

ORSTOM , 1983

RAPPORT D' ELEVE

MARC LEGENDRE

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: A * 15722 Ex: 5

RESUME

Ma formation d'élève ORSTOM, effectuée dans le domaine de l'ichtyologie, est axée sur l'aquaculture.

La première année, avant l'affectation à Abidjan, a permis la réalisation d'un travail bibliographique. Celui-ci s'est traduit par la rédaction (avec B. JALABERT) d'une revue sur les connaissances acquises en physiologie de la reproduction des poissons africains, où l'on fait référence à près de 200 articles. Cette étude, présentée en annexe, a été d'une grande importance car elle m'a permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine de la physiologie de la reproduction, qui est aussi celui de ma formation universitaire.

Deux stages, effectués l'un au C.R.O. d'Abidjan et l'autre dans plusieurs laboratoires israéliens, ont marqué la seconde année de formation.

. Le stage au C.R.O. d'Abidjan (1 an)

Dans l'ensemble, les travaux effectués ont poursuivi ceux qui avaient été entrepris durant ma période de VSN. Ils ont été les suivants :

- La préparation de quatre publications, dont deux sont achevées et présentées en annexe. Elles portent sur :
 - . les espèces colonisatrices des étangs de la station de pisciculture de Layo (avec J.J. ALBARET)
 - . la systématique et la bio-écologie des Mugilidae des eaux saumâtres de Côte d'Ivoire (avec J.J. ALBARET).
 - . la bio-écologie, la pêche et l'élevage des tilapias lagunaires, S. melanotheron et T. Guineensis (avec J.J. ALBARET et J.M. ECOUTIN)
 - . des observations préliminaires sur la croissance des tilapias lagunaires en élevage en enclos.
- L'étude de la biologie de la reproduction des tilapias lagunaires avec une comparaison entre milieu naturel et élevage

La motivation et le protocole en sont décrits. Cette étude, réalisée sur un cycle annuel, est encore en cours et la présentation des résultats, qui demande une analyse d'ensemble, ne pourra être faite qu'à la fin de ce cycle.
- L'étude de la croissance des tilapias lagunaires en cage-enclos

Bien que l'expérimentation soit encore en cours, plusieurs tendances peuvent déjà être dégagées :

 - . chez ces deux espèces, les mâles présentent une croissance potentielle supérieure à celle des femelles⁽¹⁾ et le résultat inverse observé en élevage mixte n'est qu'une conséquence de l'incubation buccale.
 - . La croissance la plus rapide est obtenue en élevage monosexé mâle avec S. melanotheron, elle est de 0,5 g/j.

(1) chez S. melanotheron

- . Une densité de 150 poissons/m³ semble pouvoir être utilisée sans ralentissement important de la croissance.
- . Un mauvais rendement de l'alimentation artificielle est constaté, qui compromet la rentabilité de l'élevage.

Les différentes alternatives envisageables pour l'avenir de l'élevage du tilapia dans les lagunes ivoiriennes sont discutées.

- L'étude de la croissance d'*Heterobranchus longifilis* (clariida en enclos

Bien que préliminaire, l'expérimentation a montré que la croissance de cette espèce est excellente (9,5 g/j) et que son élevage peut être envisagé en lagune, au moins en zone oligohaline.

. Le stage en Israël . (2 mois)

Durant ce stage, au cours duquel j'ai participé au Symposium sur le tilapia en aquaculture (Nazareth), puis visité sept laboratoires ou fermes piscicoles, l'attention a été portée essentiellement sur les techniques générales de la pisciculture et les méthodes de contrôle de la reproduction des tilapias. Un compte rendu détaillé en est donné.

En conclusion, l'accent est mis sur le caractère diversifié de cette formation, diversité d'ailleurs essentielle pour l'acquisition d'une vision d'ensemble des problèmes liés à l'aquaculture.

Toutefois, pour l'avenir, une activité scientifique, plus focalisée sur la reproduction des poissons et sur son contrôle en élevage, est proposée. Dans ce sens, un stage complémentaire va être effectué, à Wageningen (Pays-Bas), dans un laboratoire spécialisé en physiologie de la reproduction des Clariidae.

SOMMAIRE

1.	Présentation du rapport	1
2.	Séjour en France	3
2.1.	Le Laboratoire de Physiologie des Poissons de l'INRA	3
2.2.	Le Museum d'Histoire Naturelle	3
2.3.	Mission à la FAO	4
3.	Stage au Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan	4
3.1.	Introduction	4
3.2.	Publications	4
3.3.	Etude de la biologie de la reproduction des tilapias lagunaires	6
3.3.1.	Introduction	6
3.3.2.	Le Protocole Expérimental	7
3.3.3.	Analyse des résultats	11
3.4.	Etude de la croissance des tilapias lagunaires en élevage	12
3.4.1.	Introduction	12
3.4.2.	Croissance et comportement en enclos	12
3.4.2.1.	La croissance	12
3.4.2.2.	Le comportement	13
3.4.3.	Croissance en cage-enclos	14
3.4.3.1.	Matériel et méthodes	14
3.4.3.2.	Résultats	17
3.4.4.	Réflexion sur l'avenir de la culture du tilapia dans les lagunes invoiriennes	20
3.4.4.1.	Les tilapias lagunaires autochtones	21
3.4.4.2.	Les espèces de tilapias allochtones	22
3.4.5.	Conclusions	24
3.5.	Essais préliminaires d'élevage avec les poissons du genre Heterobranchus	25
3.5.1.	Introduction	25
3.5.2.	Matériel et méthodes	25
3.5.3.	Résultats	26
3.5.4.	Conclusions	27

4. Stage en Israël	29
4.1. Introduction	29
4.2. Symposium sur le tilapia en aquaculture (Nazareth)	29
4.3. Situation générale de la pisciculture en Israël	31
4.3.1. Le cadre général	.
4.3.1.1. Niveau et unités de production	31
4.3.1.2. Contraintes et objectifs actuels	31
4.3.1.3. Organisation de la profession	33
4.3.2. Caractéristiques de l'élevage	33
4.3.2.1. Les écloseries	33
4.3.2.2. l'élevage larvaire et le prégrossissement	34
4.3.2.3. le grossissement	35
4.3.3. Les Espèces	36
4.4. Les méthodes de contrôle de la reproduction du tilapia	39
4.4.1. Contrôle négatif	40
4.4.1.2. l'élimination des oeufs ou des alevins	40
4.4.1.3. l'élevage de populations monosexes mâles	41
4.4.2. Contrôle positif	46
4.4.2.1. reproduction naturelle en aquarium	46
4.4.2.2. reproduction semi naturelle	46
4.4.2.3. l'insémination artificielle	47
4.4.3. Conclusions	
4.5. Compte rendu de séjour	48
4.5.1. Institut VOLCANI (DOR, BEIT DAGAN)	48
4.5.2. Kibbutz de GAN/SCHMUEL	50
4.5.3. Kibbutz de EIN HAMIFRATZ	51
4.5.4. Station de GINOSSAR	51
4.5.5. Université de TEL AVIV	53
4.5.6. Laboratoire de Mariculture d'EILAT	53
5. Conclusion générale et perspectives	56
 Annexe 1	
 Annexe 2	
 Annexe 3	

1. PRÉSENTATION DU RAPPORT

Recruté à l'ORSTOM comme élève en ichtyologie et, plus spécifiquement en aquaculture, j'ai suivi une formation de deux années effectuée sous la responsabilité scientifique de J.R. DURAND et C. LEVEQUE.

Mon activité et les résultats obtenus au cours de cette formation, ainsi que l'orientation scientifique qui en résulte, sont présentés dans ce rapport.

Les travaux réalisés en première année, effectués pour l'essentiel en France, sont rappelés brièvement et l'attention est portée plus particulièrement sur ceux réalisés en seconde année au cours de laquelle deux stages ont été effectués :

- . l'un au Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan, où un travail sur la biologie et l'élevage de deux espèces de tilapias lagunaires a notamment été entrepris,
- . l'autre en Israël, où sept fermes et laboratoires ont été visités et durant lequel les techniques générales de la pisciculture et les méthodes de contrôle de la reproduction des tilapias ont été étudiées.

CHRONOGRAMME

. du 01.10.81 au 31.12.81
en stage au Laboratoire de Physiologie des Poissons de l'INRA,
à Jouy-en-Josas

. du 01.12 au 02.12
visite du Laboratoire de physiologie des Poissons de l'INRA,
à Rennes

. du 14.12 au 19.12
mission à la FAO, à Rome

. du 01.01.82 au 15.05.82
en attente d'affectation au Museum d'Histoire Naturelle
Deux semaines de congés ont été prises durant cette période

. du 19.04 au 21.04
participation aux troisièmes journées nationales de l'Aqua-
culture, à Paris

. du 16.05.82 au 01.05.83
en stage au Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan

. du 01.05.83 au 06.05.83
à l'ORSTOM, Paris (en transit)

. du 08.05.83 au 30.06.83
en stage en Israël

. du 08.05 au 13.05
participation au Symposium sur le tilapia en aquaculture

. du 13.05 au 30.06
visite des laboratoires et fermes piscicoles

. du 01.07.83 au 31.08.83
en congé

. à partir du 05.09.83
en stage au "Department of Fish Culture and Inland
Fisheries" à Wageningen (Hollande)

2. SÉJOUR EN FRANCE

Le temps passé en France a été partagé entre le Laboratoire de Physiologie des Poissons de l'INRA et le Museum d'Histoire Naturelle. Une mission de courte durée à la FAO à Rome a été effectuée durant ce séjour.

2.1. Le Laboratoire de Physiologie des Poissons de l'INRA

Ce Laboratoire, situé à Jouy en Josas, est dirigé par R. Billard. Il m'est bien connu car j'y ai travaillé une année, en tant qu'étudiant de troisième cycle, sur les méthodes de conservation du sperme de diverses espèces de poissons.

L'objectif principal de ce stage de trois mois était de préparer mon activité scientifique à venir, en réalisant une documentation approfondie sur les thèmes :

- . la biologie et l'élevage des tilapias
- . la physiologie de la reproduction des poissons.

J'ai profité de ma présence à l'INRA pour aborder l'étude de deux techniques d'analyse génétique : l'électrophorèse sur gel d'amidon (avec R. Guyomard) et la caryologie (avec D. Chourrout). Nous souhaitions disposer de technologies permettant d'identifier deux espèces morphologiquement voisines et difficiles à séparer, telles que chrysichthys walkeri et Chrysichthys filamentosus par exemple. Plus qu'un véritable apprentissage de ces techniques, c'est un aperçu des difficultés et du matériel nécessaire à leur application qui était visé. Toutefois, il est rapidement apparu que la caryologie n'était pas appropriée pour ce type de travail, le nombre de chromosomes étant généralement le même chez deux espèces voisines, et que l'électrophorèse demandait une spécialisation poussée pour être bien utilisée. Un rapport détaillé sur ces techniques a été rédigé et est à la disposition des personnes intéressées.

2.2. Le Museum d'Histoire Naturelle

Le séjour au Museum a été effectué dans l'attente de l'autorisation de rejoindre mon lieu d'affectation (Abidjan) ; ce n'est donc pas un stage à proprement parler. Cette attente, qui s'est prolongée sur près de quatre mois, a cependant été mise à profit. L'étude bibliographique engagée à l'INRA a été poursuivie, à la suite de la visite du Laboratoire de Physiologie des Poissons de l'INRA à Rennes. Cette étude bibliographique a été concrétisée par la rédaction, en collaboration

avec B. Jalabert, Directeur de ce Laboratoire, d'une revue sur la reproduction des poissons africains. Ce travail est présenté dans l'annexe n° 1. Il constitue l'un des chapitres du livre "Biologie et écologie des poissons africains d'eau douce" édité par C. Lévêque et M. Bruton.

Il faut insister sur l'importance de cette étude bibliographique, elle m'a permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine de la physiologie de la reproduction des poissons, qui est celui de ma formation universitaire.

2.3. La FAO à Rome

Cette mission de quatre jours effectuée à la FAO à Rome avait pour objet une prise de contact avec Messieurs Coche, Vincke et Pedini, experts en aquaculture, auprès desquels j'ai pu obtenir d'intéressantes informations sur l'état de développement de l'aquaculture dans différents pays. Un grand nombre de documents publiés par la FAO, difficiles à se procurer par ailleurs, ont aussi été collectés.

Un rapport concernant cette mission a été adressé au Service de la Formation.

3. STAGE AU CENTRE DE RECHERCHES OCÉANOGRAPHIQUES D'ABIDJAN

3.1. Introduction

Le travail effectué durant ce stage d'une année au Centre de Recherches Océanographiques a poursuivi celui qui avait été engagé durant ma période de VSN.

Il a consisté à exploiter et à rédiger des résultats déjà acquis et à suivre deux protocoles expérimentaux nouveaux mais complémentaires d'études antérieures portant, l'un sur l'étude de la biologie de la reproduction et, l'autre, sur la croissance en cage-enclos des tilapias lagunaires Sarotherodon melanotheron et Tilapia guineensis. Une expérimentation préliminaire sur la croissance d'Heterobranchus longifilis en élevage a aussi été effectuée.

3.2. Publications

Au cours de l'année passée au CRO d'Abidjan, quatre publications ont été préparées. Deux de ces publications ont été rédigées et sont jointes en annexe. La rédaction des deux autres sera achevée en début d'année 1984.

Au cours de ma période de VSN, une prise de connaissance du milieu (lagune Ebrié) et de la systématique des espèces locales a été effectuée grâce à une participation fréquente au programme d'étude de la Synécologie des peuplements lagunaires. Cette connaissance préalable m'a permis de dresser l'inventaire des espèces colonisatrices des étangs de la station de pisciculture de Layo. Avec J.J. Albaret, nous nous sommes livrés à une réflexion sur l'origine et l'incidence possible de ces espèces sur l'élevage. Celle-ci a donné lieu à la rédaction d'une note présentée dans l'annexe n° 2.

Parallèlement, l'intérêt potentiel des Mugilidés pour l'élevage étant souvent évoqué, nous nous sommes intéressés à l'identification systématique des espèces de mullets présentes en lagune Ebrié.

Outre Liza falcipinnis et Liza grandisquamis déjà signalées en lagune par Daget et Iltis (1965), trois nouvelles espèces ont été identifiées : Mugil cephalus, Liza dumerilii et Mugil curema. Une note donnant une clé de terrain pour la détermination de ces espèces ainsi que les grands traits de leur bioécologie est actuellement préparée avec J.J. Albaret.

Un travail de synthèse, effectué avec J.J. Albaret et J.M. Ecoutin, portant sur l'ensemble des données existantes en bioécologie, pêche et aquaculture des tilapias lagunaires est aussi en cours de préparation.

Les résultats portant sur la croissance et le comportement des tilapias lagunaires en élevage en enclos sont présentés dans l'annexe n° 3. Ces résultats et ceux d'une expérimentation plus récente sur la croissance en cage-enclos sont discutés dans la suite de ce rapport.

De plus, j'ai participé activement, avec l'ensemble de l'équipe "aquaculture", à l'élaboration du scénario et au tournage du film "La recherche en aquaculture : l'exemple des lagunes ivoiriennes".

3.3. Etude de la biologie de la reproduction des tilapias lagunaires

3.3.1. Introduction

Les modalités de la reproduction différencient nettement les deux espèces de tilapias lagunaires, T. guineensis est un pondéur sur substrat, alors que chez S. melanotheron les oeufs sont incubés par le mâle. La distinction entre les genres Tilapia et Sarotherodon est d'ailleurs basée sur cette différence comportementale (TREWAVAS, 1982).

L'objectif de cette étude est d'acquérir une connaissance détaillée de la biologie de la reproduction de ces deux espèces. Elle porte sur la population naturelle de la lagune Ebrié mais aussi sur une population d'élevage conservée en enclos à la station de Layo. Une comparaison des résultats obtenus dans ces deux milieux permettra d'évaluer l'incidence de l'élevage sur la reproduction.

En plus de son caractère fondamental, la motivation de cette étude est d'apporter des éléments,

- . d'une part pour la compréhension de la dynamique des populations naturelles, activement exploitées par la pêche ;
- . d'autre part pour la gestion de la culture de ces espèces et, en particulier, dans le cadre d'une éventuelle production massive d'alevins.

Débutée en milieu naturel par JM. ECOUTIN, cette étude a été étendue au milieu d'élevage, en 1981, avec ma collaboration. Bien que des résultats assez complets concernant certains points particuliers aient alors été obtenus, plusieurs autres devaient à être précisés :

- . chez T. guineensis, les données de fécondité obtenues à partir du milieu naturel étaient séparées en deux ensembles de points statistiquement distincts. Ceci suggérerait l'existence de deux sous-populations de cette espèce en lagune Ebrié, mais pouvait aussi résulter de problèmes d'échantillonnage.

- . chez cette même espèce, mais en élevage, une très faible corrélation entre la fécondité et la taille ou le poids des poissons ($r = 0,30$) avait été observée pour l'ensemble des résultats obtenus au cours de trois échantillonnages réalisés à deux mois d'intervalle.

Par contre, une bonne corrélation était observée pour chacun des échantillons analysés séparément. Ceci suggérerait l'existence de variations saisonnières de la fécondité.

. La reproduction des tilapias lagunaires est continue, des individus matures pouvant être observés tout au long de l'année. Toutefois, les premiers résultats laissaient également supposer l'existence de variations saisonnières dans l'intensité de l'activité sexuelle.

Pour disposer de données plus complètes, portant sur un cycle annuel avec une comparaison simultanée de la reproduction des populations naturelles et d'élevage, un nouveau protocole a été mis en place avec JM. ECOUTIN. Celui-ci a débuté en septembre 1982 et prendra fin en octobre 1983, de façon à avoir une période de recouvrement. Le suivi de l'expérimentation est assuré par JM. ECOUTIN assisté de P. DESFOSSÉS durant mon absence d'Abidjan

3.3.2. Le protocole expérimental

Cette étude de la biologie de la reproduction comporte sept aspects interdépendants :

1. Description des stades sexuels et structure des gonades
2. Cycle saisonnier
3. Taille de première maturation
4. Fécondité
5. Fréquence de ponte
6. Nidification chez T. guineensis
7. Efficacité de la reproduction chez S. melanotheron

Les quatre premiers points sont étudiés parallèlement en élevage et dans le milieu naturel, à partir d'échantillons mensuels comportant pour chaque milieu et pour chaque espèce une centaine d'individus, dont une quinzaine de femelles au stade 4 de maturation pour le calcul des fécondités.

Les points 5, 6 et 7 font l'objet de protocoles indépendants effectués à la station de Layo.

...

En élevage, l'échantillonnage est simple. Les poissons des deux espèces, placés en mélange dans un enclos de 625 m² et recevant un aliment granulé (formule II détaillée dans l'annexe n° 3), sont capturés chaque mois à l'aide d'une grande senne.

Pour le milieu naturel, le protocole d'échantillonnage a été plus délicat à mettre en place. Nous aurions bien sûr souhaité disposer de tilapias provenant du secteur IV de la lagune Ebrié, dans lequel se situe la station de Layo. Toutefois, cela n'a pas été possible car :

- . la pêche au grand filet était arrêtée sur l'ensemble de la lagune.
- . la pêche à l'épervier n'est que peu pratiquée dans ce secteur, et réalisée par un pêcheur du CRO elle aurait été assez aléatoire (capture moyenne de 2 à 3 poissons à l'heure).
- . l'utilisation de la senne tournante du CRO, bien que pouvant intéresser d'autres programmes, n'a pas été autorisée pour raisons financières.

La solution adoptée en définitive consiste à acheter les poissons aux pêcheurs travaillant dans les secteurs lagunaires V et VI, les déplacements étant effectués au moyen d'une embarcation rapide.

. Processus de maturation des gonades
Description des stades sexuels

L'échelle de maturation utilisée s'inspire de celle donnée par DURAND et LOUBENS (1970) pour Alestes baremoze. Elle a été modifiée pour prendre en compte les particularités des espèces étudiées.

neuf stades sont définis :

- stade 0 : femelle immature (avant la première maturation)
- stade 1 : femelle prépubère ou au repos sexuel (après la première maturation)
- stade 2 : femelle en début de maturation
- stade 3 : femelle en maturation
- stade 4 : femelle en maturation avancée
- stade 5 : femelle mûre, prête à pondre
- stade 6 : femelle venant de pondre
- stade 6-2 : femelle en reprise de maturation après la ponte
- stade 6-3 : femelle en nouvelle maturation après la ponte

...

Ils sont déterminés par l'examen macroscopique des gonades et par le rapport gonado-somatique. Les stades 6-2 et 6-3 se distinguent des stades 2 et 3 essentiellement par une vascularisation plus marquée de la gonade et par la présence de gros ovocytes atrétiques. Leur existence vient de ce que les tilapias effectuent plusieurs cycles de reproduction successifs et leur prise en compte est importante, en particulier pour déterminer la taille de première maturation. En lagune Ebrié où la reproduction est continue au niveau de la population, le retour au repos sexuel d'une femelle donnée est d'ailleurs incertain. En effet, une fois la maturité atteinte, une même femelle pourrait effectuer des cycles de reproduction successifs sans discontinuer avec un passage direct du stade 6-3 au stade 4.

Pour mieux comprendre le processus de maturation des gonades, une étude histologique de chacun des stades sexuels est en cours. Elle permettra, en particulier, de préciser le décalage qui existe dans l'avancement de la vitellogenèse des différents stocks d'ovocytes présents dans la gonade (la distribution de fréquence des diamètres d'ovocytes est bimodale chez les deux espèces étudiées). Chez les mâles, l'histologie est également nécessaire pour suivre l'évolution du testicule pour lequel les critères macroscopiques de maturité sont moins évidents.

Le cycle saisonnier

Les variations saisonnières dans l'intensité de l'activité sexuelle sont étudiées en suivant l'évolution, au cours du cycle annuel, des fréquences relatives des femelles appartenant aux différents stades de maturation sexuelle.

Pour tenter de relier ces variations avec celles des facteurs externes, la salinité, la température, la turbidité et la hauteur de l'eau sont régulièrement mesurées à proximité des enclos. La pluviométrie ainsi que la durée et l'intensité d'éclairement seront aussi prises en compte.

La taille de première maturation

La taille de première maturité est définie comme étant la longueur à laquelle 50 % des femelles se trouvent à un stade de maturation sexuelle supérieure ou égal au stade 3 (du premier cycle sexuel).

La fécondité

La définition adoptée pour la fécondité est celle proposée par ALBARET (1982) : la fécondité correspond au nombre d'ovocytes qui appartiennent au groupe modal le plus avancé et qui correspond grossièrement au nombre des oeufs qui seront émis à la ponte.

Les comptages sont effectués sur des échantillons formolés, prélevés sur des femelles dont les ovaires sont au stade 4 de maturation. Chez S. melanotheron, les ovocytes sont dénombrés en totalité sur l'ensemble de la gonade. Chez T. guineensis, en raison d'une fécondité plus élevée, les comptages sont effectués sur une fraction qui correspond à environ 1/6 de la gonade, puis extrapolés à l'ensemble.

La fréquence de ponte

La fréquence de ponte, ou intervalle séparant deux pontes successives est un paramètre important à considérer en élevage pour la planification d'une production massive d'alevins. Elle permet, par ailleurs, d'estimer la fécondité, qui selon une autre définition correspond au nombre de jeunes produits annuellement (MIRES, 1982) ou au cours de la vie (LOWE Mc CONNELL, 1955).

La fréquence de ponte est difficile à évaluer dans le milieu naturel, mais peut être déterminée en aquarium.

A cet effet, une série de huit aquariums a été installée à la station de Layo. La fréquence des pontes est observée par L. TREBAOL en mon absence d'Abidjan.

Il faut, toutefois, signaler que la généralisation des résultats obtenus en aquarium est délicate car ceux-ci dépendent des conditions de l'environnement, de l'alimentation notamment (MIRANOVA, 1977).

La nidification chez T. guineensis

Au moment de la ponte, T. guineensis édifie un nid au niveau duquel les oeufs puis les alevins sont l'objet d'une garde parentale vigilante. Des observations effectuées dans différentes conditions montrent que les nids présentent une forme très variée en fonction de la nature du substrat sur lequel ils sont établis :

Sur fond de sable, ils ont la forme d'une simple cuvette, alors que sur un substrat plus ferme (argileux, par exemple) ils se compliquent par l'édification de galeries qui s'enfoncent dans le sédiment. Cette dernière forme de nids est la plus communément observée en lagune. Dans les enclos, ces galeries peuvent atteindre des dimensions considérables nettement supérieures à celles observées dans le milieu naturel, ce qui limite d'ailleurs les possibilités de culture de T. guineensis dans cette structure d'élevage. Lorsque le substrat ne se prête pas à la construction d'un nid, en bassin en béton par exemple, les oeufs sont alors collés sur les parois du bac. Il est à noter qu'une ponte collée sur un tronc de cocotier a aussi été observée en enclos.

T. Guineensis présente donc une remarquable faculté d'adaptation dans son comportement de reproduction, caractérisée par une grande souplesse vis-à-vis du substrat de ponte disponible. Il semble, toutefois, que cette possibilité d'adaptation ait des limites car, si la ponte peut être observée dans des conditions très diverses, la nature du substrat aurait néanmoins une influence sur la fréquence des pontes (DADZIE, Comm. Pers.).

Dans le cadre de cette étude, nous souhaitions, en particulier effectuer une comparaison statistique dans la taille des nids entre les enclos et le milieu naturel à Layo, mais les mensurations ont été empêchées par une trop forte turbidité de l'eau.

L'efficacité de la reproduction chez *S. melanotheron*

L'efficacité de la reproduction est analysée par une comparaison globale, en fonction de la taille ou du poids des individus, entre la fécondité des femelles (au sens défini par ALBARET, 1982) et le nombre d'alevins incubés par les mâles.

Ce type d'étude avait déjà été réalisé chez T. leucosticta où les oeufs sont incubés par la femelle (WELCOMME, 1967), mais n'a encore jamais été effectuée chez une espèce où le mâle est l'incubateur.

Notre étude est réalisée dans les conditions de l'élevage, les mâles en incubation étant capturés dans les enclos à Layo. Jusqu'à présent, 93 "portées" ont été dénombrées. Une expérimentation complémentaire est réalisée en aquarium pour tenter de cerner les préférences dans l'appariement des couples.

3.3.3. Analyse des résultats

Une présentation détaillée des résultats déjà obtenus ne se justifie pas dans le cadre de ce rapport car, pour plusieurs des points étudiés, ils sont encore partiels. Or, contrairement à l'étude de la croissance, présentée dans le chapitre suivant, où il est possible de faire le point au fur et à mesure, en biologie de la reproduction une interprétation correcte suppose une analyse de l'ensemble des résultats ; celle-ci ne pourra être effectuée que lorsque le cycle annuel en cours sera terminé.

Rappelons aussi que, pour l'étude de la fécondité (60 gonades à analyser par mois) une aide technique nous avait été accordée en la personne de H. LE HOUELLEUR, mais il n'a pas été remplacé après son départ anticipé et ceci a entraîné un retard sensible dans les comptages.

3.4. Etude de la croissance du Tilapia guineensis et de Sarotherodon melanotheron en élevage

3.4.1. Introduction

Jusqu'à un passé récent S. niloticus, initialement introduit par le Centre Technique Forestier Tropical, était en côte d'Ivoire la seule espèce de tilapia d'élevage et son exploitation était limitée aux eaux douces continentales. Dans le cadre d'une volonté de valorisation des plans d'eau lagunaires et compte tenu de la forte croissance de cette espèce qui lui confère un intérêt certain, des essais d'élevage de S. niloticus en lagune ont été réalisés ces dernières années. Ceux-ci n'ont cependant pas abouti aux résultats attendus, car, en eau saumâtre, S. niloticus est atteint par une maladie qui décime périodiquement les élevages.

Il paraissait, dès lors, fondamental d'évaluer les potentialités pour l'élevage des espèces autochtones, T. guineensis et S. melanotheron, qui sont naturellement adaptées au milieu lagunaire. Elles sont, de plus, très appréciées localement et de consommation courante.

Dans ce sens, deux séries d'expérimentation ont été effectuées à la station d'aquaculture de Layo. Au cours de la première expérimentation, la croissance et le comportement des tilapias lagunaires ont été observés en enclos, et durant la seconde en cage-enclos.

3.4.2. Croissance et comportement des tilapias lagunaires en enclos

Les résultats obtenus au cours de cette expérimentation sont détaillés dans l'annexe n° 3 rédigée en vue de leur publication dans les Documents Scientifiques du CRO. En voici les principales conclusions :

3.4.2.1. La croissance

Comparaison entre espèces (sexes non séparés)

Durant l'alevinage et le début du prégrossissement (jusqu'à environ 5 g) S. melanotheron présente une croissance nettement supérieure à celle de T. guineensis. Cette différence s'atténue progressivement et, durant la phase de grossissement réalisée en enclos, la croissance de T. guineensis s'est avérée la plus rapide.

...

Toutefois, compte tenu du temps extrêmement limité pour réaliser cette étude, les courbes de croissances avaient été établies à partir d'individus répartis dans deux classes de tailles échelonnées, suivies simultanément. Ce procédé, assez critiquable, avait clairement conduit à une surestimation des durées de la phase de grossissement (arrêts de croissance) et celles-ci demandaient à être précisées.

• Comparaison entre mâles et femelles en élevage à sexes non séparés

Au cours du grossissement, d'importantes différences ont été observées dans la croissance des mâles et des femelles des deux espèces étudiées.

Chez S. melanotheron, les accroissements journaliers du poids moyen étaient de 0,16 et de 0,34 g/j, respectivement pour le mâle et pour la femelle. L'influence de l'incubation buccale pratiquée par le mâle, durant laquelle il ne se nourrit pas, avait été évoquée pour expliquer cette différence.

Chez T. guineensis, les écarts observés dans la croissance des mâles (0,38 g/j) et des femelles (0,30 g/j) étaient moindres, mais significatifs.

Il en résultait que des résultats optimaux ne pourraient être atteints qu'en élevage monosexé, mais la différence de croissance entre les sexes élevés séparément restait à tester.

3.4.2.2. Le comportement en enclos
Nécessité d'une autre structure d'élevage

La gestion pratique de l'élevage des tilapias lagunaires en enclos est rendue délicate par certains aspects de leur comportement. Chez T. guineensis, trois problèmes : nidification lors de la reproduction, prolifération d'alevins et difficulté de recapture. Chez S. melanotheron, malgré une importante activité sexuelle, seule la difficulté de recapture est vraiment gênante.

L'utilisation d'une nouvelle structure d'élevage, la cage-enclos (décrite dans l'annexe n° 3), avait été proposée pour résoudre ces problèmes, mais elle devait aussi être testée.

...

3.4.3. Croissance des tilapias lagunaires en cage-enclos

En conséquence de ce qui précède, les objectifs de cette nouvelle expérimentation sont les suivants :

- . obtenir des données plus fiables sur la durée de la phase de grossissement (entre 10 et 150-200 g).
- . comparer, pour ces deux espèces, les croissances des mâles et des femelles placés en élevage mixte ou monosexé. On espère, ainsi, être en mesure d'effectuer des choix pour l'avenir : choix d'une espèce, choix d'un sexe.
- . tester la structure d'élevage qui constitue la cage-enclos.
- . rechercher la densité optimale d'élevage dans cette structure.

3.4.3.1. Matériel et méthodes

L'expérimentation qui a débuté en septembre 1982 est encore en cours*, elle ne s'achèvera que lorsque le poids moyen de 150 g aura été dépassé dans les différents lots expérimentaux, poids à partir duquel la commercialisation peut être envisagée.

Le protocole expérimental

Celui-ci distingue deux parties ; l'une visant à rechercher la densité optimale d'élevage, l'autre à comparer la croissance entre mâles et femelles.

. L'influence de la densité sur la croissance

En vue d'un élevage intensif en cage-enclos, l'influence de quatre densités d'élevage différentes, 20, 50, 100 et 150 poissons par m³ sont testées sur la croissance des deux espèces. Dans chacun de ces lots, répliqués une fois, une population mixte (sexe-ratio voisin de 1/1) est utilisée.

...

* Je tiens ici à exprimer mes plus vifs remerciements à mes collègues, et en particulier à J.M. ECOUTIN, qui ont bien voulu assurer le suivi de ce travail durant mon absence d'Abidjan.

• La comparaison de la croissance des mâles et des femelles en élevage mixte et monosexé

La croissance de chacun des sexes est suivie, pour les deux espèces, en élevage mixte et en élevage monosexé mâle et femelle. Chacun des lots est également répliqué une fois. La densité est dans tous les cas de 20 poissons par m³.

La séparation des sexes a été effectuée le plus tôt possible, dès que le dimorphisme sexuel existant au niveau de la papille génitale est devenue visible (vers 20-30 g). Un second tri a été fait le mois suivant pour corriger les erreurs de sexage et obtenir des populations à 98-100 % monosexé.

L'origine des poissons

Les tilapias utilisés proviennent des stations d'aquaculture du Ministère de la Production Animale, de Jacquerville pour S. melanotheron et de Mopoyem pour T. guineensis. Au moment de leur livraison, ces poissons ont été placés en bacs circulaires afin de faciliter leur comptage et la constitution des différents lots expérimentaux. Ces derniers ont été affectés de façon aléatoire à leur cage-enclos respective.

La structure d'élevage

Une description détaillée des structures d'élevage est indispensable à la compréhension des résultats obtenus. Les 24 cages-enclos utilisées dans cette expérience ont un volume de 4 m³. Un procédé de fixation différent de celui décrit dans l'annexe n° 3 a été utilisé.

Pour 12 de ces cages, destinées à la comparaison des croissances en élevage mixte et monosexé, le filet constituant le fond de la cage a été tendu sur un cadre en pvc et plaqué sur le sédiment à l'aide de quatre fers à béton. Ceci pour limiter la perte des ovocytes lors de la ponte et permettre leur reprise en bouche pour l'incubation chez S. melanotheron.

Pour les 12 cages restantes, aucun cadre en pvc n'a été utilisé et le fond de la cage a été fixé simplement avec des fiches métalliques passées dans le filet et enfoncées dans le sédiment. Il est important de noter que, dans ce cas, le fond de la cage épouse la forme du sédiment d'une façon beaucoup moins étroite.

L'alimentation

Tous les lots expérimentaux reçoivent l'aliment granulé formule n° II dont la composition et l'analyse chimique figurent dans l'annexe n° 3. L'aliment est distribué à la main en deux fois, le matin et le soir. La ration alimentaire quotidienne, initialement fixée à 5 % de la biomasse, a ensuite été diminuée à 4 % (au mois d'avril) puis à 2 % (au mois de juin).

L'échantillonnage

L'échantillonnage est mensuel. Les cages sont soulevées et 50 à 90 poissons, selon l'effectif, sont prélevés à l'épuisette. Après une légère anesthésie au MS 222, la longueur à la fourche (LF + 1 mm) et le poids (p + 1 g) sont déterminés pour chaque individu. Leur sexe est identifié par examen de la papille génitale et l'état de maturation sexuelle des mâles (spermiation ou incubation buccale) et des femelles (turgescence de la papille, émission d'ovocytes par pression abdominale) est également observé*.

Suivi des paramètres de l'environnement

La température, la turbidité (disque de Secchi), la salinité (optique) et le niveau de l'eau de la lagune sont relevés au moins une fois par semaine. Ces mesures sont effectuées entre 9 et 10 h le matin, à un emplacement fixe situé à proximité des enclos.

L'évolution de l'oxygène et du pH, deux paramètres pourtant essentiels, n'a pas été observée faute de matériel (panne prolongée de l'oxymètre enregistreur, un seul pH mètre de terrain en état de marche pour l'ensemble du CRO).

Analyse statistique

Compte tenu du caractère encore partiel des résultats, aucune analyse statistique n'a été effectuée et on se bornera ici à relever les principales tendances observées au stade actuel de l'expérimentation.

...

* Ce travail est effectué par S. BARRIGA depuis le mois de mars 1983.

3.4.3.2. Résultats

Effet de la densité sur la croissance

On constate que, chez S. melanotheron (tableau 1, fig. 1), la croissance est très homogène (entre 0,33 et 0,38 g/j) quelle que soit la densité. Il semble donc, que pour cette espèce, une densité de 150 poissons au m³ (biomasse actuelle de 15 kg/m³) puisse être utilisée sans ralentissement de la croissance.

Chez T. guineensis, les différences observées sont également très faibles. On remarque cependant (tableau 2, figure 2) une légère diminution de la croissance lorsque la densité dépasse 50 individus au m³.

Comparaison de la croissance des mâles et des femelles en élevage mixte et monosexé chez S. melanotheron (tableau 1, figure 3)

En élevage mixte (cage n° 1 et 4), lorsque le filet de fond de la cage-enclos est correctement plaqué sur le sédiment, l'incubation buccale est alors pratiquée par les mâles et l'on retrouve ce que l'on avait constaté précédemment en enclos, à savoir que la croissance des mâles est nettement plus faible que celle des femelles (0,3 contre 0,4 g/j).

En élevage monosexé, la croissance des femelles est identique à celle obtenue en élevage mixte (de l'ordre de 0,4 g/j). Par contre, on constate une importante augmentation de la croissance des mâles (de 0,3 à 0,5 g/j) qui devient alors supérieure à celle des femelles. Ceci montre clairement qu'en élevage mixte, la faible croissance des mâles n'est bien qu'une conséquence de l'incubation buccale.

Dès lors, on peut admettre que, pour un même niveau d'activité sexuelle, la différence de croissance entre les mâles et les femelles sera fonction de la possibilité qu'auront les premiers de reprendre les oeufs en bouche pour l'incubation. On ne doit donc pas être surpris de constater pour les autres cages (9, 10, 25 et 27), où le filet de fond est moins intimement plaqué sur le sédiment (plus forte probabilité de perte des oeufs), que la croissance des mâles y soit intermédiaire par rapport aux cas précédents. Ce point explique également que la différence de croissance entre les sexes soit plus faible en cage-enclos (cages n° 1 et 4) qu'en enclos, dans lesquels aucun filet ne s'interpose entre les poissons et le sédiment.

N° de cage	densité (N/m ³)	Début de l'essai	Ni	Pmi	fin de l'essai	Nf	% de disparus	de			du suivi (jours)	du			Qn
								♂	♀	♂+♀		♂	♀	♂+♀	
1	20	06.09.82	95	12,3	21.06.83	71	25,3	106,8	130,3	117,8	287	0,33	0,41	0,37	7,2
4	20	06.09.82	95	12,3	21.06.83	90	5,3	94,2	121,6	107,4	287	0,28	0,38	0,33	6,1
5 *	20	08.10.82	85	17,1	20.06.83	69	19,9		125,0		254		0,42		6,4
15 *	20	08.10.82	89	17,1	20.06.83	65	27		121,3		254		0,41		5,9
16 *	20	08.10.82	84	18,4	20.06.83	78	7,2	136,1			254	0,46			5,6
19 *	20	08.10.82	85	18,4	20.06.83	65	23,6	148,2			254	0,51			6,6
10	50	06.09.82	214	12,3	21.06.83	175	18,3	118,7	112,9	115,7	287	0,37	0,35	0,36	6,8
27	50	06.09.82	214	12,3	21.06.83	188	12,2	122,1	109,1	115,8	287	0,38	0,34	0,36	6,1
25	100	06.09.82	413	12,3	21.06.83	320	22,6	120,7	111,4	116,2	287	0,38	0,34	0,36	7,0
14	100	27.09.82	400	14,9											
9	150	06.09.82	613	12,3	21.06.83	501	18,3	124,6	117,2	121,2	287	0,39	0,36	0,38	6,8
22	150	12.10.82	632	12,1											

TABLEAU 1 : TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS D'ELEVAGE EN CAGE-ENCLOS AVEC S. MELANOTHERON

* : élevage monosexé

Abréviations : Ni : effectif initial, Nf : effectif final, Pmi : poids moyen initial, Pmf : poids moyen final
 Δpm : accroissement journalier du poids moyen, Qn : quotient nutritif

NOTA : Les résultats obtenus à partir des cages 14 et 22 ne sont pas encore analysés

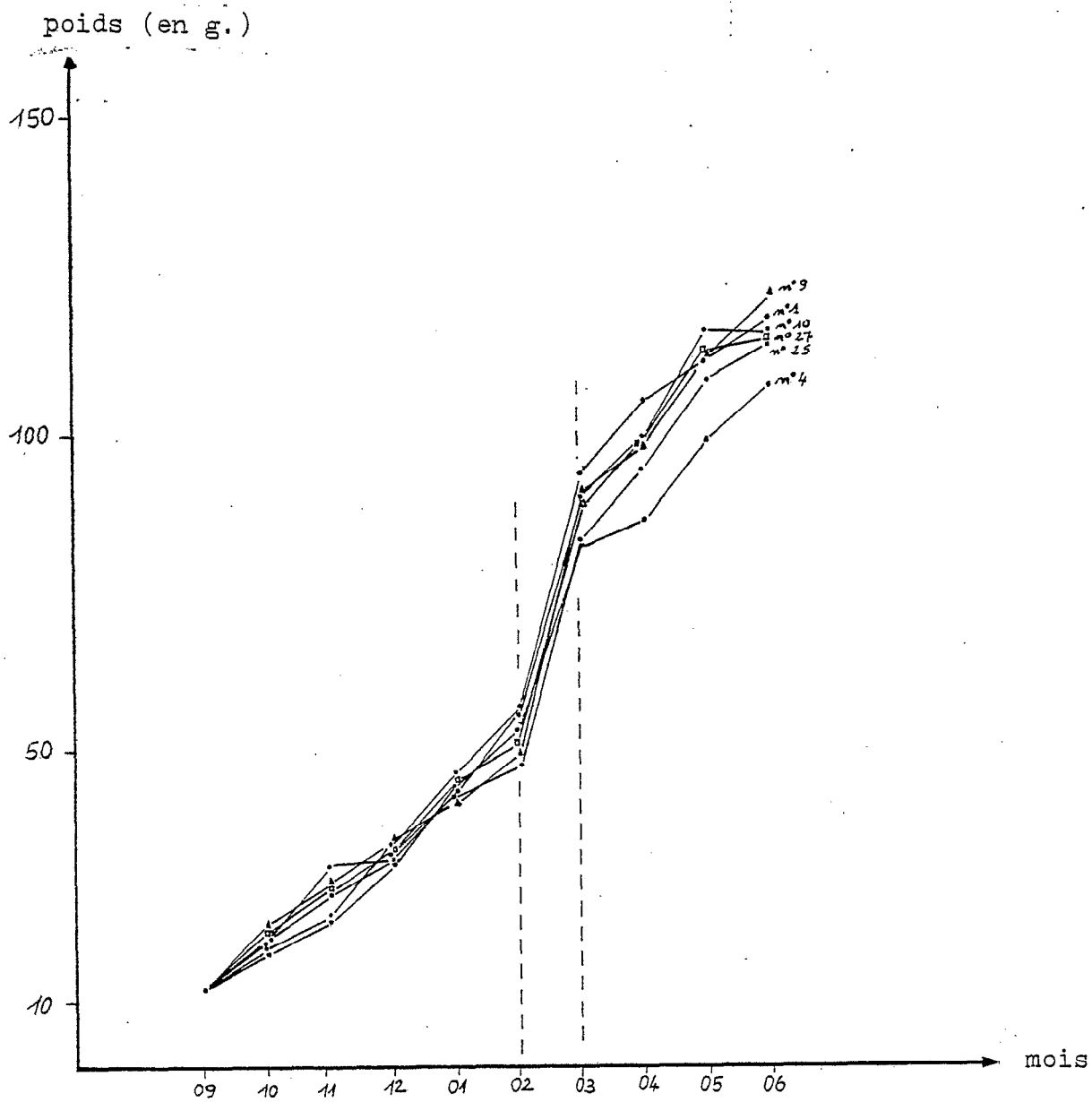
N° de cage	densité (N/m ³)	Début de l'essai	Ni	Pmi	fin de l'essai	nf	% de disparus	P m f			durée du suivi (jours)	Δ Pm (g/j)			Qn
								♂	♀	♂ + ♀		♂	♀	♂ + ♀	
3	20	02.09.82	95	8,4	22.06.83	76	20,0	103,3	78,9	90,5	292	0,32	0,24	0,28	6,3
6	20	02.09.82	95	8,4	22.06.83	88	7,4	116,6	88,8	103,5	292	0,37	0,27	0,32	6,4
18*	20	27.12.82	90	27,2	24.06.83	46	48,9		77,0		178		0,28		20,4
20*	20	27.12.82	90	27,2	24.06.83	86	4,5		72,2		178		0,25		7,5
2 *	20	27.12.82	95	30,4	23.06.83	76	20,0	103,0			177	0,41			6,5
17*	20	27.12.82	95	30,4											
8	50	02.09.82	224	8,4	22.06.83	194	13,4	124,5	89,5	104,3	292	0,40	0,28	0,33	6,1
23	50	02.09.82	223	8,4	23.06.83	29	87,0	125,3	85,6	106,2	293	0,40	0,26	0,34	74,2
11	100	02.09.82	417	8,4	22.06.83	351	15,9	108,5	78,2	94,6	292	0,34	0,24	0,30	6,2
28	100	02.09.82	408	8,4	23.06.83	363	11,1	112,0	79,2	97,0	293	0,35	0,24	0,30	6,1
13	150	02.09.82	626	8,4	22.06.83	355	43,3	98,2	78,1	89,6	292	0,31	0,24	0,28	9,7
21	150	02.09.82	636	8,4	23.06.83	597	6,2	101,1	83,2	92,4	293	0,32	0,25	0,29	5,4

TABLEAU 2 : TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS D'ELEVAGE EN CAGE-ENCLOS AVEC T. GUINEENSIS

* : élevage monosexte

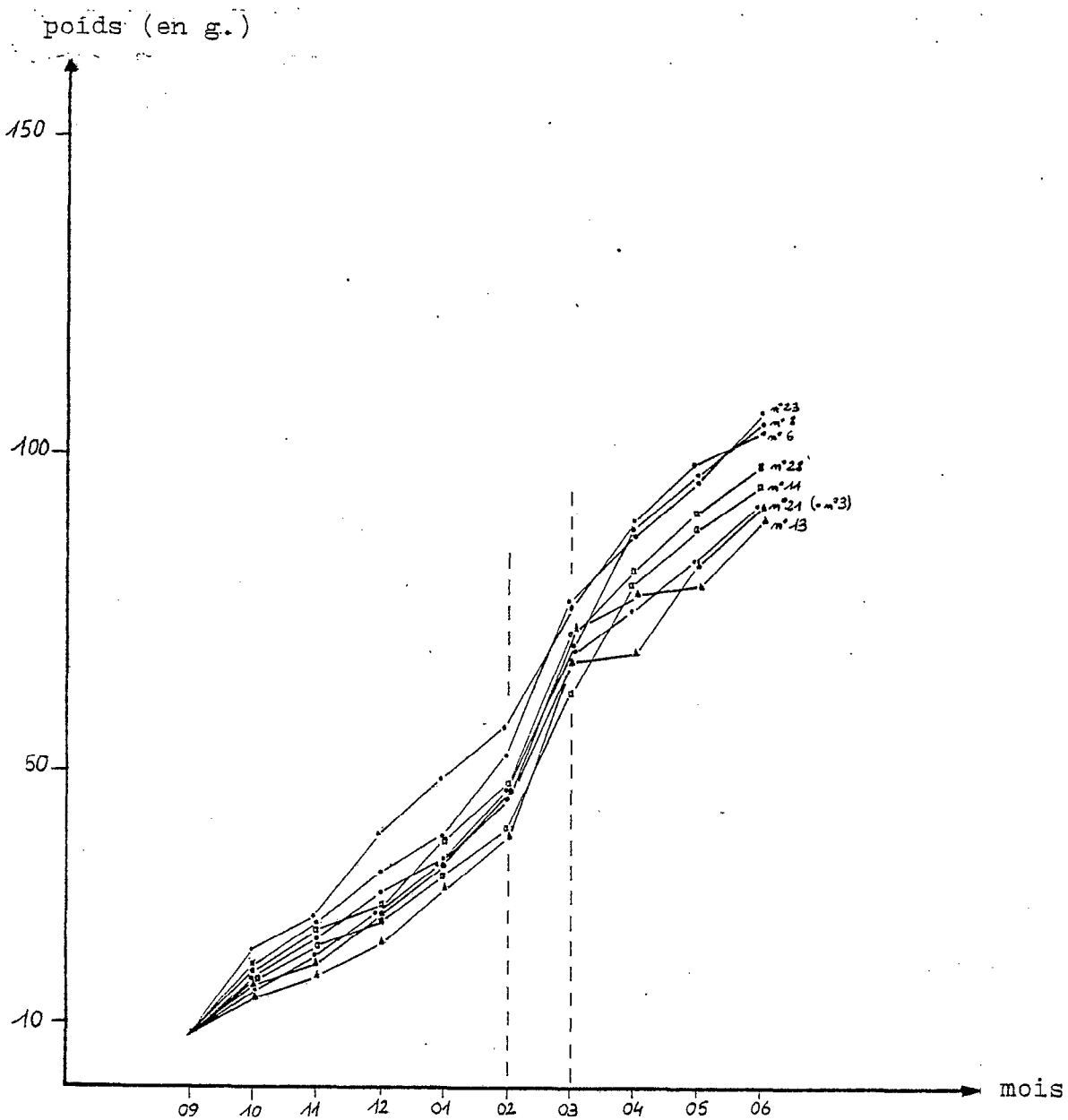
- Les abréviations sont identiques à celles du tableau 1

Nota : Le lot expérimental de la cage n° 17 a été perdu à la suite d'un vol survenu au mois d'avril



- 20 poissons / m³
- ◻ 50 poissons / m³
- ◊ 100 poissons / m³
- ▲ 150 poissons / m³

figure 1 : Croissance pondérale de S. melanotheron en cage- enclos en fonction de la densité



- 20 poissons / m³
- 50 poissons / m³
- 100 poissons / m³
- 150 poissons / m³

figure 2 : Croissance pondérale de T. guineensis en cage - enclos en fonction de la densité

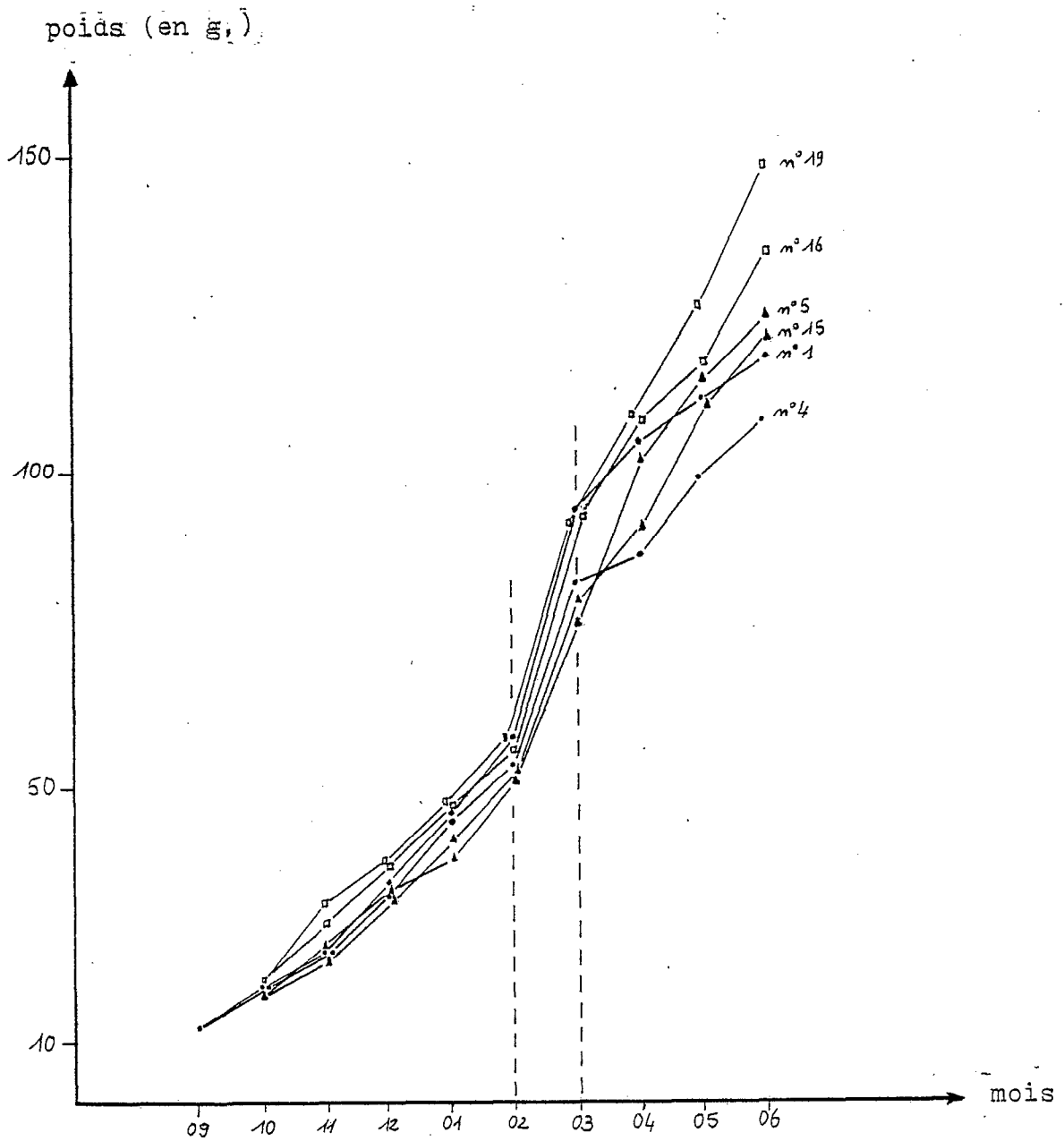


figure 3 : Croissance pondérale de S. melanotheron en cage - enclos en fonction du type d'élevage : • - élevage mixte; ◻ - élevage monosexé mâle; ▲ - élevage monosexé femelle. Dans tous les cas la densité est de 20 poissons/m³.

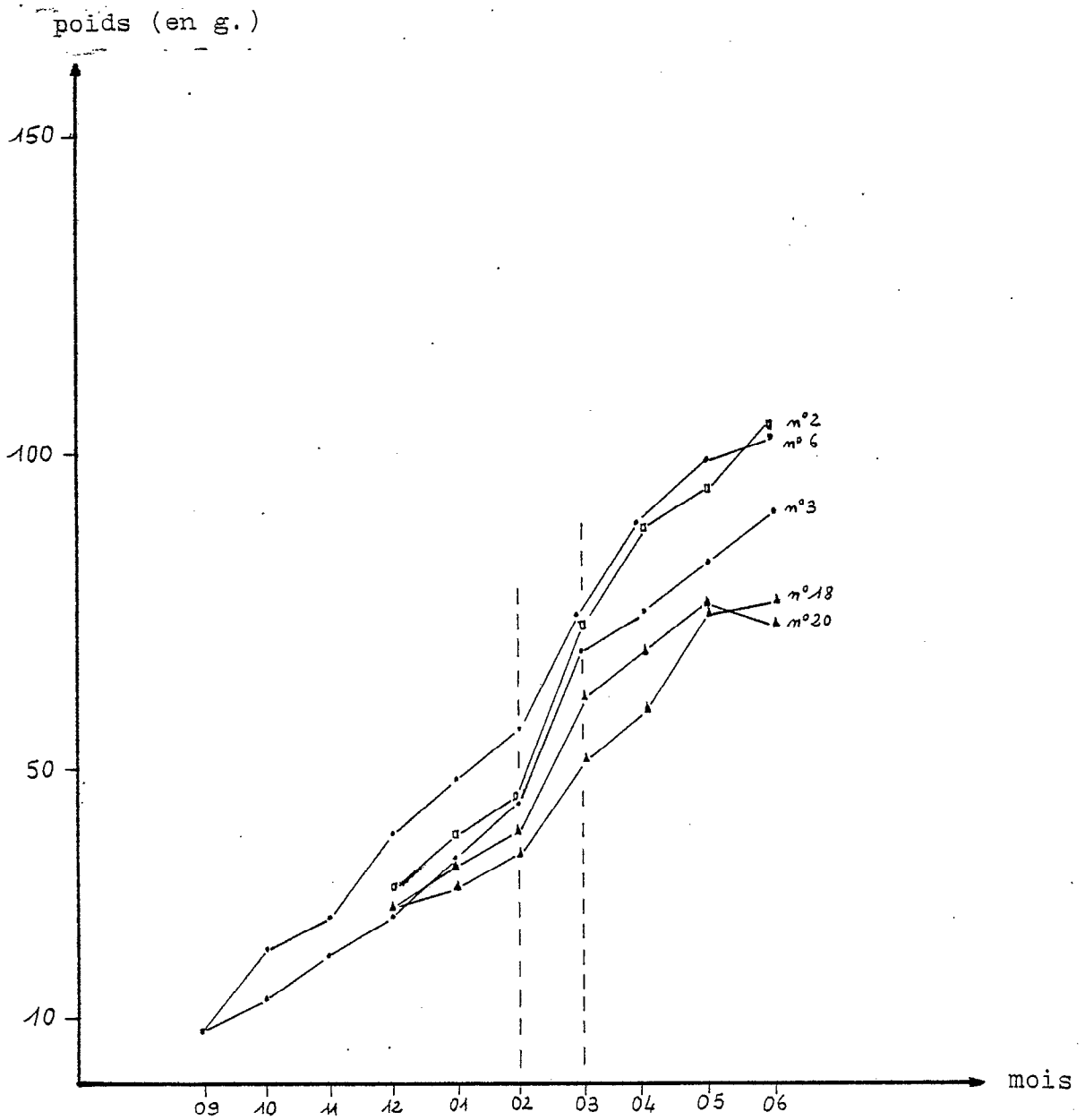


figure 4 : Croissance pondérale de T. guineensis en cage - enclos en fonction du type d'élevage : • - élevage mixte; □ - élevage monosexé mâle; ▲ - élevage monosexé femelle. Dans tous les cas la densité est de 20 poissons/m³.

Comparaison de la croissance des mâles et des femelles en élevage mixte et monosexé chez *T. guineensis* (tableau 2, figure 4)

Les mâles présentent une croissance systématiquement supérieure à celle des femelles, quel que soit le type d'élevage. Ceci confirme les résultats antérieurs obtenus en enclos.

Les croissances des mâles et des femelles en élevage monosexé ne paraissent pas notablement différentes qu'en élevage mixte. Dans une analyse ultérieure, nous chercherons à voir s'il existe, néanmoins, un effet de la séparation des sexes sur l'activité sexuelle, en particulier en comparant les pourcentages de femelles matures.

Comparaison de la croissance entre *S. melanotheron* et *T. guineensis*

En élevage mixte, le mâle de *T. guineensis* et la femelle de *S. melanotheron* présentent des taux de croissance voisins (de l'ordre de 0,4 g/j). Le mâle de *S. melanotheron* et la femelle de *T. guineensis* montrant des résultats inférieurs. Ceci confirme les conclusions de la première expérimentation en enclos.

Toutefois, il vient d'être montré que lorsque les sexes sont séparés (élevage monosexé), la croissance du mâle de *S. melanotheron* (0,5 g/j) est la plus forte.

Le rendement de l'alimentation

Les quotients nutritifs (Q_n) obtenus sur l'ensemble de la durée d'expérimentation (tableau 1 et 2) révèlent un mauvais rendement de l'alimentation. Dans les meilleurs cas, ceux-ci sont en effet voisins de 6, or pour le tilapia des Q_n de l'ordre de 2 à 3 sont classiquement obtenus.

Si la diminution, souvent importante, du nombre de poissons dans les cages rend compte en partie de ces Q_n trop élevés (diminution de la biomasse finale), il n'en reste pas moins que ceux-ci traduisent une formule alimentaire inappropriée ou une consommation partielle de l'aliment distribué. Il est vraisemblable, en particulier, que la distribution manuelle de l'aliment en deux fois chaque jour conduise à déverser trop rapidement dans la cage une importante quantité de nourriture dont une partie serait perdue. Il est probable également que la ration alimentaire journalière est trop élevée et celle-ci vient d'être diminuée à 2 % de la biomasse, pour tenter de ramener les Q_n à des valeurs plus acceptables. Une expérimentation actuellement réalisée par A.CISSE devrait, par ailleurs, permettre de préciser l'adéquation de l'aliment utilisé.

La diminution de l'effectif des poissons

On voit, (tableau 1 et 2) que l'effectif a subi dans plusieurs cages une diminution supérieure à 20 %. Les mortalités naturelles dénombrées régulièrement ne rendent pas compte à elles seules de ces chiffres. Nous avons, en effet, observé à quelques reprises des oiseaux en train de pêcher dans les cages, mais ceux-ci n'expliquent pas la disparition soudaine de plus de 80 % des individus de certaines d'entre elles (cages 17 et 23 notamment) et l'on ne peut voir là qu'une intervention humaine.

Afin de dissuader ces spoliateurs, un couvercle en filet a été récemment placé sur chaque cage.

L'influence de l'environnement

Cette année, contrairement à ce que nous avons observé dans l'étude précédente, il n'y a pas eu d'arrêt de croissance (figures 1 à 4) durant la période d'harmattan. Cette dernière a pourtant été longue (figure 5) et chaque "coup de vent" s'est immédiatement traduit par une diminution sensible de la température (en-dessous de 26° C) et par une augmentation de la salinité de l'eau devant la station. Une diminution de la turbidité a également été observée durant cette période, mais elle n'a jamais atteint le stade d'eau "claire" concomitant avec l'arrêt de croissance constaté en 1981.

Ces faits tendent à renforcer l'hypothèse selon laquelle la transparence de l'eau pourrait rendre compte de cet arrêt de croissance. Cependant, de nouvelles observations suggèrent une interprétation différente de celle qui avait été donnée, à savoir que la limpidité de l'eau aurait induit un stress chez les poissons qui ne montraient plus qu'un faible intérêt pour l'aliment distribué. Bien que cette hypothèse reste envisageable, il semble néanmoins que la limpidité de l'eau soit plutôt à mettre en relation avec une diminution de nourriture naturelle.

En effet, les résultats actuels (figures 1 à 4) montrent au contraire une remarquable accélération de la croissance observée en février-mars chez les deux espèces, mais surtout sensible chez S. melanotheron (croissance de 1,3 g/j pour la plupart des lots expérimentaux). Celle-ci, intervenant à la fin de la plus grande période d'harmattan est corrélée avec l'apparition d'un bloom algal (eaux de couleur verte) qui correspond aux plus fortes turbidités observées (figure 5). Des dosages, effectués par D. GUIRAL, ont montré que la chute de turbidité

...

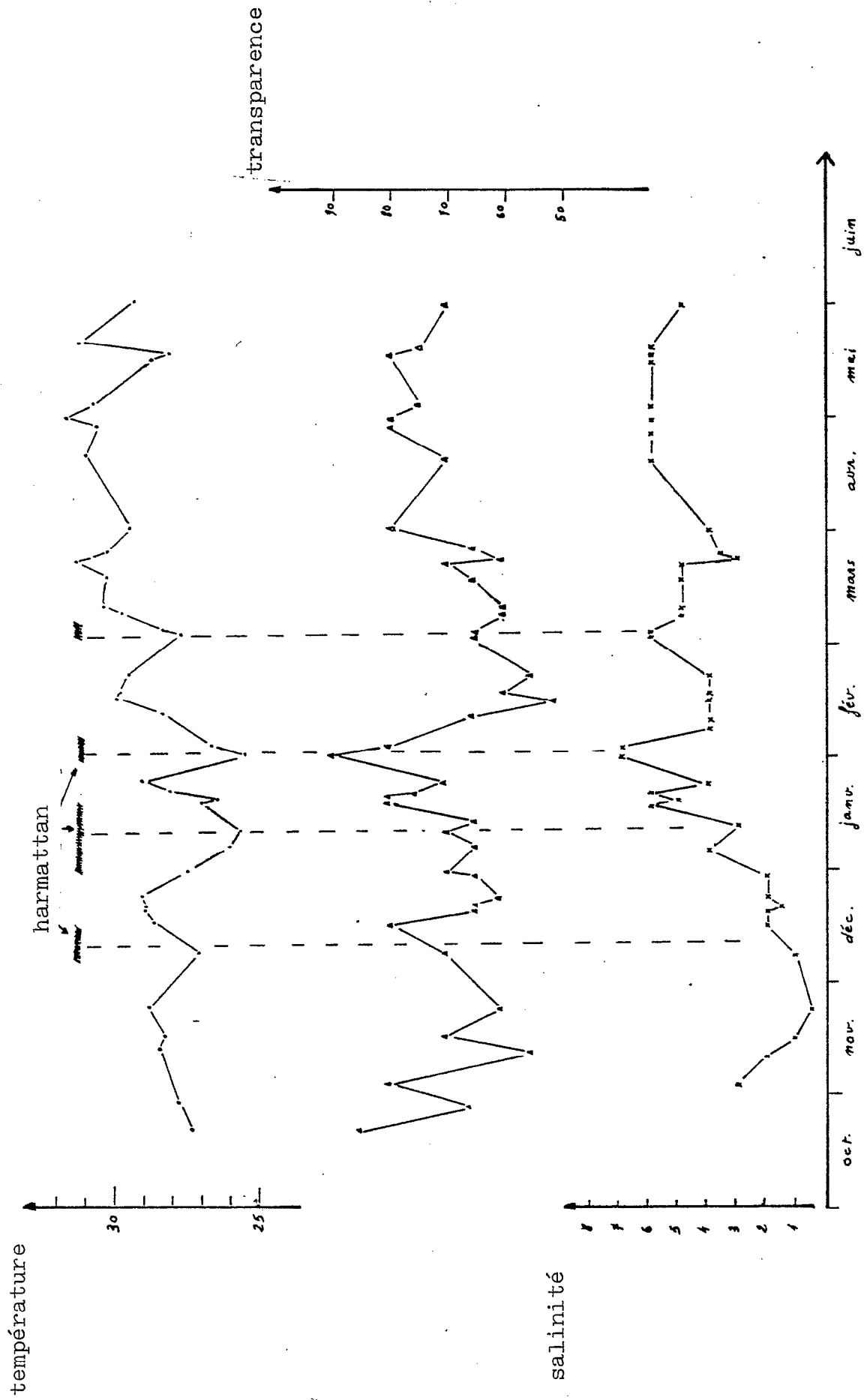


figure 5 : Evolution temporelle de la salinité, de la transparence (disque de Secchi) et de la température de l'eau de la lagune à la station de Layo.

intervenant fin mars est accompagnée d'une forte diminution de la teneur en chlorophylle. Il semble donc bien que cette forte croissance corresponde à une période de plus grande abondance en nourriture naturelle. Ce point s'accorde par ailleurs parfaitement avec la constatation du mauvais rendement de l'alimentation artificielle.

L'adéquation de la structure d'élevage

La cage-enclos est, comme l'enclos, une structure d'élevage adaptée à des sites peu profonds (1 à 1,5 m), fréquents en milieu lagunaire.

Les essais réalisés ont démontré sa remarquable maniabilité qui rend particulièrement aisée toute manipulation de tri et de comptage. Ce point est essentiel dans le cadre d'un travail expérimental, mais pourrait également s'avérer un excellent atout pour faciliter la gestion pratique d'un élevage commercial de tilapias dont la capturabilité est faible en enclos.

Pour ces espèces, la possibilité d'exercer un contrôle total sur la population en élevage est le plus souvent indispensable (élevage monosexé, par exemple). Un corollaire est cependant une facilité accrue de vol des poissons (exemples des stations de Layo et de Pass) qui implique un gardiennage efficace et, éventuellement, une couverture des cages.

La principale originalité de cette structure, qui n'avait jamais été essayée (COCHE, Comm. pers.), tient dans le fait que le filet de fond repose sur le sédiment. Dans les élevages pratiqués classiquement, un espace d'environ 50 cm est ménagé entre le fond de la cage et le sédiment, afin d'éviter une accumulation des débris organiques sous la cage. Dans nos essais, une telle accumulation n'a jamais été constatée et si un effet négatif en résultant venait à se manifester, un déplacement périodique de la structure d'élevage pourrait parfaitement être envisagé.

3.4.4. Réflexion sur l'avenir de la culture du tilapia dans les lagunes ivoiriennes

Elle portera d'abord sur les espèces autochtones puis sur les allochtones.

...

3.4.4.1. Les tilapias lagunaires autochtones

Les deux expérimentations réalisées avec S. melanotheron et T. guineensis ont permis de préciser un certain nombre de points :

- . L'enclos convient mal à la culture de ces espèces dont la capture est difficile et une nouvelle structure d'élevage, la cage-enclos, a été mise au point. Celle-ci est bon marché, maniable et sa technologie simple est bien adaptée à l'élevage des tilapias en milieux peu profonds.
- . Chez ces deux espèces, les mâles présentent une croissance potentielle supérieure à celle des femelles. Le résultat inverse observé avec S. melanotheron en élevage mixte n'étant qu'une conséquence de l'incubation buccale pratiquée par le mâle.
- . La comparaison des croissances de ces deux espèces montre une nette supériorité du mâle de S. melanotheron lorsque celui-ci est élevé dans une culture monosexue. Toutefois, des conclusions fermes ne pourront être avancées qu'à l'achèvement de l'expérimentation en cours, T. guineensis ayant montré précédemment une croissance plus forte en fin de grossissement. On a vu, néanmoins, que S. melanotheron présente l'avantage d'un alevinage et d'un prégrossissement plus rapide.
- . Dans le cadre d'un élevage intensif en cage-enclos, une densité de 150 poissons au m³ peut être utilisée (du moins chez S. melanotheron) sans qu'une modification de la croissance ne soit observée.
- . Dans les conditions actuelles, l'élevage des tilapias lagunaires n'est cependant pas une activité rentable. La mauvaise transformation de l'aliment artificiel conduit en effet à un budget "alimentation" excessif, à peine remboursé par la vente du poisson.
- . Enfin, l'importance du rôle de la nourriture naturelle dans la croissance est fortement suggérée par les études réalisées.

Il ressort de ces différents points qu'une culture monosexue mâle de S. melanotheron en cage-enclos et à forte densité devrait conduire à des niveaux de production optimaux. Cependant, la rentabilité et donc l'avenir de l'élevage des tilapias lagunaires repose actuellement

sur la mise au point d'une alimentation adaptée. L'obtention, sur des durées restreintes, de taux de croissance assez élevés allant jusqu'à 1,3 g/j montre que les résultats peuvent être optimisés.

Dans ce sens, deux voies de recherches peuvent être envisagées :

. La mise au point d'une alimentation artificielle adaptée

Celle-ci comporte deux aspects :

D'une part la connaissance des besoins nutritifs des tilapias lagunaires afin d'élaborer une formule alimentaire adéquate,

d'autre part la détermination des meilleures conditions de distribution de l'aliment, telles que la ration quotidienne, la fréquence de distribution et l'utilisation éventuelle de mangeoires.

. L'amélioration des possibilités d'utilisation de la nourriture naturelle

Une fertilisation classique, telle qu'elle est réalisée en étang, n'est pas praticable en milieu ouvert du fait de la dilution. Mais on peut envisager d'utiliser différents substrats qui, placés dans la structure d'élevage, conduiraient au développement d'algues et de microorganismes pouvant apporter un complément nutritif aux poissons. Dans le cadre d'un élevage extensif, l'idée d'une association de la technique des enclos avec celle des acadjas (amas organisés de branchage) a été proposée par S. MEM. Un substrat idoine compatible avec la cage-enclos pourrait aussi être recherché pour l'élevage du tilapia.

3.4.4.2. Les tilapias allochtones

L'introduction d'une espèce nouvelle comporte de nombreux risques dont l'importance ne peut être véritablement évaluée qu'a posteriori. C'est la raison pour laquelle il est préférable, avant d'y recourir, de connaître les potentialités des espèces autochtones qui sont naturellement adaptées au milieu et connues des consommateurs. C'est ce à quoi nous sommes attachés au CRO. Les partisans de l'introduction sont cependant nombreux et on doit avoir à l'esprit qu'en comparaison d'autres espèces de tilapia, S. melanotheron

...

et T. guineensis présentent deux inconvénients sérieux ; à savoir : une croissance faible et une maturité sexuelle relativement précoce. Il en résulte que le succès éventuel d'une introduction de tilapia allochtone aurait de forte probabilité de réduire, voire de supprimer, l'intérêt des deux espèces lagunaires pour l'aquaculture. Il paraît intéressant d'en évoquer ici les différentes possibilités.

. Sarotherodon niloticus

Les essais réalisés avec cette espèce dans des zones même faiblement salées de la lagune Ebrié ont montré que de fortes mortalités compromettaient son élevage. Celui-ci est cependant possible en zone lagunaire dessalée ("BP farm" en lagune Aghien, notamment), où un tonnage important de cette espèce a récemment été produit. Cependant, la vente de ces 100 tonnes de S. niloticus semble avoir posé des problèmes. Ceci résulte t'il d'une mauvaise planification de la commercialisation ou d'une mauvaise acceptation de ce poisson par la population locale ? Des études économiques récentes (WEIGEL, Comm. Pers.) tendraient à montrer que la valeur marchande de cette espèce est inférieure à celle des tilapias lagunaires. Les essais d'adaptation de S. niloticus en lagune Ebrié sont néanmoins poursuivis dans le cadre du projet SEPIA et deux possibilités de succès peuvent être entrevues :

- . l'identification de l'agent pathogène responsable des mortalités et la mise au point d'un traitement adéquat. Notons qu'un ichtyopathologiste est attendu au MPA pour cette étude ;
- . la sélection d'une souche résistante, qui pourrait peut être s'effectuer plus ou moins automatiquement à la longue.

. Hybridations où S. niloticus est l'un des parents

Un volet de recherche sur l'hybridation de S. niloticus avec d'autres espèces de tilapia devrait être réalisé, dans le cadre de la convention FAC, par le CTFT à Bouaké. Ce programme pourrait amener à l'identification d'un hybride aux performances intéressantes et adapté au milieu lagunaire. Il semble, cependant, que, pour des raisons internes à cet organisme, ce programme n'ait pas encore vraiment débuté.

Par ailleurs, l'idée d'une hybridation entre S. niloticus et S. melanotheron a déjà été évoquée pour tenter de concilier la bonne croissance du premier avec la meilleure adaptation du second au milieu lagunaire.

Mais, il semble que l'existence d'une importante barrière éthologique entre ces deux espèces, chez lesquelles l'incubation buccale n'est pas pratiquée par le même sexe, rende l'insémination artificielle nécessaire. Or, au stade actuel, l'utilisation d'une telle technique à un niveau commercial paraît plus qu'aléatoire chez le tilapia.

. Introduction de nouvelles espèces

Devant les difficultés rencontrées, que ce soit avec les espèces locales ou avec S. niloticus, l'introduction d'autres espèces de tilapia est parfois suggérée. Certaines d'entre elles sont en effet connues pour leurs bonnes performances et leur tolérance aux milieux saumâtres ; c'est notamment le cas de S. spirulus originaire de l'Afrique de l'Est (COCHE, Comm. Pers.) ou du tilapia rouge de Taïwan. Ces deux espèces peuvent même être élevées en eau de mer (PAYNE, 1983 ; LIAO et CHANG, 1983)

3.4.5. Conclusion

Si la valeur générale du tilapia pour l'aquaculture n'est plus à démontrer, l'avenir de son élevage reste pourtant incertain en ce qui concerne les lagunes ivoiriennes. On se trouve, en effet, devant une alternative dont aucun des termes n'est vraiment satisfaisant.

D'un côté les espèces locales, naturellement adaptées au milieu et de bonne valeur marchande, ont une faible vitesse de croissance qui ne pourra être optimisée qu'au prix d'un important effort de recherche ; leur intérêt pour l'élevage reste en fait à démontrer.

D'un autre côté, des espèces plus performantes mais dont l'introduction éventuelle repose sur plusieurs inconnues. Quelles seront, en effet, leur acclimatation dans ce nouveau milieu et leur acceptation par des consommateurs aux habitudes alimentaires assez strictes ? Mais, surtout, peut on prévoir les conséquences qu'aurait cette introduction sur l'équilibre écologique des lagunes ; conséquences qui, bénéfiques ou préjudiciables, seront de toute façon irréversibles.

Devant l'alternative d'une aquaculture peu productive ou du risque d'une péjoration de l'écosystème, on peut se demander si l'élevage du tilapia en lagune est un impératif ou si l'élevage d'autres espèces locales ne pourrait pas s'y substituer dans une certaine mesure.

...

3.5. Essais préliminaires d'élevage avec les poissons du genre Heterobranchus

3.5.1. Introduction

L'intérêt des clariidés africains pour l'aquaculture a été mis en évidence par MICHA (1973) , à la suite d'une étude réalisée sur les peuplements ichtyologiques de l'Ubangui. Depuis, c'est essentiellement l'élevage de clarias lazera qui s'est développé, les espèces du genre heterobranchus n'ayant pas fait, à notre connaissance, l'objet d'études ultérieures malgré la mise en évidence d'une croissance rapide.

Dans la présente expérimentation, la croissance d'Heterobranchus a été suivie en eau saumâtre afin d'évaluer sa potentialité pour l'élevage en milieu lagunaire.

3.5.2. Matériel et méthode

Cette étude préliminaire s'est déroulée de septembre 1982 à avril 1983 à la station d'aquaculture de Layo.

Les Heterobranchus utilisés dans cette expérimentation ont été identifiés comme appartenant à l'espèce H. longifilis. Ils ont été capturés dans les étangs et les enclos de notre station qu'ils avaient spontanément colonisés, vraisemblablement à partir de la zone marécageuse environnante (voir figure 1 de l'annexe n° 2). Ces douze poissons ont reçu une marque individuelle, fixée à la base de la nageoire adipeuse, et ont été placés dans un enclos de 625 m² en association avec des tilapias.

L'aliment était un granulé (formule n° II, détaillée dans l'annexe n° 3) distribué selon une ration calculée uniquement pour le tilapia.

La longueur totale et le poids de ces individus étaient déterminés chaque mois.

...

3.5.3. Résultats

. Croissance en longueur

Les paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY ont été calculés, en collaboration avec J.M.ECOUTIN à partir des triplets L_1 , L_2 et Δt qui donnent les accroissements en longueur individuels obtenus dans différents intervalles de temps.

La courbe de croissance en longueur d'équation :

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

où : $L_{\infty} = 799,73$

et $k = 2,036$

est représentée sur la figure 6.

. Croissance en poids

La croissance en poids est donnée dans le tableau 3 pour chacun des individus identifié par son numéro de marque.

On constate que, pour ces individus d'un poids initial compris entre 100 et 900 g, l'accroissement pondéral journalier moyen évolue entre 4,8 et 12,5 g/j. La moyenne pour l'ensemble des individus est de $9,5 \pm 2,2$ g/j. Il est à noter que le meilleur résultat obtenu sur une période d'un mois a été une croissance individuelle de 18,6 g/j.

. L'alimentation

Dans une petite expérience complémentaire réalisée en cage-enclos avec quatre autres Heterobranchus, nous avons constaté, d'une part que l'aliment granulé est bien accepté par cette espèce, mais, d'autre part, que celle-ci peut exercer une prédation importante sur de jeunes tilapias.

Dans la présente expérimentation effectuée en enclos en association avec les tilapias, la possibilité de cette seconde source alimentaire ne peut être écartée.

...

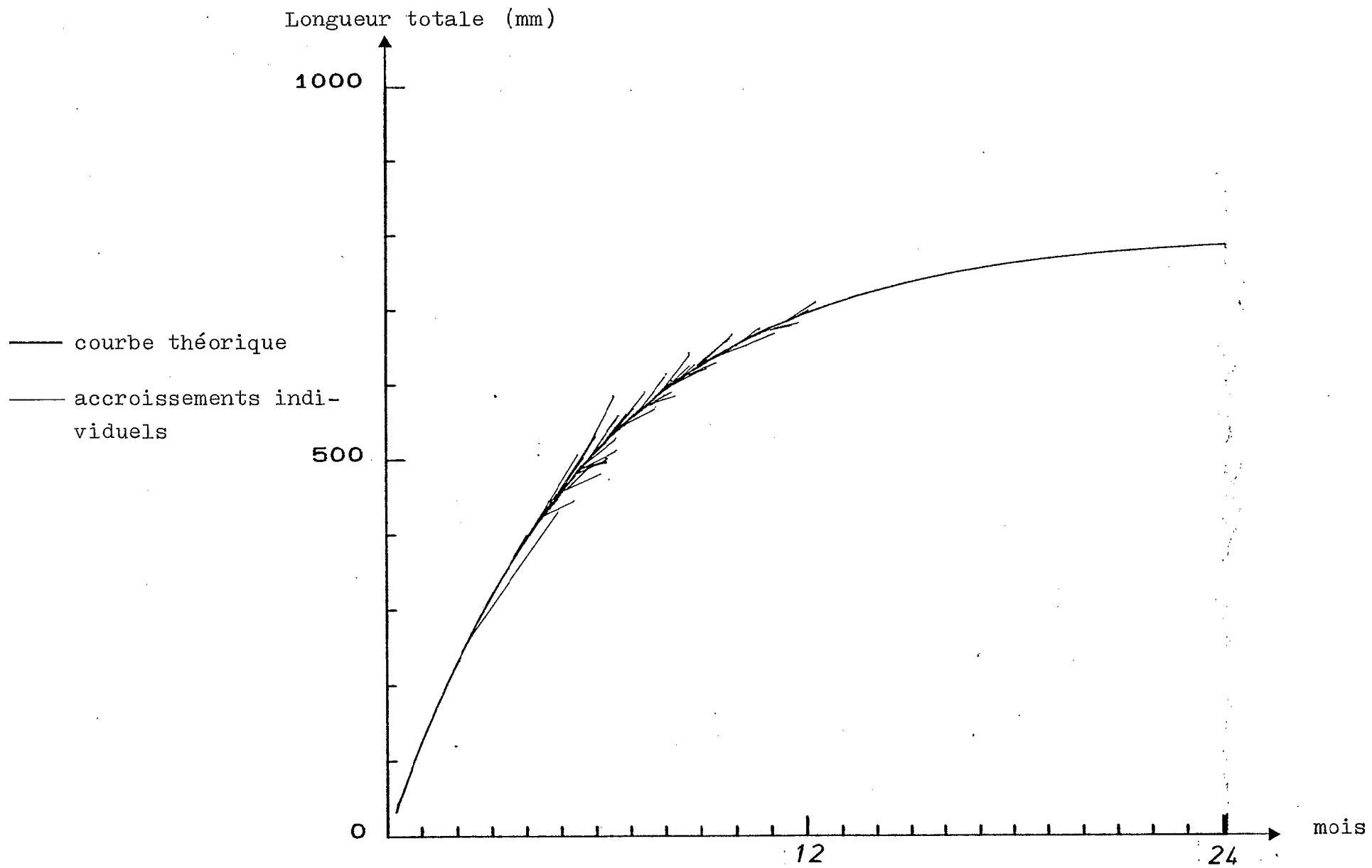


figure 6 : Croissance en longueur de Heterobranchus longifilis en élevage en enclos.

Numéro du poisson	Début du suivi	Poids Initial (en g)	Fin du suivi	Poids final (en g)	Durée du suivi (en j)	Gain en poids (en g)	Croissance journalière (en g/j)
885	30.09.82	106	26.04.83	1.670	207	1.564	7,6
865	30.09.82	332	26.04.83	2.115	207	1.783	8,6
895	26.10.82	318	26.04.83	2.325	181	2.007	11,1
882	06.11.82	280	26.04.83	2.085	170	1.805	10,5
837	06.11.82	481	26.04.83	2.285	170	1.804	10,6
892	15.11.82	535	22.02.83	1.395	99	860	8,7
851	15.11.82	777	26.04.83	2.795	161	2.018	12,5
833	15.11.82	555	28.03.83	1.835	133	1.280	9,6
850	23.11.82	935	28.03.83	2.445	125	1.510	12,1
200	28.12.82	563	28.03.83	996	90	433	4,8
300	25.01.83	386	26.04.83	1.111	90	725	8,1

TABEAU 3 : CROISSANCES INDIVIDUELLES D'HETEROBRANCHUS LONGIFILIS EN ELEVAGE EN ENCLOS

La croissance journalière moyenne est de $9,5 \pm 2,2$ g/j.

. L'adaptation à l'eau saumâtre

La présence des espèces du genre Heterobranchus a parfois été signalée en lagune Ebrié (DAGET et ILTIS, 1965 ; ALBARET et ECOUTIN, Comm. Pers.), mais elle est rare. Il était donc essentiel d'avoir une première estimation de leur possibilité d'adaptation en eau saumâtre, sans laquelle leur élevage en lagune ne pourrait être envisagé.

Durant cette étude, la salinité de l'eau à Layo a varié entre 1 et 7 ‰. (voir figure 5). Un seul mort a été constaté et la croissance n'a pas paru affectée par les salinités les plus fortes.

3.5.4. Conclusions

Bien que préliminaire, cette étude fournit déjà des résultats intéressants :

- . La croissance moyenne d'Heterobranchus longifilis, de 9,5 g/j, peut être considérée comme excellente. Elle est à rapprocher de celle de la carpe argentée (voir rapport sur Israël) qui est l'une des espèces les plus performantes actuellement utilisée en pisciculture.
- . La survie et la croissance d'H. longifilis ne paraissent pas affectées dans une eau dont la salinité peut atteindre 7 ‰. On peut donc, dès maintenant, envisager sa culture en lagune, au moins en zone oligohaline.
- . L'enclos apparaît parfaitement adapté à l'élevage de cette espèce qui présente une bonne capturabilité.

Cette étude confirme donc l'excellent potentiel des espèces du genre Heterobranchus, qui avait déjà été suggéré par MICHA (1973), dans le cas des étangs d'eau douce.

Plusieurs questions restent, toutefois, posées :

...

- . La croissance du stade alevin jusqu'au poids de 100-200 g est encore à déterminer. Ceci empêché, pour l'instant, une comparaison complète avec les espèces du genre Clarias.

- . Le choix initial de Clarias lazera plutôt que d'Heterobranchus pour l'élevage en Afrique avait été déterminé essentiellement par la plus grande facilité d'obtention des alevins constatée chez la première espèce (MICHA, Comm. Pers.). Le développement possible de l'élevage d'Heterobranchus dépend donc d'abord d'une technique de reproduction induite permettant un cycle total en captivité.

- . Enfin, ces espèces très appréciées dans certaines populations, font l'objet d'interdits alimentaires dans d'autres. L'intérêt commercial de leur élevage reste donc à préciser par une étude socio-économique complémentaire.

...

4. STAGE EN ISRAËL

4.1. Introduction

- Le choix d'Israël pour ce stage de sept semaines (8 mai-30 juin 1983) a été dicté par diverses raisons :
 - . l'excellente réputation dont bénéficie son aquaculture en général et son expérience dans le domaine des tilapias en particulier.
 - . La qualité de ses publications scientifiques.
 - . La possibilité de visiter différents laboratoires ou Kibbutzim présentant chacun un intérêt particulier. Cette tâche étant facilitée par la modeste superficie du pays et l'existence de moyens de transport fréquents et réguliers.
- Les objectifs de ce séjour étaient au nombre de trois :
 - . participer au symposium sur le tilapia en aquaculture,
 - . avoir un aperçu global de la pisciculture israélienne et des techniques utilisées.

Dans ce cadre, une prise de contact avec la mariculture, notamment la reproduction et l'élevage larvaire, était souhaitée dans la mesure où nous travaillons en milieu saumâtre pour lequel l'utilisation d'espèces marines est envisageable.

- . acquérir une connaissance pratique des techniques de culture des tilapias avec une attention plus particulière pour les problèmes liés au contrôle de leur reproduction.

Ainsi, bien que certains objectifs aient un caractère précis, ce stage peut être considéré comme une période de formation générale en aquaculture qui complète l'expérience acquise en Côte d'Ivoire.

4.2. Le symposium (Nazareth - 8/13 mai 1983)

L'organisation de ce symposium, qui s'est déroulé dans une ambiance sympathique et détendue, aura largement contribué à favoriser les contacts entre participants en multipliant les lieux de rencontre (logements, cantine et salles de travail étant concentrés dans une même concession).

Au total, 117 résumés ont été présentés dont 80 ont fait l'objet d'une communication orale en séance plénière.

Ce programme très chargé, d'autant plus que les huit à neuf heures de conférences quotidiennes étaient généralement suivies d'une "table ronde", a cependant été aéré par une visite rapide de quelques stations et kibbutzim.

Au cours de cette visite, extrêmement utile dans mon cas pour le repérage des lieux, une usine ultra-moderne de conditionnement du tilapia pour la vente nous a aussi été présentée. Cette usine a une grande importance, tant pour l'économie (exportation) que pour la recherche (endocrinologie).

S'il n'est pas étonnant qu'Israël totalise le plus grand nombre de papiers présentés, l'ampleur de la participation américaine m'a, par contre, surpris. A eux deux, ces pays totalisent près de la moitié des communications.

L'équipe de l'université de Stirling (Ecosse) a également été remarquée par le nombre et la qualité des travaux présentés.

La participation française, malgré 8 personnes présentes, ne s'est traduite que par deux communications sur trois résumés présentés.

Pour beaucoup, l'une des contributions majeures de ce symposium aura été la prise de conscience de l'état de confusion extrême régnant sur l'origine et la nature génétique réelle des nombreux stocks de tilapias disséminés dans le monde.

Cette confusion est le résultat de déterminations systématiques incorrectes, de transferts d'un pays à l'autre et d'hybridations diverses non correctement répertoriés ou contrôlés. Or, il est évident que la recherche nécessite l'utilisation de stocks clairement définis pour aboutir à des conclusions nettes et à des résultats qui puissent être comparés.

A noter également, l'acceptation quasi générale de la proposition de E. TREWAWAS pour reconnaître Oreochromis comme un genre séparé. La distinction avec Sarotherodon reposant sur des considérations comportementales et géographiques.

Les actes du symposium paraîtront prochainement. Citons deux communications qui nous concernent plus directement puisque portant sur les tilapias lagunaires.

- S. DADZIE (Nigeria) a présenté un système de production de masse d'alevins de T. guineensis. La ponte est obtenue dans une cage en filet moustiquaire (happa) dans laquelle une boîte en bois remplie de vase sert de substrat de ponte.

Bien que ce substrat ne soit pas nécessaire (nous avons nous-même observé des pontes en bassins béton) il semble que sa présence ait une influence positive sur la fréquence de ponte ainsi que sur la vitesse d'obtention de la première ponte.

- H.M. PETERS (Allemagne) a rapporté l'hybridation, déjà ancienne, entre S. melanotheron et S. (O.) niloticus. Rappelons que l'intérêt de cette hybridation a souvent été évoqué à Abidjan pour tenter de combiner la forte croissance de S. niloticus avec la meilleure adaptation de S. melanotheron aux milieux lagunaires. Un contact a été pris avec H.M. PETERS qui doit m'adresser la documentation dont il dispose sur cet hybride.

4.3. Situation générale de la pisciculture en Israël

4.3.1. Le cadre général

4.3.1.1. Niveau et unités de production

La consommation annuelle moyenne en poissons est, en Israël comme en France, de l'ordre de 10 kg par habitant. Une différence essentielle est que, en Israël, la pisciculture dont la production est de 12.000 t/an contribue pour plus de 50 % à la production nationale, les pêches ne totalisant qu'environ 10.000 t/an. Environ 40 % du poisson consommé étant importé, la participation de l'élevage se ramène en définitive à 3 kg/habitant/an.

La production piscicole est assurée en totalité par des fermes collectives, les kibbutzim, au sein desquels l'aquaculture n'est qu'une partie d'une activité agricole plus générale à laquelle elle doit s'intégrer. Le fait que le kibbutz ait plusieurs types de production conduit, d'une part à une compétition relative entre les différentes activités (pour la terre, l'eau et la main d'oeuvre notamment), mais permet d'autre part de compenser le déficit temporaire de l'une d'elle tout en conservant un équilibre financier au niveau de la ferme.

4.3.1.2. Les contraintes et objectifs actuels

la terre et l'eau

Afin de libérer la terre pour d'autres cultures (le coton notamment) la superficie en étang a été réduite de près de 30 % durant ces dix dernières années. La production piscicole a cependant été maintenue grâce à l'intensification de l'élevage.

Par ailleurs, compte tenu des faibles quantités disponibles, l'eau du réseau national utilisable par chaque ferme est strictement rationnée et d'un prix élevé. Il en résulte que la plupart des étangs sont, en fait, des réservoirs profonds (2 à 3 m) dans lesquels l'eau stockée en hiver (pluies) sert à l'irrigation le reste de l'année. Les kibbutzim sont souvent dotés de puissantes stations de pompage (capacité de 10.000 m³/h à Gan Schmuël par exemple) permettant un remplissage rapide au moment des pluies et le recyclage de l'eau de vidange des étangs en été.

Que ce soit pour réduire la superficie en étang ou pour économiser l'eau, on comprend qu'un important effort soit réalisé afin d'augmenter les rendements. La poursuite de l'intensification de l'élevage est donc l'un des principaux objectifs actuels. La pratique de la polyculture, l'aération des structures d'élevage, une alimentation appropriée et la sélection de souches de poissons plus performantes, ont permis une augmentation des rendements moyens de 2,7 t/hectare en 1971 à 3,4 t/hectare en 1981. Des recherches sont actuellement en cours (voir stations de Dor et Ginossar) pour l'adaptation de techniques permettant, lorsque les charges en poissons sont importantes, de conserver une bonne qualité d'eau sans que le débit en soit augmenté.

Le climat

Avec les pluies, la température est un facteur climatique extrêmement important pour la pisciculture. Dans les étangs elle varie généralement entre 10 et 30°C. Les basses températures hivernales ont, en particulier, deux conséquences essentielles :

- la limitation de la période de croissance à 8 mois dans l'année qui rend difficile (avec l'existence de saisons de reproduction limitées) un approvisionnement régulier du marché.
- La nécessité de stocker les tilapias, ici à la limite Nord de leur répartition géographique, dans des structures spécialement aménagées (sources chaudes, étangs profonds ou recouverts d'une serre). La production du tilapia en Israël se trouve actuellement limitée par la capacité de stockage durant l'hiver.

La main d'oeuvre

La restriction de la main d'oeuvre amène le pisciculteur à faire appel à une importante technologie :

- élévateurs mécaniques ou systèmes d'aspirations ("fish pump") permettant un transfert rapide du poisson de l'étang vers la cuve de transport en fin de pêche.
- système de tri
- automatisation de la distribution de l'aliment

A titre indicatif, à Gan Schmuël, la gestion d'une importante éclosérie et d'une centaine d'hectares d'étangs est assurée dans sa totalité par une dizaine de personnes.

La saturation du marché

A l'exception des "mauvaises années" (manque d'eau dû au faible niveau des précipitations, mortalité massive de tilapias à la suite d'un hiver trop rigoureux) le marché

israélien arrive à saturation pour les deux principales espèces produites qui sont la carpe commune et le tilapia. La politique actuelle est donc tournée vers l'exportation. A cet effet, une usine ultra-moderne de conditionnement du tilapia (découpage en filets, fumage, etc ...) a récemment été implantée à Beit Shan (capacité de traitement de 10 t/j). Des recherches sont aussi menées pour le développement de l'élevage d'espèces nouvelles, le macrobrachium et l'anguille en eau douce, la dorade et la crevette en eau de mer.

4.3.1.3. L'organisation de la profession

L'un des points remarquables de la pisciculture israélienne tient à l'organisation de la profession : chaque ferme est membre d'une coopérative volontaire, l'association des pisciculteurs ("Fish Breeders' Association"), dont le rôle au niveau de la coordination nationale et de la commercialisation est fondamental pour le développement de l'aquaculture. En fait, son champ d'activités revêt de multiples aspects :

- Elle représente les intérêts des pisciculteurs auprès du gouvernement.
- Elle assure le lien entre recherche et développement (vulgarisation) bien qu'une liaison directe entre chercheurs et producteurs ne soit pas rare.
- Elle prend en charge l'organisation et la régulation de la commercialisation. C'est elle qui fixe les prix de vente. (Il est à noter que la marge bénéficiaire de l'éleveur est relativement faible et se situe entre 20 et 35 %).
- Elle répartit la production selon des quotas, en fonction des possibilités de chaque ferme et des besoins du marché.
- Enfin elle a un rôle d'arbitrage et exerce un contrôle professionnel sur la qualité du produit (marché d'alevins et de poissons consommables).

4.3.2. Les caractéristiques de l'élevage

4.3.2.1. Les écloseries

Elles fonctionnent en circuit fermé et sont souvent équipées d'un système de régulation thermique (refroidissement avant transport du poisson ou réchauffement en hiver). La bouteille de ZUG est la plus utilisée pour l'incubation artificielle des oeufs.

...

A l'heure actuelle, compte tenu de l'importance des investissements et de la compétence requise, seules quelques fermes sont spécialisées dans la production d'alevins qui sont vendus et répartis dans les autres kibbutzim, ou exportés (carpes, carassins). L'origine de cette concentration de la production d'alevins tient aux points suivants :

- l'utilisation chez la carpe commune de souches génétiquement sélectionnées.
- La production de tilapias hybrides qui nécessite aussi des conditions contrôlées pour la maintenance des espèces pures utilisées comme géniteurs. D'autres techniques plus récentes de contrôle de la reproduction chez le tilapia, comme l'inversion sexuelle, demandent aussi des infrastructures spécialisées.
- La nécessité de passer par des techniques de reproduction provoquées chez les différentes espèces de carpes chinoises qui ne se reproduisent pas spontanément en étang.
- Enfin, l'avènement récent de la culture du macrobrachium, dont la reproduction et l'élevage larvaire demandent aussi un soin particulier, renforce cette situation.

4.3.2.2. L'élevage larvaire et le prégrossissement

Ces phases de l'élevage sont réalisées dans de petits étangs ne dépassant généralement pas 1 ha. Ceux-ci présentent des caractéristiques analogues à celles des étangs de grossissement.

Les alevins sont généralement placés en étangs quelques jours seulement après la fin de la résorption vitelline. Le succès de l'opération est inféodé à une préparation soignée de l'étang, qui est vidé et débarrassé des intrus par une application de roténone ou de bromex. Durant l'élevage larvaire, une couche de gas oil peut être répandue en surface pour tuer les insectes prédateurs qui doivent venir y respirer. L'alimentation essentiellement naturelle (fertilisation) est parfois complétée par la distribution de granulés liquéfiés dans l'eau et répartis tout autour de l'étang.

Le prégrossissement est souvent prolongé jusqu'à 100 à 300 g pour certaines espèces (carpes, mulets). Les conditions de distribution de l'aliment sont alors similaires à celles utilisées pour le grossissement.

...

4.3.2.3. Le grossissement

Dans des conditions d'élevage intensif, l'accumulation des déchets organiques provenant des fèces et de l'alimentation provoque un ralentissement de la croissance après une centaine de jours d'élevage. Pour cette raison, la saison de croissance, qui s'étale de mars à octobre, est découpée en deux cycles de grossissement d'environ 120 jours chacun. Cette brièveté de la période de grossissement et l'exigence de grandes tailles à la commercialisation rendent compte de la nécessité de disposer de poissons d'un poids déjà élevé à la fin du prégrossissement.

Le grossissement est réalisé dans des étangs d'une superficie de 2 à 5 hectares et d'une profondeur de 1 à 3 mètres. Ce sont des bassins en terre dont le fond est en légère déclivité vers un ou plusieurs moines, au niveau desquels une zone plus profonde est aménagée pour la capture des poissons. Le renouvellement de l'eau est assuré par un tuyau avançant de quelques mètres au-dessus de la surface. Celui-ci est muni à son extrémité d'un long manchon en filet moustiquaire qui empêche les intrusions de l'extérieur. Les digues sont parfois empierrées pour limiter leur érosion.

La polyculture est actuellement d'un usage généralisé. Son principal intérêt réside dans une augmentation globale de la production qui est obtenue par la cohabitation d'espèces utilisant différents niveaux trophiques et donc par une meilleure utilisation de la nourriture naturelle. Le choix des espèces et de leurs densités respectives en dépend directement. Par ailleurs, la taille moyenne des différentes espèces en début de grossissement doit être telle que, compte tenu de leur croissance respective, elles puissent être commercialisées simultanément. Il s'agit donc d'une technique complexe qui requiert une planification soignée.

Dans le cadre de la méthode semi-intensive, qui permet une production de 3 à 10 t/ha, les densités utilisées à l'hectare sont de 3 à 4.000 carpes communes, 4.000 tilapias, 1.000 carpes argentées, 1.000 mullets et 500 carpes herbivores.

L'alimentation consiste à la fois en une stimulation de la production naturelle de l'étang par la fertilisation et en une distribution de nourriture artificielle sous forme de granulés. Une double fertilisation, minérale et organique, est généralement pratiquée car celles-ci agissent de manières différentes. La première stimule directement la production primaire, alors que la seconde conduit d'abord à la formation de particules sur lesquelles se développent les bactéries. La fertilisation minérale est réalisée par l'épandage de superphosphate à raison de 60 kg/ha/semaine. Pour la fumure organique la fiente de poulet, qui donne les meilleurs résultats, est distribuée à des quantités qui peuvent atteindre 150 kg/ha/jour. La nourriture

naturelle est très riche en protéines, aussi lorsque la biomasse en poissons est faible (800 kg/ha), l'apport artificiel peut se limiter à la distribution de carbohydrates apportés par le sorgho. Avec des biomasses plus importantes, un granulé plus riche en protéines doit être donné en complément du sorgho et au-dessus d'une biomasse de 1,5 t/ha, seul un granulé contenant 25 % de protéines est distribué. La ration alimentaire est calculée sur la base de 4 % de la biomasse par jour pour la carpe et de 2 % pour le tilapia, les autres espèces utilisées en polyculture n'étant pas prises en compte. Les quotients nutritifs obtenus sont compris entre 1,5 et 3. La distribution du granulé, totalement automatisée, s'effectue à partir de silos d'une capacité de plusieurs tonnes placés au-dessus des étangs. La chute des granulés est provoquée par l'intermédiaire, soit d'un nourrisseur automatique programmé par une horloge, soit par un nourrisseur à la demande actionné par le poisson. En fait, une combinaison des deux systèmes est souvent utilisée.

Avec l'augmentation des densités en poissons et de la fertilisation, l'aération d'une partie au moins de l'étang est rendue nécessaire pour compenser les déficits en oxygène qui interviennent durant la nuit et le matin. L'aérateur le plus performant est le système dit japonais. C'est une roue flottante hérissée de palettes qui en tournant combine oxygénation et mise en mouvement de l'eau.

4.3.3. Les espèces

La carpe commune (Cyprinus carpio)

Bien que la production de la carpe ait connu une chute considérable au cours de ces dernières années, compensée il est vrai par une hausse sensible de la production du tilapia et des autres espèces, elle reste l'espèce la plus populaire en Israël. Avec 7.000 tonnes produites en 1981, elle représente 60 % de la production.

La saison de reproduction s'étale du mois d'avril au mois de juin, mais des pontes tardives peuvent être obtenues en juillet-août. La carpe se reproduit naturellement en étang, ce qui peut être facilité par son aménagement avec des substrats de ponte constitués d'amas de branchages. Toutefois, les alevins sont généralement obtenus artificiellement dans les écloseries.

Des efforts importants réalisés par les chercheurs israéliens (station de Dor) ont abouti en 1970 à l'obtention d'une souche génétiquement sélectionnée, appelée "Dor 70". Le croisement de cette souche avec une lignée yougoslave donne les meilleurs résultats et est maintenant largement utilisé.

Les Tilapias

Les tilapias viennent au second rang devant la carpe argentée et représentent environ 25 % de la production (2.500 t en 1981).

Jusqu'à un passé récent, S. aureus était l'espèce utilisée pour la pisciculture, cependant, pour éviter les reproductions "sauvages" les sexes devaient être triés manuellement. A l'heure actuelle, seul l'hybride entre S. niloticus et S. aureus qui présente une forte proportion de mâles est introduit dans l'élevage. Sa croissance est excellente et se situe entre 1 et 4 grammes par jour, selon l'âge des individus. La commercialisation peut être envisagée à partir de 200 g, mais le marché est surtout demandeur de poissons plus gros (500 g).

Les tilapias ne se reproduisent que lorsque la température de l'eau est supérieure à 20°C. En Israël, il existe donc une saison de reproduction limitée aux mois les plus chauds et les plus ensoleillés (de mai à octobre).

En hiver, la température de l'eau descend au voisinage des limites léthales qui sont de 11-12°C pour S. niloticus, 8-9°C pour S. aureus et de 10°C pour l'hybride de ces deux espèces. Il est alors nécessaire de placer les tilapias en eau réchauffée dans des structures spécialement aménagées. Le prix de ces structures et leur capacité limitée constituent actuellement un goulot d'étranglement qui est le véritable facteur limitant de l'essor de la culture du tilapia dans ce pays.

Il est à noter que parmi les autres espèces endémiques, S. galileus est négligé pour sa faible croissance et T. zillii, pourtant élevé dans d'autres pays, est ici considéré comme une nuisance, en particulier pour sa maturité sexuelle précoce.

D'autres espèces, S. mossambicus et S. hornorum introduits à partir de la côte Est-africaine, ne servent actuellement qu'à l'expérimentation et ne sortent pas des stations de recherches. Depuis quelques années, il existe un intérêt croissant pour le tilapia rouge dont le principal, sinon le seul intérêt est de nature commerciale. Son péritonéum non pigmenté lui confère, en effet, une meilleure présentation après découpage des filets.

Les carpes chinoises

La carpe argentée, Hypophthalmichthys molitrix est la plus utilisée. En 1981, 800 tonnes ont été produites. L'introduction de cette espèce dans le système de polyculture a permis d'augmenter les rendements et de stabiliser l'équilibre biologique des étangs. Son régime alimentaire, strictement phytoplanctonophage, conduit en effet à une meilleure utilisation de la production primaire et à un contrôle du bloom algal. Cette espèce, dont la croissance est de l'ordre

de 10 g/j, présente cependant un intérêt commercial moyen. Par ailleurs, les sauts que les individus de plusieurs kilos effectuent lors de la pêche la font redouter des pisciculteurs.

La culture des autres espèces, les carpes herbivores (Ctenopharyngodon idella) et grosse tête (Aristichthys nobilis) qui est principalement zooplanctonophage, est moins répandue. Le développement des macrophytes étant faible dans les étangs profonds d'Israël, l'intérêt de la carpe herbivore paraît en effet assez limité.

Les carpes chinoises ne se reproduisent pas en étang et les alevins sont issus de pontes induites artificiellement en écloseries. Les techniques de reproduction contrôlée ont permis d'obtenir différents hybrides dont l'un des plus performant résulte du croisement "grosse tête x argentée". Celui-ci présente une croissance remarquable (15 g/j) attribuée à la combinaison des régimes alimentaires parentaux qui lui permet de se nourrir à la fois de phyto et de zoo plancton.

Cet hybride, dont un avantage supplémentaire est l'absence de saut durant la pêche, est de plus en plus utilisé.

Les mulets

Les mulets sont très appréciés sur le marché israélien où ils atteignent des prix élevés.

Des six espèces de mugilidés rencontrés sur le littoral, seuls Mugil cephalus et Mugil (Liza) capito ont un intérêt pour l'élevage. M. cephalus qui est plutôt détritivore a une croissance très supérieure à celle de M. capito; en fin de première année ceux-ci pèsent respectivement 500 et 150 g. M. capito, surtout planctonophage, est cependant apprécié pour la polyculture car son niveau de compétition alimentaire avec les autres espèces (carpe, tilapia) serait plus faible.

Les alevins sont obtenus à partir du milieu naturel. Ils sont pêchés par millions le long de la côte méditerranéenne et dans les estuaires, en décembre-janvier pour M. cephalus et en février-mars pour M. capito. En fait, les alevins des deux espèces sont souvent en mélange, ce qui limite les possibilités de choix. Ceux-ci sont progressivement acclimatés à l'eau douce, en deux à trois jours, avant d'être placés en étangs de prégrossissement.

Plusieurs causes freinent actuellement le développement de techniques de reproduction artificielle pour le mulot :

- la nécessité pour les écloseries de mettre en place des cultures associées de proies vivantes qui ne sont pas indispensables pour l'élevage larvaire des autres espèces cultivées.

- la suffisance relative des captures d'alevins dans le milieu naturel pour l'approvisionnement du marché local.
- l'absence de marché pour l'exportation, en particulier vers l'Europe.

Le macrobrachium

Introduit il y a cinq ans à partir d'Hawaï, le Macrobrachium rosenbergii connaît aujourd'hui un intérêt croissant. Une production de quelques tonnes a été exportée pour la première fois en 1981.

Le principal problème pour l'élevage de cette espèce tient au fait que la température de l'eau descend en-dessous des limites léthales durant six mois de l'année. Ceci implique de réaliser une partie du cycle, l'élevage larvaire et post larvaire, en bassins réchauffés pour que la saison de croissance (de juin à octobre) puisse être pleinement utilisée pour le grossissement. Celui-ci est réalisé dans les étangs en polyculture avec les poissons. Dans ces conditions, et pour une densité de trois individus au m³, la croissance de M. rosenbergii atteint 0,3 à 0,4 grammes par jour. La taille marchande se situe vers 40 grammes.

4.4. Les méthodes de contrôle de la reproduction du Tilapia, avec une référence particulière à leur application en Israël

Les connaissances acquises concernant la physiologie de la reproduction ayant été revues ailleurs (voir en annexe LEGENDRE et JALABERT), le but de ce chapitre est de faire un point rapide sur les méthodes de contrôle de la reproduction des tilapias et sur leurs applications, car ce sujet a constitué un des apports principaux du stage en Israël.

Les tilapias sont maintenant élevés dans toute la zone inter-tropicale et leur culture en région tempérée (effluents réchauffés) est également envisagée.

Cet essor tient à la possibilité qu'ont ces espèces de se nourrir à un niveau peu élevé de la chaîne trophique, avec une bonne efficacité alimentaire, à leur résistance, leur excellente qualité de chair et à la bonne croissance de certaines espèces.

La facilité d'obtention d'alevins peut également être considérée comme un atout important. Cependant, paradoxalement, leur maturité précoce et leur activité sexuelle élevée rendue particulièrement efficace par des soins parentaux évolués (incubation buccale ou nidification) conduisent à la prolifération de jeunes dans les structures d'élevage qui, du fait des compétitions alimentaires, aboutit en définitive à la production d'une biomasse importante de petits individus de faible valeur marchande.

Le développement de l'élevage du tilapia est donc dépendant de l'élaboration de méthodes permettant d'éviter cette prolifération incontrôlée qu'on appellera ici : contrôle négatif de la reproduction.

D'un autre côté, la possibilité d'exercer un contrôle positif sur la reproduction, qui implique dans certains cas d'utiliser des traitements hormonaux ou l'insémination artificielle, peut s'avérer extrêmement utile, sinon nécessaire dans diverses situations pratiques ou expérimentales.

4.4.1. Contrôle négatif de la reproduction

Pour s'affranchir de la prolifération des alevins dans les structures d'élevage, trois grands types de méthodes sont à considérer au sein desquelles différentes solutions peuvent être envisagées ; ce sont :

- . la culture des tilapias sexuellement immatures
- . l'élimination des oeufs ou des alevins produits dans un élevage mixte
- . l'élevage d'une population monosexue mâle.

4.4.1.1. La culture des tilapias sexuellement immatures

Cette méthode vise à commercialiser les poissons avant ou peu de temps après qu'ils deviennent sexuellement matures. Elle n'est bien sûr envisageable que si la taille de maturité de l'espèce considérée est peu différente de la taille marchande. Dans l'élevage, de faibles densités sont utilisées pour obtenir une croissance rapide.

Il faut savoir que les espèces élevées en Israël ont une maturité relativement tardive. Chez S. niloticus et S. aureus, celle-ci n'est atteinte qu'après 5 à 6 mois, âge auquel les poissons pèsent déjà plus de 200 g. En fait, c'est l'exigence d'une grande taille à la commercialisation (souvent plus de 400 g) qui rend critique le problème de la reproduction. L'utilisation de méthodes permettant de limiter la prolifération d'alevins est alors rendue nécessaire par la prolongation de la durée de l'élevage.

4.4.1.2. L'élimination des oeufs ou alevins produits (élevage mixte)

Deux méthodes sont utilisées : l'élevage en cage et l'utilisation d'un prédateur associé.

. l'élevage en cage

Le principe de cette technique tient simplement au fait que les ovocytes émis lors d'une ponte tombent à travers le filet avant de pouvoir être repris en bouche pour l'incubation ; ils ne peuvent alors se développer même s'ils sont fécondés.

L'élevage du tilapia en cage n'est pas pratiqué en Israël, si ce n'est pour des motifs expérimentaux.

. L'utilisation d'un prédateur associé

Les exemples d'utilisation commerciale de cette méthode sont peu nombreux. Son efficacité est cependant indéniable, en particulier lorsqu'elle est appliquée en complément d'autres techniques visant à un déplacement du sexe-ratio dans le sens mâle, ces dernières étant le plus souvent imparfaites. Le principal problème consiste à trouver un prédateur efficace, facile à élever et qui ne prolifère pas lui-même dans la structure d'élevage. Il faut aussi rechercher l'optimum dans le rapport prédateur-proie.

De plus, la croissance du premier doit être telle que le risque de le voir s'attaquer aux poissons "élevés" soit nul. Cette technique, qui est en fait une duoculture, n'est peut-être pas aussi simple qu'il y paraît de prime abord. Par ailleurs, il est intéressant de noter que, par rapport à l'élevage en cage, cette seconde technique présente le désavantage de ne pas supprimer l'incubation buccale généralement pratiquée par la femelle. Or, nous avons montré dans le cas de *S. melanotheron* l'influence considérable de l'incubation sur la croissance.

En Israël, il n'existe pas de prédateurs qui répondent aux exigences requises. Les essais prometteurs entrepris avec *Dicentrarcus labrax* et *D.punctatus* n'ont pas abouti. L'obtention d'alevins étant pour ces espèces particulièrement difficile. Il semble, par ailleurs, que l'efficacité de *Clarias lazera* en tant que prédateur soit extrêmement réduite lorsqu'un aliment granulé est distribué.

4.4.1.3. L'élevage de populations monosexue mâle

Cet élevage combine le double intérêt de supprimer la reproduction et de ne conserver que les mâles dont la croissance est supérieure à celle des femelles. Il optimise donc les rendements par rapport à ceux obtenus en élevage mixte. De plus, dans le cas d'Israël où les tilapias doivent être stockés en hiver, dans

...

des structures coûteuses et de capacité limitée, il est économiquement important de ne conserver que les individus les plus performants et donc d'éliminer les femelles. Une population monosexue peut être obtenue de trois manières :

- sexage et tri manuel
- croisement entre deux espèces pour obtenir 100 % ou un fort pourcentage d'hybrides mâles
- inversion sexuelle des femelles par traitement hormonal.

. Le tri manuel

La séparation des mâles et des femelles repose sur le dimorphisme qui existe au niveau de la papille génitale, cette technique très simple en théorie présente néanmoins plusieurs désavantages pratiques. Le fait que le dimorphisme sexuel ne soit nettement visible que sur des individus d'un poids minimum de 20 - 50 g implique que les femelles doivent être élevées en pure perte jusqu'à ce poids avant d'être écartées.

Par ailleurs, le tri ne peut être effectué que par un personnel qualifié et très attentif, sans quoi le pourcentage d'erreurs dans le sexage peut augmenter considérablement. De plus, le temps requis en main d'oeuvre est important ; à titre indicatif, on peut citer l'exemple du kibbutz Gan Schmuel où par le passé la totalité de l'équipe travaillait pendant environ trois semaines pour sexer le nombre de tilapias nécessaires.

Ainsi, cette technique encore récemment utilisée en Israël pour l'élevage de S. aureus, a été délaissée au profit de l'hybridation et de l'inversion sexuelle qui sont plus automatiques.

. L'hybridation

La découverte dans les années soixante de différents croisements interspécifiques, produisant des populations hybrides uniquement composées de mâles, est à l'origine de la méthode. Son application, qui est en grande partie responsable de l'essor récent de la culture du tilapia en Israël, a vu la concentration de la production d'alevins dans un petit nombre d'écloseries spécialisées qui fournissent l'ensemble des producteurs (plusieurs millions d'alevins hybrides sont produits chaque année). Ceci vient de la nécessité de disposer de structures spéciales où sont isolées les souches parentales, dont la "pureté"

doit être préservée en évitant toute possibilité de contamination. Les alevins produits à partir de ces lignées "pures", conservées et reproduites par "famille" en aquarium dans l'écloserie, serviront eux-mêmes de géniteurs (après avoir été grossis, sexés et marqués) pour le croisement interspécifique qui a lieu en étang.

L'un des problèmes majeurs est le faible nombre d'alevins produits dans de nombreux croisements interspécifiques en comparaison de ce qui est obtenu en reproduction intraspécifique. Ceci oblige à disposer d'un nombre de géniteurs considérable dans le cadre d'une production massive.

Ce point est très important car le stockage hivernal des géniteurs constitue actuellement un sérieux facteur limitant.

Il est intéressant de constater que le croisement S. niloticus x S. aureus, qui est le seul utilisé commercialement en Israël, conduit à une population hybride contenant une forte proportion de femelles (entre 5 et 20 %). Ceci montre que, malgré l'impératif du contrôle de la reproduction, on recherche aussi dans l'hybridation d'autres performances que le sexe-ratio lui-même.

Ainsi, en raison d'une croissance plus faible durant la seconde année, d'une moindre résistance au froid et d'un aspect moins présentable (doublé il est vrai d'une volonté d'éviter l'introduction de S. hornorum dans les eaux libres), l'hybride S. nilotica x S. hornorum qui est invariablement monosexé mâle n'est pas utilisé pour la production.

Ce choix de l'hybridation S. nilotica x S. aureus qui ne donne qu'un pourcentage élevé de mâles mais pas une population monosexé, conduit à la recherche de méthodes permettant d'améliorer le sexe-ratio. Les producteurs d'alevins sont stimulés dans cette voie par la réglementation du marché de l'alevin hybride établie par l'association des pisciculteurs. Cette dernière donne un prix de base pour 85 % de mâles, ce prix augmentant de + 2 % pour chaque 1 % de mâles supplémentaires.

Dans ce système, l'acheteur se trouve protégé contre les annonces excessives du fait que le prix est, au contraire, diminué de 3 % pour chaque 1 % de mâles en moins constaté par rapport au pourcentage annoncé par le producteur.

Différentes hypothèses ont été données pour expliquer les mauvais résultats dans le sexe-ratio des F I : la contamination des espèces parentales, la complexité du déterminisme du sexe, l'influence de l'environnement sur la différenciation sexuelle, (CHOURROUT, 1982).

...

Ces hypothèses, qui ne sont d'ailleurs pas exclusives, sont difficiles à tester et la technique d'hybridation manque encore d'un support théorique clair.

Parmi les méthodes développées pour augmenter la proportion de mâles obtenus en hybridation, on peut en citer deux : celle de la ferme de Ein Hamifratz et celle de l'Institut Volcani à Beit Dagan.

- à Ein Hamifratz, c'est l'hypothèse de la contamination des espèces parentales qui a été retenue. Celle-ci serait suggérée en particulier par une dégradation (apparente) du pourcentage de mâles obtenus en hybridation au cours des dernières années. Le principe de la décontamination des espèces parentales repose sur l'identification des espèces (*S. niloticus*, *S. aureus*) et de leur hybride par l'analyse électrophorétique de protéines du sérum. Dans chaque espèce, les géniteurs sont ainsi sélectionnés sur la base d'un pattern électrophorétique uniforme (l'analyse du sérum est faite à l'université Bar Ilan en collaboration avec le professeur AVTALION ; tout individu montrant des déviations par rapport à ce pattern étant systématiquement éliminé. Si la ferme d'Ein Hamifratz obtient aujourd'hui le plus fort pourcentage d'hybrides mâles en Israël (90-95 %), ce résultat ne peut cependant pas être attribué avec certitude à la méthode utilisée.

En effet, aucun témoin (analyse du sexe-ratio obtenu en descendance de stock non décontaminé ou à partir d'individus écartés) n'a été conservé et il n'est donc actuellement pas prouvé qu'il existe un quelconque lien génétique entre le sexe-ratio et le critère observé (empreinte électrophorétique). La méthode a néanmoins le mérite de conduire à l'isolement de souches de performances connues.

- L'approche très différente adoptée à Beit Dagan est sans doute plus réaliste dans la mesure où le critère de sélection des géniteurs est le sexe-ratio lui-même. Des variations intrapopulation dans le déterminisme du sexe ayant été démontrées chez *S. aureus* et *S. niloticus*, le principe de la méthode (qui n'est pas encore opérationnelle) consiste à sélectionner les géniteurs par testage des sexe-ratios de leur descendance en hybridation. Seules les paires donnant régulièrement 100 % de mâles dans le croisement *S. niloticus* x *S. aureus* et 75 % de mâles, 25 % de femelles dans le croisement *S. aureus* x *S. niloticus* sont sélectionnées.

Ces individus servent à constituer un stock de géniteurs dont on espère que les descendants donneront en hybridation de meilleurs résultats (plus conformes au modèle simple de déterminisme génétique du sexe) que ceux obtenus avec les stocks parentaux initiaux.

Ce protocole est cependant très lourd et en deux, trois ans seulement une dizaine de géniteurs ont pu être sélectionnés.

L'inversion sexuelle des femelles

La différenciation sexuelle intervenant très tôt chez les tilapias (voir en annexe LEGENDRE et JALABERT), l'inversion sexuelle des femelles est obtenue par l'addition d'un androgène (éthynyltestostérone) à l'aliment, qui sera distribué aux alevins sur une période d'environ quarante jours, à partir de la fin de la résorption vitelline.

Cette technique présente l'avantage de pouvoir inverser espèces pures ou hybrides, selon les performances attendues. Elle implique cependant de disposer de bassins où l'inversion sexuelle pourra être effectuée massivement, sans qu'une autre source de nourriture puisse interférer avec le traitement.

Son application commerciale, déjà pratiquée à Taiwan, est très récente en Israël et se limite actuellement à la ferme de Gan Schmuel. Elle s'avère d'un excellent rapport financier, le prix de vente de l'alevin inversé (98-100 % de mâles) étant de 30 % supérieur à celui d'un hybride à 85 % mâles.

A Gan Schmuel, ils ont choisi d'utiliser l'hybride S. niloticus x S. aureus, dans la mesure où celui-ci présente une meilleure résistance au froid que S. niloticus et une meilleure capturabilité que S. aureus. En fait, ce sont les alevins (F2) issus de reproduction interhybride (FI x FI) qui sont inversés, car le nombre d'alevins produits par femelle est dans ce cas plus abondant qu'à l'issue du croisement interspécifique. Il est à noter qu'ici, diverses performances peuvent être recherchées dans l'hybridation, à l'exception du sexe-ratio.

Il ne fait aucun doute que la méthode d'inversion sexuelle soit amenée à se développer rapidement en Israël. Il semble, en effet, que la réussite de Gan Schmuel dans cette entreprise ait séduit les autres producteurs ; dans les autres fermes visitées, des essais de cette technique démarraient : à Ein Hamifratz par exemple, on essaie d'inverser le tilapia nilotica rouge.

...

4.4.2. Contrôle positif de la reproduction Pontes en milieu contrôlé

Trois niveaux d'obtention de pontes en milieu contrôlé peuvent être distingués selon les objectifs visés : reproduction naturelle, semi naturelle et insémination artificielle.

4.4.2.1. Reproduction naturelle en aquarium

Celle-ci est utilisée pour renouveler et multiplier le stock d'individus composant les lignées pures conservées en écloserie ou dans le cas d'hybridations expérimentales. La technique repose sur la constitution d'une "famille" composée d'un mâle et de 8 à 10 femelles. Le mâle établit un nid dans un coin de l'aquarium, territoire où il n'accepte que les femelles prêtes à pondre, les autres étant vigoureusement chassées. Après la ponte, les femelles en incubation sont repérées (déformation et mouvements buccaux caractéristiques) et capturées à l'épuisette. Les oeufs fécondés sont récupérés et placés en incubation artificielle en bouteille de ZUG. Cette mesure présente le double avantage d'éviter l'éparpillement des alevins dans l'aquarium après l'éclosion et de réduire l'intervalle séparant deux pontes successives chez une même femelle. Le principal problème est d'arriver à constituer une famille qui soit socialement stable, une trop forte agressivité entre les individus pouvant conduire à la mort de l'un ou de plusieurs d'entre eux. Pour limiter ces conflits territoriaux, de grands aquariums (500 l) sont utilisés et les familles sont formées très tôt, avec de jeunes poissons, la hiérarchie sociale s'établissant au cours de leur croissance.

4.4.2.2. Reproduction semi naturelle

La méthode est analogue à la précédente, mais elle en diffère par l'induction de la ponte par traitement hormonal.

Elle est utilisée pour stimuler la reproduction entre espèces dont le croisement en hybridation est difficile en raison de différences comportementales.

L'induction hormonale, qui permet par ailleurs de synchroniser les pontes, n'a encore donné lieu qu'à un nombre très restreint de travaux chez le tilapia. Dans l'expérimentation réalisée récemment à l'institut Volcani (Beit Dagan) mais non publiée, les meilleurs résultats ont été obtenus après injection d'extraits hypothysaires de carpes. Mais les doses utilisées sont 10 fois supérieures à celles nécessaires lorsque la carpe est le receveur et un pourcentage de réussites encore faible (50 %) montre que la technique doit être perfectionnée.

Il semble, en particulier, que le critère utilisé pour déterminer l'état de maturité des femelles avant injection (taille des ovocytes du stade le plus avancé) soit insuffisamment précis. L'injection des mâles n'est pas nécessaire mais, dans le cas d'une insémination artificielle, elle pourrait permettre de stimuler la spermiogénèse et de recueillir une plus grande quantité de sperme.

4.4.2.3. L'insémination artificielle

Elle constitue un outil indispensable pour réaliser diverses manipulations telles que l'induction de la gynogénèse, de la polyploïdie, l'utilisation de sperme congelé (réduction du stock de géniteurs mâles) ou encore l'hybridation entre espèces éthologiquement incompatibles (S. niloticus x S. melanocheilus, par exemple).

En l'absence d'une méthodologie satisfaisante pour induire la ponte par traitement hormonal, cette technique se révèle fastidieuse. En effet, les ovocytes sont recueillis par pression abdominale sur des femelles qui présentent un comportement sexuel pré-nuptial ou qui ont déjà déposé quelques oeufs (début de la ponte). Ceci représente de longues heures d'observation des familles de poissons en aquarium et explique le faible nombre de travaux rendant compte de l'utilisation de l'insémination artificielle chez le tilapia.

La mise en présence des gamètes et l'incubation des oeufs fécondés ne présentent pas de particularités notoires, par rapport à ce que l'on connaît d'autres espèces.

Il est clair que l'avenir de l'insémination artificielle chez ces espèces repose sur la mise au point d'une technique fiable d'induction de la ponte (délai fixe entre injections et ponte notamment). Dans ce sens, les travaux en cours à l'université de Tel-Aviv (Professeur YARON) pour l'obtention d'une gonadotropine de tilapia partiellement purifiée pourront être d'une précieuse contribution.

4.4.3. En conclusion, il est clair que le développement relativement récent de l'élevage des tilapias est lié en grande partie aux progrès réalisés dans le contrôle négatif de leur reproduction.

Néanmoins, de toutes les techniques présentées, aucune n'est vraiment simple et toutes requièrent, certes à des niveaux différents, des moyens humains et financiers

importants, comme la construction d'écloseries spécialisées ou une main d'oeuvre et un personnel expérimentés.

Il existe, d'ailleurs, d'autres techniques mais qui n'ont pas dépassé le stade expérimental : stérilisation, utilisation de la gynogénèse ou encore d'individus sexuellement inversés comme géniteurs. Ainsi, il semble bien que l'argument classique, consistant à mettre en avant la facilité d'obtention des alevins de tilapias pour justifier de leur intérêt pour l'élevage, soit en quelque sorte un leurre. En effet, il apparaît au moins aussi difficile d'exercer un contrôle négatif efficace sur la reproduction que d'induire la ponte chez les espèces qui ne se reproduisent pas en captivité. Cette difficulté, dont on a souvent sous estimé l'importance, est peut-être l'une des raisons qui explique le faible niveau de développement atteint par l'élevage du tilapia en Afrique où celui-ci a pourtant débuté.

Les techniques de contrôle positif de la reproduction n'ont fait l'objet que d'une recherche limitée et sont encore mal maîtrisées. Celles-ci devraient cependant être amenées à se développer, en particulier grâce à la perspective de disposer prochainement de grandes quantités d'extraits hypophysaires de tilapia (YARON, Comm. Pers.).

4.5. Compte rendu de séjour

À la suite des correspondances établies entre l'ORSTOM et les instituts israéliens puis du symposium de Nazareth sur la culture des tilapias et des contacts pris à cette occasion, sept laboratoires ou fermes d'élevage ont été visités.

4.5.1. L'institut Volcani

L'institut Volcani, spécialisé dans la recherche agronomique, est l'équivalent de l'INRA en France. L'équipe d'aquaculture se répartit entre deux stations : Dor et Beit Dagan.

La station de Dor (15 jours)

Elle est située sur la plaine côtière au Sud de Haïfa. Elle se compose d'une salle fonctionnant en circuit fermé et de 128 étangs d'expérimentation de tailles variées, totalisant une superficie de 16,5 ha. Elle dispose également d'une importante bibliothèque spécialisée dans les sciences aquatiques.

...

J'ai été reçu par G. WOLHFARTH (généticien et Directeur de la station), B. HEPHER (nutritionniste), I. KARPLUS (éthologiste) et A. HALEVY (technicien) avec lesquels j'ai eu des discussions, en particulier sur l'hybridation et la sélection génétique, l'alimentation et le rôle de la nourriture naturelle, la polyculture.

Les activités de recherches en cours sont les suivantes :

- Etude de l'effet de différentes conditions d'écloserie et de la taille de mise en charge du macrobrachium sur les rendements obtenus en polyculture.
- Testage d'un effet d'hétérosis dans la croissance de la carpe commune après croisement entre la souche sélectionnée à Dor ("Dor 70") et d'autres souches européennes.
- Sélection massale pour optimiser la croissance chez S. niloticus.
- Testage et comparaison de différentes performances chez plusieurs hybrides de tilapia : résistance au froid, fertilité, sexe-ratio et croissance. Cette expérience a montré, entre autres, l'importance de l'origine de la lignée, des différences considérables ayant été observées dans les résultats obtenus avec S. niloticus "Ghana" et "Côte d'Ivoire" en hybridation avec S. aureus.
- Mise en place d'un élevage de tilapias en bassins circulaires avec un très faible renouvellement en eau. Le système est inspiré de Taiwan. Un courant d'eau circulaire, créé à l'aide d'un aérateur du type "japonais", permet de concentrer les déchets (fèces, aliments) au centre du bac. Ceux-ci sont éliminés par une évacuation centrale deux à trois fois par jour. Le renouvellement en eau consiste seulement à rétablir le niveau après évacuation des déchets. Des densités de 20 à 40 poissons par m³ seront essayées. On suppose que la création du courant circulaire, qui conduit à la mise en suspension des déchets organiques, évite leur dégradation anaérobie au fond du bassin (production de H₂S) et amène à leur décomposition par des bactéries aérobies qui pourraient servir de nourriture aux poissons. On espère ainsi pouvoir utiliser un granulé peu riche en protéines.

...

Le centre Volcani à Beit Dagan (8 jours)

Il est situé à quelques kilomètres au Sud de Tel-Aviv. Il comporte une unité expérimentale de bassins fonctionnant en circuit fermé. Trois chercheurs y travaillent : G. HULATA (généticien actuellement en année sabbatique), H. BARASH (nutritionniste) et J. ITSKOVICH (reproduction et génétique).

L'essentiel du temps passé à Beit Dagan a été partagé entre la participation au protocole de sélection de géniteurs par testage des sexe-ratios de leur descendance en hybridation et des discussions avec J. ITSKOVICH sur l'induction de la ponte chez le tilapia. Quelques heures ont aussi été consacrées à l'observation du comportement de S. niloticus durant la reproduction en aquarium.

4.5.2. Le kibbutz de Gan Schmuel (5 jours)

La ferme piscicole, située à mi-chemin entre Tel-Aviv et Haïfa, est dirigée par S. ROTHBARD. Elle se compose de 95 ha d'étangs, d'une importante écloserie fonctionnant en circuit fermé et d'une unité d'emballage pour l'exportation de poissons vivants.

Environ 70 ha d'étangs servent pour le grossissement qui est réalisé en polyculture. Les 25 ha restant sont destinés à diverses activités liées à celle de l'écloserie : conservation de géniteurs, pré-grossissement, reproduction des tilapias. L'ensemble est géré par une équipe d'une dizaine de personnes.

Sans avoir la production la plus élevée, ce kibbutz est l'un de ceux qui obtient les meilleurs rendements : 600 à 700 tonnes de poissons marchands sont produits chaque année (rendement de 9 à 10 t/ha).

L'originalité de l'écloserie réside en huit bassins circulaires en béton d'une capacité de 80 m³, qui servent au stockage des fingerlings avant l'export et à l'inversion sexuelle des tilapias. Elle contribue à l'essentiel des recettes et a produit cette année :

- 3 à 4 millions de carpillons, partiellement exportés vers l'Allemagne,
- 1 million d'alevins de carpes chinoises, regroupant espèces pures et hybrides,
- 2 millions d'alevins de carassins, exportés comme poissons d'ornementation,

- 6 à 7 millions de tilapias monosexes mâles obtenus par inversion sexuelle et vendus, à la fin du traitement hormonal, au prix de 1 \$ US les cinquante. Notons également la production du tilapia rouge de Taiwan.

Durant ce séjour, j'ai participé à diverses pêches en étangs, à l'induction hormonale de la ponte chez la carpe herbivore et aux différentes étapes du protocole d'inversion sexuelle des tilapias.

4.5.3. Le kibbutz de Ein Hamifratz (3 jours)

La ferme, dirigée par D. MIRES, est située au Sud de Saint Jean d'Acre. Elle est constituée d'une grande écloserie et de 60 ha d'étangs. En période estivale, la surface de production est réduite, certains étangs devant être vidangés pour maintenir une hauteur d'eau suffisante dans d'autres bassins. Avec 300 tonnes de poissons produits chaque année en polyculture, les rendements atteints sont de l'ordre de 6 à 7 t/ha.

Le succès commercial de l'écloserie repose sur la production annuelle de 5 millions d'alevins hybrides à forte proportion de mâles et sur la vente de géniteurs S. niloticus et S. aureus sélectionnés. Ces derniers sont vendus par lot de mille au prix fort de 14 \$ US pièce.

L'écloserie a connu récemment une extension très importante pour la reproduction du macrobrachium et le stockage en bassins des fingerlings de tilapias futurs géniteurs.

Une souche de tilapia (*nilotica*) rouge est en cours de constitution en vue de la production d'alevins monosexes mâles sexuellement inversés. L'influence de différents types de substrats, horizontaux et verticaux, est par ailleurs testée sur la croissance du macrobrachium élevé en bassins à la densité de 40 individus au m³. L'aliment est ici constitué de résidus de poissons broyés.

4.5.4. La station de Ginossar (2 jours)

Cette station, située en bordure du lac Kinneret, m'a été présentée par U. COHEN. Elle a deux objectifs principaux :

- le repeuplement du lac, dans lequel environ 6 millions d'alevins de différentes espèces sont introduits chaque année,
- le développement de techniques permettant d'intensifier l'élevage sans que les débits en eau soient augmentés.

L'activité de recherche est actuellement la suivante :

- des expériences sont réalisées sur l'alimentation du tilapia. Elles visent à substituer les protéines animales fournies par la farine de poisson par des protéines végétales provenant, notamment, du soja. Les aliments désirés sont produits sur place à l'aide d'un petit mélangeur et d'une presse à granulés d'une capacité de production de 200 kg/h. L'aliment est distribué deux fois par jour par l'intermédiaire d'un nourrisseur à la demande. Ce dernier permet d'améliorer le taux de conversion de 20 % par rapport à celui obtenu lorsque la distribution est manuelle.

Dans une expérimentation antérieure, réalisée chez la carpe, la farine de poisson a pu être totalement remplacé par des protéines végétales, cependant, de la lysine, de la méthionine et de l'huile devaient être ajoutées à l'aliment pour obtenir une efficacité équivalente.

- Des études sont réalisées pour tester l'influence des substrats artificiels sur la croissance du macrobrachium en étang. L'aliment distribué est un aliment à 35 % de protéines.
- Des essais de grossissement de l'anguille sont effectués en étang. Les civelles sont importées de France (région de Royan). Malgré un aliment contenant 60 % de protéines, la croissance de cette espèce est moyenne, elle se situe entre 1 et 2,5 g/j. Le taux de conversion est de 1,5. Dans ces conditions, il semble que la rentabilité économique ne puisse être atteinte qu'à partir de rendements de l'ordre de 70 t/ha/an. C'est l'exportation d'anguilles fumées qui est envisagée pour permettre une réduction du coût de transport par rapport à celui du poisson frais.
- Dans le but d'augmenter les charges en poissons, un système similaire à celui essayé à Dor est testé en étangs.

La station accueille actuellement une petite équipe de chercheurs hollandais rattachés au laboratoire de Wageningen. Ils étudient le cycle reproducteur de Clarias lazera en milieu naturel, en étangs et en bassins maintenus à la température de 25° C. Leur objectif est d'obtenir des pontes de cette espèce tout au long de l'année.

...

4.5.5. L'université de Tel-Aviv (une journée)

J'ai été accueilli par le professeur Z. YARON, dont le laboratoire est spécialisé en endocrinologie des poissons et du tilapia en particulier.

Ce laboratoire a mis au point un dosage biologique de l'activité gonadotrope basé sur le niveau de sécrétion de l'oestradiol par des fragments d'ovaires de tilapia in vitro. Le dosage qui permet, entre autres, de déterminer le pouvoir gonadotrope de différents extraits hypophysaires est d'un grand intérêt pratique. Rappelons qu'un test analogue mais basé sur la maturation in vitro d'ovocytes de truite avait été mis au point par B. JALABERT.

Un travail visant à purifier partiellement la gonadotropine (Gth) de tilapia va débiter prochainement. Celui-ci demande une grande quantité d'hypophyses qui pourront être obtenues grâce à l'implantation récente d'une usine de découpage du poisson en filets.

Des travaux de purification de la gonadotropine de carpe et des études endocrinologiques de base chez M. cephalus, consistant à mesurer les niveaux plasmatiques d'oestradiol et de testostérone au cours des trois premières années, sont également en cours.

4.5.6. Le laboratoire de mariculture d'Eilat (8 jours)

Ce laboratoire qui vient d'intégrer de nouveaux locaux, ayant connu récemment une extension importante, est maintenant remarquablement équipé. Il occupe une trentaine de personnes dirigées par H. GORDIN. Leur objectif est d'élaborer des technologies qui permettront, d'une part, de réaliser un élevage en cage flottante en mer et, d'autre part, de développer une aquaculture d'étang dans la vallée désertique d'Arava qui s'ouvre sur le golfe d'Eilat. Dans ce dernier cas, l'eau pourra être obtenue par pompage en mer ou dans l'importante nappe saumâtre située sous la vallée.

Quelques essais avec des espèces locales se sont soldés par des échecs dus à la valeur marchande, la croissance ou la résistance trop faible. Le choix des espèces a finalement porté sur la dorade (Sparus aurata), l'huitre (Crassostrea gigas) et une crevette (Penaeus semisulcatus), toutes trois introduites.

Les recherches sur la dorade concernent la reproduction, l'élevage larvaire, les techniques d'élevage, la nutrition et la pathologie :

On sait que des extraits hypophysaires de carpes ou même de dorage ne permettent pas d'obtenir la ponte.

La reproduction est induite par injections de 100 à 400 UI par kilo d'HCG sur des femelles sélectionnées d'après le diamètre de leurs ovocytes prélevés par canulation. La ponte en elle-même s'effectue naturellement en bassins de 600 litres où sont placés deux femelles et trois mâles ; elle est fractionnée et s'échelonne pour une même femelle sur plusieurs semaines. Les oeufs flottent et sont collectés au niveau de l'évacuation du bac.

Dans le futur, un substitutif à HCG sera recherché car cette hormone provoque une réaction immunologique empêchant d'utiliser une même femelle deux années de suite pour la reproduction. On espère, après purification de la gonadotrophine de cette espèce, pouvoir fabriquer et utiliser une hormone synthétique.

Un contrôle de la reproduction par l'intermédiaire des facteurs externes, température, photopériode et salinité, est également recherché afin d'obtenir des alevins tout au long de l'année.

L'un des principaux problèmes qui mobilise un important effort de recherche est l'élevage larvaire. En effet, malgré des installations sophistiquées et une alimentation élaborée impliquant des cultures associées d'algues (Isocrysis), de rotifères et d'artémies, la survie larvaire ne dépasse que rarement le seuil de 5 % à l'âge de 60 jours.

En ce qui concerne le grossissement, des essais sont réalisés en cages flottantes ou en étangs d'eau de mer.

Les cages, cubiques, sont retournées périodiquement pour limiter le développement des algues sur le filet. La taille marchande de 250-300 g est atteinte après 16 mois d'élevage avec une densité de 200 individus au m³. Des études sont en cours pour étendre la méthode à des sites exposés aux intempéries.

En étangs, des rendements de 6 à 10 t/ha/an ont été atteints. Dans cette région, l'évaporation est considérable et doit être compensée par un courant continu d'eau de mer, pour maintenir la salinité à des niveaux physiologiques. Par ailleurs, l'ensoleillement favorise aussi la production primaire qui atteint des niveaux très élevés dans ces étangs fertilisés par la nourriture et les fèces de poissons. Il en résulte des variations extrêmes en oxygène (de 20 à 500 % de saturation entre la nuit et le jour) et la libération de composés toxiques

...

provenant de la dégradation anaérobie des organismes morts sédimentés au fond. Cette péjoration de la qualité de l'eau peut provoquer une mortalité importante. Une solution intéressante a été trouvée à ce problème ; elle consiste en un élevage intégré de poissons et d'huitres, lesquelles filtrent l'eau et l'épurent en consommant le phytoplancton. Dans ce système, une production annuelle d'environ 20 tonnes d'huitres à l'hectare est obtenue en plus de celle des poissons.

Les résultats obtenus avec P. semisulcatus sont extrêmement encourageants. Des pontes sont régulièrement obtenues en bassins et le taux de survie en fin d'élevage larvaire est généralement supérieur à 50 %. En étangs d'eau de mer, la taille marchande de 25 g est atteinte en trois mois à partir de postlarves.

5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET PERSPECTIVES

Ces deux années d'élève qui font suite à une période de VSN effectuée au CRO d'Abidjan et à des études universitaires spécialisées en physiologie animale, notamment de la reproduction, m'ont permis d'acquérir, principalement à Abidjan, mais aussi en France et en Israël, une formation dans des domaines assez divers.

Certains aspects de cette formation ont consisté à acquérir des connaissances plus solides dans un domaine déjà connu, la reproduction des poissons ; Ceci de façon à la fois théorique (bibliographie) et pratique (méthodologie d'étude du cycle sexuel, techniques de contrôle de la reproduction chez le tilapia).

D'autres aspects m'ont permis, grâce au concours de mes collègues, d'aborder des notions plus nouvelles ayant trait :

- . d'une part à l'écologie (connaissance du milieu lagunaire, de la systématique et de la biologie des espèces africaines),
- . d'autre part aux techniques d'élevage, qui prennent justement en compte les caractéristiques biologiques de chaque espèce cible (croissance, comportement, exigences alimentaires ...).

L'apprentissage de ces techniques, réalisé au travers de l'exemple des machoirons et des essais effectués avec les tilapias lagunaires, a conduit à la mise au point d'une structure d'élevage assez originale, la cage-enclos. Il a, par ailleurs, permis, en servant de point de référence, de rentabiliser au mieux le stage de deux mois effectué en Israël.

Le caractère diversifié de mon activité durant ces deux années m'apparaît très positif dans le cadre d'une formation de base. Il repose, en outre, sur une ouverture à d'autres disciplines, dont l'article préparé avec J.J. ALBARET (annexe n° 2) est un exemple. Mais une trop grande dispersion est à la longue stérilisante et il faudra, à l'avenir, se focaliser sur des objectifs précis pour une bonne efficacité du travail de recherche. Cependant, cette diversité ne signifie pas hétérogénéité car elle correspond à la nature même de l'aquaculture.

Compte tenu de l'avènement récent de ce domaine d'étude au sein de notre organisme, certains points demandent à être précisés.

...

L'aquaculture peut être définie comme la production d'organismes aquatiques par l'élevage. Elle n'est pas une science en elle-même. C'est un objectif dont la réalisation intègre les acquis de nombreuses disciplines scientifiques. Ceux-ci concernent dans un premier temps la connaissance de l'environnement économique et social, du milieu aquatique et de la bio-écologie des espèces, puis dans une seconde étape des études plus spécifiques en physiologie ou en ichtyopathologie notamment.

Il en résulte que notre rôle à l'ORSTOM n'est pas de pratiquer l'aquaculture, mais de la rendre possible dans des conditions optimales d'application par le résultat de nos recherches. Il s'agit donc de démontrer les mécanismes biologiques et de préciser les conditions qui permettront le développement futur de technologies adaptées à l'élevage d'une espèce donnée dans un environnement écologique et humain particulier.

Il est clair que ce travail ne peut être le fait d'un seul ou d'un petit nombre d'individus, mais d'une large équipe pluridisciplinaire dans laquelle les rôles sont bien distribués (le laboratoire de mariculture d'Eilat, en Israël, en fournit un excellent exemple). Si chaque membre de l'équipe doit avoir une compréhension générale et pratique de l'ensemble des problèmes (d'où l'intérêt d'une formation diversifiée), un travail scientifique de bon niveau ne peut être réalisé que lorsqu'un certain degré de spécialisation est atteint. Celui-ci implique, entre autres, de disposer d'un temps suffisant pour effectuer une documentation (bibliographie, mais aussi contacts avec d'autres laboratoires) approfondie et régulière.

Pourtant, jusqu'à présent, les contraintes de construction d'encadrement du personnel et de gestion de la station de Layo ont été, en l'absence de techniciens spécialisés, des facteurs limitants dont l'importance ne doit pas être sous estimée.

Cette activité pratique était indispensable pour se donner l'outil de travail que constitue cette station. Elle a, de plus, contribué à ma formation générale. Il est cependant indispensable qu'il soit désormais permis aux chercheurs de se consacrer avec plus de constance, et donc plus d'efficacité, à leur véritable mission. Le recrutement récent d'un technicien et l'affectation de VSN à l'aquaculture devrait permettre d'y parvenir. Dans ce sens, il paraît également important que les chercheurs de l'équipe aquaculture soient moins sollicités pour des actions de développement que cela n'a été le cas par le passé. Ce télescopage entre les deux types d'activités vient probablement de ce que, en Côte d'Ivoire, l'aquaculture, en tant qu'activité non traditionnelle,

...

n'a pas encore de présent bien établi. Mais, comme cela a déjà été dit, le rôle du chercheur n'est pas de réaliser l'objectif mais de permettre sa réalisation.

Pour résoudre ce problème, l'idée de la création à l'ORSTOM d'une filiale dévouée aux transferts et à la vulgarisation des résultats de la recherche a déjà été évoquée et constituerait, sans doute, une excellente solution. Une collaboration avec des organismes de développement déjà existants devrait aussi être envisagée. Une telle collaboration n'existe pas en Côte d'Ivoire et quelles qu'en soient les raisons, on ne peut que le déplorer, d'autant plus que des crédits français y sont impliqués de part et d'autres.

Les perspectives

Les études réalisées, portant sur la croissance des tilapias lagunaires en élevage, ont montré que ces espèces présentent pour l'aquaculture un intérêt nuancé. L'amélioration des résultats actuels semble essentiellement conditionnée par la recherche d'une alimentation artificielle adaptée à ces espèces et d'une meilleure utilisation de la nourriture naturelle. De telles études de nutrition sont cependant éloignées de mon orientation scientifique principale.

En dehors des tilapias, deux autres domaines de recherches qui se situent en amont de l'aquaculture sont intéressants. Ce sont l'étude des potentialités pour l'élevage des autres espèces lagunaires et l'étude des mécanismes qui contrôlent leur reproduction.

L'étude des potentialités pour l'élevage des autres espèces lagunaires

Il s'agit d'une étude à moyen terme (environ 4 ans) dont l'objectif serait de dresser un inventaire des espèces lagunaires à haut potentiel aquacole. Ce travail, auquel je souhaiterais participer, est le fait d'une équipe pluridisciplinaire car l'évaluation de ce potentiel prend en compte des données relatives à différents domaines :

- . La socio-économie, par la connaissance de la valeur marchande et du niveau d'appréciation de chaque espèce par la population. Il faut aussi tenir compte des interdits qui existent au niveau ethnique pour la consommation de certaines d'entre elles.

...

- . La bio-écologie, par la connaissance des zones de répartition, du régime alimentaire, des zones et stratégie de reproduction de chaque espèce dans le milieu naturel.
- . L'élevage en lui-même, par l'évaluation de la croissance et du niveau de maturation sexuelle en captivité. L'espèce doit aussi accepter une nourriture artificielle et être résistante aux variations du milieu et aux manipulations.

L'intérêt de cette étude ne se limiterait pas seulement à la Côte d'Ivoire et les connaissances acquises pourraient, sans doute, être appliquées à l'ensemble des eaux saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, avec toutefois des réajustements liés aux particularités de chaque biotope ou pays cible. Il convient de rappeler que c'est grâce à une étude de ce type, réalisée en eau douce sur les espèces du bassin de l'Ubanguï (MICHA, 1973) que l'intérêt des clariidés, de clarias lazera notamment a pu être précisé. A notre connaissance, le potentiel aquacole des espèces africaines d'eau saumâtre n'a encore jamais fait l'objet d'un inventaire systématique.

Le contrôle de la reproduction

Lorsque l'intérêt d'une espèce pour l'aquaculture a été établi, les questions qui se posent sont alors :

- . que donner à manger et combien ?
- . comment disposer régulièrement de grandes quantités d'alevins ?

Cette seconde question est d'une importance primordiale car la réalisation de la totalité du cycle biologique en captivité est la base d'un élevage bien maîtrisé.

L'approvisionnement en alevins peut parfois se faire à partir du milieu naturel. Mais cela est aléatoire et n'est d'ailleurs envisageable que dans certaines situations privilégiées et sur une période limitée de l'année. A l'exception des tilapias pour lesquels le problème est plutôt de limiter la prolifération des alevins, la reproduction des poissons est le plus souvent bloquée en captivité. Ce blocage peut intervenir à différents niveaux de la maturation des gonades et

avoir des causes diverses. Il peut être le résultat de la présence d'un facteur d'inhibition, comme l'eau douce pour les Mugilidés, ou de l'absence d'un ou plusieurs stimuli, fournis par exemple par un substrat de ponte adéquat. Un traitement hormonal est généralement appliqué pour pallier cette absence.

Pour identifier la nature du blocage et exercer un contrôle efficace sur la reproduction, qui permettra d'obtenir la ponte ou de produire des alevins tout au long de l'année, il faut, au préalable, disposer d'une bonne connaissance du cycle sexuel en milieu naturel et des facteurs internes et externes qui le sous-tendent. De nombreux aspects de cette connaissance peuvent être acquis dans le cadre de nos moyens actuels. D'autres, comme l'endocrinologie, qui demandent des techniques d'analyses sophistiquées, pourraient faire l'objet de protocoles négociés avec des laboratoires mieux équipés, comme le laboratoire de Physiologie des Poissons de l'INRA.

Compte tenu de ma formation, ce domaine de recherches m'apparaît être le plus approprié à ma future orientation scientifique. Contrairement à une éventuelle participation à l'étude à caractère fini évoquée ci-dessus, il est ici question d'une orientation à long terme, d'une véritable spécialisation.

Dans un avenir proche, quelques mois devront être consacrés à l'analyse et à la publication des résultats obtenus concernant la reproduction et la croissance en élevage des tilapias lagunaires. Après cela, mon activité de recherche pourrait être principalement consacrée à l'étude de la reproduction d'Heterobranchus et à la mise au point de techniques permettant d'obtenir la ponte de cette espèce en captivité. Malgré le caractère préliminaire des résultats obtenus, nous avons en effet montré qu'elle présente une croissance excellente et que son élevage peut être envisagé en lagune, au moins dans les zones oligohalines. C'est dans ce sens qu'un stage sera effectué, à partir du 1er septembre 1983, au "Department of Fish Culture and Inland Fisheries" à Wageningen (Hollande) ; ce laboratoire étant spécialisé dans l'étude de la physiologie de la reproduction de Clarias lazera, espèce voisine d'Heterobranchus.

LITTÉRATURE CITÉE

- ALBARET J.J., 1982 - Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire
Rev. Hydrobiol. Trop. 15 (4) : 347-371
- DAGET J. et ILTIS A., 1965 - Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et eaux saumâtres)
Mém. IFAN, n° 74, 385 p.
-
- CHOURROUT D., 1982 - Compte rendu de la mission en Israël sur le thème génétique du tilapia : induction de la gynogénèse, réflexion sur la production de monosexisme mâle
Rapport interne INRA, 16 p.
-
- DURAND J.R. et LOUBENS G., 1970 - Observations sur la sexualité et la reproduction des Alestes baremoze du Bas Chari et du lac Tchad
Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol. 4 (2) : 61-81
- LIAO I.C. et CHANG S.L., 1983 - Studies on the feasibility of red tilapia culture in saline water.
International Symposium on tilapia in aquaculture, Nazareth, may 8-13, 1983
- LOWE Mc CONNELL R.H., 1955 - The fecundity of Tilapia species
East Afr. Agric. J., 21 : 45-52
- MICHA J.C., 1973 - Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture
Centre Technique Forestier Tropical 110 p.
- MIRES D., 1982 - A study of the problems of the mass production of hybrid tilapia fry. In RSV PULLIN and R.H. LOWE Mc CONNELL (Eds.), The biology and culture of tilapias
ICLARM Conf. Proc., 7 : 317-329
- MIRANOVA N.V., 1977 - Energy expenditure on egg production in young T. mossambica and their influence of maintenance conditions on their reproductive intensity
J. Ichthyol., 17 : 627-633
- PAYNE A.I., 1983 - Estuarine and salt tolerant tilapias
International symposium on tilapias in aquaculture, Nazareth, may 8-13, 1983

TREWAVAS E., 1982 - Tilapias : taxonomy and speciation
In RSV PULLIN and RH. LOWE Mc CONNELL (Eds.)
The biology and culture of tilapias
ICLARM Conf. Proc., 7 : 3-13

WELCOMME R.L., 1967 - The relationship between fecundity and
fertility in the mouthbrooding cichlid fish Tilapia
leucosticta
J. Zool., 151 : 453-468

PUBLICATIONS

- LEGENDRE M.
Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de Sarotherodon melanotheron et de Tilapia guineensis en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr., soumis pour publication

- LEGENDRE M., BILLARD R., 1980
Cryopreservation of rainbow trout sperm by deep-freezing
Reprod. Nutr. Develop. 20 (6) : 1859-1868

- LEGENDRE M., BILLARD R., 1980
Cryoconservation du sperme de truite arc en ciel (Salmo gairdneri R.)
Bull. Fr. Piscic., 278 : 11 - 33

- LEGENDRE M., JALABERT B.
Physiologie de la reproduction in LEVEQUE C. et BRUTON M. (Eds)
Biologie et écologie des poissons africains d'eau douce
Sous presse

- ALBARET JJ., LEGENDRE M.
Les espèces colonisatrices des étangs d'une station de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire
Description et incidence sur l'élevage
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. sous presse

- BILLARD R., LEGENDRE M., 1981
Conservation à court terme des gamètes de truite arc en ciel en condition in vitro sous atmosphère d'oxygène
Bull. Fr. Piscic., 284 : 162 - 167

- FOSTIER A., BILLARD R., BRETON B., LEGENDRE M., MARLOT S., 1981
Plasma 11-oxo-testosterone and gonadotropin during the beginning of spermiation in rainbow trout (salmo gairdneri R.)
Gen. Comp. Endocrinol., 46 : 428 - 434

En préparation :

- ALBARET JJ., LEGENDRE M.

Les Mugiladae des eaux saumâtres de Côte d'Ivoire

- ALBARET JJ., ECOUTIN JM., LEGENDRE M.

*Biologie et écologie des tilapias en lagune Ebrié
Grands traits de leur exploitation et perspectives d'élevage
en Côte d'Ivoire*

ANNEXE N° 1

PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION

MARC LEGENDRE ET BERNARD JALABERT

Les espèces de poissons africains ayant fait l'objet d'études approfondies dans le domaine de la physiologie de la reproduction sont peu nombreuses et appartiennent pour l'essentiel à des familles qui, exploitées en pêche et pisciculture, présentent une certaine importance économique. Dans le cadre de l'élevage, une bonne connaissance des facteurs externes et internes impliqués dans le contrôle de la reproduction constitue une étape nécessaire pour le développement de techniques permettant un approvisionnement régulier et suffisant en alevins ou au contraire pour limiter la prolifération excessive de certaines espèces.

Après un bref rappel des connaissances générales acquises sur la physiologie de la reproduction des poissons teleostéens, (voir aussi les ouvrages *Fish Physiology*, Vol. III et Vol. IX, édités par W.S. HOAR, D.J. RANDALL et E.M. DONALDSON), cet article présente une revue des travaux réalisés chez quatre familles, Cichlidés, Mugilidés, Clariidés et Anguillidés, qui ont été les mieux étudiées parmi les poissons africains.

Chez les autres espèces, bien que le cycle reproducteur ait parfois été décrit, des études détaillées de la gamétogénèse (comme celle réalisée chez Heterotis niloticus par MOREAU, 1983) ou des facteurs intervenant dans la régulation de la reproduction (comme les travaux de HATTINGH et DU TOIT, 1973, sur l'hypophyse de Labeo umbratus), font largement défaut.

I - Données générales sur la physiologie de la reproduction des poissons téléostéens

III . Caractéristiques générales de la gamétogénèse

III- Différenciation sexuelle et puberté

Chez les poissons, comme chez les autres animaux, on connaît peu de choses sur la succession d'évènements intervenant entre le niveau chromosomique (sexe génétique) et l'apparition définitive d'éléments mâle ou femelle (sexe phénotypique) dans la gonade en différenciation (voir HARRINGTON, 1974, pour revue). Pour YAMAMOTO (1969), il paraît clair que les gènes sexuels n'agissent qu'indirectement sur la différenciation sexuelle par l'intermédiaire d'inducteurs sexuels placés sous leur contrôle. La nature de ces inducteurs est encore inconnue, toutefois certains faits expérimentaux suggèrent un rôle des stéroïdes sexuels. Chez de nombreuses espèces l'administration d'androgènes ou d'oestrogènes peut en effet induire, la différenciation de mâle génétique et de femelle génétique en des adultes fonctionnels et fertiles du sexe opposé (voir YAMAMOTO, 1969; SCHRECK, 1974). Dans certains cas, la proportion des sexes apparaît être infléchie par divers facteurs de l'environnement (facteurs sociaux, température notamment) en particulier chez les espèces qui présentent un hermaphrodisisme successif (REINBOTH, 1980).

La puberté, phase transitoire durant laquelle se mettent en place les différents éléments concourant à la réalisation de la (première) reproduction, se réalise en un temps variable suivant les espèces. La causalité de son déclenchement est encore mal élucidée. Il semble que les poissons doivent atteindre un certain développement corporel ou un certain âge pour être sexuellement mature, mais ce phénomène dépend également de facteurs du milieu ayant une action sur le métabolisme ou la croissance, tels que la température ou l'alimentation (KAUSCH, 1975).

I.I.2. Le testicule et la spermatogénèse

Chez la plupart des téléostéens, le testicule est généralement un organe pair situé dorsalement dans la cavité générale et qui est prolongé postérieurement par un canal déférent (spermiducte) se terminant au niveau de la papille génitale. La structure testiculaire des téléostéens a souvent été décrite comme étant d'une variabilité plus grande que chez tous les autres groupes de vertébrés (DODD, 1972 ; DE VLAMING 1974, CALLARD et al. 1978). Il est généralement admis, bien qu'il n'y ait pas unanimité (cf. GRIER, 1981), que deux types de structures testiculaires, lobulaire et tubulaire, peuvent être identifiés selon le mode de spermatogénèse (voir DE VLAMING, 1974; BILLARD et al., 1981). Le type lobulaire (figure I), ainsi dénommé car les tubes séminifères ont un diamètre variable et présentent un aspect lobé en histologie, est le plus répandu chez les téléostéens. Dans ce type de structure testiculaire, les spermatogonies (type A) sont réparties tout au long du tube séminifère, les cystes formés se déplacent peu au cours de leur évolution, et les spermatozoïdes produits sont libérés dans la lumière centrale des tubes en communication avec le canal déférent.

Dans le type tubulaire (figure I), limité au groupe des Poecilidae (BILLARD et al., 1981) les cellules germinales sont au contraire localisées uniquement au niveau de l'extrémité aveugle des tubules. Durant la spermatogénèse les cystes migrent le long du tubule, qui ne possède pas de lumière, vers la cavité centrale du testicule où sont libérés les spermatozoïdes. Dans les deux cas, les tubules ou les lobules sont séparés les uns des autres par les cellules (Leydig homologues) du tissu interstitiel.

Le processus de Spermatogénèse regroupe l'ensemble des phases cytologiques conduisant à l'élaboration des spermatozoïdes à partir de cellules indifférenciées (gonies A), elles mêmes issues des cellules germinales primordiales de l'embryon par division mitotique. La spermatogénèse peut avoir, suivant les espèces, un caractère continu (par ex. chez la carpe)

.../...

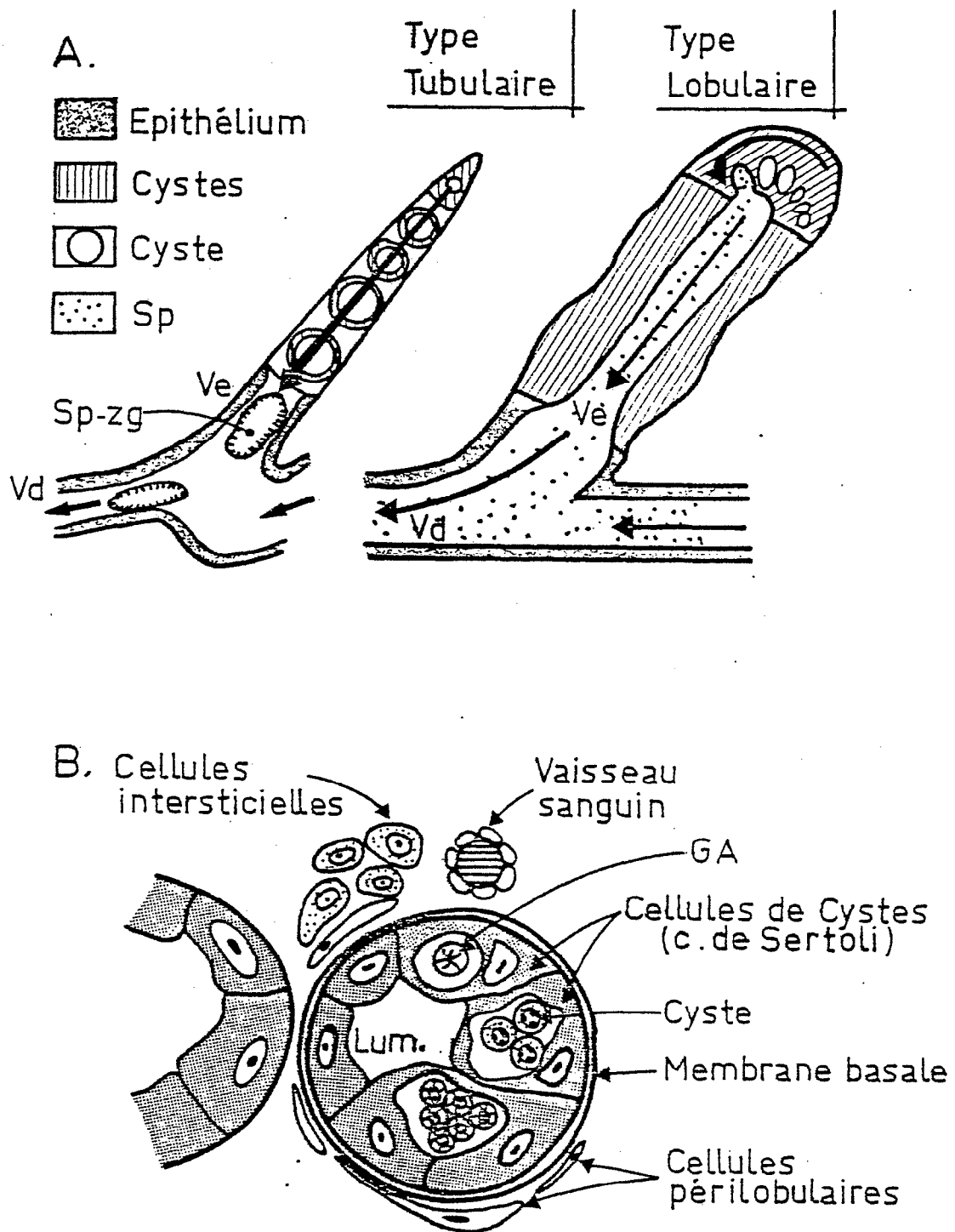


FIGURE 1.

(A) Représentation schématique de deux types de structures testiculaires rencontrées chez les Téléostéens. Ve : vas efferens, Vd : vas deferens, Sp : spermatozoïdes, Sp-zg : spermatozoogone.

(B) coupe transversale d'un lobule : G.A. : spermatogonie du type A. (d'après BILLARD et al. 1982).

ou saisonnier (par ex. chez la truite) (BILLARD et al., 1981).

La différenciation des spermatozoïdes s'effectue entièrement à l'intérieur des cystes, délimités par une couche de cellules somatiques dont l'homologie avec les cellules de Sertoli des mammifères reste controversée (BILLARD et al., 1981; GRIER, 1981). Durant la spermatogénèse, l'évolution des cellules germinales est synchronisée à l'intérieur de chaque cyste. Les gonies A sont initialement isolées et entourées de quelques cellules somatiques. Ces dernières se divisant forment l'enveloppe du cyste, alors que les spermatogonies (type B) subissent plusieurs divisions mitotiques aboutissant aux spermatocytes primaires, puis, après les deux divisions de la méiose aux spermatides. Une série de transformations cytologiques (spermiogénèse) intervient alors, au cours de laquelle chaque spermatide se différencie en un spermatozoïde.

Les spermatozoïdes sont ensuite libérés dans le canal déférent du testicule ; c'est la spermiation, qui est généralement accompagnée (du moins chez les espèces ayant une structure testiculaire lobulaire) par une hydratation des gonades et du sperme (HOAR, 1969 ; DE VLAMING, 1974 ; BILLARD et al., 1981).

Lors de l'émission du sperme (éjaculation), les spermatozoïdes sont libres dans le plasma séminal chez les espèces à fécondation externe, alors qu'ils sont souvent groupés en spermatophores ou en spermatozeugmata chez les espèces à fécondation interne.

I.I.3 L'ovaire et l'ovogénèse

Ce sujet a été revu récemment par HOAR (1969), DE VLAMING (1974), DODD (1977), WALLACE et SELMAN (1981).

L'ovaire est un organe généralement pair, suspendu dorsalement dans la cavité péritonéale par le mésovarium qui est une extension du péritoine. Les tissus de l'ovaire forment de nombreux replis ou lamelles ovigères dans lesquelles se développent les ovocytes.

Chez les téléostéens , contrairement à ce que l'on observe chez les vertébrés supérieurs, l'ovaire contient un stock d'ovogonies indifférenciées qui semble pouvoir être renouvelé par division mitotique tout au long de la vie du poisson. Un oviducte reliant l'ovaire à la papille génitale est présent chez la majorité des téléostéens, mais dégénère secondairement chez certaines espèces comme les Salmonidés, où lors de l'ovulation , les ovules sont libérés dans la cavité coelomique.

L'ovogénèse débute véritablement avec l'entrée des ovogonies en prophase de première division méiotique. Les ovocytes primordiaux ainsi formés, dont l'évolution reste bloquée à ce stade jusqu'à la maturation , sont progressivement entourés par des cellules somatiques qui se différencient en plusieurs couches formant les enveloppes folliculaires. De la périphérie vers l'ovocyte on distingue : la thèque constituée de plusieurs couches cellulaires et la granulosa séparée de la thèque par une membrane basale (HARVEY et HOAR, 1980). La granulosa, formée d'une couche monocellulaire, est en contact étroit avec l'ovocyte grâce à de nombreuses interdigitations qui s'entrecroisent à travers une couche acellulaire, la zona pellucida, futur chorion de l'oeuf (figure 2).

La croissance ovocytaire peut être décomposée en deux phases essentielles : premièrement la phase de prévitellogénèse qui correspond à l'accumulation de substances principalement synthétisées par l'ovocyte lui-même (vitellogénèse endogène); deuxièmement la vitellogénèse exogène caractérisée essentiellement par l'incorporation de vitellogénine, grosse molécule lipoprotéique synthétisée par le foie, circulant dans le sang et pénétrant dans l'ovocyte par micropinocytose.

A la fin de la vitellogénèse, l'ovocyte subit une évolution rapide, son noyau (vésicule germinative) migre vers la périphérie au pôle animal et la méiose reprend jusqu'à la métaphase de deuxième division. Ce processus de maturation ovocytaire est accompagné d'importants changements au sein du cytoplasme et du vitellus et chez de nombreuses espèces, l'ovocyte subit une hydratation se traduisant par une rapide augmentation de volume.

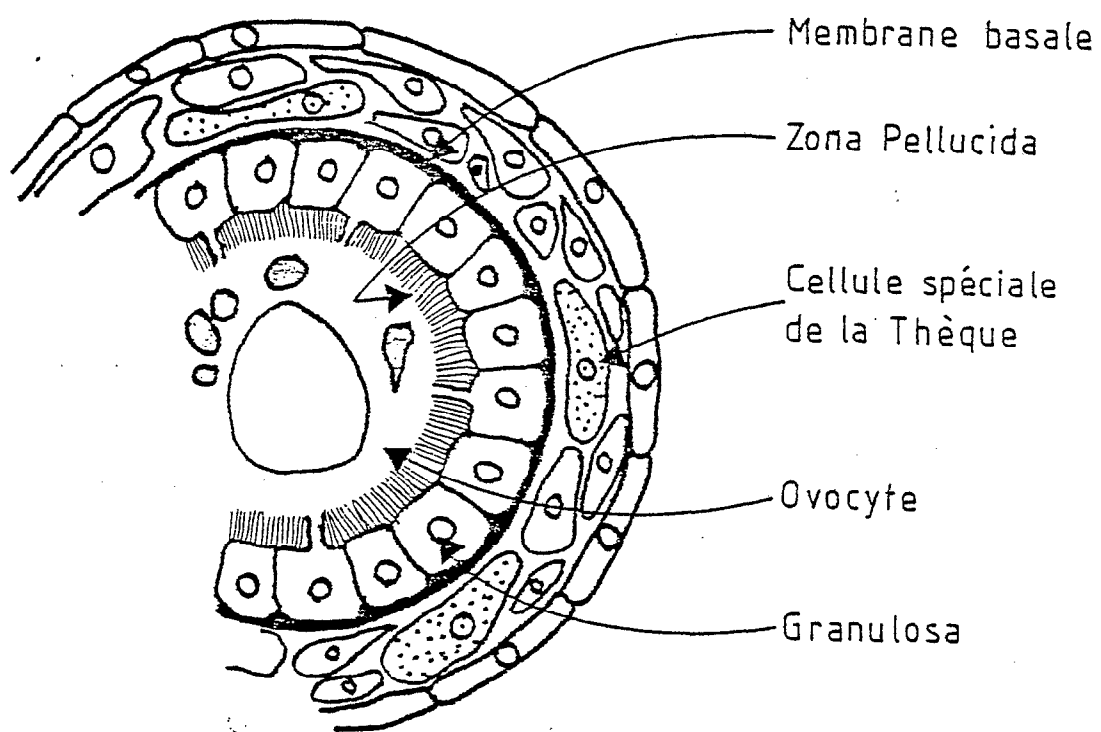


FIGURE 2.

Représentation schématique d'un follicule ovarien de poisson téléostéen.
(d'après HOAR and NAGAHAMA, 1978).

L'ovocyte se sépare ensuite du follicule (ovulation) et est expulsé, entouré du seul chorion, dans la cavité ovarienne ou péritonéale. La ponte (ou oviposition) se produit

après l'ovulation avec un délai variable suivant les espèces. L'oeuf est fécondé par un seul spermatozoïde pénétrant, par un petit canal, le micropile, qui traverse le chorion; La méiose s'achève alors et le second globule polaire est émis. Si cette description générale de l'ovogénèse s'applique à l'ensemble des téléostéens (excepté les espèces vivipares, chez lesquelles il n'y a pas ovulation mais seulement fécondation intrafolliculaire; BILLARD et BRETON, 1981), la dynamique de développement des ovocytes dans l'ovaire présente néanmoins une extrême diversité dans ce groupe (voir WALLACE et SELMAN, 1981). La taille et le nombre des ovocytes produits sont, par ailleurs, éminemment variables suivant les espèces et les milieux colonisés (voir ALBARET, dans ce livre).

I.2. La régulation de la fonction de reproduction

I.2.I. Le rôle des facteurs externes

La reproduction chez les téléostéens, comme chez les autres vertébrés est un phénomène cyclique contrôlé à la fois par un rythme physiologique interne et par les variations saisonnières de l'environnement (voir BRUTON dans ce livre). Chez la plupart des animaux la reproduction intervient lorsque les facteurs du milieu (en particulier la nourriture disponible) sont les plus favorables à la survie des jeunes et donc à la pérennité de l'espèce (DE VLAMING, 1974).

Les mécanismes impliqués dans la chronologie des cycles reproducteurs, en liaison avec les biotopes très divers dans lesquels ils vivent (BILLARD et BRETON, 1981), sont très variés chez les poissons téléostéens et prêtent peu à généralisation (DE VLAMING, 1972 et 1974). De plus, comme l'a précisé SCOTT (1979), cette chronologie est certainement le résultat d'un compromis subtil qui intègre de nombreux paramètres de l'environnement.

L'influence des variations saisonnières très marquées de la température et de la photopériode apparaît néanmoins prépondérante chez les espèces vivant en régions tempérées, pour lesquelles la reproduction est généralement limitée à une courte période de l'année. Dans les régions tropicales et équatoriales, où ces facteurs varient moins, certaines espèces ont une reproduction apparemment continue et pour les espèces présentant une cyclicité annuelle le moment de la reproduction est souvent lié aux pluies ou aux crues, mais la nature exacte du stimulus perçu reste dans ce cas mal définie (SCOTT, 1979; DE VLAMING, 1974; LOWE-McCONNELL, 1979).

La réalisation des phases finales de la gamétogénèse et de la fraie peut aussi dépendre de la présence dans le milieu de stimuli spécifiques plus ponctuels (substrat de ponte, par exemple). Les facteurs de stress peuvent jouer un rôle important en particulier pour les espèces d'élevage. Les manipulations, la captivité ou le confinement peuvent en effet bloquer différentes phases de la gamétogénèse ou agir sur la fécondité ou la qualité des gamètes (BILLARD et al., 1980). Les facteurs sociaux, par la perception de différents stimuli

.../...

sensoriels d'origine visuelle, sonore, phéromonale (communication chimique ; voir SOLOMON, 1977) etc..., ont aussi une grande influence sur la reproduction, en particulier pour la fraie.

I.2.2. Le rôle des facteurs internes

Différents aspects des connaissances acquises sur la régulation endocrinienne de la reproduction chez les poissons ont été revus récemment par de nombreux auteurs (HOAR, 1969 ; DODD, 1972 et 1975; REINBOTH, 1972 ; DONALDSON, 1973 ; DE VLAMING, 1974 ; M. FONTAINE, 1976 ; Y.A. FONTAINE, 1975 et 1976; OLIVIEREAU, 1977 ; BILLARD et al., 1978 ; PETER et CRIM, 1979 ; PETER, 1981a et 1981b), et il est à présent clairement établi que le système neuro-endocrinien, en particulier le complexe hypothalamo-hypophysaire, sert de lien entre l'environnement et les organes reproducteurs.

I.2.3. L'hypophyse

L'hypophyse est directement impliquée dans le contrôle du fonctionnement des gonades, l'hypophysectomie entraînant la régression de l'ovaire ou du testicule (voir PICKFORD et ATZ, 1957). L'hypophyse sécrète plusieurs hormones parmi lesquelles la (les) gonadotropine (s) exerce un rôle majeur dans l'activité des gonades. Les autres hormones hypophysaires (TSH, GH, prolactine, ACTH notamment) peuvent cependant participer directement ou indirectement au contrôle de certains processus liés à la reproduction. Les cellules synthétisant les gonadotropines, identifiées par les changements qu'elles présentent au cours du cycle sexuel et par leurs caractéristiques morphologiques et tinctoriales, sont situées principalement dans la pars distalis proximale de l'adénohypophyse. Depuis quelques années des hormones ont été isolées avec des degrés de pureté variable à partir d'hypophyses d'un petit nombre d'espèces. Les premières préparations hypophysaires, réalisées chez les téléostéens, concluaient à l'existence d'une seule gonadotropine (GtH) de nature glycoprotéique dont la composition en acides aminés est différente selon l'espèce mais qui présente certaines similitudes avec les hormones gonadotropes (LH et FSH) de mammifères (PETER et CRIM, 1979; BURZAWA-GERARD, 1981). Ce n'est que très récemment qu'un autre facteur "faiblement glycoprotéique" a été isolé chez quatre espèces de téléostéens

(IDLER et NG, 1979; NG et IDLER, 1979). La gonadotropine glycoprotéique, GtH, semble agir, soit directement, soit par l'intermédiaire des hormones stéroïdes, sur la majorité des étapes du développement de la gonade mâle ou femelle. Chez le mâle elle stimule le développement complet du testicule et la spermiation. Chez la femelle, elle induit la vitellogène endogène et indirectement la vitellogénèse exogène, en stimulant la synthèse des oestrogènes par l'ovaire, lesquels agissent sur la synthèse et la sécrétion de vitellogénine par le foie. Elle induit également la maturation ovocytaire en stimulant la production de stéroïdes maturants soit dans l'ovaire (cas de nombreuses espèces, parmi lesquelles les Salmonidés ont été particulièrement étudiés, JALABERT, 1976 ; GOETZ, 1983) soit éventuellement avec la participation

de l'organe interrénal (cas du Siluriforme indien, Heteropneustes fossilis, SUNDARARAJ et GOSWAMI, 1977). Le facteur "faiblement glyco-proteique" stimulerait principalement l'incorporation de la vitellogénine dans l'ovocyte (voir revues de BURZAWA-GERARD, 1981 ; PETER et CRIM, 1979 ; PETER, 1981a). Seule la gonadotropine "glycoprotéique", pour les quelques espèces chez lesquelles elle a été purifiée, a pu être dosée au cours du cycle. D'une façon générale, on observe une élévation progressive de son niveau plasmatique moyen stimulant la recrudescence progressive des gonades avec une augmentation parfois considérable en période d'ovulation ou de spermiation (PETER et CRIM, 1979; PETER, 1981a; BILLARD et BRETON, 1981). Son rôle essentiel dans les phénomènes de maturation finale l'on d'ailleurs fait nommer "hormone maturante". Il semble par ailleurs que les hormones hypophysaires puissent aussi intervenir de façon directe sur le comportement sexuel (voir revue de LILEY, 1980).

I.2.4. L'hypothalamus

Le fonctionnement de l'hypophyse dépend de l'hypothalamus qui joue le rôle d'intermédiaire entre le système nerveux, qui transmet l'information intégrée fournie par l'environnement, et le système endocrinien. Les régions de l'hypothalamus qui contrôlent l'activité gonadotrope correspondent au noyau préoptique (NPO) et surtout au noyau latéral du Tuber (NLT). Ces noyaux

sont constitués par les corps cellulaires de cellules neurosécrétrices qui élaborent des substances (neurohormones) libérées au niveau des extrémités axonales. Il est actuellement bien établi que chez les téléostéens les axones des cellules neurosécrétrices (qui constituent la neurohypophyse) atteignent directement la pars distalis de l'hypophyse et que leurs extrémités axonales sont susceptibles d'effectuer des connections synaptiques directes avec les cellules gonadotropes (PETER, 1981b). La substance, libérée par les cellules neurosécrétrices, qui a une action stimulante sur la sécrétion des gonadotropines s'appelle hormone libérante ou GnRH (gonadotropine releasing hormone). Ce facteur hypothalamique d'abord mis en évidence chez la carpe (Cyprinus carpio) par BRETON et al. (1971) et BRETON et WEILL (1973) est probablement peu différent du LH-RH des mammifères (BRETON et al., 1972 et 1975a). Il semblerait toutefois que cette similitude ne concerne que la partie biologiquement active de la molécule, puisque des travaux récents ont révélés des différences d'ordre immunologique et biochimique entre les Gn RH de poisson (Sarotherodon mossambicus, Cichlidé) et de mammifère (KING et MILLAR, 1979 et 1980). D'autres travaux suggèrent également l'existence, chez les poissons, d'un facteur hypothalamique inhibiteur (GRIF, ou gonadotropine release - inhibitory factor) sur la fonction gonadotrope (PETER, 1981b).

1.2.5. L'organe pinéal

L'hypothalamus n'est cependant pas le seul régulateur nerveux de la fonction gonadotrope. Un autre organe du système nerveux central, l'organe pinéal ou épiphyse (une extension du diencephale située sous la calotte crânienne) pourrait participer au contrôle de la sécrétion des gonadotropines chez les téléostéens. L'épiphyse est un organe à la fois sensoriel contenant des cellules photosensibles, et endocrine, étant le principal site de production de la mélatonine dont on a suggéré le rôle antigonadotrope (voir pour revue DE VLAMING, 1974, KAVALIERS, 1979). Le mode d'action exact de l'organe pinéal n'a pas encore été clairement défini chez les poissons, mais il a été montré récemment (DE VLAMING et VODICNIK, 1977) que son influence sur la fonction gonadotrope pourrait s'exercer par l'intermédiaire de l'hypothalamus.

La structure de l'organe pinéal a été décrite, entre autres, chez Mugil auratus (RUDEBERG, 1966) et chez Clarias lazera (RIZKALLA, 1970) et chez Anguilla anguilla (RUDEBERG, 1971).

I.2.6. Les gonades

En plus de leur rôle gamétogène, les gonades sont aussi des glandes endocrines possédant des cellules, identifiées par leurs caractéristiques ultrastructurales et histochimiques, responsables de l'élaboration d'hormones sexuelles stéroïdes (voir revue de POSTIER et al., 1983). Les stéroïdes sexuels, dont la production est

sous le contrôle de l'hypophyse, interviennent dans la régulation de la gamétogénèse et des cycles reproducteurs en agissant sur la différenciation des gamètes, en contrôlant l'activité de certains organes comme le foie (voir ci-dessus) et le développement des caractères sexuels secondaires. Ces hormones stéroïdes sont aussi capables, comme chez les vertébrés supérieurs, de réguler l'activité de l'hypophyse, et donc de leur propre sécrétion, en exerçant une rétroaction positive ou négative sur l'activité du complexe hypothalamo-hypophysaire (BILLARD et PETER, 1977 ; BRETON et al., 1975b ; BILLARD, 1978 ; JALABERT et al., 1980 ; BOMMELAER et al., 1981). Leur action au niveau des centres nerveux supérieurs intervient également dans le contrôle du comportement sexuel (voir LILEY, 1980). Les stéroïdes sexuels ne constituent cependant pas le seul type de production endocrine de la gonade et l'on sait que l'ovaire est aussi le siège occasionnel de la synthèse de médiateurs à action locale, tels que les prostaglandines (OGATA et al., 1979) ; De plus des facteurs testiculaires non stéroïdiens capables de moduler l'activité de l'hypophyse existent sans doute chez la truite (BRETON et BILLARD, 1980).

La régulation de la fonction de reproduction dépend donc principalement, chez les téléostéens comme chez les vertébrés supérieurs, du fonctionnement de l'axe hypothalamus-hypophyse-gonade (schématisé dans la figure 3). Cependant d'autres hormones (prolactine, cortico-stéroïdes, hormones thyroïdiennes et TSH, calcitonine) dont le rôle est moins bien connu, peuvent aussi intervenir dans le contrôle de la reproduction (voir M. FONTAINE, 1976 ; OLIVEREAU, 1977).

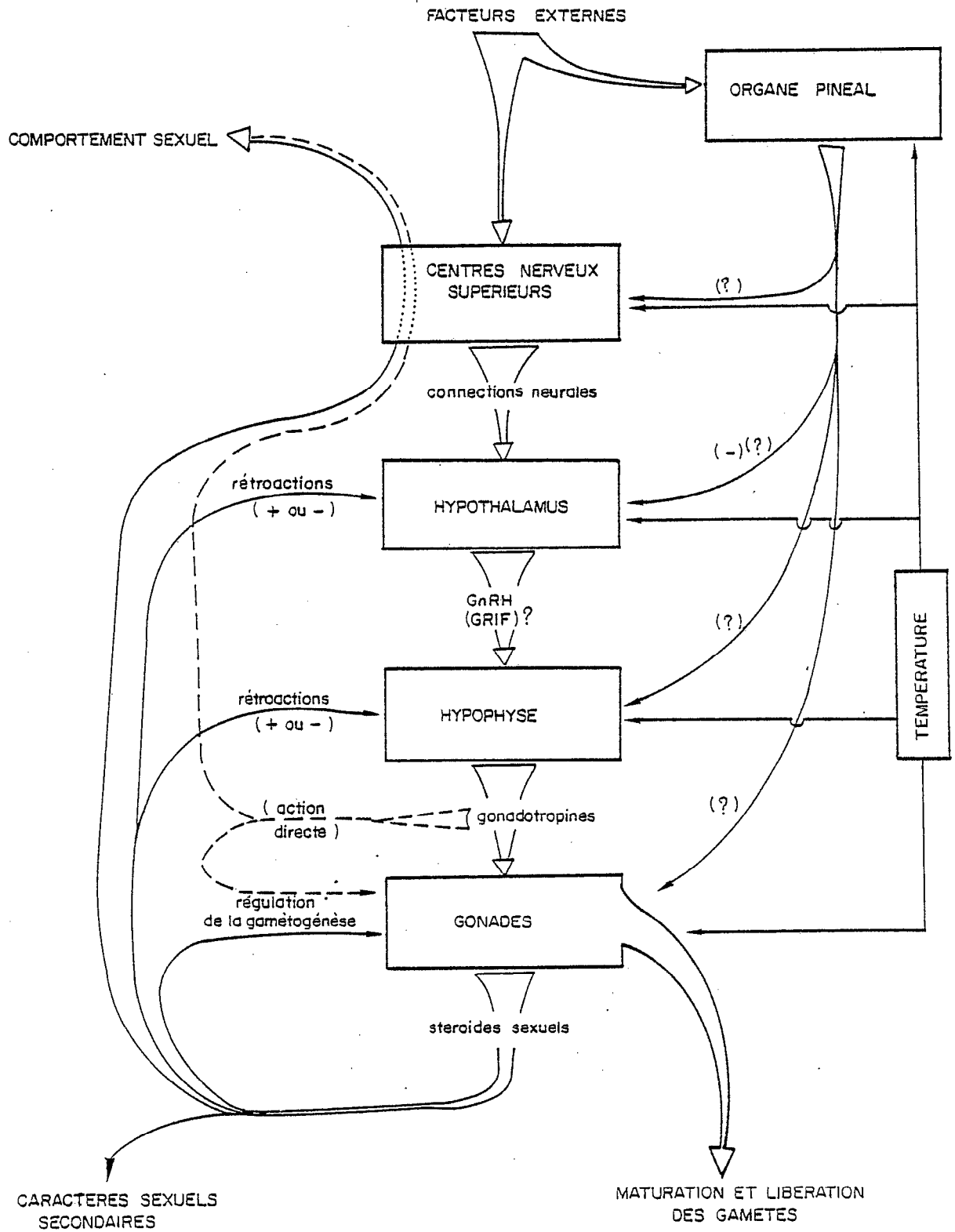


FIG.3 : Représentation schématique des mécanismes impliqués dans le contrôle de la reproduction chez les poissons teleostéens.

2. Cas des Cichlidés

Les connaissances acquises sur la physiologie de la reproduction des Cichlidés ont été récemment revues par JALABERT et ZOHAR (1981). Néanmoins, ce groupe étant certainement celui qui a été le plus étudié parmi les poissons africains, il nous a paru nécessaire de reprendre ici les points essentiels de ce travail.

Chez les Cichlidés, la majeure partie des travaux réalisés porte sur les "tilapias" (regroupant les genres Tilapia et Sarotherodon, TREWAVAS (1973 et 1982) qui ont une grande importance économique (pêche et pisciculture).

L'efficacité de la reproduction des Tilapia et des Sarotherodon (*) a des conséquences paradoxales : d'un côté cette aptitude qui permet une reproduction facile et rapide dans divers milieux tropicaux et sub-tropicaux explique en partie l'intérêt accordé à ces espèces en pisciculture; d'un autre côté, elle est une source de problèmes car la prolifération des juvéniles dans les piscicultures, lorsqu'elle n'est pas contrôlée, et les compétitions alimentaires en résultant, conduisent à la production de populations de poissons de petites tailles ayant une faible valeur commerciale.

Les schémas comportementaux ultérieurs à la ponte qui caractérisent respectivement les pondeurs sur substrat (Tilapia) et les incubateurs buccaux (Sarotherodon), ont été décrits et discutés par de nombreux auteurs (voir Lowe-McConnell, 1959; Perrone et Zaret, 1979). Les soins parentaux prodigués aux oeufs et aux alevins, qui limitent efficacement la prédation, contribuent grandement à l'efficacité de la reproduction de ces espèces. Cependant les mécanismes physiologiques contrôlant les comportements parentaux sont mal connus.

Un autre facteur contribuant à l'efficacité de la reproduction est une puberté précoce et le fait que la plupart des femelles de Cichlidés sont capables, dans des conditions de température adéquates, d'effectuer des

(*) Une subdivision du genre Sarotherodon en Sarotherodon, Oreochromis et Danakilia est proposé par TREWAVAS (1982). Cependant pour des raisons de clarté il n'en est pas tenu compte ici.

cycles de reproduction successifs avec une nouvelle ponte environ toutes les 4 à 6 semaines (selon les espèces et la température). Il en résulte généralement une production continue d'alevins à l'échelle de la population, excepté dans certaines conditions où les facteurs externes présentent des variations importantes (Moreau, 1979). Mais la relative asynchronie entre les cycles sexuels de plusieurs femelles peut poser un problème pour l'élevage intensif, où une production massive d'alevins calibrés est nécessaire.

Ainsi, contrairement à ce que l'on observe dans la majorité des autres espèces de poissons exploitées en pisciculture (Mugilidés , par exemple), la reproduction des Tilapia et des Sarotherodon se réalise aisément dans les conditions d'élevage. Cependant, il serait fort utile de pouvoir exercer un contrôle sur leur reproduction, afin de limiter la prolifération des jeunes ou de synchroniser les pontes pour une production d'alevins en masse. Dans ce sens, la connaissance des mécanismes impliqués dans la régulation de la reproduction de ces espèces est une première étape indispensable.

2.I. Les caractéristiques générales de la gametogénèse

2.I.I. - Différenciation sexuelle

La différenciation sexuelle se produit très précocement chez les Tilapia (Yoshikawa et Oguri, 1978) et les Sarotherodon (Nakamura et Takahashi, 1973). Environ 15-30 jours après la fécondation (à 23-25° C), la gonade est différenciée et possède la morphologie caractéristique de l'ovaire ou du testicule. La puberté peut donc intervenir très tôt et chez quelques espèces, la gametogénèse peut être engagée dès l'âge de 3 mois (Mc Bay, 1961; Arrignon, 1969). Le déclenchement de la puberté dépend probablement, en plus des facteurs génétiques, de facteurs de l'environnement et entre autres de la température comme cela a été suggéré par Hyder (1970a) et Siddiqui (1979). Mais des données précises fondées sur l'expérimentation font généralement défaut.

Dans le but de produire des populations monosexes et ainsi de pallier la prolifération excessive des alevins dans certains types d'élevage, de nombreuses investigations ont été réalisées avec un certain succès sur les possibilités d'inverser le sexe par des traitements hormonaux (revue de GUERRERO, 1979).

2.I.2. - La gamétogénèse

Chez les Cichlidés, la gamétogénèse présente les mêmes caractéristiques générales que chez la majorité des poissons téléostéens, ceci tant pour le mâle que pour la femelle. Bien que certaines étapes de la gamétogénèse n'aient pas toujours été précisément décrites chez les Cichlidés, l'information existante (Dadzie, 1969; Hyder, 1970 a et b, Von Kraft et Peters, 1963; Hodgkiss et Man, 1978; Babiker et Ibrahim, 1979; Moreau, 1979) comparée à celle concernant les autres téléostéens, laisse peu de doute quant à la similitude de ces étapes.

Les ovocytes produits, tant par les Tilapia que par les Sarotherodon, ont une forme ovoïde contrastant avec la forme sphérique des oeufs matures de la plupart des téléostéens. Chez les pondeurs sur substrat (Tilapia), l'ovulation est accompagnée par la production d'une substance collante (probablement mucopolysaccharidique) déposée sur des filaments émergeant de la zona radiata des ovocytes (Von Kraft et Peters, 1963) et permettant aux oeufs, ainsi agglomérés entre eux, d'adhérer au substrat. Cette substance collante semble secrétée par les cellules de la granulosa comme en attestent des observations histologiques (Von Kraft et Peters, 1963) et ultra-structurales (Nicholls et Maple, 1972). Chez les incubateurs buccaux (Sarotherodon), ce matériel collant n'est généralement pas produit, excepté chez S. galileus, dont les oeufs restent quelques minutes sur le substrat avant d'être pris en bouche pour l'incubation (Fishelson, 1966).

Les aspects temporels et rythmiques de la gamétogénèse ont été bien étudiés chez les Tilapia et les Sarotherodon. Les femelles prises individuellement effectuent plusieurs pontes à quelques semaines d'intervalle, que la reproduction soit continue ou saisonnière (Moreau, 1979). L'existence de ces vagues successives de la gamétogénèse a été démontrée tant pour les mâles que pour les femelles (Von Kraft et Peters, 1963; Peters, 1963; Dadzie, 1969; Moreau, 1971 et 1979; Hyder, 1970 a; Bruton et Boltt, 1975; Siddiqui, 1977 et 1979; Babiker et Ibrahim, 1979).

Chez la femelle, le stade à partir duquel la nouvelle génération d'ovocytes se développe après la ponte est controversé, pour certains auteurs (Von Kraft et Peters, 1963; Peters, 1963; Hyder, 1970 a), cette nouvelle vague d'ovocytes se trouve déjà en phase de vitellogénèse active après la ponte, alors que d'autres travaux semblent montrer un redémarrage de la gamétogénèse à partir

d'un stock d'ovocytes en prévitellogénèse (Silverman, 1978; Moreau, 1979). Ce point douteux peut résulter de différences entre les espèces ou des conditions de l'environnement, ou encore d'imprécision dans la définition exacte de la phase de vitellogénèse active (vitellogénèse exogène sous contrôle hypophysaire).

Chez le mâle, la spermatogénèse est continue (les testicules contenant des cystes à tous les stades de développement) tant chez les Sarotherodon (Dadzie, 1969; Hyder, 1970 a et b; Moreau, 1979) que chez les Tilapia (Moreau, 1979). Des études quantitatives (Moreau, 1979) montrent toutefois qu'il existe des variations importantes dans l'intensité de la spermatogénèse selon les conditions de températures.

2.2. Le rôle des facteurs externes

Parmi les Sarotherodon, S. niloticus se reproduit toute l'année dans les lacs équatoriaux (Lowe-McConnell, 1958), alors que dans des régions distantes de l'équateur, la même espèce présente une saison de reproduction bien définie durant les mois les plus chauds et les plus ensoleillés (Lowe-McConnell, 1958; Babiker et Ibrahim, 1979). De même, la reproduction de T. zilli est continue dans les lacs équatoriaux (Siddiqui, 1979) alors que plus au nord les individus de la même espèce se reproduisent de façon saisonnière, les pontes se produisant lorsque la durée d'éclairement et la température sont maximales (Ben-Tuvia, 1959; Fishelson, 1966; Siddiqui, 1977). En plus de la température et de la photopériode; le rôle des pluies ne peut être exclu (Aronson, 1957; Lowe-McConnell, 1958 et 1959; Hyder, 1969 et 1970a, B. Marshall, 1979), bien que controversé.

En fait, faute d'expérimentations, les facteurs externes véritablement impliqués dans la stimulation, l'inhibition ou la régulation des différentes phases du cycle reproducteur ne sont pas connus avec précision chez les Tilapia et les Sarotherodon. Seule l'influence des facteurs sociaux a fait l'objet d'études détaillées et l'on sait que la fréquence de

ponte est accrue par différentes stimulations sensorielles provenant d'individus de la même espèce chez les Sarotherodon (Aronson, 1945 et 1951; Polder, 1971; J. Marshall, 1972; Chien, 1973). Chez quelques espèces de Sarotherodon, les femelles isolées restent capables de pondre de façon régulière, mais l'intervalle entre les ovipositions est plus long que lorsqu'il s'agit de femelles non isolées (Aronson, 1945; Marshall, 1972; Silverman, 1978 a et b). Chez S. mossambicus, Silverman (1978 a et b) a montré que les stimuli d'origine visuelle (vision d'un autre individu dans un aquarium voisin) accélèrent principalement l'ovulation mais auraient peu d'effet sur le développement des ovocytes, alors que les stimuli extra-visuels (contacts non limités avec d'autres individus de la même espèce, mâles ou femelles, placés dans le même aquarium) paraîtraient capables d'accélérer la vitello-génèse.

2.3. Le rôle des facteurs internes

2.3.I. - Le rôle de l'hypophyse

Le rôle de l'hypophyse dans le contrôle de la reproduction a été confirmé chez S. spirulus, par le biais d'hypophysectomies chimiques réalisées avec le méthallibure (substance inhibant la sécrétion des gonadotropines par l'hypophyse) et par des traitements de suppléments hormonaux (HYDER, 1974; Hyder et al., 1974 et 1979). Le méthallibure provoque la régression des gonades chez le mâle et chez la femelle. Chez la femelle, il induit la résorption des ovocytes avec vitellus et une complète inhibition de la vitello-génèse. Chez le mâle, deux étapes de la spermatogénèse sont inhibées : le passage des spermatogonies aux spermatocytes (méiose) et la spermiation. Un effet similaire a été retrouvé chez S. mossambicus par LANZING (1978).

Chez les Cichlidés, quelques tentatives ont été faites pour purifier et caractériser les hormones gonadotropes de l'hypophyse :

Farmer et Papkoff (1977) ont obtenu deux préparations chez S. mossambicus, qui présentaient des caractéristiques biochimiques similaires à celles des hormones LH et FSH des vertébrés supérieurs. La première préparation était caractérisée par son effet stimulant sur la production de testostérone par des cellules de Leydig isolées de rat, test considéré comme hautement spécifique de la LH mammalienne, l'activité de ces deux préparations n'a cependant pas été testée sur des gonades de Sarotherodon.

Plus récemment, Hyder et al. (1979), après séparation chromatographique de différentes fractions glycoprotéiques à partir d'hypophyses de S. niloticus, ont observé la plus forte activité gonadotrope (estimée d'après la stimulation

testiculaire provoquée chez S. spirulus traité au méthallibure) dans la fraction dont on sait qu'elle contient la FSH lorsqu'elle est extraite selon la même procédure chez les mammifères. Les résultats sont donc encore confus et les recherches devront être poursuivies pour la mise au point de dosages représentatifs d'une seule activité gonadotrope chez les Cichlidés.

On pense qu'une autre hormone hypophysaire, la prolactine, jouerait un rôle intéressant dans la physiologie de la reproduction des Cichlidés, en particulier dans la régulation de l'activité de reproduction et des soins parentaux (voir BLÜM et FIEDLER, 1964). La prolactine de Sarotherodon a été isolée et purifiée successivement par BLÜM (1973) grâce à l'utilisation de tests fondés sur des effets comportementaux et histiotropiques (nombre des cellules à mucus dans la peau; voir HIDEELMAN, 1959 et BLÜM et FIEDLER, 1964), et par FARMER et al. (1977) grâce à des tests fondés sur les propriétés osmorégulatrices de la prolactine.

2.3.2. Le rôle des gonades

Chez le mâle, les cellules stéroïdogènes caractérisées comme telles par la démonstration de l'activité 3β - Hydroxystéroïde - deshydrogénase constituent un tissu interstitiel typique (Yaron, 1966). L'activité de ces cellules (nombre, tailles, concentrations lipidiques) s'accroît avec la progression de la spermatogénèse et atteint un maximum durant la spermiation. Celle-ci est accompagnée par un développement rapide de la coloration sexuelle et des comportements territoriaux et de nidifications (Hyder, 1970 b) à un moment où une importante quantité de testostérone est présente dans le testicule (Hyder et Kirschner, 1969).

Le contrôle de l'activité du tissu interstitiel par l'hypophyse

est mis en évidence par diverses données expérimentales :
Des traitements avec la gonadotropine chorionique humaine (HCG), qui possède une action gonadotrope chez d'autres espèces de poissons, provoquent à la fois une stimulation de l'activité du tissu interstitiel et une augmentation de la quantité de testostérone dans le testicule (Hyder et al., 1970); inversement, l'inhibition de la sécrétion des gonadotropines par le méthallibure conduit à une diminution de l'activité des cellules interstitielles, cet effet pouvant être annulé par l'administration d'HCG ou d'extraits hypophysaires de Sarotherodon (Hyder, 1972; Hyder et al., 1974). Cependant, la testostérone n'est sans doute pas le seul ni même le principal médiateur stéroïdien produit par la gonade, et la spermatogénèse n'est pas restaurée par l'administration de propionate de testostérone chez les individus traités au méthallibure, une légère spermiation étant seulement obtenue aux plus fortes doses (Hyder et al., 1974).

Chez la femelle, des études histochimiques (Livni, 1971; Yaron, 1971) et ultrastructurales (Nicholls et Maple, 1972) montrent que l'activité stéroïdogène de l'ovaire est probablement localisée à la fois dans les cellules de la granulosa et dans des cellules spéciales de la thèque.

Parmi les stéroïdes produits par l'ovaire, l'estradiol 17 β (E₂) qui semble d'occurrence générale chez les poissons, a été identifié chez S. aureus par Katz et al. (1971). Plus récemment, une corrélation positive entre les niveaux plasmatiques d'E₂ et le poids de l'ovaire (donc le stade de vitellogénèse) a été mise en évidence (Yaron et al., 1977; Terkatin-Shimony et Yaron, 1978). Chez la même espèce, Eckstein (1970) et Eckstein et Katz (1971) ont identifié de nouveaux métabolites stéroïdiens tel que la 11-Ketotestostérone et la 11-Hydroxytestostérone, parmi d'autres plus classiques comme la testostérone et la progestérone. Cependant, leur fonction exacte, bien qu'ayant été reliée à l'activité sexuelle (Katz et Eckstein, 1974), reste inconnue. Par ailleurs, la Δ^4 -Androsténone, un corticostéroïde dont on sait qu'il est synthétisé tant par l'organe interrénal que par l'ovaire (COLOMBO et al., 1973) voit sa concentration dans le sang augmenter 38 fois chez S. aureus entre le repos sexuel (à 18-20° C) et l'activité sexuelle (à 30° C). Cette observation suggère un rôle des corticostéroïdes dans l'initiation de la ponte chez cette espèce (KATZ et ECKSTEIN, 1974) comme cela semble être le cas chez le poisson chat indien Heteropneustes fossilis (SUNDARARAJ et GOSWAMI, 1977).

.../...

Cependant, le stade d'"activité sexuelle" auquel Katz et Eckstein (1974) ont effectué les prélèvements de sang chez S. aureus reste imprécis quant à l'état exact de développement de l'ovaire, et d'autres études devront être faites dans le but de préciser la nature des médiateurs stéroïdiens et les mécanismes impliqués dans le contrôle de la maturation finale des ovocytes.

Les gonadotropines ne seraient pas les seules hormones contrôlant la stéroïdogénèse ovarienne et la prolactine semble également y contribuer, comme le suggèrent les observations de Blüm et Weber (1968) montrant que la prolactine ovine stimule grandement l'activité 3 β stéroïde-deshydrogénase dans l'ovaire du cichlidé, Aequidens pulcher.

2.3.3. La régulation de l'activité hypophysaire

Depuis les travaux de King et Millar (1979,1980), la réalité d'un contrôle hypothalamique sur l'activité de l'hypophyse est établie chez les Cichlidés. Ces auteurs ont mis en évidence l'existence d'un facteur GnRH dans des extraits hypothalamiques de femelles matures de S. mossambicus.

Par ailleurs, Myers et Avila (1980) ont montré récemment, chez Hemichromis bimaculatus, mâle et femelle, que l'estradiol 17 β est fixé et retenu au niveau du complexe hypothalamo-hypophysaire et des hémisphères cérébraux (cerebrum) suggérant une action de cette hormone sur des parties des centres nerveux supérieurs impliquées dans la rétroaction des gonades et le comportement sexuel.

3- Cas des Mugilidés

En Afrique, les Mugilidés sont largement représentés dans les estuaires, les lagunes ou sur le littoral où ils constituent une part importante de la pêche. Leur élevage, couramment pratiqué dans d'autres régions du monde (Méditerranée, Hawaï, Taïwan notamment), tend aussi à s'y développer depuis quelques années.

La reproduction des mulets semble inhibée lorsque les géniteurs sont maintenus captifs en eau douce, l'évolution des gonades restant bloquée à différents stades de développement selon les conditions et les espèces (ABRAHAM et al., 1966).

Parmi les travaux réalisés sur la physiologie de la reproduction des Mugilidés, certains ont eu pour objectifs de comprendre les mécanismes de cette inhibition et/ou de développer des techniques de reproduction induite par traitements hormonaux, applicables dans le cadre des exploitations piscicoles.

3.I. Caractéristiques générales de la gamétogénèse

3.I.I. - La différenciation sexuelle

La différenciation sexuelle est relativement tardive chez les Mugilidés. Une étude réalisée en microscopie électronique, chez Mugil (Liza) auratus, a permis de distinguer différents stades dans l'organisation de la gonade et à montré que celle-ci est différenciée à la fin de la première année chez la femelle et au début de la deuxième année chez le mâle (BRUSLE et BRUSLE, 1978 a et b). L'âge à la puberté est variable selon les espèces et la première maturité sexuelle peut être observée à un an chez Mugil capito, au cours de la 2ème ou 3ème année chez Mugil cephalus, et au cours de la 3ème ou 4ème année chez Mugil (Liza) auratus. Le moment de la puberté peut parfois être plus tardif et dépend largement des facteurs écologiques, en particulier de la température (ABRAHAM, 1963) et de l'apport alimentaire (BRUSLE et BRUSLE, 1978b). Cependant, comme dans le cas des Cichlidés, des données précises fondées sur l'expérimentation seraient

.../...

nécessaires pour préciser l'influence des facteurs du milieu sur le déclenchement de la première maturation sexuelle.

3.1.2.- La gamétogénèse

Différents aspects du développement des gonades et de la gamétogénèse ont été décrits par STRENGER (1959), ABRAHAM (1963), ABRAHAM et al. (1966), ZHITENEV et al. (1974), KUO et NASH (1975), PIEN et LIAO (1975), BRUSLE et BRUSLE (1978 a et b), VAN DER HORST (1978), VAN DER HORST et CROSS (1978), NASH et SHEHADEH (1980), GRIER (1981).

Les mullets ne se reproduisent que durant une certaine période de l'année, en dehors de laquelle la spermatogénèse et l'ovogénèse sont arrêtés. Après examen histologique des gonades de femelles adultes, STRENGER (1959) pensait que M. cephalus pouvait effectuer plus d'une ponte chaque année. Cependant, comme le précisent NASH et SHEHADEH (1980), il est généralement reconnu que, dans des conditions normales, la plupart des Mugilidés n'effectue qu'une seule ponte annuelle. Chez la femelle, les ovocytes se développent de façon synchrone (SHEHADEH et al., 1973 c, chez M. cephalus et l'ovogénèse conduit à la production d'un grand nombre (parfois plusieurs millions) d'oeufs sphériques de faible diamètre (inférieur au millimètre) caractérisés par la présence d'un ou de plusieurs gros globules lipidiques. Au moment de la ponte, les ovocytes sont libérés et fécondés en pleine eau, les oeufs (pélagiques) et les alevins ne faisant l'objet d'aucun soin parentaux.

3.2. Le rôle des facteurs externes

Dans les différentes régions tropicales et subtropicales où il a été étudié, le cycle de reproduction des Mugilidés présente un caractère saisonnier marqué, sous l'influence des variations cycliques de l'environnement. Le moment de l'année auquel la gamétogénèse reprend ainsi que la

.../...

durée de la saison de reproduction sont extrêmement variables suivant les espèces et la situation géographique considérées. A ce jour, les seules données expérimentales précises concernant le rôle respectif de la température et de la photopériode sur l'évolution des gonades chez les Mugilidés, nous ont été fournies par les travaux de KUO et al. (1974a). Ces expérimentations, réalisées à salinité constante (32 ‰), montrent qu'une photopériode courte est plus efficace que la température pour induire la vitellogénèse chez des femelles de M. cephalus en phase de repos sexuel. La température semble cependant réguler la vitellogénèse en intervenant sur la vitesse de développement des ovocytes et la quantité de vitellus déposée. La combinaison d'une photopériode courte (6 heures d'éclairement / 6 heures d'obscurité) et d'une température constante de 21° C permet l'accomplissement de la vitellogénèse dans des conditions optimales. Toutefois, la maturation finale des ovocytes et l'ovulation ne se produisent pas chez les individus maintenus en captivité et la ponte ne peut être obtenue qu'après traitement hormonal (voir ci-dessous). La salinité intervient aussi sur la reproduction des Mugilidés. Selon l'espèce, son influence peut s'exercer sur des étapes distinctes du cycle sexuel, comme cela a été montré chez deux mullets qui pénètrent en eau douce mais se reproduisent en mer. En effet, chez M. cephalus maintenu en eau douce le développement de la gonade est bloqué et les ovocytes ne dépassent pas le stade de prévitellogénèse, alors que chez M. capito la vitellogénèse peut se dérouler en eau douce, mais pas la maturation ni l'ovulation (ABRAHAM et al., 1966). Pour cette dernière espèce, un passage en eau de mer apparaît nécessaire pour que la ponte puisse être provoquée par injection d'extraits hypophysaires.

Selon Abraham et al. (1966) la ponte ne pourrait avoir lieu en eau douce du fait d'un déficit en gonadotropines, éventuellement lié à un déséquilibre osmotique. Cependant, Yashouv (1969) rapporte que M. cephalus peut dans certains cas atteindre la maturité sexuelle lorsqu'il est maintenu en eau douce, mais comme pour M. capito, il est essentiel que les géniteurs soient placés en eau de mer avant la ponte (Nash et Shehadeh, 1980; Yashouv, 1969). L'influence des facteurs salinité et captivité n'apparaît toutefois prépondérante que chez les femelles, puisque la fonction testiculaire semble peu affectée en eau douce (ABRAHAM et al., 1966 ; ECKSTEIN, 1975) et que des spermatozoïdes fonctionnels sont

produits par les mâles gardés captifs en eau de mer (SHEHADEH et al., 1973a).

Par ailleurs, les observations portant sur les zones de fraie en milieu naturel ne permettent pas de définir un modèle des conditions nécessaires pour la réalisation de la ponte (revue de NASH et SHEHADEH, 1980). Ces auteurs concluent simplement, pour M. cephalus, que les adultes migrent pour pondre dans les zones les plus proches autorisant les meilleures chances de survie aux oeufs et aux larves, en particulier dans les zones océaniques où la salinité est de l'ordre de 32 à 35 %. En fait, nos connaissances concernant l'influence des facteurs externes sur les différentes phases du cycle sexuel des Mugilidés sont encore très imprécises. La nature et le rôle des facteurs sociaux impliqués dans la reproduction sont également très mal connus et n'ont pas fait l'objet d'études particulières.

3.3. Le rôle des facteurs internes

3.3.I. Le rôle de l'hypophyse

Plusieurs études histologiques et ultrastructurales de l'adenohypophyse du ~~mullet~~ montrent qu'il existe deux catégories de cellules, morphologiquement distinctes, qui seraient impliquées dans la sécrétion d'hormones en relation avec la fonction gonadotrope (STAHL, 1953 ; LERAY et CARLON, 1963 ; OLIVEREAU, 1968). On ne sait cependant pas si les différences observées entre ces différentes catégories cellulaires résultent de l'état fonctionnel des cellules gonadotropes ou de l'existence de plus d'un type de gonadotropines sécrétées (ABRAHAM, 1974 et 1975). A notre connaissance, aucune tentative de purification des (ou de la) gonadotropines n'a été réalisée chez le ~~mullet~~ et l'évolution des gonades après hypophysectomie n'a pas été étudiée. Le rôle de l'hypophyse dans la reproduction est cependant mis en évidence par l'action des extraits hypophysaires et des hormones gonadotropes exogènes sur l'activité des gonades.

.../...

Chez le mâle, la spermatogénèse et la spermiation sont stimulées par l'administration d'HCG (SHEHADEH et al., 1973b) et de gonadotropine de saumon partiellement purifiée (SG-G100) (DONALDSON et SHEHADEH, 1972). Chez la femelle, la vitellogénèse est initiée par administrations répétées de PMSG (KUO et al., 1974a). La maturation ovocytaire, l'ovulation et la ponte ont été provoquées après injections soit d'un mélange d'extraits hypophysaires de mullet et de synahorin* (TANG, 1964), soit d'extraits hypophysaires de carpes (ABRAHAM et al., 1967 ; YASHOUV, 1969), soit encore d'extraits hypophysaires de saumon additionnés de synahorin (SHEHADEH et ELLIS, 1970). Néanmoins le pouvoir gonadotrope des extraits hypophysaires utilisés n'était pas toujours connu avec précision et ce n'est que plus récemment que des techniques fiables d'induction de la ponte ont pu être établies grâce à l'utilisation de quantités définies d'hormones gonadotropes purifiées de poissons et de mammifères (SHEHADEH et al., 1973 a et b) et à la possibilité de déterminer l'état de maturité des animaux receveurs par prélèvement des ovocytes *in vivo* (SHEHADEH et al., 1973c). Parmi les différentes hormones testées, SG-G100 apparaît actuellement l'agent le plus efficace chez le mullet (KUO et al., 1974b ; KUO et NASH, 1975 ; NASH et SHEHADEH, 1980). Si le résultat de ces études est d'un grand intérêt pratique pour le contrôle de la reproduction en élevage, l'influence des gonadotropines sur chacune des étapes du développement des gonades et en particulier sur les phases précoces de la gamétogénèse, n'en reste pas moins à préciser.

Une hormone de type "prolactine" a été récemment isolée et identifiée chez M. cephalus (WOOSLEY et LINTON, 1976) mais son rôle dans la reproduction n'est pas encore établi.

BLANC-LIVNI et ABRAHAM (1969 et 1970) ont suggéré l'existence d'un antagonisme dans le développement de deux zones de l'adénohypophyse - Chez M. cephalus et M. capito maintenus en eau douce, la reproduction est bloquée, l'aire des cellules gonadotropes est extrêmement réduite et les

* La synahorin est un mélange d'hormone gonadotrope chorionique et d'extraits hypophysaires mammaliens.

cellules à prolactine très développées. ... - Alors que chez les individus pris en mer la zone à gonadotropes de l'hypophyse se développe tandis que celle à prolactine se réduit. Si ces observations corroborent le fait que le contenu hypophysaire en gonadotropines de M. cephalus (dosé par le test de spermiation de la grenouille) est plus important en mer qu'en eau douce (BLANC et ABRAHAM, 1968) et si les variations dans le développement de la zone à prolactine peuvent être rapportées au rôle joué par cette hormone dans l'osmorégulation (voir aussi OLIVEREAU, 1968 ; ABRAHAM, 1971 et 75), le mécanisme de l'antagonisme apparent entre prolactine et gonadotropine(s) n'est cependant pas encore éclairci.

3.3.2. Le rôle des gonades

Chez le mâle, des incubations d'homogenats testiculaires de M. cephalus ont permis d'isoler et d'identifier les métabolites stéroïdiens suivants : 17α hydroxyprogestérone, androstenedione, testostérone, dehydroépiandro-stérone et progestérone- Ces deux derniers métabolites n'avaient jusque là jamais été isolés à partir de tissus de poissons téléostéens. Les résultats obtenus semblent également indiquer que les voies métaboliques conduisant à la formation de testostérone à partir de la pregnenolone sont similaires chez les poissons et les mammifères (ECKSTEIN et EYLATH, 1968, ECKSTEIN, 1975). L'activité des hormones stéroïdes sur la fonction testiculaire n'a été que peu étudiée dans cette famille, mais l'on sait que la 17α methyl-testostérone est capable de stimuler la spermatogénèse et la spermiation chez M. cephalus, que ce soit en dehors ou durant la saison de reproduction (SHEHADEH et al., 1973b).



Chez la femelle, la stéroïdogénèse est principalement localisée dans les cellules folliculaires où la présence d'hydroxystéroïde-deshydrogénase a été démontrée (BLANC-LIVNI et al., 1969 ; LIVNI, 1971). Le fait que l'activité stéroïdogène de l'ovaire soit sous le contrôle des gonadotropines est montré par la stimulation de l'activité hydroxystéroïde-

.../...

deshydrogénase observée après traitement des poissons avec des hormones gonadotropes (BLANC-LIVNI et al., 1969).

Parmi les stéroïdes ovariens, l'estradiol 17β a été identifié mais seulement en faible quantité (ECKSTEIN, 1975) et la synthèse de 11-Kétotestostérone par l'ovaire a été démontrée (EYLATH et ECKSTEIN, 1969 ; ECKSTEIN et EYLATH, 1970). Mais bien que la concentration de 11-ketotestostérone augmente au cours du développement de la gonade chez M. cephalus (AZDURY et ECKSTEIN, 1980), le rôle physiologique de ce métabolite est inconnu.

Il existe peu de travaux sur le rôle des stéroïdes chez les femelles de Mugilidés, et ceux-ci ne concernent que les phases finales de l'ovogénèse. Chez Crenimugil labrosus, qui ne se reproduit pas en captivité, la progestérone permet d'induire la maturation ovocytaire et l'ovulation en agissant directement au niveau de l'ovaire, puisque des résultats identiques ont été obtenus avec des femelles intactes ou hypophysectomisées (CASSIFOUR et CHAMBOLLE, 1975). Chez M. cephalus, KUO et NASH (1975) ont testé l'action de différents composés stéroïdiens.

sur la maturation ovocytaire in vitro, mais les pourcentages d'ovulation obtenus étaient toujours très faibles. In vivo, il semble que l'administration d'acetate de desoxycorticostérone (DOCA), d'estrone et d'estradiol puisse provoquer l'ovulation, mais ce n'est le cas que lorsque qu'une sensibilisation gonadotrope (SG-G100) est réalisée.

Un fait intéressant vient par ailleurs d'être mis en évidence chez M. cephalus. KUO et WATANABE (1978) ont montré qu'il existe un rythme circadien dans la réponse des ovocytes aux gonadotropines exogènes (LH-FSH et SG-G100) et aux prostaglandines (pGE_2). Les variations dans la sensibilité des ovocytes aux hormones, testées par le dosage de l'adénosine monophosphate cyclique (AMPc), paraissent être réglées par le début de la période claire indépendamment du moment de la journée auquel cette dernière intervient.

.../...

3.3.3. La régulation de l'activité hypophysaire

Le contrôle de l'activité gonadotrope de l'hypophyse par l'hypothalamus a tout d'abord été suggéré par STAHL (1953 et 1954). Celui-ci après avoir étudié les relations anatomiques entre ces deux organes a montré qu'il existait, chez M. cephalus et M. capito un parallélisme étroit entre la maturation des gonades, la vacuolisation des cellules à gonadotrope de l'hypophyse (associée à la libération de gonadotropines) et l'activité neurosécrétoire des cellules du noyau latéral du Tuber (NLT), permettant d'admettre l'intervention de ce dernier dans les mécanismes de gonadostimulation. La possibilité d'un contrôle hypothalamique positif sur la synthèse et la libération des gonadotropines par l'hypophyse a ensuite été confirmé par des observations réalisées en microscopie optique (BLANC-LIVNI et ABRAHAM, 1970) et électronique (ABRAHAM, 1974 et 1975).

L'influence des stéroïdes sexuels sur l'axe hypothalamo-hypophysaire a été peu étudié chez les Mugilidés. Cependant chez Crenimugil labrosus, Cassifour et Chambolle (1975) ont observé une régression des cellules hypophysaires gonadotropes chez les femelles matures traitées à la progestérone pour induire la maturation ovocytaire et l'ovulation. D'autre part, compte tenu du fait que l'activité stéroïdogène de l'ovaire peut être affectée dans certaines conditions écologiques, en particulier dans le cas des femelles de M. capito maintenues en eau douce, Eckstein (1975) a proposé l'hypothèse d'une inhibition de la libération des gonadotropines consécutive aux modifications de la stéroïdogénèse, et notamment à l'accumulation de 11 - ketotestostérone.

4. - Cas des claridés

La croissance rapide de certaines espèces et leur grande robustesse confèrent aux claridés un intérêt certain pour la pisciculture et leur élevage se développe activement en Afrique depuis une dizaine d'années. L'information disponible sur la physiologie de la reproduction dans cette famille de poissons est cependant très limitée. Le rôle des facteurs internes a été peu étudié chez les espèces africaines, mais quelques études ont cependant été réalisées chez les espèces asiatiques de Clarias (C. batrachus, essentiellement).

4.I. Caractéristiques générales de la gamétogénèse

4.I.I. Différentiation sexuelle et puberté

On ne connaît pas précisément le moment auquel la gonade est différenciée chez les Claridés. BRUTON (1979) et CLAY (1979) remarquent que la taille de première maturité varie considérablement selon les biotopes, mais en l'absence de données sur la croissance, l'âge à la puberté n'est connu que dans quelques cas. Dans le lac Sibaya, la plupart des C. gariepinus atteignent la maturité sexuelle à la fin de la deuxième année (BRUTON, 1979). Chez C. lazera, il semble que la maturité sexuelle intervienne également à partir de deux ans dans les conditions naturelles (RICHTER, 1976), alors qu'en élevage, mâles et femelles sont capables de se reproduire dès le 7ème ou 8ème mois (MICHA, 1975; PHAM, 1975).

4.I.2. - La gamétogenèse

L'information existante sur la gamétogénèse est très peu abondante et à notre connaissance, les seules études histologiques précises de la spermatogénèse et de l'ovogénèse ont été réalisées chez C. batrachus par LEHRI (1967 et 1968).

Si l'ovaire des Claridés présente une structure typique d'ovaire de téléostéens (LEHRI, 1968), l'anatomie du testicule est plus particulière. Celui-ci est pair, constitué d'une partie antérieure où se déroule la spermatogénèse (testicule vrai) et d'une partie postérieure glandulaire, non spermatogénétique, les vésicules séminales. Ces dernières sont constituées

par plusieurs lobes communiquant avec l'extrémité distale du canal déférent et ne sont développées que durant la période de reproduction, au cours de laquelle elles présentent une importante activité sécrétrice. La fonction de cette sécrétion, dont on sait qu'elle contient un mucopolysaccharide acide (NAWAR, 1959; chez C. lazera), est encore mal définie. On croit qu'elle pourrait aider à la fécondation en prolongeant la viabilité des spermatozoïdes (LEHRI, 1967). Les observations de NAWAR (1959, chez C. lazera) et de NAIR (1965, chez C. batrachus) suggèrent que les spermatozoïdes peuvent être stockés quelques temps dans les vésicules séminales avant leur émission. Ceci n'a cependant pas été confirmé par l'étude détaillée de LEHRI (1967).

Chez la femelle, l'ovogénèse conduit à la production d'un nombre important d'ovocytes (plusieurs dizaines de milliers) d'un diamètre moyen de 1 à 2 mm. Les oeufs de Clarias présentent la particularité de posséder à l'opposé du pôle animal un large disque adhésif leur permettant de se fixer au substrat (GREENWOOD, 1955; VAN DER WAAL, 1974; BRUTON, 1979). Une étude détaillée du comportement de reproduction de C. gariepinus, réalisée en aquarium après stimulation hormonale (VAN DER WAAL, 1974) a clairement montré que durant l'accouplement, les oeufs sont émis par groupes de quelques centaines et que ceux-ci sont dispersés sur une grande surface par de vigoureux mouvements de queue de la femelle. Contrairement aux Clariidés Asiatiques (C. batrachus et C. macrocephalus), les espèces africaines ne présentent pas de comportement parental (BRUTON, 1979).

Il est généralement admis que dans le milieu naturel, les Clarias n'effectuent qu'une seule ponte annuelle. Cependant, CLAY (1979) suggère que, compte tenu de la distribution bimodale des ovocytes dans l'ovaire et de leur grande rapidité de développement, plusieurs pontes pourraient se produire chaque année lorsque l'environnement est favorable. On a également observé que dans certaines conditions artificielles, plusieurs pontes peuvent être provoquées à un court intervalle (1 semaine, HOGENDOORN et VISMANS, 1980; 2 à 3 mois, PHAM et RAUGEL, 1977), par stimulation hormonale à partir d'une même femelle de C. lazera. Toutefois, on ne sait pas bien si le traitement hormonal induit l'ovulation d'une partie seulement du stock des ovocytes, ou si chaque ponte correspond au développement d'un nouveau stock d'ovocytes.

4.2. Le rôle des facteurs externes

Les claridés ont en général une saison de reproduction limitée à quelques mois dans l'année, à un moment qui diffère suivant les espèces et la localisation géographique. La période de reproduction se situe généralement entre les mois d'avril et d'octobre dans l'hémisphère nord et entre novembre et mars dans l'hémisphère sud, et correspond toujours à la saison des plus fortes pluies (voir revue de BRUTON, 1979).

A ce jour, aucune étude n'a été réalisée en conditions expérimentales afin de définir avec certitude la nature et le rôle exacts des facteurs externes contrôlant les différentes phases de la gamétogénèse et de la fraie. Certains faits ou tendances peuvent toutefois être dégagés à partir des observations effectuées sur les populations naturelles ou d'élevage. BRUTON (1979) remarque que chez toutes les populations naturelles de Clarias étudiées jusqu'à présent, la reprise de la gamétogénèse peut être associée à l'augmentation de la photo période et de la température de l'eau. Dans les conditions artificielles d'élevage, on trouve cependant tout au long de l'année, des individus présentant des gonades développées (MICHA, 1975). Ce point a été confirmé par PHAM et RAUGEL (1977), lesquels précisent toutefois qu'une nourriture abondante doit être distribuée pour que des femelles matures soient obtenues toute l'année.

Il semble que dans le milieu naturel la fraie ne soit possible que dans des conditions précises. Une certaine température minimale de l'eau semble requise - chez C. gariepinus (lac Sibaya), la ponte ne se produit que lorsque la température de l'eau est supérieure à 18° C, et généralement à 22° C (Bruton, 1979). Toutefois des expérimentations réalisées chez C. lazera en laboratoire (Richter et al., 1982) ont montré qu'une température élevée (30°C) conduit à une augmentation de la proportion d'ovocytes atrétiques dans l'ovaire ainsi qu'à une diminution de la fertilité.

Le stimulus final déclenchant la ponte paraît pouvoir être associé à une montée des eaux ou à la présence de zones inondées.

En pisciculture, la simulation de crue dans des étangs préalablement asséchés ou peu profonds est une méthode répandue pour provoquer la ponte (De KIMPE et MICHA, 1974; VAN DER WAAL, 1974; MICHA, 1975; RICHTER, 1976; CHRISTENSEN, 1981).

Dans certaines circonstances climatiques particulières, lorsque les pluies interviennent tardivement, on sait que C. gariepinus, parvenu à maturité, peut se maintenir plusieurs mois dans cet état, dans l'attente de conditions favo-

rables pour la ponte qui se produit avec les premières fortes pluies ou crues (HOLL, 1968; BRUTON, 1979).

Par ailleurs le délai mesuré entre une forte pluie ou crue et la ponte dans le milieu naturel (8 à 36 h) est similaire à celui observé lorsque la ponte est provoquée par traitement hormonal (8 à 32 h), (VAN DER WAAL, 1974; BRUTON, 1979). Il apparaît donc qu'un (ou plusieurs) facteur associé aux pluies ou aux crues a un important effet stimulateur sur la ponte. La nature exacte de ce (ou ces) facteur n'est cependant pas connue avec précision.

Une substance appelé "petrichor", responsable de l'odeur caractéristique consécutive à de fortes pluies sur un sol sec, a parfois été invoquée comme stimulus final déclenchant la ponte chez quelques espèces de poissons dont C. gariepinus (voir VAN DER WAAL, 1974). BRUTON (1979) suggère cependant que, plutôt qu'un seul facteur physique ou chimique, une combinaison de facteurs (variations du niveau et des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, force du courant, accès à des sites de pontes favorables.. etc..) qui peuvent tous être importants, pourrait être responsable des migrations vers les sites de ponte et du déclenchement de la ponte.

L'existence possible d'une communication sonore (GOEL, 1966), visuelle, tactile ou phéromonale (BRUTON, 1979) dans les comportements de masse liés à la reproduction (migration, agrégation des poissons) et à l'accouplement, a été évoquée. Cependant aucune étude n'a cherché à mettre en évidence le rôle exact et l'importance relative de ces différents stimuli, provenant d'individus conspécifiques, dans la reproduction des Clarias.

4.3. Le rôle des facteurs internes -

4.3.I. - Le rôle de l'hypophyse -

Chez les Clariidés, comme chez les autres téléostéens, l'hypophyse est directement impliquée dans le contrôle de l'activité des gonades. JOY et SATHYANESAN (1979) mettent en évidence un accroissement du nombre des cellules gonadotropes au fur et à mesure de la maturation des gonades chez C. batrachus; celles-ci constituant le type cellulaire principal de la pars distalis proximale de l'adenohypophyse avant la ponte.

Chez C. batrachus, la teneur en gonadotropine dans l'hypophyse et dans le sérum sanguin, dosée d'après l'incorporation de phosphore marqué, par l'ovaire de C. batrachus traités au méthallibure,

augmente durant la phase de développement des gonades, atteint son maximum pendant la saison de reproduction, puis décroît après celle-ci (SINGH et SINGH, 1980). Toutefois, dans leur expérimentation, SINGH et SINGH (1980) utilisent des individus des deux sexes sans distinction; or il semble d'après les travaux de GUPTA et al. (1980) réalisés sur la même espèce, en utilisant un dosage basé sur l'incorporation du phosphore marqué par le testicule de poulet, que la teneur hypophysaire en gonadotropine suit une évolution différente chez le mâle et chez la femelle au cours du cycle sexuel.

De nombreuses expérimentations ont par ailleurs porté sur l'action des extraits hypophysaires et des gonadotropines exogènes sur l'activité des gonades et en particulier sur les phases finales de la gamétogénèse.

Chez le mâle (C. batrachus), des traitements à base de HCG et SG-G100 accélèrent le développement des testicules et des vésicules séminales et stimulent la spermatogénèse durant la période préparatoire à la reproduction; dans les conditions et aux doses utilisées, la spermiation n'est cependant observée que chez les individus traités avec HCG (SATHYANARAYANA-RAO et al., 1979).

Chez la femelle, la maturation ovocytaire et l'ovulation ont été provoquées par l'administration d'extraits hypophysaires de Clarias (Van der Waal, 1974; Micha, 1975; Devaraj et al., 1972; Carreon et al., 1973; Schoonbee et al., 1980; Hecht et al., 1982), ou d'extraits hypophysaires hétérologues, de carpes (Hogendoorn, 1979; Hogendoorn et Vismans, 1980; Richter et Van den Hurk, 1982), de Tilapia ou d'Heterotis (Micha, 1975), d'un poisson marin, Tachysurus (Devaraj et al., 1972), ou encore après traitement combiné d'extraits hypophysaires de carpes et de HCG (Schoonbee et al., 1980). Enfin, l'HCG permet d'induire avec succès la maturation et la ponte chez C. macrocephalus (Carreon et al., 1973 et 1976), chez C. batrachus (Ramaswami et Sundararaj, 1957) et chez C. lazera (Eding et al., 1982). Les travaux réalisés sur l'induction de la ponte chez Clarias ont été revus par Richter (1976).

Il semblerait que la prolactine soit également impliquée dans le contrôle de la fonction gonadotrope. Chez C. batrachus, les teneurs hypophysaire et sanguine en "prolactine" (dosée par l'incorporation de phosphore marqué dans le jabot du pigeon consécutivement à l'injection d'extraits hypophysaires ou de sérum de Clarias) présenteraient des variations cycliques parallèles à celles observées pour les gonotropines. Les niveaux hypophysaires et sanguins de la

prolactine sont maximum durant la saison de reproduction, alors que la concentration en gonadotropine augmente également dans l'hypophyse et dans le sang (Singh et Singh, 1980). Ces données demanderaient toutefois à être confirmées par des méthodes de dosage plus spécifiques.

Chez le mâle de C. batrachus, des injections répétées de prolactine ovine provoquent une augmentation de la teneur testiculaire en cholestérol, précurseur de la stéroïdogénèse. Cet effet est également observé après administration d'hormones gonadotropes mammaliennes (Jayashree et Srinivasachar, 1979).

Ces résultats qui semblent indiquer une action synergique de la prolactine et des gonadotropines chez C. batrachus, contrastent avec ceux qui ont été obtenus chez les Cichlidés (voir Blüm et Fiedler, 1965) et Mugilidés pour lesquels un antagonisme entre ces deux hormones est au contraire envisagé.

4.3.2. Le rôle des gonades

Chez les Clariidés, la nature et le rôle des métabolites stéroïdiens produits par la gonade sont inconnus et l'information existante sur la stéroïdogénèse ovarienne et testiculaire est très limitée.

Chez le mâle (C. batrachus), la stéroïdogénèse, paraît principalement localisée dans les cellules de Leydig du tissu interstitiel et dans les cellules de Sertoli, où l'activité 3 β hydroxystéroïde-déshydrogénase a été démontrée par histochimie (SATHYANARAYANA-RAO et al., 1979). Ces auteurs ont montré que la stéroïdogénèse testiculaire est sous le contrôle de l'hypophyse. L'administration de HCG ou de SG-G100 provoque en effet une stimulation de l'activité du tissu interstitiel (augmentation du nombre et de la taille des cellules de Leydig) et une augmentation de l'activité 3 β Hydroxystéroïde-déshydrogénase à la fois dans les cellules interstitielles et dans les cellules de Sertoli.

Dans l'ovaire de C. lazera, l'activité 3 β HSD apparaît seulement localisée aux cellules spéciales de la thèque des follicules en vitellogénèse et en fin de vitellogénèse. Le traitement par HCG pour provoquer l'ovulation fait apparaître cette activité dans la granulosa en l'espace d'une dizaine d'heures. Cette activité se maintient jusqu'à l'ovulation et décroît ensuite jusqu'à disparaître des follicules post-ovulatoires 30 heures après l'ovulation (Lambert et Van Den Hurk, 1982). Corrélativement se manifeste la potentialité de l'ovaire à métaboliser de façon transitoire la prégnénone en 17 α hydroxy 20 β déhydroprogestérone (Lambert et Van Den Hurk, 1982), connu comme médiateur de la maturation ovocytaire chez d'autres poissons (Jalabert, 1976; Goetz, 1983).

Par ailleurs, de nombreux travaux montrent que la maturation ovocytaire peut être induite après injections d'acétate de désoxycorticostérone (Doca) chez C. lazera (De Kimpe et Micha, 1974; Micha, 1975; Pham, 1975; Pham et Raugel, 1977; Hogendoorn, 1979; Richter et Van Den Hurk, 1982) et C. macrocephalus (Carreon et al., 1976). L'action positive de la Doca dans le contrôle de la maturation et de l'ovulation est à rapprocher des observations réalisées chez un autre siluriforme, Heteropneustes fossilis, où certains corticostéroïdes apparaissent extrêmement efficaces (Sundararaj et Goswami, 1977), mais elle n'est pas nécessairement directe et spécifique (Jalabert, 1976).

4.3.3. La régulation de l'activité hypophysaire.

Chez C. batrachus, de même que les cellules gonadotropes de l'hypophyse (LEHRI, 1966a), les cellules neurosécrétrices de l'hypothalamus présentent dans leur activité des variations saisonnières en relation avec le cycle sexuel (DIXIT, 1967).

Les noyaux latéral du tuber (NLT) et préoptiques (NPO) pourraient tous deux être impliqués dans la régulation de l'activité des gonades (DIXIT, 1970; PRASADA - RAO et BETOLE, 1973), et exerceraient un contrôle stimulateur sur l'activité des cellules gonadotropes hypophysaires (PRASADA-RAO et BETOLE, 1973).

Chez cette même espèce, DIXIT (1977) a par ailleurs montré que l'hypophyse est également capable d'exercer en retour une régulation sur l'activité des cellules du NPO.

L'existence d'une rétroaction des stéroïdes sexuels sur l'activité du complexe hypothalamo-hypophysaire a été mise en évidence chez C. batrachus par de nombreux auteurs (Lehri, 1966b; Dixit, 1970; Prasada-Rao et al., 1972; Chandrasekhar et Khosa, 1972; Prasada-Rao et Betole, 1973) grâce à des expériences de castrations et de suppléments hormonales.

5 - Cas des Anguillidés

Compte tenu de leur intérêt économique et de leurs particularités biologiques (migrations et reproduction en mer) les Anguillidés ont fait l'objet d'excellents ouvrages de synthèse (SIMHA et JONES, 1975; TESCH, 1977). Parmi les espèces rencontrées sur le continent africain l'espèce dite "européenne", Anguilla anguilla, dont l'aire de répartition s'étend en fait au nord du continent africain, a fait l'objet des travaux les plus approfondis et les plus nombreux qui seront en partie rapportés ici. Cette Anguille effectue l'essentiel de sa croissance dans les eaux continentales (Anguille jaune) où elle séjourne plusieurs années avant de se transformer en "anguille argentée". Cette modification morphologique n'est en fait que la manifestation extérieure de transformations physiologiques profondes préparant l'organisme à sa phase marine. Après son retour en mer, l'Anguille européenne migrerait jusqu'en mer des Sargasses où aurait lieu la fraie. Bien que l'on admette généralement que l'Anguille ne puisse survivre à la fraie, certaines observations peuvent faire douter de la valeur absolue de ce postulat (FONTAINE et al. 1982). Les jeunes Anguilles reviennent dans les eaux continentales qu'elles atteignent au stade "Civelle" au terme de la migration inverse. La Biologie de la Reproduction de l'Anguille européenne a suscité d'assez nombreux travaux motivés sans doute autant par l'intérêt économique de l'espèce que par les facilités d'approvisionnement et de stockage en laboratoire. Pourtant, paradoxalement, la reproduction artificielle n'est pas maîtrisée, et aucune des tentatives effectuées, depuis celle de FONTAINE et al. (1964), jusqu'à celles de BOETIUS et BOETIUS (1980) n'a permis jusqu'à présent de produire des embryons viables. Ces échecs apparaissent vraisemblablement liés à l'originalité du cycle vital de l'espèce dont la vitellogénèse et la fraie se déroulent en mer dans des conditions écologiques particulières dont l'évolution et la complexité (salinité, température, pression, lumière, etc...) sont difficiles à simuler au laboratoire. Néanmoins, et même si les oeufs produits artificiellement ne se sont pas encore révélés viables, les travaux réalisés ont apporté de précieux renseignements sur les caractéristiques de la gamétogénèse et les facteurs internes qui peuvent la contrôler.

Les autres espèces africaines d'Anguilles semblent réparties dans le Sud-Est du continent et à Madagascar, l'aire de ponte supposée se situant dans l'océan indien à l'Est de Madagascar (voir TESCH, 1977).

5.I. Les caractéristiques générales de la gamétogénèse

5.I.I. - Différenciation sexuelle

La différenciation des gonades est un phénomène qui revêt, chez l'Anguille, une apparence ambiguë. En premier lieu, la détermination précoce du sexe fondée sur la seule morphologie externe des gonades, et même sur l'analyse histologique est difficile et peut donner des résultats douteux

(SINHA et JONES, 1966). En effet la période de différenciation est relativement tardive et paraît dépendre de la taille, avec cependant une variabilité importante puisqu'elle semble généralement intervenir dans une fourchette comprise entre 14 et 35 cm (D'ANCONA, 1960; SINHA et JONES, 1966; KUHLMAN, 1975; BIENIARZ et al. 1981). En pratique on observe donc entre 14 et 35 cm une augmentation progressive de la proportion des individus dont le sexe peut être déterminé histologiquement avec certitude. Bien souvent cependant les individus de sexe indéterminé peuvent faire l'objet d'une détermination erronée, et beaucoup de femelles indifférenciées sont vraisemblablement rangées à tort parmi les mâles.

Les observations écologiques et même les travaux expérimentaux qui sont réalisés sur des échantillons hétérogènes prélevés dans le milieu naturel se heurtent en outre à d'autres problèmes méthodologiques tels que les difficultés de détermination de l'âge (DEELDER, 1981), la variabilité considérable des taux de croissance en fonction des facteurs externes et notamment de l'alimentation (DEELDER, 1981), les différences de rythme de migration et (ou) de capturabilité selon la taille.

L'accumulation de toutes ces difficultés, particulière à l'Anguille, explique en partie l'existence de nombreuses controverses sur un rôle éventuel des facteurs externes dans l'orientation du sexe. Selon SINHA et JONES (1966) qui ont effectué une analyse critique des travaux antérieurs, ce rôle est douteux. Les travaux de KUHLMAN (1975), qui paraissent démontrer un effet de la température, ne suffisent pas à lever le doute compte-tenu des réserves que l'on peut encore formuler sur la validité des déterminations du sexe réalisées chez les animaux de petite taille. D'autre part les travaux de PASSAKAS (1976) semblent prouver l'existence d'un hétérochromosome sexuel chez la femelle, et BIENIARZ et al. (1981), utilisant la même technique caryologique ont montré une différenciation sexuelle conforme au sexe caryologique chez des Anguilles élevées en aquarium à 22°C dans des conditions de croissance optimale. Seules de telles techniques caryologiques associées à une détermination rigoureuse sur des animaux parfaitement différenciés provenant de différents milieux naturels ou d'élevages permettront

de lever toute ambiguïté sur un rôle éventuel des facteurs externes dans l'orientation du sexe chez l'Anguille.

5.1.2. - La gamétogénèse

En eau douce, dans les conditions naturelles, les ovocytes se développent rarement au delà d'un diamètre maximum de l'ordre de 0,15 mm (PANKHURST, 1982; et travaux cités par TESCH, 1977) avec un rapport gonadosomatique maximum de 1 à 1,5 % (BRYLINSKA et al., 1978) et la vitellogénèse exogène n'apparaît donc pas réellement engagée, bien que des traces de vitellogénine soient détectables par dosage radioimmunologique dans le sang des femelles argentées (BURZAWA-GERARD, 1981). Certains auteurs ont cependant observé un début de vitellogénèse chez l'Anguille argentée en migration catadrome, et des ovocytes d'un diamètre maximum de 0,22 - 0,25 mm (BEZDENEZHINYKH et PETUKOV, 1981).

Chez le mâle argenté les cellules germinales sont encore généralement au stade spermatogonies, mais des stades plus avancés (nids de spermatides et même spermatozoïdes pourraient être observés exceptionnellement (observations citées par D'ANCONA, 1960).

Les données sur les stades ultérieurs de la gamétogénèse proviennent des expérimentations en laboratoire visant à induire artificiellement la maturation des gamètes grâce à l'administration de diverses préparations hormonales gonadotropes, et ne révèlent pas de traits particulièrement originaux par rapport à la gamétogénèse des autres Téléostéens. Les ovules ainsi obtenus ont un diamètre compris entre 0,9 et 1,4 mm (FONTAINE et al. 1964). La fécondité est de l'ordre de 1.5 millions d'oeufs par kg et le rapport gonadosomatique peut dépasser 40% (BOETIUS et BOETIUS, 1980) et même 50% après l'hydratation qui intervient lors de la maturation finale (VILLANI et LUMARE, 1975; BEZDENEZHINYKH et PETUKOV, 1981).

5.2. Le rôle des facteurs externes

Le rôle des différents facteurs externes susceptibles de stimuler la gamétogénèse active de l'Anguille au cours de sa migration en mer (salinité, lumière, température, pression, etc...) est à l'heure actuelle strictement inconnu, bien que certains d'entre eux aient pu être utilisés de façon peu démonstrative pour favoriser la maturation provoquée en fait sous l'action des gonadotropines exogènes. Seul un optimum thermique de l'ordre de 20°C a été observé (BOETIUS et BOETIUS, 1982).

5.3. Le rôle des facteurs internes

Les cellules gonadotropes de l'hypophyse ont été décrites par OLIVEREAU et HERLANT (1960), KNOWLES et VOLLRATH (1966). Deux types de cellules gonadotropes ont pu être distinguées dans certaines conditions en microscopie optique (réactions tinctoriales différentes) et en microscopie électronique (taille des granules de sécrétion). Cette distinction est moins aisée que chez certains autres Téléostéens (OLIVEREAU, 1967), et n'a pas encore trouvé de fondements biologiques très clairs dans la mesure où l'hypothèse de l'existence de deux gonadotropines chez les Téléostéens se heurte à des critiques sérieuses (BURZAWA-GERARD, 1982). Chez l'Anguille en particulier, l'hormone de Carpe hautement purifiée (c-GtH) ainsi que d'autres gonadotropines de poissons, connues pour leur activité "maturante" se révèlent capables de stimuler le développement des ovaires chez l'animal hypophysectomisé (FONTAINE et al. 1976). Comme chez les Mammifères, l'action de la GtH semble impliquer une médiation par l'AMPc (FONTAINE-BERTRAND et al., 1978).

Dans de nombreux travaux visant pratiquement à produire des oeufs (revus récemment par VILLANI et LUMARE, 1975 et BIENIARZ et al. 1978) ont été utilisées des préparations gonadotropes diverses injectées à des animaux non hypophysectomisés. Ainsi BOETIUS et BOETIUS (1980) obtiennent une stimulation optimale par l'action combinée de l'hormone chorionique gonadotrope humaine (HCG) et d'extraits hypophysaires de Carpe. La maturation et l'ovulation interviennent généralement au terme de la vitellogénèse sous l'effet du même traitement. Cependant EPLER et BIENIARZ (1978) ont observé un blocage de l'ovulation in vivo qu'ils ont cependant pu lever in vitro sous l'action de la prostaglandine PGF 2 α ou de l'épinéphrine. Bien que la cause du blocage ne soit pas très claire, cette observation tend à montrer l'implication de mécanismes nerveux et de prostaglandines dans le processus d'ovulation comme chez d'autres Téléostéens (JALABERT, 1976).

En ce qui concerne les hormones produites par la gonade elle-même peu de données existent chez l'Anguille. Quelques observations ont été réalisées sur les potentialités stéroïdogènes de l'ovaire (COLOMBO et COLOMBO-BELVEDERE 1976; QUERAT et al., 1982) et du testicule (LELOUP-HATEY et al. 1981; ECKSTEIN et al., 1982). Si des voies métaboliques de la stéroïdogénèse et certains métabolites identifiés dans le testicule apparaissent présenter des caractères originaux (ECKSTEIN et al., 1982), il faut cependant rappeler que ces informations sont obtenues, dans le cas de l'Anguille, sur des animaux soit immatures, soit soumis à une

stimulation hormonale non spécifique dans des conditions d'environnement non physiologiques en période de maturation. C'est ainsi que l'absence d'aromatisation des androgènes en oestrogènes (QUERAT et al., 1982) caractérise sans doute l'ovaire immature.

Comme chez les autres Téléostéens, l'activité gonadotrope de l'hypophyse est vraisemblablement contrôlée par le système nerveux central et modulée par les rétroactions hormonales issues des gonades. L'hypophyse d'Anguille apparaît en effet reliée à l'hypothalamus par des faisceaux de fibres nerveuses aboutissant aux noyaux du Tuber et Préoptique (KWOWLES et VOLLRATH, 1966). L'hypothalamus semble contenir en outre un facteur immuno-réactif de type LH-RH, d'ailleurs aussi largement réparti dans le cerveau et l'hypophyse elle-même (DUFOUR et al. 1982).

Alors que les cellules gonadotropes sont normalement peu différenciées, peu actives et peu nombreuses chez les immatures, la maturation sexuelle stimulée par traitement gonadotrope s'accompagne d'une augmentation considérable du nombre et du volume de ces cellules qui élaborent d'abondantes granulations glycoprotéiques (OLIVEREAU, 1967; SOKOLOWSKA et al., 1978). Cet effet résulte vraisemblablement d'une rétroaction positive des stéroïdes libérés par la gonade stimulée. En effet, l'injection d'estradiol entraîne une stimulation équivalente des cellules gonadotropes, mais dans ce cas la gonade n'est pas stimulée (OLIVEREAU et CHAMBOLLE, 1978). Dans les deux cas la rétroaction paraît s'exercer positivement sur l'activité de synthèse des cellules gonadotropes hypophysaires, mais la libération des gonadotropines synthétisées ne paraît pas se produire. Par contre, l'injection de LH-RH à des animaux pré-traités par l'estradiol semblerait provoquer une décharge de la GtH contenue dans certaines cellules. (OLIVEREAU et al., 1982).

L'absence de reproduction de l'Anguille dans les eaux continentales semble donc bien résulter avant tout d'un blocage au niveau du système central intégrant les facteurs complexes de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE.

- ABRAHAM M., 1963. A study of oogenesis and egg resorption in the mullets Mugil capito and Mugil cephalus in Israel. Proc. Gen. Fish Coun. Medit., 7 : 435-453.
- ABRAHAM M., 1971. The ultrastructure of the cell types and of the neurosecretory innervation in the pituitary of Mugil cephalus L. from fresh water, the sea, and a hypersaline lagoon. I: The rostral pars distalis. Gen. Comp. Endocrinol., 17 : 334-350.
- ABRAHAM M., 1974. Ultrastructure of the cell types and of the neurosecretory innervation in the pituitary of Mugil cephalus L. from fresh-water, the sea, and a hypersaline lagoon. II: The proximal pars distalis. Gen. Comp. Endocrinol., 24 : 121-132.
- ABRAHAM M., 1975. The pituitary of Mugil cephalus during adaptation to biotopes of different salinities. Aquaculture, 5(2) : 199-204.
- ABRAHAM M., BLANC N., YASHOUV A., 1966. Oogenesis in five species of grey mullets (Teleostei, Mugilidae) from natural and landlocked habitats. Israel J. Zool., 15 : 155-172.
- ABRAHAM M., YASHOUV A., BLANC N., 1967. Induction experimentale de la ponte chez Mugil capito confiné en eau douce. C. R. Hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris. 265 : 818-821.
- ARONSON L.R., 1945. Influence of the stimuli provided by the male cichlid fish Tilapia macrocephala on the spawning frequency of the female. Physiol. Zool., 18 : 403-415.
- ARONSON L.R., 1951. Factors influencing the spawning frequency in the female cichlid fish Tilapia macrocephala (Bleeker). Trans. N.Y. Acad. Sci., 2 : 33-42.
- ARONSON L.R., 1957. Reproductive and parental behaviour. In M.E. BROWN (ed.), Vol. 2. P. 271-304. The physiology of fishes. Academic Press New-York.
- ARRIGNON J., 1969. L'élevage de Tilapia mossambica comme animal de laboratoire. Verh. Internat. Verein. Limnol., 17 : 650-661.

- AZOURY R., ECKSTEIN B., 1980. Steroid production in the ovary of the grey mullet (Mugil cephalus) during stages of egg ripening. Gen. Comp. Endocrinol., 42(2) : 244-250.
- BABIKER M.M., IBRAHIM H., 1979. Studies on the biology in the cichlid Tilapia nilotica (L.) : gonadal maturation and fecundity. J. Fish Biol., 14 : 437-448.
- BEN-TUVIA A., 1959. The biology of the cichlid fishes of the Lake Tiberias and Huleh. Bull. Res. Council. Israel., 8 : 153-183.
- BEZDENEZHINYKH V.A. and PETUKHOV V.B. 1981. Oogenesis of the common Eel, Anguilla anguilla. J. Ichthyol., 21 : 100-105.
- BIENIARZ K. and EPLER P. 1977. Investigations on inducing sexual maturity in the male eel Anguilla anguilla L. J. Fish. Biol., 10 : 555-559.
- BIENIARZ K., EPLER P., MALCZEWSKI B. and PASSAKAS T. 1981. Development of european eel (Anguilla anguilla L.) gonads in artificial conditions. Aquaculture, 22 : 53-66.
- BIENIARZ K., EPLER P., SOKOLOWSKA M. 1978. A review of world literature on artificial reproduction of Eel (Polonais)
- BILLARD R., 1978. Testicular feed-back on the hypothalamo-pituitary axis in rainbow trout (Salmo gairdneri R.) . Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18 : 813-818.
- BILLARD R., PETER R.E., 1977. Gonadotropin release after implantation of anti-estrogens in the pituitary and hypothalamus of the goldfish, Carassius auratus. Gen. Comp. Endocrinol., 32 : 213-220.
- BILLARD R., BRY C., GILLET C., 1980. Stress, environment and reproduction in teleost fish. In: A.D. PICKERING (Ed.), Stress and fish. P. 185-208. Acad. Press. London, N.Y.,
- BILLARD R., BRETON B., 1981. Le cycle reproducteur chez les poissons téléostéens. Cah. Lab. Hydrobiol. Montereau., 12 : 43-56.
- BILLARD R., FOSTIER A., WEIL, C., BRETON, B., 1982. The endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39 : 65-79.

- BLANC N., ABRAHAM M., 1968. Evaluation du pouvoir gonadotrope dans l'hypophyse de Cyprinus carpio et Mugil cephalus. C. R. Hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris, 267 : 958-961.
- BLANC - LIVNI N., ABRAHAM M., 1969. Aspects endocriniens de la reproduction chez Mugil (Teleostei) en relation avec l'habitat d'eau douce et d'eau de mer. Verh. Int. Verein. Limnol., 17 : 625-629.
- BLANC-LIVNI N., ABRAHAM M., 1970. The influence of environmental salinity on the prolactin and gonadotropin secreting regions in the pituitary of Mugil (Teleostei). Gen. Comp. Endocrinol., 14 : 184-197.
- BLANC-LIVNI N., ABRAHAM M., LERAY C., YASHOUV A., 1969. Histochemical localization of hydroxysteroid dehydrogenases in the ovary of an euryhaline teleost fish, Mugil capito. Gen. Comp. Endocrinol., 13 : 493. (abstr.) .
- BLUM V., 1973. Experimente mit teleosteen prolaktin. Zool. Jb. Physiol. Bd., 77 : 335-347.
- BLUM V., FIEDLER K., 1964. Der einfluss von prolaktin auf das brutpflegeverhalten von Synphysodon aequifasciata axelrodi L.P. Schultz (Cichlidae, Teleostei). Naturw., 51 : 149-150.
- BLÜM V., FIEDLER K., 1965. Hormonal control of reproductive behaviour in some cichlid fish. Gen. Comp. Endocrinol., 5 : 186-196.
- BLÜM V., WEBER K.M., 1968. The influence of prolactin on the activity of steroid-3 β -ol dehydrogenase in the ovaries of the cichlid fish Aequidens pulcher. Experientia, 24 : 1259- 1260.
- BOETIUS I. and BOETIUS J. 1980.
Experimental maturation of female silver eels, Anguilla anguilla.
Estimates of fecundity and energy reserves for migration and spawning.
Dana, 1 : 1-28.
- BOETIUS I. and BOETIUS J. 1982.
Experimental maturation of european silver eels.
Proc. Int. Symp. Reprod. Phys. Fish. PUDOC WAGENINCEN 1982. p. 174-176.
- BOMMELAER M.C., BILLARD R., BRETON B., 1981. Changes in plasma gonadotropin after ovariectomy and estradiol supplementation at different stages at the end of the reproductive cycle in the rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Reprod. Nutr. Develop., 21(6A) : 989-997.
- BRETON B., JALABERT B., BILLARD R., WEILL C., 1971. Stimulation in vitro de la libération d'hormone gonadotrope par un facteur hypothalamique chez la carpe (Cyprinus carpio). C. R. Acad. Sci., Paris, D273 : 2591-2595.

- BRETON B., WEIL C., JALABERT B., BILLARD R., 1972. Activité réciproque des facteurs hypothalamiques de béliers et de poissons téléostéens sur la sécrétion in vitro des hormones gonadotropes C-HG et LH respectivement par des hypophyses de carpe et de béliet. C. R. Acad. Sci., Paris, D274 : 2530-2533.
- BRETON B., WEIL C., 1973. Effets du LH-FSH-RH synthétique et d'extraits hypothalamiques de carpe sur la sécrétion d'hormone gonadotrope in vivo chez la carpe (Cyprinus carpio). C. R. Acad. Sci., Paris, D277 : 2061-2064.
- BRETON B., JALABERT B., WEIL C., 1975a. Caractérisation partielle d'un facteur hypothalamique de libération des hormones gonadotropes chez la carpe (Cyprinus carpio L.), étude in vitro. Gen. Comp. Endocrinol., 25 : 405-415.
- BRETON B., JALABERT B., FOSTIER A., 1975b. Induction de décharges gonadotropes hypophysaires chez la carpe (Cyprinus carpio L.) à l'aide du citrate de cis-clomiphène. Gen. Comp. Endocrinol., 25 : 400-404.
- BRETON B., BILLARD R., 1980. Mise en évidence d'une régulation non stéroïdienne d'origine testiculaire sur la sécrétion d'hormone gonadotrope (GtH) chez la truite arc-en-ciel. C. R. Acad. Sci., Paris, D290 : 1091-1094.
- BRUSLE S., BRUSLE J., 1978a. Early sex differentiation in Mugil (Liza) auratus Risso, 1810, (Teleostei, Mugilidae). An ultrastructural study. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18(4) : 871-875.
- BRUSLE S., BRUSLE J., 1978b. An ultrastructural study of early germ cells in Mugil (Liza) auratus Risso, 1810, (Teleostei, Mugilidae). Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18(5) : 1141-1153.
- BRUTON M.N., 1979. The breeding biology and early development of Clarias gariepinus (Pisces: Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa. With a review of breeding in species of the subgenus Clarias (Clarias). Trans. Zool. Soc. Lond., 35(1) : 1-45.
- BRUTON M.N., BOLTT R.E., 1975. Aspects of the biology of Tilapia mossambica Peters (Pisces, Cichlidae) in a natural freshwater lake (lake Sibaya, South Africa). J. Fish Biol., 7 : 423-445.
- BRYLINSKA M., DLUGOSZ M., BODGAN E. 1978.
State of gonadal development in eel (Anguilla anguilla) caught in Polish inland waters. (Polonais)
Rocz. Nauh. Roln. Ser. H, 98 : 81-113.

- BURZAWA-GERARD E., 1981 . Les hormones gonadotropes des poissons.
Oceanis, Vol. 6(7) : 665-676.
-
- BURZAWA-GERARD E. 1982.
Existe-t'il plusieurs gonadotropines (GtH) chez les poissons ? Données biochimiques et vitellogénèse exogène.
Proc. Int. Symp. Reprod.-Physiol. Fish. PUDOC WAGENINGEN 1982. p. 19-22.
-
- CALLARD I.P., CALLARD G.V., LANCE V., BOLAFFI J.L., ROSSET, J.S.;
1978. Testicular regulation in nonmammalian vertebrates. Biol. Reprod., 18 : 16-43.
- CARREON J.A., VENTURA R.E., ALMAZAN G.J., 1973. Notes on the induced breeding of Clarias macrocephalus Günther. Aquaculture, 2(1) : 5-16.
- CARREON J.A., ESTOCAPIO F.A., ENDEREZ E.M., 1976. Recommended procedures for induced spawning and fingerling production of Clarias macrocephalus Günther. Aquaculture, 8(3) : 269- 281.
-
- CASSIFOUR P., CHAMBOLLE P., 1975. Induction de la ponte par injection de progesterone chez Crenimugil labrosus (Risso), poisson téléostéen, en milieu saumâtre. J. Physiol., Paris, 70 : 565-570.
-
- CHANDRASEKHAR K., KHOSA D., 1972. Effect of mammalian estrogens and progesterone on the hypothalamo-adenohypophysial complex of ovariectomised catfish Clarias batrachus (Linn.).
Proc. Indian Acad. Sci.(B), 76 (6) : 240-250.
-
- CHIEN A.K., 1973. Reproductive behaviour of the angelfish (Pterothyllum scalare) (Pisces: Cichlidae). II. Influence of male stimuli upon the spawning rate of females. Anim. Behav., 21 : 457-463.
- CHRISTENSEN M.S., 1981. A note on breeding and growth rates of the catfish Clarias mossambicus in Kenya. Aquaculture, 25 : 285-288.
- CLAY D., 1979. Sexual maturity and fecundity of the African catfish (Clarias gariepinus) with an observation on the spawning behaviour of the Nile catfish (Clarias lazera). Zool. J. Linn. Soc., Lond., 65(4) : 351-365.
-
- COLOMBO L., BERN H.A., PIEPRZYK J., JOHNSON D.W., 1973. Biosynthesis of 11 deoxycorticosteroids by teleost ovaries and discussion of their possible role in oocyte maturation and ovulation. Gem. Comp. Endocrinol., 21 : 168-178.

COLOMBO L. and COLOMBO-BELVEDERE P. 1977.

Gonadal steroidogenesis in teleost fishes.

Inv. Pesq., 41 : 147-164.

DADZIE S., 1969. Spermatogenesis and the stages of maturation in the male cichlid fish Tilapia mossambica. J. Zool., Lond., 159(3) : 399-403.

D'ANCONA U. 1960.

The life-cycle of the atlantic Eel.

Symp. Zool. Soc. LONDON, 61-75.

DEELDER C.L. 1981.

On the age and growth of cultured eels, Anguilla anguilla (Linnaeus, 1758).

Aquaculture, 26 : 13-22.

De KIMPE P., MICHA J.C., 1974. First guidelines for the culture of Clarias lazera in Central Africa. Aquaculture, 4(3) : 227-248.

DEVARAJ K.V., VARGHESE T.J., SATYANARAYANA-RAO T.G.P., 1972. Induced breeding of the freshwater catfish Clarias batrachus (Linn.) by using pituitary glands from marine catfish. Current Sci., 41(24) : 868-870.

De VLAMING V.L., 1972. Environmental control of teleost reproductive cycles. A brief review. J. Fish Biol., 4 : 131-140.

De VLAMING V.L., 1974. Environmental and endocrine control of teleost reproduction. In: SCHRECK C.B., Ed., Control of sex in fishes. pp. 13-83. Extension Division Virginia. Polytechnic Institute and state University, Blacksburg, Virginia.

De VLAMING V.L., VODICNICK M.J., 1976. Effects of pinealectomy on pituitary gonadotrophs, pituitary gonadotropin potency and hypothalamic gonadotropin releasing activity in Notemigonus crysoleucas. J. Fish Biol., 10 : 73-86.

DIXIT V.P., 1967. The nucleus lateralis tuberis in the freshwater teleost Clarias batrachus Linn. Experientia, 23 : 760-761.

DIXIT V.P., 1970. Neurosecretion and feedback mechanism in Clarias batrachus Linn. Ovariectomy and administration of exogenous sex hormone. Cellule, 68 : 213-221.

DIXIT V.P., 1977. Neurosecretion and feed back mechanism in Clarias batrachus Linn. 2. Nucleus preopticus. Zool. Pol., 26(I) : 5-10.

- DODD J.M., 1972. The endocrine regulation of gametogenesis and gonad-
- maturation in fishes. Gen. Comp. endocrinol., suppl. 3 : 675-687.
- DODD J.M., 1975. The hormones of sex and reproduction and their effects
in fish and lower chordates : twenty years on. Amer. Zool., 15 :
137-171.
- DODD J.M., 1977. The structure of the ovary of nonmammalian vertebrates.
In: ZUCKERMAN S. and B.J., WEIR (Eds.), The ovary (second edition)
, Vol.I, pp. 219-255. Academic Press (N.Y., San Francisco, London).
- DONALDSON E.M., 1973. Reproductive endocrinology of fishes.
Am. Zool., 13 : 909-927.
- DONALDSON E.M., SHEHADEH Z.H., 1972. Effect of salmon gonadotropin on
ovarian and testicular development in immature grey mullet Mugil
cephalus . pp. 71- 86. In: The grey mullet, induced breeding and
larval rearing. Report N° OI-72-76-I, Oceanic Institute, Waimanalo
, Hawaii .
- DUFOUR S., PASQUALINI C., KERDELHUE B., FONTAINE Y.A. 1982.
Présence et répartition d'un facteur de type LH-RH chez l'Anguille :
étude par dosage radioimmunologique.
Proc. Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish. PUDOC WAGENINGEN 1982, p. 52.
- ECKSTEIN B., 1970. Metabolic pathways of steroid biosynthesis in ovarian
tissue of a teleost, Tilapia aurea. Gen. Comp. Endocrinol., 14:303-312.
- ECKSTEIN B., 1975. Possible reasons for the infertility of grey mullets
confined to fresh water. Aquaculture, 5 : 9-17.
- ECKSTEIN B., EYLATH U., 1968. Steroidogenesis in testicular tissue of a
teleost, Mugil cephalus. Comp. Biochem. Physiol., 25 : 207-212.
- ECKSTEIN B., EYLATH U., 1970. The occurrence and biosynthesis in vitro of
11-ketotestosterone in ovarian tissue of the mullet, Mugil capito
derived from two biotopes. Gen. Comp. Endocrinol., 14 : 396-403.
- ECKSTEIN B., KATZ Y., 1971. Steroidogenesis in post and pre-spawned ovaries
of a cichlid fish, Tilapia aurea. Comp. Biochem. Physiol., 38A :329-338
- ECKSTEIN B., COHEN S., and HILGE V. 1982.
Steroid production in testicular tissue of the european eel.
Endocrinology, 110 : 916-919.

- EDING E.H., JANSSEN J.A.L., KLEINE STAARMAN G.H.J., RICHTER C.J.J., 1982.
Effects of human chorionic gonadotropin (HCG) on maturation and ovulation
of oocytes in the catfish Clarias lazera (C. & V.). Proc. Int. Symp.
Reprod. physiol. Fish. pudoc Wageningen, 1982. p. 195.
- EPLER P., BIENIARZ K. 1978.
In vitro ovulation of european eel (Anguilla anguilla L.) oocytes
following in vivo stimulation of sexual maturation.
Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18 : 991-995.
- EYLATH U., ECKSTEIN B., 1969. Isolation of 17-ketotestosterone and dehy-
droepiandrosterone from ovaries of the common mullet, Mugil capito.
Gen. Comp. Endocrinol., 12 : 58-62.
- FARMER S.W., PAPKOFF H., 1977. A teleost (Tilapia mossambica) gonadotropin
that resembles luteinizing hormone. Life sci., 20 : 1227-1232.
- FARMER S.W., PAPKOFF H., BEWLEY T.A., HAYASHIDA T., NISHIOKA R.S.,
BERN, H.A., LI, C.H., 1977. Isolation and properties of teleost
prolactin. Gen. Comp. Endocrinol., 31 : 60-71.
- FISHELSON L., 1966. Cichlidae of the genus Tilapia in Israel. Bamidgeh,
18 : 67-80.
- FONTAINE M., 1976. Hormones and the control of reproduction in aquaculture.
J. Fish. Res. Bd. Can., 33 : 922-939.
- FONTAINE M., BERTRAND E., LOPEZ E., CALLAMAND O. 1964.
Sur la maturation des organes génitaux de l'Anguille femelle
(Anguilla anguilla L.) et l'émission spontanée des oeufs en aquarium.
C.R. Acad. Sci., PARIS, 259 : 2907-2910.
- FONTAINE M., DELERUE LE BELLE N., LALLIER F., LOPEZ E. 1982.
Toutes les Anguilles succombent-elles après la reproduction et frayent
elles nécessairement en mer ?
C.R. Acad. Sci., PARIS, 294 : 809-811.

- FONTAINE Y.A., 1975. Hormones in fishes. *Bioch. Biophys. Persp. Mar. Biol.*, VOL 2, P. 139-212. (Academic Press).
- FONTAINE Y.A., 1980. Les hormones gonadotropes de l'hypophyse: biochimie et biologie comparées; spécificité et évolution. *Reprod. Nutr. Develop.*, 20(2) : 381-418.
- FONTAINE Y.A., LOPEZ E., DELERUE LE BELLE N., FONTAINE-BERTRAND E., LALLIER E., SALMON C. 1976.
Gonadotropic stimulation of the ovary in hypophysectomized eels (Anguilla anguilla) morphology; adenylate-cyclase and cyclic AMP phosphodiesterase activities.
J. Physiol. (PARIS), 72 : 871-891.
- FONTAINE-BERTRAND E., SALMON C., FONTAINE Y.A. 1978.
Effets d'hormones gonadotropes, *in vitro* sur la concentration de l'adénosine monophosphate cyclique dans l'ovaire de l'Anguille (Anguilla anguilla L.).
Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18 : 805-811.
- FOSTIER A., JALABERT B., BILLARD R., BRETON B., 1982. The gonadal steroids, in *Fish Physiology*; Vol IX Reproduction, W.S. HOAR, D.J. RANDALL & E.M. DONALDSON Eds, Academic Press. New York.
- GOEL H.C., 1966. Sound production in Clarias batrachus (Linnaeus).
Copeia, P. 622-624.
- GOETZ F.W., 1983. Hormonal control of oocyte final maturation and ovulation in fishes. In *Fish physiology*, Vol. IX. W.S. HOAR, D.J., RANDALL & E.M. DONALDSON (Eds). Academic Press N.Y.
- GREENWOOD P.H., 1955. Reproduction in the catfish Clarias mossambicus Peters. *Nature*, 176 : 516-518.
- GRIER H.J., 1981. Cellular organisation of the testis and spermatogenesis in fishes. *Amer. Zool.*, 21 : 345-357.
- GUERRERO R.D., 1979. Use of hormonal steroids for artificial sex reversal of Tilapia. *Proc. Indian Natl. Sci. Acad.*, Part B, 45(5) : 512-514.
- GUPTA D.K., GOEL V.K., JOSHI B.D., 1980. Pituitary gonadotropin content and gonadosomatic index in Clarias batrachus a fresh water teleost.
Endokrinologie, 75(3) : 299-303.
- HARRINGTON R.W., 1974. Sex determination and differentiation in fishes. In: SCHRECK C.B., (Ed.), Control of sex in fishes. Extension Division Virginia. Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. pp. 4-12.

- HARVEY B.J., HOAR W.S., 1980. The theory and practice of induced breeding in fish. Inter. Develop. Res. Center, 48p • Ottawa, Ontario .
- HATTINGH J., DU TOIT P.J., 1973. Partial separation of the pituitary protein: of Labeo umbratus, Smith (mudfish). J. Fish Biol., 5 : 41-47.
-
- HECHT T., SAAYMAN J.E., POLLING L., 1982. Further observations on the induced spawning of the sharptooth catfish, Clarias gariepinus (Clariidae : Pisces). Water SA, 8 (2) : 101-107.
-
- HIDELMAN W.H., 1959. A Cichlid fish, Symphysodon discus, with unique nurture habits. Amer. Nat., 93 : 27-34.
- HOAR W.S., 1969. Reproduction. In: HOAR W.S. and D.J. RANDALL, (Eds.), Fish physiology, Vol.3 , pp. I-72. Academic Press, New York.
-
- HOAR W.S., NAGAHAMA Y., 1978. The cellular sources of sex steroids in teleost gonads. Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys., 18 : 893-898.
-
- HODGKISS I.J., MAN H.S.H., 1978. Reproductive biology of Sarotherodon mossambicus (Cichlidae) in Plover Cove reservoir, Hong Kong. Environ. Biol. Fish, 3(3) : 287-292.
- HOGENDOORN H., 1979. Controlled propagation of the African catfish, Clarias lazera (C. and V.). I . Reproductive biology and field experiments. Aquaculture, 17(4) : 323-333.
- HOGENDOORN H., VISMANS M.M., 1980. Controlled propagation of the African catfish, Clarias lazera (C. and V.). 2. Artificial reproduction. Aquaculture, 21(I) : 39-53.
- HOLL E.A., 1968. Notes on spawning behaviour of barbel Clarias gariepinus (Burchell) in Rhodesia. Zool. afr., 3 : 185-188.
- HYDER M., 1969. Gonadal development and reproductive activity of the cichlid fish Tilapia leucosticta (Trewavas) in an equatorial lake. Nature, 224 : III2.
- HYDER M., 1970a. Gonadal and reproductive patterns in Tilapia leucosticta (Teleostei : Cichlidae) in an equatorial lake, Lake Naivasha (Kenya). J. Zool., Lond., 162 : 179-195.

- HYDER M., 1970b. Histological studies on the testis of pond specimens of Tilapia nigra and their implications in the pituitary-testis relationship. Gen. Comp. Endocrinol., 14(I) : 198-211.
- HYDER M., 1972. Endocrine regulation of reproduction in Tilapia. Gen. Comp. Endocrinol., suppl. 3 : 729-740.
- HYDER M., KIRSCHNER M.A., 1969. Detection and estimation of testosterone in the testes of Tilapia leucosticta (Pisces, Cichlidae). J. Endocrinol., 44 : 281-282.
- HYDER M., SHAH A.V., KIRSCHNER M.A., 1970. Effect of chorionic gonadotropin on testicular histology and testosterone production in Tilapia leucosticta (Teleostei : Cichlidae). Endocrinol., 87 : 819-822.
- HYDER M., SHAH A.V., CAMPBELL C.M., DADZIE S., 1974. Methallibure studies on Tilapia. II. Effect of Tilapia pituitary homogenate (TPH), human chorionic gonadotropin (HCG) and testosterone propionate (TP) on the testes of methallibure-treated Tilapia nigra. Gen. Comp. Endocrinol., 23 : 245-255.
- HYDER M., SHAH A.V., STOCKELL-HARTREE A., 1979. Methallibure studies on Tilapia. III. Effects of Tilapian partially purified gonadotropic fractions on the testes of methallibure treated Sarotherodon spirulus (= Tilapia nigra). Gen. Comp. Endocrinol., 39 : 475-480.
- HYERS S.F., AVILA V.L., 1980. Tritiated I7 β -estradiol uptake by the brain and other tissues of the cichlid jewel fish, Hemichromis bimaculatus. Gen. Comp. Endocrinol., 42(2) : 203-211.
- IDLER D.R., NG T.B., 1979. Studies on two types of gonadotropins from both salmon and carp pituitaries. Gen. Comp. Endocrinol., 38 : 421-440.
- JALABERT B., 1976. In vitro oocyte maturation and ovulation in rainbow trout (Salmo gairdneri), northern pike (Esox lucius) and goldfish (Carassius auratus). J. Fish. Res. Bd. Can., 33 : 974-988.
- JALABERT B., BRETON B., BRY C., 1980. Evolution de la gonadotropine plasmatique t-GtH après synchronisation des ovulations par injection de I7 α -hydroxy 20 β -dihydroprogestèrone chez la truite arc en ciel (Salmo gairdneri R.). C. R. Acad. Sci., Paris, D290 : I431-I434.

- JAYASHEE R., SRINIVASACHAR H.R., 1979. Hormonal control of testicular cholesterol levels in the catfish, Clarias batrachus (Linn.).
Proc. Indian Natl. Sci. Acad., part B, 45(5) : 526-533.
- JOY K.P., SATHYANESAN A.G., 1979. Functional cytology of the pituitary gland of the teleost Clarias batrachus (L.). Endokrinologie, 73(I) : 82-90.
- KATZ Y., ECKSTEIN B., IKAN R., GOTTLIEB R., 1971. Estrone and estradiol -17 β in the ovaries of Tilapia aurea (Teleostei, Cichlidae).
Comp. Biochem. Physiol., 40B : 1005-1009.
- KATZ Y., ECKSTEIN B., 1974. Changes in steroid concentration in blood of female Tilapia aurea (Teleostei, Cichlidae) during initiation of spawning. Endocrinology, 95 : 963-967.
- KAUSCH H., 1975. Breeding habits of the major cultivated fishes of EIFAC region and problems of sexual maturation in captivity. In :
Workshop on controlled reproduction of cultivated fishes. EIFAC Technical Paper, 25 : 43-52.
- KAVALIERS M., 1979. The pineal organ and circadian organization of teleost fish. Rev. Can. Biol., 38: 281-292.
- KING J.A., MILLAR R.P., 1979. Heterogeneity of vertebrate luteinizing hormone releasing hormone. Science, 206 : 67-69.
- KING J.A., MILLAR R.P., 1980. Comparative aspects of luteinizing hormone-releasing hormone structure and function in vertebrate phylogeny.
Endocrinology, 106 : 707-717.
- KNOWLES F., VOLLRATH L. 1966.
Neurosecretory innervation of the pituitary of the eels Anguilla and Conger. II. The structure and innervation of the pars distalis at different stages of the life cycle.
Phil. Trans. B, 250 : 329-342.
- KUHLMANN H. 1975.
Der Einfluss von Temperatur, Futter, Gröss und Herkunft auf die sexuelle Differenzierung von Glasaaalen (Anguilla anguilla).
Helgoländer wiss. Meeresunters., 27 : 139-155.
- KUO C.M., NASH C.E., SHEHADEH Z.H., 1974a. The effects of temperature and photoperiod on ovarian development in captive grey mullet (Mugil cephalus L.). Aquaculture, 3 : 25-43.
- KUO C.M., NASH C.E., SHEHADEH Z.H., 1974b. A procedural guide to induce spawning in grey mullet (Mugil cephalus L.). Aquaculture, 3 : I-14.

KUO C.M., NASH C.E., 1975. Recent progress on the control of ovarian development and induced spawning of the grey mullet (Mugil cephalus L.). Aquaculture, 5 : 19-29.

KUO C.M., WATANABE W.O., 1978. Circadian responses of teleostean oocytes to gonadotropins and prostaglandins determined by cyclic AMP concentration. Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys., 18(4) : 949-956.

LAMBERT J.G.D., VAN DEN HURK R., 1982. Steroidogenesis in the ovaries of the African catfish, Clarias lazera, before and after an HCG induced ovulation. Proc. Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish Pudoc Wageningen 1982. p. 99-102.

LANZING W.J.R., 1978. Effect of methallibure on gonad development and carotenoid content of the fins of Sarotherodon mossambicus. J. Fish Biol., 12(2) : 181-185.

LEHRI G.K., 1966a. Studies on the pituitary gland in relation to the gonadal cycle in Clarias batrachus (Linn.). Naturwissenschaften, 53 (I) : 201.

LEHRI G.K., 1966b. Endocrine activity of gonadectomized fish, Clarias batrachus (Linn.). Naturwissenschaften, 53(15) : 390.

LEHRI G.K., 1967. The annual cycle in the testis of the catfish Clarias batrachus L. Acta Anat., 67: 135-154.

LEHRI G.K., 1968. Cyclical changes in the ovary of the catfish Clarias batrachus(Linn.). Acta Anat., 69 : 105-124.

LELOUP-HATEY J., OUDINET J.P. and LOPEZ E. 1981.

Testicular steroidogenesis during gonadotropic induced spermatogenesis in male european eel (Anguilla anguilla L.).

9th Symp. Comp. Endocrinol. HONG KONG.

LILEY N.R., 1980. Patterns of hormonal control in the reproductive behaviour of fish, and their relevance to fish management and culture programs. In: BARDACH J.E., J.J. MAGNUSON, R.C. MAY and J.M. REINHART (Eds.), Fish behaviour and its use in the capture and culture of fishes. ICLARM Conf. Proc., 5 : 210-246.

LIVNI N., 1971. Ovarian histochemistry of the fishes Cyprinus carpio, Mugil capito and Tilapia aurea (Teleostei). Histochem. J., 3 : 405-414.

- LOWE-McCONNELL R.H., 1959. Breeding behaviour patterns and ecological differences between Tilapia species and their significance for evolution within the genus Tilapia (Pisces, Cichlidae). Proc. Zool. Soc. Lond., 132 : 1-30.
- LOWE-McCONNELL R.H., 1958. Observations on the biology of Tilapia nilotica Linné in east African waters. Rev. Zool. Bot. Afr., 57 : 129-170.
- LOWE-McCONNELL R.H., 1979. Ecological aspects of seasonality in fishes of tropical waters. In: P.J. MILLER Ed., Fish phenology. Symp. Zool. Soc., Lond., 44 : 105-132.
- Mc BAY L.G., 1961. The biology of Tilapia nilotica. Linneaus Proc. 5th ann. Conf. Southeast. assoc. Game and Fish Comm., 1961 : 208-218.
- MARSHALL J.A., 1972. Influence of male sound production on oviposition in female Tilapia mossambica (Pisces : Cichlidae). Bull. Ecol. Soc., 53 : 29.
- MARSHALL B.E., 1979. Observations on the breeding biology of Sarotherodon macrochir (Boulenger) in lake Mc Ilwaine, Rhodesia. J. Fish Biol., 14 : 419-424.
- MICHA J.C., 1975. Synthesis of research on reproduction, stocking and production in African catfish, Clarias lazera Val. Bull. Fr. Pisc., 256 : 77-87.
- MOREAU J., 1971. Biologie comparée de Tilapia rendalli (Boulenger) (Pisc. Cichl.) au lac Itasy et au lac Mantasoa. Cah. ORSTOM, Ser. Hydrobiol., 5 : 3-52.
- MOREAU J., 1979. Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude. Thèse Doct. Etat, I.N.P. Toulouse. 38. 345p.
- MOREAU J., 1983. Etude du cycle annuel de la gamétogénèse chez Heterotis niloticus au lac Ivakoina (Madagascar). Rev. Hydrobiol. Trop., (sous presse).
- NAIR P.V., 1965. Studies of the male reproductive system of some siluroid fishes. II. Clarias batrachus (Bleeker). Indian Zootom. Mem., 4 : 23-35.
- NAKAMURA M., TAKAHASHI H., 1973. Gonadal sex differentiation in Tilapia mossambica with special regard to the time of oestrogen treatment effective in inducing feminization of genetic males. Bull. Fac. Fish. Hokaido Univ., 24 : 1-13.

- MASH C.E., SHEHAEDEH Z.H., 1980. Review of breeding and propagation techniques for grey mullet, Mugil cephalus L.
ICLARM studies and review, N°3, 87 p.
- NAWAR G., 1959. Observations on the seminal vesicle of the Nile catfish, Clarias lazera. Ann. Mag. Nat. Hist., 13, ser. 2, 444-448.
- NG T.B., IDLER D.R., 1979. Studies on two types of gonadotropins from both American plaice and winter flounder pituitaries.
Gen. Comp. Endocrinol., 38 : 410-420.
- NICHOLLS T.J., MAPLE G., 1972. Ultrastructural observations on possible sites of steroid biosynthesis in the ovarian follicular epithelium of two species of cichlid fishes, Cichlasoma nigrofasciatum and Haplochromis multicolor. Z. Zellforsch., 128 : 317-335.
- OGATA H., NOMURA T., HATA M., 1979. Prostaglandin F2 α changes induced by ovulatory stimuli in the pond loach, Misgurnus anguillicaudatus. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 45: 929-931.
-
- OLIVEREAU M. 1967.
Observations sur l'hypophyse de l'Anguille femelle, en particulier lors de la maturation sexuelle.
Z. Zellforsch., 80 : 286-306.
-
- OLIVEREAU M., 1968. Etude cytologique de l'hypophyse du muge, en particulier en relation avec la salinité extérieure.
Z. Zellforsch. Mikroskop. Anat., 87 : 515- 561.
- OLIVEREAU M., 1977. Données récentes sur le contrôle endocrinien de la reproduction chez les téléostéens. Inv. Pesq., 41 : 69-94.
- OLIVEREAU M., HERLANT M. 1960.
Etude de l'hypophyse de l'Anguille mâle au cours de la reproduction.
C.R. Soc. Biol. (PARIS), 154 : 706-709.
- OLIVEREAU M., CHAMBOLLE P. 1978.
Ultrastructure des cellules gonadotropes de l'Anguille normale et après injection d'oestradiol.
C.R. Acad. Sci. PARIS, 287 : 1409-1412.
- OLIVEREAU M., CHAMBOLLE P., DUBOURG P. 1982.
Effect of synthetic LH-RH on GtH cells of E2 - treated Eels.
Proc. Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish. PUDOC WAGENINGEN 1982. p. 58.
- PANKHURST N.W. 1982.
Relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the european eel Anguilla anguilla L.
J. Fish. Biol., 21 : 127-140.
- PASSAKAS T. 1976.
Further investigations on the chromosomes of Anguilla anguilla.
Folia Biol., 24 : 239-244.

- PERRONE M., Jr., ZARET T.M., 1979. Parental care patterns of fishes.
Amer. Nat., 113 : 351-361.
- PETER R.E., 1981a. Gonadotropin secretion during reproductive cycles in teleosts: Influences of environmental factors.
- PETER R.E., 1981b. Neuroendocrine control of reproduction in teleosts.
Can. J. Fish. Aquat. Sci., (sous presse).
- PETER R.E., CRIM L.W., 1979. Reproductive endocrinology of fishes : gonadal cycles and gonadotropin in teleosts. Ann. Rev. Physiol., 41 : 323-335.
- PETERS H.M., 1963. Eizahl, eigewicht und gelegeentwicklung in der gattung Tilapia (Cichlidae, Teleostei). Int. Revue Ges. Hydrobiol., 48: 547- 576
- PHAM A., 1975. Données sur la production en masse d'alevins de Clarias lazera Val., à la station de Bouaké (Côte d'Ivoire).
Notes Doc. Pêche Piscic., CTFT, nulle série, 10 : 49-57.
- PHAM A., RAUGEL, B., 1977. Contribution à l'étude de la reproduction provoquée des femelles de Clarias lazera (Val.) (Pisces, Clariidae).
Notes Doc. Pêche Piscic., CTFT, nulle série, 15 : 27-33.
- PICKFORD G.E., ATZ J.W., 1957. The physiology of the pituitary gland of fishes. N.Y. Zool. Soc., 613p.
- PIEN P.C., LIAO I.C., 1975. Preliminary report of histological studies on the grey mullet gonad related to hormone treatment.
Aquaculture, 5 : 31-39.
- POLDER J., 1971. On gonads and reproductive behaviour in the cichlid fish Aequidens portalegrensis (Hensel). Netherl. J. Zool., 21 : 265-365.
- PRASADA-RAO P.D., BETOLE U.K., KONDAWAR V.V., 1972. Changes in the pituitary-interrenal axis after gonadectomy in the catfish, Clarias batrachus (Linn.).
Acta Zool., Stockh., 53(2) : 135-145.
- PRASADA-RAO P.D., BETOLE U.K., 1973. Changes in the hypothalamo-neurohypophysial complex after gonadectomy in the catfish Clarias batrachus (Linn.).
Zool. Beitr., 19(3) : 319-333.
- QUERAT B., LELOUP-HATEY J., HARDY A. 1982.
Ovarian steroid metabolism in the immature european eel (Anguilla anguilla).
Proc. Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish. PUDOC WAGENINGEN 1982. p. 112.

- RAMASWAMI L.S., SUNDARARAJ B.I., 1957. Induced spawning in the catfish, Clarias. Naturwiss., 44(13) : 384.
- REINBOTH R., 1972. Hormonal control of the teleost ovary. Amer. Zool., 12 : 307-324.
- REINBOTH R., 1980. Can sex inversion be environmentally induced? Biol. Reprod., 22 : 49-59.
- RICHTER C.J.J., EDING E.H., LEUVEN S.E.W., VAN DER WIJST J.G.M., 1982. Effects of feeding levels and temperature on the development of the gonad in the African catfish Clarias lazera (C. & V.). Proc. Int. Symp. Reprod. physiol. Fish Pudoc Wageningen 1982. p. 147-150.
- RICHTER C.J.J., VAN DEN HURK R., 1982. Effects of 11 - desoxycorticosterone - acetate and carp pituitary suspension on follicle maturation in the ovaries of the African catfish, Clarias lazera (C. & V.). Aquaculture, 29 : 53-66.
- RICHTER C.J.J., 1976. The African catfish, Clarias lazera (C. and V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? Misc. Pap. Landbouwhogeschool, Wageningen, 13 : 51-70.
- RIZKALLA W., 1970. The morphology of the pineal organ in the teleost, Clarias lazera C.V. . Acta Biol. Acad. Sci. Hungary, 21 : 25-35.
- RÜDEBERG C., 1966. Electronmicroscopic observations on the pineal organ of the teleosts, Mugil auratus (Risso) and Uranoscopus scaber. Publ. Staz. Zool. Napoli, 35 : 47-60.
- RÜDEBERG C., 1971. Structure of the pineal organ of Anguilla anguilla L. and Lebistes reticulatus peters (Teleostei). Z. Zellforsch, 122 : 227-243.
- SATHYANARAYANA-RAO G.P., NADKARNI V.B., APPASWAMY RAO M., 1979. The effect of gonadotropins on the steroidogenic potential and spermatogenesis in the testis of the catfish, Clarias batrachus (Linn.). Proc. Indian Natl. Sci. Acad., Part B, 45(5) : 469-477.
- SCHOONBEE H.J., HECHT T., POLLING L., SAAYMAN J.E., 1980. Induced spawning of and hatchery procedures with the sharptooth catfish, Clarias gariepinus (Pisces, Clariidae). S. Afr. J. Sci., 76(8) : 364-366.
- SCHRECK C.B., 1974. Hormonal treatment and sex manipulation in fishes. In: SCHRECK C.B. (Ed.), Control of sex in fishes, Extension Division Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. pp: 84-106.

- SCOTT D.B.C., 1979. Environmental timing and the control of reproduction in teleost fish. In: P.J. MILLER (Ed.), Fish phenology, Symp. Zool. Soc., Lond., 44 : I05-I32.
- SHEHADEH Z.H., ELLIS J.N., 1970. Induced spawning of the striped mullet Mugil cephalus (L.) . J. Fish Biol., 2 : 355-360.
- SHEHADEH Z.H., KUO C.M., MILISEN K.K., 1973a. Induced spawning of grey mullet, Mugil cephalus L. with fractionated salmon pituitary extract. J. Fish Biol., 5 : 471-478.
- SHEHADEH Z.H., MADDEN W.D., DOHL T.P., 1973b. The effect of exogenous hormone treatment on spermiation and vitellogenesis in the grey mullet, Mugil cephalus L. J. Fish Biol., 5 : 479-487.
- SHEHADEH H., KUO C.M., MILISEN K.K., 1973c. Validation of an in vivo method for monitoring ovarian development in the grey mullet (Mugil cephalus L.). J. Fish Biol., 5 : 489-496.
- SIDDIQUI A.Q., 1977. Reproductive biology, length weight relationship and relative condition of Tilapia leucosticta (Trewavas) in lake Naivasha, Kenya. J. Fish Biol., 10 : 251-260.
- SIDDIQUI A.Q., 1979. Reproductive biology of Tilapia zilli (Gervais) in Lake Naivasha, Kenya. Env. Biol. Fish., 4 : 257-262.
- SILVERMAN H.I., 1978a. Effects of different levels of sensory contacts upon reproductive activity of adult male and female Sarotherodon (Tilapia) mossambicus (Peters); Pisces, Cichlidae. Anim. Behav., 26(4) : I081-I090.
- SILVERMAN H.I., 1978b. The effects of visual social stimulation upon age at first spawning in the mouth-brooding cichlid fish Sarotherodon (Tilapia) mossambicus (Peters). Anim. Behav., 26 : II20-II25.
- SINGH S.P., SINGH T.P., 1980. Prolactin level in relation to gonadotrophin concentration during different phases of annual reproductive cycle in the freshwater catfish, Clarias batrachus (Linn.). Endocrinol. (Paris), 4(5) : 415-424.
- SINHA V.R.P., and J.W. JONES 1966. On the sex and distribution of the freshwater eel (Anguilla anguilla) J. Zool. Lond., 150 : 371-385.

- SINHA V.R.P., and JONES J.W. 1975.
The European freshwater eel.
Univ. Liverpool press, LIVERPOOL U.K.
- SOKOLOWSKA M., EPLER P. and BIENIARZ K. 1978.
The histological picture of the hypothalamus (the nucleus preopticus) and hypophysis in male Anguilla anguilla L. treated with hormones.
J. Fish. Biol., 12 : 1-4.
- SOLOMON D.J., 1977. A review of chemical communication in freshwater fish.
J. Fish Biol., 11 : 363-376.
- STAHL A., 1953. La neurosécrétion chez les poissons téléostéens. Contribution à l'étude de la neurohypophyse chez les Mugilidés.
C. R. Soc. Biol., Paris, 147 : 841- 844.
- STAHL A., 1954. Sur les relations entre l'activité neurosécrétoire du noyau latéral et la gonadostimulation chez les poissons Mugilidés.
C. R. Acad. Sci., Paris, 239 : 1855-1857.
- STRENGER J.M., 1959. A study of the structure and development of certain reproductive tissues of M. cephalus. Zoologica (N.Y.), 44(2) : 53-70.
- SUNDARARAJ B.I., GOSWAMI S.V., 1977. Hormonal regulation of in vitro and in vitro oocyte maturation in the catfish, Heteropneustes fossilis.
Gen. Comp. Endocrinol., suppl. 3 : 688-702.
- TANG Y.A., 1964. Induced spawning of striped mullet by hormone injection.
Jap. J. Ichthyol., 12 (1/2) : 23-28.
- TERKATIN-SHIMONY A., YARON Z., 1978. Estrogens and estrogenic effects in Tilapia aurea (Cichlidae, Teleostei).
Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18(4) : 1007-1012.
- TESCH F.W. 1977.
The eel : biology and management of anguillid eels.
In "the eel" CHAPMAN and HALL eds. 434 pp.
- TREWAVAS E., 1973. On the cichlid fish of the genus Pelmatochromis with proposal of a new genus for P. congicus; on the relationship between Pelmatochromis and Tilapia and the recognition of Sarotherodon as a distinct genus. Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Zool.), 25 : 1-16.
- TREWAVAS E., 1982. Tilapias : taxonomy and speciation. In R.S.V. PULLIN and R.H. LOWE - McCONNEL (Eds). The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc., 7 : 3-13.
- VAN DER HORST G., 1978. The structure of the testis of the mullet, Liza dumerili (Teleostei, Mugilidae) with special reference to spermatogenesis. Zool. afr., 13(2) : 233-243.

- VAN DER HORST G., CROSS R.H.M., 1978. The structure of the spermatozoon of Liza dumerili (Teleostei) with notes on spermiogenesis. Zool. afr., 13(2) : 245-258.
- VAN DER WAAL B.C.W., 1974. Observation on the breeding habits of Clarias gariepinus (Burchell). J. Fish Biol., 6 : 23-27.
- VILLANI P., LUMARE F. 1975.
Nota sull'accrescimento ovarico indotto in Anguilla anguilla L.
Invest. Pesq. 39 : 187-197.
- VON KRAFT A., PETERS H.M., 1963. Vergleichende studien über die oogenese in der gattung Tilapia (Cichlidae, Teleostei). Zeit. Zellforschung, 61 : 434-485.
- WALLACE R.A., SELMAN K., 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleost. Amer. Zool., 21 : 325-343.
- WOOSLEY J.T., LINTON, J.R., 1976. Isolation and characterisation of prolactin from the grey mullet, Mugil cephalus. Comp. Biochem. Physiol., 53B : 133-137.
- YAMAMOTO T., 1969. Sex differentiation. In: W.S. HOAR and D.J. RANDALL (Ed.) Fish physiology. Academic press. New York. Vol 3, pp. II7-175.
- YARON Z., 1966. Demonstration of 3β -hydroxysteroid dehydrogenase in the testis of Tilapia mossambica (Cichlidae, Teleostei). J. Endocrinol., 34 : 127-128.
- YARON Z., 1971. Observations on the granulosa cells of Acanthobrama terraesanctae and Tilapia nilotica (Teleostei). Gen. Comp. Endocrinol., 17 : 247-252.
- YARON Z., TERKATIN-SHIMONY A., SHAHAM Y., SALZER H., 1977. Occurrence and biological activity of estradiol - 17β in the intact and ovariectomized Tilapia aurea (Cichlidae, Teleostei). Gen. Comp. Endocrinol., 33 : 45-52.
- YASHOUV A., 1969. Preliminary report on induced spawning of M. cephalus (L.) reared in captivity in freshwater ponds. Bamidgeh, 21 : 19-24.
- YOSHIKAWA H., OGURI M., 1978. Sex differentiation in a cichlid, Tilapia zilli. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44 : 313-318.
- ZHITENEV A.N., KALININ D.S., ABAYEV Y.I., 1974. The state of the gonads of the striped mullet (Mugil cephalus) and the sharpnose mullet (Mugil saliens) leaving estuaries to spawn and their reaction to a pituitary injection. J. Ichthyol., 14 : 232-239.

ANNEXE N° 2

LES ESPÈCES COLONISATRICES DES ÉTANGS
D'UNE STATION DE PISCICULTURE LAGUNAIRE
EN CÔTE D'IVOIRE

DESCRIPTION ET INCIDENCE SUR L'ÉLEVAGE

JEAN JACQUES ALBARET ET MARC LEGENDRE

LES ESPECES COLONISATRICES DES ETANGS
D'UNE STATION DE PISCICULTURE LAGUNAIRE EN CÔTE D'IVOIRE
DESCRIPTION ET INCIDENCE SUR L'ELEVAGE

J.J. ALBARET et M. LEGENDRE *

RESUME

De nombreuses espèces de poissons non introduites ont été capturées dans les étangs de la station expérimentale de pisciculture du C.R.O. Elles sont inventoriées et réparties en trois classes d'abondance. L'origine de ces poissons et leur incidence sur l'élevage sont discutées.

ABSTRACT

An important number of non introduced fish species (32) have been caught in the ponds of the C.R.O. experimental station of aquaculture. They have been identified and distributed in three abundance classes. The origin of these fishes and their influence on rearing are discussed.

Mots clés : Côte d'Ivoire, Aquaculture, Etangs, Eaux saumâtres.

Key words : Ivory Coast, Aquaculture, ponds, Brackishwater.

* Hydrobiologistes O.R.S.T.O.M. au Centre de Recherches Océanographiques
B.P. V 18 ABIDJAN (RCI)

- INTRODUCTION -

Il est souvent difficile en aquaculture d'empêcher la pénétration et la prolifération d'espèces non désirées à l'intérieur des structures d'élevage. A défaut de pouvoir les éliminer on doit, tout au moins, être en mesure de les identifier et d'évaluer leurs abondances respectives afin d'en estimer l'impact et d'en atténuer les conséquences éventuelles par des mesures appropriées. Suivant les espèces " parasites " cet impact peut revêtir différentes formes généralement nuisibles à l'élevage : compétition alimentaire, compétition respiratoire, endommagement des structures d'élevage, prédation.

Dans cette optique il a paru utile de dresser un inventaire des espèces qui, outre les mâchoirons (*Chrysichthys walkeri* et *C. nigrodigitatus*) placés en élevage, peuplent les étangs de la station expérimentale de pisciculture du Centre de Recherches Océanographiques, sise au bord de la Lagune Ebrié à 40 Km. à l'ouest d'Abidjan. Proche de l'embouchure lagunaire de l'Agnéby (fig. 1) la station subit directement l'influence de cette rivière " forestière " dont le régime de type équatorial de transition se caractérise par un dédoublement de la crue annuelle lié au régime des précipitations. La première montée des eaux a lieu en juin-juillet, la seconde, moins importante, en octobre-novembre. La salinité moyenne annuelle de la lagune devant la station varie de 0 à 5 ‰ suivant l'époque (Tableau I). La température reste généralement comprise entre 25 et 31°C. Dans les étangs cependant, lors des périodes de fort ensoleillement (février) elle peut atteindre 33°C. L'alimentation en eau se fait grâce au jeu des marées par un réseau de canaux reliant la lagune aux étangs (fig. 2). Un grillage placé à l'entrée de chacun d'eux empêche la fuite des poissons mis en élevage.

RESULTATS ET DISCUSSION

a) Composition du peuplement

Le peuplement de la plupart des étangs de la station a été observé lors de pêches effectuées après vidange. Le tableau II donne, pour chaque étang étudié la composition des captures réalisées ainsi qu'une estimation de l'abondance de chacune des espèces présentes. On constate que sur l'ensemble de la station 32 espèces de poissons non introduites ont été inventoriées. Jusqu'à 21 espèces peuvent être trouvées dans un même étang (étang N° 4).

Figure 1 : Présentation de la région de Layo.

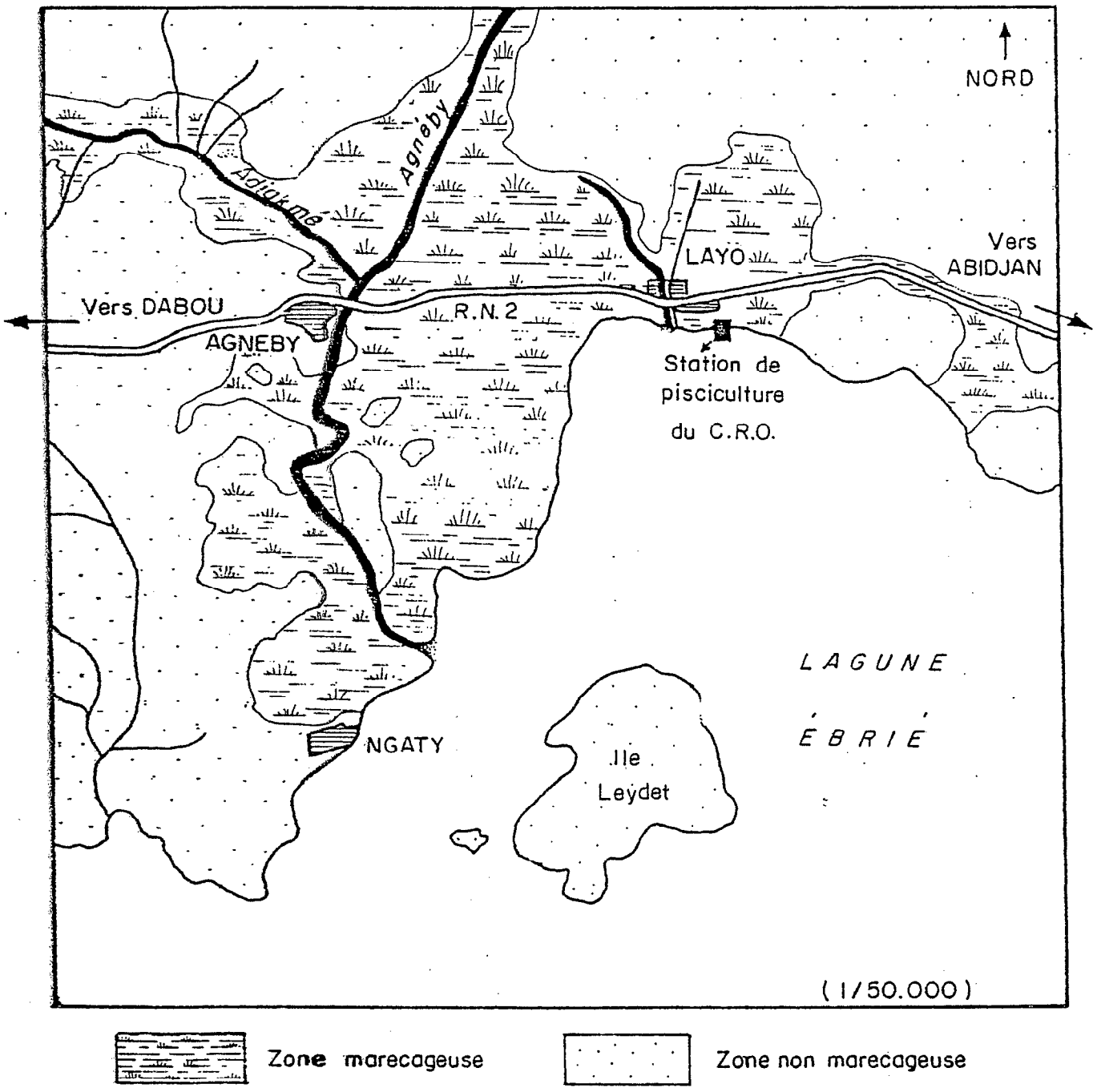
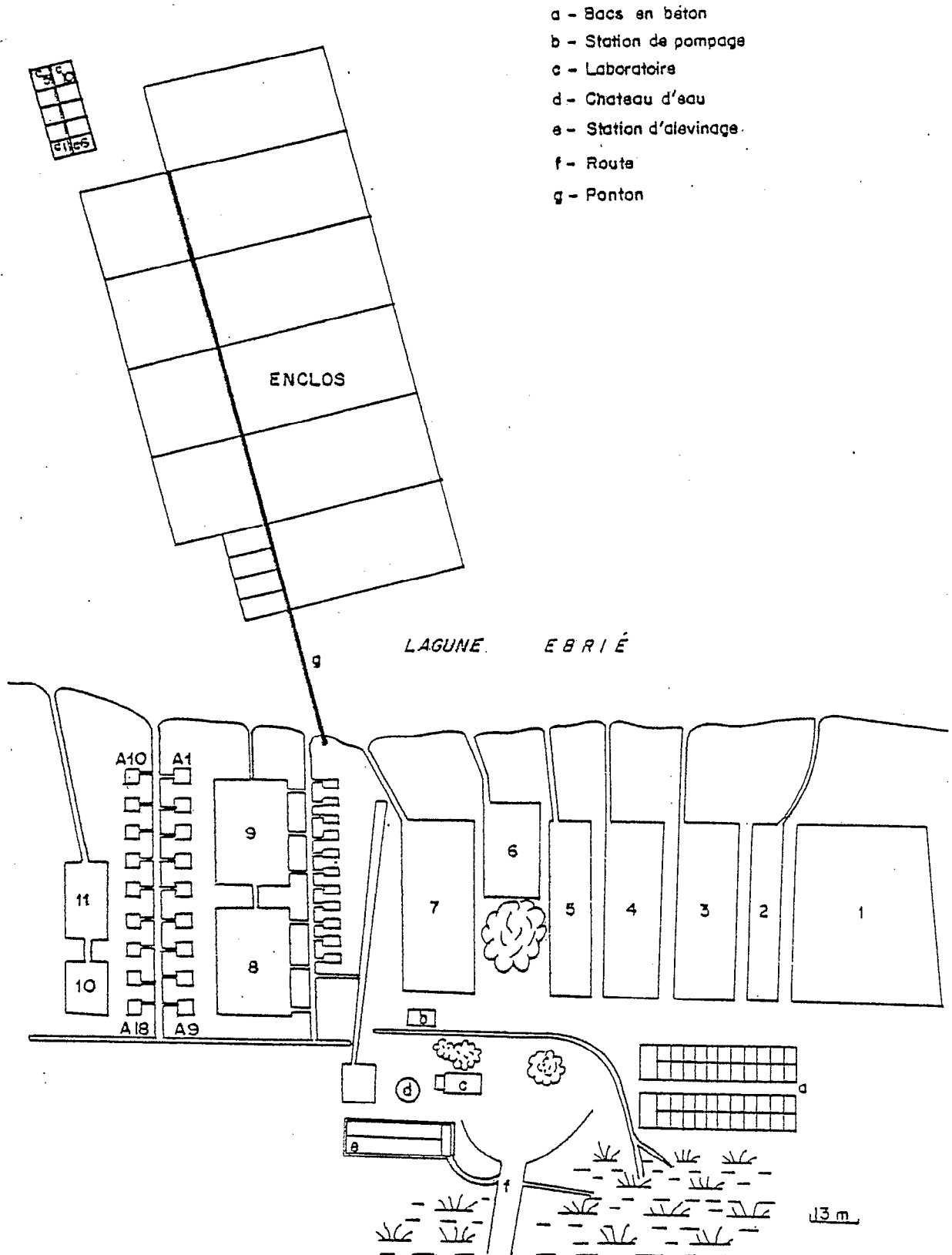


Fig. 1: Plan de la station de Layo



- a - Bacs en béton
- b - Station de pompage
- c - Laboratoires
- d - Chateau d'eau
- e - Station d'alevinage
- f - Route
- g - Ponton

Tableau I : Evolution annuelle de la salinité moyenne annuelle à Layo
(en 1980).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S‰	1,0	3,2	5,0	4,0	2,5	0,0	2,0	1,7	1,0	0,8	0,2	1,0

Parmi celles-ci (voir aussi tableau III), Eleotris senegalensis, Hemichromis fasciatus, Sarotherodon melanotheron et Tilapia guineensis dominant largement et sont fortement représentées dans tous les étangs. Au contraire, Barbus waldroni, Clarias senegalensis, Citharichthys stampflii, Ethmalosa fimbriata, Gobius thomasi, Liza falcipinnis, Mugil curema, Oxyurichthys occidentalis, Pelmatochromis arnoldi, Petersius intermedius, Polypterus endlicheri, Parophiocephalus obscurus, Sarotherodon niloticus et Tilapia mariae n'apparaissent que de façon épisodique ou accidentelle. Les 14 espèces restantes (tableaux II et III) sont toujours présentes dans plusieurs bassins mais leur effectif reste généralement restreint. Les crustacés sont également présents dans tous les étangs : Penaeus duorarum (crevette), Macrobrachium vollenhovenii (écrevisse) et Callinectes amnicola (crabe) ont été trouvés en abondance variable, mais souvent importante. Dia (1982) y observe des larves d'odonate en grandes quantités. Enfin notons, pour mémoire, que des crocodiles (probablement Osteolemus tetraspis) ont été signalés en quelques occasions sur la station.

b) Caractérisation et origine des espèces colonisatrices

Le tableau III met en parallèle le peuplement des étangs et le résultat de pêches expérimentales réalisées d'une part en lagune, à quelques centaines de mètres au large de la station à l'aide d'une senne tournante et d'autre part au niveau de l'embouchure de l'Agneby avec des filets mailants et un matériel de pêche électrique (Albaret et Mérona, 1978).

Bien qu'on ne puisse en aucun cas établir de comparaisons rigoureuses entre ces divers prélèvements effectués selon des protocoles différents, on remarque néanmoins qu'une dizaine d'espèces trouvées dans les étangs n'apparaissent pas dans les listes des captures des pêches expérimentales. Celles-ci ont pu échapper aux engins de pêche du fait de leur petite taille ou de leur répartition particulière dans les herbiers de bordure. Ces espèces sont toutes signalées dans la lagune Ebrié.

(Daget et Iltis, 1965), à l'exception de Petersius intermedius néanmoins capturé dans le bassin de l'Agneby (Daget et Iltis, 1965; Albaret et Mérona, 1978), de Gobius thomasi et de Mugil curema récemment identifiés en lagune Ebrié et de Sarotherodon niloticus, espèce introduite en Côte d'Ivoire dont les quelques spécimens observés proviennent vraisemblablement d'une pisciculture privée voisine de notre station.

ESPECES	ETANGS (N°)									A 1 à A 18
	2	3	4	5	6	8	9	10+11		
<i>Mitogobius schlegelii</i>	++	++	+			++	++			
<i>Astes macrolepidotus</i>			++		+		+			
<i>Locheilichthys spilauchen</i>		++	+		+					++
<i>Labrus waldroni</i>		+								
<i>Lutjanus lebrotonis</i>	++									++
<i>Micropogonias senegalensis</i>			+		+					+
<i>Mullus papillirostris</i>			+		+		+	+	+	+
<i>Mullus kingi</i>			+		+		+	+	+	+
<i>Mullus surinamensis</i>	+++	++	+	++	+	+	+++	+		++
<i>Mullus lacerta</i>		+	+		+	+	+			
<i>Mullus fimbriatus</i>						+				
<i>Mullus guineensis</i>	+	++	+			+	++	+		
<i>Mullus thomasi</i>		++	+							
<i>Mullus bimaculatus</i>	+		+		+	+	+	+		
<i>Mullus fasciatus</i>	+	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	++
<i>Mullus setus</i>		+	++			++	+			
<i>Mullus aeneus</i>		+	+		+	+	+	+		
<i>Mullus falcipinnis</i>		+			+					
<i>Mullus curema</i>		+								
<i>Mullus occidentalis</i>			++							
<i>Mullus obscurus</i>						+				+
<i>Mullus afzeliusi</i>	+	++	++			++				
<i>Mullus arnoldi</i>										+
<i>Mullus papilio</i>	présent sur toute la station mais jamais capturé									
<i>Mullus intermedius</i>				++						
<i>Mullus sebae</i>			++		+	+				
<i>Mullus endlicheri</i>						+				
<i>Mullus melanotheron</i>	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	++		+++
<i>Mullus niloticus</i>			+							
<i>Mullus guineensis</i>	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	++		+
<i>Mullus mariae</i>				+	+	+				
<i>Mullus jentinki</i>			++			+	++			
Nombre total d'espèces : 32	9	16	21	6	15	17	13	8		10

Tableau II : Abondance par étang des espèces de poissons capturées

+ : moins de 10 individus
 ++ : 10 à 100 individus
 +++ : plus de 100 individus

- Les étangs N° 10 et N° 11 communiquent librement

- Pour les petits étangs (4m²) de la série A, l'information a été synthétisée en prenant en compte les abondances maximales observées.

Espèces		P.I.	Etangs	Lagune	Embouchure de l'Agnéby
<i>Acentrogobius schlegelii</i>	(E)		++	++	
<i>Alestes macrolepidotus</i>	(G)		++		
<i>Aplocheilichthys spilauchen</i>	(E)		++		
<i>Barbus waldroni</i>	(G)		+		
<i>Batanga lebrotonis</i>	(E)	(?)	++		
<i>Clarias senegalensis</i>	(S)	X	+		
<i>Ctenopoma kingsleyae</i>	(G)	X(?)	++		+
<i>Citharichthys stampflii</i>	(M)	X	+	+++	
<i>Eleotris senegalensis</i>	(E)	X	+++		+++
<i>Elops lacerta</i>	(E)	X	++	+++	
<i>Ethmalosa fimbriata</i>	(M)		+	+++	
<i>Gobius guineensis</i>	(E)	(?)	++		
<i>Gobius thomasi</i>	(E)	(?)	+		
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	(I)	X	++		+
<i>Hemichromis fasciatus</i>	(I)	X	+++	++	++
<i>Hepsetus odoe</i>	(I)	X	++		+++
<i>Heterobranchus isopterus</i>	(G)	X	++		+
<i>Liza falcipinnis</i>	(E)		+	+	
<i>Mugil curema</i>	(E)		+		
<i>Oxyurichthys occidentalis</i>	(E)		+	++	
<i>Paraphiocephalus obscurus</i>	(I)	X	+		+++
<i>Pellonula afzeliusi</i>	(E)	X	++	++	++
<i>Pelmatochromis arnoldi</i>	(G)	X(?)	+		+
<i>Periopthalmus papilio</i>	(E)		Présent en bordure des trois milieux		
<i>Petersius intermedius</i>	(G)		+		
<i>Psettus sebae</i>	(E)	?	++	+	
<i>Polypterus endlicheri</i>	(S)	X	+		+
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	(E)		+++	+	(?)
<i>Sarotherodon niloticus</i>	(S)		+		
<i>Tilapia guineensis</i>	(E)		+++	++	(?)
<i>Tilapia mariae</i>	(G)		+		+
<i>Tylochromis jentinki</i>	(E)		++	++	

+ : faible abondance

++ : abondance moyenne

+++ : forte abondance

P.I.: Prédateur ichthyophage

Tableau III : Répartition et abondance en étangs d'élevage, en lagune (devant Layo) et dans l'embouchure de l'Agnéby des espèces colonisatrices des étangs. Les espèces au moins partiellement ichthyophages sont précisées. Le classement en forme marine (M), estuarienne (E) guinéenne (G), soudanienne (S) ou indifférentes (I) est celui de Daget et Iltis (1965).

Le tableau IV montre la position intermédiaire du peuplement des étangs, caractérisé par le nombre de formes estuariennes continentales et marines, par rapport à ceux de la lagune ou de l'embouchure de l'Agnéby. Ceci atteste bien de la double origine des poissons colonisateurs des étangs. Il n'en demeure pas moins que le marécage entourant Layo (fig. 1 et 2) contribue probablement pour une grande part à la présence sur la station de poissons tels que Clarias senegalensis, Ctenopoma kingsleyae ou Parophiocephalus obscurus, souvent trouvés en abondance dans ce type de milieu.

La pénétration dans les structures d'élevage peut s'effectuer de différentes manières : oeufs transportés par les oiseaux, alevins passant au travers des grillages placés dans les canaux d'alimentation des étangs, juvéniles ou adultes (pour les petites espèces) pénétrant par des brèches occasionnelles créées par l'érosion autour de ces grillages, ou encore par voie terrestre à partir du marécage (pour Clarias et Ctenopoma, en particulier).

Parmi les 4 espèces colonisatrices les plus abondantes, 3 sont des Cichlidae dont les alevins évoluent en "nuage" pendant quelques temps après l'éclosion, et sont ainsi susceptibles d'entrer en masse dans les étangs.

c) Incidence sur l'élevage

Les nuisances causées à l'élevage par les espèces colonisatrices sont principalement les suivantes : compétition alimentaire et respiratoire, prédation et endommagement des structures.

On peut considérer l'influence des espèces épisodiques ou présentes en moyenne abondance (tableau II et III) comme pratiquement négligeable, excepté dans le cas où celles-ci exercent une prédation importante. Or, parmi les 32 espèces du tableau III, on note une forte proportion de prédateurs partiellement ou totalement ichtyophages.

Certains (microprédateurs) exercent leur prédation sur des adultes de petites espèces et sur les larves et stades juvéniles d'espèces plus grandes, c'est notamment le cas de *P. afzeliusi*, *C. stampflii*, *H. bimaculatus*, *A. schlegelii* lesquels constituent surtout un danger lorsque les structures d'élevage concernées sont utilisées pour le pré-grossissement.

D'autres comme *C. senegalensis*, *E. lacerta*, *H. odoe*, *H. isopterus* et *P. endlicheri* peuvent s'attaquer à des proies de taille plus importante et causer de plus grands dommages encore.

(*) Notons que les clarias et parophiocephalus sont aussi utilisés comme prédateurs associés (Balarin, 1979).

Espèces	Etangs	Lagune	Embouchure de l'Agnéby
Formes estuariennes	16	15	7
Formes continentales (G + S + I)	16	4	26
Formes marines	2	7	0
Nombre total	34	26	33

Tableau IV : Caractérisation des peuplements ichthyologiques des étangs d'élevage, de la lagune (devant Layo) et de l'embouchure de l'Agnéby.

Chrysichthys walkeri et C. nigrodigitatus sont ici pris en compte dans la caractérisation du peuplement des étangs.

Parmi les espèces trouvées en forte abondance dans les étangs on note la présence de deux prédateurs ichthyophages *E. senegalensis* et *H. fasciatus*. Ce dernier par sa voracité et la prédation intense qu'il exerce sur les alevins (Anonyme, 1980) constitue une importante menace pour l'élevage. Il a cependant été fréquemment utilisé, sa population étant contrôlée, comme prédateur associé (*) dans les élevages de Tilapias.

L'essentiel de la biomasse "parasite" est composée par Tilapia guineensis et Sarotherodon melanotheron dont on a pu dénombrer jusqu'à 2500 individus dans un même étang; ce qui peut représenter une augmentation d'environ un quart par rapport à la charge normale. Dans ces conditions, une part importante de l'aliment se trouve détournée, ce qui est particulièrement sensible dans le cas où l'espèce élevée est Chrysichthys moins prompt à se saisir de la nourriture. Dans certaines conditions limites d'oxygénation (hypoxie nocturne en saison chaude en particulier), cette importante charge supplémentaire pourrait augmenter les risques de mortalité. De plus, les Tilapias pondent sur substrat, endommagent les structures d'élevage par les nids qu'ils construisent au moment de la reproduction. Le creusement de galeries dans les digues des étangs provoquant des affaissements localisés a été observé dans le cas de Tilapia guineensis. Enfin les Tilapias, dans certaines conditions tel l'élevage en aquarium, montrent une propension très nette à la prédation (Anonyme, 1969). Le fait qu'une telle modification des habitudes alimentaires soit possible dans les étangs de pisciculture ne peut être écarté.

CONCLUSION

Les étangs de pisciculture constituent des milieux calmes, protégés et surtout riches. En tant que tels ils opèrent un effet attractif sur de nombreuses espèces.

Cette colonisation peut dans une certaine mesure être enrayerée par une meilleure isolation des étangs d'élevage par rapport au milieu naturel (auquel ils doivent cependant rester liés pour leur alimentation en eau) et par une élimination systématique et radicale des poissons colonisateurs à la fin de chaque cycle d'élevage (application de chaux vive ou de roténone par exemple).

Ces précautions de routine sont cependant inefficace contre la pénétration en mer d'alevins de Cichlidae (un maillage trop fin du " bouchon grillagé " conduisant inévitablement à un colmatage) et on devrait alors prendre en compte l'éventuel excédent de charge pour le calcul des densités de poissons placés en élevage et pour celui des rations alimentaires.

L'utilisation d'un prédateur associé (Hemichromis en particulier), efficace dans le cas d'un étang de grossissement (Balarin 1979), ne paraît pas adapté pour le pré-grossissement. En effet, on ne peut introduire que des prédateurs de tailles voisines de celles des poissons en élevage afin d'éviter que la prédation ne s'exerce également sur ces derniers. L'introduction de prédateurs juvéniles sera donc inefficace en cas de pénétration d'un nuage d'alevins de Tilapia dans l'étang au début du cycle de pré-grossissement.

Ces quelques considérations devraient à notre sens être prises en compte lors de la recherche d'une filière optimale d'élevage pour les Chrysichthys en particulier, mais sans doute d'une manière plus générale pour bien d'autres espèces.

BIBLIOGRAPHIE

ALBARET (J.J.) et MERONA (B. de), 1978. - Observations sur la faune ichthyologique du bassin de l'Agnéby (Côte d'Ivoire). Rapp. ORSTOM Bouaké, n° 18, 58 p. multigr.

ANONYME, 1969. - Experiments in brackish-water fish culture in the Niger delta. Report to the government of Nigeria. FAO, n° TA 2759, 10 p.

ANONYME, 1980. - Recherches sur les pêches continentales et la pisciculture. Rapp. ann. CTFT, 49, p.

BALARIN (J.D.), 1979. - Tilapia - A guide to their biology and culture in Africa. University of Stirling, Stirling, Scotland : 174 p.

DAGET (J.) et ILTIS (A.), 1965. - Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). Mém. Inst. Fr. Afr. noire, n° 74 : 385 p.

DIA (A.K.), 1982. - Etude de la croissance des juvéniles de Chrysichthys walkeri (Günther) en étang en fonction de la densité. Aquaculture, n° 27 : 187-195.

ANNEXE N° 3

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES SUR LA CROISSANCE
ET LE COMPORTEMENT EN ÉLEVAGE DE
SAROTHERODON MELANOTHERON ET DE TILAPIA GUINEENSIS
EN LAGUNE EBRIÉ (CÔTE D'IVOIRE)

MARC LEGENDRE

Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de Sarotherodon melanotheron (RUPPEL, 1852) et de Tilapia guineensis (BLEEKER, 1862) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire).

Marc LEGENDRE

Mots clefs : Tilapia guineensis, Sarotherodon melanotheron, croissance, comportement, aquaculture, eau saumâtre, Côte d'Ivoire.

Key words : Tilapia guineensis, Sarotherodon melanotheron, growth, behaviour, aquaculture, brackish_water, Ivory Coast.

RESUME

Au cours d'essais préliminaires effectués dans une région oligohaline de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire), les croissances en élevage de deux espèces de *Tilapia* autochtones, *S.melanotheron* et *T.guineensis* ont été comparées.

Les conditions expérimentales étaient les suivantes : alevinage en bassins, prégrossissement en petits étangs (16 m³) et grossissement en enclos (25 m³) pour une densité en poissons de 10/m³. Les "fingerlings" et les adultes ont reçu une alimentation riche, 39% de protéine, distribuée à raison de 5% de la biomasse par jour.

Durant l'alevinage et le prégrossissement, *S.melanotheron* atteint 10g. plus rapidement que *T.guineensis*, respectivement en 2,6 contre 3,9 mois. En revanche, la durée moyenne de grossissement (entre 10 et 150g.) s'est avérée plus courte chez *T.guineensis* que chez *S.melanotheron*.

Une différence de croissance liée au sexe a par ailleurs été observée pour ces deux espèces. Vraisemblablement en liaison avec l'incubation buccale pratiquée par le mâle, cette différence est très importante chez *S.melanotheron* et le poids de 150g. est atteint en 15 mois chez la femelle alors que le mâle n'atteint que 120g. en environ 25 mois. Chez *T.guineensis*, les écarts enregistrés sont moindres, mais significatifs, les durées de grossissement étant respectivement de 13 et 15,7 mois pour le mâle et la femelle.

Il apparaît actuellement prématuré d'effectuer un choix entre les deux espèces, les durées totales d'élevage (de la résorption vitelline jusqu'à 150g.) du mâle de *T.guineensis* et de la femelle de *S.melanotheron* étant voisines (16,9 contre 17,6 mois).

Lors de cette expérimentation, les variations individuelles dans la croissance ont été suivies par marquage. La croissance de *T.guineensis*, placé dans des conditions proches de celles du milieu naturel, a été estimée. Des essais d'alimentation ont été effectués chez *S.melanotheron*. Enfin, différents problèmes liés à certains aspects du comportement des tilapia lagunaires ayant été rencontrés en enclos, l'adéquation de cette structure pour leur élevage est discutée.

I- INTRODUCTION

L'ichtyofaune lagunaire locale comporte de nombreuses espèces dont l'élevage pourra être envisagé dans le cadre du programme de développement de l'aquaculture dans les lagunes de Côte d'Ivoire.

Parmi celles-ci, deux espèces de Cichlidae retiennent actuellement l'attention. Il s'agit de Tilapia guineensis et de Sarotherodon melanotheron (ex Tilapia heudelotii), qui semble constituer un matériel de choix pour l'élevage par leur qualité de chair très appréciée, leur bonne valeur marchande, leur robustesse et leur adaptation naturelle au milieu lagunaire.

Bien que l'intérêt potentiel de ces espèces pour l'aquaculture ait parfois été évoqué (PILLAY, 1965; SIVALINGAM, 1976; PAULY, 1976), les comptes rendus d'expérimentation concernant leur élevage sont peu nombreux et certains n'ont pu être trouvés (Mc LAREN, 1949; SMITH in PILLAY, 1965; notamment). A notre connaissance, les seuls résultats disponibles se rapportent pour S.melanotheron à des essais d'élevage en cages flottantes en lagune Ebrié (MAGNET et KOUASSI, 1979) et pour T.guineensis à un suivi, sur de très courtes périodes (1 mois), d'élevage monosexé mâles dans les effluents réchauffés de la centrale nucléaire de Tihange en Belgique (PHILIPPART et al, 1979, in COCHE, 1982).

Nous nous proposons d'étudier et de comparer, ici, le comportement et la croissance de ces deux espèces en élevage, la phase de grossissement étant réalisée en enclos. L'expérimentation s'est déroulée, entre septembre 1980 et mai 1981, à la station d'aquaculture expérimentale du Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan.

II- MATERIEL ET METHODES

I)- La station : situation et descriptif

La station d'aquaculture expérimentale du C.R.O. est située à Layo, près de Dabou, à 40 km à l'ouest d'Abidjan dans une région oligohaline de la lagune Ebrié. Devant la station, l'hydroclimat est fortement influencé par la proximité de l'embouchure lagunaire d'une rivière forestière, l'Agnéby, dont le régime de type équatorial de transition se caractérise

par un dédoublement de la crue annuelle lié au régime des précipitations (Albaret et Legendre, 1983). De ce fait, la salure des eaux y est notablement plus faible que pour l'ensemble de ce secteur lagunaire (voir Durand et Skubich, 1982). A Layo, la salinité moyenne mensuelle de la lagune varie de 0‰, au plus fort de la grande saison des pluies (de mai à juillet), jusqu'à 5‰ lors de la grande saison sèche (de novembre à mars). Durant cette dernière, la salinité peut temporairement atteindre 8‰. La température de l'eau est en général comprise entre 25 et 31°C, les valeurs les plus basses étant atteintes en saison des pluies mais aussi en décembre-janvier pendant la période d'Harmattan (vent très sec, qui souffle du nord-est sur le Sahara et l'Afrique Occidentale). Les températures les plus élevées correspondent à la fin de la grande saison sèche. La station se compose d'une unité d'alevinage comportant 20 bassins circulaires, de 29 étangs et de 24 enclos implantés en lagune. A ces trois types de structures d'élevage correspondent trois phases distinctes d'expérimentation pour le suivi de la croissance des tilapias :

- une phase d'alevinage en bassins (jusqu'à 0,5 grammes)
- une phase de prégrossissement en étangs (jusqu'à 40 grammes)
- Une phase de grossissement en enclos (jusqu'à 150 grammes, poids à partir duquel la commercialisation peut être envisagée).

2) Alevinage en bassins

Des lots homogènes d'alevins, prélevés sur des mâles pratiquant l'incubation buccale chez S.melanotheron ou collectés dans les nids construits au fond des enclos de stockage de T.guineensis (voir en page 12), ont été constitués. Ceux-ci ont ensuite été placés à densité équivalente (1600/m³) dans des bassins circulaires (diamètre 1,5m; hauteur : 0,45m), de construction locale en bois résiné, où l'eau était constamment renouvelée par pompage dans la lagune.

L'aliment, une pâte constituée d'un mélange de lait en poudre, de jaune d'oeuf et de vitamines (HEM, non publié), était donné à satiété, matin et soir. Chaque semaine environ 50 alevins étaient pesés sur une balance de précision après anesthésie au MS222 (laboratoire Sandoz).

Durant cette phase de l'élevage, le suivi a été effectué depuis la fin de la résorption vitelline jusqu'à un poids moyen d'environ 0,5 grammes.

3)- Prégrossissement en étangs

Des alevins issus des bassins circulaires ont été placés, à une densité de 6 individus au m³ dans de petits étangs de 16 m² et d'une profondeur de 1m. Des canaux reliant la lagune aux étangs assurent leur renouvellement en eau grâce au jeu des marées. Un grillage fin (type moustiquaire) placé à l'entrée des étangs empêche la fuite du poisson.

L'aliment (formule n°1 - cf tableau n°1 et n°2) réduit en poudre était distribué en deux fois, matin et soir, sauf le dimanche, à raison de 5% de la biomasse par étang et par jour. Tous les 15 jours une trentaine d'individus capturés à l'aide d'une petite senne à batonnets, étaient pesés (P ± 0,1g) après anesthésie au MS222. Les poissons placés en étangs ont été suivis depuis un poids moyen initial de 0,3g pour S.melanotheron et de 0,4g pour T.guineensis, jusqu'à un poids moyen final d'environ 40g.

4)- Etude de la croissance en enclos

Le stockage des poissons en enclos est une technique répandue en Asie du Sud-Est. L'adaptation de cette technique aux milieux lagunaires ivoiriens, ainsi que l'utilisation d'un procédé simple d'enfoncement dans le sédiment des piquets et des filets (type 210-48, maille de 14) délimitant l'enclos à l'aide d'un jet d'eau sous pression, ont été décrites par HEM (1982).

4.1)- Grossissement avec apport d'une alimentation artificielle

Ne disposant pas d'un nombre suffisant d'individus issus de la filière alevinage - prégrossissement, les poissons utilisés pour les essais de grossissement ont été collectés dans l'ensemble des étangs de la station qu'ils avaient spontanément colonisés (ALBARET et LEGENDRE, 1983).

A partir de ce stock de départ, différents lots expérimentaux, regroupant des individus choisis dans une classe de taille la plus réduite possible, ont été constitués et sont présentés dans le tableau 3. Chaque lot a ensuite été placé, pour une densité de 10 poissons par m³, dans un petit enclos de 25 m² et de 1m de profondeur, implanté en lagune à une centaine de mètres du rivage.

4.1.1.- Suivi de la croissance

Les croissances de T.guineensis et de S.melanotheron ont été suivies d'une part en élevage monospécifique et d'autre part en élevage associé avec une participation égale des deux espèces.

Compte tenu d'une durée d'expérimentation matériellement limitée, 2 lots d'individus choisis dans 2 classes de taille différentes ont été suivis simultanément dans chacun des cas de figure (T.guineensis : lots n°6 et 7; S.melanotheron: lots n° 1 et 2; élevage associé : lots n° 8 et 9, dans le tableau N°3).

Les courbes de croissance et la durée totale de la phase de grossissement ont été obtenues par recouvrement des résultats obtenus dans les 2 lots correspondant à chaque type d'élevage.

Le grossissement en enclos a été réalisé à partir d'individus d'un poids moyen d'une dizaine de grammes chez S.melanotheron et d'environ 30g. chez T.guineensis. Celui-ci a pris fin lorsque les individus appartenant au lot de classe de taille initialement la plus élevée ont atteint un poids moyen de 150g., à partir duquel la commercialisation peut-être envisagée.

Pour ces essais préliminaires, il fut décidé d'utiliser l'aliment n°1 (cf. tableau n° 1 et 2) immédiatement disponible sur la place.

La ration alimentaire quotidienne, distribuée sous forme de granulés en deux fois chaque jour sauf le dimanche, a été fixée à 5% du poids vif des poissons présents dans chaque enclos.

Pêché à l'aide d'une petite senne à batonnets, un échantillon mensuel d'au moins 25% en nombre était examiné pour chaque enclos, la longueur à la fourche mesurée au millimètre près et le poids frais mesuré au gramme près étant déterminés pour chaque individu.

4.1.2- Identification du sexe

Dans chacun de ces essais, les croissances respectives des mâles et des femelles ont pu être précisées par sexage externe des individus composant les échantillons mensuels. La distinction entre les sexes chez S.melanotheron et chez T.guineensis se fait aisément avec un peu d'expérience à partir de 40 grammes. Celle-ci repose essentiellement sur un net dimorphisme des papilles génitales, pointues chez le mâle qui possède deux orifices et plus arrondies chez la femelle qui possède trois orifices. De plus, chez S.melanotheron les branchies visibles à travers l'opercule de la femelle lui donne une couleur rosée alors que l'opercule du mâle est nettement jaune d'or (SHAW et ARONSON, 1954).

4.1.3.- Essais d'alimentation chez S.melanotheron

En vue d'une réduction du coût de l'alimentation, l'aliment n°1 étant relativement cher (tableau 1), nous avons testé chez S.melanotheron deux autres formules alimentaires (N°2 et n°3) moins riches en protéine totales ainsi qu'en protéines animales. La composition complète de chacun de ces aliments est détaillée dans le tableau 1 et leur analyse chimique figure dans le tableau 2.

Ce test n'a pu être effectué simultanément avec les trois types d'aliment nous avons donc comparé dans un premier temps les formules n°1 et n°3, puis les formules n°1 et n°2, sur des lots d'individus de classes de taille voisines (respectivement lots n°1 et 3 et lots n°4 et 5, dans le tableau 3).

Les modalités de distribution des aliments et d'échantillonnage étaient identiques à celles décrites précédemment (cf - 4.1.1.).

4.1.4.- Quotient nutritif

Le rendement de l'alimentation artificielle a été calculé par le quotient nutritif (Qn) défini par la formule :

$$Q_n = \frac{A}{(B_2 - B_1)}$$

	aliment n° I	aliment n° II	aliment n° III
Farine de poisson	30	20	10
Tourteau d'arachide	20	20	15
Tourteau de soja	15	15	15
son de blé	15	25	35
farine de maïs	20	20	25
Composé vitaminé (premix Tilapia)	+2%	+2%	+2%
Coût du Kg d'aliment en Fcfa	118,0	108,0	98,0

Tableau I : - Composition des aliments (en pourcentage du poids frais) et coût du kilogramme d'aliment (en mai 1981).

Le prix du Kg d'aliment tient compte ici du coût des matières premières, du coût de la transformation en granulés et des frais d'emballage. Il est à noter que le prix de ces aliments a subi une augmentation de 25% entre le début et la fin de l'expérimentation.

	aliment N° I	aliment N° II	aliment N° III
matière minérale	13,68	13,87	7,09
matière cellulosique	6,23	5,66	5,34
matière azotée brute	39,48	31,22	28,59
matière grasse	5,27	2,94	2,52
extractif non azoté	35,33	46,30	56,47
Taux en protéines animales	46,0	34,0	21,0
Taux en protéines végétales	54,0	66,0	79,0

Tableau 2 : - Analyse chimique des aliments (en pourcentage de la matière sèche)

Le taux en protéines animales est donné par le rapport :

$$\frac{\text{teneur en protéines animales}}{\text{teneur totale en protéines}} \times 100$$

Les protéines animales sont, dans nos aliments, exclusivement fournies par la farine de poisson.

Les analyses chimiques ont été réalisées par le Laboratoire Central de Nutrition Animale de l'ENSA (Abidjan).

<u>S. melanotharon</u>					
N° du lot experimental	date d' empoissonne- ment	N° de l'aliment distribué	CTi:	Pmi	
1	11-10-80	I	95-120	26,3	
2	11-10-80	I	155-180	89,5	
3	25-10-80	III	80-110	17,0	élevage
4	11-12-80	I	70-95	10,9	monospécifique
5	11-12-80	II	70-95	10,9	
8	11-10-80	I	105-125	31,7	élevage associé
9	11-10-80	I	145-165	67,0	avec <u>T. guineensis</u>
<u>T. guineensis</u>					
N° du lot experimental	date d' empoissonne- ment	N° de l'aliment distribué	CT :	Pmi	
6	3-10-80	I	105-125	31,8	élevage
7	3-10-80	I	155-175	87,5	monospécifique
8	11-10-80	I	105-125	31,0	élevage associé avec
9	11-10-80	I	145-165	67,2	<u>S. melanotharon</u>

Tableau 3 : - récapitulatif des lots expérimentaux constitués pour suivre la croissance de S. melanotharon et de T. guineensis en enclos.

La densité d'élevage est dans tous les cas de 10 poissons par m³ et le sexe ratio est toujours voisin de 1.

(CTi : classe de taille initiale en mm ; Pmi : poids moyen initial en grammes)

A étant la quantité d'aliment (en kg) distribuée sur une période de temps donnée et (B2 - B1) étant le gain en poids vif (en kg) observé pour cette période.

4.2.- Croissance sans alimentation artificielle

A ce jour, aucune études n'a été réalisée sur la croissance naturelle de T.guineensis et de S.melanotheron en lagune Ebrié. Nous avons donc cherché à évaluer ces croissances en nous plaçant dans des conditions proches de celles du milieu naturel. Pour cela, les poissons ont été placés, en séparant les espèces, à faible densité (1 individu pour 5m³) et sans aucun apport de nourriture artificielle, dans de grands enclos d'une profondeur de 1 mètre et d'une surface de 1250m². Les lots expérimentaux ont été constitués, pour chacune des deux espèces, à partir de trois classes de tailles échelonnées dans les proportions suivantes : 55% des individus appartenaient à la classe 55 - 75mm, 30% à la classe 100 - 125 mm et 15% à la classe 150 - 170 mm. Chaque mois, la longueur à la fourche ($LF \pm 1$ mm) et le poids ($P \pm 1g$) de chacun des individus étaient déterminés sur un échantillon capturé à l'aide d'une grande senne à bâtons.

4.3.- Croissances individuelles - techniques de marquage

Dans l'ensemble des expériences présentées ci-dessus, de nombreux marquages ont été réalisés pour permettre d'évaluer les variations de croissance entre individus.

Une méthode de marquage par section des rayons osseux des nageoires dorsale et anale (RINNE, 1976) a tout d'abord été mise en oeuvre. Celle-ci a cependant dû être abandonnée, du fait de l'importante régénération des rayons sectionnés, rendant rapidement (en 2 mois) très difficile l'identification des poissons marqués.

De nouvelles marques ont donc été mises au point. Il s'agit de petits morceaux de gaine plastique provenant de fils électriques dénudés de faible diamètre, qui sont enfilés sur du nylon de pêche de 20/100 ème. De façon à individualiser ces marques, chaque chiffre entre zéro et neuf a été associé à une couleur différente. Lorsque dans un lot donné, le nombre de poissons devant être marqués est supérieur à 9, le chiffre des dizaines se distingue de celui des unités par

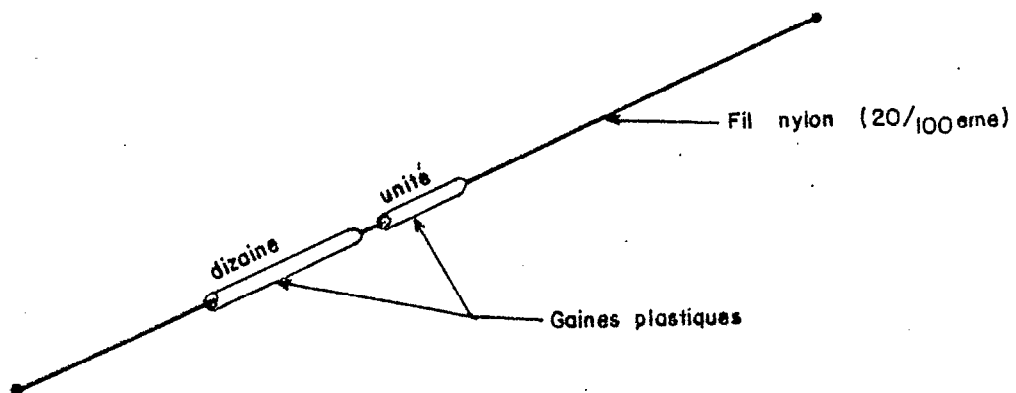


figure 1 : Une marque après sa préparation..

Pour faciliter le stockage des marques préparées à l'avance, l'extrémité du fil nylon est chauffée, afin de maintenir en place le ou les gaines plastiques..

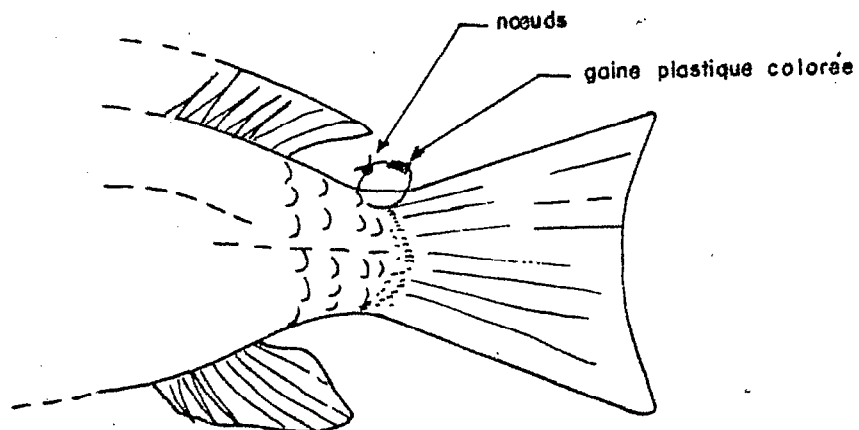


figure 2 : Représentation schématique de la marque en place..

une plus grande longueur de la gaine plastique (fig.1). La marque est fixée sur le poisson, anesthésié au MS222, de la façon suivante : le fil nylon est passé au travers de la base de la nageoire caudale avec une aiguille, après quoi une série de 4 à 5 noeuds plats successifs, réalisée de telle sorte que la chair ne soit pas comprimée, assure la pérennité de la marque (fig.2). Quarante à quatre vingt poissons ont été ainsi marqués dans chaque lot expérimental au cours des deux premiers mois d'expérimentation.

III.- RESULTATS ET DISCUSSION

1)- Croissance des alevins en bacs circulaires

Les courbes de croissance pondérale des alevins de S.melanotheron et de T.guineensis ont été établies à partir de la fin de la résorption vitelline.

À ce stade les alevins de T.guineensis sont très petits et pèsent environ 2 mg, alors que ceux de S.melanotheron issus d'oeufs plus gros pèsent déjà près de 20 mg.

On constate (fig.3) que, du fait de cette différence initiale mais aussi d'un accroissement pondéral plus lent, T.guineensis atteint le poids de 0,5g environ 1 mois plus tard que S.melanotheron. Le taux de mortalité de S.melanotheron en bacs circulaires est faible et n'exède pas 5% du nombre initial d'alevins. Chez T.guineensis, une forte mortalité a été enregistrée lors de la première prise de nourriture, après quoi le taux de mortalité s'est stabilisé à un niveau équivalent de celui observé chez S.melanotheron.

2)- Croissance en étangs de prégrossissement

Les courbes de croissance en étangs ont été établies entre 0,3 et 40g. chez T.guineensis et entre 0,4 et 40g. chez S.melanotheron. Celles-ci (figure 4) montre que jusqu'à environ 10g. l'accroissement pondéral moyen reste plus faible chez T.guineensis. Toutefois cette différence s'atténue progressivement et entre 10 et 40g. les courbes de croissance des deux espèces ont une évolution parallèle.

figure 3 : Croissance pondérale des alevins de S. melanotheron et de T. guineensis en bacs circulaires.

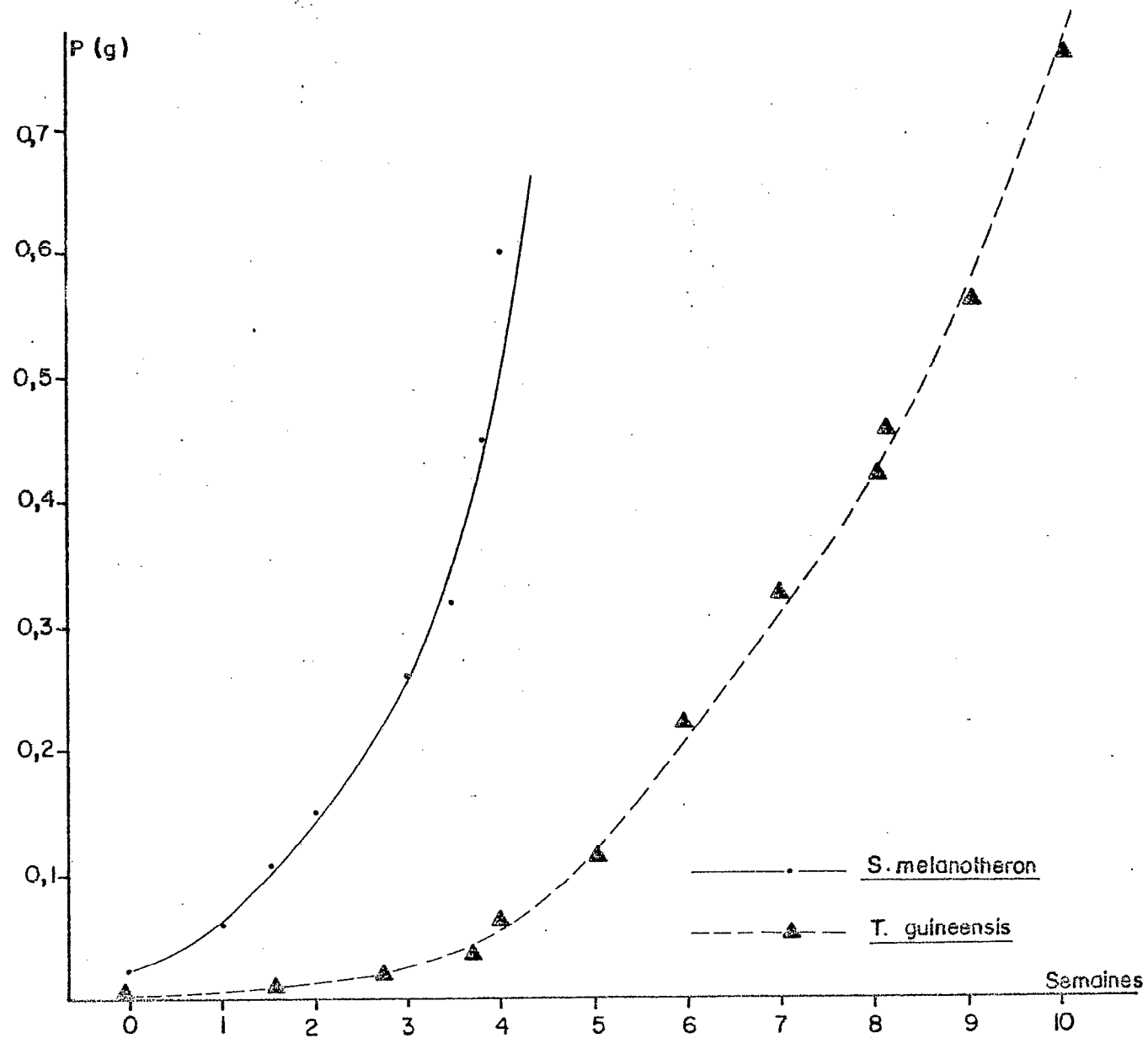
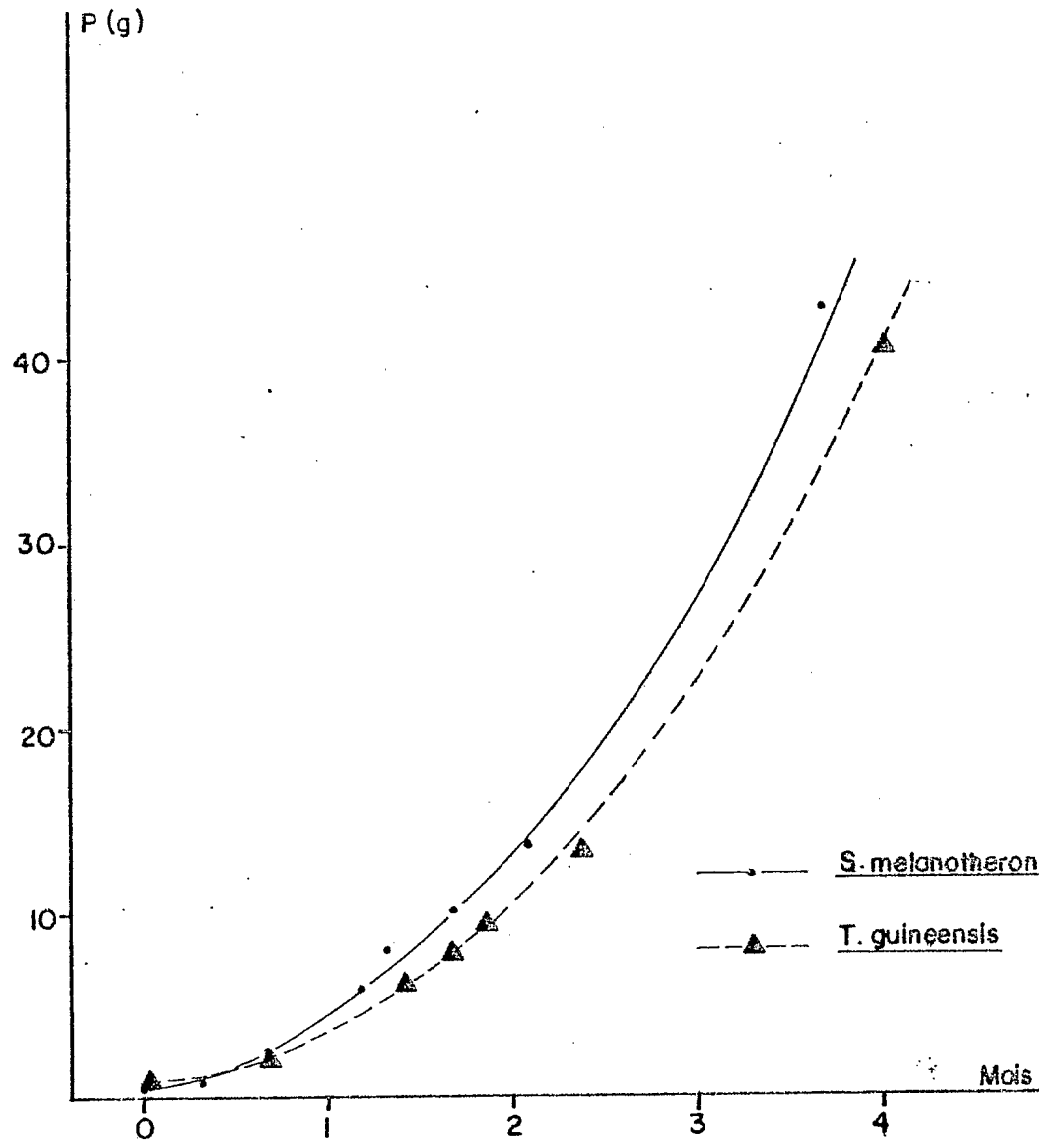


figure 4 : Croissance pondérale des juvéniles de S. melanotheron
et de T. guineensis.



Les Q_n , calculés pour la période correspondant à un accroissement du poids moyen de 5 à 40g., sont très voisins pour S.melanotheron et T.guineensis et sont respectivement de 2,12 et de 2,20. Pour la période correspondant à un accroissement du poids moyen de 0,5 à 5g., les Q_n sont inférieurs à 1 pour les deux espèces, ce qui montre que les petits individus trouvent dans les étangs, en plus de l'aliment distribué, un supplément de nourriture naturelle qui n'est pas négligeable.

3.- CROISSANCE EN ENCLOS AVEC APPORT D'UNE ALIMENTATION ARTIFICIELLE

3.1.- Comparaison globale de la croissance de S.melanotheron et de T.guineensis

Contrairement à ce que l'on observe durant les phases précédentes de l'élevage, les courbes (fig. 5) montrent que, lorsque les sexes ne sont pas séparés, la croissance de T.guineensis est un peu supérieure à celle de S.melanotheron durant la période de grossissement. On constate également que la pratique de l'élevage associé, avec une participation égale des deux espèces, donne des résultats équivalents à ceux obtenus en élevage monospécifique. Il ne semble donc pas qu'il y ait, entre ces deux espèces, d'interactions (dominance pour la prise des granulés, par exemple) ayant une influence sur leur croissance.

3.2.- Comparaison de la croissance des mâles et des femelles

Une différence de croissance liée au sexe a été mise en évidence pour chacune des deux espèces étudiées. La figure 6 et le tableau 4 qui récapitule les durées des différentes phases de l'élevage, montrent que cette différence est très importante chez S.melanotheron. Les femelles mettent en effet 15 mois en moyenne pour passer de 10 à 150 grammes, alors que les mâles n'atteignent que 120g. en une période estimée à 25 mois. Chez T.guineensis, les écarts observés dans la croissance (fig. 7) et tableau 4) sont beaucoup moins importants mais significatifs ($P < 0,001$), le test de Student est ici utilisé sur les poids des mâles et des femelles en fin d'élevage; les durées moyennes de grossissement étant respectivement de 13 et 15,7 mois pour le mâle et pour la femelle.

figure 5 : Croissance pondérale de S. melanotheron et de T. guineensis
 en enclos (sexes mélangés).

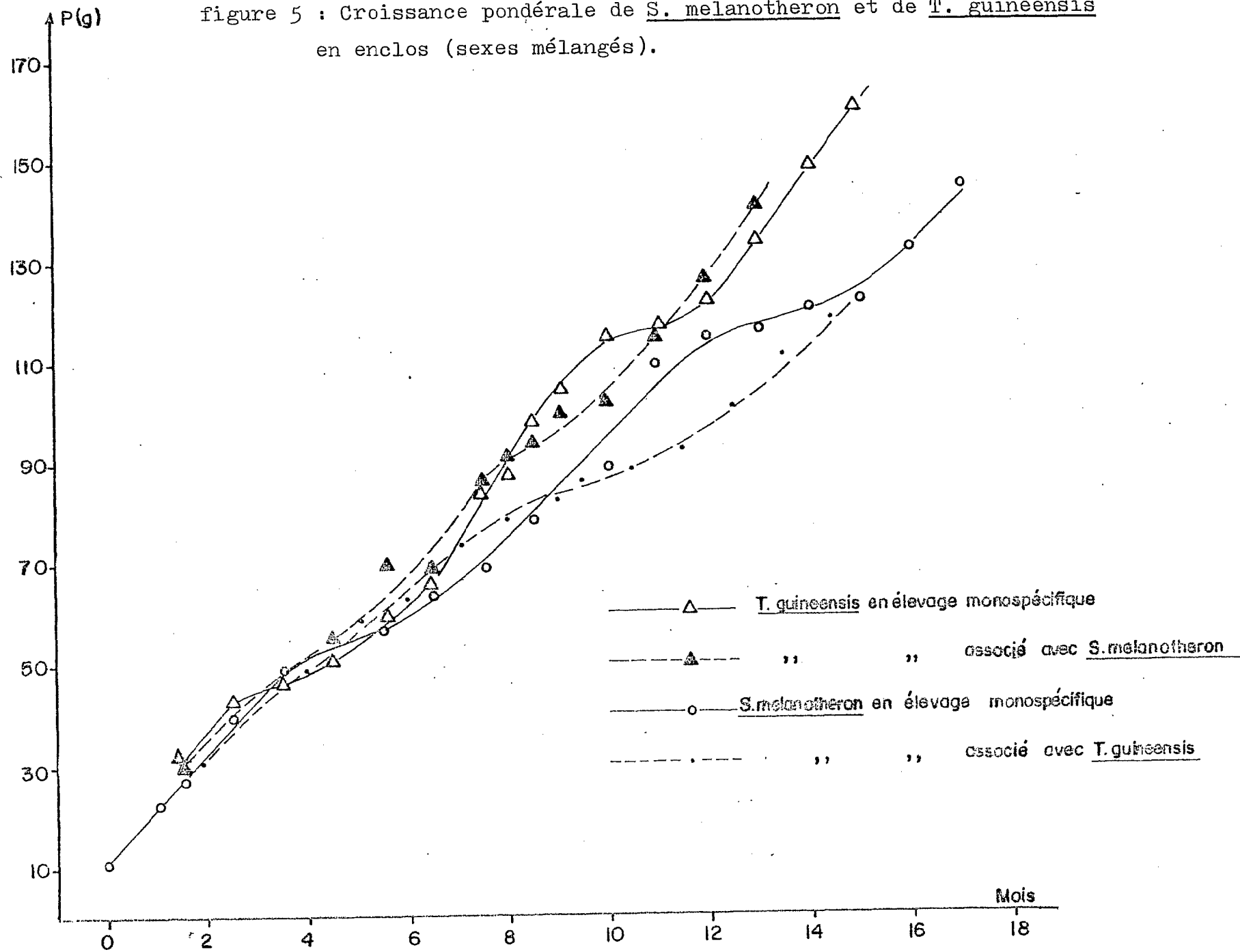


figure 6 : Croissance pondérale du mâle et de la femelle de S. melanotheron en enclos

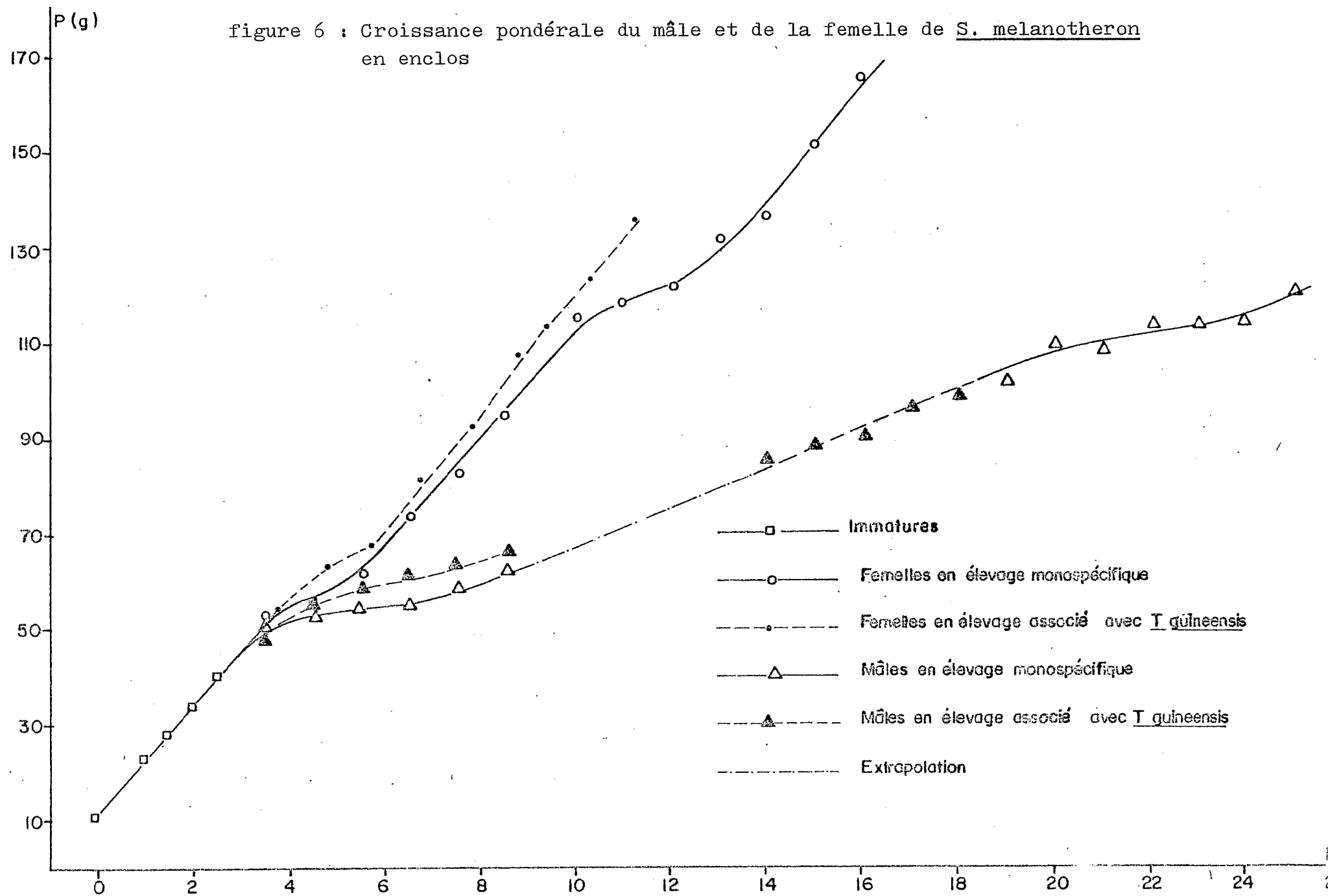
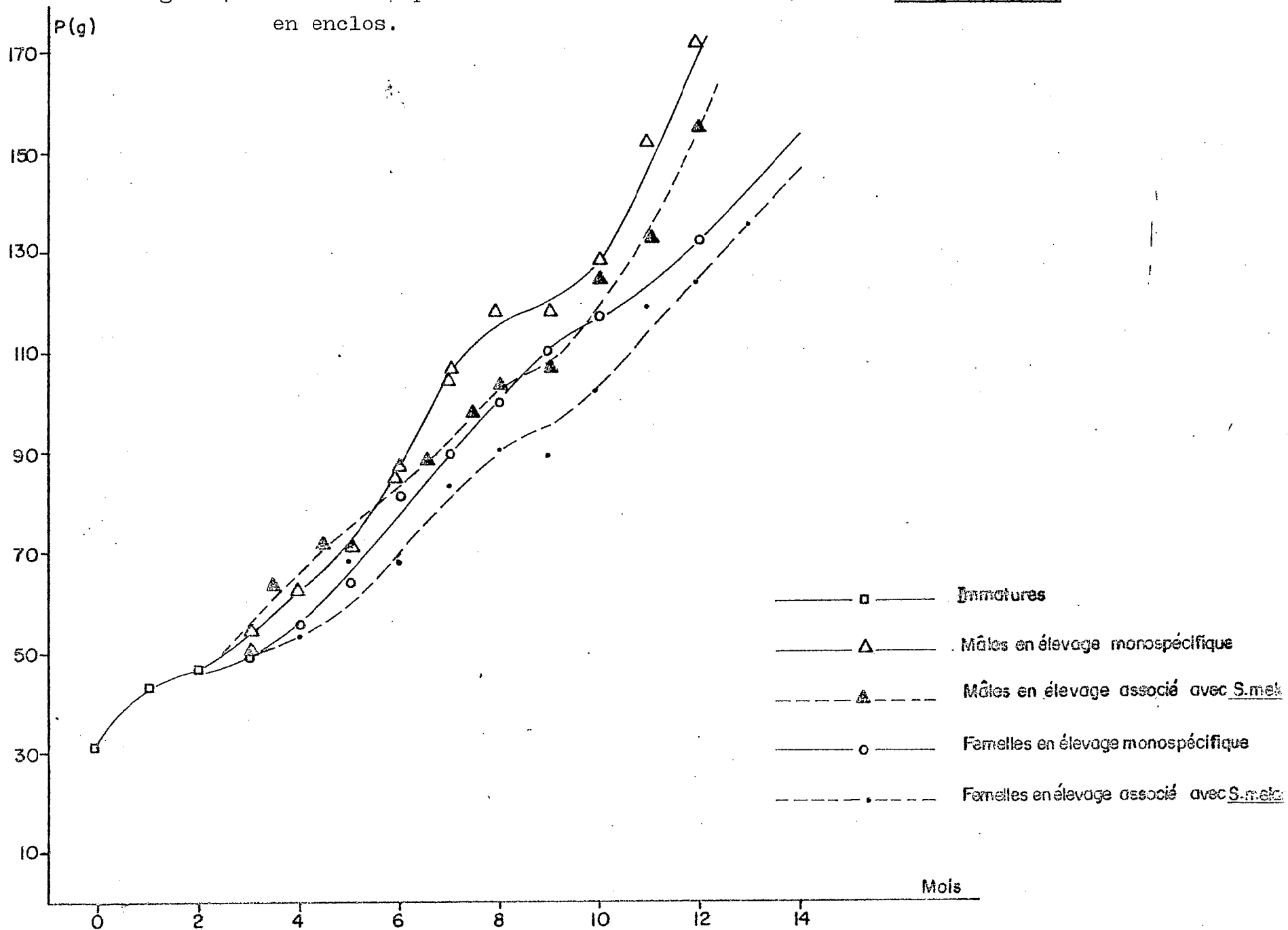


figure 7 : Croissance pondérale du mâle et de la femelle de T. guineensis en enclos.



phase de l'élevage	Alevinage	prégrossissement		grossissement		durée totale de l'élevage	
Structure d'élevage	bacs circulaires	étangs		enclos			
Intervalle d'étude	VVR → 0,5g	0,5g → 10g	10g → 40g	10g → 40g	40g → 150g	VVR → 150g	
<u>T. guineensis</u>	♂	2,0	1,9	2,0	2,5 ⁽¹⁾	10,5	16,9
	♀					13,2	19,6
<u>T. haudelotii</u>	♂	1,0	1,6	2,0	2,5	22,5 ⁽²⁾	27,6 ⁽²⁾
	♀					12,5	17,6

Tableau 4 : Récapitulatif de la durée en mois des différentes phases de l'élevage de T. guineensis et de S. melanotheron.

(VVR : Vésicules vitellines résorbées)

(1) - La phase de grossissement en enclos n'a pu être réalisée pour T. guineensis entre 10 et 40g.. Cependant les durées nécessaires pour passer de 10 à 40g. en étang étant égale pour S. melanotheron et T. guineensis; nous avons supposé, de façon à pouvoir estimer la durée totale de l'élevage, défini avec une phase de grossissement débutant à 10g., que ces durées étaient également voisines en enclos.

(2) - Durées estimées jusqu'à 120g. seulement.

Ces résultats correspondent à une croissance journalière moyenne de 0,34; 0,16; 0,30 et 0,38 grammes/jour respectivement pour la femelle et le mâle de S.melanotheron puis de T.guineensis. Si l'on tient compte de l'arrêt de croissance (voir ci-dessous) qui conduit à sous estimer les accroissements journaliers moyens et bien que les conditions expérimentales soient différentes, nos résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par MAGNET et KOUASSI (1979) qui ont été observé chez S.melanotheron une croissance journalière moyenne de 0,21 à 0,41 g/j suivant le site d'élevage, et de ceux obtenus par PHILLIPART et al (1979; in COCHE, 1982) qui rapportent pour le mâle de T.guineensis une croissance journalière moyenne allant de 0,4 à 0,6 g/j. selon la qualité de l'aliment utilisé.

Chez les immatures, il semble que quelle que soit l'espèce la croissance soit similaire pour les deux sexes, puisque dans les deux cas, la différence de croissance entre mâles et femelles ne devient significative qu'après que la taille de première maturité soit dépassée. Ceci laisse supposer que la différence dans la vitesse de croissance entre les sexes pourrait ne pas être une conséquence directe du sexe génétique mais résulter plutôt de l'activité sexuelle. Chez S.melanotheron, la croissance plus faible du mâle pourrait ainsi résulter du seul fait de l'incubation buccale durant laquelle il ne se nourrit pas. Il en ressort que si un élevage à sexe séparés du mâle de T.guineensis ou de la femelle de S.melanotheron devrait être envisagé, ceux-ci présentant les meilleures vitesses de croissance; Il conviendra néanmoins de s'assurer que lorsque les sexes sont séparés, les croissances de la femelle de T.guineensis ou du mâle de S.melanotheron ne s'en trouvent pas améliorées. Il est à noter que si l'on admet que la faible croissance du mâle de S.melanotheron en enclos est, au moins en partie, une conséquence de l'incubation buccale; Il est alors hautement probable que celui-ci présente une meilleure croissance lorsqu'il est élevé en cage flottante (même en élevage mixte).

(*) La taille de première maturité est, un élevage de 134mm chez S.melanotheron et de 154mm chez T.guineensis (Ecoutin - Legendre, non publié).

En effet, l'élevage en cage est considéré comme étant l'une des méthodes existantes permettant de contrôler la reproduction des tilapia; Il semble que lorsque le maillage est suffisamment grand, les ovocytes émis lors d'une ponte tombent à travers le filet avant de pouvoir être repris en boucle pour l'incubation (PAGAN-FONT, 1975, chez S. aureus).

3.3.- Arrêts de croissance

On observe sur l'ensemble des courbes précédentes (figures 5 à 7) deux ralentissements très marqués de la croissance. En réalité, un seul arrêt de croissance a eu lieu, mais il a affecté simultanément (en décembre 1980 et janvier 1981) les individus des deux classes de taille utilisées pour l'établissement de ces courbes et ceci pour les deux espèces. Ainsi, les durées de la phase de grossissement sont ici surestimées, puisque calculées en tenant compte de deux arrêts. Les causes de ce ralentissement de la croissance restent incertaines. Le phénomène n'est pas lié à la reproduction, de nombreux individus matures ayant été observés tout au long de la période d'expérimentation, mais résulte plus probablement de conditions climatiques particulières. En effet, durant cette période, l'influence de l'harmattan a été fortement ressentie sur la région d'Abidjan. A Ilayo, cette influence s'est traduite par une augmentation de la salinité, une baisse de la température et une très forte diminution de la turbidité des eaux. Cette dernière résulte de deux phénomènes concourants, d'une part l'absence de clapot (l'harmattan soufflant de la station vers la lagune contrairement au vent dominant habituel) et d'autre part un débit très appauvri de l'Agnéby durant cette période (Guiral, Comm. Pers.). Il semble que cette transparence de l'eau, ait induit un stress chez les tilapia qui ne montraient plus qu'un très faible intérêt pour l'aliment distribué. Ce n'est qu'avec le retour d'eaux plus chargées que les accroissements mensuels en longueur et en poids ont repris de l'importance. Des observations récentes (Legendre, non publié) tendent à confirmer cette hypothèse. En effet, durant la période d'harmattan (décembre 1982, janvier 1983) un abaissement de la température (en dessous de 26°C) et une augmentation de la salinité (jusqu'à 7 ‰) ont également été constatés, par contre l'eau s'est peu éclaircie et aucun arrêt de croissance n'a été observé chez les tilapia alors en expérimentation.

3.4.- Essais d'alimentation chez S.melanotheron

Les résultats présentés dans le tableau 5 montre que l'aliment N° III, le moins riche en protéines totales ainsi qu'en protéines animales, conduit à une vitesse de croissance pondérale inférieure à celle obtenue avec l'aliment N° I. Par contre les aliments N° I et N° II conduisent à des résultats équivalents. L'utilisation de l'aliment N° II, moins cher (tableau 2), apparait donc préférable.

Il est cependant certain que des recherches plus précises devront être menées pour établir une formule alimentaire qui soit parfaitement adaptée aux besoins des deux espèces de tilapia lagunaires. L'aliment N° II pourrait alors être utilisé comme aliment de référence.

3.5. - Taux de conversion

Les poissons constituant les lots de S.melanotheron n°4 et n°5 (voir tableau 3), placés en enclos au mois de décembre, n'ont pas subi d'arrêt de croissance. Ceux-ci sont en effet les seuls à avoir bien accepté la nourriture distribuée durant la période critique. Ceci peut être dû : soit à leur mise en enclos plus tardive, soit au fait que ces petits individus (10g) aient pu réagir différemment aux modifications du milieu par rapport aux individus plus âgés constituant les autres lots. Quoi qu'il en soit nous avons pu pour ces lots 4 et 5 calculer les quotients nutritifs moyens sur l'ensemble de la période d'expérimentation. Ils sont de 4,77 pour le lot n° 4 qui a reçu l'aliment N° I et de 4,86 pour le lot n°5 nourri avec l'aliment N° II. Ces quotients nutritifs très voisins confirment que les aliments N° I et N° II ont une efficacité équivalente. Ces Qn sont cependant élevés. Il semble qu'une des raisons en soit la présence de très nombreux petits T.guineensis, qui entrés dans les enclos au stade alevin, y sont restés piégés en grossissant et on détourné une quantité non négligeable de la nourriture destinée aux animaux en expérience. L'arrêt de croissance et cette prolifération de jeunes T.guineensis, observés durant la phase de grossissement pour les deux espèces, rendent le calcul des Qn moyens sans signification pour l'ensemble des autres lots expérimentaux. Pour ceux-ci il est toutefois possible de préciser, à

	Comparaison des aliments I et III		Comparaison des aliments I et II	
	1 (Aliment I) 11-10-80	3 (Aliment III) 25-10-80	4 (Aliment I) 11-12-80	5 (Aliment II) 11-12-80
N° du lot expérimental				
début de l'essai	26,3	17,0	10,9	10,9
poide moyen initial (g)	110,5	95,0	82,1	82,1
longueur moyenne initiale (mm)	9-04-81	24-04-81	7-05-81	6-05-81
fin de l'essai	69,1	53,3	57,4	56,0
poide moyen final	154,2	140,8	145,0	144,4
longueur moyenne finale	42,8	36,3	46,5	47,1
gain en poide	43,7	45,8	62,9	62,3
gain en longueur				

Tableau 5 : - Résultats des essais d'alimentation chez *S. melanotheron*

titre indicatif, les Q_n mensuels les plus faibles observés durant la période d'expérimentation. Pour les lots ayant reçu l'aliment N°I, ceux-ci ont été obtenus avec la classe de poids 30 - 40g. Ils sont de 3,15 pour S.melanotheron et de 3,66 pour T.guineensis, alors que pour la même classe de poids, le Q_n mensuel le plus faible obtenu chez S.melanotheron avec l'aliment N° III est de 5,20. Ce qui confirme l'efficacité moindre de ce dernier par rapport aux aliments N° I et N° II .

3.6.- Variations individuelles dans la croissance

3.6.1.- Efficacité de la technique de marquage

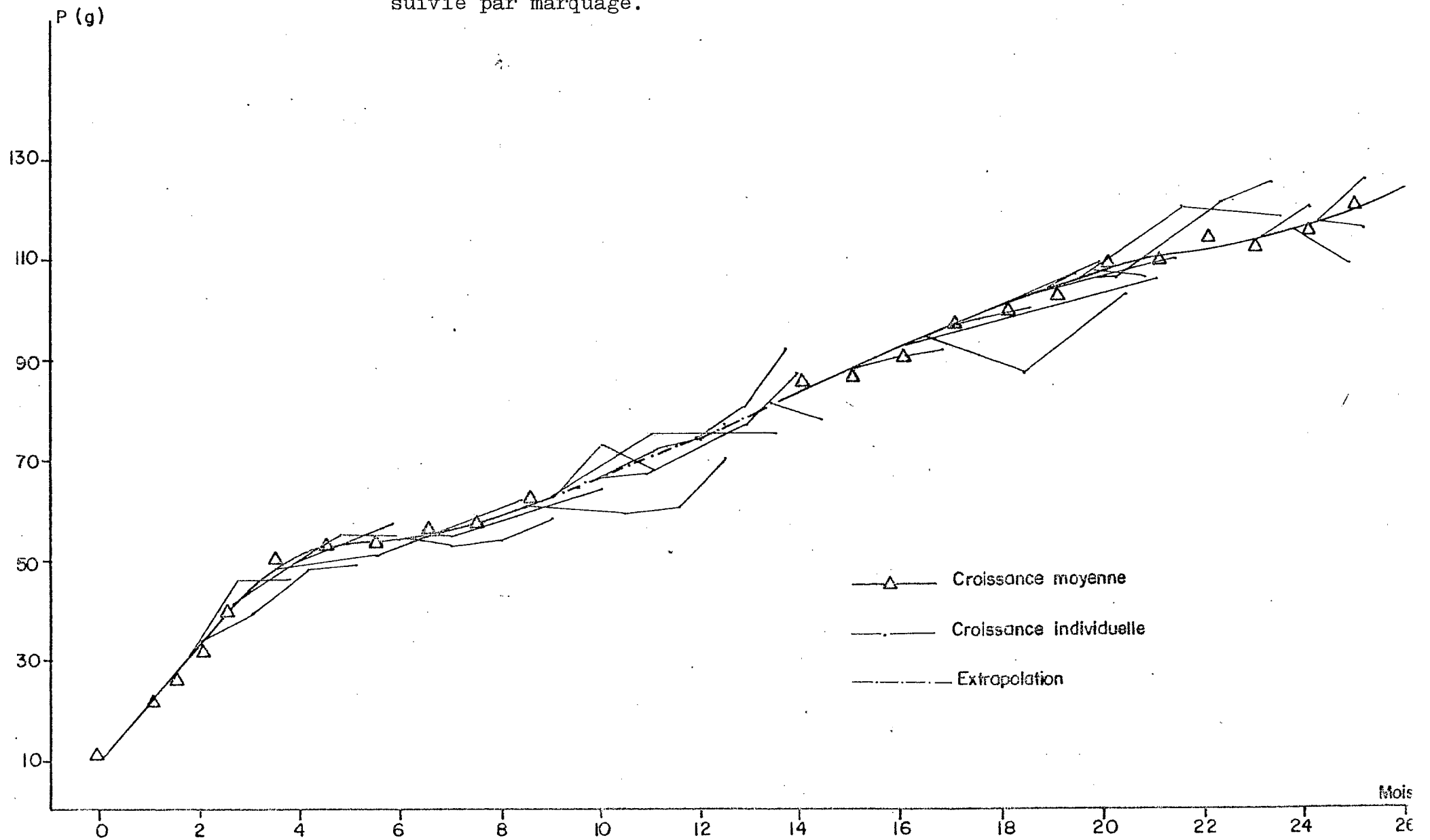
Les variations individuelles de croissance ont été suivies , chez S.melanotheron et chez T.guineensis, grâce à la technique de marquage que nous avons décrit antérieurement. La marque, légère et peu gênante, ne provoque qu'une blessure minime et, bien que d'une mise en place laborieuse, elle donne des résultats satisfaisants. Il est cependant déconseillé d'utiliser cette technique avec des poissons d'un poids inférieur à 30g., leur croissance paraissant en être affectée.

3.6.2.- Suivi des croissances individuelles

Les croissances pondérales individuelles des poissons marqués, rapportées à la croissance pondérale moyenne, sont présentées pour les mâles et les femelles de S.melanotheron et de T.guineensis, sur les figures 8 à II .

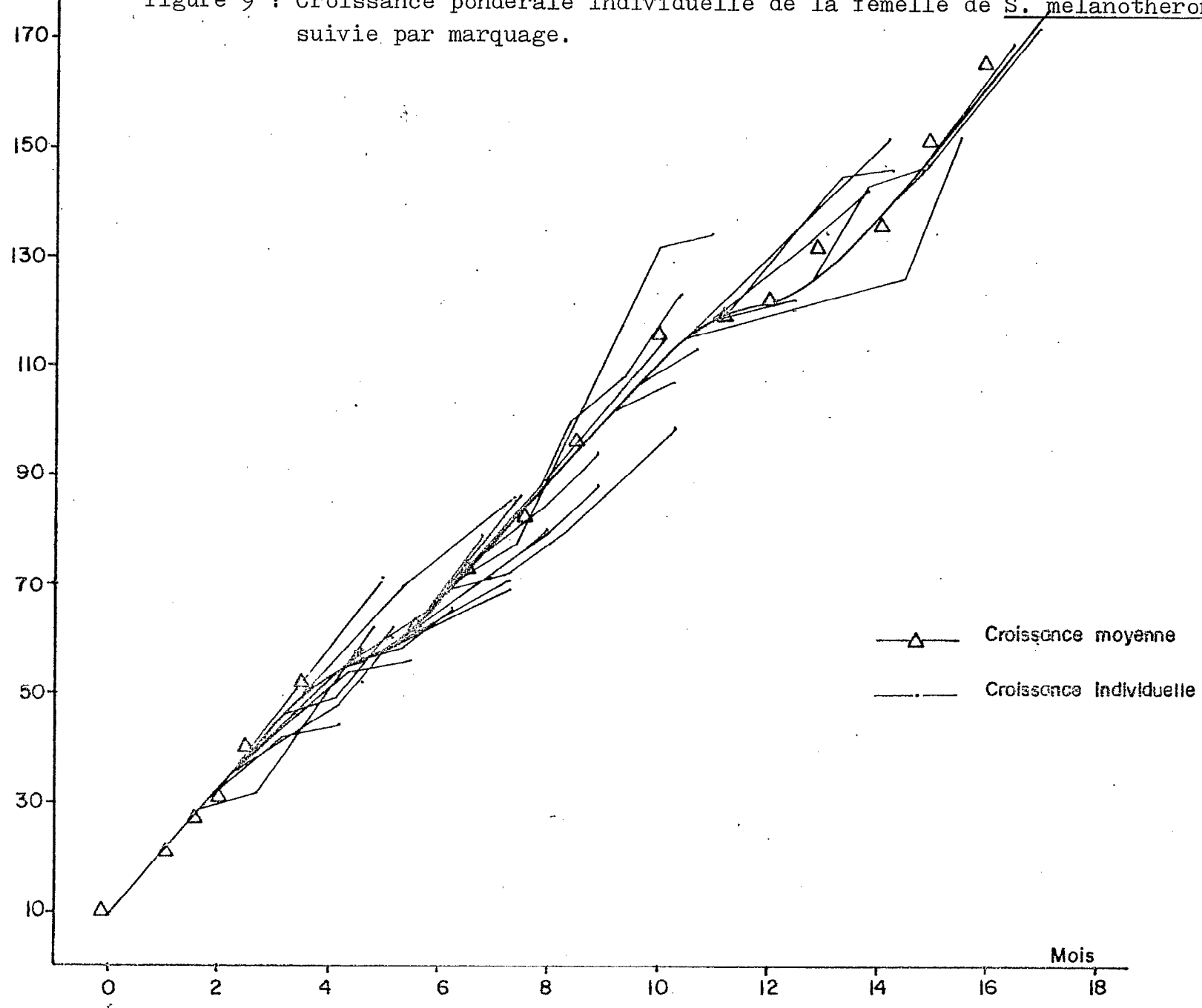
On constate sur l'ensemble de ces figures qu'il existe une importante variabilité dans la croissance individuelle quelque soit l'espèce ou le sexe considéré. On remarque également que tous les individus ne marquent pas l'arrêt de croissance constaté dans l'évolution pondérale moyenne, et que la croissance n'est pas un phénomène continu, mais se présente au contraire comme une succession de périodes à accroissement pondéral plus rapide ou plus lent. Dans ce sens, on observe pour le mâle de S.melanotheron (fig. 8),

figure 8 : Croissance pondérale individuelle du mâle de S. melanotheron suivie par marquage.



P (g)

figure 9 : Croissance pondérale individuelle de la femelle de S. melanothéron suivie par marquage.



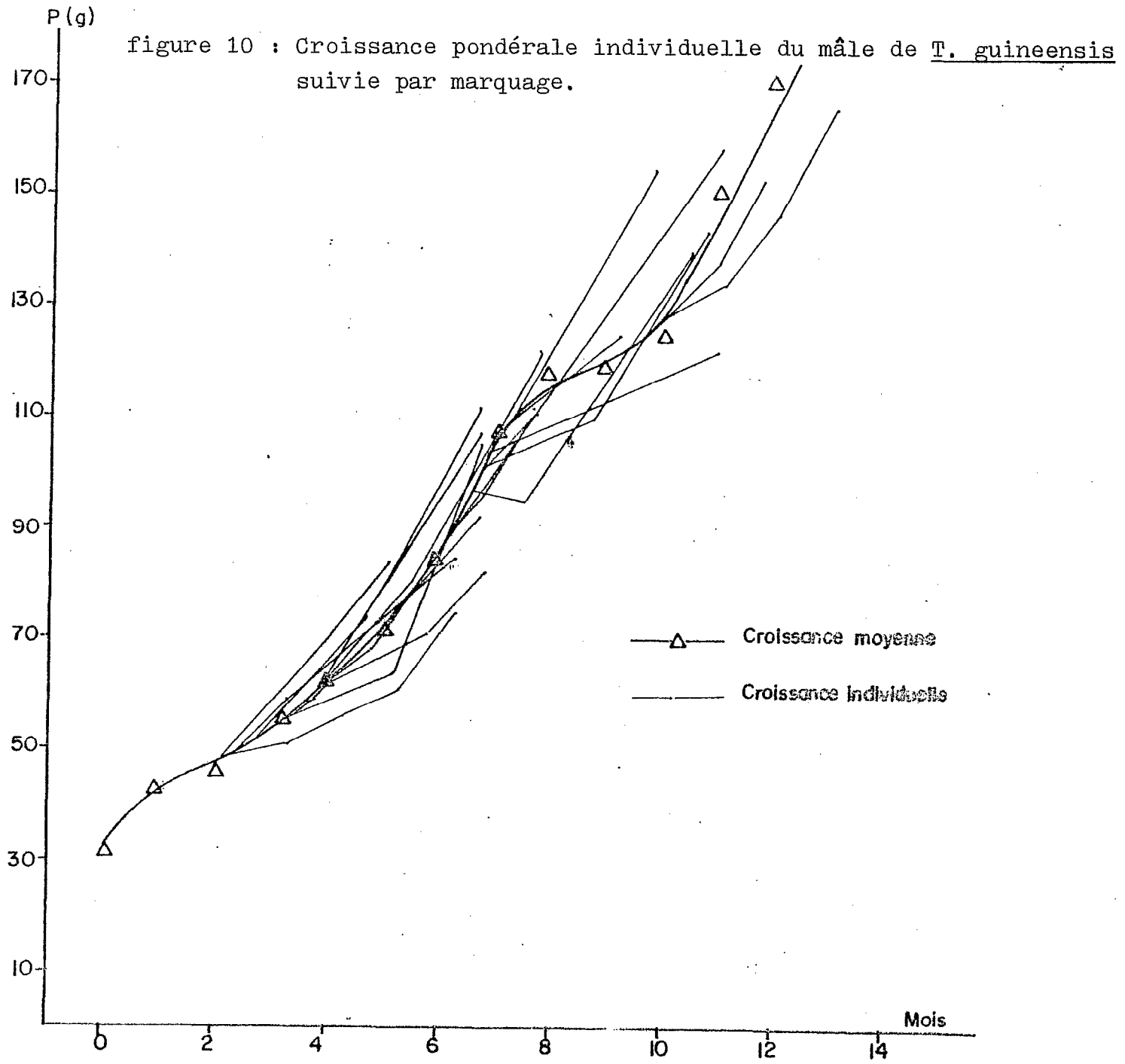
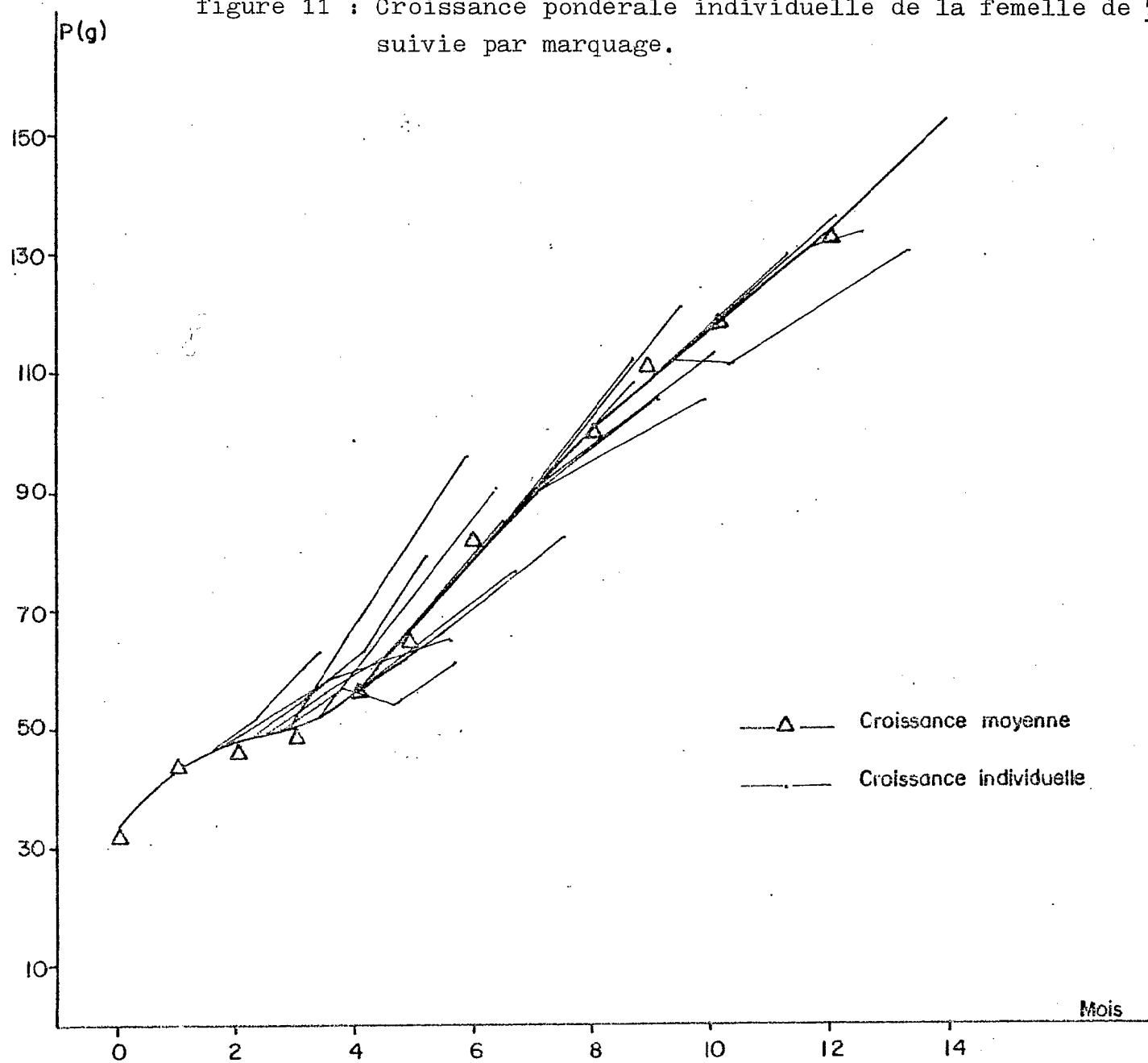


figure 11 : Croissance pondérale individuelle de la femelle de T. guineensis suivie par marquage.



de nombreux cas de perte ou de simple maintien du poids au cours du temps, suivis ou précédés de périodes de croissance plus rapide. Ces amaigrissements sont vraisemblablement en rapport avec l'incubation buccale qui correspond à une période de jeûne.

4.- CROISSANCE EN ENCLOS SANS APPORT D'UNE ALIMENTATION ARTIFICIELLE

Cette expérimentation a été réalisée dans le but de fournir une première estimation de la croissance naturelle des deux espèces de tilapia lagunaire. Elle n'a cependant pu être menée à terme que pour T. guineensis.

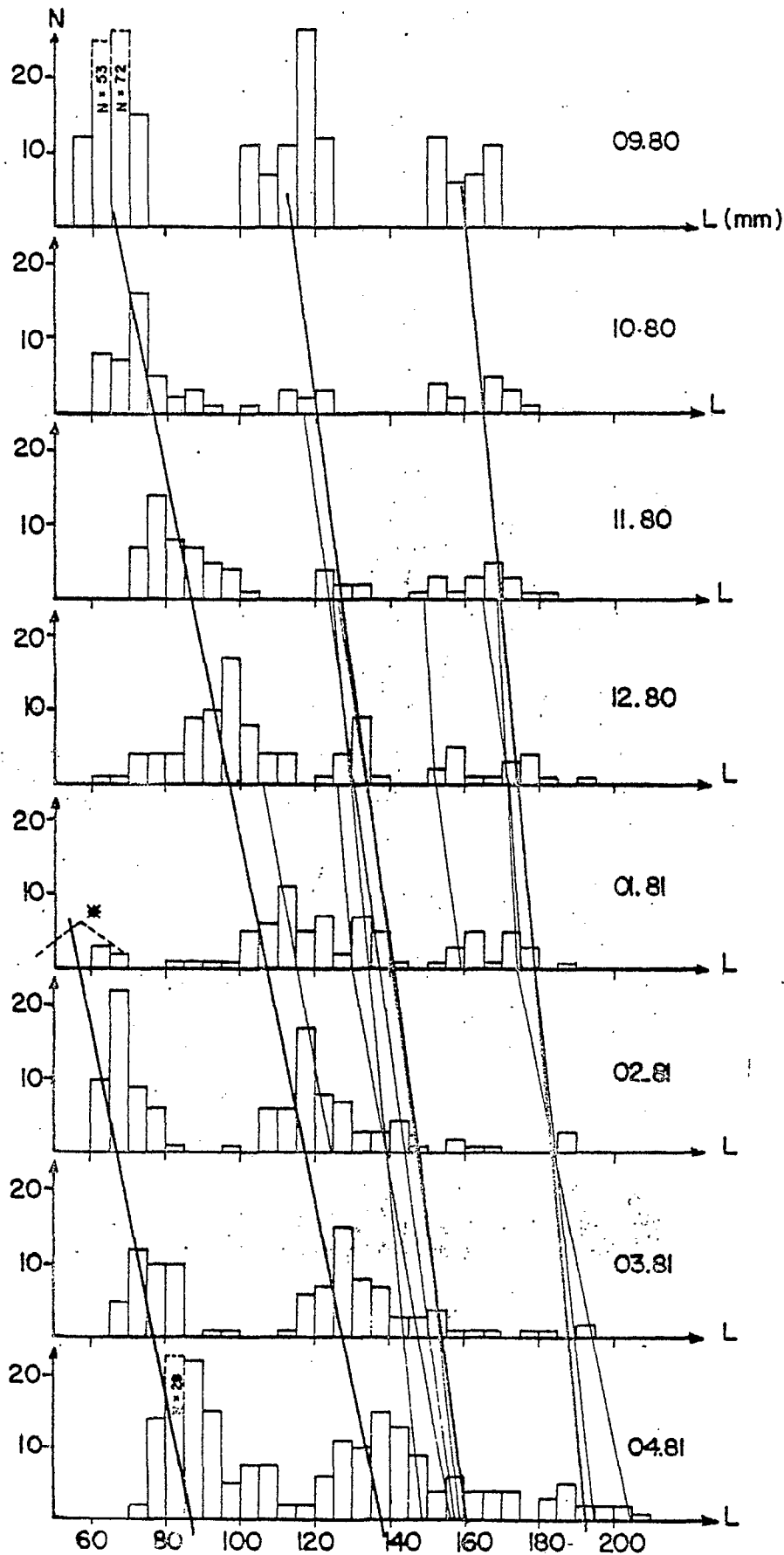
L'échantillonnage réalisé chaque mois dans les enclos a permis de suivre l'évolution des fréquences en taille. A partir de ces histogrammes mensuels (fig. I2), les courbes de croissance en longueur (fig. I3) puis en poids (fig. I4) ont été établies par filiation modale. La figure I2 montre que la croissance des poissons marqués corrobore bien les résultats obtenus. On observe par ailleurs, sur cette même figure l'apparition d'un nouveau mode de jeunes T. guineensis qui illustre bien leur prolifération dans les enclos. La figure I4, qui permet de comparer la croissance de T. guineensis en conditions naturelles approchées et en élevage, montre que l'apport de nourriture artificielle permet une meilleure croissance dans les conditions de l'élevage malgré une densité en poissons 50 fois plus forte. On constate, en effet, que pour un accroissement pondéral moyen de 5 à 150 grammes, 21 mois sont nécessaires en conditions naturelles approchées contre 15 mois seulement en élevage et ceci malgré l'arrêt de croissance survenu dans ce dernier cas.

5.- OBSERVATIONS GENERALES SUR LE COMPORTEMENT DES TILAPIA LAGUNAIRES EN ENCLOS

Au cours de ces expérimentations différents problèmes, liés à certains aspects du comportement des tilapia en enclos, se sont fait jour.

* La nidification

Au moment de la reproduction, si S. melanotheron ne pratique sur le sédiment que de petites dépressions dans lesquelles les oeufs sont déposés et fécondés



— Poissons marqués
 La sélectivité de la senne est telle que les individus dont la longueur est inférieure à 60 mm ne sont pas capturés.

figure I2 : Histogrammes mensuels des fréquences en taille de T. guineensis placés en enclos dans des conditions proches du milieu naturel.

figure 13 : Croissance en longueur de T. guineensis placé en enclos dans des conditions proches du milieu naturel.

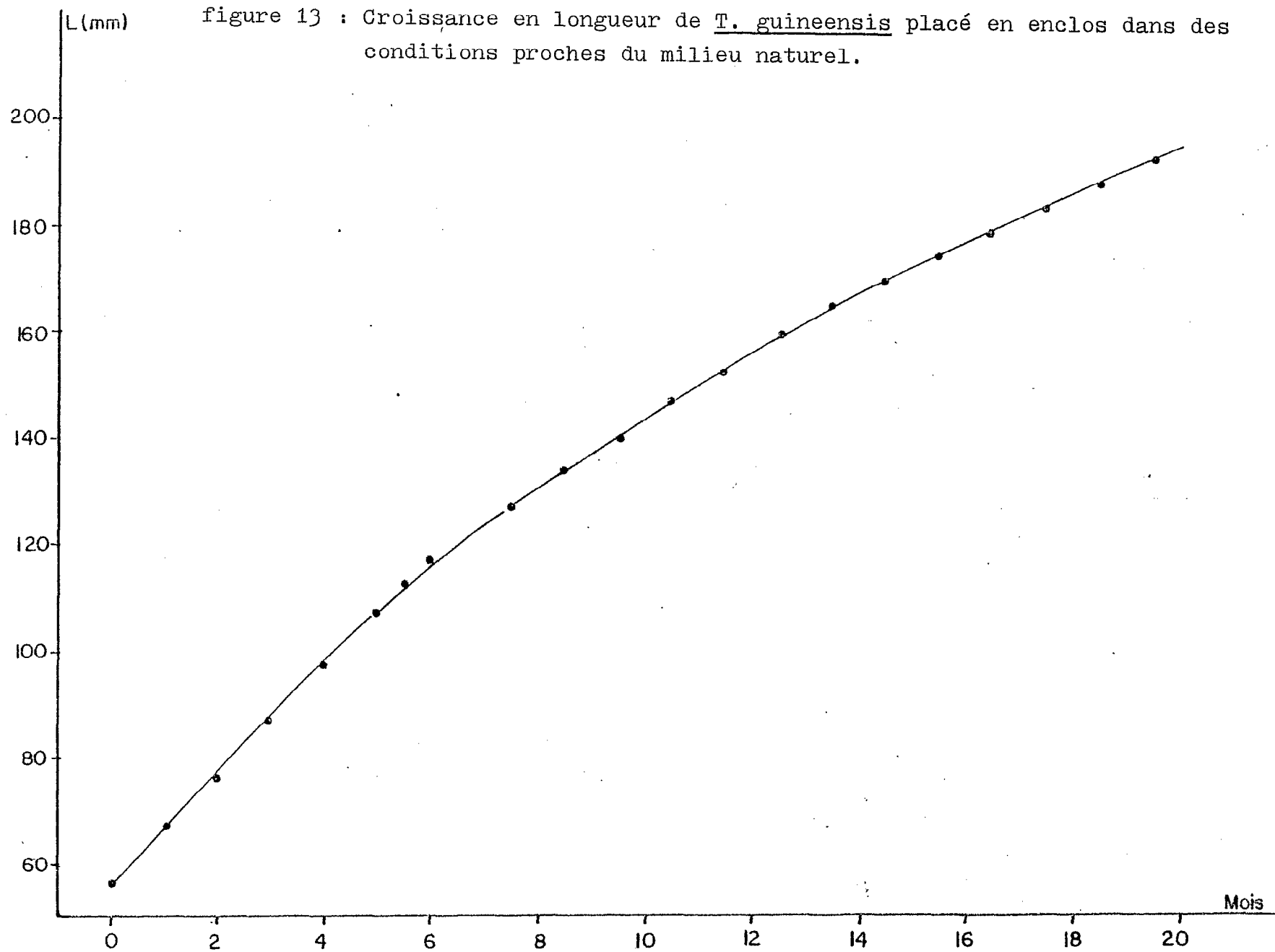
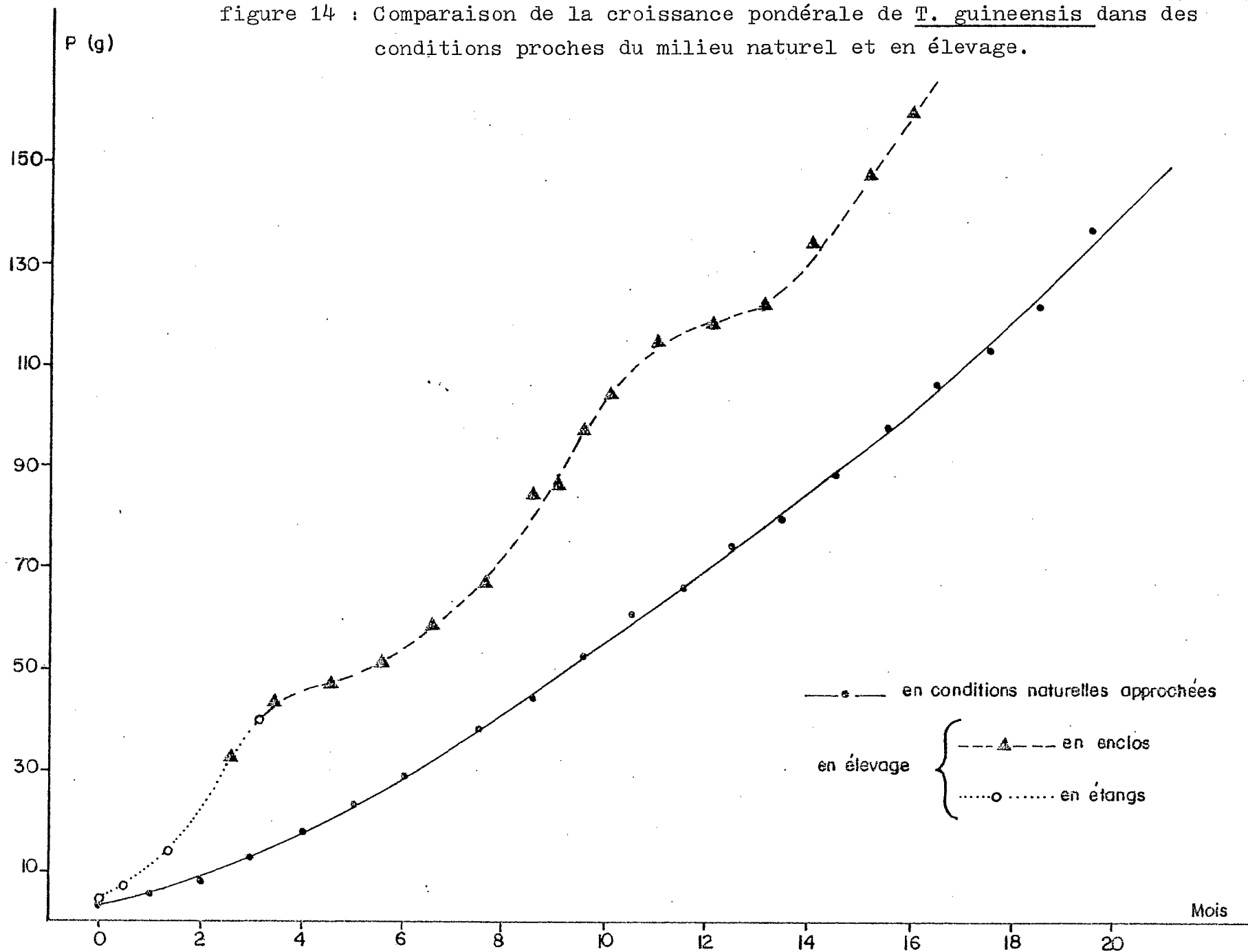


figure 14 : Comparaison de la croissance pondérale de T. guineensis dans des conditions proches du milieu naturel et en élevage.



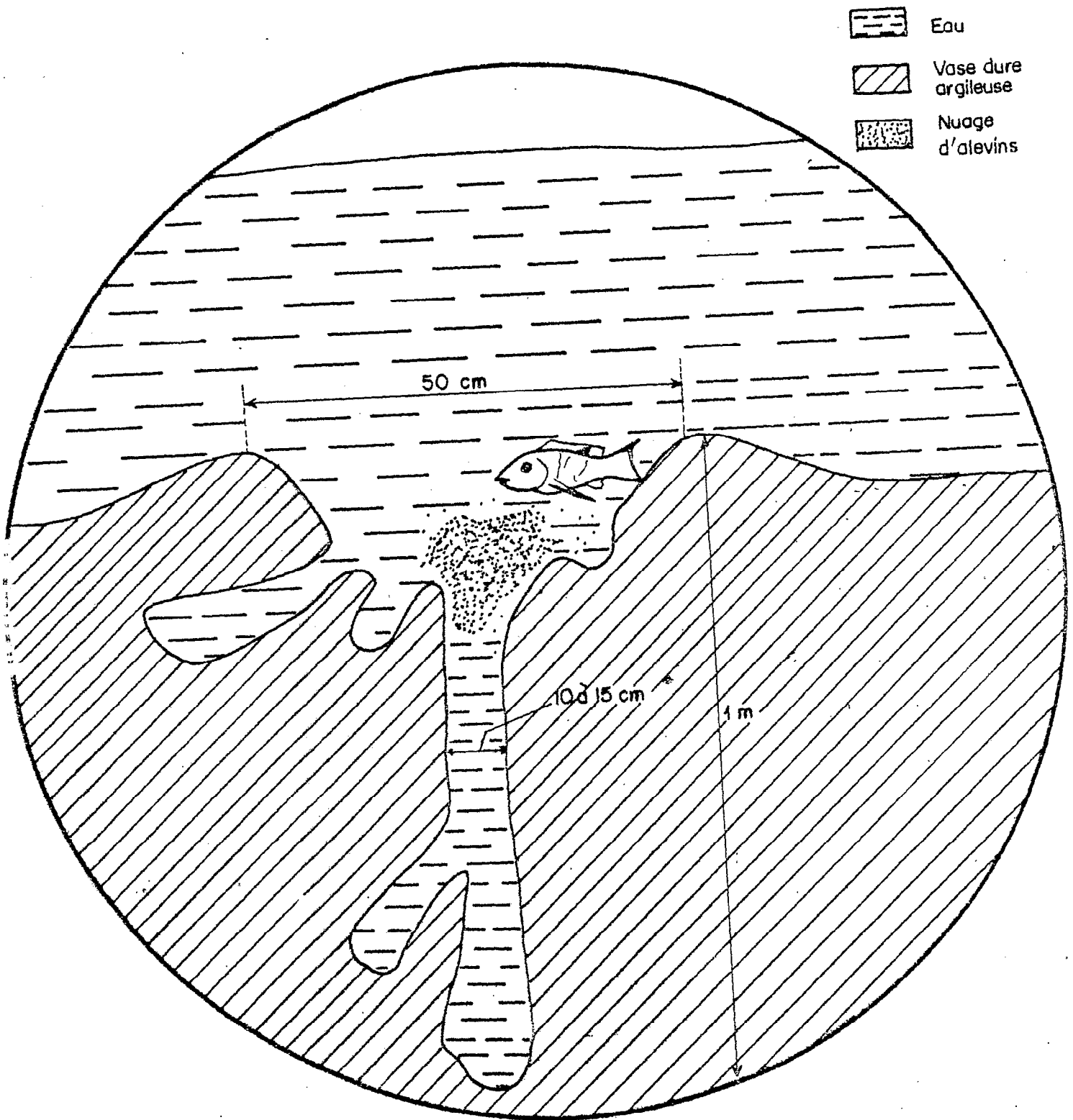
avant d'être pris en bouche par le mâle, T. guineensis édifie un nid, généralement de grande taille, au niveau duquel les oeufs puis les alevins sont l'objet d'une garde parentale vigilante. Chez cette dernière espèce, le nid, construit par prélèvement buccal du sédiment qui est recraché alentour, revêt une forme variable selon la nature du substrat sur lequel il est établi.

Lorsque les nids sont pratiqués dans la vase dure argilo-sableuse constituant le fond des enclos, ceux-ci se présentent sous la forme d'une cuvette d'où partent plusieurs galeries pouvant atteindre des dimensions importantes (voir fig. n°15). Ce comportement de nidification constitue un risque sérieux de perte du poisson, de par le déterrement possible du filet des enclos. Afin de minimiser ce risque, il est conseillé de veiller scrupuleusement à ce que, lors de la construction de l'enclos, le filet soit enfoncé d'au moins 40 centimètres dans le sédiment et que celui-ci soit par la suite fréquemment contrôlé. Ceci même dans le cas où l'espèce élevée n'est pas T. guineensis, dont les alevins provenant du milieu naturel peuvent pénétrer spontanément dans l'enclos et s'y développer.

* La prolifération des alevins

La prolifération de nombreux alevins et jeunes de T. guineensis, qui nous l'avons vu est très gênante au niveau expérimental, rend également difficile une gestion rationnelle de l'élevage. Cette prolifération peut en effet aboutir à un mélange des classes de taille, à une surdensité et à un détournement de la nourriture distribuée, conduisant en définitive à la production de poissons de petites tailles ayant une faible valeur commerciale. Ce problème bien connu de l'éleveur de tilapia en étangs pourrait trouver dans le cas de l'enclos des solutions analogues, à savoir : la pratique de l'élevage unisexe et l'utilisation d'un prédateur associé. Notons que cette dernière méthode pourrait permettre de remédier au moins partiellement à la pénétration dans l'enclos d'alevins provenant du milieu naturel. Avec S. melanotheron, malgré le taux de reproduction élevé dont témoignent les nombreux mâles incubateurs trouvés au cours de notre suivi, une telle prolifération n'a jamais été observée.

figure 15 : Représentation schématique en coupe d'un nid de T. guineensis
en enclos.



Les dimensions sont ici données à titre indicatif, le nombre de galeries et leur forme étant variables.
la profondeur de 1 mètre correspond au maximum observé.

* La difficulté de récapture

La capture des deux espèces de tilapia en enclos pose également un problème pratique important. La senne à batons utilisée lors de la pêche, dont le maniement conduit à la filtration théorique de la totalité du volume d'eau délimité par l'enclos, ne permet jamais de prendre que 10 à 20 pour cent de la quantité totale de tilapia, ce qui traduit un échappement considérable. Pour comparaison, notons que dans le cas du Chrysichthys 60 à 80 pour cent des poissons sont capturés par un coup de ce même filet.

Par ailleurs, on s'imaginera sans peine les difficultés rencontrées lorsque lors de la pêche T. guineensis se réfugie en masse dans les galeries des nids établis au fond de l'enclos.

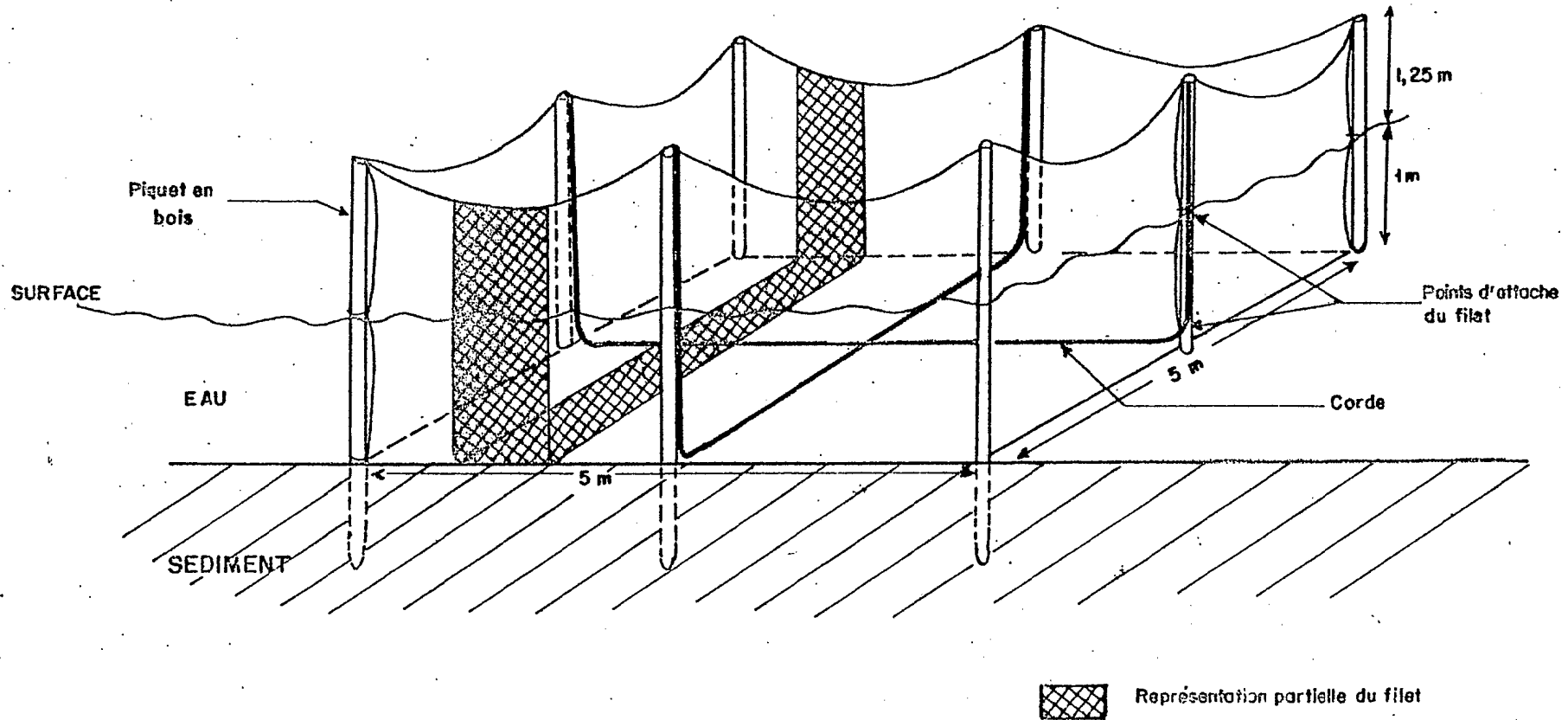
6.- VERS LA POSSIBILITE D'UNE STRUCTURE D'ELEVAGE PLUS ADAPTEE

Il est apparu qu'une structure d'élevage se situant à mi-chemin entre la cage et l'enclos permettrait de pallier l'ensemble de ces difficultés. Cette structure que nous avons donc dénommée "cage-enclos" et dont plusieurs unités sont actuellement à l'essai, est présentée par la figure n° 16.

Elle est constituée par une poche en filet (type 210-48), suspendue à des piquets en bois et dont le fond repose sur le sédiment. Lors de la pêche, les attaches de fond sont simplement supprimées et il est alors possible de compartimenter la cage-enclos en plusieurs sous-unités grâce aux cordes placées sous le filet. La totalité du poisson, aisément capturée, peut alors être manipulée et triée (séparation des mâles et des femelles en vue d'un élevage unisexe et/ou élimination des éventuels poissons indésirés, par exemple). Par ailleurs, le filet de fond empêche Tilapia guineensis de construire des nids et le fait que ce filet repose sur le sédiment présente l'avantage que la nourriture, sous forme de granulés, qui n'est pas immédiatement consommée lors de sa distribution reste à la portée des poissons.

Les conditions de rentabilité économique de cette structure d'élevage, qui bien que considérablement moins chère que la cage flottante l'est cependant plus que l'enclos, restent à préciser. Elles pourront dépendre pour une part importante de la densité maximale en poissons qu'il lui sera possible d'accueillir dans de bonnes conditions de croissance.

figure 16 : Représentation schématique d'une "cage - enclos".



CONCLUSION

Cette étude préliminaire, portant sur la croissance des Tilapia lagunaires en élevage, a permis de mettre en évidence que S.melanotheron présente une croissance plus rapide que celle de T.guineensis au cours de l'alevinage et du prégrossissement, alors que sur l'ensemble de la phase de grossissement en enclos, c'est au contraire T.guineensis qui présente la meilleure croissance. Par ailleurs, les vitesses de croissance des deux sexes sont inégales dans chacune des deux espèces, le mâle de T.guineensis et la femelle de S.melanotheron donnant les meilleurs résultats.

Il apparaît actuellement prématuré d'effectuer un choix entre les deux espèces, les durées totales d'élevage jusqu'à la taille commercialisable du mâle de T.guineensis et de la femelle de S.melanotheron étant voisines, respectivement 16,9 et 17,6 mois (tableau 4). Si nos résultats sont confirmés, la préférence devrait toutefois aller au T.guineensis, celui-ci ayant une vitesse de croissance supérieure à celle de S.melanotheron durant les mois où l'élevage est le plus honoreux, c'est à dire en fin de grossissement.

Les durées de la phase de grossissement sont longues, mais elles pourront sans doute être considérablement diminuées dans l'avenir. Celles-ci ont en effet été surestimées dans notre étude du fait de l'arrêt de croissance survenu en décembre-janvier, lequel paraît être lié à des conditions hydroclimatiques particulières.

Il est apparu, par ailleurs que l'élevage des tilapia lagunaires en enclos posait des problèmes pratiques importants (nidification, prolifération d'alevins, difficulté de capture) que l'utilisation future de "cages-enclos" devrait permettre de résoudre.

Des expérimentations sont actuellement en cours à la station de Layo pour préciser les durées du cycle de grossissement en "cage-enclos" lorsque les sexes sont séparés ou mélangés, pour définir la densité optimale d'élevage en "cage-enclos" et pour optimiser la croissance par la mise au point d'une alimentation adaptée.

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

- ALBARET, J.J. et LEGENDRE, M., 1983.- Les espèces colonisatrices des étangs d'une station de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Description et incidence sur l'élevage. Doc. Sc. C.R.O., (sous presse).
- COCHE, A.G., 1982.- Cage culture of tilapias, P. 205-246. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe - Mc Connell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. N°7, 432 p.
- DURAND J.R. et SKUBICH M., 1982.- Les lagunes ivoiriennes. Aquaculture, 27 : 211 -250.
- HEM S., 1982.- L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien. Aquaculture, 27 : 261 -272.
- MAGNET, C. et KOUASSI, Y.S., 1979.- Essai d'élevage de poissons dans les lagunes Ebrié et Aghien : Reproduction en bacs cimentés, élevage en cages flottantes. Centre Technique Forestier Tropical, pp. 1-70.
- Mc LAREN, P.I.R., 1949.- Brackish water fish cultivation experiments at Lagos, Nigeria Proc. Int. W.Afr. Conf., 3 : 281 - 290.
- PAGAN - FONT, F.A., 1975.- Cage culture as a mechanical method for controlling reproduction of Tilapia aurea (Steindachner). Aquaculture, 6 (3) : 243 - 247.
- PAULY, D., 1976.- The biology, fishery and potential for aquaculture of Tilapia melanotheron in a small west African lagoon. Aquaculture, 7 : 33-49.

- PHILIPPART, J.C., CH. MELARD et J.C. RUWET, 1979.- La pisciculture dans les effluents thermiques industriels. Bilan et perspectives d'une année de recherche à la centrale nucléaire de Tihange sur la Meuse, P. 779 - 791. In L. Calémbert (ed.)
Problématique et gestion des eaux intérieures. Ed. Derouaux, Liège.
- PILLAY, T.V.R., 1965.- Report to the Government of Nigeria on investigations of the possibility of brackish - water fish culture in the Niger delta. Rep. FAO/E.P.T.A., n° 1973, pp. 1 - 52.
- RINNE, J.N., 1976.- Coded spine clipping to identify individuals of the spiny - rayed fish *Tilapia*. J. Fish. Res. Board Can., 33 (11): 2626 - 2629.
- SHAW, E.S. et Aronson, L.R., 1954. Oral incubation in *Tilapia macrocephala*.
1 - Shaw, E.S., Embryological studies. 2 - Shaw, E.S. and Aronson, L.R. Experimental studies. Amer. Mus. Nat. Hist., 103: 380 - 415.
- SIVALINGAM, S., 1976.- The biology of cultivable brackishwater and marine finfish in Africa. Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. CIFA Tech. Pap., (4) suppl. 1 : 283 - 291.
- SMITH, W.N., 1965.- The cultivation of *Tilapia heudelotii* in tidal ponds. 5p. mimeographed. In Pillay (1965).