

BULLETIN FRANÇAIS DE PISCICULTURE

QUARANTE-DEUXIEME ANNEE

N° 235

OCTOBRE - DECEMBRE 1969

RECHERCHES SUR LA CROISSANCE DU SANDRE (*SANDER LUCIOPERCA L.*) ET SES DÉPLACEMENTS DANS QUELQUES RIVIÈRES DU SUD DE LA FRANCE, D'APRÈS DES RÉSULTATS DE MARQUAGE

par Joseph GOUBIER

(Université Catholique de Lyon)

RESUME

De 1959 à 1964, 6 137 sandres d'un été furent marqués avant leur déversement dans les rivières des départements de l'Hérault et du Tarn-et-Garonne. 120 recaptures ont été faites. Le pourcentage des reprises est de 1,67 % dans le département de l'Hérault, et de 10,5 % dans le département du Tarn-et-Garonne. Les taux de reprise pour chaque rivière sont étudiés et analysés.

Ces marquages quoique très incomplets et laissant de nombreuses questions sans réponses, permettent d'effectuer une première ébauche de la biologie du Sandre dans les rivières françaises.

Morphométriquement, les sandres étudiés sont très homogènes. Les relations entre la longueur totale et la longueur fourche, puis entre la longueur totale et la masse ont été calculées par la méthode des moindres carrés. On a établi les relations suivantes (avec des longueurs en mm et des masses en grammes) :

$$LF = 0,96 LT - 5$$

$$M = 7,90 \cdot 10^{-6} L^{3,034}$$

La croissance en longueur puis la croissance en masse ont été déterminées. Après son premier été, le sandre a 23 cm et 200 g ; le sandre de 2 étés a 42,5 cm et 825 g ; le sandre de 3 étés a 51,5 cm et 1 460 g ; à 4 étés il a 59 cm et 2 150 g ; à 5 étés, il a 66 cm et 2 840 g ; à 6 étés, il a

71 cm et 3 525 g. Sa croissance est donc rapide, supérieure à celle qui est observée dans la plupart des pays d'Europe.

Le sandre est un poisson assez sédentaire. La dévalaison après le marquage, est de règle (une dizaine de km en moyenne) et elle semble donner naissance à une occupation stable. Des individus effectuent de grands déplacements, sans caractère saisonnier et indépendants de la reproduction.

ABSTRACT

From 1959 to 1964, 6 137 one-Summer-old specimens of pike-perch were tagged before casting them down into the rivers of the Hérault, Tarn-and-Garonne departments. 120 recaptures have been operated. The recapturing rate in the Hérault department is 1,67 % and 10,5 % in the Tarn-and-Garonne department. The recapturing rate for each river are studied and analysed.

These taggings, incomplete as they are, and leaving many questions unanswered, enable to draw a first outline of the pike-perch biology in French rivers.

Morphometrically, the studied pike-perch are very homogeneous. The proportions between the total length (LT) and the fork length (LF) and those between the total length and the mass have been calculated by the method of least squares. The following proportions have been established (the length being given in mm and the mass in grammes).

$$LF = 0,96 LT - 5$$

$$M = 7,90 \cdot 10^{-6} L^{3,034}$$

The growths in length and weight have been determined as follows : After its first Summer the pike-perch is 23 cm long and weighs 200 g ; after 2 Summers it is 42.5 cm and weighs 825 g ; the 3 Summer one 51.5 cm long and 1 460 in weight, the 4 Summer one is 59 cm and weighs 2 150 g ; the 5 Summer one is 66 cm and 2 840 g and the 6 Summer one is 71 cm and 3 525 in weight. Therefore the growth is rapid, higher than that observed in most European countries.

The pike-perch is a rather sedentary fish and its migration downstream after tagging is systematic (about 10 km on an average) and it seems to give birth to a home-range. Some individuals perform long movements without any seasonal characters and independent from reproduction.

TABLE DES MATIÈRES

— INTRODUCTION	40
Renseignements préliminaires : description des rivières étudiées	40
I - Taux de reprise des poissons marqués	43
I - 1 - Techniques de marquage utilisées	43
I - 2 - Recaptures dans le département de l'Hérault	44
I - 3 - Recaptures dans le département du Tarn-et-Garonne	48
I - 4 - Comparaison du taux de reprise, en France et à l'étranger ..	49
II - Morphométrie	50
II - 1 - Relation longueur totale - longueur fourche	50
II - 2 - Relation longueur - masse	53
III - Etude de la croissance	58
III - 1 - Age du poisson	58
III - 2 - Matériel	58
III - 3 - Croissance en longueur	59
III - 4 - Croissance en masse	63
III - 5 - Comparaison avec la croissance du Sandre dans d'autres pays	
IV - Les déplacements	
IV - 1 - Méthodes	
IV - 2 - Déplacements dans l'Orb	
IV - 3 - Déplacements dans le Vidourle	
IV - 4 - Déplacements dans les autres rivières	
IV - 5 - Résultats d'ensemble	
— BIBLIOGRAPHIE	

INTRODUCTION

Dans le centre et le nord de l'Europe, régions d'où le Sandre est originaire, ce poisson a été beaucoup étudié. Il n'en est pas de même dans notre pays où c'est une acquisition récente de nos eaux (SPILLMAN, 1961) (1).

Dès 1954, la Fédération de pêche et pisciculture de l'Hérault a introduit des sandres dans les rivières de ce département, à partir de géniteurs pêchés en Camargue, dans l'étang du Vaccarès où le sandre était à l'époque particulièrement abondant. Au cours des années suivantes, des introductions furent poursuivies à partir de sandres d'un été, et elles donnèrent lieu à des marquages importants au cours des années 1959 à 1964 dans les rivières suivantes (par ordre d'importance) : l'Hérault et son affluent, la Lergue, l'Orb le Vidourle, le Lez et son affluent, la Mosson.

De même, en 1962 et 1963, la Fédération de pêche et pisciculture du Tarn-et-Garonne déversa des sandres marqués dans la Garonne et au confluent du Tarn et de la Garonne.

Les résultats de ces marquages permettent de présenter pour ces rivières, une première étude sur le taux de reprise des poissons marqués, la relation entre la longueur du poisson et sa masse, la croissance en taille et en masse, et enfin les déplacements. Je comparerai les résultats obtenus avec ceux qui ont été observés dans diverses régions du monde.

RENSEIGNEMENTS PRELIMINAIRES

Je commencerai d'abord par faire une présentation succincte des rivières concernées par ces marquages, dans le département de l'Hérault (Fig. 1) puis dans le département du Tarn-et-Garonne (Fig. 2), car les caractéristiques de ces rivières semblent expliquer en partie les résultats obtenus dans l'étude du déplacement des sandres.

L'HERAULT prend sa source dans le Massif de l'Aigoual, traverse les Cévennes puis les plateaux calcaires des Garrigues. Il reçoit la LERGUE avant de traverser la plaine du Pézenas. Il se jette dans la Méditerranée par le Grau d'Agde. Sa longueur est de 160 km. Son régime est de type pluvio-nival méditerranéen, marqué par des crues subites. Son débit moyen de 48 m³/s peut s'élever jusqu'à 2 800 m³/s.

L'ORB né dans le Sud du Causse Larzac, quitte le Massif Central par un parcours très sinueux. Il se jette dans la Méditerranée par le Grau de Lérignan. Sa longueur est de 145 km. Son régime est de type pluvial méditerranéen. Il connaît des crues soudaines au printemps et à l'automne.

(1) *J'exprime ma bien vive gratitude à Monsielur l'Ingénieur Général CHARPY, Secrétaire général du Conseil supérieur de la pêche, promoteur de ces recherches.*

Je remercie Monsieur DUCRET, Président de la Fédération de pêche de l'Hérault et Monsieur CHAUDERON, Président de la Fédération de pêche du Tarn-et-Garonne, qui ont mis à ma disposition les documents nécessaires à cette étude et m'ont apporté leur aide.

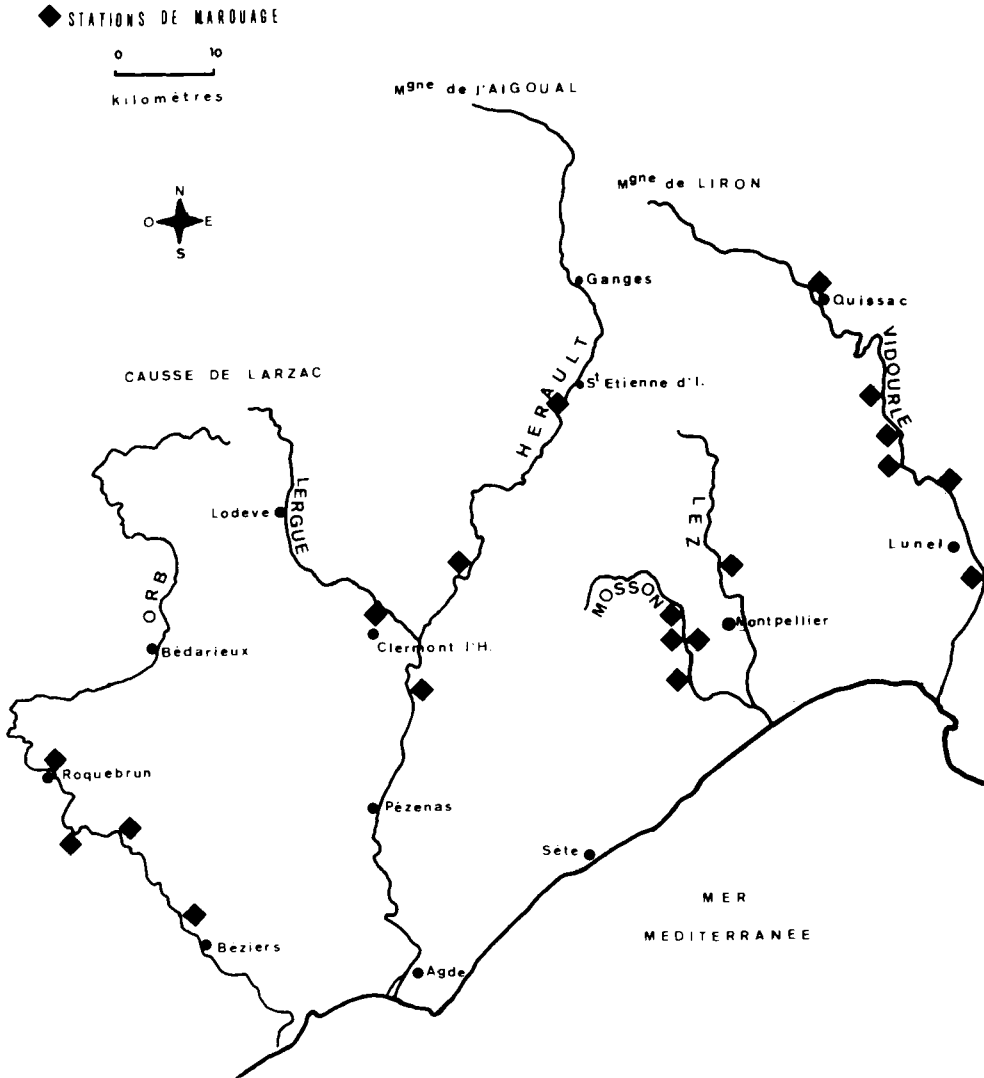


Fig. 1 — Carte des rivières du département de l'Hérault

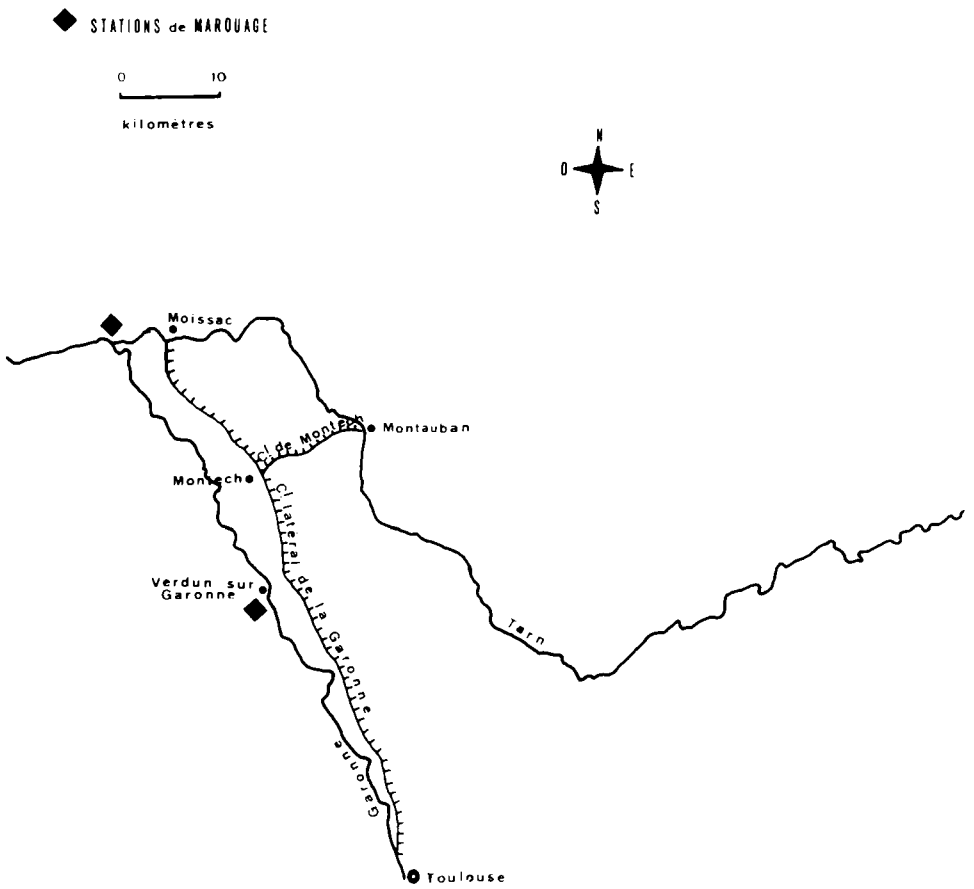


Fig. 2 — Carte du Tarn et de la Garonne dans le département du Tarn-et-Garonne

LE VIDOURLE né dans la montagne du Liron, se termine en roubine (canal) et se jette dans la Méditerranée au Grau du Roi, après un parcours de 95 km. Il est célèbre par ses crues subites.

LE LEZ rivière de 29 km de longueur reçoit à droite LA MOSSON (35 km) avant de se jeter en Méditerranée au Grau de Palavas.

LA GARONNE est un fleuve de 647 km qui draine la plus grande partie du bassin de l'Aquitaine et se jette dans l'Océan Atlantique par l'estuaire de la Gironde. Dans le département du Tarn-et-Garonne, la région de confluence avec le Tarn forme une vaste plaine. A Toulouse, le débit moyen est de 200 m³/s mais il peut varier entre 32 m³/s et 800 m³/s. Les crues du fleuve sont très violentes. C'est un régime nivo-pluvial : la fonte des neiges et les ruissellements pluviaux donnent la primauté globale à la moyenne d'avril-mai vers les sources. La rétention nivale affaiblit assez nettement les moyennes globales de plein hiver. Les pluies irrégulières de l'automne engendrent un maximum moyen secondaire de novembre ou décembre. L'évaporation crée un minimum secondaire ou principal sur le cours inférieur en août-septembre.

LE TARN à l'inverse, a un régime de type pluvio-nival. Il subit surtout l'influence des pluies et des inégalités saisonnières de l'évapo-transpiration. La rétention nivale déprime quelque peu les débits de janvier et de février. La fonte donne un léger avantage aux moyennes de mars (1). Il subit des influences méditerranéennes sur son cours supérieur. Il reçoit l'Aveyron avant de se jeter dans la Garonne. Sa longueur est de 395 km. Son débit moyen de 250 m³/s peut s'élever jusqu'à 8 200 m³/s.

I - TAUX DE REPRISE DES POISSONS MARQUÉS

I - 1 - Techniques de marquage utilisées

En général, les poissons furent marqués, sans anesthésie préalable, par la fixation, à la mâchoire supérieure, à l'aide d'une pince appropriée, d'une agrafe métallique numérotée.

Suivant les dimensions des sandres, on utilisa des marques mandibulaires de trois tailles, notées 1, 2 et 3. Les marquages furent effectués par des gardes-pêche, juste avant l'immersion du poisson dans la rivière.

Afin d'assurer le retour des marques, les pêcheurs furent mis au courant de ces opérations par des articles dans la presse locale et des distributions de cartes-réponses à joindre à la marque retournée pour préciser le lieu de la capture, la date, la longueur et le « poids » du poisson repris. Les marques retournées participaient de plus à des distributions de primes.

Les sandres marqués étaient des poissons d'un été, provenant des établissements Corchus à Sylvéréal, dans le Gard, et mesuraient, suivant les lots, de 15 à 30 cm. Les lieux choisis pour ces immersions de poissons marqués sont indiqués sur les cartes de la figure 1, pour le département de l'Hérault, et de la figure 2 pour le département du Tarn-et-Garonne.

(1) Dans les secteurs méditerranéens (Hérault) les débits moyens de novembre dus à de grandes crues désordonnées, l'emportent généralement sur le maximum moyen, quelque peu nival, de mars-avril.

I - 2 - Recaptures dans le département de l'Hérault

Entre janvier 1959 et décembre 1964, 5 937 sandres marqués furent déversés dans les rivières du département. 99 recaptures furent signalées. Avec ces 99 marques retournées ne figuraient pas toujours tous les renseignements demandés et plusieurs de ces retours de marque sont donc inexploitable. Pour chaque étude, je préciserai le nombre de résultats qui ont pu être utilisés.

Le pourcentage brut des reprises est donc de 1,67 %.

Je ne tiendrai pas compte, dans cette étude, des 22 sandres d'un été, de taille moyenne : 15 cm, marqués en décembre 1960 et déversés dans la rivière Lergue, car ces poissons, contrairement aux autres, provenaient de l'étang de la Jemaye en Dordogne. Ils étaient très petits et furent marqués avec des bagues n° 3, beaucoup trop grandes et lourdes pour eux. Aucune reprise n'a été enregistrée.

J'éliminerai aussi les 175 sandres marqués, déversés en mars 1965 et qui provenaient d'un étang des Dombes dans l'Ain. Ces poissons étaient en mauvais état lors du marquage et, de plus, on ignorait leur âge exact. Aucun d'entre eux ne fut d'ailleurs récupéré.

Le tableau 1 donne pour chaque rivière et pour l'ensemble des rivières, la quantité de poissons marqués, le nombre de reprises et le pourcentage de reprise correspondants, pour chacune des années de marquages.

J'ai arbitrairement ramené les dates de ces marquages au mois de janvier le plus voisin, car ils ont toujours été effectués au cours des mois de novembre, décembre, janvier ou février. Ainsi les marquages de janvier ou février 1969 forment l'année de marquage 1959 ; ceux de décembre 1960 sont considérés comme les marquages de 1961, etc.

Ce tableau met en évidence les résultats suivants :

1°) Pour l'ensemble des rivières, le pourcentage de reprise est très faible : 1,67 %.

2°) Il existe des variations très importantes de ce pourcentage suivant les années de marquage : de 0 % à 9,4 %. En particulier, les marquages importants des années 1959 et 1964 sont des échecs complets.

3°) Les résultats semblent d'autant plus satisfaisants que le nombre des poissons marqués est plus faible.

4°) Les taux de reprise sont très différents suivant les lots de poissons marqués. Ils vont de 0 à 20 %.

5°) On peut constater enfin qu'il existe des différences importantes chaque année, suivant les rivières.

Les constatations précédentes sont difficiles à interpréter. Ces marquages, effectués par des associations de poche, n'ont pas été organisés en vue d'une exploitation scientifique ultérieure. Par manque de renseignements et par l'absence d'expérimentations annexes, il est impossible de chiffrer la mortalité due au marquage, les pertes de marques, l'efficacité de la récupération des marques, les reprises non déclarées, etc.

C'est ainsi par exemple que les comparaisons entre rivières sont difficiles à analyser mathématiquement par manque de rationalité des marquages : les

TABLEAU I

RIVIERES	HERAULT		LERGUE		ORB		VIDOURLE		MOSSON		LEZ		TOTAL	TOTAL	Taux	
	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	par Année	
ANNEES																%
1959	400	0			200	0	0	0	339	0	0			1139	0	0
1961	110	4			110	12	11	20	66	13	20			330	31	9,4
1962					300	25	8,3							300	25	8,3
1963	200	8			200	14	7	3,6	250	9	3,6	5	3,3	925	39	4,2
1964	393	0			600	1	0,17	0	1000	0	0	0	0	2443	1	0,04
1965	300	1						0,4	500	2	0,4			800	3	0,37
TOTAL Par RIVIERE	1403	13	0,9		1410	52	3,7	1,1	2155	24	1,1	5	0,8	5937	99	1,67
									619	5	0,8	250	2	RESULTATS GENERAUX		

M : Nombre de poissons marques R : Nombre de poissons repris % : Taux de reprise
 Marquages et recaptures dans le département de l'Herault

quantités de poissons marqués différent chaque année d'une rivière à l'autre et, pour la même rivière, différent suivant les années. De plus, les marquages n'ont pas été effectués chaque année dans toutes les rivières. En 1962 les 300 poissons marqués ont tous été déversés dans l'Orb. Les années 1959 et 1964 étant des échecs complets, les comparaisons entre rivières ne peuvent donc se faire que sur les années 1961 et 1963.

Le tableau 2 résume les résultats de cette comparaison.

TABLEAU 2

Années \ Rivières	HERAULT	ORB	VIDOURLE	MOSSON
	1961	2,8 %	11 %	20 %
1963	4 %	7 %	3,6 %	2,4 %
Taux de reprise global	3,9 %	8,4 %	7 %	3 %

Comparaison des taux de reprise pour les différentes rivières

Pour l'Hérault, l'Orb et la Mosson, il n'y a pas de différences significatives entre les pourcentages de 1961 et ceux de 1963. L'Orb vient en tête avec un taux qui est largement le double du taux des deux autres rivières, si on considère le résultat global des deux années.

Par contre, les deux résultats du Vidourle sont significativement différents. Le Vidourle détient le taux record de 20 % en 1961, mais descend à 3,6 % en 1963. Globalement, le résultat est légèrement inférieur à celui de l'Orb.

Il était intéressant de comparer les pourcentages de reprise et la taille de la marque mandibulaire adoptée au marquage, taille qui correspond à la grosseur du poisson marqué.

Le tableau 3 fournit cette comparaison pour chacune des années de marquage.

TABLEAU 3

Année \ Taille des marques	1959		1961		1962		1963		1964		1965		Total marqués	Total repris	Taux
	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R			
1									1000	1			1000	1	0,1 %
2	600	0							1443	0	800	3	2843	3	0,14 %
3	539	0	330	31	300	25	925	39					2094	95	4,5 %

Répartitions annuelles des marquages M et des recaptures R en fonction de la taille de la marque

Plus la taille de la marque est grande, plus le pourcentage des reprises est élevé.

Nous retrouvons là, un résultat déjà signalé pour les marquages de truites par CUINAT et CASUBON (1963).

TABLEAU 4

Durée d'immersion	Marquage de 1961	Marquage de 1962	Marquage de 1963	Marquage de 1964	Marquage de 1965	TOTAL
de 0 à 1 an	12	9	30	1	1	53
de 1 à 2 ans	6	6	5	0	2	19
de 2 à 3 ans	9	6	3	0	0	18
de 3 à 4 ans	4	1	0	0	0	5
de 4 à 5 ans	0	2	0	0	0	2

Echelonnement des recaptures après le marquage

Nombre de reprises

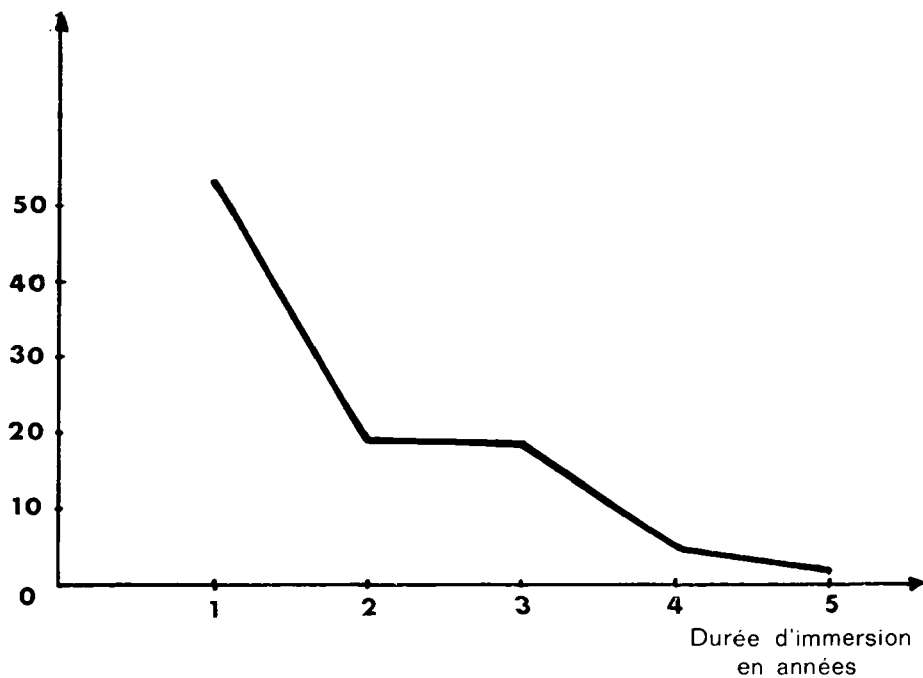


Fig. 3 — Relation entre la durée d'immersion et le total des reprises

Ils constataient que le pourcentage de reprise est, en moyenne, d'autant plus important que les truites ont été déversées à une taille plus élevée et attribuaient ce résultat au fait que la marque gêne d'autant moins le poisson que celui-ci est plus gros, et que le taux de survie est probablement plus élevé chez les truites plus grandes.

Il est probable que les mêmes interprétations sont valables pour le Sandre. Tous les poissons marqués ayant le même âge, les plus gros correspondent à des poissons ayant une meilleure potentialité biologique.

On peut observer enfin, à l'aide du tableau 4, que les reprises de sandres marqués se sont échelonnées — en décroissant — au cours des cinq années qui ont suivi les dates de marquage. Ce résultat est logique. On le retrouve dans les marquages des différentes espèces de poissons. Il est dû à la conjugaison de plusieurs facteurs : les reprises diminuent le nombre de poissons marqués, donc la probabilité de reprise ; les pertes de marque et la mortalité aggravent cette diminution. Enfin l'information des pêcheurs se fait de moins en moins au cours des années qui suivent les marquages et les marques mandibulaires sont de moins en moins visibles.

La figure 3 met bien en évidence cette décroissance des reprises.

I - 3 - Recaptures dans le département du Tarn-et-Garonne

Dans le département de Tarn-et-Garonne, 200 sandres marqués furent immergés au début des années 1962 et 1963. 21 furent repris entre janvier 1962 et décembre 1965.

Le pourcentage brut des reprises est donc de 10,5 %.

Le tableau 5 indique la répartition de ces reprises en fonction des années et des rivières. Afin de pouvoir comparer les résultats, nous avons calculé les intervalles de confiance des pourcentages obtenus par un coefficient de sécurité de 95 %.

TABLEAU 5

Année	Rivière	M.	R.	%	Intervalle de confiance au risque 5 %
1963	Confluent du Tarn et de la Garonne	100	14	14 %	7,9 % à 22,4 %
1962	Garonne	100	7	7 %	2,9 % à 13,9 %

Marquages et recaptures dans le département du Tarn-et-Garonne

Pour ces marquages, nous avons donc des taux de reprise très satisfaisants et très supérieurs, en moyenne, au taux de reprise des rivières de l'Hérault (1,67 %). Ce résultat est d'autant plus intéressant à signaler que le Tarn et la Garonne sont deux rivières très importantes alors que les rivières du département de l'Hérault sont des rivières moyennes ou faibles. Or, on considère habituellement que les chances de recapture sont d'autant plus faibles que la rivière est plus importante.

Mais comme dans l'Hérault, nous constatons que le taux peut avoir des

variations importantes d'une année à l'autre. Le taux en 1962 est le double de celui de 1963. Cependant le calcul des intervalles de confiance montre que les différences de pourcentage ne sont pas « significatives » et peuvent donc être dues simplement au hasard.

Comme dans l'Hérault aussi, nous constatons que les reprises s'échelonnent dans le temps sur plusieurs années.

Le tableau 6 résume ces résultats :

TABLEAU 6

Durée d'immersion	Marquage 1962	Marquage 1963	Total
de 0 à 1 an	7	1	8
de 1 à 2 ans	3	0	3
de 2 à 3 ans	3	5	8
de 3 à 4 ans	1	1	2

Echelonnement des recaptures après le marquage

I - 4 - Comparaison des taux de reprise en France et à l'étranger

Il semble intéressant pour conclure cette première partie, de comparer les taux de reprise obtenus lors de ces marquages avec ceux qui ont été obtenus lors de marquages analoges, en France ou à l'étranger

En ce qui concerne le sandre et les rivières françaises, aucune étude de ce genre n'avait été réalisée jusqu'à présent.

En Europe Centrale, quelques études publiées ne concernent que des nombres très faibles de sandres marqués (WIKTOR, 1954 ; FILUK, 1964). Par contre, de très nombreux marquages ont été effectués au Canada et aux Etats-Unis sur des espèces extrêmement proches des sandres appartenant au Genre *Stizostedion*.

De nombreux auteurs considèrent d'ailleurs que le genre *Sander* et le genre *Stizostedion* sont identiques (JORDAN, 1877 ; BERG, 1949 ; SVETOVIDOV et DOROFEEVA, 1963).

Parmi l'ensemble de ces marquages, nous avons retenu l'un des plus importants et des plus significatifs effectué sur les *Stizostedion vitreum* (Dorés), dans le bassin du Saint-Laurent au Canada (DESROCHERS, 1953). 2 088 dorés furent marqués du 16 au 22 avril 1952. 505 recaptures soit 24,4 % furent signalées entre le 22 avril et le 3 novembre 1952.

Le fort pourcentage de recaptures indique clairement, d'après l'auteur, que la pêche de ce poisson est très abondante dans le Saint-Laurent et ses tributaires, et aussi, que le doré, poisson vorace, est de capture assez facile.

Les raisons précédentes expliquent sans doute aussi que ce taux de reprise soit beaucoup plus élevé que le taux de reprise des rivières françaises bien que les rivières canadiennes soient sans commune mesure par leur importance avec les rivières françaises.

Pour revenir aux rivières françaises, il est possible de comparer ces marquages sur le sandre à des marquages effectués sur d'autres espèces de

poissons. De très nombreux travaux ont été effectués, en particulier sur les truites. On peut considérer deux opérations de marquage importantes et récentes :

— Dans le bassin de la Seine, entre 1961 et 1967, 30 030 truites et truitelles ont été marquées. Au 31 octobre 1967, 3 138 sujets avaient déjà été retrouvés soit 10,45 % de taux de reprise (ARRIGNON, 1967). Comme pour les marquages de sandres, on retrouve de grandes variations de ce taux suivant les rivières : 0,22 % sur 3 176 truites marquées dans l'Aube et la Seine supérieures, 35 % sur 1 066 truites marquées dans l'Aisne supérieure.

— Dans quelques rivières du département du Puy-de-Dôme, de 1958 à 1960 sur 7 600 truites marquées, on a obtenu 328 recaptures soit un taux de reprise de 4,3 %. Dans une rivière le taux est de 0 %, tandis qu'il atteint 54 % dans une autre (CUINAT et CASAUBON, 1963). Les pourcentages sont beaucoup plus élevés dans les rivières de première catégorie où la « pression de pêche » sur la truite est élevée : les pêcheurs sont nombreux et recherchent surtout ce poisson.

En ce qui concerne les taux de reprise du sandre dans les rivières françaises, on peut dire en conclusion qu'il doit être possible d'améliorer beaucoup les résultats qui ont été obtenus lors de ces premières expériences de marquage, grâce aux renseignements précieux qu'elles nous fournissent.

Par le choix de la rivière, l'emploi de sandrettes de belle taille, les précautions dans le transport du poisson et les opérations de marquage, la publicité auprès des pêcheurs, il doit être possible d'obtenir des taux de reprise beaucoup plus élevés correspondant aux résultats obtenus habituellement en Amérique du Nord.

II - MORPHOMETRIE

Avant d'aborder l'étude de la croissance du sandre, il m'est apparu nécessaire d'établir les relations entre la longueur totale, mesurée de l'extrémité du museau à l'extrémité de la nageoire centrale et la longueur fourche, mesurée de l'extrémité du museau à l'échancrure de la nageoire caudale, ainsi que les relations entre la longueur et la masse (appelée souvent, improprement, le poids. Je préfère employer le terme correct de masse, grandeur physique correspondant à la quantité de matière, indépendante du lieu, dont l'unité est le kilogramme, dans le système international alors que le poids est la force d'attraction de la terre, fonction de l'altitude et de la latitude du lieu et qui doit s'exprimer en newton).

II - 1 - Relation longueur totale - longueur fourche

Lorsqu'on parle de la longueur d'un poisson, différentes mesures recouvrent en fait ce mot. Pour les pêcheurs, il s'agit de la longueur totale. C'est la mesure adoptée dans cette étude. CARLANDER et SMITH (1945) ont d'ailleurs montré que, chez les poissons, c'est cette mesure de longueur qui est la moins susceptible de varier avec les observateurs.

De nombreux auteurs utilisent, pour l'étude de la croissance, la longueur fourche. Afin de pouvoir faire des comparaisons utiles, il est indispensable de pouvoir passer d'une mesure à l'autre (1).

(1) D'autres auteurs utilisent la longueur standard, mesurée de l'extrémité du museau à la partie la plus rétrécie de l'appendice caudal. J'ai abandonné cette mesure sur le sandre à cause de sa grande imprécision. Le point de rétrécissement maximum est très mal défini sur ce poisson. Les auteurs utilisant cette mesure fournissent habituellement sa relation soit avec la longueur totale, soit avec la longueur fourche.

Les mesures effectuées par les pêcheurs sur les sandres capturés ne comportent jamais la longueur fourche et mentionnent seulement la longueur totale. Il n'est donc pas possible de connaître la relation entre ces deux longueurs à partir des poissons marqués. Mais j'ai étudié cette relation sur deux lots de sandres provenant du Sud de la France et les résultats obtenus semblent applicables aux poissons marqués. Je vais donc résumer les résultats auxquels je suis parvenu.

Le premier lot de poissons étudié provenait de l'étang du Vaccarès en Camargus. J'ai mesuré de 1964 à 1966, 239 sandres mesurant de 256 mm à 920 mm.

La longueur totale moyenne de cet échantillon était de 419 mm avec un écart type de 123 mm.

La longueur fourche moyenne était de 397 mm avec un écart type de 119 mm.

Le coefficient de corrélation entre ces deux longueurs est 0,999.

Les équations des droites de régression, calculées par la méthode des moindres carrés, sont (en appelant LT la longueur totale, et LF la longueur fourche, toutes deux exprimées en mm).

$$LT = 1,039 LF + 6,1 \quad (\text{formule 1})$$

$$LF = 0,96 LT - 5,2$$

Le deuxième échantillon étudié est un lot de 28 poissons prélevés dans le Tarn à Moissac en avril 1965. Ces poissons avaient été introduits dans le Tarn en même temps que les poissons marqués et provenaient de la même pisciculture. Ils mesuraient de 361 mm à 775 mm, à la capture.

Longueur totale moyenne : 566 mm avec un écart type de 103 mm.

Longueur fourche moyenne : 535 mm avec un écart type de 100 mm.

Le coefficient de corrélation entre ces deux dimensions est 0,999.

Comme pour le premier échantillon, on voit que le coefficient de corrélation est presque égal à 1, ce qui indique une corrélation parfaite entre ces deux grandeurs.

Les équations des droites de régression sont ici :

$$LT = 1,038 LF + 10 \quad (\text{formule 2})$$

$$LF = 0,96 LT - 9,1$$

Ces expressions sont très voisines de celles obtenues pour les sandres du Vaccarès. Leurs différences ne correspondent qu'à quelques millimètres, ce qui est probablement supérieur aux erreurs absolues commises dans des mesures de ce genre.

Pour mieux le mettre en évidence, j'ai calculé les valeurs obtenues en employant les deux formules pour trois valeurs de la longueur totale (minimum, moyenne, maximum)

Le tableau 7 résume les résultats obtenus.

TABLEAU 7

Longueur totale	Longueur fourche correspondante		Différences	
	formule 1	formule 2	Valeur absolue - relative	
170 mm	158 mm	154 mm	4 mm	2,6 %
450 mm	427 mm	424 mm	3 mm	0,7 %
750 mm	715 mm	712 mm	3 mm	0,42 %

Comparaison entre les longueurs à la fourche calculées d'après l'une ou l'autre des deux équations de régression pour diverses valeurs de la longueur totale

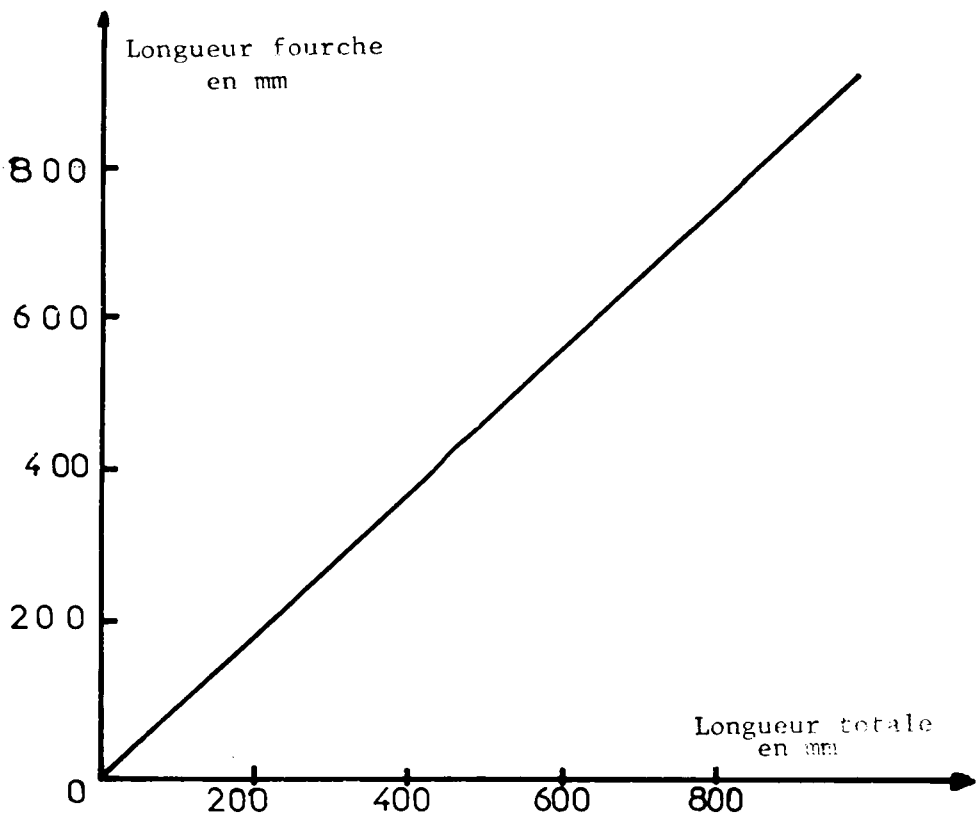


Fig. 4 — Droite de régression représentant les variations de la longueur fourche en fonction de la longueur totale chez le Sandre

TABLEAU 9

Classe d'âge	Intervalle de classe en mois	Centre de classe en mois	N	L_m en mm	σ	S_m	IC 95 %
I	8 - 20	14	39	355	92,5	14,8	325 - 385
II	20 - 32	26	12	476	52,5	15,1	443 - 509
III	32 - 44	38	19	546	77,8	17,8	508 - 584
IV	44 - 56	50	6	625	42,3	17,3	581 - 669
V	56 - 68	62	2	690			

Calcul pour chaque classe d'âge, de la longueur moyenne L_m , de l'écart type σ , de l'erreur standard S_m , et des limites de l'intervalle de confiance de ces moyennes, pour un coefficient de sécurité de 95 %.

N : nombre de sandres de chaque classe.

Quelques graphiques permettront d'exploiter les résultats du tableau 9 et de les compléter.

La figure 9 indique pour chaque classe, la longueur moyenne et son intervalle de confiance. On peut voir que les intervalles de confiance ne se chevauchent pratiquement pas, malgré les fluctuations de la longueur.

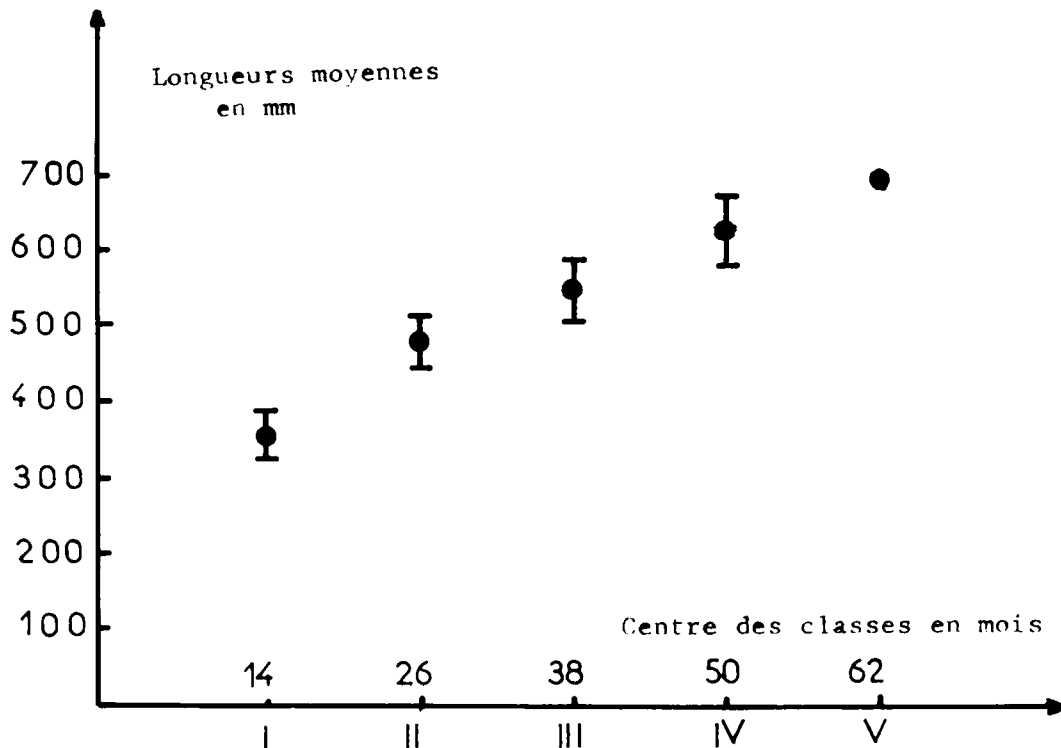


Fig. 9 — Croissance en longueur du Sandre. Les points indiquent les longueurs moyennes. Les traits, de part et d'autre, correspondent à l'intervalle de confiance pour un coefficient de sécurité de 95 %

Il est possible de représenter graphiquement la variation de la longueur avec l'âge d'une manière plus exploitable, à partir d'un histogramme de longueurs. On porte en abscisses l'âge réel du poisson et en ordonnées les longueurs moyennes (Fig 10).

La naissance du poisson correspondant au premier mai, à chaque âge correspond un mois bien défini.

La moyenne calculée pour chaque classe représente la valeur la plus probable de la longueur du sandre lorsqu'il atteint l'âge du centre de classe, aux mois de juillet successifs. Soient A, B, C, D et E les points correspondants.

La courbe de croissance devra passer aussi près que possible de chacun de ces points. On peut la tracer sur l'histogramme (1). Elle permet de connaître la longueur probable du Sandre à chaque âge.

On considère dans notre pays que la croissance des poissons se fait surtout pendant la saison chaude, et on parle de poissons de un été, deux étés, n étés pour désigner des poissons qui ont achevé une, deux, n périodes de croissance et qui se trouvent dans la période hivernale de croissance ralentie.

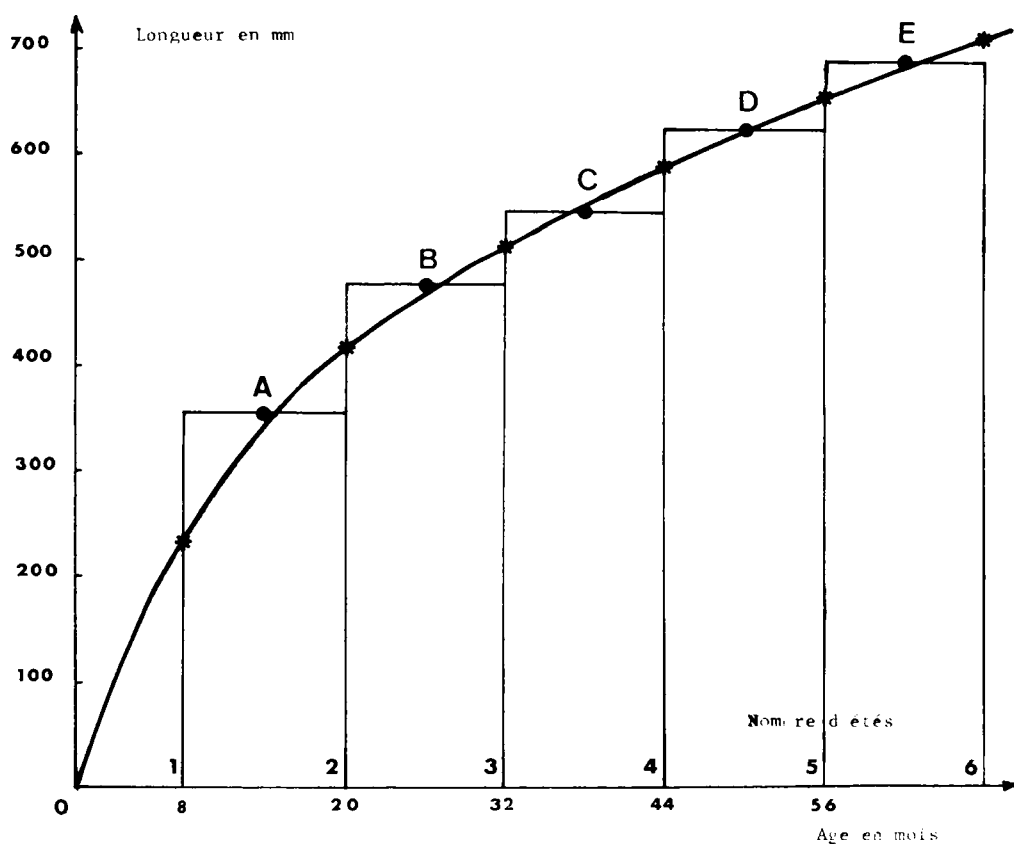


Fig. 10 — Histogramme et courbe de croissance en longueur

(1) Entre les divers tracés empiriques possibles, on a choisi celui qui semblait le mieux correspondre à l'ensemble des points longueur-âge obtenus sur la figure 8.

Les différences de valeur, obtenues par les deux formules, n'entraînent donc en général qu'une variation de l'ordre de 1 % dans les résultats. On peut ne pas en tenir compte.

On adoptera donc, comme relation permettant de calculer la longueur fourche correspondant à une longueur totale donnée :

$$LF = 0,96 LT - 5$$

et, en sens inverse, pour passer d'une longueur fourche connue à la longueur totale correspondante, on adoptera :

$$LT = 1,04 LF + 6$$

La droite de régression est représentée graphiquement sur la figure 4.

II - 2 - Relation longueur - masse

Parmi les 120 poissons marqués recapturés, il y a seulement 37 retours de marque pour lesquels on indique à la fois la longueur totale et la masse du poisson repris.

L'ensemble des 37 couples de valeur ainsi obtenu est représenté sur la figure 5. Les longueurs varient de 24 à 75 cm.

La répartition des couples de valeurs est suffisamment bonne pour permettre de faire l'étude mathématique de la relation entre la longueur totale et la masse.

On sait qu'en considérant un poisson « idéal » on a été amené à poser que sa masse est proportionnelle au cube de sa longueur : $M = kL^3$.

Pour un poisson « réel », cette relation ne convient pas exactement et elle doit être légèrement modifiée. On écrit : $M = aL^n$. L'exposant n varie de 2,5 à 4 suivant les espèces de poisson, et pour une même espèce il peut varier avec le stade de développement, le sexe, la maturité sexuelle, etc.

Pour calculer les deux valeurs a et n , on calcule le logarithme de la masse. Soit : $\text{Log } M = n \text{ Log } L + \text{Log } a$

ce qui montre que $Y = \text{Log } M$ est une fonction linéaire de $X = \text{Log } L$

Ceci revient à chercher l'équation d'une droite de régression, par la méthode des moindres carrés.

Les calculs donnent comme résultat, avec les logarithmes népériens (1)

$$\text{Log } M = 3,034 \text{ Log } L - 11,75$$

Le logarithme moyen de la longueur est 6,2027 avec une variance de 0,2747

Le logarithme moyen de la masse est 7,0692 avec une variance de 0,8589

Le coefficient de corrélation a pour valeur 0,970.

La courbe de $\text{Log } M$ en fonction de $\text{Log } L$ est représentée sur la figure 6.

(1) Il est facile, pour pouvoir effectuer des comparaisons éventuelles, de passer aux logarithmes décimaux. On obtient :

$$\log M = 3,034 \log L - 5,10$$

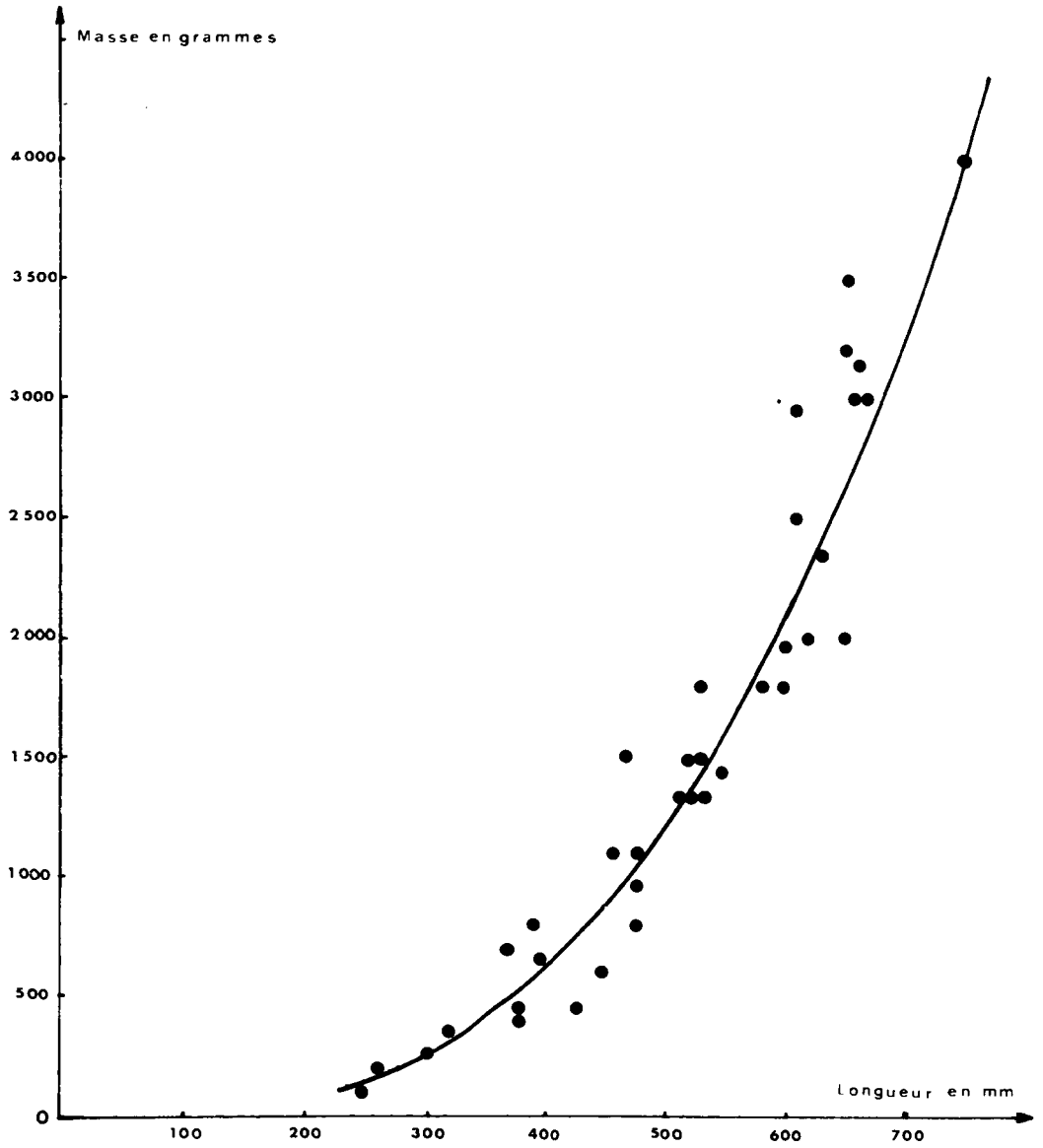


Fig. 5 — Variation de la masse M exprimée en grammes, en fonction de la longueur exprimée en mm chez le Sandre

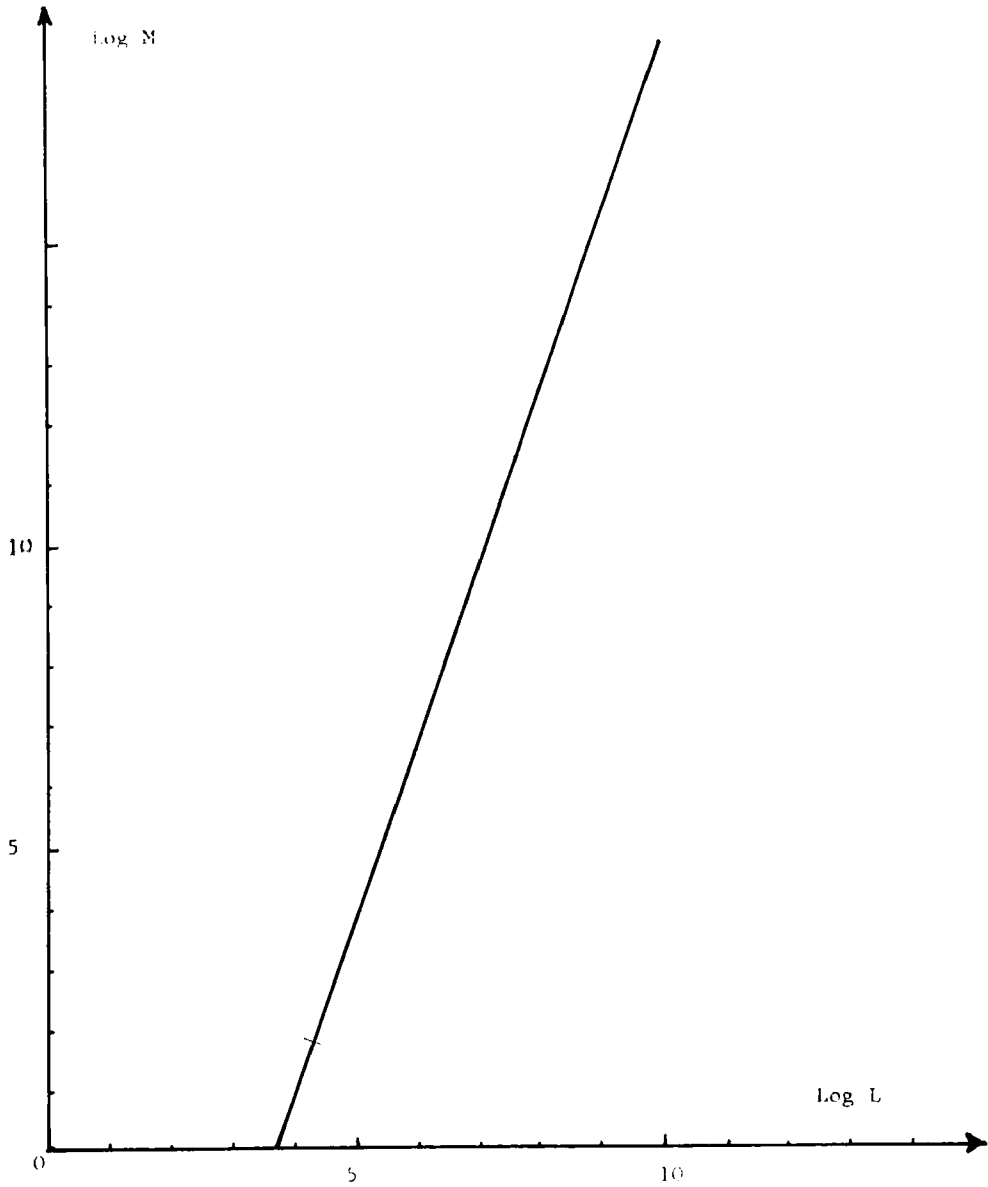


Fig. 6 — Droite de régression représentant les variations de Log M en fonction de Log L chez le Sandre
Ordonnées : logarithme népérien de la masse exprimée en grammes.
Abscisses : logarithme népérien de la longueur exprimée en mm

A partir de l'équation de régression obtenue, on peut déduire l'équation de M en fonction de L. On obtient :

$$M = 7,90 \cdot 10^{-6} L^{3,034}$$

La longueur moyenne est de 511 mm et la masse moyenne 1 563 g.

L'écart quadratique moyen entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées par l'équation a pour valeur 297 g.

L'écart maximum entre ces mêmes valeurs est de 799 g.

Or, dans la mise en équations de résultats expérimentaux, on adopte souvent, comme critère de bon ajustement des expressions mathématiques obtenues, la condition : écart maximum inférieur ou égal à trois fois l'écart quadratique moyen. Si cette condition n'est pas remplie, l'équation trouvée n'est pas satisfaisante.

On voit ici que ce critère de bon ajustement est bien vérifié.

La courbe représentative de la relation entre la longueur et la masse est tracée sur la figure 5.

De nombreux auteurs ont étudié, chez le Sandre d'Europe Centrale, cette relation entre la longueur et la masse. On peut citer BUDZYNSKA (1956), AKSIRAY (1961), NAGIEC (1961, 1966). Dans ces diverses études, les résultats obtenus sont difficiles à exploiter pour des comparaisons à cause de l'absence de relations mathématiques entre la longueur et la masse, ainsi que l'absence de tableaux de valeurs correspondantes.

Un synopsis des résultats obtenus en Europe Centrale a été effectué par DEELDER et WILLEMSSEN (19-4). Le tableau de valeurs et la courbe représentative des variations longueur-masse, correspondent exactement aux résultats que j'ai obtenus pour le sandre français.

Par contre, à longueur égale, un doré du Canada est plus gros qu'un sandre. MAGNIN et BEAULIEU (1967) ont étudié la relation « longueur-poids » sur 207 *Stizostedion vitreum* MITCHILL. L'équation mathématique obtenue est

$$P = 6,865 \cdot 10^{-6} LT^{3,07992}$$

La courbe représentative est reproduite sur la figure 7, avec la courbe obtenue pour le Sandre.

En résumé, cette étude morphométrique aboutit à deux conclusions positives :

1°) Une corrélation parfaite existe chez le sandre entre la longueur totale et la longueur fourche. Il sera donc possible de comparer entre elles des études de croissance, quelle que soit la mesure de longueur qu'elles adoptent.

2°) Malgré la grande variabilité biologique, la relation entre la longueur et la masse est établie avec une très bonne corrélation. Elle permettra de calculer la masse à partir de la longueur. Cette possibilité est valable pour les longueurs correspondant à l'échantillonnage étudié, soit environ de 20 à 80 cm. Ce résultat sera utilisé dans la troisième partie de ce travail : étude de la croissance.

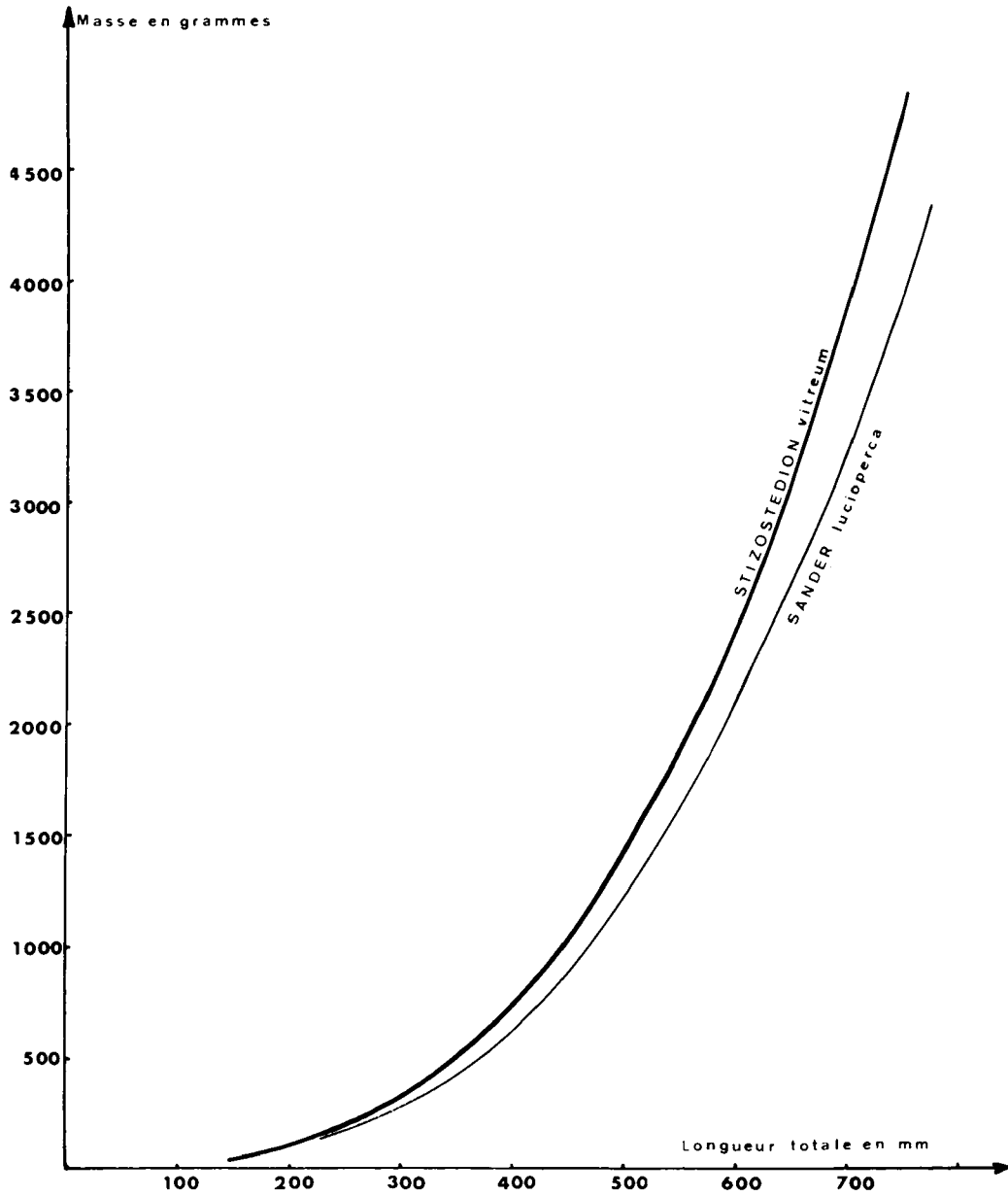


Fig. 7 — Variations de la masse en fonction de la longueur chez le Sandre et le Doré

III - ETUDE DE LA CROISSANCE

Malgré leurs déficiences, ces marquages sont très intéressants car ils permettent de faire une première étude de la croissance du Sandre dans les rivières du Sud de la France.

Les résultats obtenus sont approximatifs : les mesures de longueur et de masse effectuées par les pêcheurs peuvent parfois manquer de précision. De plus, nous ne connaissons pas l'influence du marquage sur la croissance du Sandre. Pour d'autres poissons, des études ont montré que le marquage provoque un retard dans la croissance (ESCHMEYER, 1959 ; MUIR, 1960 ; PECHACEK, 1956 ; SCHUCK, 1942). Pour les truites, ce retard peut être d'un à trois quarts de l'accroissement annuel normal (CUINAT et CASAUBON, 1963).

S'il en était ainsi pour le Sandre, les résultats de cette étude seraient donc systématiquement sous-estimés.

III - 1 - Age du poisson

Les poissons étudiés sont des poissons nés au printemps précédent leur marquage, en bassin de pisciculture. Leur âge, au marquage puis à la reprise, est calculable à partir de la date présumée de l'éclosion des œufs. J'ai adopté conventionnellement, pour cette date, le premier mai. J'ai fait ce choix car, d'après les auteurs, la fraie du Sandre se situe de mars à juin suivant les lieux et la température de l'eau (DEELDER et WILLEMSEN, 1964).

Pour le sud de la France, cette date semble correspondre aux dernières naissances d'alevins. Au printemps 1964, j'ai pu observer dans la pisciculture des Etablissements CORCHUS à Sylvéreal, les premières pontes d'œufs de sandre sur des nids artificiels le 24 mars, et à la pisciculture de Montech, dans le Tarn et Garonne, j'ai pu faire la même observation le 10 avril 1965.

Une erreur pourrait se produire pour la connaissance de l'âge si des poissons de plusieurs étés pouvaient se trouver mélangés aux sandres d'un été. Les méthodes d'exploitation de la pisciculture de Sylvéreal semblent éliminer ce risque.

III - 2 - Matériel

Sur les 99 retours de marque du département de l'Hérault, l'indication de la longueur hors de la capture est donnée pour 67 poissons, et l'indication de la masse pour 41 poissons.

Sur ces valeurs, j'en éliminerai une qui semble aberrante. Il s'agit d'un sandre repris à l'âge de trois ans et demi et dont la longueur à la capture aurait été de 105 cm et la masse 6350 grammes. Il n'est pas possible de savoir s'il s'agit d'un sandre géant ou d'une plaisanterie de pêcheur à la ligne.

Dans le Tarn-et-Garonne, sur 21 reprises, 12 longueurs à la capture sont indiquées, et 19 masses. Cet échantillon est trop petit pour pouvoir être étudié séparément du précédent.

En groupant donc toutes ces reprises, on dispose de 78 valeurs pour l'étude de la croissance en longueur, et de 59 valeurs seulement pour la croissance en masse. Mais il est possible, à partir des longueurs connues, de calculer les masses correspondantes par l'équation établie plus haut. On obtient ainsi 40 valeurs supplémentaires, ce qui donne un total de 99 masses exploitables.

Le tableau 8 indique la répartition des résultats utilisés. Les chiffres montrent bien qu'il n'est pas possible de faire l'étude de la croissance rivière par rivière.

TABLEAU 8

RIVIERES	Orb	Vidourle	Hérault, Lez et Mosson	Tarn-et-Garonne
Nombre de longueurs connues	34	20	12	12
Nombre de masses connues	19	8	13	19
Nombre de masses calculées	20	16	9	1
Total des masses exploitables	39	24	16	20

Répartition des données de marquage

III - 3 - Croissance en longueur

Afin de donner une idée de la répartition et de la dispersion des poissons étudiés, j'ai d'abord représenté par la figure 8, l'ensemble des couples de valeurs longueur-âge.

J'ai indiqué de manière spéciale les poissons des différentes rivières. Malgré sa dispersion, le nuage de points dessine bien l'allure générale d'une courbe de croissance.

J'ai ensuite groupé les poissons en classes d'âge en adoptant les conventions habituelles des biologistes des pêches (HUBBS, 1944 ; HILE, 1948). On désigne par le chiffre 0, la classe d'âge d'un poisson dans l'année de son éclosion, c'est-à-dire du premier mai au 31 décembre. Avec les conventions précédentes, cette classe groupe donc tous les poissons ayant de 0 à 7 mois inclus. Du 1er janvier au 31 décembre de l'année suivante, le poisson sera dans la classe I. Il aura de 8 à 19 mois. La classe II regroupera les poissons de 20 à 31 mois, la classe III : de 32 à 43 mois, la classe IV : de 44 à 55 mois, et la classe V : de 56 à 67 mois.

Pour chaque classe, j'ai calculé la longueur moyenne, l'écart type de cette longueur, l'erreur standard de la moyenne, puis l'intervalle de confiance de cette moyenne pour un coefficient de sécurité de 95 %. J'ai tenu compte du nombre réduit d'individus formant la classe, en utilisant le test t de Student-Fischer.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 9.

On ne dispose évidemment pas de poissons de la classe 0 puisque les marquages ont été effectués au mois de janvier qui a suivi la naissance donc, avec des poissons appartenant à la classe I.

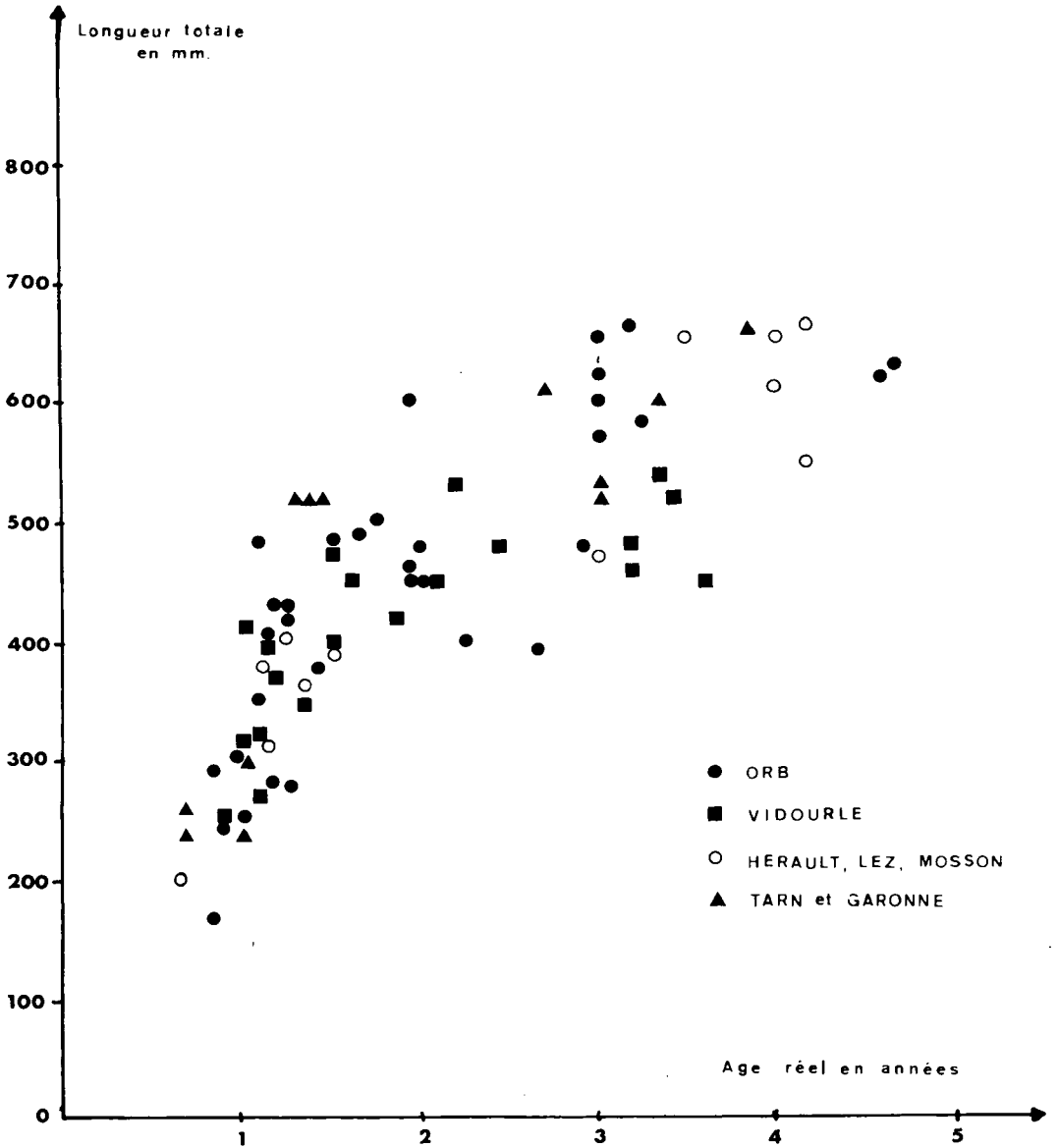


Fig. 8 — Croissance en longueur des Sandres dans les différentes rivières

Ceci correspond aux zones annulaires qu'on peut observer sur les écailles et qui permettent des lectures d'âge. Les tailles correspondantes sont donc celles que nous indique la courbe de croissance aux mois de janvier successifs, c'est-à-dire à l'époque du passage d'une classe à la classe supérieure. Les points correspondants sont indiqués sur le graphique et le tableau 10 rassemble les résultats. Avec une légère extrapolation de la courbe, on obtient la valeur de la longueur pour un sandre de 6 étés.

TABLEAU 10

Nombres d'étés	1	2	3	4	5	6
Longueur totale en mm	230	425	515	590	660	710
Accroissement annuel en mm	230	195	90	75	70	50

Longueur moyenne du Sandre et accroissement annuel de un à six étés.

Les résultats obtenus ci-dessus sont approchés. Pour plus de précision, il faudrait rechercher l'équation mathématique de la courbe de croissance. Mais l'échantillonnage dans les classes d'âge élevé est trop réduit pour pouvoir justifier une analyse mathématique plus approfondie.

On peut cependant observer que la longueur moyenne obtenue pour le Sandre de un été (230 mm) coïncide assez bien avec les longueurs des sandres au moment de leur marquage, et avec le résultat signalé par STEFFENS (1960) qui note que pour l'élevage en étang, la taille de 22,6 cm peut être atteinte en un été.

L'étude de la croissance en masse permettra de confirmer les chiffres obtenus pour la croissance en taille.

III - 4 - Croissance en masse

La figure 11 indique l'ensemble des couples de valeur masse-âge. On a représenté de manière différente les masses données, résultant des mesures faites lors de la capture, et les masses calculées à partir des longueurs données, en utilisant la relation longueur-masse. On voit sur ce graphique que les masses sont beaucoup plus dispersées que les longueurs. C'est un résultat habituel.

Le tableau 11 indique l'ensemble des résultats des calculs statistiques concernant les classes d'âge. Il permet de comparer le résultat obtenu en considérant simultanément toutes les masses, données et calculées, avec le résultat obtenu en ne considérant que les masses données. Les moyennes et leurs intervalles de confiance ont été représentés sur la figure 12. En considérant les résultats obtenus avec le total des masses, on peut observer que, malgré les grandes variations individuelles de masse, les intervalles de confiance ne se chevauchent pas au cours des premières années.

On peut remarquer aussi que l'intervalle de confiance de la moyenne trouvé avec l'échantillon réduit ne comportant que les masses données est beaucoup plus grand, et contient approximativement l'intervalle de confiance calculé avec le total des mesures.

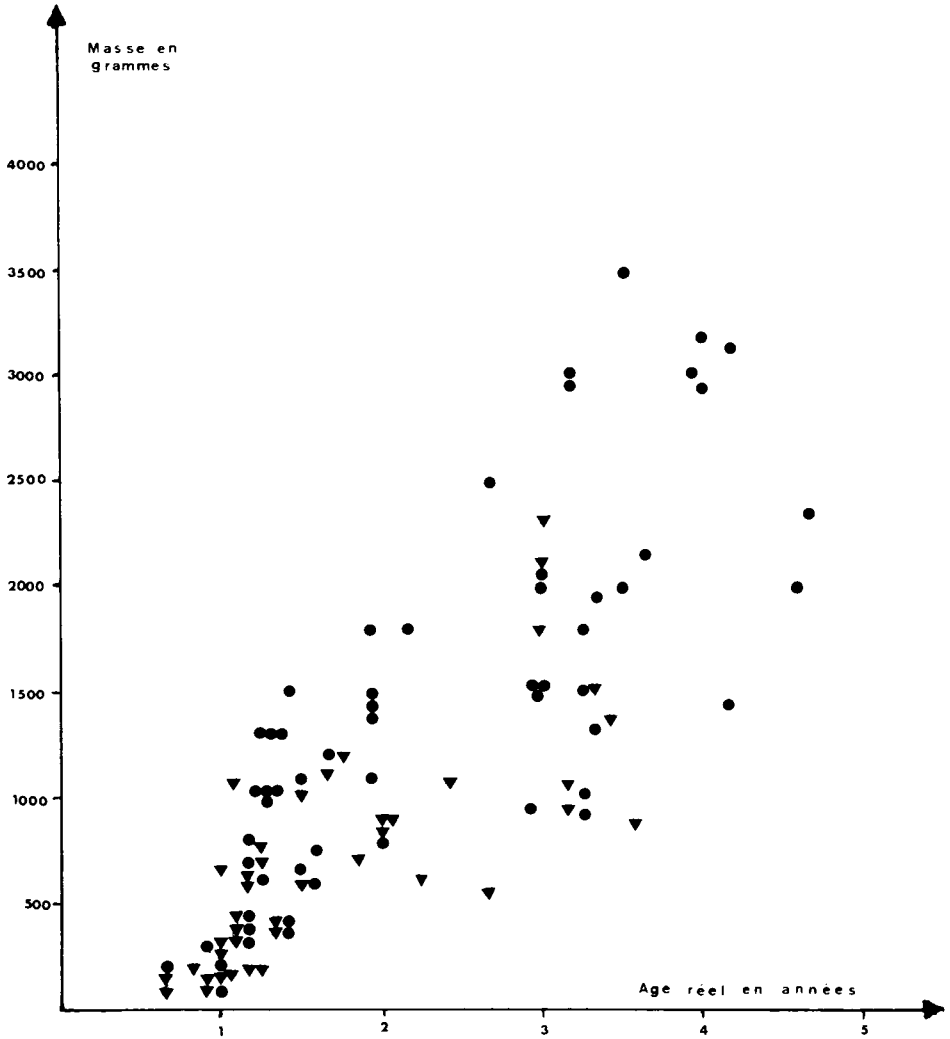


Fig. 11 — Croissance en masse du Sandre dans les départements de l'Hérault et du Tarn-et-Garonne

Les triangles correspondent aux masses calculées à partir de la longueur par la relation :

$$M = 7,90 \cdot 10^{-6} L^{3,034}$$

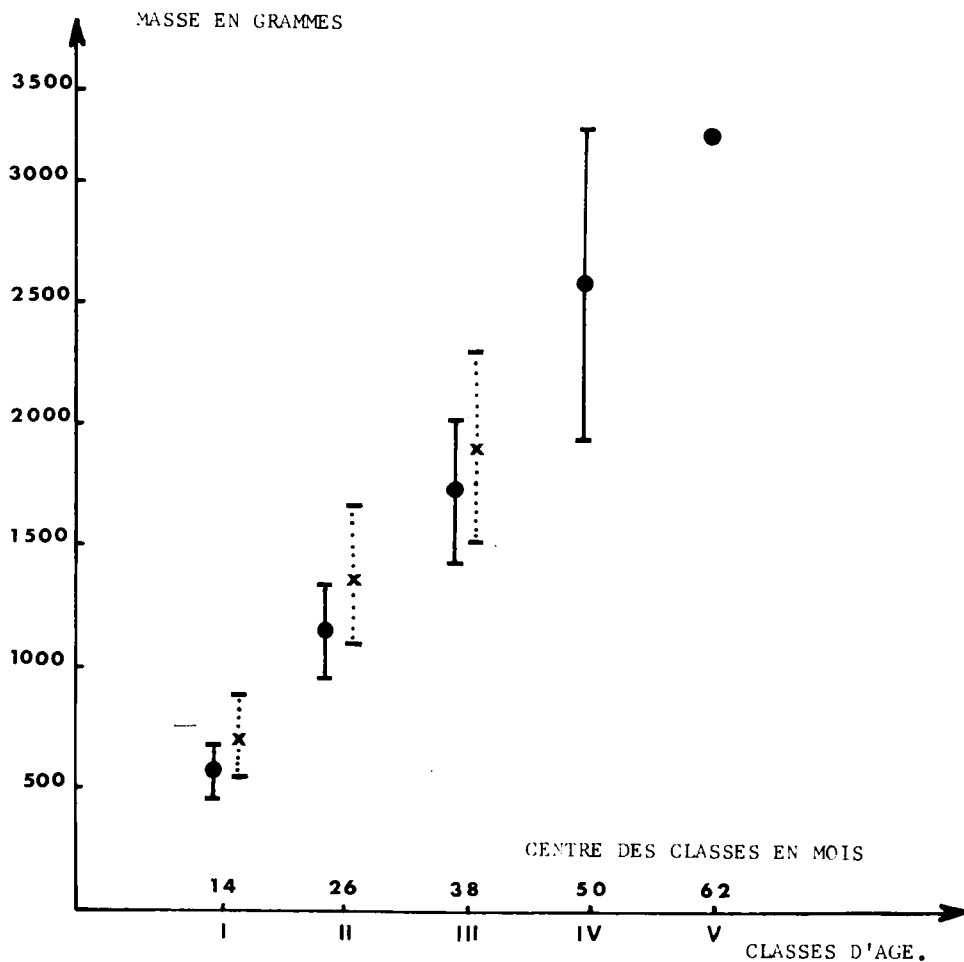


Fig. 12 — Croissance en masse du Sandre

Les croix correspondent aux moyennes des masses mesurées. Les points sont les moyennes de toutes les masses (masses mesurées et masses déduites de la longueur par l'équation : $M = 7,90 \cdot 10^{-6} L^{3,034}$)

Les traits de part et d'autre des moyennes donnent les limites des intervalles de confiance au risque de 5%

TABLEAU 11

Classes		N	Masse moyenne en grammes	σ	S_m	IC 95 %
I	TOTAL	48	576	349	50	476 - 676
	DONNEES	25	717	400	80	552 - 882
II	TOTAL	16	1 150	356	89	960 - 1 340
	DONNEES	8	1 375	340	120	1 091 - 1 659
III	TOTAL	26	1 719	728	143	1 425 - 2 013
	DONNEES	17	1 886	752	183	1 501 - 2 271
IV	TOTAL DONNEES	7	2 557	685	259	1 922 - 3 192
V	TOTAL DONNEES	2	3 175	1 166	825	

Calcul, pour chaque classe d'âge, de la masse moyenne, de l'écart type σ , de l'erreur standard S_m et des limites de l'intervalle de confiance de cette moyenne au risque 5 %, en considérant pour chaque classe l'ensemble des masses (données et calculées) puis seulement les masses données.

N : Nombre de poissons pour chaque classe.

(à suivre)