

DÉTERMINISME DU SEXE CHEZ LES HYBRIDES
ENTRE *TILAPIA MACROCHIR* ET *TILAPIA NILOTICA*.
ÉTUDE DE LA SEX-RATIO DANS LES RECROISEMENTS
DES HYBRIDES DE PREMIÈRE GÉNÉRATION
PAR LES ESPÈCES PARENTES

B. JALABERT *, P. KAMMACHER ** et P. LESSENT ***

* Station centrale de Physiologie animale,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78 - Jouy-en-Josas

** Faculté des Sciences d'Abidjan

*** Centre technique forestier tropical,
Station de Recherches piscicoles de Bouaké (Côte-d'Ivoire)

RÉSUMÉ

L'hypothèse d'une hétérogamétie mâle chez *Tilapia nilotica* et d'une hétérogamétie femelle chez *Tilapia macrochir* permet d'expliquer que les hybrides issus du croisement mâle *macrochir* × femelle *nilotica* sont tous mâles, alors que les hybrides issus du croisement réciproque ont une sex-ratio de trois mâles pour une femelle.

La présente étude se proposait de vérifier la validité de cette hypothèse en comparant ses conséquences théoriques avec les résultats expérimentaux relatifs à la sex-ratio des alevins de tous les rétrocroisements possibles : hybrides de première génération × parents.

Certaines contradictions dans ces résultats (concernant les 2 croisements réciproques : hybrides (♂ *nilotica* × ♀ *macrochir*) × (*nilotica*) n'impliquent pas que l'hypothèse de départ soit fausse, mais obligent à faire quelques réserves sur la notion d'hétérochromosomes dans ces espèces.

INTRODUCTION

Les hybrides issus de certains croisements interspécifiques dans le genre *Tilapia* sont caractérisés par une sex-ratio anormale pouvant dans certains cas comporter 100 p. 100 de mâles. Les premières observations ont été effectuées en Malaisie (ANON, 1957-1959 et 1959-1960 ; HICKLING, 1960) puis au Cameroun (BARD, 1960) sur des espèces différentes. On doit rappeler que la production d'hybrides du seul sexe mâle chez *Tilapia* présente en pisciculture tropicale un très grand intérêt : l'élevage mono-sexe en étang évite la prolifération des alevins, facteur qui limitait jusqu'alors l'in-

térêt économique de ces espèces. Les mâles chez les hybrides comme chez les espèces parentes ont une vitesse de croissance supérieure à celle des femelles (LESSENT, 1966) ; enfin, les hybrides peuvent manifester une vigueur et des possibilités de croissance supérieures à celles des parents.

Ces hybrides tous mâles ont été obtenus jusqu'à présent dans les croisements suivants :

- | | | |
|---|---|--|
| — ♂ <i>hornorum</i> × ♀ <i>mossambica</i> | { | HICKLING, (1960-1961)
ANON, (1960-1961)
CHEN, (1966) |
| — ♂ <i>macrochir</i> × ♀ <i>nilotica</i> | { | BARD, (1960)
LESSENT (1966) |
| — ♂ <i>hornorum</i> × ♀ <i>nilotica</i> | { | LESSENT, (1969, communication
personnelle). |

Dans tous les cas, le croisement réciproque fournit 75 p. 100 de mâles et 25 p. 100 de femelles.

Une telle situation pose un intéressant problème de déterminisme du sexe. Dès 1960, HICKLING émettait l'hypothèse d'un déterminisme génétique comparable à celui mis en évidence par GORDON (1947) chez *Platypoecilus* où les croisements entre souches de différente origine donnent des résultats analogues ; grâce à l'étude de la transmission de caractères de coloration liés au sexe, GORDON a montré que le mâle est hétérogamétique *xy* et la femelle homogamétique *xx* dans certaines populations naturelles (région de Mexico), alors que la situation des chromosomes sexuels est inversée (femelles *wy*, mâles *yy*) dans une souche d'origine géographique différente (Honduras britannique).

Chez *Tilapia*, à notre connaissance, il n'a pas encore été mis en évidence de caractères simples liés au sexe ; cependant, une vérification moins immédiate de l'hypothèse est possible, par étude de la sex-ratio dans tous les recroisements possibles des hybrides avec les espèces parentes. Dans le cas de l'hybridation *hornorum* × *mossambica*, CHEN (1966 et 1968) a donné un certain nombre de résultats de tels recroisements à partir des hybrides de première et deuxième génération (F_1 et F_2).

Pour notre part, dans notre travail portant sur les hybrides *macrochir* × *nilotica*, nous nous sommes limités dans un premier temps à l'étude systématique de la sex-ratio des alevins de tous les rétrocroisements possibles hybrides F_1 × parents.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Toute l'expérimentation a été effectuée à la station de pisciculture du Centre technique forestier tropical de Bouaké (Côte-d'Ivoire) depuis 1965. La souche de *Tilapia nilotica* utilisée est originaire du bassin de la Volta noire, celle de *T. macrochir* du Cameroun où l'espèce avait été introduite à partir du Katanga. Les hybrides produits (LESSENT, 1966) appartiennent aux deux groupes respectivement issus des deux croisements réciproques :

- I. ♂ *macrochir* × ♀ *nilotica* → Hybrides (I) (100 p. 100 ♂)
- II. ♂ *nilotica* × ♀ *macrochir* → Hybrides (II) (75 p. 100 ♂ + 25 p. 100 ♀)

A partir de ces hybrides, ont été réalisés systématiquement tous les rétrocroisements possibles :

Rétrocroisement		Nombre de répétitions
A	♂ Hybride (I) × ♀ <i>macrochir</i>	3
B	♂ Hybride (I) × ♀ <i>nilotica</i>	2
C	♂ Hybride (II) × ♀ <i>nilotica</i>	8
D	♂ Hybride (II) × ♀ <i>macrochir</i>	8
E	♂ <i>nilotica</i> × ♀ Hybride (II)	8
F	♂ <i>macrochir</i> × ♀ Hybride (II)	8

Chaque répétition est constituée par la progéniture d'un couple différent. Chaque couple a été placé dans un étang de 50 m² ; deux mois après l'apparition des premiers alevins, ceux-ci ont été transférés dans des étangs d'élevage de 400 m² et sexés à l'âge de 4 à 6 mois, après différenciation externe apparente des sexes.

RÉSULTATS

Les résultats des différents rétrocroisements sont consignés dans les tableaux A à F. Admettons que dans les deux espèces *macrochir* et *nilotica* des facteurs féminisants et masculinisants essentiels sont portés respectivement par les hétérochromosomes de type X et Y.

Nous nous proposons de comparer nos résultats expérimentaux aux résultats théoriques découlant de l'hypothèse d'une hétérogamétie mâle chez *Tilapia nilotica* et d'une hétérogamétie femelle chez *T. macrochir*. Cette hypothèse nous conduit à écrire comme suit les formules chromosomiques des sexes dans les deux espèces :

	<i>T. nilotica</i>	<i>T. macrochir</i>
Mâle	xY	yy
Femelle	xx	Xy

Cette formulation qui facilite la confrontation des génotypes dans les deux espèces, implique que Y porteur de facteurs masculinisants déterminants domine x chez *T. nilotica*, alors que chez *T. macrochir*, X est dominant sur y .

Avec ces conventions, et en admettant que les 4 chromosomes notés x , Y, X, y sont homologues entre eux, la constitution génétique de la première génération d'hybrides est la suivante :

Hybrides (I) (♂ *macrochir* × ♀ *nilotica*) : xy (♂)
 Hybrides (II) (♂ *nilotica* × ♀ *macrochir*) : xX, xy, XY, Yy (1 ♀, 3 ♂)

Si nous admettons encore que dans la confrontation des chromosomes sexuels des deux espèces, y est déterminant face à x , et Y déterminant face à X, le seul génotype de l'hybride (I), xy est mâle, alors que les 4 génotypes des hybrides (II) correspondent à 3 mâles pour une femelle, ce qui est vérifié par les faits expérimentaux (voir plus haut).

Examinons les répercussions de cette théorie sur les résultats des rétrocroisements.

TABLEAU A

(Rétrocroisement A) *Descendance de 3 couples* : ♂ hybride (I) × ♀ macrochir

N°	Nombre d'alevins sexés		Pourcentage des sexes		Intervalle de confiance du pourcentage de ♀ au seuil $p = 95$	Rapport théorique simple possible
	♂	♀	♂	♀		
A ₁	187	192	49,3	50,7	45,4 < % ♀ < 55,6	1/1
A ₂	167	182	47,9	52,1	46,7 < % ♀ < 57,5	1/1
A ₃	183	177	50,8	49,2	43,8 < % ♀ < 54,5	1/1

TABLEAU B

(Rétrocroisement B) *Descendance de 2 couples* : ♂ hybride (I) × ♀ nilotica

N°	Nombre d'alevins sexés		Pourcentage des sexes		Intervalle de confiance du pourcentage de ♀ au seuil $p = 95$	Rapport théorique simple possible
	♂	♀	♂	♀		
B ₁	195	172	53,1	46,9	41,6 < % ♀ < 52,1	1/1
B ₂	162	200	44,6	55,4	50,0 < % ♀ < 60,5	1/1

Rétrocroisement A : ♂ Hybride (I) (xy) \times ♀ *macrochir* (Xy).

Composition de la F_2 : xX (♀) + Xy (♀) + xy (♂) + yy (♂) soit 1 ♂/1 ♀.

La sex-ratio attendue est de 1 ♂ pour 1 ♀ ce qui est conforme à l'expérience (tabl. A).

Rétrocroisement B : ♂ Hybride (I) (xy) \times ♀ *nilotica* (xx).

Composition de la F_2 : xx (♀) + xy (♂) soit 1 ♂/1 ♀

La sex-ratio attendue 1 ♂/1 ♀ est encore conforme à l'expérience (tabl. B).

Rétrocroisement C : ♂ Hybride (II) (xy ou XY ou Yy) \times ♀ *nilotica* (xx).

Suivant le génotype du ♂ hybride (II), il devrait y avoir 3 possibilités de F_2 :

- a) avec ♂ xy : xx (♀) + xy (♂), soit 1 ♂/1 ♀
- b) avec ♂ XY : xY (♂) + xX (♀), soit 1 ♂/1 ♀
- c) avec ♂ Yy : xY (♂) + xy (♂), soit 100 p. 100 ♂

Aucune de ces distributions théoriques ne se retrouve dans les résultats expérimentaux (tabl. C).

Rétrocroisement D : ♂ Hybride (II) (xy , ou XY ou Yy) \times ♀ *macrochir* (Xy).

Dans ce cas aussi, il devrait y avoir 3 possibilités de F_2 .

- a) avec ♂ xy : xy (♂) + yy (♂) + Xy (♀) + Xx (♀), soit 1 ♂/1 ♀
- b) avec ♂ XY : XY (♂) + Yy (♂) + XX (♀) + Xy (♀), soit 1 ♂/1 ♀
- c) avec ♂ Yy : XY (♂) + Yy (♂) + yy (♂) + Xy (♀), soit 3 ♂/1 ♀

La comparaison avec les résultats du tableau D montre que la répartition 1 ♂/1 ♀ est vérifiée par les rétrocroisements D_3 et D_4 , et la répartition : 3 ♂/1 ♀ par D_1 , D_2 , D_6 et D_7 .

Parmi les génotypes de la F_2 théorique (b) ci-dessus, nous trouvons la combinaison nouvelle XX . Si cette combinaison n'était pas viable, la sex-ratio théorique de (b) serait 2 ♂/1 ♀ ce qui correspondrait alors au résultat du rétrocroisement D_8 .

Rétrocroisement E : ♂ *nilotica* (xY) \times ♀ hybride (II) (xX).

Composition de la F_2 : xY (♂) + XY (♂) + xx (♀) + xX (♀). soit 1 ♂/1 ♀.

Nous ne retrouvons cette répartition théorique dans aucun des résultats du tableau E.

Rétrocroisement F : ♂ *macrochir* (yy) \times ♀ Hybride (II) (xX).

Composition de la F_2 : xy (♂) + Xy (♀), soit 1 ♂/1 ♀.

Cette sex-ratio se retrouve dans les rétrocroisements F_1 , F_4 , F_8 et est approchée dans F_5 .

TABLEAU C

(Rétrocroisement C) *Descendance de 8 couples : ♂ hybride (II) × ♀ nilotica*

N°	Nombre d'alevins sexés		Pourcentage des sexes		Intervalle de confiance du pourcentage de ♀ au seuil $p = 95$	Rapport théorique simple possible
	♂	♀	♂	♀		
C ₁	736	238	75,6	24,4	21,8 < % ♀ < 27,2	3 ♂/1 ♀
C ₂	848	552	60,6	39,4	36,8 < % ♀ < 42,1	?
C ₃	411	239	63,2	36,8	33,1 < % ♀ < 40,6	2 ♂/1 ♀
C ₄	548	141	76,5	23,5	20,2 < % ♀ < 27,1	3 ♂/1 ♀
C ₅	529	311	63,0	37,0	33,7 < % ♀ < 40,4	?
C ₆	354	115	75,5	24,5	20,7 < % ♀ < 28,7	3 ♂/1 ♀
C ₇	784	285	73,3	26,7	24,0 < % ♀ < 29,4	3 ♂/1 ♀
C ₈	440	239	64,8	35,2	31,6 < % ♀ < 38,9	2 ♂/1 ♀

TABLEAU D

(Rétrocroisement D) *Descendance de 8 couples : ♂ hybride (II) × ♀ macrochir*

N°	Nombre d'alevins sexés		Pourcentage des sexes		Intervalle de confiance du pourcentage de ♀ au seuil $p = 95$	Rapport théorique simple possible
	♂	♀	♂	♀		
D ₁	250	91	73,3	26,7	22,0 < % ♀ < 31,7	3 ♂/1 ♀
D ₂	202	74	73,2	26,8	21,7 < % ♀ < 32,5	3 ♂/1 ♀
D ₃	29	28	50,9	49,1	35,7 < % ♀ < 62,5	1 ♂/1 ♀
D ₄	187	167	52,8	47,2	41,5 < % ♀ < 52,9	1 ♂/1 ♀
D ₅	Pas de reproduction					
D ₆	380	98	79,5	20,5	17,0 < % ♀ < 24,4	3 ♂/1 ♀
D ₇	260	89	74,5	25,5	21,0 < % ♀ < 30,4	3 ♂/1 ♀
D ₈	196	108	64,5	35,5	30,1 < % ♀ < 41,2	2 ♂/1 ♀

TABLEAU E

(Rétrocroisement E) *Descendance de 8 couples : ♂ nilotica × ♀ hybride (II)*

N°	Nombre d'alevins sexés		Pourcentage des sexes		Intervalle de confiance du pourcentage de ♀ au seuil $p = 95$	Rapport théorique simple possible
	♂	♀	♂	♀		
E ₁	198	135	59,5	40,5	35,2 < % ♀ < 46,1	?
E ₂	221	139	61,4	38,6	33,5 < % ♀ < 43,9	≈ 2 ♂/1 ♀
E ₃	47	24	66,2	33,8	23,3 < % ♀ < 46,1	3 ♂/1 ♀
E ₄	1 064	651	62,0	38,0	35,7 < % ♀ < 40,3	ou
E ₅	1 263	622	67,0	33,0	30,9 < % ♀ < 35,2	2 ♂/1 ♀
E ₆	1 746	980	64,0	36,0	34,1 < % ♀ < 37,8	?
E ₇	Femelle stérile, pas de reproduction					
E ₈	113	23	83,0	17,0	11,25 < % ♀ < 24,1	3 ♂/1 ♀

TABLEAU F

(Rétrocroisement F) *Descendance de 8 couples : ♂ macrochir × ♀ hybride (II)*

N°	Nombre d'alevins sexés		Pourcentage des sexes		Intervalle de confiance du pourcentage de ♀ au seuil $p = 95$	Rapport théorique simple possible
	♂	♀	♂	♀		
F ₁	165	126	56,7	43,3	37,5 < % ♀ < 49,2	≈ 1 ♂/1 ♀
F ₂	157	79	66,5	33,5	27,4 < % ♀ < 39,2	2 ♂/1 ♀
F ₃	Femelle stérile, pas de reproduction					
F ₄	969	883	52,3	47,7	45,4 < % ♀ < 50,0	1 ♂/1 ♀
F ₅	658	557	54,2	45,8	43,0 < % ♀ < 48,7	?
F ₆	Femelle stérile, pas de reproduction					
F ₇	131	207	38,8	61,2	55,8 < % ♀ < 66,5	?
F ₈	369	327	53,0	47,0	43,2 < % ♀ < 50,8	1 ♂/1 ♀

DISCUSSION

Cette étude apporte des éléments d'information contradictoires. L'observation des sex-ratios dans la première génération (F_1) des croisements réciproques entre *Tilapia nilotica* et *T. macrochir* nous a conduits à imaginer chez ces poissons un mécanisme précis de détermination du sexe fondé sur l'existence d'un système d'hétérochromosomes, avec hétérogamétie mâle chez *T. nilotica* et hétérogamétie femelle chez *T. macrochir*, sachant par ailleurs que la sex-ratio dans chacune des deux espèces pures élevées à la station de Bouaké est sensiblement de 1. Or, l'analyse systématique de tous les croisements en retour des hybrides (F_1) par les espèces parentes montre que certains résultats sont en désaccord avec la théorie énoncée ci-dessus. En effet, si les résultats expérimentaux des rétrocroisements A, B, D, et F tendent à confirmer la théorie, les résultats des croisements réciproques C et E, (hybride ($\text{♂ nilotica} \times \text{♀ macrochir}$) \times *nilotica*) sont complètement différents des sex-ratios attendues et ne peuvent s'expliquer par l'effet des hétérochromosomes seuls.

Ces observations sont à rapprocher des travaux effectués par F. Y. CHEN (1966, 1968) sur l'hybridation entre *Tilapia hornorum* et *T. mossambica*. Dans ce cas également, l'hypothèse d'une hétérogamétie mâle chez l'une des espèces parentes (*mossambica*) et femelle chez l'autre (*hornorum*) ne suffit pas à expliquer la totalité des faits constatés quant à la sex-ratio dans des populations obtenues par des modes de filiation variés. Les croisements réciproques : hybride ($\text{♂ mossambica} \times \text{♀ hornorum}$) \times *mossambica* ne semblent pas avoir été inclus dans cette série d'expériences génétiques, ce qui est dommage, car ils auraient constitué le pendant de nos croisements : hybride ($\text{♂ nilotica} \times \text{♀ macrochir}$) \times *nilotica* où la sex-ratio n'obéit pas au mécanisme supposé. Enfin, certains croisements entre hybrides de deuxième génération et espèces parentes ont donné des résultats surprenants que F. Y. CHEN a expliqué par une mortalité différentielle de certains génotypes.

Le rapprochement de ces données montre que le déterminisme génétique du gonochorisme chez les hybrides d'espèces de *Tilapia* cesse apparemment de se présenter d'une manière simple dès que le stade de la F_1 est dépassé. Il convient donc de s'interroger sur la validité de la notion d'hétérochromosomes en ce qui concerne ce genre, tout en émettant quelques réserves sur le critère d'analyse utilisé, c'est-à-dire l'observation tardive de la sex-ratio, à l'âge de 4 à 6 mois.

Chez les Poissons, la preuve cytologique de l'existence d'hétérochromosomes sexuels n'a été établie jusqu'à présent avec certitude que chez quelques espèces, parmi lesquelles *Bathylagus wesethi* et *Gambusia affinis* (CHEN et EBELING, 1966, 1968; CHEN, T. R. 1969; EBELING et CHEN, 1970). Mais généralement les preuves d'une digamétie sexuelle sont d'ordre purement génétique, fournies grâce à certains caractères simples de coloration liés au sexe, par l'étude de la descendance d'individus de phénotype sexuel inverse du génotype sexuel présumé (travaux revus par T. YAMAMOTO, 1969). Dans le genre *Tilapia*, CLEMENS et INSLEE (1968) ont mis en évidence une homogamétie femelle chez *T. mossambica* (conforme, donc, à une partie de l'hypothèse de F. Y. CHEN) après avoir réalisé des inversions sexuelles fonctionnelles de femelles en mâles par action de la méthyltestostérone incorporée à l'alimentation de jeunes alevins à un stade indifférencié.

Dans notre propre étude, des observations préliminaires ont montré que *T. nilotica* et *T. macrochir* ainsi que leurs hybrides possèdent tous un caryotype identique ($2n = 44$) où la présence de chromosomes hétéromorphes liés au sexe n'est pas évidente. D'autre part, nous ne connaissons pas chez les deux espèces étudiées, de caractères simples liés au sexe. C'est pourquoi, en première analyse, nous avons cherché à vérifier l'existence d'un système XX, XY, par l'étude de la sex-ratio de diverses population hybrides. Il est certain que ce procédé peut conduire à des résultats ambigus, car le sexage pratiqué sur des poissons âgés de quatre à six mois ne reflète que de loin ce que BACCI (1965) appelle la sex-ratio primaire, c'est-à-dire la proportion de mâles et de femelles au moment de la fécondation, élément à prendre fondamentalement en considération dans l'analyse formelle de notre problème. Des phénomènes de mortalité sélective peuvent intervenir à diverses étapes du développement, depuis les premiers stades embryonnaires jusqu'après la différenciation sexuelle totale, de sorte que la sex-ratio observée par sexage d'une population adulte n'a qu'une valeur relative.

Une telle possibilité n'est pas à rejeter *a priori*, comme l'a d'ailleurs constaté F. Y. CHEN (1969) chez les hybrides entre *Tilapia hornorum* et *T. mossambica*, mais elle demanderait à être vérifiée par un sexage histologique aussi précoce que possible, sur des alevins ou même des embryons, ce qui impliquerait en outre l'étude préalable de la période et du mode de différenciation du sexe au cours du développement de ces animaux.

Il faut aussi prendre en considération l'éventualité que d'autres phénomènes étrangers à l'hypothèse simple de départ peuvent altérer la sex-ratio prévue au cours des filiations successives d'hybrides interspécifiques : divers systèmes de détermination génétique du sexe ont été mis en évidence chez les Poissons gonochoriques (travaux revus par GORDON, 1957 ; BACCI, 1965 ; YAMAMOTO, 1969) depuis le système dit de « détermination polyfactorielle du sexe » de *Xiphophorus helleri* où gènes masculinisants et féminisants sont répartis sur les autosomes en des équilibres variés induisant le phénotype mâle ou femelle (KOSWIG et coll., 1933 à 1964), jusqu'aux systèmes mettant en jeu un couple de chromosomes sexuels avec hétérogamétie mâle ou femelle. Mais même dans ce cas, la correspondance entre phénotype sexuel et génotype sexuel supposé d'après la présence ou l'absence de l'hétérochromosome n'est pas forcément rigoureuse. En effet, les travaux de WINGE (1923 à 1948) ont montré que les chromosomes sexuels sont peu différenciés chez les *Lebistes reticulatus*, et que des gènes portés par les autosomes peuvent assumer une part importante dans la réalisation du phénotype sexuel. Il en est de même chez *Oryzias latipes* chez lequel, d'après YAMAMOTO (1969) le sexe est bien déterminé par le jeu des chromosomes sexuels, à l'exception toutefois de certains individus dont le phénotype sexuel semble devoir s'expliquer non seulement par le jeu des chromosomes sexuels, mais aussi par la recombinaison d'autosomes qui créerait d'une manière fortuite des associations de gènes susceptibles de jouer un rôle dans le déterminisme du sexe. Une telle situation est vraisemblablement assez répandue chez les Téléostéens gonochoriques et on peut penser qu'elle prévaut aussi dans le genre *Tilapia*. Par conséquent, dans une étude de la sex-ratio chez les hybrides d'espèces à génomes très voisins, comme c'est le cas ici, il faut tenir compte de la réalité d'une recombinaison affectant non seulement les chromosomes porteurs chez les parents de l'information qui détermine le sexe, mais l'ensemble des autosomes. Du brassage résultant de cet apparie-

ment hétérogénétique entre les chromosomes homologues de *T. nilotica* et *T. macrochir* peuvent naître des associations de gènes dont l'action et l'inter-action sont susceptibles de jouer un rôle dans le déterminisme du sexe en altérant le mécanisme des systèmes en jeu dans les espèces pures. Même si la digamétie sexuelle prévaut à la première génération hybride, la néoformation d'autres systèmes de détermination du sexe est possible par la suite. Une sélection peut alors favoriser des associations géniques complexes où le cumul des fonctions de gènes autosomiaux vient se superposer à l'activité des gènes supérieurs localisés sur les chromosomes sexuels.

Rien ne s'oppose donc à considérer que les *Tilapia* sont caractérisés par un mode de détermination du sexe relativement simple au départ, mais où la digamétie propre aux espèces pures peut non seulement se renverser d'une unité systématique à une autre, mais encore être relayée par une « polygamétie » d'origine autosomiale, en particulier dans la ségrégation des hybrides interspécifiques. À cet égard, la situation observée dans les croisements du type : *hybride* (δ *nilotica* \times ♀ *macrochir*) \times *nilotica* mériterait d'être fouillée plus avant par de nouvelles études génétiques et cytologiques.

En attendant d'autres preuves expérimentales de cet ordre, nous retiendrons momentanément l'hypothèse de la coexistence dans le genre *Tilapia* d'espèces à hétérogamétie mâle et d'espèces à hétérogamétie femelle, tout en admettant que les chromosomes sexuels en jeu dans les espèces pures n'ont qu'une valeur déterminante toute relative, susceptible d'être contrebalancée par des facteurs masculinisants et féminisants portés par des autosomes.

Reçu pour publication en novembre 1970.

SUMMARY

SEX DETERMINISM IN *TILAPIA MACROCHIR* \times *TILAPIA NILOTICA* HYBRIDS INVESTIGATION ON SEX RATIO IN 1ST GENERATION HYBRID \times PARENT CROSSINGS

Male heterogamety in *Tilapia nilotica* and female heterogamety in *Tilapia macrochir* have been tentatively postulated to account for the fact that all δ *macrochir* \times ♀ *nilotica* hybrids are male, whereas the sex ratio of the reciprocal crossing is 3 male to 1 female hybrids.

The current study was undertaken to further substantiate this hypothesis by comparing its theoretical models with experimental results obtained for all possible 1st generation hybrid \times parent crossings.

Some contradictory results concerning the two reciprocal crossings : δ *nilotica* | ♀ *macrochir* hybrids \times *nilotica* are not preclusive of the hypothesis, but lead us to make some reservations on the concept of heterochromosomes for these species.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANON, 1957-59 ; 1959-1960 ; 1960-1961. *Annual Report of Tropical fish culture Research Institute*. Batu Berendam Malacca. Malaisie.
- BACCI G., 1965. *Sex determinism*. Pergamon Presss 306 pp.
- BARD J., 1960. Hybridation des *Tilapia*. *C. R. Symp. Lusaka, publ. C. S. A.*, n° 63, 179-182.
- CHEN F. Y., 1966. Preliminary studies on the sex-determining mechanism of *Tilapia mossambica* PETERS and *Tilapia hornorum* TREWAVAS. *Annual. Rep. Trop. Fish Cult. Inst. Batu Berendam Malacca*. Appendix IV, 43-47.

- CHEN F. Y., 1968. Further studies on the sex-determining mechanism of *Tilapia mossambica* PETERS and *Tilapia hornorum* TREWAVAS. *Annual Rep. Trop. Fish Cult. Inst. Batu Berendam Malacca*, Appendix I, 25-29.
- CHEN F. Y., 1969. Preliminary studies on the sex-determining mechanism of *Tilapia mossambica* PETERS et *Tilapia hornorum* TREWAVAS. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **17**, 719-724.
- CHEN T. R., 1969. Karyological heterogamety of deep-sea fishes. *Postilla* 130 29 p.
- CHEN T. R., EBELING A. W., 1966. Probable male heterogamety in the deep-sea fish *Bathylagus wesethi* (Teleostei, Bathylagidae). *Chromosoma* (BERL), **18**, 88-96.
- CHEN T. R., EBELING A. W., 1968. Karyological evidence of female heterogamety in the mosquito fish. *Gambusia affinis*. *Copeia*, 1968 (1), 70-75.
- CLEMENS H. P., INSLEE T., 1968. The production of unisexual broods by *Tilapia mossambica* sex-reversed with methyltestosterone. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **97**, 18-21.
- EBELING H. W.; CHEN T. R., 1970. Heterogamety in teleostean fishes. *Trans. Amer. fish. Soc.*, **99**, 131-138.
- GORDON M., 1947 a. Genetics of *Platypoecilus maculatus*. IV. The sex-determining mechanism in two wild populations of the mexican platyfish. *Genetics*, **38**, 8.
- GORDON M., 1951. Genetics of *Platypoecilus maculatus*. V. Heterogametic sex-determining mechanism in females of domesticated stock originally from British Honduras. *Zoologica*, **36**, 127-134.
- GORDON M., 1957. Physiological genetics of fishes, in *Physiology of Fishes* Ed. Brown M. E. Academic Press Inc. New York. Vol. 2, 431-501.
- GORDON M., ARONOWITZ O., 1951. Sex-determination in *Platypoecilus maculatus*. II. History of a male platyfish that sired all female broods. *Zoologica*, **36**, 147-153.
- HICKLING C. F., 1960. The Malacca *Tilapia* hybrids. *J. Genet.*, **57**, 1-10.
- KOSSWIG C., 1933. Genotypische and phänotypische Geschlechtbestimmung bei Zahnkarpfen. II. *Biol. Zbl.*, **53**, 752-759. (cité par KOSSWIG, 1936).
- KOSSWIG C., 1935-1936. Die Kreuzung zweier XX bzw. XY-Geschlechter miteinander und der Ersatz eines Y-chromosoms einer Art durch das X-chromosome einer Anderen. *Züchter*, **78**, 40-48.
- KOSSWIG C., 1936. Nicht homologe Heterochromosomen bei nachstverwandten Arten (Kreuzungen von *Platypoecilus maculatus* und *Pl. sciphidium*). *Biol. Zentr.*, **56**, 199-207.
- KOSSWIG C., OKTAY M., 1939. Geschlechtbestimmung in Kreuzungen zwischen *Xiphophorus* und *Platypoecilus*. *C. R. Fac. Sci.*, Istanbul, **4**, 1-54.
- KOSSWIG G., 1964. Polygenic sex determination. *Experientia*, **20**, 190-199.
- LESSENT P., 1966. Essais d'hybridation dans le genre *Tilapia* à la station de Recherches piscicoles de Bouaké, Côte-d'Ivoire. *F. A. O. Fish Rep.*, **44** (4), 148-159.
- WINGE O., 1922. A peculiar mode of inheritance and its cytological explanation. *J. Genet.*, **12**, 137-144.
- WINGE O., 1923. Crossing-over between X and Y chromosomes in *Lebistes*. *J. Genet.*, **13**, 201-227.
- WINGE O., 1930. On the occurrence of xx males in *Lebistes*. *J. Genet.*, **23**, 69-76.
- WINGE O., 1934. The experimental alteration of sex chromosomes into autosomes (and vice versa) as illustrated by *Lebistes*. *C. R. Lab. Carlsberg (Ser. Physiol.)*, **21**, 1-49.
- WINGE O., DITLEVSEN E., 1948. Colour inheritance and sex determination in *Lebistes*. *C. R. Lab. Carlsberg (Ser. Physiol.)*, **24**, 227-248.
- YAMAMOTO T., 1969. Sex differentiation, in *Fish Physiology* Ed. Hoar D. J., and Randall W. S. Academic Press, New York, Vol. 3, 117-175.