

Le lac Ihotry, lac plat hypersalé (Madagascar)

Écologie et peuplement piscicole

Jacques MOREAU (1)

RÉSUMÉ

La note présente une synthèse de données limnologiques déjà publiées et d'informations originales sur le peuplement piscicole du lac Ihotry au Sud-Ouest de Madagascar. Ces informations, traitées selon les modèles en vigueur pour l'étude des plaines d'inondations ou des lacs plats africains permettent de proposer une estimation de la production exploitée optimale et de la biomasse correspondante de poissons. Le lac Ihotry est enfin comparé aux lacs salés de la Rift Valley africaine.

MOTS-CLÉS : Lacs plats — Écologie — Peuplement — Production de la pêche — *Tilapia* — Madagascar.

SUMMARY

LAKE IHOTRY, A SHALLOW MALAGASY SALT LAKE. ECOLOGY AND FISH POPULATION

This paper is a synthesis of published limnological data and new informations on the fishes of the Ihotry Lake (South East of Madagascar). Computing these data with models for studies of fisheries in african shallow lakes and floodplains allows to suggest an evaluation of the optimal actual catch and the corresponding fishstock. The Ihotry lake is compared to african brackish lakes of the Rift Valley.

KEY WORDS : Shallow lakes — Ecology — Fish populations — Fisheries — *Tilapia* — Madagascar.

INTRODUCTION

Lors d'une récente réunion de travail sur la Limnologie africaine (SIL PNUE, Nairobi, 1979) il a été demandé aux participants de faire connaître les renseignements en leur possession sur les lacs plats étudiés en Afrique et à Madagascar. Cela était

demandé en vue de la rédaction d'une synthèse sur les caractéristiques limnologiques et écologiques de ce type de milieu.

C'est dans cet esprit que sont présentées les informations disponibles sur le lac Ihotry (sud-ouest de Madagascar) obtenues à partir de données déjà publiées et d'observations effectuées de 1969 à 1975.

(1) Laboratoire d'Ichtyologie Appliquée, École Nationale Supérieure Agronomique, 145, avenue de Muret, 31076 Toulouse Cedex.

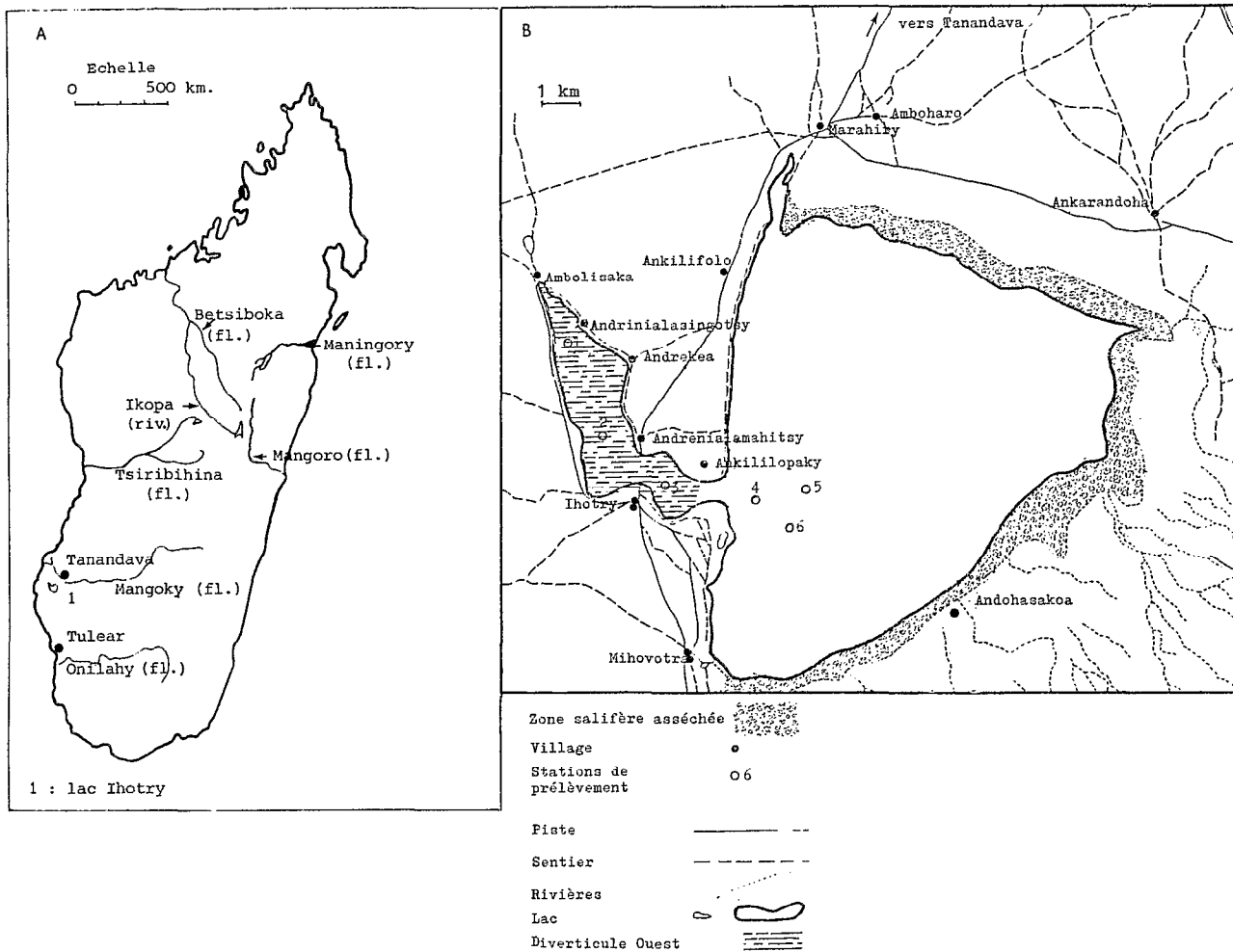


FIG. 1 A. — Situation générale ; *General situation*. 1 B. — Environs immédiats du lac Ihotry ; *Neighbourhood of the Ihotry lake*.

Ces dernières concernent surtout le peuplement piscicole ne comportant exceptionnellement qu'une seule espèce : *Tilapia rendalii*.

SITUATION GÉNÉRALE

Le lac Ihotry (21°50' lat. sud et 43°30' long. est) se trouve dans la province de Tuléar (Madagascar) à 150 km au nord de cette ville, dans une vaste cuvette au centre de la région dite du Bas Mangoky (fig. 1).

La superficie en hautes eaux est de 94,15 km² à la cote 48 m et celle à l'étiage de 8,65 km² à la cote 45,50. Le rivage marin à 30 km à l'ouest est séparé du lac par un barrage de dunes anciennes.

Le climat se caractérise par des fortes chaleurs

(40 °C en janvier-février) et une courte saison de pluies qui dure du 1^{er} décembre à la fin février. Il faut ajouter à cela quelques orages à caractère très local en octobre et novembre. La saison fraîche dure de mai à début septembre. La température peut alors tomber la nuit à 15 °C.

Les données climatiques peuvent se résumer ainsi :

Pluies 701 mm sur 48 jours
Moyenne des maxima 31°2 C
Moyenne des minima 17°4 C
Températures moyennes 24°3 C

(Source : Météorologie nationale, Tananarive, pour la période 1965-1975) et pour une station située à 20 km au sud-est du lac Ihotry.)

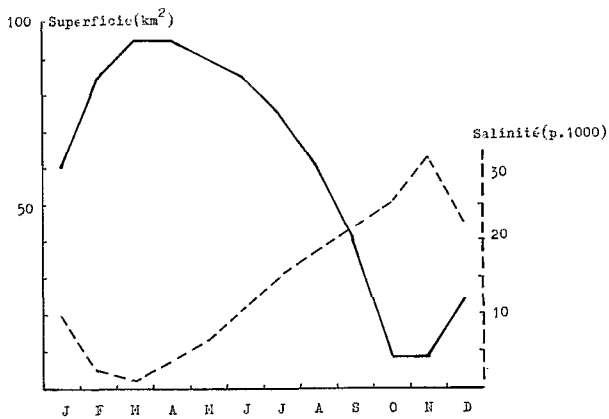
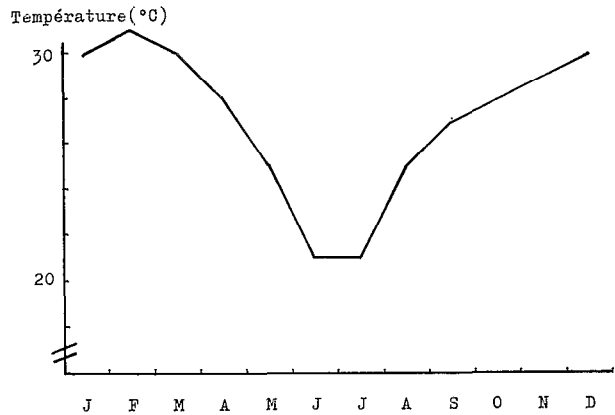


FIG. 2. -- Variations cycliques annuelles de quelques paramètres du milieu au lac Ihotry ; *Annual cyclical changes in some ecological parameters of the Ihotry lake*

a : Variations cycliques annuelles de la superficie et de la salinité des eaux ; *Cyclical annual changes in the area and water salinity*



b : Variations cycliques annuelles de la température des eaux ; *Cyclical annual changes in the water temperature of the Aluotra lake*

Environnement géologique et pédologique

Le lac s'est formé, en arrière du barrage dunaire, sur une zone légèrement synclinale ou tectoniquement abaissée, déterminant un bassin artésien dont la nappe s'alimente à l'est dans des calcaires éocènes, et se forme sous les sables roux quaternaires. Ceux-ci, épais d'une cinquantaine de mètres, superposés à des calcaires marneux éocènes, sont souvent imprégnés d'eau formant une nappe secondaire mal alimentée.

La dépression du lac lui-même, sur sol argilo-calcaire recouvert de sédiments vaseux récents, comprend deux parties. La première constitue le diverticule ouest, seul constamment en eau et n'occupant que 865 ha ; la seconde vaste zone centrale (type sebkra) n'est complètement inondée qu'en fin de saison des pluies, généralement en mars (fig. 1 et 2) et s'étend alors sur 8750 ha. L'alimentation du lac se fait donc d'une part, par des résurgences dans le diverticule ouest permanent, d'autre part et par intermittence, en saison des pluies, par la rivière Befandrina et une série de petites rivières parallèles, suivant la pente nord-ouest qui est approximativement celle des couches géologiques.

Régime hydrologique

A. APPROVISIONNEMENT EN EAUX

D'après les habitants de la région, le lac n'est à sec que très exceptionnellement. La dernière sécheresse connue remonterait à 1927 (PETIT, 1930).

Vu les reliefs existant le lac ne reçoit pas d'eau du Mangoky, grand fleuve coulant à 30 km au nord.

L'alimentation du lac Ihotry a été étudiée par SÉGALEN et MOUREAUX (1948) qui résumait la situation ainsi :

« La Befandrina est une rivière temporaire qui descend du massif calcaire. Sa direction est sud-est nord-ouest. Elle n'est en eau que quelques jours par an seulement. En saison sèche à Befandrina, il n'y a pas trace d'eau. En amont quelques petits affluents peuvent avoir de l'eau, mais celle-ci se perd vite dans les sables calcaires. Lors des crues, une bonne partie de l'eau est absorbée par les sables du lit, une autre se répand sur les deux rives, le reste enfin va au lac Ihotry. Il semble qu'il existe de faibles contrepenches dans la partie inférieure du lit de la Befandrina. Ces contrepenches s'expliqueraient facilement par l'apport de matériaux s'accumulant au moment des crues. Il est probable que, sauf en année pluvieuse, le lac Ihotry reçoit peu d'eau par écoulement de surface. »

« A l'ouest coule un ruisseau qui naît d'une source à Mandevy. Il coule nord nord-ouest passant par Basibaby, Marolinta et se jette dans le lac Ihotry à la hauteur d'Andohasakoa. A Antanimiheva, une autre source donne naissance à un ruisseau coulant nord/nord-ouest. Il passe à l'est de Bemoka, à l'ouest de Maroforoaha et rejoint le lac Ihotry à l'est d'Androhasakoa. En saison sèche, l'eau n'atteint pas le lac et se perd dans la plaine au voisinage de Maroforoaha. Descendant du massif calcaire un

troisième ruisseau passe par Manombiky, Bekimpay et va se perdre dans la plaine vers le nord.»

B. RÉGIME HYDROLOGIQUE

Le régime hydrographique est lié au système des dépressions tropicales, avec saison des pluies commençant en décembre et s'achevant fin février (fig. 2). L'évolution cyclique annuelle du lac est la suivante :

— Fin de saison des pluies (1^{er} mars) : le lac est entièrement plein. Sa profondeur maximale est de 3,80 m dans le diverticule ouest alors qu'elle atteint 2,50 m dans le grand plan d'eau.

En cette saison, une partie des arbustes du rivage sont sous eau.

— Au cours du mois de mai : on passe à sec entre le lac lui-même et une mare constituée par l'eau restante dans un diverticule nord, près du village de Mararihy, et que la sécheresse a séparé du lac.

En juillet, dans le diverticule ouest, l'eau s'est retirée sur environ 100 m par rapport à sa position au niveau maximum et la profondeur a diminué de 1,50 m.

Dans le grand plan d'eau, l'eau peut se retirer sur 1,5 km, en particulier à l'est. L'eau y est très boueuse, la profondeur n'excède pas 0,70 m.

Plus tard dans la saison, le lac s'assèche encore et l'eau ne subsiste que dans le diverticule ouest. On peut aller en voiture d'Andrialamahitsy à Ihotry situé sur la rive opposée ; on ne rencontre par ailleurs que quelques mares permanentes dans la forêt avoisinante, et de nombreux petits points d'eau, mares artificielles creusées par les riverains et servant d'abreuvoirs. Ces derniers sont alimentés par la nappe phréatique, de même que les puits du village Ihotry, qui donnent une eau potable. A cette époque, l'eau du lac lui-même est inutilisable pour les usages domestiques, atteignant son maximum de salinité. Une fouille dans la partie asséchée se remplit alors d'eau salée, pour laquelle KIENER (1964) signale « une teneur de près de 64 g/litre de sels ».

Végétation périphérique

Hors de la zone salifère sèche entourant le lac, et sur les sables, est établi un Bush xérophile dégradé.

La zonation, des eaux du lac jusqu'au Bush, en fonction des teneurs salines décroissantes, s'établit de la manière suivante (BIGOT, 1970).

1. Formation à Characées — présente dans le diverticule et les parties Est et Nord le plus souvent en eau : *Chara zelanica* var. *syuncia* NaCl : 6,7 g/litre.

2. Zones sans végétation (souillères).

3. Localement, zone à *Salicornia pachygastra*.

4. Zone à *Cressa cretica*, dans la rhizosphère :

	Chlorinité (en NaCl g/l)	Ca (g/l)	Mg (g/l)
	25,0	3,1	1,4
5. Zone à <i>Arthrocnemum indicum</i>	7,0	2,4	0,6
6. Zone à <i>Sporobolus virginicus</i> 0,5.....	0,5	0,2	0,01
7. Zone à <i>Sclerodactylon macrostachyum</i> , niveau limite de la zone halophile.			
8. Bush.			

Ces divers groupements sont le plus souvent monophytiques, formant des ceintures bien individualisées, souvent séparées par des espaces nus de sable ou de limon. Les peuplements mixtes sont rares, présentant alors une large dominance d'une espèce sur l'autre ou sur les autres.

NATURE DES EAUX

A. LA FORTE SALINITÉ

Les eaux sont connues comme pouvant atteindre des salinités supérieures à celle de la mer, aux périodes de fortes concentrations, pendant l'étiage. La plus forte chlorinité notée, qui n'est certainement pas le maximum réel possible, a été de 21 g/litre. Les eaux sont au contraire très adoucies lorsque le lac est à sa cote maximale : la teneur en chlore est alors seulement de 1,3 g/l.

La salinité du lac Ihotry n'est pas d'origine marine. Les sels dissous qu'elles contiennent sont apportés par les eaux continentales, concentrés dans la cuvette, par un bilan déficitaire de l'apport (nappes, ruisseaux, et précipitations) sur l'évaporation.

PETIT (1930) pensait déjà que les fortes concentrations salines, accidentellement notées, deviendraient peu à peu définitives, en raison du dessèchement progressif des régions méridionales de Madagascar. De plus, la région présente plusieurs points d'affleurement de sols salés notamment au pied de reliefs calcaires. Proportionnellement, les eaux douces de résurgence ou d'écoulement sont nettement plus chargées, en SO_4Ca , HCO_3 , que les eaux marines ; elles le sont moins en Cl et en Na. Par le jeu des précipitations de sels dans les zones desséchées, par la redissolution d'une partie de ces sels, par la minéralisation différente des apports variés, par la recombinaison des ions, ainsi que par des facteurs biologiques, les eaux du lac acquièrent leur composition propre, d'ailleurs variable selon les périodes.

TABLEAU I a

Compositions ioniques comparées des eaux (g/l)

	Cl ⁻	Na ⁺	SO ₄ ⁻⁻	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻⁻
Eau de mer moyenne	18,980	10,556	2,650	1,272	0,400	0,380	0,140
Lac Ihotry							
octobre	21,000	12,900	7,900	1,250	1,900	(-)	0,110
juillet	7,062	4,200	1,642	0,375	0,382	0,090	0,168
mars	1,464	0,975	0,767	0,095	0,232	0,036	0,128
moy. 15 éch. (1962-1970)	5,952	3,617	1,736	0,374	0,522	0,098	0,166
Eaux douces							
Puits Ihotry	0,063	0,059	0,040	0,017	0,031	(-)	0,175
Haut-Onilay	0,027	0,005	traces	0,002	0,004	(-)	0,016
Sept-Lacs	0,029	0,037	traces	0,006	0,077	(-)	0,139

TABLEAU I b

Proportions des différents ions (pourcentages)

	Cl ⁻	Na ⁺	SO ₄ ⁻⁻	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻⁻
Eau de mer	55,04	30,61	7,68	3,69	1,16	1,10	0,41
Lac Ihotry, moy.	47,75	29,01	13,92	3,00	4,18	0,79	1,36
Puits Ihotry	16,32	15,28	10,33	4,40	8,03	(-)	45,60

Rapports	$\frac{Ca + Mg}{Na + K}$	$\frac{K}{Na}$	$\frac{Ca}{Mg}$
Eau de mer	0,15	0,036	0,31
Lac Ihotry, moyenne	0,24	0,027	1,40
Puits d'Ihotry	0,81	-	1,82

TABLEAU II

Paramètres physicochimiques mesurés en septembre

N° station	T° eau	Profondeur (m)	Turbidité (m)	pH	Alcalinité totale ml	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	P (mg/l)	Fe (mg/l)	O ₂ (mg/l)	Salinité Na Cl (g/l)	Plancton (cc/m ³)	Conductiv. mhos/cm
1(+)	28	1,80	0,80	7,6	2,5	0,85		1,5	0,10	5,12	4,6	30	2000
2(+)	27	1,70	0,75	7,6	2,5	1,25	tr	1,5	"	5,12	4,9	20	1800
3(+)	26,5	1,00	0,60	7,6	2,5	2,00	"	1,5	"	4,10	6,3	20	2000
4	26	0,80	0,30	7,6	1,8	0,50	"	1,5	"	3,45	6,8	10	2000
5	27	0,70	0,25	7,6	1,8	0,65	"	1,5	"	4,61	6,8	30	1900
6	27,5	0,60	0,25	7,6	1,8	0,50	"	1,5	"	4,20	9,2	30	2100

(+) Stations situées dans le diverticule Ouest, les stations 4, 5 et 6 étant dans le plan d'eau principal.

Mais par rapport à des eaux saumâtres d'origine marine, elles demeurent nettement caractérisées par :

- une teneur relativement faible en Cl,
- et des teneurs plus fortes en SO₄ et voisines en Calcium (tabl. I).

Ces teneurs en Calcium analogues à celles des eaux littorales lagunaires sont l'élément le plus caractéristique. La richesse en sulfates est au contraire un phénomène beaucoup plus général, observé également dans les étangs saumâtres littoraux, en raison du confinement des milieux.

B. LES AUTRES PARAMÈTRES OBSERVÉS

Des analyses d'eau effectuées à une époque où le lac se trouvait à une cote intermédiaire entre la crue et l'étiage ont révélé (tabl. II) :

- une turbidité très importante, surtout dans le lac lui-même où le disque de Secchi disparaît à 25 cm de profondeur ;
- le caractère alcalin de l'eau (pH = 7,6, alcalinité totale comprise entre 1,8 et 2,5 ml) ;
- la teneur élevée en ammoniacque (0,5 à 2 mg/l) et en phosphore (1,5 mg/l) ;
- la faible teneur en oxygène (4,5 à 9,2 mg/l qui représente tout de même 55 à 113 % de saturation. Des teneurs plus faibles sont sûrement observables en l'absence de vents en eaux profondes ;
- la conductivité élevée (2000 mhos/cm).

La salinité était à l'époque relativement faible : 4,6 à 9,2 g/l NaCl soit 13 à 26 % de celle de la mer. Cette salinité est plus élevée dans le plan d'eau principal que dans le diverticule ouest.

Naturellement, en raison du climat et du régime hydrologique, la température et la salinité présentent des variations cycliques annuelles nettes (fig. 2 pour une année normale). Les eaux du lac Ihotry sont riches en plancton malgré leur forte turbidité.

LA FAUNE AQUATIQUE AUTRE QUE LES POISSONS

La faune aquatique a été très étudiée par MARS et RICHARD VINDARD (1972) à la suite de prélèvements à différentes époques de l'année (avril, juillet, octobre et décembre) dans le lac comme dans les mares voisines. Les listes des familles et (ou) des genres établies par ces auteurs sont les suivantes :

Lac Ihotry

Il est toujours pauvre en espèces aquatiques.

PÉRIODE DES BASSES EAUX

Le fond du lac est tapissé de Coléoptères.

PÉRIODE DES HAUTES EAUX

La crue envahit les rives sur plusieurs kilomètres et aussi les mares environnantes, c'est la raison pour laquelle les bords sont plus riches en espèces aquatiques : il a été trouvé des Gastéropodes dont *Planorbis*, des Coléoptères, des Dysticidés et des larves de Libellulidés, de *Notonectes* et de *Naucores*.

Mares environnantes

Tous ces points d'eaux sont le refuge d'une faune aquatique riche et abondante.

EN BASSES EAUX, les récoltes ont notamment comporté :

De nombreux têtards, des Gastéropodes (*Planorbis*), des Coléoptères, Hydrophilidés, Disticidés, Libellulidés et leurs larves, les genres, *Anisops*, *Pleas*, *Micronectes*, *Notonectes*, *Naucores* et les larves de ces deux derniers.

EN HAUTES EAUX

La faune devient très abondante et diversifiée comme le montrent les relevés, réalisés juste avant l'époque des crues maximum, pour 3 mares situées dans la prairie non encore immergée.

TABLEAU III

Récoltes faites en mars dans 3 mares permanentes de la prairie

	Mare 1	Mare 2	Mare 3
Grenouilles et têtards.....	+	+	
Planorbes.....	+	+	+
Coléoptères.....	+	+	+
Mollusques bivalves.....	+	+	+
Chironomes.....	+		
Daphnies.....	+		
Anisops.....	+	+	+
Pleas.....	+	+	+
Micronectes.....	+	+	+
Naucores.....	+		
Sigaras.....		+	
Ranatres.....		+	
Hydrophilidae.....	+		
Dytiques.....	+		
Larves de Libellulidés.....		+	+
Larves d'Agrionidés.....			+
Larves de Mésovélias.....	+		
Larves de Naucores.....	+	+	+
Larves de Nèpes.....		+	
Larves de Dytiques.....		+	+

Ces trois mares présentent donc dans leur peuplement deux groupements semblables : d'une part : *Planorbis*, Coléoptères, Mollusques bivalves, d'autre part : *Anisops*, *Pleas*, *Micronectes*.

Pendant la période de très hautes eaux, en mai, il subsiste quelques mares permanentes à la limite du Bush, non inondées où ont été récoltés Grenouilles, Coléoptères, Anisops, Hydrophiles.

ÉVOLUTION PASSÉE DU PEUPLEMENT PISCICOLE

En dehors des Oiseaux aquatiques, parmi lesquels une importante colonie de Flamands roses, *Phoenicolas minor*, les poissons sont les seuls vertébrés habitant le lac Ihotry ; ils sont représentés par une seule espèce introduite : *Tilapia rendalli*.

Une espèce autochtone peuplait autrefois le lac, le « Kotro », c'est-à-dire, selon toute vraisemblance *Ptychochromis grandidieri* (= *P. oligacanthus*). Cette espèce peuple les eaux littorales douces et lagunaires, jusqu'en des salinités de 20 ‰ (Cl = 11 ‰) environ. La population d'Ihotry était fluctuante selon des époques ; abondante en 1923, elle subissait de fortes mortalités en 1924 et semblait disparaître complètement en 1925. « C'est au cours d'une période

particulièrement sèche (octobre et novembre) que, autour de l'année 1937, *Ptychochromis oligacanthus* fut totalement éliminé, n'ayant pu résister dans une eau devenue beaucoup plus salée que l'eau de mer » (KIENER et MAUGE, 1966).

Importé à Madagascar en 1951 en provenance de Brazzaville, *Tilapia rendalli* fut introduit dans le lac avant 1960, et y persiste depuis, en dépit des périodes de forte salinité des eaux. Ce *Tilapia* aurait donc résisté aux salinités notées en août 1962 (38 ‰ environ), juillet 1966 (45 ‰ environ) novembre 1970 (20 ‰). Or, la même espèce, dans les autres biotopes (eaux libres douces et saumâtres littorales) ne survit pas à des salinités supérieures à 20 ‰ (KIENER, 1964). Cette espèce présente donc un intérêt du fait de son adaptation au biotope particulier du lac Ihotry.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées. La première, peu probable étant donné la configuration des lieux, serait la permanence très localisée en des points d'eau un peu moins salée, lors des périodes de sécheresse, de quelques individus permettant ensuite le repeuplement. La seconde serait la formation d'une race physiologique plus résistante, formée par sélection dans ce milieu isolé. La troisième, une adaptation, facilitée par la composition ionique particulière des eaux d'Ihotry, notamment par l'importance relative à l'ion Ca, qui dans les milieux saumâtres complexes apparaît pour d'autres organismes jouer un rôle dans l'osmorégulation, qu'il faciliterait (voir Discussion).

ÉLÉMENTS DE BIOLOGIE DE *TILAPIA RENDALLI*

Pour des raisons évoquées plus haut le lac Ihotry ne reçoit aucun poisson de l'extérieur. *Tilapia rendalli*, seule espèce présente, se reproduit donc dans le lac. Il nidifie normalement sur les pentes. De tels substrats ne se trouvant que dans le diverticule ouest, la ponte ne peut avoir lieu que pendant la montée des eaux en saison de pluie (novembre, décembre, janvier) même si certains individus sont pubères dès le mois d'octobre, surtout parmi les femelles.

Tilapia rendalli est ordinairement herbivore (HUET, 1970) mais les végétaux supérieurs aquatiques ne constituent en moyenne sur l'année que 20 % de la ration alimentaire de ce poisson au lac Ihotry où ils sont d'ailleurs totalement inexistant pendant les six mois d'étiage. Le reste du bol alimentaire

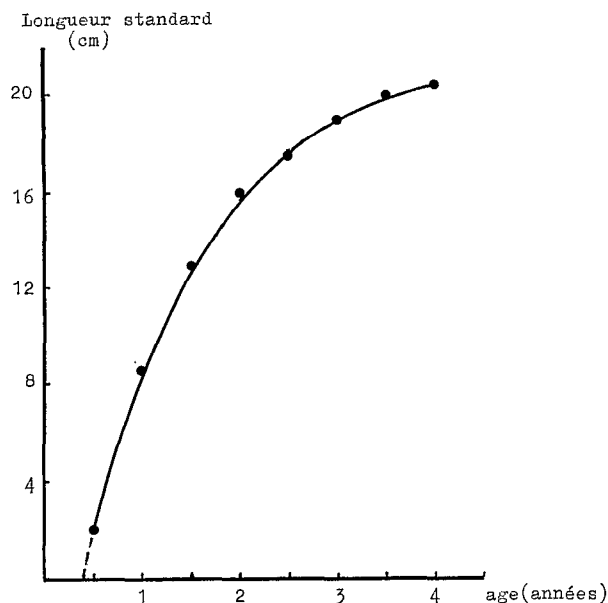


FIG. 3. — Croissance linéaire de *Tilapia rendalli*; Linear growth of *Tilapia rendalli*

Âge.....	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Longueur observée.....	2	8,5	13	16	17,5	19	20	20,5
Longueur calculée.....	1,7	8,4	12,8	15,7	17,2	19	19,9	20,5

comprend 20 % de phytoplancton, 35 % de nourriture d'origine animale (zooplancton et benthos...). Une proportion importante de particules terreuses en suspension (20 %); enfin, une fraction du bol alimentaire (5 %) n'a pu être identifiée avec certitude.

Sur les écailles s'inscrit régulièrement un arrêt de croissance annuel, provoqué par la salinité élevée à l'étiage où les poissons se trouvent concentrés dans un petit volume d'eau leur laissant peu de disponibilités alimentaires individuelles. La longévité de *T. rendalli* ne semble pas dépasser 4 ans; aucune écaille observée n'a présenté plus de 4 annuli.

D'après l'examen des écailles sur 152 poissons, la loi de croissance individuelle établie par la méthode de FORD et WALFORD (*in* DAGET et LEGUEN, 1975) s'écrivait $Lst_t = 21,62 (1 - e^{-0,815(t-0,40)})$ où Lst est la longueur standard (nageoire caudale exclue) en cm et t l'âge en années. La valeur positive et élevée de t_0 , s'explique par la faible croissance des jeunes, très nombreux sur les frayères. La valeur faible de $L \infty$ traduit l'inexistence de gros individus confirmée par l'absence de capture avec des filets à grandes mailles (plus de 4 cm de côté). Les plus gros poissons rencontrés mesuraient 21 cm et pesaient environ 300 g.

La relation poids-longueur s'écrit $W_g = 0,0319 Lst^{3,013}$, W étant en grammes et Lst en cm pour des individus de tailles comprises entre 6 et 21 cm (320 couples de valeurs). Il est possible d'admettre pour b la valeur 3; le coefficient de condition $k = 100 W/L^3$ est donc de 3,19; ce chiffre est notablement plus faible que ceux enregistrés dans les lacs des hauts plateaux malgaches et rappelés ci-dessous :

	Lac Alaotra	Lac Itasy	Lac de Mantasoa	
k	4,25	4,20	4,35	(MOREAU, 1979)

Cette maigreur est un signe des difficultés d'adaptation de *T. rendalli* : 20 % des individus capturés présentaient des lésions oculaires à mettre aussi en relation avec les conditions du milieu. Celles-ci sont défavorables en raison de la salinité déjà évoquée, de la teneur en ammoniacque et du déficit fréquent en oxygène d'une eau chaude et peu profonde pourtant souvent brassée par les vents.

ESSAI D'ÉTUDE DYNAMIQUE DE LA POPULATION PAR LES MODÈLES DE WELCOMME ET HAGBORG

Les importantes variations de surface du lac Ihotry entre la crue et l'étiage invitent à lui appliquer les modèles descriptifs des plaines d'inondations tropicales dus à WELCOMME et HAGBORG (1977)

déjà mis en œuvre pour un autre lac plat malgache le lac Alaotra (MOREAU, 1980).

Une différence notable entre ces deux milieux est la présence d'une abondante végétation aquatique sous forme de marais près du lac Alaotra qui n'a pas son équivalent au lac Ihotry. Contrairement au lac Alaotra, le lac Ihotry est peuplé d'une seule espèce : *T. rendalli* mais cela n'empêche pas la comparaison avec les plaines d'inondation africaines car le modèle de Welcomme et Hagborg prend comme espèces de référence celles des genres *Tilapia* et *Sarotherodon*; elles constituent la majorité de la production exploitée de ces milieux et leur biologie est connue avec assez de précision.

A. PARAMÈTRES BIOLOGIQUES DE LA POPULATION DE *T. rendalli*

Le recrutement

L'âge de recrutement est celui à partir duquel les poissons sont dans ce qu'on appelle la phase disponible et se trouve par conséquent sur les lieux de pêches réels ou potentiels. Les jeunes recrutés se trouvent alors mélangés aux poissons plus âgés.

La taille de recrutement (2 cm) suggérée par WELCOMME et HAGBORG pour les *Tilapia* des plaines d'inondation africaines est celle calculée pour l'âge de 6 mois. Il s'agit là, effectivement d'une estimation possible de l'âge de recrutement. En effet, nés en moyenne au début de janvier, les poissons atteignent cet âge au début de juillet, période où la baisse des eaux commence à induire une concentration des poissons dans un petit volume et par conséquent un brassage des différentes classes d'âge.

La longévité et la croissance

La longévité de *T. rendalli* du lac Ihotry est un peu plus faible que la moyenne admise pour les plaines d'inondation africaines (5 ans). Cette différence se retrouve dans la croissance pondérale. WELCOMME et HAGBORG étudient cette dernière à l'aide du paramètre $G = \text{Log } W_{(t+1)}/W_t$. Au-delà de la taille de recrutement (2 cm), G est admis égal à 3,29 la première année puis 2,53; 1,27; 0,76; 0,51 les années suivantes. Au lac Ihotry, G , calculé de la même façon, est de 5,63 entre 6 mois (âge de recrutement) et 18 mois, puis de 0,98 et de 0,35. Passé l'âge de recrutement, *Tilapia rendalli* du lac Ihotry grossit assez vite la première année mais beaucoup plus lentement que les poissons des plaines d'inondation africaines ensuite, en raison des conditions de milieu spécifiques du lac malgache.

La mortalité totale

Le lac Ihotry n'est pêché qu'à la ligne ou au harpon ce qui introduit une mortalité par pêche négligeable

par rapport à la mortalité naturelle. Toute pêche au filet est absente parce que frappée d'interdit coutumier. En première approximation, la mortalité totale est donc une mortalité naturelle due aux seules conditions de milieu. Il faut remarquer que les jeunes *Tilapia* du lac Ihotry naissent en période de crue alors que l'eau est donc très peu salée et ne présente pas de grandes difficultés d'adaptation physiologique ; de plus, le milieu est dépourvu de poissons ichtyophages et *Tilapia rendalli* assure la protection des jeunes par gardiennage. Cela amène à penser que la mortalité des jeunes pendant leur première année n'est sans doute pas sensiblement plus élevée que celle des adultes ultérieurement. Au-delà de 18 mois, il a été possible, grâce à des pêches à la senne à maille de 2,5 cm nœud à nœud, d'évaluer la mortalité totale à $Z = 1,40$ (taux de survie annuel de 25 %). Sur l'ensemble de la vie du poisson (4 ans), Z serait au total de 5,6. Pour les poissons des plaines d'inondation africaines, WELCOMME et HAGBORG prévoient une mortalité totale apparente de 2,36 la première année puis, les années suivantes, de 1,62 ; 0,71 ; 0,52 ; 0,64. Sur l'ensemble de la vie des poissons la mortalité totale serait de 5,85, valeur analogue à celle observée au lac Ihotry. Une valeur de Z annuel de 1,4 est également à peu près en accord avec ce qui est suggéré par LÉVÊQUE, DURAND ET ÉCOUTIN (1977) pour des poissons tropicaux de longévité proche de 4 ans.

La production exploitée

Le lac Ihotry n'est pratiquement pas pêché mais il est intéressant d'évaluer la production exploitée possible selon les méthodes de WELCOMME et HAGBORG. Ces derniers admettent que les pêcheurs travaillent 42 semaines par an ; ce serait le cas au lac Ihotry si une pêche commerciale se développait. Il est admis que, dans les plaines d'inondation africaines, 1,5 % du peuplement est prélevé chaque semaine par les pêcheurs. Cela représente une mortalité annuelle par pêche, tous calculs faits, de $F = 0,635$.

Pour une telle valeur de F , la production par hectare de lac en crue se calculerait de la façon suivante :

$$112,47 (1/DR)^{0,8088} \text{ avec } DR = \frac{\text{Surface en crue}}{\text{Surface à l'étiage}}$$

On obtient ainsi 16,314 kg/ha/an. La production totale avec un tel effort de pêche serait de 153,6 t. C'est une hypothèse possible de travail car une mortalité par pêche de 0,65 a été observée dans d'autres lacs malgaches exploités intensément c'est-à-dire par 5 à 10 pêcheurs au km² de lac en crue (MOREAU, 1979). Cela supposerait qu'il y ait sur le lac 470 à 940 pêcheurs, chiffre qui est sûrement le maximum possible à cause de la faible densité

de la population humaine de la région et de l'absence de voies de communication vers l'extérieur de la cuvette du lac. Ce dernier ne supporterait vraisemblablement pas un effort de pêche plus intense ; en effet la résilience habituellement élevée de *Tilapia rendalli* est sûrement affectée par les conditions écologiques locales.

DISCUSSION

Le lac Ihotry doit être comparé à d'autres lacs africains de ce type et pour lesquels des informations sont disponibles (BEADLE, 1974 ; TALLING et TALLING, 1965 ; WELCOMME, 1972). Plusieurs lacs salés existent notamment dans la Rift Valley.

Le lac Ihotry se révèle plus riche en calcium et en magnésium que tous les lacs d'Afrique répertoriés par WELCOMME (1972) ; comme dit plus haut, cette abondance de calcium peut expliquer la survie de *T. rendalli* dans des conditions de salinité normalement trop élevées pour lui. Le fait que la présence de calcium favorise l'osmorégulation est depuis longtemps établi chez beaucoup d'espèces (DAWSON et HAUSER, 1970).

Dans les genres *Tilapia* et *Sarotherodon*, il existe des populations vivant effectivement dans des eaux hypersalées et très riches en calcium. LEATHERLAND *et al.* (1974) citent les peuplements de *S. alcalicus* et *S. grahami* des lacs Natron et Magadi. Les auteurs montrent que, chez ces populations, le plasma est plus riche que d'ordinaire en Sodium et en Potassium.

Seuls les lacs suivants : Nakuru, Magadi, Manyara, Metahara, Elmenteita, Abiata, Shala, Rukwa, Turkana et Longano ont une conductivité égale ou plus élevée que celle du lac Ihotry. La même remarque peut être faite au sujet des paramètres suivants : teneur en SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , K^+ , Cl^- (en étiage le lac Ihotry est plus riche que tous les autres lacs cités en Cl^-).

En revanche le pH (7,6) et l'alcalinité totale (1,8 à 2,5 mg/l) sont, au lac Ihotry, parmi les plus faibles observés en Afrique.

Par son régime hydrologique fait de fortes variations de surfaces entre la crue et l'étiage, et son peuplement piscicole composé d'une seule espèce introduite *T. rendalli*, le lac Ihotry est proche du lac Nakuru totalement dépourvu de poissons avant l'introduction en 1953 de *Sarotherodon alcalicus grahami* espèce endémique du lac Magadi (VARESCHI, 1979).

Au lac Nakuru, *S. a. grahami* est devenu phytoplanctophage en raison de l'abondance d'une cyanophycée *Spirulina (= oscillatoria) platensis* et son coefficient de condition 3,3 est voisin de celui de *T. rendalli* au lac Ihotry (3,19), sa taille maximale observée également (21 cm de longueur standard).

S. a. grahami espèce endémique de lacs salés est sûrement mieux adaptée au lac Nakuru que *T. rendalli* typiquement dulçaquicole ne l'est au lac Ihotry. VARESCHI (1979) fait état d'importantes variations de biomasse dues à des mortalités massives accidentelles affectant les adultes et aux changements concomitants dans le recrutement. Rien n'empêche de penser que de pareils accidents puissent survenir au lac Ihotry malgré l'absence d'informations à leur sujet.

Enfin les deux lacs abritent une importante colonie de flamands roses *Phoeniconias minor*, ceux du lac Ihotry quittant semble-t-il celui-ci lors des étiages amenant une trop forte salinité des eaux. D'après les agents forestiers locaux, cette migration conduirait les flamands roses vers les plans d'eau du sud de Madagascar. Il est regrettable qu'aucune donnée précise ne soit disponible sur cette population de flamands roses car cela empêche toute comparaison précise avec le lac Nakuru.

CONCLUSION

Le lac Ihotry apparaît comme un lac salé et parfois hypersalé sur lequel nos connaissances sont insuffisantes, notamment sur le plancton et sur l'avifaune ; cependant les informations actuelles permettent de l'assimiler en première approximation aux lacs salés de la Rift Valley surtout le lac Nakuru.

Après le lac Alaotra (MOREAU, 1980), c'est le second lac plat au sujet duquel on a pu proposer d'employer les modèles de WELCOMME et HAGBORG (1977) descriptifs des pêches en plaines d'inondations africaines. C'est pourquoi il faut suggérer de tester ces derniers sur d'autres lacs plats africains pour lesquels des informations sont disponibles en plus grande quantité qu'au lac Ihotry.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.,
le 8 juillet 1981.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEADLE (L. C.), 1974. — The inland waters of tropical Africa, *Ed Longman, Londres*, 365 p.
- BIGOT (L.), 1970. — Contribution à l'étude écologique des peuplements halophiles de la région de Tuléar (Madagascar). *Ann. Univ. Madag., Sci.*, 7 : 113-138.
- DAGET (J.) et LE GUEN (J. C.), 1975. — Les critères d'âge chez les poissons. In LAMOTTE M. et BOURLIERE F. : Problèmes d'Écologie : La démographie des populations de vertébrés. *Éd. Masson, Paris*, 253-289.
- DAWSON (R. M. C.) et HAUSER (H.), 1970. — In CUTHBERT A. W., Calcium and cellular function. *Ed. Mac Millan and Co. Londres*, 17-41.
- HUET (M.), 1970. — Traité de pisciculture, 4^e éd., Ch. Dewyn-gaert éditeur, Bruxelles, 718 p.
- KIENER (A.), 1964. — Poissons, Pêche et Pisciculture à Madagascar. *Publ. C.T.F.T. Nogent-sur-Marne*, 24, 244 p.
- KIENER (A.) et MAUGE (M.), 1966. — Contribution à l'étude systématique et écologique des poissons cichlidés endémiques de Madagascar. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat. n. s. Zool.*, 40 A (2), 99 p.
- LEATHERLAND (J. F.), HYDER (M.) et ENSOR (D. M.), 1974. — Regulation of plasma Na⁺ and K⁺ concentrations in five African species of *Tilapia* fishes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 48 A : 699-710.
- LÉVÊQUE (C.), DURAND (J. R.) et ÉCOUTIN (J. M.), 1977. — Relation entre le rapport P/B et la longévité des organismes. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. XI, n° 1 : 17-32.
- MARS (P.) et RICHARD-VINDARD (G.), 1972. — Contribution à l'étude écologique des peuplements du lac Ihotry, région de Tuléar, Madagascar. *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, 18 : 666-675.
- MOREAU (J.), 1979. — Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude. Thèse Doct. État, I.N.P. Toulouse, 38, 345 p.
- MOREAU (J.), 1980. — Essai d'application au lac Alaotra (Madagascar) d'un modèle d'étude des pêcheries pour les plaines d'inondation intertropicales. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. XIII, n°s 1-2 : 83-91.
- PETIT (G.), 1930. — L'industrie des pêches à Madagascar. *Éd. Géog. Marit. & Col.*, Paris, 392 p.
- SÉGALEN (P.) et MOUREAUX (C.), 1948. — Étude géologique et pédologique de la région de Morombé-Tanandava. *Doc. multig. O.R.S.T.O.M. Madagascar*, 68 p.
- TALLING (J. A.) et TALLING (I. B.), 1965. — The chemical composition of african lake waters. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, 50 (3) : 421-463.
- VARESCHI (E.), 1979. — The Ecology of Lake Nakuru (Kenya), II. Biomass and spatial distribution of Fish (*Tilapia grahami* Boulenger = *Sarotherodon alcalicum grahami* Boulenger). *Oecologia* (Berl.), 37 : 321-335.
- WELCOMME (R. L.), 1972. — Les eaux intérieures d'Afrique. C.I.F.A. Tech. Pap. 1, F.A.O., Rome, 117 p.
- WELCOMME (R. L.) et HAGBORG (D.), 1977. — Towards a model of a floodplain fish population and its fisheries. *Env. Biol. Fish.*, 2 (1) : 7-24.