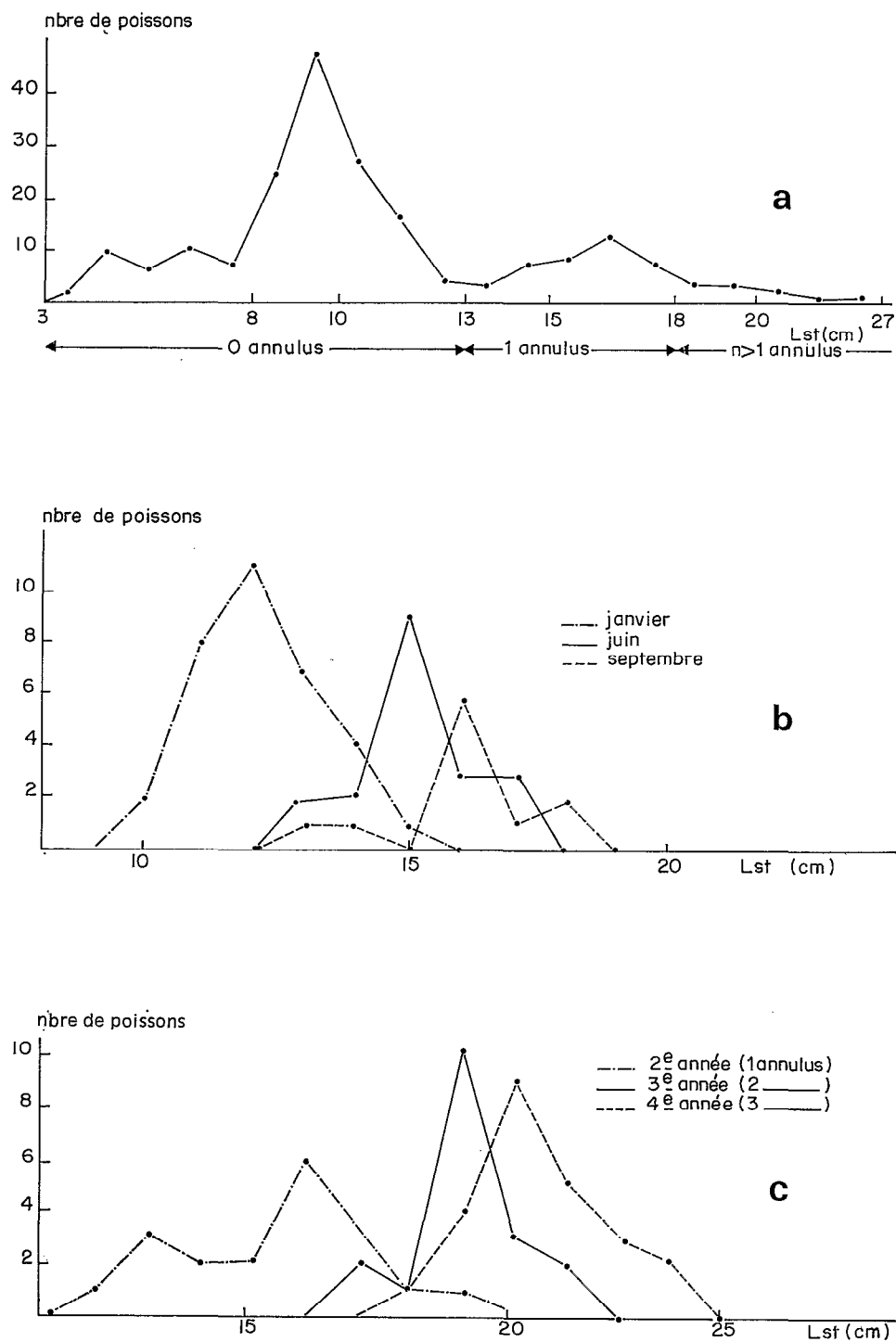


Fig. 16

- a. Diagramme de fréquence des poissons capturés au Lac Itasy en saison froide.
 b. Répartition des tailles de *T.r.* du Lac Itasy dont les écailles comportent 1 annulus.
 c. Répartition des tailles de ♀ de *T.r.* au Lac de Mantasoa (les ♂ donnent des courbes analogues).

6.4. Courbe de croissance.

6.4.1. Méthode.

Le modèle mathématique que nous proposons est celui de Von Bertalanffy.

L'équation générale de la courbe de Von Bertalanffy est la suivante :

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) ;$$

L_t = longueur standard moyenne du poisson à l'âge t ;

L_{∞} = longueur standard moyenne du poisson quand t augmente indéfiniment ;

t_0 est le temps pour lequel $L_t = 0$;

L_{∞} et t_0 doivent être considérés comme des paramètres mathématiques qui n'ont pas nécessairement une signification biologique précise.

L'équation de la courbe de Von Bertalanffy, correspondant à la croissance séparée des mâles et des femelles dans les deux lacs a été déterminée par la méthode d'Abramson et Tomlinson (méthode des moindres carrés). Sur programme n° 706 du « Biometrical analysis unit of the fish and Game Service of the state of California ».

Des mesures de longueur standard pour chaque âge observé, traitées d'après ce programme, ont conduit à la détermination des coefficients K , L_{∞} et t_0 de l'équation générale de Von Bertalanffy et de leurs erreurs standards. En outre, le programme a donné les valeurs calculées de la longueur standard tous les cinq mois à partir de la naissance (tableau annexe et figure 17).

6.4.2. Discussion.

Dans chaque lac, les mâles atteignent une taille supérieure à celle des femelles, la différence survenant plus tôt au lac de Mantasoa (entre 18 et 20 mois) qu'au lac Itasy (20 à 25 mois). Cela peut s'expliquer par le fait qu'au lac de Mantasoa nous avons montré qu'en été surtout, les mâles se trouvent dans un meilleur état physiologique que les femelles, le coefficient K étant plus élevé.

En outre, il y a beaucoup plus d'individus de grande taille au lac de Mantasoa qu'au lac Itasy et la taille maximale est plus élevée au lac de Mantasoa qu'au lac Itasy.

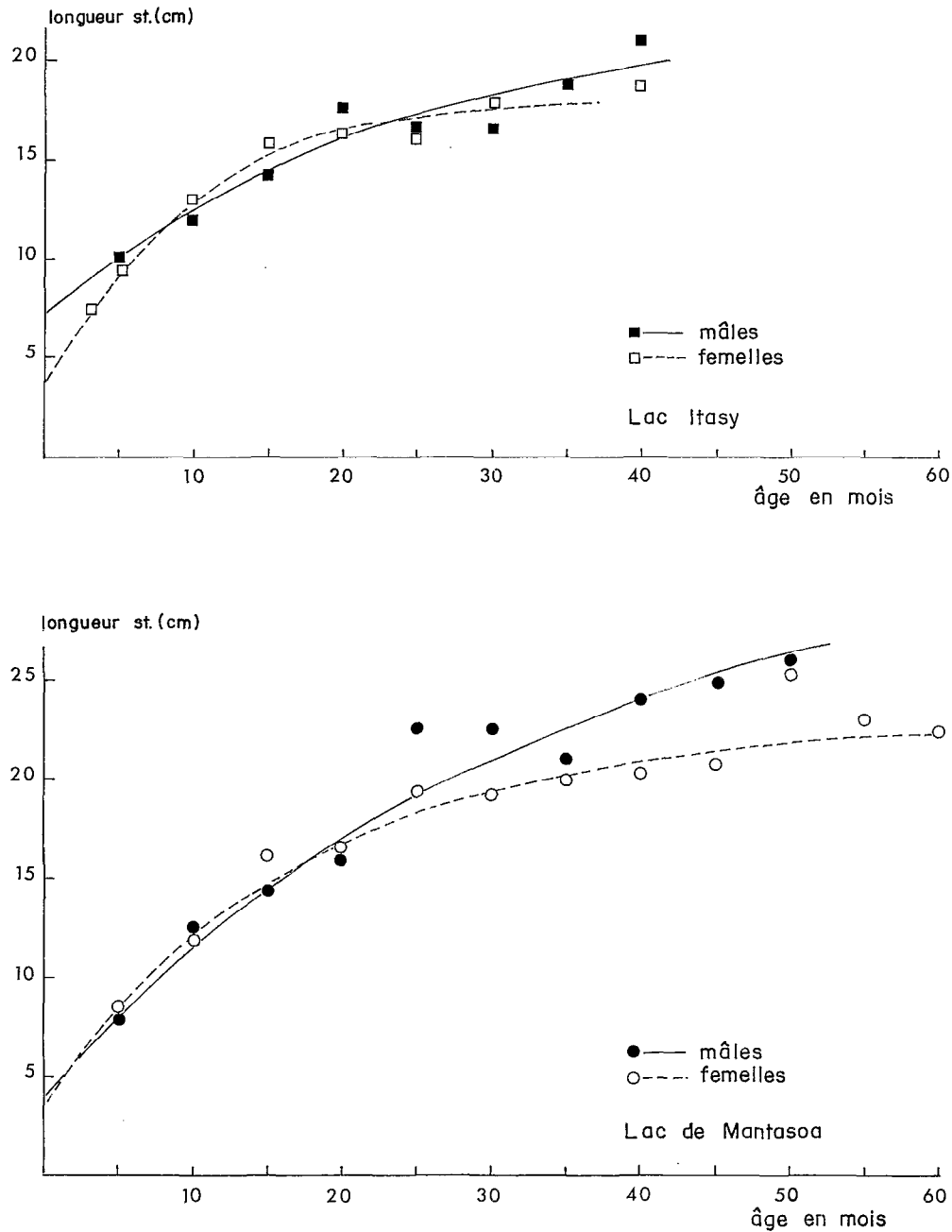
Au début de l'existence du poisson, sa croissance est plus rapide au lac Itasy. En effet, l'alimentation des alevins s'effectue dans de meilleures conditions et le coefficient K est plus élevé. Mais la croissance s'y ralentit ensuite plus rapidement qu'au lac de Mantasoa, ce qui est vraisemblablement dû, entre autres causes, à une maturité sexuelle plus précoce.

7. INTRODUCTION A LA DYNAMIQUE DES DEUX POPULATIONS DE TILAPIA RENDALLI

L'étude de ces problèmes pour être plus précise, nécessiterait de nouvelles investigations sur place.

7.1. Caractéristiques de la population de *T. rendalli* du lac Itasy.

D'après nos observations (cf. §1 et 3), les *T. rendalli* se trouvent au lac Itasy dans les eaux peu profondes, notamment aux alentours et peut-être même dans les marais en période de hautes eaux ; en période d'étiage, où les marais sont insuffisamment immergés, ils s'aventurent en eau plus profonde, en quête de conditions meilleures.

Fig. 17. — Croissance de *Tilapia rendalli*.

Historiquement, *T. rendalli* fut le premier *Tilapia* introduit au lac Itasy (cf. § 3), mais il est maintenant dominé, au point de vue effectif, par d'autres espèces de *Tilapia*. Autant que nous puissions en juger, ces espèces n'entrent guère en compétition avec *Tilapia rendalli* pour l'alimentation, car leur régime alimentaire est différent, ces espèces étant planctonophages. La prise de nourriture est seulement perturbée dans la mesure où la présence de *Tilapia* d'autres espèces fait peur aux *T. rendalli* et les empêche de manger, ce qui est un phénomène général chez les poissons et chez les *Tilapia* en particulier.

Une action plus perceptible s'exerce au moment de la reproduction où les frayères de *Tilapia rendalli* semblent voisines de celles des autres espèces. Plusieurs auteurs dont FRYER (1960) observent que dans de telles circonstances les *Tilapia* à incubation buccale comme *T. macrochir* ou *T. nilotica*, dévorent parfois les œufs ou les alevins des espèces gardiennes, telles que *T. rendalli*; il arrive parfois que *T. rendalli* le fasse lui-même. Il est certain que cela diminue sa résilience (capacité qu'a l'espèce de combler un vide provoqué dans le peuplement piscicole du milieu quelle que soit la cause de ce vide); les pertes se situeraient donc au moment de la ponte ou juste après l'éclosion des alevins.

Le Black-bass et les Anguilles, seuls prédateurs au lac Itasy, ne jouent qu'un rôle secondaire dans le peuplement piscicole. Le petit nombre d'alevins de Black-bass que nous avons capturés nous fait penser qu'il se reproduit peu. Par contre, la pêche intervient pour une part importante dans la mortalité totale des *T. rendalli*. Au lac Itasy, elle se pratique surtout près des rives, y compris sur les frayères quand elles sont accessibles aux pêcheurs. Plusieurs fois même, des enfants nous ont apporté de petits alevins pris à la ligne. A partir des données exposées plus haut (figure 16 a), nous avons estimé le taux de mortalité totale entre les âges moyens de 6 mois et 18 mois, c'est-à-dire en gros, le taux de mortalité entre la 1^{re} et la 2^e année d'existence des *T. rendalli*. Nous avons récolté 150 individus nés en 1969 et 39 nés en 1968. On peut donc estimer que $100 \times (150 - 39) / 150 = 74 \%$ des individus meurent entre leur première et leur deuxième année.

Ce taux de mortalité totale est la somme du taux de mortalité naturelle N (due aux prédateurs, aux maladies, etc.) et du taux de mortalité due à la pêche F. Compte tenu de nos observations précédentes, on peut admettre en première approximation que ces divers taux de mortalité restent constants, tout au moins à partir du recrutement qui intervient de façon très précoce. Ainsi, pour 1.000 alevins recrutés, c'est-à-dire atteignant la taille moyenne à partir de laquelle ils sont susceptibles d'être capturés, il n'en subsiste que 260 un an plus tard, 68 deux ans plus tard, 18 trois ans plus tard, 4 ou 5 quatre ans plus tard et 1 seul cinq ans plus tard.

Cette structure démographique explique que nous n'ayons disposé dans nos échantillonnages que d'un très petit nombre d'individus de plus de deux ans.

7.2. Caractéristiques de la population de *T. rendalli* du lac de Mantasoa.

Au lac de Mantasoa, *Tilapia rendalli* est principalement cantonné dans les diverticules du lac (malgré la pauvreté de ces derniers en végétaux supérieurs), en raison de la faible profondeur de l'eau et des pentes des rives favorisant la nidification; c'est là que nous l'avons capturé avec un filet moustiquaire, une senne ou par empoisonnement à la roténone. Contrairement aux *Tilapia rendalli* du lac Itasy, ceux du lac de Mantasoa vont également dans les fonds toute l'année, notamment les individus de longueur standard supérieure à 20 cm que nous avons capturés en plus grande quantité qu'au lac Itasy.

Le lac de Mantasoa connaît une importante baisse de niveau en septembre et octobre (cf. § 3). Il est possible que les frayères soient ainsi exondées et détruites en début de saison de reproduction, date à laquelle les pontes sont les plus abondantes (cf. § 4). Le Black-bass, seul prédateur au lac de Mantasoa, ne s'attaque qu'à des proies mobiles et pour cette raison ne cause aucun tort aux œufs de *T. rendalli*. Les alevins et les jeunes individus par contre sont l'objet d'une vive prédation de la part des Black-bass. Ces derniers sont nombreux dans le lac et s'y reproduisent abondamment; nous en voulons pour preuve la quantité importante de jeunes Black-bass capturés au filet-moustiquaire (aucun coup de filet-moustiquaire n'a été donné sans que l'on rapporte au moins un Black-bass).

Cette prédation s'exerce surtout sur les jeunes individus mais ce n'est pas exclusif. La taille des Black-bass adultes (1 kg) et la difficulté que nous avons eue à collecter des individus dont la longueur standard varie de 6 cm à 16 cm, prouvent que même à ces tailles *T. rendalli* est encore une proie recherchée.

L'analyse des contenus stomacaux des Black-bass révèle une abondante consommation de jeunes *Tilapia*. Même lorsque les jeunes alevins restent au nid près des parents, ils ne sont pas totalement protégés ; il a été possible de voir en étang de pisciculture que les *T. rendalli* adultes, gardant les nids, se font « assiéger » par plusieurs Black-bass, tandis qu'un ou deux de ces derniers viennent disperser les alevins et en dévorer quelques-uns.

Pour étudier de près la prédation des *Tilapia* par les Black-bass, nous avons fait dans des étangs en station piscicole des essais au cours desquels nous avons vu que des Black-bass de 15 cm de longueur standard peuvent consommer des *Tilapia rendalli* de 4 cm. L'expérience avait été tentée pour voir si cette prédation, limitant la pullulation des *Tilapia rendalli*, permettrait une meilleure croissance des individus qui survivraient. Il n'en fût rien. Les *T. rendalli*, trop souvent effrayés par l'approche des Black-bass dans un petit étang de pisciculture étaient, de ce fait, gênés pour se nourrir et s'alimentaient mal.

Il serait hasardeux de conclure que des phénomènes observés dans un étang de pisciculture se reproduisent de façon identique au lac de Mantasoa, mais tout ce qui a été dit précédemment tend à prouver que dans ce lac, la prédation des Black-bass sur les jeunes *T. rendalli* est très importante. C'est, par rapport au lac Itasy, la différence la plus nette que nous ayons pu mettre en évidence.

En opérant comme pour le lac Itasy, nous avons estimé un taux de mortalité totale de 92 % entre la première et la seconde année. Ce taux de mortalité totale, peut-être surestimé du fait de l'imperfection de notre échantillonnage, doit être considéré comme très peu différent du taux de mortalité naturelle N, puisque la pêche au lac de Mantasoa est pratiquement inexistante. Ce taux, concerne les immatures et résulte de la forte prédation exercée par les Black-bass. On ne peut admettre qu'il reste constant car à partir d'une certaine taille, les *T. rendalli* échappent à cette prédation. N'étant pas pêchés, ils ne doivent plus avoir qu'un taux de mortalité beaucoup plus faible et même notablement inférieur à la valeur observée au lac Itasy (0,74). Ceci expliquerait qu'au lac de Mantasoa, on parvient à capturer presque autant de poissons qui ont 3 ou 4 ans que d'autres âgés de 2 ans, et que tous ces adultes, survivant dans de bonnes conditions, aient un coefficient K élevé, notamment les mâles.

CONCLUSION

Nous avons dit dans notre avant-propos que le Gouvernement de la République Malgache voulait améliorer la production du lac de Mantasoa et y favoriser la pêche sportive du Black-bass. Nous avons donc comparé le lac de Mantasoa à un autre lac, en l'occurrence le lac Itasy, en adoptant comme critères les conditions physico-chimiques et biologiques du milieu et la biologie de *T. rendalli*, espèce commune aux deux lacs ; à partir de ces données et des mesures prises au lac Itasy pour l'augmentation de la production, il nous faut suggérer ce qu'il conviendrait de faire au lac de Mantasoa.

Par rapport à celles du lac Itasy, les eaux du lac de Mantasoa sont plus froides, plus acides, moins minéralisées, moins riches en plancton (quantitativement tout au moins) et moins poissonneuses. *T. rendalli* qui constitue une très faible partie du peuplement piscicole du lac Itasy, est la seule espèce de *Tilapia* présente au lac de Mantasoa, où elle sert de proie aux Black-bass.

L'étude de la biologie de *T. rendalli* a permis de mettre en évidence les faits suivants : cette espèce a une saison de reproduction plus longue au lac Itasy où la gamétogenèse semble être plus rapide et la fécondité des femelles plus élevée à taille égale. *T. rendalli* herbivore et phytoplanctonophage au lac Itasy, devient, par la force des choses, planctonophage au lac de Mantasoa.

Les jeunes subissent une forte prédation au lac de Mantasoa et leur taux de mortalité naturelle est très élevé. Par contre, les adultes échappent à la prédation et, n'étant pas pêchés, ont un faible taux de mortalité et survivent en bonne condition (coefficient K élevé).

Compte tenu de ces renseignements, on peut envisager d'introduire d'autres espèces de *Tilapia* dans le lac de Mantasoa. L'introduction d'une espèce dans un milieu ayant souvent des conséquences importantes pour l'ensemble du peuplement, il est souhaitable, dans la mesure du possible, de les prévoir en se référant à des expériences passées tentées dans des conditions analogues. L'introduction du genre *Tilapia* à Madagascar a d'ailleurs donné lieu à plusieurs essais de ce genre ; nous en citerons deux :

— Au lac Alaotra, à 250 km au nord-est de Tananarive, on a introduit *Tilapia rendalli* en 1955, il s'y est développé abondamment en faisant régresser les espèces autochtones. Il trouvait une nourriture abondante et essentiellement à base de végétaux supérieurs et de phytoplancton ; en 1958, on a introduit *Tilapia macrochir* (planctonophage) qui a supplanté *Tilapia rendalli* en 4 ans environ (KIENER, 1963).

— Au lac Itasy, nous avons assisté pratiquement aux mêmes phénomènes (cf. § 3).

Cela peut s'expliquer de deux façons : *Tilapia rendalli* dans les deux cas, a dégradé la végétation supérieure aquatique et par conséquent diminué ses propres ressources alimentaires, alors que celles de *T. macrochir*, à savoir le plancton, demeuraient intactes.

Tilapia rendalli n'est pas un incubateur buccal comme *Tilapia macrochir*, si bien que ses pontes sont moins bien protégées que celles de *T. macrochir*, même si elles sont plus abondantes ; il est très possible que cela ne suffise pas pour augmenter sensiblement l'effectif de la population.

Quelles qu'en soient les raisons, dans les deux lacs évoqués, il s'est établi un équilibre entre les deux populations de *Tilapia rendalli* et *Tilapia macrochir*, avec dominance très prononcée de cette dernière. D'ailleurs, plusieurs auteurs ont signalé la dominance des espèces incubatrices sur les autres dans le genre *Tilapia*, quand des espèces appartenant aux deux types éthologiques sont présentes dans un même milieu comme le barrage de la Lufira au Congo-Kinshasa ou au lac Nyassa (FRYER, 1959).

Au lac de Mantasoa, *Tilapia rendalli* n'a pas connu ce développement explosif dont parlent KIENER (1963) et THEREZIE (1964) au sujet du lac Alaotra ou du lac Itasy ; cela peut constituer une preuve de plus que le lac de Mantasoa n'est pas pour cette espèce, un milieu très favorable.

Il faudrait donc y introduire une espèce de *Tilapia* qui puisse exploiter au mieux les possibilités alimentaires qu'offre le lac de Mantasoa, c'est-à-dire une espèce planctonophage et plus spécialement zooplanctonophage. Parmi les 5 espèces de *Tilapia* actuellement présentes à Madagascar, celle qui conviendrait le mieux serait *Tilapia nilotica* qui présente l'avantage d'une croissance rapide et est l'espèce incubatrice à résilience la plus élevée.

Si, comme tout porte à le prévoir, *T. nilotica* s'acclimate bien au lac de Mantasoa, le peuplement de *T. rendalli* régressera comme cela s'est produit au lac Itasy lors de l'introduction d'une autre espèce planctonophage : *T. macrochir*. Mieux adapté à l'utilisation des ressources alimentaires disponibles au lac de Mantasoa, il est vraisemblable que *T. nilotica* prendra rapidement le pas sur *T. rendalli* mais sans éliminer cette espèce qui, de toute façon, occupe une niche écologique bien distincte, exploitant de préférence les végétaux supérieurs. Le Black-bass, qui actuellement se nourrit exclusivement de *T. rendalli*, s'attaquera également aux jeunes *T. nilotica*, ce qui diminuera dans une certaine mesure la sévère pression de prédation que subit *T. rendalli*, et permettra un relèvement du taux de survie des jeunes.

Nous estimons en conséquence que l'introduction de *T. nilotica* au lac de Mantasoa se traduira pour *T. rendalli* par une amélioration du taux de survie des jeunes et une structure démographique mieux équilibrée pour l'ensemble de la population. La densité du peuplement en *T. rendalli* subirait une diminution importante mais impossible à préciser, *T. nilotica* devenant l'espèce dominante et la productivité totale étant augmentée. Les conditions de vie des Black-bass seraient améliorées puisqu'ils auraient davantage de proies à leur disposition et leur pêche pourrait se développer.

Nous ne pouvons aller plus loin dans ces spéculations, mais nous pensons que l'introduction de *T. nilotica* au lac de Mantasoa serait une expérience intéressante sur le plan scientifique et de toute façon bénéfique sur le plan pratique de l'aménagement du lac. Des pêches systématiques de contrôle devraient ensuite être poursuivies périodiquement pour voir ce que devient la population de *T. rendalli*. En fonction des résultats de cette expérience, on pourrait ensuite développer la pêche au Black-bass dans d'autres lacs qui ressemblent au lac de Mantasoa et notamment dans le lac de Tsiacompaniry qui en est peu éloigné (figure 1).

Manuscrit reçu le 30 décembre 1970.

TABLEAUX ANNEXES

LAC ITASY

Mâles

Age (mois)	Longueur calculée (mm)	Longueur moyenne observée (mm)	Erreur standard (mm)	Nombre de données
0	71,97	90,0	0,00	2
5	101,00	99,21	3,96	19
10	124,56	119,21	2,14	19
15	143,68	147,48	3,96	23
20	159,19	175,00	8,70	4
25	171,79	167,50	7,50	4
30	182,00	165,00	0,00	2
35	188,50	185,00	0,00	2
40	197,50	210,00	0,00	2

	Paramètres	Erreur standard
L _{infini} (mm).	226,01	44,56
K.....	0,0418	0,0201
to (mois)....	-9,1786	3,3943

Femelles

Age (mois)	Longueur calculée (mm)	Longueur moyenne observée (mm)	Erreur standard (mm)	Nombre de données
0	3,439 %			
5	95,75	96,43	2,68	23
10	131,40	126,33	3,86	15
15	152,11	155,27	2,07	37
20	164,15	160,45	4,93	11
25	171,14	160,00	5,77	4
30	175,20	178,75	4,51	8

	Paramètres	Erreur standard
L _{infini} (mm).	180,84	6,49
K.....	0,1086	0,0184
to (mois)....	-1,9428	1,0007

LAG DE MANTASOA

Mâles

Age (mois)	Longueur calculée (mm)	Longueur moyenne ob- servée (mm)	Erreur standard (mm)	Nombre de données
0	40,36			
5	80,45	83,80	11,42	5
10	114,82	125,00	0,00	2
15	144,30	136,11	6,86	9
20	169,57	160,00	2,83	8
25	191,24	225,00	3,00	4
30	209,82	225,00	5,00	4
35	225,75	209,00	11,22	5
40	239,41	240,00	0,00	2
45	255,00	250,00	5,00	4
50	267,50	260,00	10,00	2

	Paramètres	Erreur standard
L _{infini} (mm).	321,58	73,03
K.....	0,03076	0,01466
t ₀ (mois)....	-4,3598	3,0888

Femelles

Age (mois)	Longueur calculée (mm)	Longueur moyenne ob- servée (mm)	Erreur standard (mm)	Nombre de données
0	36,74			
5	84,50	83,75	10,29	4
10	120,41	121,67	4,41	3
15	147,43	149,29	7,02	7
20	167,75	161,25	4,81	12
25	183,03	195,00	2,35	9
30	194,52	196,25	2,39	4
35	203,17	202,22	5,34	9
40	209,67	202,50	6,67	6
45	214,56	207,31	3,23	13
50	218,24	265,00	0,00	2
55	221,01	330,00	0,00	2
60	223,09	225,00	5,00	2

	Paramètres	Erreur standard
L _{infini} (mm).	229,40	7,12
K.....	0,03697	0,00820
t ₀ (mois)....	-3,0639	1,6055

BIBLIOGRAPHIE*

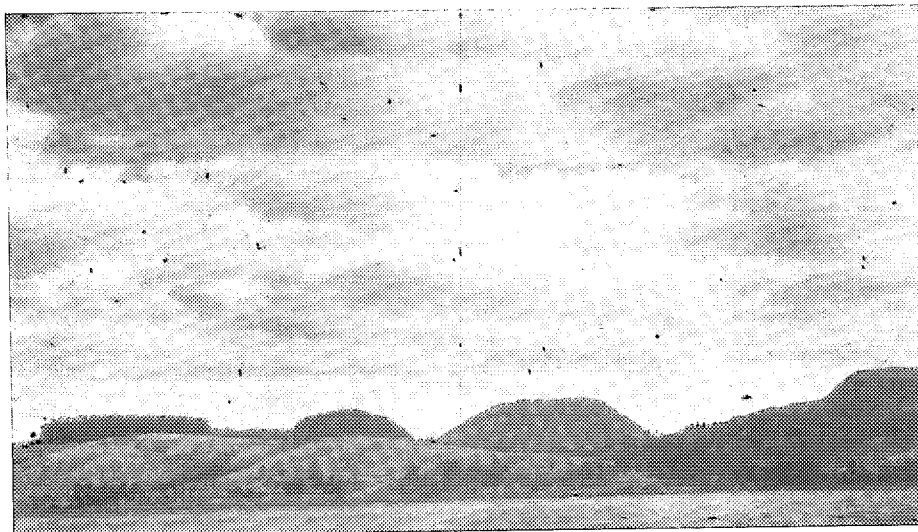
- ANONYME, 1955. — Note sur les essais au Centre d'Alevinage principal de Gandajika. *Bull. Agric. Congo Belge*, XLVII, (2), 452-453.
- *BAILEY (R. G.), 1965. — The dam fisheries of Tanzania. *J. appl. Ecol.*, 2, (2), 409-410.
- *DE BONT (A. F.), 1950. — La reproduction en étangs de *T. melanopleura* (DUM) et *T. macrochir* (BLGR). *C.R. Conf. Pisc. anglo-belge*, *Publ. Min. Col.*, 303-312.
- DE BONT (A. F.), 1950. — La culture de *T. macrochir* et *T. melanopleura*. *C.R. Conf. Pisc. anglo-belge*, *Publ. Min. Col.*, 321-336.
- DE BONT (A. F.), 1952. — La production de poissons de consommation. *Bull. Agric. Congo Belge*, XIV, (3), 827-838.
- *DE BONT (A. F.), DE BONT-HERS (M. J.), 1950. — Croissance et dimorphisme sexuel chez *Tilapia melanopleura* (DUM) et *T. macrochir* (BLGR) en étangs. *C.R. Conf. Pisc. anglo-belge* (Elisabethville), *Publ. Min. Col.*, 313-320.
- *DE BONT (A. F.), DECEUNINGK (V.), DETAILLE (L.), 1950. — Régime alimentaire de *Tilapia melanopleura* et *T. macrochir* en étangs. *C.R. Conf. Pisc. anglo-belge* (Elisabethville), *Publ. Min. Col.*, 293-302.
- *CAREY (T. G.), BELL-CROSS (G.), 1967. — Breeding Seasons and Quantitative Data on Gonads and Ova for Certain Fish Species. *Rep. Zambia Fish. Res. Bull.* 3 (July 1964-June 1965), Govt Printer, Lusaka, 12-21.
- *CHARPY (B.), 1957. — Rôle de la nourriture dans la production des étangs à *Tilapia*. *C.R. Symp. Brazzav.*, *Publ. C.S.A.*, 25, 191-192.
- *CHARPY (B.), 1957. — La croissance des *Tilapia* et la production de gros poissons. *C.R. Symp. Brazzav.*, *Publ. C.S.A.*, 25, 193-194.
- *CHIMITZ (P.), 1957. — Les *Tilapia* et leur élevage. Seconde étude et bibliographie. (The *Tilapia* and their culture). *Bull. Pêche F.A.O.*, X, (1), 11+27 p.
- *COUVREUR (J.), MAES (H.), 1957 a. — Valeur nutritive de quelques produits servant à l'alimentation des *Tilapia*. *Proc. Symp. Brazzav.*, *Publ. C.S.A.*, 25, 197-198.
- COUVREUR (J.), MAES (H.), 1957 b. — Cas de déficit d'oxygène dans les nouveaux étangs. *C.R. Symp. Brazzav.*, *Publ. C.S.A.* 25, 177-178.
- CRASS (R. S.), 1957. — The indigenous fishes of Natal. *C.R. Symp. Brazzav.*, *Publ. C.S.A.*, 25, p. 89.
- *GRIDLAND (C. C.), 1961. — Laboratory experiments on the Growth of *Tilapia*. Reproduction de *T. esculenta* under artificial conditions. *Hydrobiologia* 18 (3), 177-184.
- GRIDLAND (C. C.), 1962. — Breeding studies on *T. zillii* et *T. nigra*. *Rep. E.A.F.F.R.O.* (1961), 29-32.
- *DAGET (J.), 1952. — Observations sur la ponte des *Tilapia zillii* (Gervais) poisson cichlidé. *Ann. Mag. nat. Hist.*, 5, (12), 309-310.
- *DAGET (J.), 1956. — Mémoires sur la Biologie des poissons du Niger moyen. Recherches sur *T. zillii* (Gervais). *Bull. IFAN* 18 A, (1), 165-223.
- *DAGET (J.), 1962. — Relation entre la taille des écailles et la longueur standard chez les *T. galilaea* (Art.) du moyen Niger. *Bull. IFAN* 24 A, (2), 486-504.
- *E.A.F.F.R.O., 1953-1954. — Annual Report. *E. afr. freshw. fish. Res. Org.*, Jinja, Uganda, 44 p.
- E.A.F.F.R.O., 1967. — Annual Report 1966. *E. afr. freshw. fish. Res. Org.*, Jinja, Uganda, 46 p.
- *EL ZARKA (S.), 1960. — Annual formations on the scales of the cichlid fishes and their value for the study of age and growth. *Zool. Zh.* 39, 1652-1658.
- *FISH (G. R.), 1954. — The food of *Tilapia* in East Africa. *C.R. Symp. Entebbe*, *Publ. C.S.A.* 6, 72-76.
- *FRYER (G.), 1959. — Some aspects of evolution in lake Nyassa. *Evolution*, XIII, (4), p. 440-451, 3 figs.
- FRYER (G.), 1960. — Observations sur *T. variabilis* et *T. zillii*. *Rep. E. afr. freshw. fish. Res. Org.* (1959), 23-24.
- FRYER (G.), 1961. — Observations sur la biologie du *T. variabilis* (Boulenger) dans les eaux nord du lac Victoria. *Rev. Zool. Bot. afric.*, 64, (1, 2), 1-33.
- *GARROD (D. J.), NEWELL (B. S.), 1958. — Calcium metabolism and ring formations on the scales. *Nature* (Londres), 181, 1411-1412.
- *GOSSE (J. P.), 1963. — Le milieu quatique et l'écologie des poissons dans la région de Yangambi. *Ann. Mus. Roy. Agr. Centr., Tervuren*, in-8°, Sci. Zool., 116, 113-249.

* Les références marquées d'une croix sont citées dans le texte.

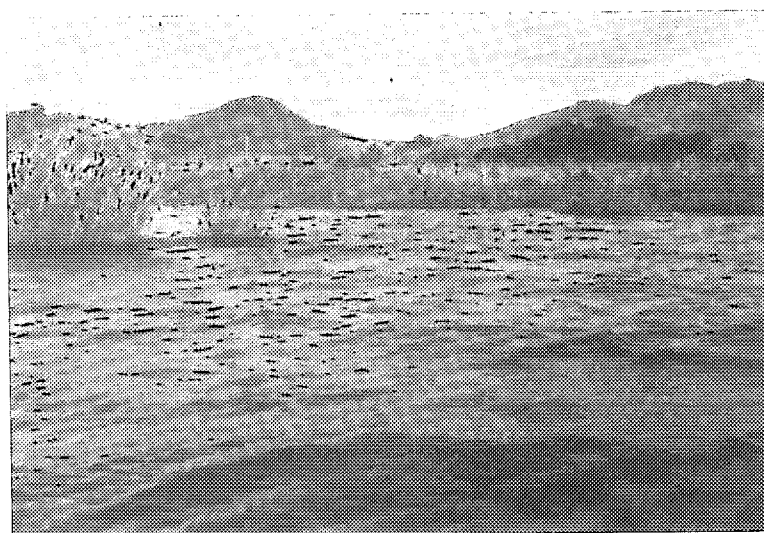
- *GRASSE (P. P.), 1958. — Traité de Zoologie. Anatomie Systématique Biologie. Agnathes et poissons. *XIII* (2), 1628-1633.
- *GRUBER (R.), 1961. — Note sur l'influence des crues de la rivière Lilanda sur une pisciculture de *Tilapia*. *Bull. Agric. Congo Belge*, *LI*, (5), 1147-1160.
- *GRUBER (R.), 1962. — Étude de deux facteurs inhibant la production de *Tilapia melanopleura* (DUM). *Hydrobiol.*, *19*, 129-145.
- GYURKO (St.), NAGY (Z. I.), 1969. — La dynamique de la nutrition durant la période juvénile chez les cyprinidés. I. Le chevaine (*Leuciscus cephalus* L.) (Roumain). Rés. Angl. Fr. Russe. *Bull. Inst. Cerc. Proiectari Pisc.*, *28*, (3), 45-46.
- *HARDING (D.), 1960. — Preliminary observations on the effects of seasonal change in water condition of the fishery in the Bangweulu area of Northern Rhodesia. *C.R. Symp. Lusaka, Publ. C.S.A.* *63*, 86-96.
- *HOLDEN., 1955. — Ring formations on the scales of *T. variabilis* and *T. leucostica* from lake Victoria. *E.A.F.F.R.O. Annual Rep.* (1954-1955).
- HUET (M.), 1957. — Dix années de pisciculture au Congo Belge et au Ruanda Urundi. Compte rendu de mission piscicole. *Trav. St. Rech. Groenendaal*, sér. D, n° 22, and *Publ. Min. Col.*, 109 p.
- HUET (M.), 1966. — Méthodes biologiques d'accroissement de la production piscicole (Europe et Afrique). *Symposium mondial sur la pêche en eau douce*, FAO Rome-V/R.4.
- HUET (M.), 1970. — Traité de pisciculture. Bruxelles, (4^e Éd.). Ed. Weygand.
- *HULOT (A.), 1950 b. — Le régime alimentaire des poissons du Centre Africain. Intérêt éventuel de ces poissons en vue d'une Zootechnie économique au Congo Belge. *Bull. Agric. Congo Belge*, *XLI*, (1), 145-176.
- ISHIWATA (N.), 1969. — Ecological studies on the feeding of fishes. — VII. Frequency of feeding and satiation amount. (Jap. Res : Angl.). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* *35* (10), 979-984.
- ISHIWATA (N.), 1969. — Ecological studies on the feeding of fishes. — VIII. Frequency of feeding and growth. (Jap.) Res : Angl. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* *35*, (10), 985-990.
- *JENSEN (K. W.), 1958. — Détermination of age and growth by the scales for *Tilapia* species. *Kgl. norske Vidensk. Selsk. Forh.* *30*, 150-157.
- KIENER (A.), 1957. — Afrique-Madagascar sous le signe du *Tilapia* (Mission Brazzaville, Juillet 1956). *Bull. Madag.* n° 129, p. 107.
- KIENER (A.), 1960-1961. — Afrique-Madagascar sous le signe des grands lacs. (Mission Rhodésie, août 1960). *Bull. Madag.* n° 175, 1960, 1053-1072 ; *Bull. Madag.* n° 176, 1961, 43-74.
- *KIENER (A.), 1963. — Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar. *Publ. C.T.F.T.*, 244 p.
- *KIENER (A.), MAUGE (M.), 1966. — Contribution à l'étude systématique et écologique des poissons Cichlidés endémiques de Madagascar. *Mém. Mus. nat. Hist. nat.*, n.s. A, Zool., *XL*, (2), 99 p.
- *DE KIMPE (P.), 1964. — Contribution à l'étude hydrobiologique du LuapulaMoero. *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr., Tervuren*, in-8°, Sci. Zool., *128*, 238 p.
- *LAMOTTE (M.), 1967. — Initiation aux méthodes statistiques en Biologie. Éd. Masson, 160 p., Paris.
- *LE ROUX (P.), 1961. — The growth of *Tilapia mossambica* (Peters) in some Transvaal impoundment. *Hydrobiologia* *18* (1, 2), 165-175.
- *LOWE (R. H.), 1955. — The fecundity of *Tilapia* species. *E. Agr. Agric. J.*, *XXI*, (1), 45-52.
- *LOWE (R. H.), 1959. — Breeding behaviour and ecological differences between the different species of *Tilapia* and their significance for the evolution within the genus *Tilapia*. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, *132*, 1-30.
- *MAKAMURA (N.), KASAHARA, YADA (T.), 1969. — Studies on the usefulness of the Bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus* as an experimental standard animal. I : on the breeding habits. *J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ.* *8*, (1), 1-11.
- MANN (H.), 1967. — The utilization of food by *Tilapia melanopleura* (Dum). *Proc. F.A.O. Symp. Roma 1966. Fish. Rap.* n° 44, 3, III/E-8, 408-410.
- MATHIEU (Y.), 1967. — Valeur alimentaire et économique de quelques produits utilisés pour le nourrissage des poissons. *C.R. Symp. Brazzav. Publ. C.S.A.* *25*, 199-200.
- MATTHES (H.), 1960. — Note sur la reproduction des poissons au lac Tanganyika. *C.R. Symp. Lusaka, Publ. C.S.A.* *63*, 107-112.
- MOREAU (J.), 1968. — Influence des caractéristiques du milieu sur la biologie du genre *Tilapia*. Exposé DEA 3^e cycle Bibliographie. Doc. multigr. CTFT, 70 p.
- MOREAU (J.), 1969. — La pratique de l'analyse des contenus stomacaux des poissons. Note multigr. pour vulgarisation. CTFT Madagascar, 20 p.
- MOREAU (J.), 1969. — L'étude de la croissance des poissons par examens des écailles. Note multigr. pour vulgarisation. CTFT Madagascar, 20 p.
- MUNRO (J. L.), 1967. — The food of a community of East Africa freshwater fishes *J. Zool. London* *151*, 389-415.

- *NIKOLSKY (G.), 1969. — Theory of fish population dynamics (traduit du Russe et publié par Ed. Oliver and Boyd.
- *DE OLIVEIRA et SILVA (S. L.), 1959. — Observações sobre *Tilapia melanopleura* Dum. (Actinopterygii, Cichlidae)
I. Sobre a relação morfométrica comprimento do tubo digestivo comprimento total. *Rev. bras. Biol.*, 19,
(1), 21-32.
- *PETERS (H. M.), 1963. — Eizahl, Eigewicht und Geligentlichung in der Gattung *Tilapia*. *Internation. Rev. ges. Hydrobiol.* 48, (4), 547-576.
- POLL (M.), 1956. — Exploration hydrobiologique du lac Tanganyika. Poissons cichlidés. *Bull. Inst. Roy. Sci. nat. Belg.* 3, (5 B).
- RUWET (J. C.), 1961. — Contribution à l'étude des problèmes piscicoles au lac de retenue de la Lufira (Katanga).
Édit. Fulreac, Univ. Liège, 82 p.
- *RUWET (J. C.), 1962. — La reproduction des *Tilapia macrochir* (Blgr) et *T. melanopleura* (Dum) au lac de barrage de la Lufira (Haut Katanga). *Rev. Zool. Bot. afr.*, LXVI, (3-4), 243-271.
- *RUWET (J. C.), 1963. — *Tilapia rendalli* et la lutte contre la végétation semi-aquatique du barrage de la Lufira. *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège* 32, 516-528.
- *SCHUSTER (W. H.), 1952. — La pisciculture comme moyen de lutte contre la végétation aquatique envahissante dans les eaux intérieures. *Bull. Pêche F.A.O.*, 5, (1), 16-24.
- THEREZIE (Y.), 1960. — L'introduction des poissons d'eau douce à Madagascar, leur influence sur la modification du biotope. *Proc. Symp. Lusaka, Publ. C.S.A.*, 63, 145-156.
- *THEREZIE (Y.), 1963. — Régime alimentaire de plusieurs espèces de poissons des lacs Kinkony, Sahapy et autres étangs de la région de Madagascar. *Bull. Fr. Pisc.*, 211, 37-48.
- *THEREZIE (Y.), 1964. — Étude en vue du développement de la pêche au lac Itasy. Doc. multigr. CTFT, Madagascar, 92 p.
- *THEREZIE (Y.), 1968. — Étude sur la reproduction à Madagascar de couples de différentes espèces de *Tilapia*. *Symp. F.A.O. Rome 1966, FAO Fish. Rep.* 44, (4), IV/E-4, 140-147.
- *THEREZIE (Y.), 1968. — Influence des saisons sur la croissance de populations de *Tilapia* dans les régions d'altitude de Madagascar. *Symp. F.A.O. Rome 1966, FAO Fish. Rep.* 44, (4), V/E-1, 328-333.
- *THYS VAN DEN AUDENAERDE (D. F. E.), 1964. — Révision systématique des espèces congolaises du genre *Tilapia* (Pisces Cichlidae). *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.* in-8°, *Sci. Zool.* 124, 155 p.
- *THYS VAN DEN AUDENAERDE (D. F. E.), 1966. — Les *Tilapia* (Pisces, Cichlidae) du Cameroun et du Gabon. *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.*, in-8°, *Sci. Zool.*, n° 153, 98 p.
- *VAN SOMEREN (V. O.), WHITEHEAD (F. J.), 1960. — Culture of *T. nigra* in pond, seasonal growth of the male. *E. Afr. Agr. J.* 26 (2), 79-86.
- *VIBERT (R.), LAGLER (K. F.), 1961. — Pêches continentales. Éd. Dunod, Paris, 700 p.
- *WELCOMME (R. L.), 1967. — Relationship between fecundity and fertility in the mouth-breeding fish *T. leucostica*. *J. Zool. Lond.* 15, 453-468.

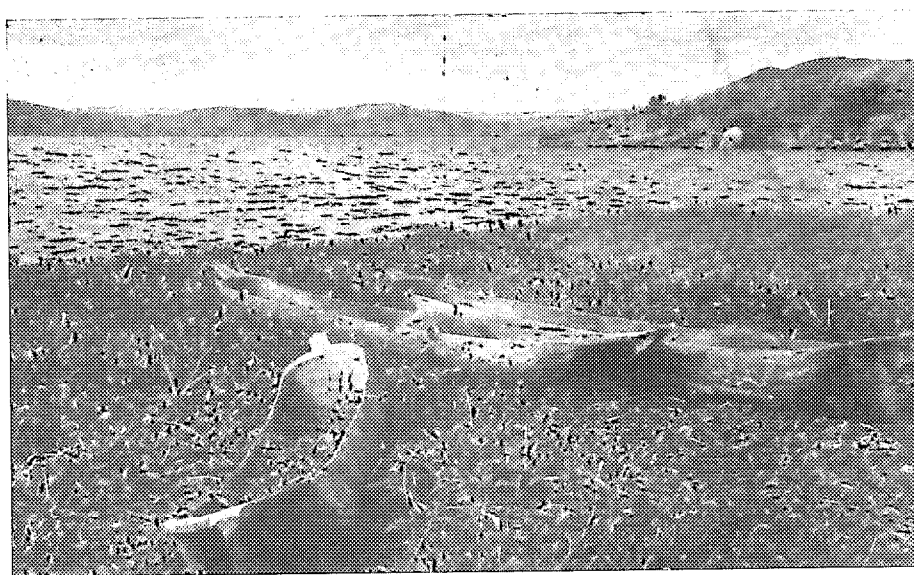
PLANCHE I : LAC ITASY



Le lac : vu de la rive Est
vers la partie Ouest.

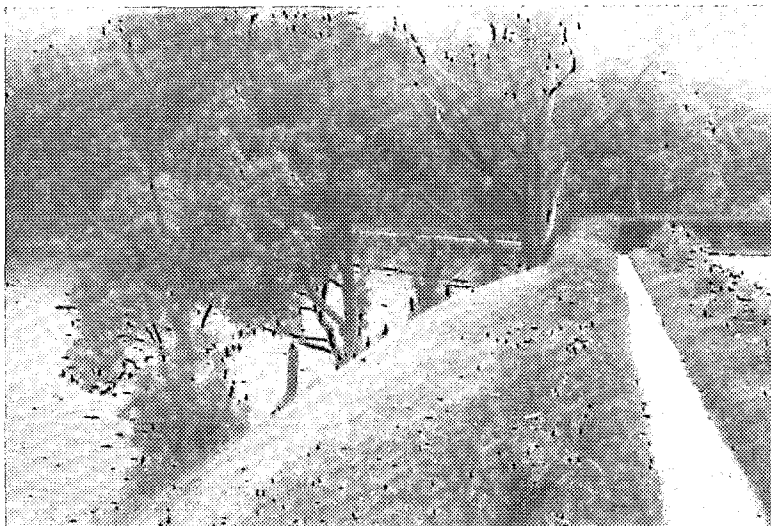


Une zone à *Cyperus madagascariensis* (végétation
aquatique).

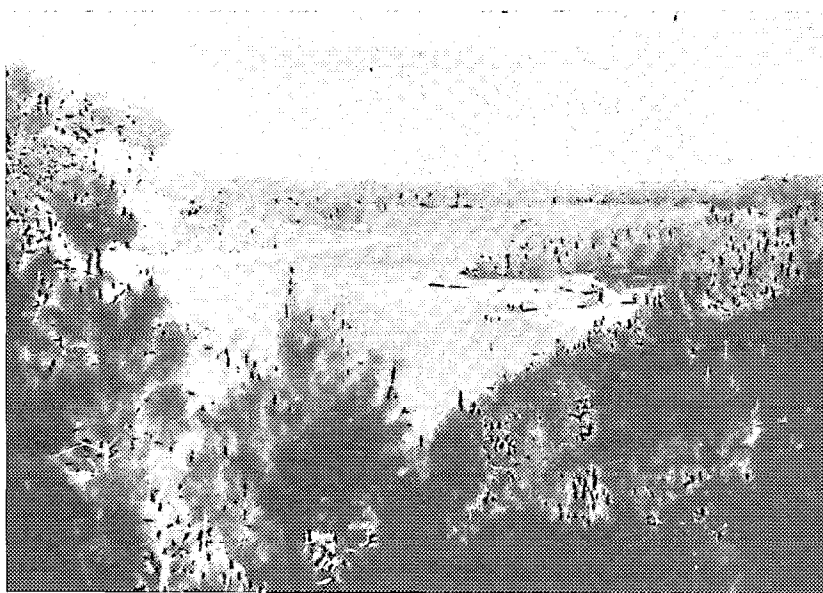


Par moment les jacinthes d'eau
(au premier plan autour des
pirogues monoxyles), envahis-
sent le lac et ses rives.

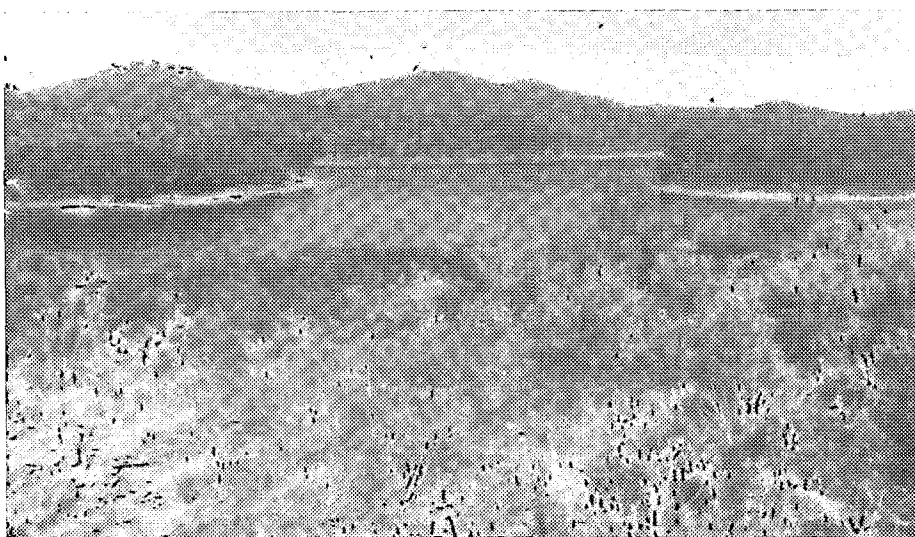
PLANCHE II : LAC DE MANTASOA



Le barrage de Mantasoa.



Le lac : Région boisée de l'Ouest.



Le lac : Région Nord et Est
(Végétation arbustive sauvage).

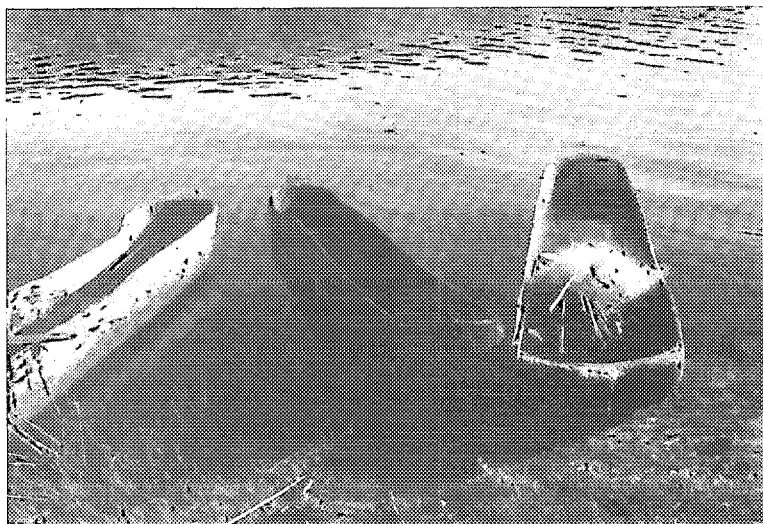
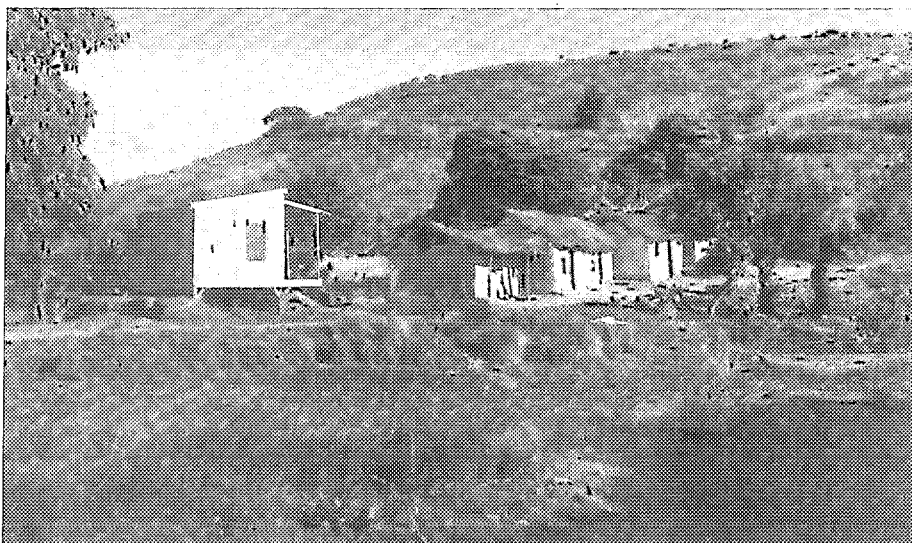
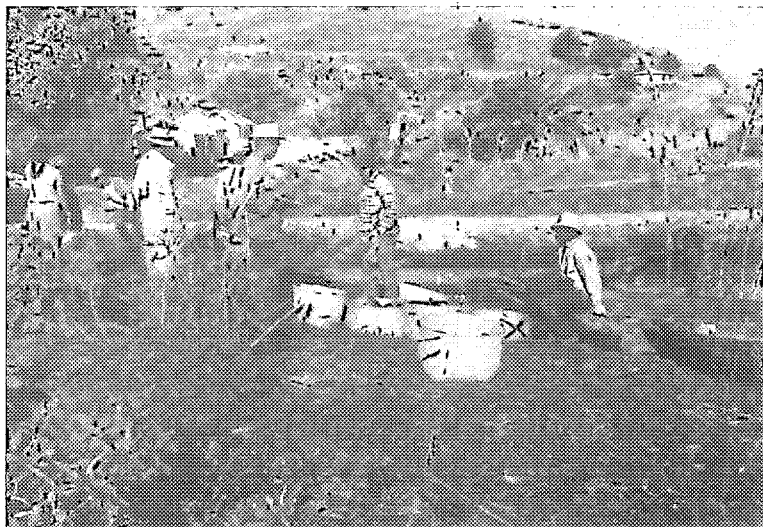


PLANCHE III : LA PÊCHE AU LAC ITASY

Pirogues monoxyles en bois d'Eucalyptus
(l'une contient un filet dormant).



Village au bord du lac Itasy.



La commercialisation des poissons.