

AQUACULTURE DU TURBOT

Influence de la photopériode et du
mode de distribution de la nourriture
sur la croissance et la survie ;
comparaison de trois aliments composés
sur ces mêmes paramètres .



C. N. E. X. O.

C. O. B.

D.E.A. D'OCEANOGRAPHIE BIOLOGIQUE

UNIVERSITE de PARIS VI

Année 1977-1978

AQUACULTURE DU TURBOT

Influence de la photopériode et du
mode de distribution de la nourriture
sur la croissance et la survie ;
comparaison de trois aliments composés
sur ces mêmes paramètres .

- Hubert GROSSEL -

RAPPORT DE STAGE REALISE AU
CENTRE OCEANOLOGIQUE DE BRETAGNE
_Equipe AQUACULTURE _

Je remercie Monsieur LAUBIER qui m'a accueilli
pour ce stage au Centre Océanologique de Bretagne .

J'exprime mes plus vifs remerciements à
Jeanine PERSON qui a guidé la réalisation
de ce mémoire , et à tous les membres de
l'équipe Aquaculture qui m'ont également aidé .

L'objet de ce mémoire porte sur deux expériences (action de la photopériode et de trois aliments inertes) effectuées sur de jeunes turbots (*Scophthalmus maximus*) après leur métamorphose.

S'intégrant dans le programme de travail actuellement en cours au C.O.B. sur cette espèce de poisson, on ne trouvera ici qu'une présentation très succincte du turbot dans son aspect biologique et de ses techniques d'élevage utilisées au C.O.B., pour aborder plus rapidement les deux expériences en question.

1^{ère} PARTIE

GENERALITES

I- L'AQUACULTURE

- A-Historique de l'élevage du turbot p. 2
- B-L'aquaculture p. 3

II- LE TURBOT

- A-Le turbot dans son milieu naturel p. 5
- B-Techniques d'élevage du turbot p. 6

2^{ème} PARTIE

LES EXPERIENCES

I- MATERIEL

- A-Poissons p. 11
- B-Nourriture p. 11
- C-Les bacs p. 13
- D-L'eau p. 13
- E-L'éclairage p. 13
- F-Les mesures p. 14

II-METHODES

- A-Effets de la photopériode et du mode de distribution des aliments p. 16
- B-Comparaison de trois aliments composés p. 17

III- RESULTATS

A-Photopériode et mode de distribution des aliments	p.18
1-Croissance pondérale moyenne	p.19
2- " " totale	p.20
3-Survie	p.21
4-Coefficient de condition	p.23
5-Taux d'accroissement pondéral	p.24

B-COMPARAISON DES TROIS

ALIMENTS COMPOSES p.25

1-Croissance pondérale moyenne	p.25
2- " " totale	p.25
3-Survie	p.26
4-Coefficient de variation	p.26
5-Coefficient de condition	p.27
6-Taux d'accroissement pondéral	p.27

IV- DISCUSSION p.28

BIBLIOGRAPHIE p.33

ANNEXE	p.35
A-Relation Taille-Poids	p.35
B-Croissance de la population	p.38
C-Evolution de la distribution	p.38
D-Mortalité et classes de poids	p.39
E-Mortalité et coefficient de variation	p.41
F-Tests statistiques utilisés	p.42

1^{ère} PARTIE

I - L'AQUACULTURE

A/ HISTORIQUE DE L'ELEVAGE DU TURBOT.

Très tôt, à cause de la qualité de sa chair et de la raréfaction des prises, on s'intéressa à ses possibilités d'élevage.

DANNEVIG (1895-1897) fut le premier à tenter, sans succès réel, l'élevage de larves de turbot (GIRIN, sous presse), en laboratoire.

En 1897, FABRE-DOMERGUE et BIETRIX, se rapportant à leurs expériences et à des travaux antérieurs, écrivaient : "Le turbot sera peut-être de tous nos poissons comestibles le plus facile et le plus profitable à élever (...). On connaît assez bien aujourd'hui les principaux traits de son histoire embryologique. Nous nous sommes donc moins attachés à en étudier le développement qu'à déterminer les meilleures conditions préparatoires à sa multiplication et à sa croissance".

MALARD, en 1899, était encore plus optimiste : "Je crois pouvoir affirmer que la pisciculture du turbot sera possible et relativement facile si l'on possède des bassins d'élevage d'une capacité suffisante".

Mais ces auteurs, de même qu'ANTHONY, en 1910, ne purent résoudre le problème de l'alimentation larvaire, malgré l'obtention d'éclosions, et les essais d'élevage de larves de turbot furent abandonnés pendant un demi-siècle.

En 1939, ROLLEFSEN montrait la possibilité d'utiliser comme nourriture de larves de poissons le crustacé phyllopode *Artemia salina*.

Ces tentatives furent reprises par THACKER (in JONES 1972) qui obtint une 1ère métamorphose à 68 jours avec un régime de *Brachionus* et d'*Artemia* à 16° C. Des travaux sur des juvéniles sauvages poussèrent à l'optimisme, mais l'élevage larvaire à partir d'oeufs éclos en laboratoire présenta très vite des difficultés qui ne sont pas toutes résolues à l'heure actuelle.

En même temps que les anglais (JONES, ALDERSON et HOWELL, 1972), le C.O.B. lança un programme d'étude de l'élevage du turbot (GIRIN, 1972) qui se poursuit sur l'élevage larvaire pour lequel on a encore de fortes mortalités, sur le prégrossissement et le grossissement, mais aussi sur la reproduction (conditions de stabulation des géniteurs, et mauvaises réponses au décalage de pontes par raccourcissement des cycles photopériodique et thermique).

B/ L'AQUACULTURE.

L'aquaculture marine s'attache à l'élevage d'espèces présentant une possibilité d'élevage et un intérêt commercial.

Pour ce qui est des poissons marins, ces espèces sont en France, le bar, la sole, le turbot, la daurade; le saumon et la truite de mer pour les poissons amphibiotes.

On peut partager le problème posé en trois catégories :

1- Problèmes liés à la reproduction : obtention des oeufs et des larves à partir de géniteurs entretenus sur place (stabulation).

2- Problèmes liés à l'élevage larvaire : obtention d'alevins de 1 à 2 g.

Ces deux premiers points s'accomplissent dans les écloséries.

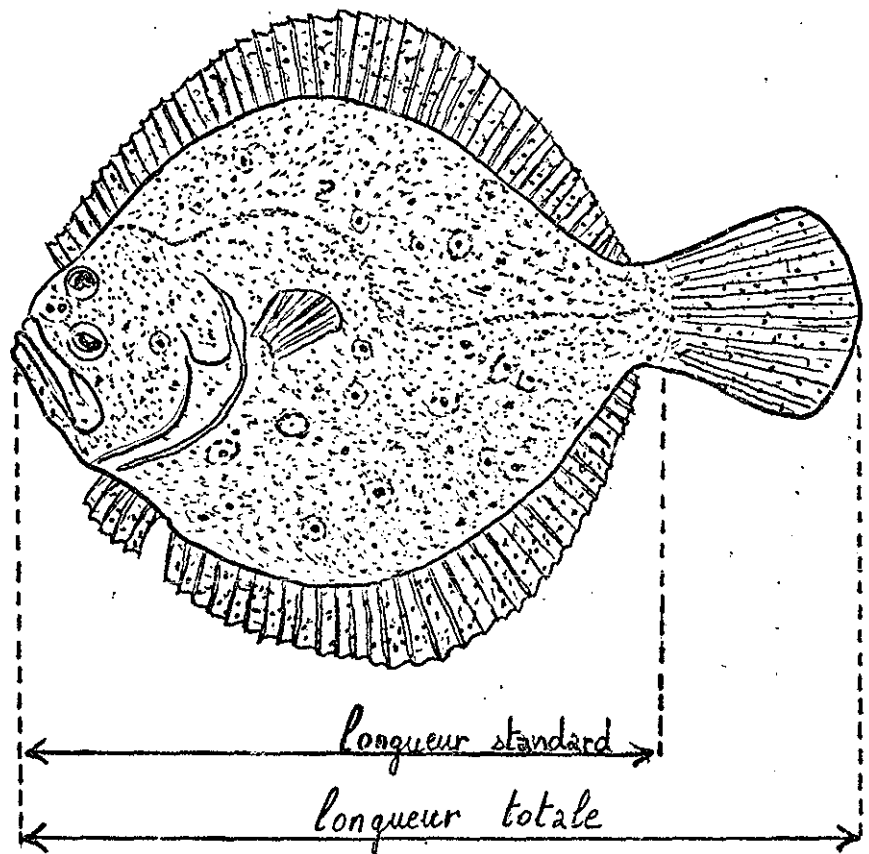
.../...

3- Problèmes liés au grossissement, celui-ci étant décomposé en :

- prégrossissement, qui mène les juvéniles jusqu'à une taille de 50 g environ, et qui se fait dans les nurseries ;
- grossissement proprement dit, qui mène les poissons jusqu'à la taille commerciale ou jusqu'à la maturité sexuelle où ils pourront être à leur tour utilisés comme géniteurs. Ce grossissement peut se faire soit dans des unités de production intensive (fermes marines), soit extensive (étangs lagunaires) ou semi-extensive, soit librement dans le milieu naturel, dans le cas d'opération de repeuplement.

Alors que le grossissement est d'abord soumis aux contraintes économiques, les travaux d'écloserie et de nurserie doivent user de tout le secours de la technique sans que l'avenir économique de l'élevage en soit pour autant compromis. En écloserie on s'occupe en effet d'un animal de petite taille dont les exigences (nutritionnelles et d'environnement-) changent dans le temps : l'oeuf éclot et la larve se métamorphose en juvénile. Ces phases sont très rapprochées et ont de sévères contraintes biologiques. Le nombre d'individus par unité d'élevage est important, le problème est d'obtenir la meilleure survie et la meilleure croissance possibles. Les juvéniles en nurserie nécessitent encore des soins constants et la mise au point de meilleures conditions.

On s'attache, avant comme après la métamorphose, à déterminer les meilleures conditions d'élevage et, du point de vue nutritionnel, à s'affranchir le plus tôt possible d'une source de nourriture vivante en passant à un aliment inerte.



Le turbot

figure 1

II - LE TURBOT (*SCOPHTHALMUS MAXIMUS*)

TELEOSTEEN, BOTHIDE

A/ QUELQUES ASPECTS DU TURBOT DANS LE MILIEU NATUREL.

Abondant en Mer du Nord, en Atlantique jusqu'aux côtes marocaines, et présent en Méditerranée, c'est un poisson plat, benthique, mais qui ne fréquente guère des fonds inférieurs à 10 m. Son poids peut dépasser 10 kg. Il est exempt d'écailles.

Les femelles de turbot atteignent leur maturité sexuelle à l'âge de 3-4 ans (plus tôt en eau chaude 18° C), elles mesurent alors de 35 à 45 cm de longueur standard (de l'extrémité antérieure au début de la nageoire caudale) et pèsent environ 1,5 à 2 kg (Il est à remarquer que le turbot atteint la taille commerciale de 30 cm dans sa troisième année, il peut donc être pêché avant de s'être reproduit).

La ponte sur nos côtes débute à la fin du mois de mai et se poursuit jusqu'à la mi-juillet (LAHAYE, 1972).

Les oeufs, transportés par les courants, se développent en surface. La larve à l'éclosion vit quelques jours sur ses réserves vitellines, puis recherche sa nourriture constituée exclusivement d'organismes planctoniques. Ses yeux sont très développés.

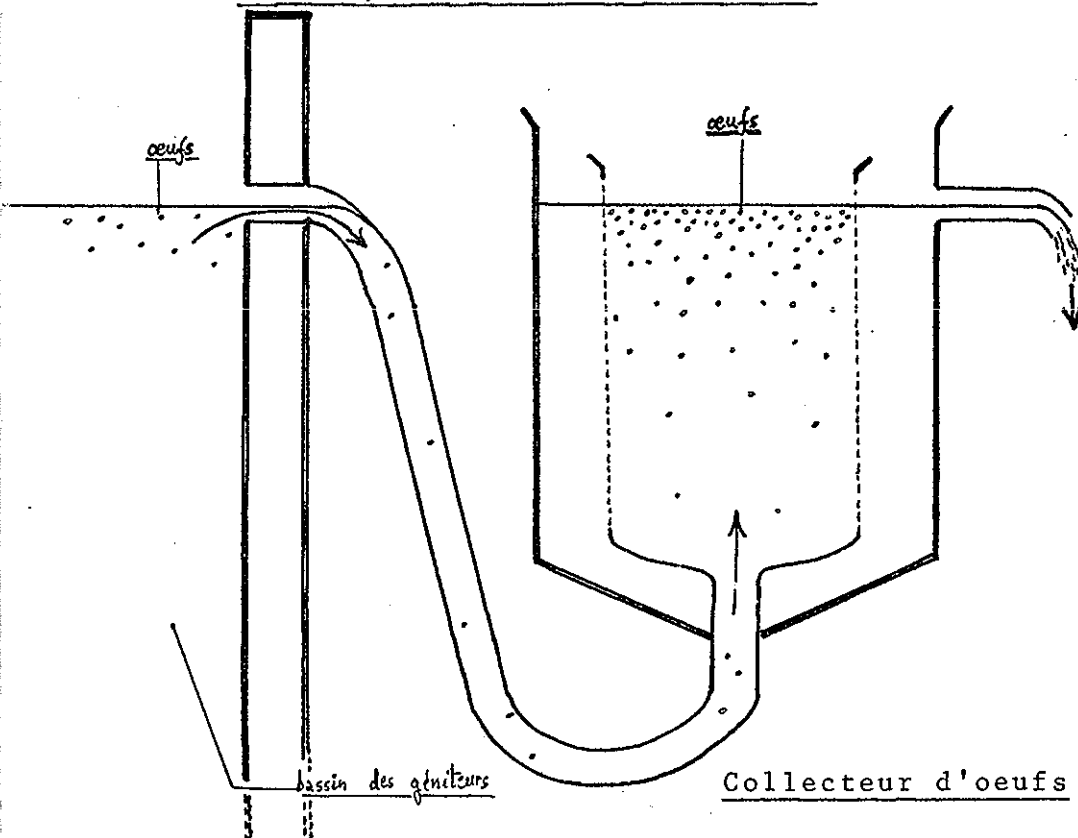
Cette vie pélagique, qui dure environ 1 mois à 1 mois 1/2, s'achève par une phase critique de la vie du turbot : sa métamorphose qui commence à 20 jours et s'achève à 40-50 jours à 18° C. Le phénomène le plus caractéristique en est la migration ^{de l'a} droit vers le côté gauche, en passant sur le bord dorsal de la larve qui, perdant sa symétrie bilatérale, se couche sur le côté droit et acquiert les caractéristiques d'un poisson plat. Une

.../...

pigmentation apparaît sur la face oculaire. Le comportement pélagique disparaît et le jeune alevin, couché sur le fond, adopte le comportement de l'adulte ; il ne se met pratiquement en mouvement que pour aspirer une proie entrée dans son champ visuel.

Au cours des premiers mois, l'alimentation est basée presque exclusivement sur les crustacés de petites tailles, Amphipodes et Mysidacés . préférentiellement (DENIEL, 1973). Puis les turbots adoptent un régime où les poissons (Téléostéens benthiques surtout) prennent une part de plus en plus importante et deviennent de plus en plus gros.

B/ TECHNIQUES D'ELEVAGE DU TURBOT.



Les oeufs de turbot, obtenus dans le bassin de 40 m³ de géniteurs, sont récoltés par flottation (comme ceux des soles et des bars élevés au C.O.B.). La température est alors aux environs de 14° C.

.../...

La qualité de la ponte est très variable d'une année sur l'autre (selon l'état des géniteurs), d'un lot à l'autre, et même d'une ponte à l'autre.

Après la récolte, les oeufs sont transférés pour l'incubation dans des barquettes à fond de toile à plancton baignant dans un bac thermostaté et bien oxygéné par un apport d'eau neuve. La durée d'incubation est inversement proportionnelle à la température de l'eau (JONES, 1972). Elle est de 96 heures à 16-18° C (GIRIN, 1978).

Le tableau I (GIRIN, 1977) compare différents poissons auxquels on s'intéresse au C.O.B. (sole, bar, turbot et rouget-barbet) par différents paramètres : diamètre moyen des oeufs, poids moyen de larves à l'éclosion, qualité de la nourriture offerte en début d'alimentation et réaction des larves, taux de survie à 1 mois, et pourcentage de survie à 50 mg. Il montre que les oeufs de turbot, qui ne comportent qu'un seul globule lipidique, sont plus petits (1,06 mm de diamètre) que ceux de la sole et du bar, que le poids de la larve (0,29 mg) correspond à cette différence de taille. On retrouve ces différences dans les taux de survie à 1 mois à 18° C (4 % pour le turbot) et dans le pourcentage de survie à 50 mg (2 %).

La taille de la larve de turbot à l'éclosion est de 2,7 à 3 mm de longueur.

Ainsi, la larve de turbot est petite et fragile (faible taux de survie). Elle résorbe son vitellus en 3 jours à 18° C. Sa bouche n'est pas encore fonctionnelle.

On peut suivre les différentes phases de l'élevage du turbot durant les deux premiers mois (GIRIN, 1972).

.../...

	SOLE	BAR	TURBOT	ROUGET-BARBET
Diamètre moyen des oeufs (mm)	1.39	1.25	1.06	0.87
Poids moyen de la larve à l'éclosion (mg)	0.65	0.45	0.29	0.16
Réaction en début d'alimentation				
au nauplius d' <i>Artemia</i>	++	+	-	-
à <i>Brachionus plicatilis</i>	+++	+++	+++	+
à des larves de bivalves	?	+	++	+++ (avec <i>Gymnodinium</i>)
Taux de survie moyen à 1 mois (18°C)	55	28	4	0,05
Pourcentage de survie moyen à 50 mg	55	19	2	0

Girin 1944

TABLEAU 1 - Données moyennes sur quatre espèces de poissons marins élevés en conditions identiques. Les oeufs proviennent de pontes naturelles de reproducteurs captifs. Les taux de survie sont calculés depuis l'éclosion, pour des larves élevées en bacs de 150 à 450 l, avec un approvisionnement en nourriture apparemment suffisant. +++ bonne nourriture, ++ nourriture de remplacement possible, + plus ou moins consommée, mais non recommandée comme nourriture de base, - non consommée.

De la naissance au 3ème jour : Le lendemain de l'éclosion, les larves sont transférées dans des jarres de 100 à 450 l, à fond conique, avec un léger bullage par le fond. Les larves étant pélagiques, on peut purger les jarres par le fond. Les turbots supportent mal les fortes concentrations (concentrations utilisées : bar, 60-80 larves/l ; sole, 50-100 larves/l ; turbot, 20-60 larves/l). Pas d'alimentation, la larve vivant sur ses réserves vitellines. Lumière continue (24 heures de lumière).

4ème au 5ème jour : Début de l'alimentation, tandis que s'achève la résorption du vitellus. On nourrit sur *Brachionus* (Rotifère) dont la taille varie de 90 μ à 250 μ , et qui est produit sur *Tetraselmis* en poudre (algue unicellulaire Eucchlorophycée).

La 1ère semaine correspond à la première phase critique (à forte mortalité) correspondant à la non alimentation de certaines larves pour des raisons anatomiques (malformation de la bouche) ou pour d'autres raisons (inappétence...).

Le 8ème jour, on introduit dans l'alimentation des nauplii d'*Artemia* (Crustacé Branchiopode) (550-600 μ) produits sur des spirulines en poudre. Une autre cause de la mortalité peut être l'absence de proies offertes entre 250 et 550 μ , les tailles maxima et minima respectivement des *Brachionus* et des *Artemia*.

10ème-20ème jour : Nourriture composée d'*Artemia* seulement : nauplii puis A₂ (*Artemia* de 2 jours ; taille : 1 mm.)

La larve se transforme progressivement en alevin aplati latéralement. A partir de la 2ème semaine l'oeil droit commence sa migration, tandis que le poisson nage en gardant ses yeux dans le même plan horizontal, donc de plus en plus incliné.

Dès le 18ème jour, le comportement des larves change : elles se concentrent en surface dans les 20 premiers centimètres. Leur densité y est alors trop grande, et peut même entraîner un cannibalisme (PERSON-LE RUYET, comm. pers.). On remédie par le transfert des larves dans des bacs carrés à fond plat et à évacuation par le fond, classiques en pisciculture, de volume variable (200 à 2 000 l).

L'oxygénation de ces bacs se fait sans aération : l'eau neuve arrive en surface, provoquant un lent courant circulaire dans le bac, et ressort par la grille du fond, entraînant une partie des déchets.

La photopériode est toujours de 24 heures de lumière pour 24 heures.

21ème-28ème jour : 2ème période critique (forte mortalité expliquée par la métamorphose).

Les poissons se nourrissent irrégulièrement, montrent une très forte sensibilité à l'éclairement. Beaucoup prennent une pigmentation très sombre.

29ème-45ème jour : Les poissons, dont la pigmentation s'atténue progressivement, recherchent toujours leur nourriture près de la surface, mais font des stations de plus en plus fréquentes sur le fond.

Après le 45ème jour : Le poisson prend en quelques jours le comportement de l'adulte : il reste immobile sur le fond (s'enfouit dans le sable s'il y en a) sauf lors de la distribution de nourriture où il se met à chasser au ras du fond, ne s'en éloignant que lorsqu'il a aperçu une proie. C'est la fin de la métamorphose (vers 50 jours). Le sevrage (passage de la nourriture vivante à un aliment inerte) s'achève à 60 jours.

Ces dernières années, le passage à l'aliment inerte se faisait vers 50 jours, fin de la métamorphose, en utilisant de l'*Artemia* lyophilisée comme appétant.

Depuis 1977, il est montré (PERSON-LE RUYET) qu'il est bien moins onéreux (par suppression des *Artemia* aux stades IV et VI), et aussi plus facile d'introduire l'aliment inerte vers 30 jours à 18° C (les larves pèsent alors 50 mg.)

On conjugue donc actuellement métamorphose et changement d'alimentation.

Les aliments inertes sont présentés soit secs (granulés) soit humides (pâte ou granulé réhydratable). On étudie actuellement les meilleures possibilités offertes.

2^{ème} PARTIE

LES EXPERIENCES

=====

I - MATERIEL

A/ LES POISSONS

Les juvéniles de Turbot sur lesquels l'expérimentation a été menée, proviennent d'une ponte anglaise dont les oeufs ont été transférés au C.O.B. vers le milieu de leur incubation, période la plus recommandable pour le transport (Ph. LEMERCIER et M. GIRIN 1976).

Leur éclosion s'est faite le 28 février 1978.

Selon les techniques présentées précédemment, ils ont été menés de 25 jours (25 jours étant l'âge de division du lot en deux groupes dont l'histoire est retracée dans le tableau II), jusqu'à l'âge de 70 jours, lorsque commence l'expérimentation proprement dite.

Le mode et l'âge de sevrage diffèrent pour les deux groupes.

B/ LA NOURRITURE

Trois types d'aliments composés ont été utilisés.

.../...

Tableau II

Oeufs d'origine anglaise - Eclosion le 28 Février 1948

1^{er} lot : effets de la photopériode

2^{ème} lot : Comparaison de 3 aliments Composés

25 jours	1650 larves								
	Serrage : pâte (Poisson + Moule + Artemia) + granulé I (4/6)								
	Survie 23%								
50 j	348 larves de 250 mg								
	nouvelle nourriture : GSO bar								
	Survie 83%								
60 j	312 juvéniles de 353 mg répartis en huit bacs								
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	
	39 juvéniles par bac								
	On ramène à 30. Les petits en supplément vont en								
	Survie 80%								
70 j	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	E
	nb. juvéniles	30	30	30	30	30	30	26 petits	30
	Eclaircissement : heures de lumière par jour	6 ^h		12 ^h		18 ^h		24 ^h jour	

30 jours	200 larves		
	serrage : granulé I + 10 A (4/6) : + 10% d'Artemia pygospillata comme attractant		
	Survie 44%		
50 j	87 larves de 250 mg		
53 j	81 larves dans trois bacs :		
	(A)	(B)	(C)
	24 larves	27 l.	27 l.
60 j	Survie 87%	25 juvéniles de 375 mg	25 juvéniles de 401 mg
	Adaptation au mélange des trois aliments		
	1/3 I (6/8) + 1/3 GSO bar + 1/3 GSO saumon rehyd.		
65 j	nourris avec I (6/8)	GSO bar	GSO saumon rehyd.
	Survie 92%		
70 j	23 juvéniles de 465 mg	23 juvéniles de 813 mg	23 juvéniles de 700 mg

Tableau II

1 - Granulé 1 bar : fabriqué au C.O.B., utilisé pour l'élevage des juvéniles de bar, on teste sa valeur nutritionnelle sur le Turbot.

Il se présente sous forme de granulé sec dont la granulométrie utilisée varie de 400 à 1 250 μ (tableau III).

2 - GSO bar : produit industriellement par les Grandes Semouleries de l'Ouest, sous le nom d'Aqualim, et utilisé pour l'élevage des bars.

La granulométrie utilisée varie elle aussi selon les besoins.

3 - GSO saumon rehydratable : il est produit par la même Société et testé actuellement au C.O.B.. Il est conservé sous forme de granulés secs qu'il faut rehydrater avant leur distribution aux poissons.

La granulométrie présentée dans le tableau III est valable pour les grains à secs. En effet, hydratés ils gonflent légèrement, et sensiblement même pour le GSO saumon rehydratable.

Le passage d'une taille de granulé à la taille supérieure (adaptation du diamètre de l'aliment aux possibilités de la bouche des poissons) se fait progressivement, en une semaine environ, en diminuant la proportion du granulé de petite granulométrie que l'on abandonne et en augmentant celle du granulé de granulométrie supérieure que l'on introduit ainsi dans l'alimentation.

Cela se fait après un essai sur les poissons, selon le sentiment que l'on a de son opportunité.

Le tableau IV (M.H. BARAHONA-FERNANDES 1977) compare la composition chimique des aliments pré-cités. Celle du GSO rehydratable, non précisée par les fabricants, est de composition voisine de celle du GSO bar.

La nourriture est présentée aux poissons par des distributeurs qui font tomber petit à petit les granulés dans l'eau.

Granulés Granulométrie	I bar	GSO _{bar}	GSO saumon rehydratable	Consommateurs
400 - 600 μ	I (4/6)	GSO _{bar} 1 ^{er} âge	GSO saumon. rehyd. 1 ^{er} âge	turbots de 50-60 j.
600 - 800 μ	I (6/8)	GSO _{bar} 2 ^{es} âge	GSO saumon. rehyd. 2 ^{es} âge	" " 70-80 j.
800 - 1000 μ	I (800/1000)	GSO _{bar} 3 ^{es} âge	GSO saumon. rehyd. 3 ^{es} âge	" " 90-110 j.

Tableau III : Granulés, leurs granulométrie, appellations et leurs consommateurs

Composition et analyse chimique des aliments utilisés (en pourcentage de la matière sèche)

		No. 1 bar			"Aqualim" GSO _{bar}	
Formules de base	Composition	Farine de hareng de Norvège:			Concentré de protéines de poisson,	
					18,2	farine de poisson,
					22,7	viande,
					17,4	sang,
					9,8	lactosérum,
					4,0	levure,
					4,1	germe de blé,
					8,0	grauau,
					13,8	huile végétale,
					2,0	composé minéral,
				composé vitaminisé antioxydé (d'après les renseignements du fabricant).		
			100,0			
	Attractant (poudre d'Artemia salina lyophilisé)	0%	10%	30%		
Aliments utilisés	Protéines (NX 6,25)	52,6	52,8	53,1	protéines { 56% GSO 1 ^{er} âge lipides 13,1 { 56% GSO 2 ^{es} âge sels 9,9 { 54% GSO 3 ^{es} âge	
	Lipides	12,8	12,6	11,5		
	Sels	9,9	10,1	9,7		

Tableau IV (H.H. Barakoma-Fernandes 1944)

Pour les deux GSO., l'adjuvant vitaminique est, pour 100 Kg.:

- vitamine A : 2.000.000 UI
- " D3 : 200.000 UI
- " E : 10 Grammes

Antioxydant : Exthoxyquin

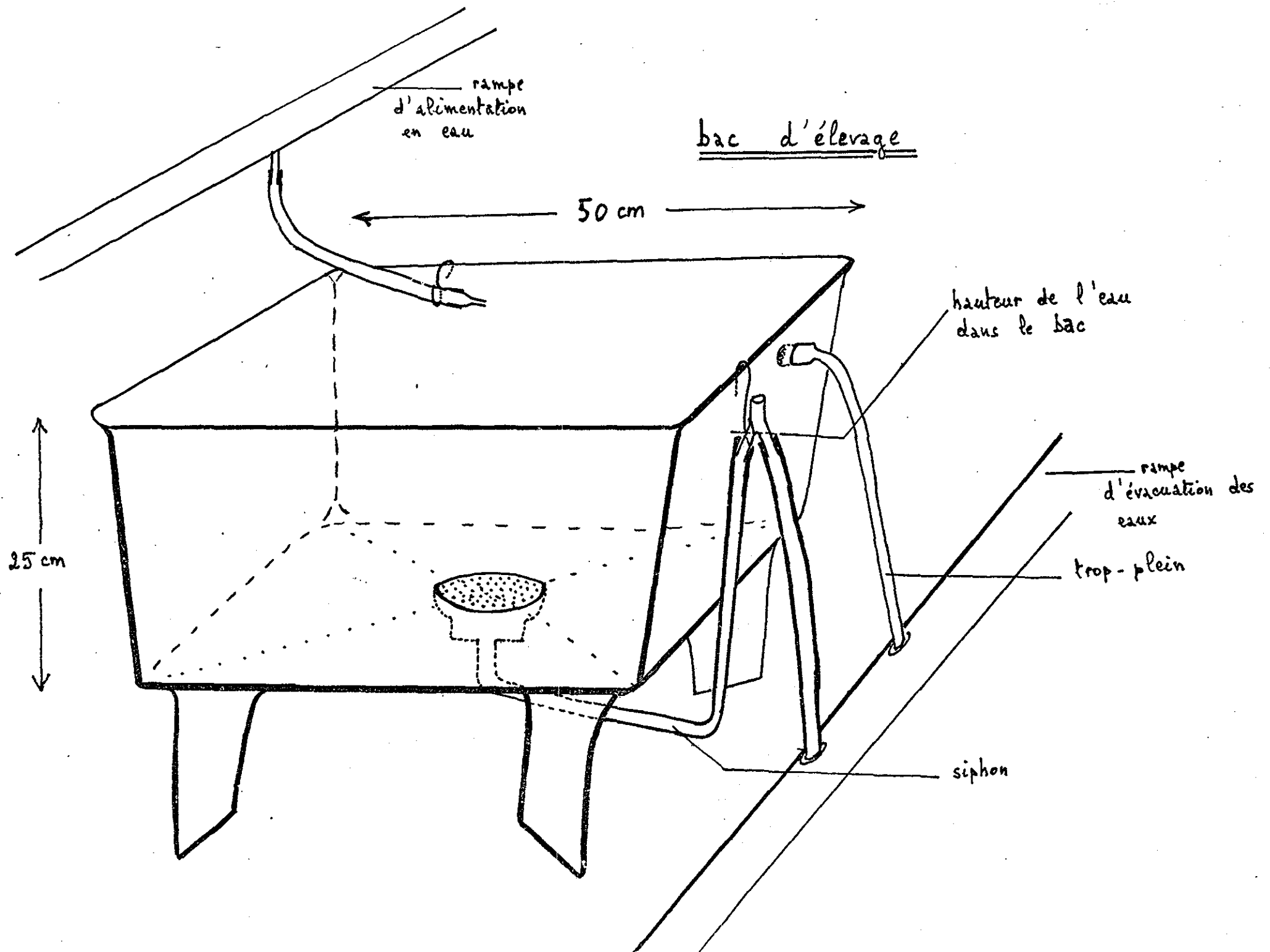


figure 2

C/ LES BACS

Petits bacs carrés à angles arrondis, et à fond en pente légère vers l'évacuation centrale (fig. n° 2).

Les dimensions sont :

- . hauteur : 25 cm
- . les deux largeurs : 50 cm

La hauteur d'eau moyenne est d'environ 12 cm, ce qui donne un volume d'eau de 30 litres environ.

La circulation de l'eau se fait par un apport d'eau neuve au débit de 1 litre par minute. Le renouvellement complet de la masse d'eau se fait donc en une demi-heure.

Les poissons reposent directement sur l'enduit gris qui revêt le bac ; on n'utilise pas de fond de sable.

D/ L'EAU

Eau de mer de salinité 35 %, partiellement recyclée (10 % du volume par heure) après son utilisation (filtre à coquilles d'huitres avant la pompe, et filtre à sable après).

C'est l'eau puisée dans la rade, décantée avant distribution, qui alimente l'ensemble des installations du C.O.B.

La température de l'eau des circuits utilisée est de 19°C (\pm 1°C). Elle est contrôlée plusieurs fois par jour.

La teneur en oxygène est mesurée en pourcentage à la saturation pour la température donnée. Elle est comprise entre 70 % et 100 %. Une mesure par jour est effectuée en fin de matinée.

Les autres facteurs physicochimiques ne sont pas mesurés régulièrement (l'organisation des laboratoires ne le permet pas).

Le p H est aux environs de 8,2.

E/ ECLAIREMENT

Les bacs soumis à l'éclairage naturel du Hall

.../...

reçoivent, disposés comme ils sont, entre 150 et 500 lux à la surface de l'eau selon le temps, en milieu de journée.

Les bacs destinés à l'expérience sur l'effet de la photopériode sont éclairés par des tubes GROLUX de type "Lumière du jour" (le spectre est voisin de celui de la lumière naturelle).

L'intensité lumineuse est de 500 à 1 000 lux à la surface de l'eau du point le moins éclairé des bacs au point le plus éclairé. (800 lux en moyenne)

F/ LES MESURES

On suit deux paramètres :

- . la survie,
- . la croissance en longueur et en poids.

La survie, exprimée en taux de survie, se mesure à partir du début de l'expérience (60 jours pour la comparaison des trois aliments composés, 70 jours pour l'effet de la photopériode).

Chaque jour les morts sont recensés.

Tous les 10 jours, les poissons de chaque bac sont pesés et mesurés. Le poisson est sorti de l'eau, égoutté sur une serviette en papier, et on mesure sa taille et son poids.

Il est ensuite remis à l'eau dans un autre récipient.

L'opération dure environ 30 secondes par poisson. On profite de l'opération des mesures pour nettoyer entièrement les bacs d'élevage.

Précision des mesures :

survie : sans erreur; on repère très bien le cadavres que l'on élimine après recensement.

longueur : Les poissons sont mesurés en centimètres.
La précision est plus grande pour les grands poissons que pour les petits.
On l'estime à $\pm 0,1$ cm.

poids : On mesure les poids humides, exprimés en grammes.
La précision est au centième de gramme.
Mais, ayant affaire à un poisson mouillé, bien qu'égoutté, l'erreur sur le poids humide vrai est relativement importante. Cependant, on estime que statistiquement, elle est toujours la même. Ce qui est mesuré et interprété est donc le poids humide observé, légèrement supérieur à sa valeur exacte qu'il n'est pas facile d'apprécier car on travaille sur des animaux fragiles et en nombre restreint.*

Notons que les valeurs estimées (à partir des valeurs pondérales obtenues au centième de gramme) à la deuxième décimale de 0,05 g en 0,05 g par arrondissement à la valeur la plus proche, ont donné la même moyenne pondérale et le même écart-type que les valeurs obtenues.

La précision au centième de gramme n'était donc pas nécessaire. Toutefois, nous avons conservé les valeurs obtenues telles quelles.

* Le poids humide plus précis obtenu d'un poisson essuyé (on retire alors le mucus protecteur) est environ 10 % inférieur à celui du poisson seulement égoutté. Mais un tel traitement peut être très mauvais pour les poissons (plus grande sensibilité cutanée aux infections)

II - METHODES

A/ EFFET DE LA PHOTOPERIODE SUR LA SURVIE ET LA CROISSANCE

Pour monter cette expérience, on est parti de deux faits reconnus mais pas toujours précisés pour chaque espèce de poisson :

- Les stimuli lumineux affectent les récepteurs sensoriels des poissons (yeux, glande pinéale) et induisent des changements dans leur physiologie (BLAXTER 1970). La croissance peut être affectée.

- Le comportement des poissons varie lui aussi selon le mode d'éclairement, en particulier le comportement alimentaire, selon que l'espèce se nourrit préférentiellement de jour ou de nuit, ou indifféremment.

Nous avons voulu aborder ces deux aspects en utilisant :

- des cycles photopériodiques différents,
- pour chaque photopériode une combinaison de 2 bacs :
 - . un bac à nourriture continue (24h/24)
 - . un bac à nourriture durant la phase d'éclairement.

Les bacs sont donc regroupés deux par deux dans des enceintes étanches à la lumière, sauf le lot des témoins soumis à l'éclairage naturel.

Pour les bacs à éclairage discontinu, l'allumage et l'extinction des tubes, provoqués par des horloges, se font brutalement (ni aube, ni crépuscule).

Ils s'allument à 9h du matin, heure du début des soins. Les soins journaliers consistent en un nettoyage des bacs et une purge du système d'évacuation des eaux usées.

Les distributeurs de nourriture sont alimentés après les soins.

Les poissons suivis dans cette expérience sont ceux du premier groupe, qui ont été sevrés à 25 jours.

Le bac D2, contenant les petits poissons regroupés à partir des autres bacs, sera étudié séparément.

L'aliment servi aux poissons est le GSO_{bar}.

B/ COMPARAISON DE TROIS ALIMENTS COMPOSES

On suit dans cette expérience l'effet sur la croissance et la survie des Turbots du deuxième groupe (sevrés à 30 jours) des trois aliments composés déjà présentés :

- . le 1 bar
- . le GSO bar
- . le GSO saumon réhydratable.

La méthodologie est la même.

La distribution de nourriture se fait en continu (24h/24), mais elle se fait plus irrégulièrement pour le GSO réhydratable qui doit être humidifié juste avant distribution par repas successifs.

III - RESULTATSA/ EFFET DE LA PHOTOPERIODE ET DU MODE DE DISTRIBUTION DE NOUR-
RITURE

Le tableau V fournit les résultats pondéraux et de survie aux différentes dates de mesures exprimées en âge des Turbots (70 à 110 jours).

On y trouve pour chaque bac et à chaque date :

- le poids moyen humide des poissons, avec son interval de confiance à 95%
- le poids total humide des poissons.
- la survie (en pourcentage).









Ces résultats chiffrés sont illustrés par les courbes rassemblées dans les planches jointes.

Les longueurs, mesurées au même titre que les poids, n'ont pas été utilisées pour l'estimation de la croissance.

La liaison entre la taille et le poids est significative. Le poids est une mesure plus parlante en Aquaculture.

Aussi, à l'inverse des anglo-saxons, exprimons-nous la croissance en poids et non en taille.

On compare ici les résultats obtenus à 110 jours, fin de l'expérience.










PHOTOPERIODE	Nourriture continue	Nourriture durant la photophase
6 heures de lumière par 24 heures	A ₁ 	A ₂ 
12 h. de lumière / 24 h.	B ₁ 	B ₂ 
18 h. de lumière / 24 h.	C ₁ 	C ₂ 
24 h. de lumière / 24 h.	D ₁ 	
Lumière naturelle 14-15 h. de jour	E 	

Intervalle de confiance du P_m au seuil de 95%=*italiques*

SURVIE % = SZ

POIDS TOTAL en g.= P_t

POIDS MOYEN en g.= P_m

	70 jours			80 jours			90 jours			100 jours			110 jours		
	SZ	P_t	P_m	SZ	P_t	P_m	SZ	P_t	P_m	SZ	P_t	P_m	SZ	P_t	P_m
A ₁ 	100	16,5	0,59 <i>0,15</i>	83	22,1	0,88 <i>0,23</i>	73	29,3	1,33 <i>0,36</i>	66	42,6	2,13 <i>0,56</i>	33	40,1	4,01 <i>1,23</i>
A ₂ 	100	18,58	0,66 <i>0,15</i>	93	27,9	1,03 <i>0,22</i>	90	40,4	1,59 <i>0,32</i>	66	52,8	2,78 <i>0,61</i>	63	76	4 <i>0,90</i>
B ₁ 	100	17,2	0,64 <i>0,18</i>	93	25,9	0,96 <i>0,28</i>	70	35,3	1,68 <i>0,48</i>	46	45,6	3,51 <i>0,94</i>	26	49,6	6,19 <i>1,70</i>
B ₂ 	100	14,8	0,53 <i>0,16</i>	90	22,5	0,87 <i>0,26</i>	76	33,8	1,54 <i>0,46</i>	50	41	2,93 <i>1,00</i>	33	50,1	5,08 <i>1,84</i>
C ₁ 	100	16,5	0,55 <i>0,13</i>	93	27,8	1,03 <i>0,25</i>	73	40,6	1,93 <i>0,41</i>	56	58,1	3,42 <i>0,65</i>	40	61,1	5,09 <i>1,20</i>
C ₂ 	100	17,4	0,58 <i>0,12</i>	100	28,6	1,06 <i>0,22</i>	90	44,4	1,71 <i>0,35</i>	66	56,2	2,96 <i>0,58</i>	36	49,6	4,51 <i>0,92</i>
D ₁ 	100	17,2	0,69 <i>0,19</i>	76	27,4	1,19 <i>0,32</i>	70	42	2 <i>0,51</i>	60	42,7	2,37 <i>0,48</i>	46	49,9	3,56 <i>1,17</i>
E ₁ 	100	17	0,63 <i>0,15</i>	83	26,1	1,09 <i>0,27</i>	63	33,3	1,85 <i>0,43</i>	46	35,9	2,76 <i>0,80</i>	40	49,2	4,1 <i>1,15</i>
D ₂ 	100	5,4	0,20	73	4,3	0,23	42	3,8	0,35	4	0,45	0,45	0	0	0

TABIEAU V

PHOTOPERIODE : TABLEAU RECAPITULATIF






1. Croissance pondérale moyenne (planche I)

A) Influence de la photopériode :

Si l'on se reporte aux courbes de la planche I, on observe une meilleure croissance moyenne pour la photopériode de 12 h puis, par ordre décroissant, pour la photopériode de 18 h, pour l'éclairage naturel, et pour 6 h et 24 h.

Cette différence n'est significative au seuil de 95 % que pour le bac B₁ (12 h de lumière) vis-à-vis des autres bacs. Les autres se différencient bien par leurs courbes, mais l'hétérogénéité des populations nuit à la significativité des résultats.

Si l'on regroupe les bacs ayant même photopériode, on a, exprimé en poids pour la moyenne des deux bacs et en gain de poids moyen exprimé en pourcentage les valeurs suivantes :

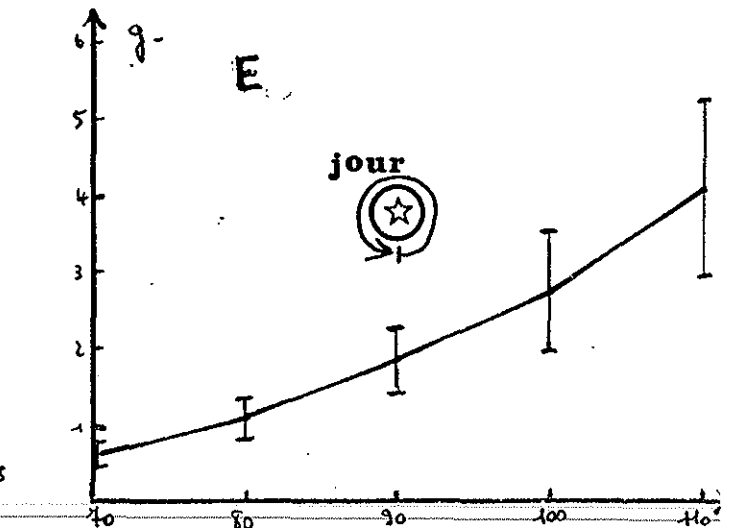
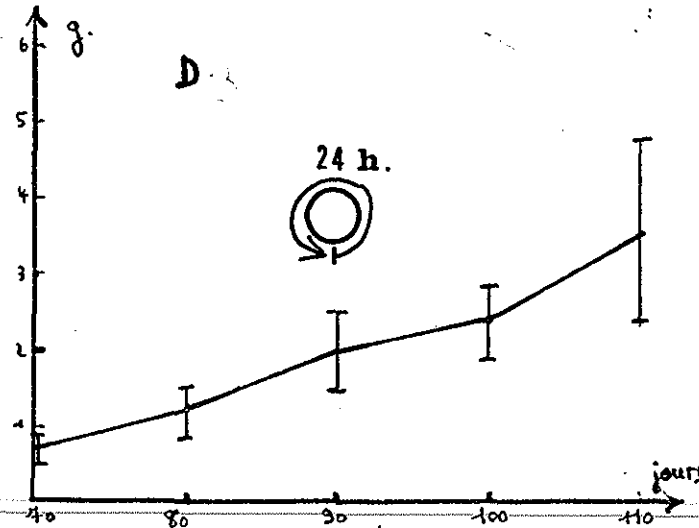
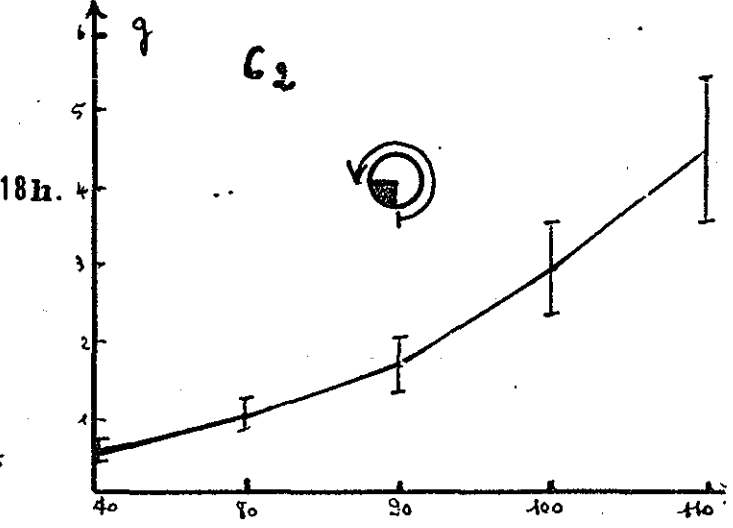
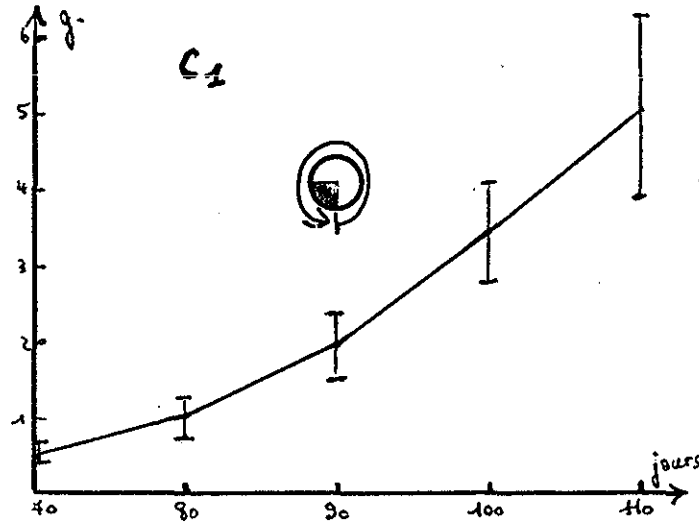
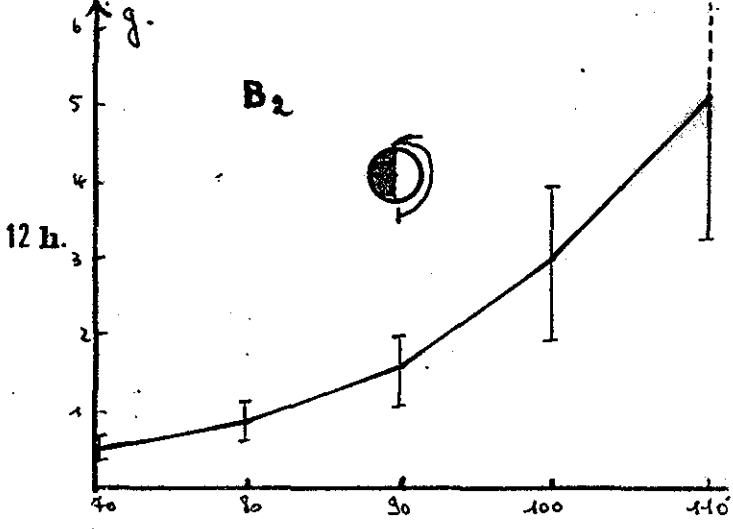
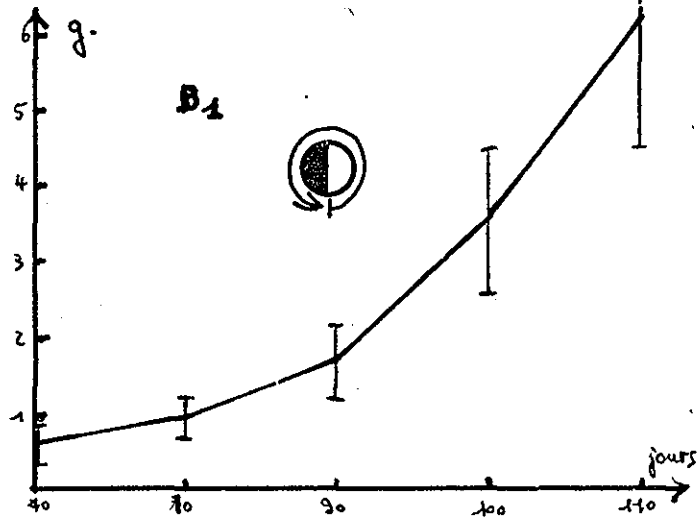
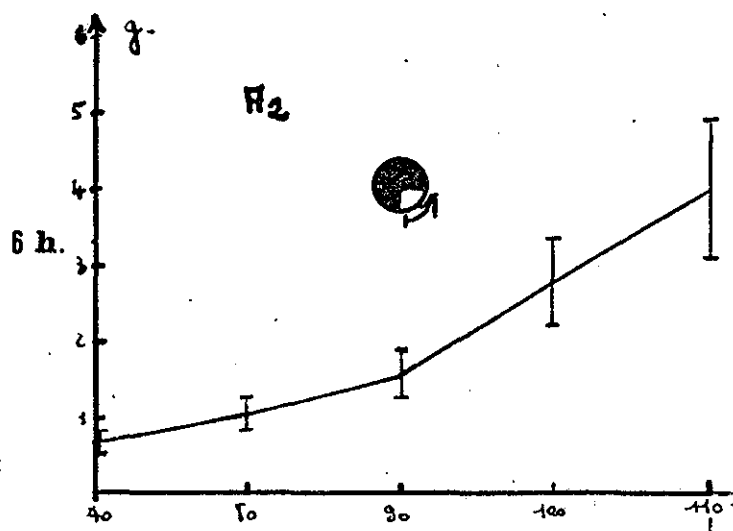
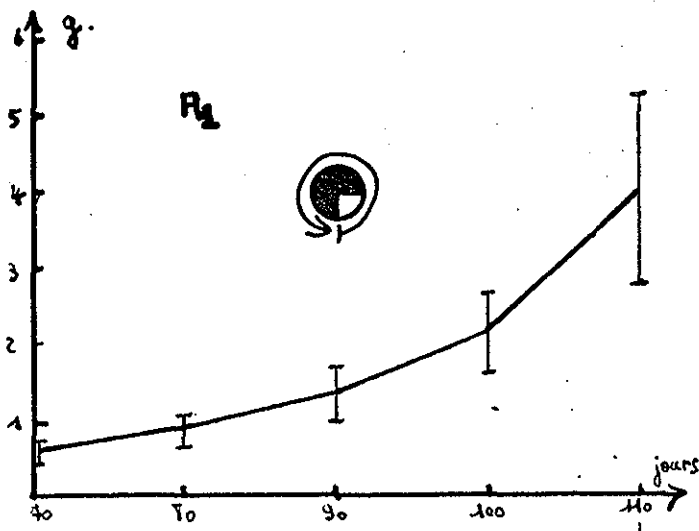
TABLEAU Va	A 	B 	C 	D1 	E 
Poids moyen en grammes	4	5,6	4,8	3,5	4,1
Gain du poids-moyen : %	531	882	753	415	550

On obtient donc une nette supériorité de la photopériode de 12 h sur la croissance en poids moyen. Cette supériorité, significative entre les groupes B et A, B et D, B et E, ne l'est cependant pas entre B et C.

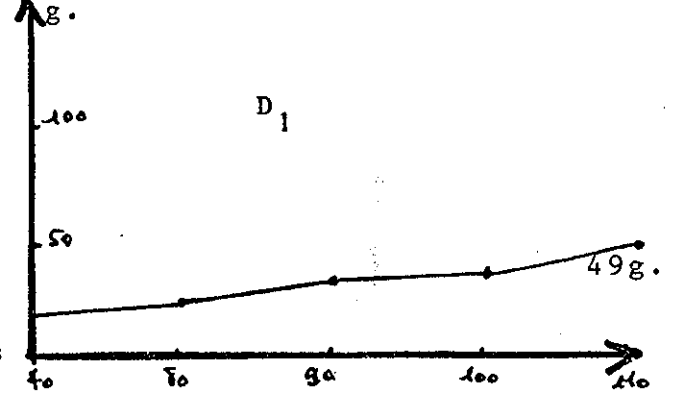
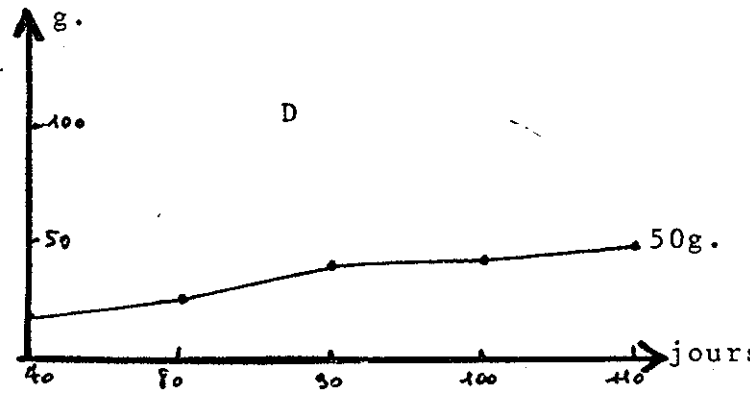
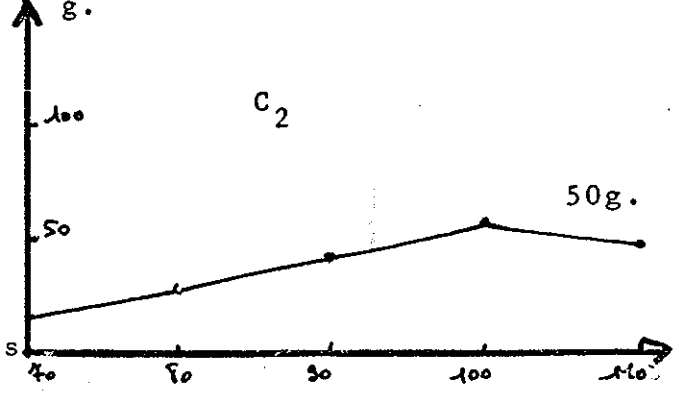
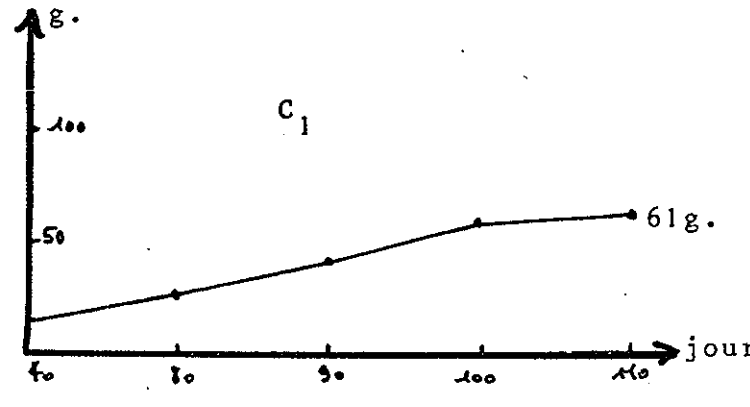
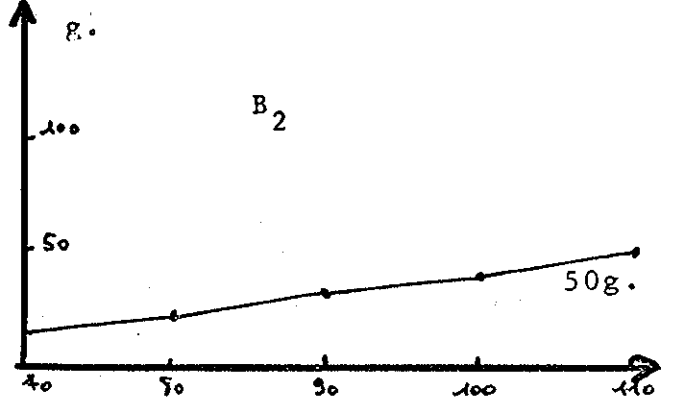
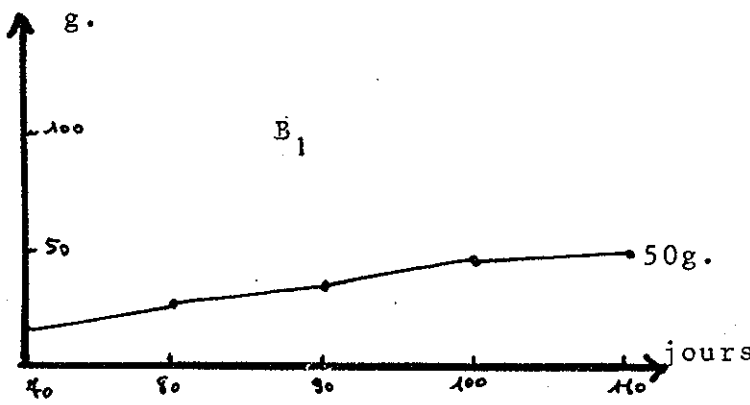
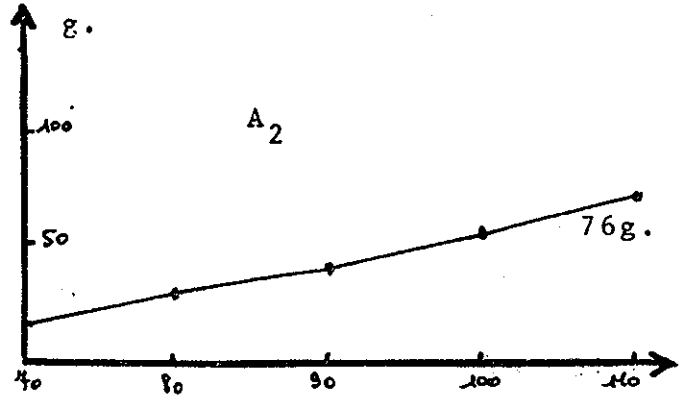
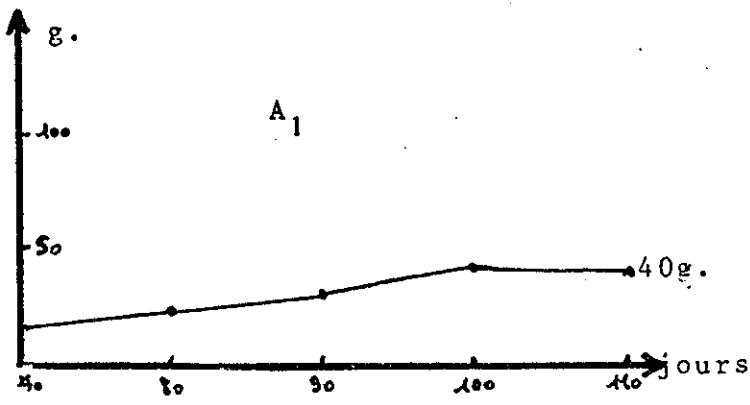
B) Influence du mode de distribution de l'aliment :

Si on regroupe les bacs ayant le même mode de distribution de nourriture, on a, pour les mêmes paramètres :

TABLEAU V _b	Alimentation continue	Alimentation pendant la photopériode
Bacs	A ₁ + B ₁ + C ₁	A ₂ + B ₂ + C ₂
Poids moyen g.	5	4,4
Gain en poids-moyen	7,66 %	6,41 %



Croissance pondérale moyenne








CHARGE PONDERALE TOTALE DES BACS DE 70 à 110 JOURS

Ces résultats montrent un meilleur rendement dans le cas d'une distribution en continu. Notons qu'une comparaison des moyennes pondérales de ces bacs ainsi rassemblés par une analyse de variance ne donne pas de différence significative au seuil de 95 %.

2. Croissance pondérale totale : poids total des poissons par bac (planche II).

A) Influence de la photopériode :

Procédant comme en 1.A., on obtient pour les poids totaux :

TABLEAU V_c	A 	B 	C 	D ₁ 	E 
Poids total g.	58	50	55	49	50
Gain du poids- total en %	226	221	226	189	189

Le gain en poids total des bacs D₁ et E est donc inférieur à celui des bacs A, B, et C

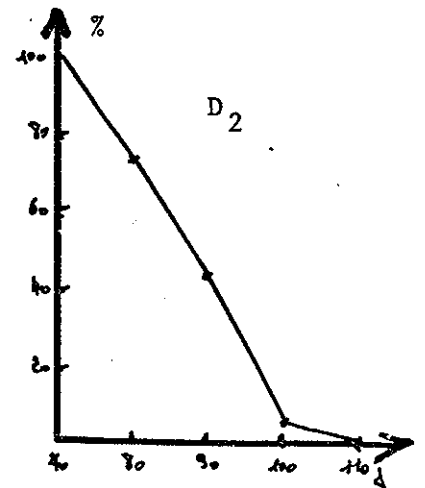
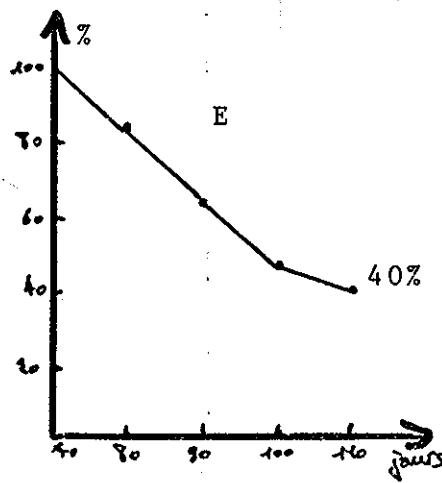
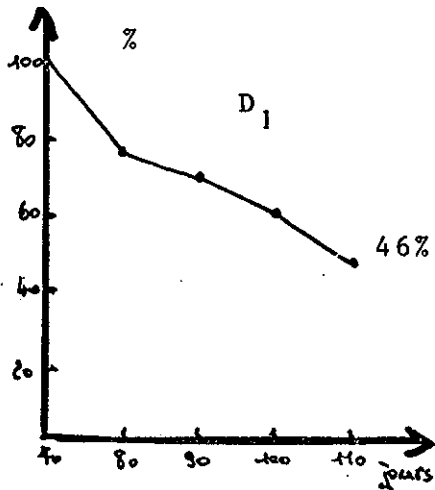
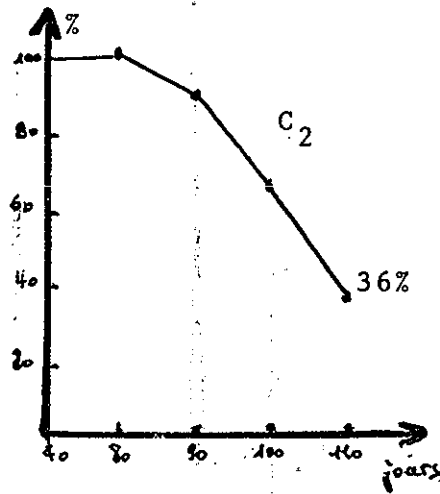
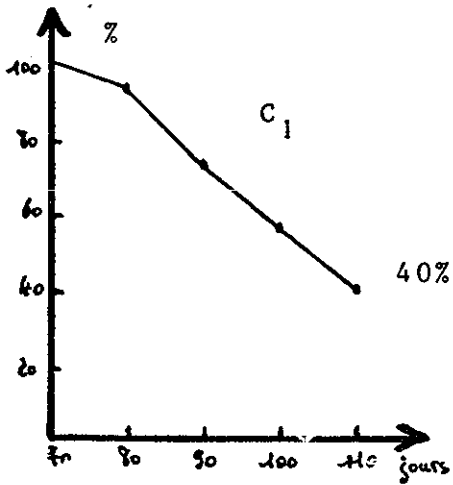
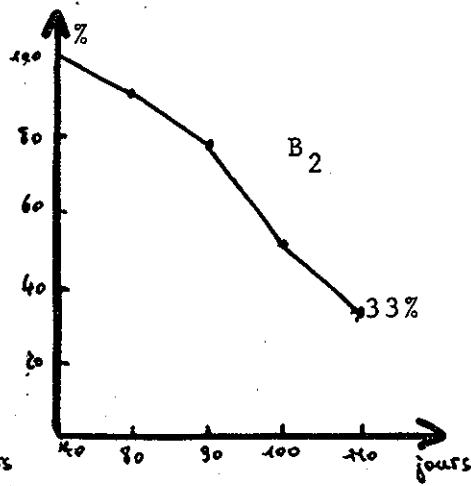
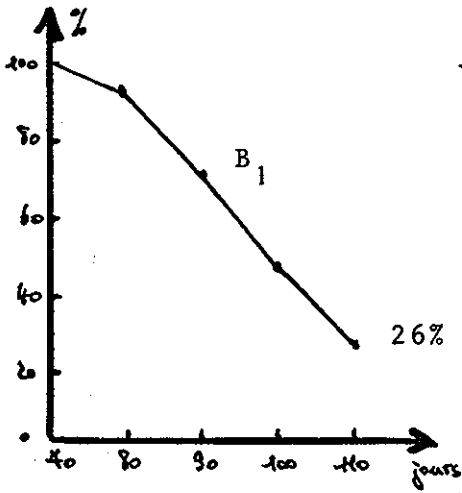
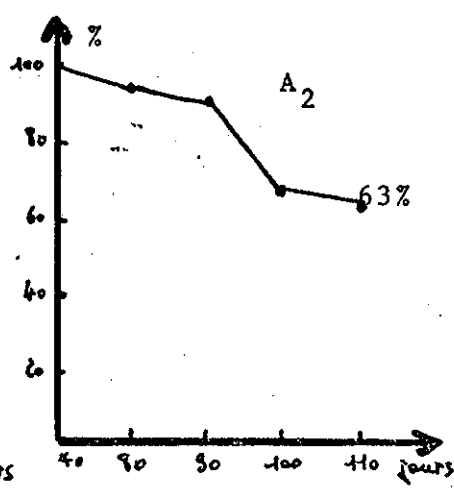
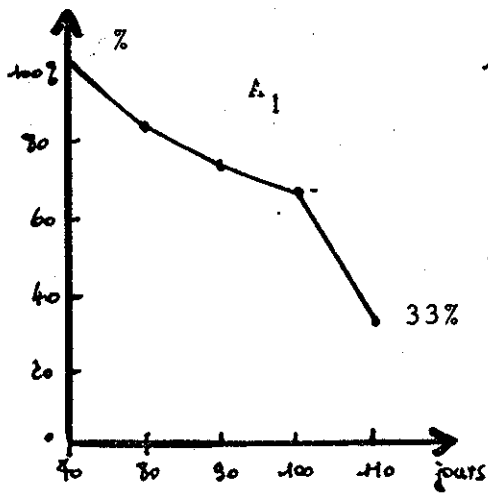
B) Influence du mode de distribution de l'aliment :

Procédant comme en 1.B, on obtient :

TABLEAU V_d	Alimentation continue	Alimentation pendant la photophase
Bacs	A ₁ + B ₁ + C ₁	A ₂ + B ₂ + C ₂
Poids total g.	50	88
Gain du poids- total en %	205	245

Ces résultats, en contradiction avec ceux du tableau V_b , indiquent une supériorité de l'alimentation durant la photophase.

L'analyse de la survie nous aidera à apprécier ces contradictions.



TAUX DE SURVIE GLOBAL :






Nombre initial à 70 jours = 30 poissons

PLANCHE III

3. La survie (planche III).

A) Influence de la photopériode :

Si nous regroupons dans le tableau V les valeurs de survie des bacs de même photopériode, nous obtenons les survies suivantes, de 70 à 110 j :

TABLEAU V_e	A 	B 	C 	D ₁ 	E 
SURVIE %	51	29	38	46	40

On a donc par valeur de survie décroissante, les photopériodes correspondantes : 6 h, 24 h, jour, 18 h, 12 h.

B) Influence du mode de distribution de l'aliment :

Si, dans ce même tableau, nous regroupons les valeurs de survie des bacs ayant le même mode de distribution de nourriture, nous obtenons :

TABLEAU V_f	Alimentation continue	Alimentation durant la photophase
Bacs	A ₁ + B ₁ + C ₁	A ₂ + B ₂ + C ₂
SURVIE %	33	44

La distribution de nourriture concentrée sur les leurres d'éclairage semble donc préférable pour la survie à celle étalée 24h/24, c'est-à-dire pendant les phases lumineuse et obscure.

C) Il semble important d'étudier les causes de la mortalité pour l'interprétation des résultats :

* La mortalité moyenne des bacs reste forte comparée à celle des autres juvéniles de turbot en élevage dans le hall et ayant vécu dans les mêmes conditions jusqu'au début de l'expérience. On peut en partie expliquer cette forte mortalité par la trop grande intensité des soins apportés au début de l'expérience. Cependant, pour l'expérience elle-même, les soins apportés aux bacs ont été les mêmes et cela ne devrait donc pas entrer en ligne de compte pour la comparaison des bacs entre eux.

* On s'est aperçu vers le 95ème jour de l'existence d'une infection virale, contagieuse, caractérisée par l'apparition d'un syndrome hémorragique interne à la base des nageoires, autour des viscères et à la tête. Certains bacs semblent avoir été plus touchés que d'autres, mais il n'est pas possible d'apprécier le phénomène avec exactitude.

Cette composante de la mortalité nous oblige à nuancer la signification réelle du taux de survie pour ce qui est de l'effet de la photopériode ou du mode de distribution de nourriture.

Cependant, on peut imaginer que ces conditions expérimentales, influant sur l'état physiologique des poissons, ont pu avoir un effet sur la résistance des juvéniles aux maladies, ce qui finalement ferait de cet "accident" un élément qui s'inclut dans l'estimation de la survie. Signalons en outre que la qualité de l'eau fut sans doute amoindrie du 70ème au 90ème jour du fait de l'encrassement de l'un des filtres.

* La population de chaque bac à 70 jours (début de l'expérience) était d'emblée très hétérogène. On peut apprécier cette hétérogénéité (de taille comme de poids, mais ici on ne s'occupera que du poids) par le coefficient de variation (planche IV)

$$v = \frac{\text{Ecart-type des poids}}{\text{Moyenne des poids}} \times 100 \%$$

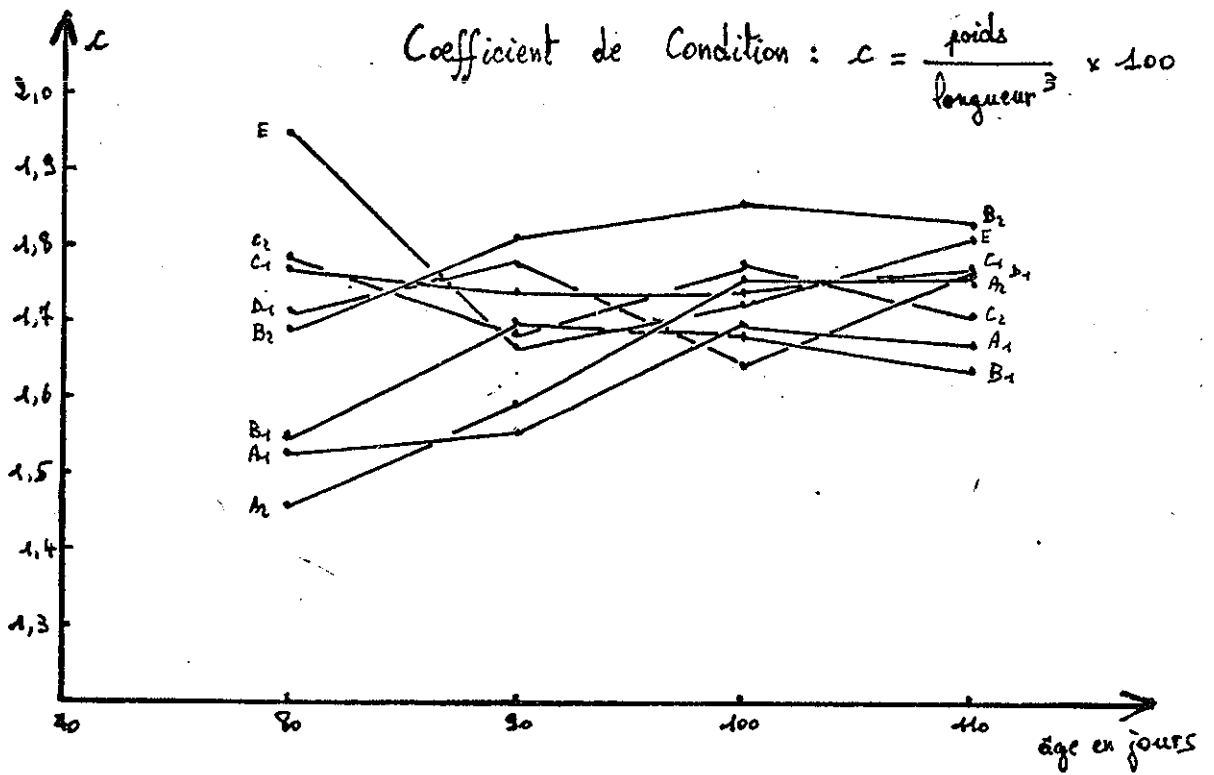
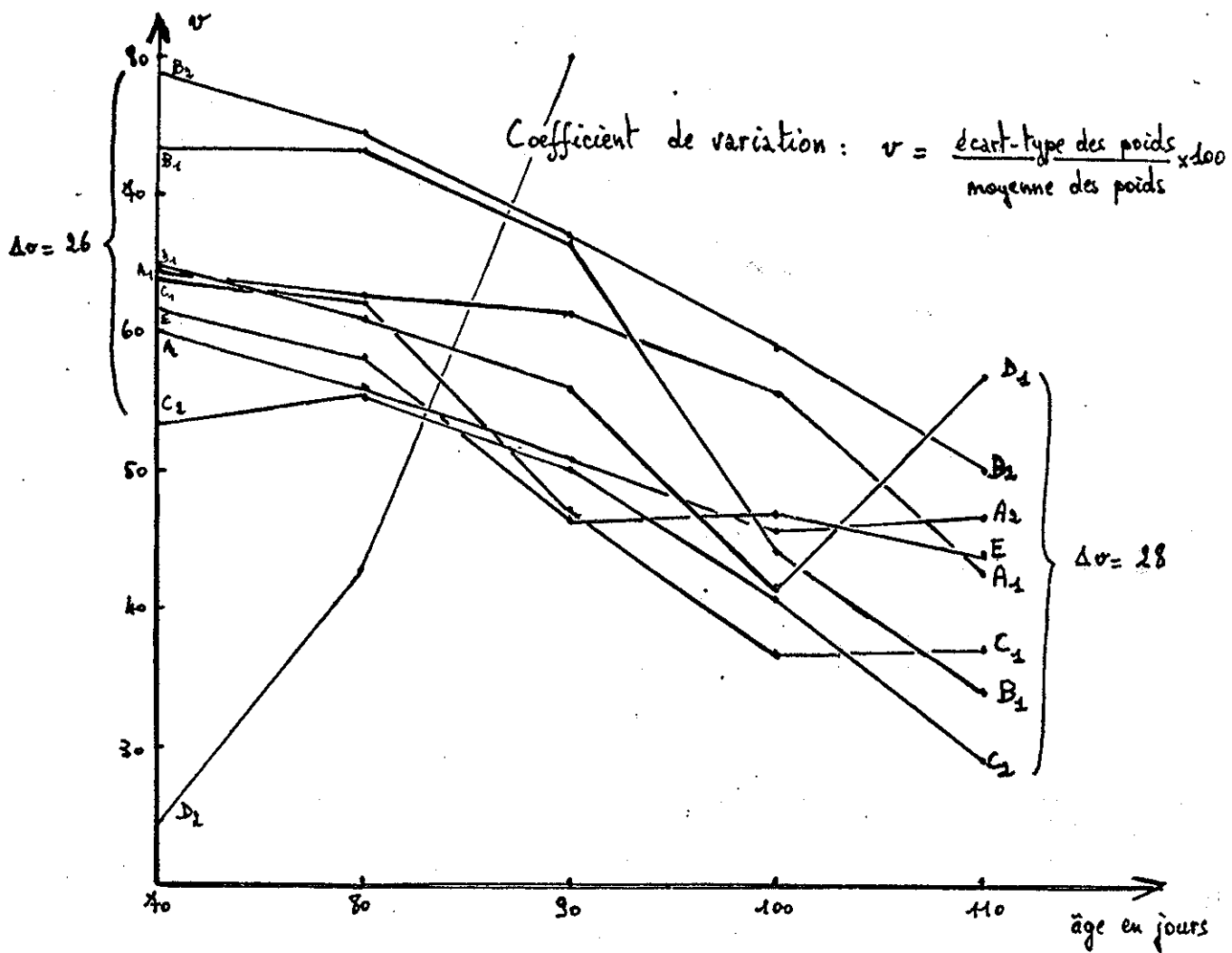
On a, à 70 jours :

Bacs	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	D ₁	E	D ₂
v	64	61	73	79	64	53	65	62	25

On constate que les bacs ayant le plus fort coefficient de variation sont ceux du groupe B qui auront à subir une photophase de 12 heures et qui (cf. tableau V_e) auront la plus faible survie à 110 jours.

Or (cf. annexe) une relation existe entre le taux de survie d'une population, entre deux dates données, et la variation de son hétérogénéité durant cette durée.

Il semble donc que les bacs B soumis à la photophase de 12 heures aient été d'emblée défavorisés pour ce qui est de la survie.



Cette remarque n'est valable que si on considère un échantillon pris au hasard parmi une population. En effet, le bac D₂, qui présente le cas contraire, ayant été peuplé des plus petits poissons de l'ensemble des bacs à 70 jours, fournit un coefficient de variation faible (25 %) comparé aux autres, mais rencontra une très forte mortalité, due sans doute au fait que cette population, assez homogène, était constituée d'individus faibles regroupés.

Remarque : Evolution du bac D₂

Le tableau V montre pour ce bac une lente progression du poids moyen conjuguée à une mortalité importante, si bien que l'on observe une régression du poids total dans ce bac. Il y avait 26 poissons le 70ème jour, le dernier mourut le 105ème jour.

On observe de plus que la faible hétérogénéité de départ (25 %) dont nous venons de parler augmente au fur et à mesure de l'expérience (augmentation du coefficient de variation) contrairement à ce qui se passe dans tous les autres bacs (cf. planche IV).

Ces observations montrent que ces juvéniles choisis parmi les plus faibles n'ont pas évolué de manière satisfaisante. Il semble que, s'ajoutant à ce handicap initial, le régime de photophase continue (24 h/24) ait été défavorable.

4 . Coefficient de condition (planche IV).

$$C = \frac{\text{Poids}}{\text{Longueur}^3} \times 100$$

Ce coefficient permet de se faire une idée relative du bon ou du mauvais état de l'ensemble des poissons d'un bac, de leur état de maigreur, en partant des poids et des longueurs moyens.

Les courbes de la planche IV montrent que les coefficients de condition moyens des bacs à 80 jours, répartis de manière assez hétérogène, se sont rapprochés avec le temps vers une moyenne légèrement supérieure à celle du point de départ.






5. Taux d'accroissement pondéral

$$T = \frac{\text{Poids moyen final}}{\text{Poids moyen initial}} \times \text{Taux de survie}$$

Ce taux permet de classer les accroissements observés en combinant aux poids moyens les taux de survie.

On obtient :

* Selon la photopériode :

TABLEAU V_h	A 	B 	C 	D ₁ 	E 
T	3,03	2,83	3,25	2,37	2,60

Trois éléments apparaissent :

-Les bacs B à photopériode de 12 heures sont défavorisés par une faible survie, bien que favorisés par leur poids moyen.

-Le bac D₁ placé en lumière continue offre le plus faible taux d'accroissement pondéral malgré un taux de survie supérieur à la moyenne des autres.

-Le bac E placé en éclairage naturel a un taux d'accroissement supérieur au bac précédent, mais inférieur à tous les autres.

* Selon le mode de distribution de nourriture :

TABLEAU V_i	Nourriture en continu	Nourriture pendant la photophase
Bacs	A ₁ + B ₁ + C ₁	A ₂ + B ₂ + C ₂
T	2,81	3,30

Résultats qui donnent l'avantage à la distribution de nourriture durant les heures de lumière.

B/ COMPARAISON DES TROIS ALIMENTS COMPOSES

Ces trois granulés , déjà présentés sont :

- le I_{bar} , distribué dans le bac G₁
- le GSO_{bar} , distribué dans le bac G₂
- le GSO_{saumon rehydratable} , distribué dans le bac G₃

Le tableau VI fournit les résultats pondéraux et de survie . Il se présente comme le tableau V . Les résultats chiffrés sont illustrés par les courbes rassemblées dans les planches V et VI .

1. Croissance pondérale moyenne à 110 jours

Tableau VI _a	G ₁	G ₂	G ₃
Poids moyen en g.	5,85	4,53	3,86
Gain en poids moyen %	1439	1032	890

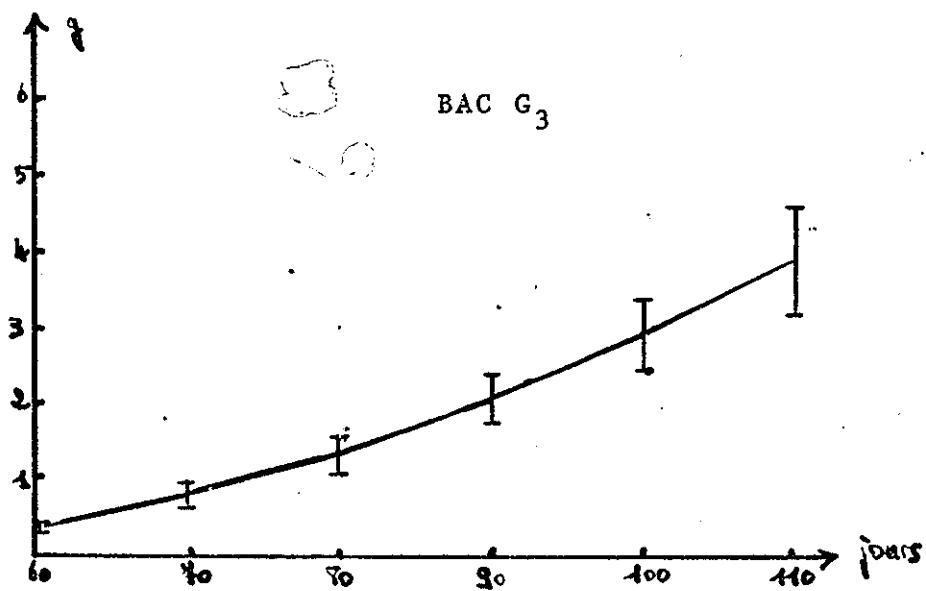
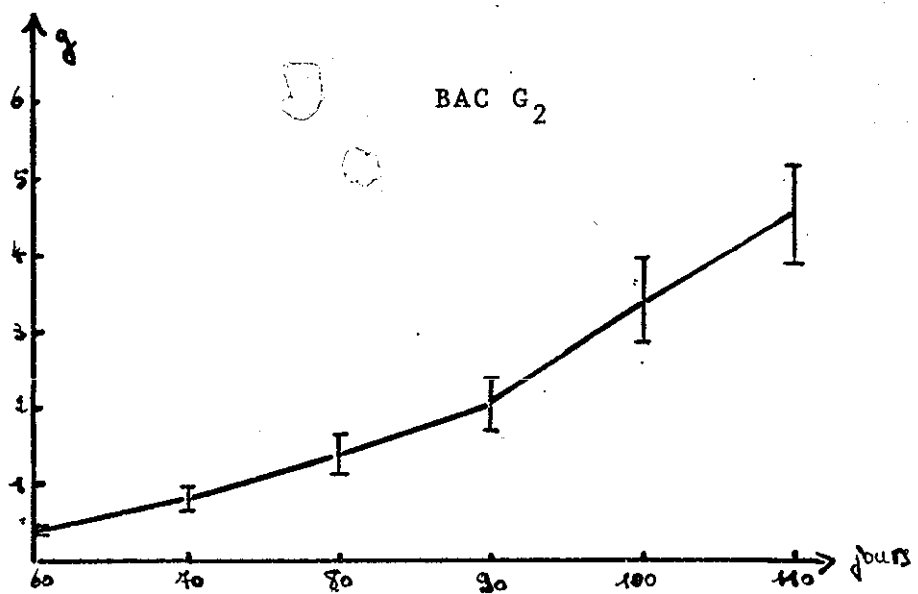
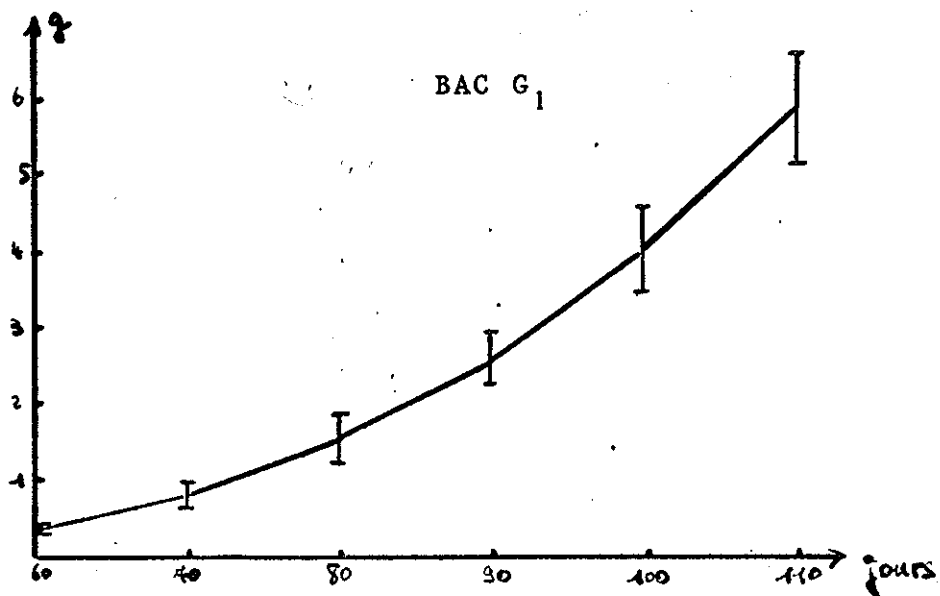
Ces résultats montrent clairement la supériorité du granulé I_{bar} sur la croissance pondérale moyenne , et le moins bon rendement obtenu avec le GSO_{sau.rehyd.} . Un test sur les moyennes par analyse de variance montre une différence significative au seuil de 95% entre l'effet du I bar et celui des deux autres qui ne diffèrent pas de manière significative .

2. Croissance pondérale totale

Les valeurs obtenues sont :

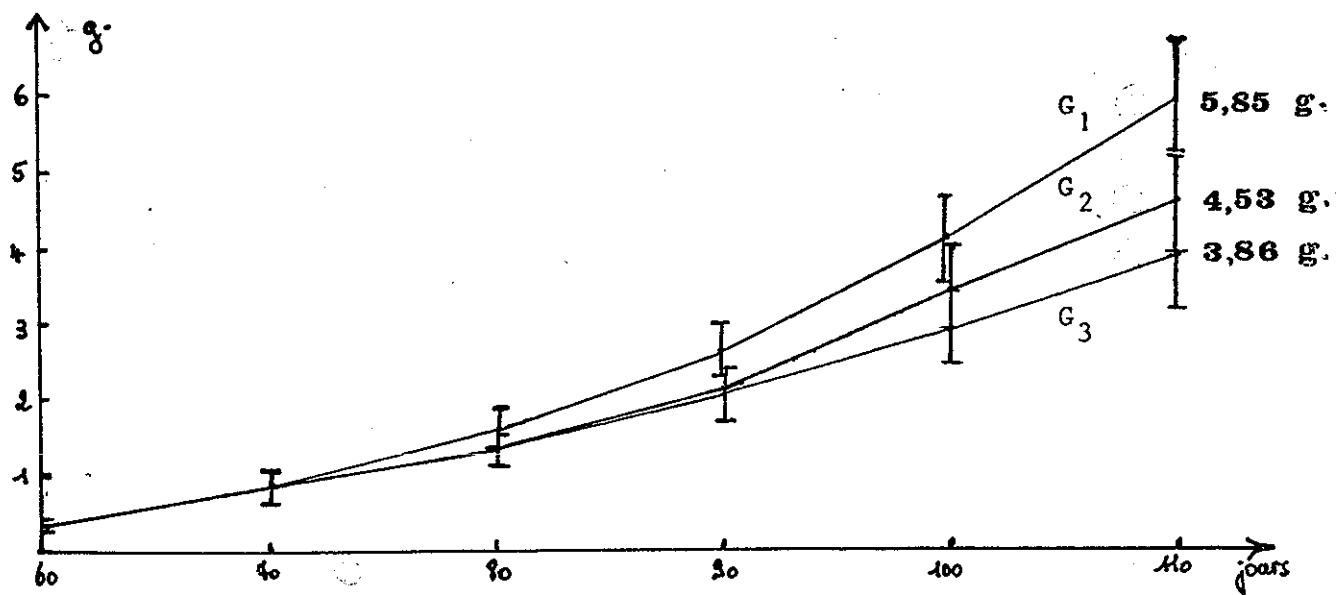
	G ₁ Granulé I _{bar}			G ₂ GSO _{bar}			G ₃ GSO saumon réhydratable		
	SZ	P _t	P _m ± i	SZ	P _t	P _m ± i	SZ	P _t	P _m ± i
60 jours	100	9,37	0,38 ± 0,07	100	10	0,40 ± 0,07	100	9,67	0,39 ± 0,07
70 jours	93	17,6	0,81 ± 0,16	93	18,7	0,81 ± 0,16	93	18,4	0,80 ± 0,16
80 jours	93	36,8	1,59 ± 0,28	93	31,8	1,39 ± 0,27	80	26,17	1,31 ± 0,22
90 jours	88	56,7	2,58 ± 0,33	84	41,2	2,04 ± 0,34	76	38,4	2,02 ± 0,30
100 jours	88	88,9	4,04 ± 0,52	76	64,4	3,39 ± 0,56	76	54,9	2,89 ± 0,47
110 jours	88	128,7	5,85 ± 0,73	68	72	4,53 ± 0,66	72	69,48	3,86 ± 0,68

SURVIE=SZ POIDS TOTAL en Grammes = P_t POIDS MOYEN = P_m ± son intervalle de confiance à 95%=i
 COMPARAISON DE TROIS ALIMENTS
 COMPOSES



CROISSANCE PONDERALE MOYENNE /: Intervalle de

confiance au seuil de 95%



COISSANCE PONDERALE MOYENNE avec intervalle de confiance
à la moyenne au seuil de 95 % .

PLANCHE V_{bis}

.../...

	G ₁	G ₂	G ₃
Poids total en g.	129	72	70
Gain en poids total %	1273	618	618

Ici encore , on observe une difference nette (du simple au double) entre le 1 bar et les deux granulés GSO .

3. Survies .

(cf. planche VI)

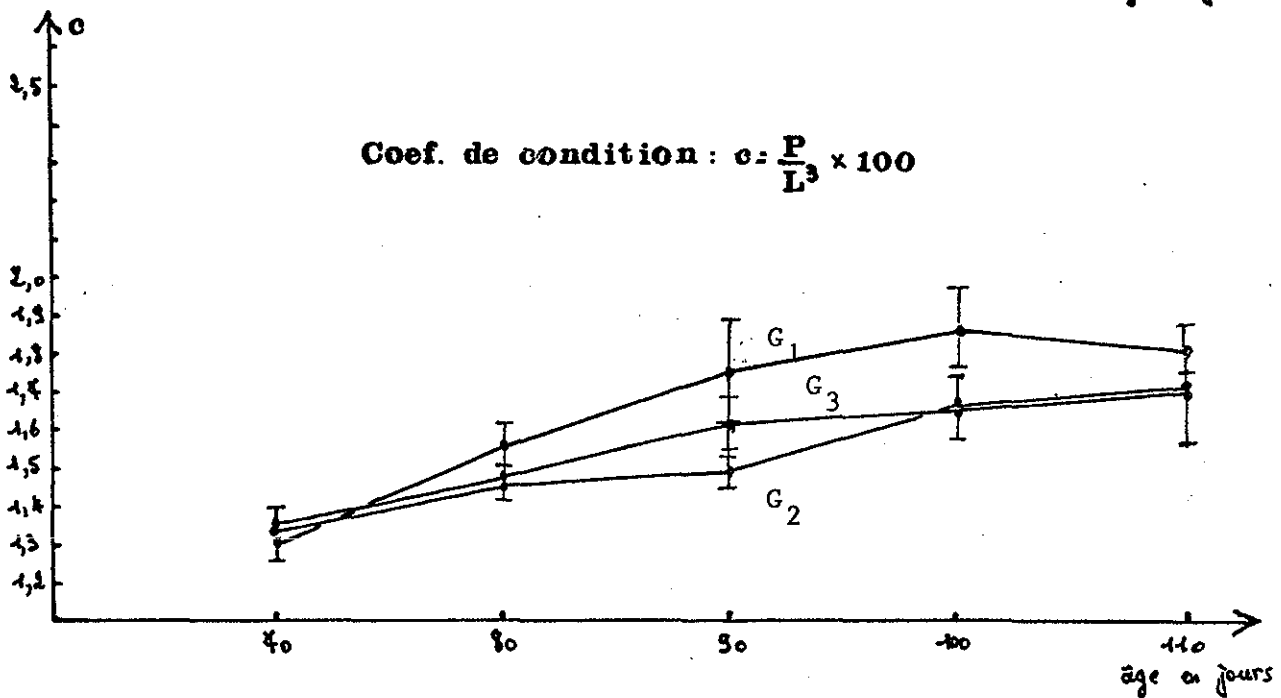
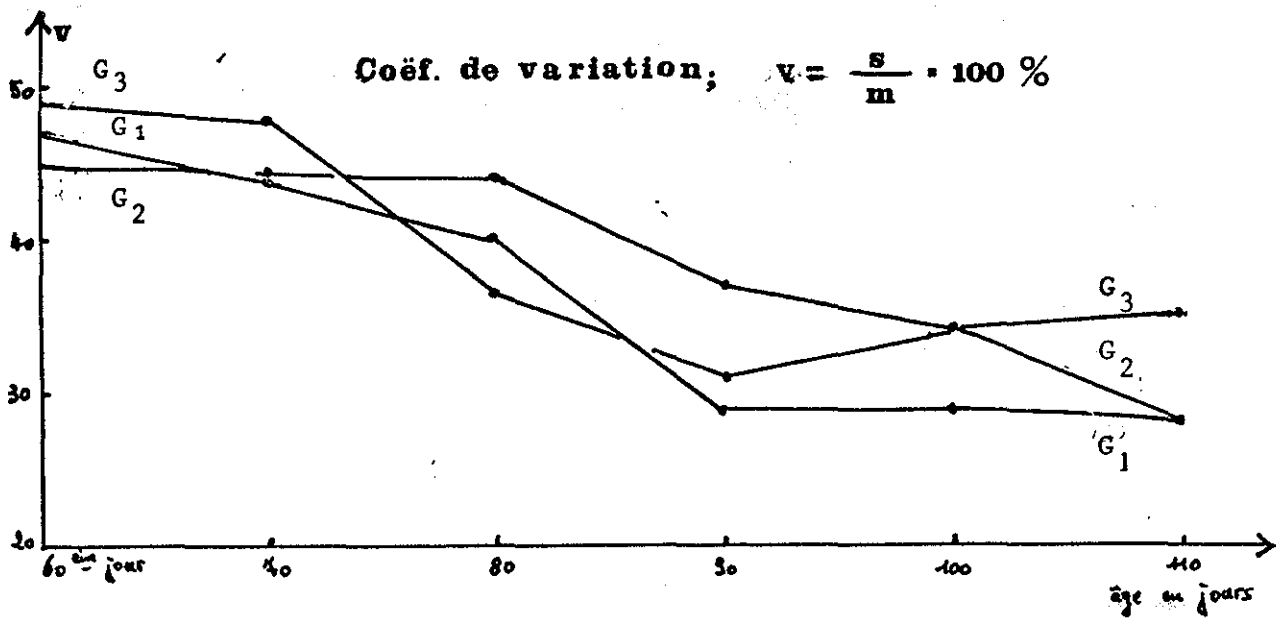
Le tableau suivant donne les survies à 110 jours , alors que l'expérience a commencé à 60 jours .

	G ₁	G ₂	G ₃
Survie %	88	68	72

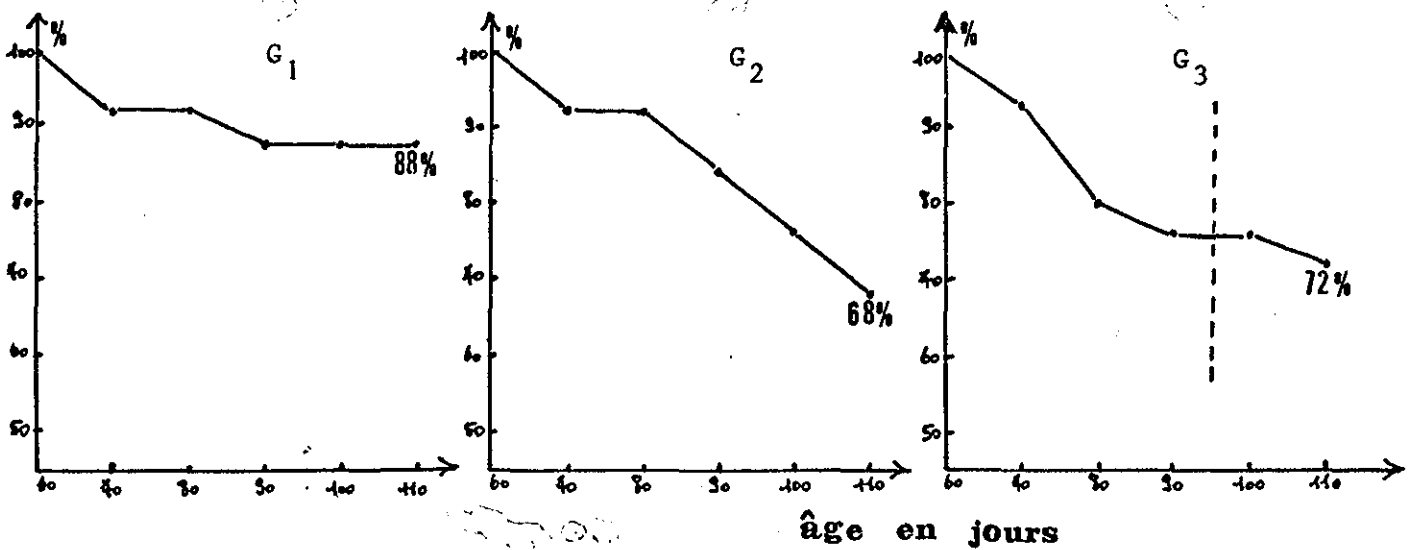
On observe une meilleure survie pour le bac nourri avec le I bar . Notons que la mortalité du bac G₃ est entachée d'erreur : trois poissons ont disparu sans que l'on retrouve leur cadavre ; entre le 80^{ème} et le 90^{ème} jour . De plus , la maladie virale a frappé ce bac à la fin de l'expérience , et ceci sans que les autres bacs semblent avoir été touchés . Cela peut montrer de la part des poissons du bac G₃ une moins bonne résistance aux infections .

4. Coefficients de variation

Assez homogènes à 60 jours , ils décroissent durant toute l'expérience , ce qui est normal . On observe toutefois une remontée du coefficient de G₃ , qui correspond



SURVIES



dans le temps à l'arrivée de la maladie qui a frappé les poissons de ce bac ;

5. Coefficient de condition

(planche VI)

On observe que la courbe du bac G₁ augmente plus vite que celle des deux autres , et ceci , au 100^{ème} jour , sans que les intervalles de confiance au seuil de 95% se chevauchent . Toutefois , au 110^{ème} jour , les résultats se rapprochent et ne diffèrent pas de façon apparemment significative .

Il semble que ces résultats plaident , comme les résultats pondéraux et de survie , pour la supériorité du granulé I bar .

6. Taux d'accroissement pondéral

$$T = \frac{\text{Poids moyen final}}{\text{Poids moyen initial}} \times \text{taux de survie}$$

Tableau VI _d	G ₁	G ₂	G ₃
T	13,5	7,7	7,1

Ici encore , nette supériorité du I_{bar} .

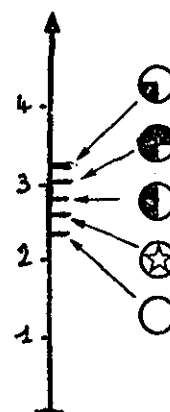
IV- DISCUSSION

Les résultats fournis par l'expérience sur l'effet de la photopériode sont difficiles à interpréter de façon sûre du fait de l'hétérogénéité des poissons dès le début de l'expérience, et de l'effet de la survie qui semble en découler. Ainsi, les bacs du groupe B, très hétérogènes au début, ont-ils pu obtenir le meilleur gain en poids moyen à 110 jours par la disparition des plus petits individus. On montre (annexe) que la moyenne des morts est deux fois moindre en poids que celle des vivants. Une forte mortalité, favorisant le gain pondéral moyen, tronque par conséquent la réalité des rendements pondéraux.

De même, tout vouloir analyser par le rendement pondéral total est critiquable, car la mortalité, sans doute influencée par l'hétérogénéité en début d'expérience semble avoir défavorisé d'emblée les bacs du groupe B.

C'est pourquoi un paramètre comme le taux d'accroissement pondéral est intéressant, car il tend à compenser l'erreur obtenue sur le poids moyen (avec la mortalité des petits poissons) par le taux de survie. Ainsi, un fort poids moyen tronqué est compensé par son produit avec un faible taux de survie.

Avec la réserve concernant ces bacs B, on peut schématiser les résultats :



TAUX D'ACCROISSEMENTS PONDERAUX

Il semble donc que la photopériode n'ait pas d'effet significatif quand elle est comprise entre 6 heures et 18 heures de lumière par jour . On note que 24 heures de lumière par jour semblent défavorables , bien que la survie , comparée à celle des autres bacs , soit bonne .

De plus , les petits poissons du bac D₂ sont tous morts , sans que l'on puisse dire s'ils étaient destinés à mourir ou si la lumière continue a eu une action quelconque .

Le bac E , placé en lumière naturelle , a donné des résultats médiocres , peut-être du fait de la faible intensité de cette lumière en raison de l'emplacement de ce bac dans le hall , et du mauvais temps général de cette saison . Cependant les données de la comparaison des trois aliments composés amènent à nuancer cette interprétation .

Les études déjà effectuées sur l'importance de la photopériode ont débouché sur des résultats variables selon les poissons , et selon les auteurs . L'élevage larvaire se fait couramment en lumière continue mais après la métamorphose certains auteurs préconisent pour le turbot une photophase de 12 heures (Lahaye et Deniel 1976) . *

Les données obtenues dans notre expérience , dont nous ^{sommes} obligés de nuancer les conclusions , entrent dans le cadre de la variabilité des résultats antérieurs .

Notons aussi que l'expérience proprement-dite a été menée sur 40 jours seulement . Un temps plus long aurait bien sûr été préférable pour mieux séparer les résultats ou pour confirmer leur ressemblance .

* D'autres ne relèvent pas de différences nettes pour les diverses photophases entre 12 heures et 24 heures (dans J.Fuchs 1978, sous presse)

Pour ce qui est du mode de distribution des aliments , les résultats obtenus sont en faveur de la distribution pendant la photophase (sauf pour les résultats sur les poids moyens) .

On connaît mal le comportement alimentaire du turbot en ce qui concerne ses préférences de rythme de repas et de ses horaires . Alors que la sole se nourrit surtout à l'aube et au crépuscule , il apparaît dans cette expérience se nourrir mieux durant la phase lumineuse (à l'inverse des observations de Boundi sur la sole en 1976) .

Notons que la phase obscure était une obscurité complète dans notre cas et que les expériences de Boundi sur la sole comportaient une aube et un crépuscule artificiels) . Cette obscurité complète se trouve rarement aux profondeurs auxquelles vit le turbot (10 m. environ) . Le turbot semble donc réagir beaucoup plus à un stimulus visuel qu'olfactif pour se nourrir .

De plus , on observe en régime de distribution continue que les bacs sont plus pollués le matin par de la nourriture non consommée que ceux ^{auxquels les} ~~Valiments~~ ^{sont distribués} durant la seule photopériode . Ceci permet de préconiser une distribution de jour dans le cadre d'une nurserie où s'effectue la phase de pré-grossissement .

La comparaison des trois aliments composés met en évidence la supériorité du I bar , aliment fabriqué au C.O.B. , sur les deux granulés GSO fabriqués industriellement .

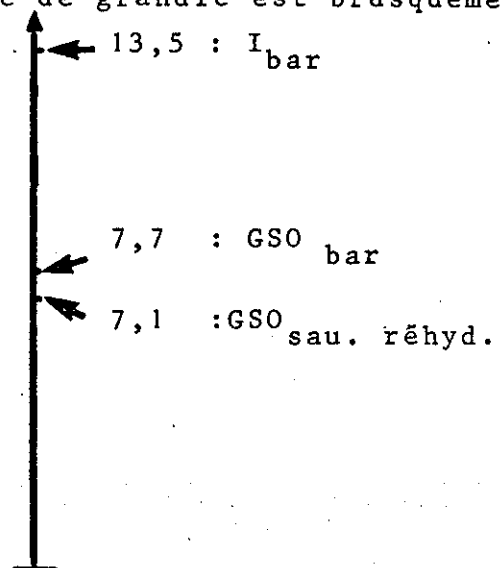
La connaissance imprécise que nous avons de leur composition ne nous permet pas de tirer de conclusion quant à la cause de cette différence d'action sur la croissance .

Le GSO saumon réhydratable , moins commode d'emploi car il faut le préparer juste avant la distribution , est désavantagé dans cette comparaison .

Cependant , dans le cas où une nurserie adopterait un

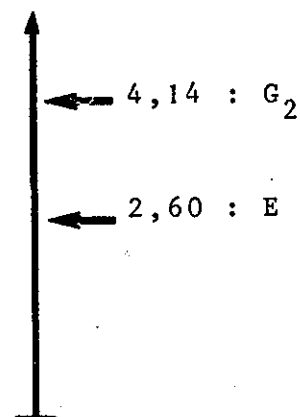
régime de distribution par repas successifs , il semblerait plus adapté que le GSO bar , aliment sec que les poissons acceptent moins bien qu'un aliment humide lors de distributions discontinues où une grande quantité de granulé est brusquement mise à leur disposition .

On peut schématiser la qualité des aliments par le taux d'accroissement pondéral obtenu :



Enfin , il est intéressant de constater que les deux lots de poissons étudiés , qui ont la même origine ; diffèrent de façon sensible dans la suite de leur histoire tant par leur taux de survie , leur hétérogénéité , que par leur gain en poids . Les poissons du 1^{er} lot , sevrés à 25 jours , donnent une population plus hétérogène , au poids-moyen plus faible et semblent plus fragiles que ceux du 2^{ème} lot , sevrés à 30 jours . (notons que les aliments artificiels distribués au sevrage diffèrent dans les deux cas , cf.tableau II)

Les bacs E et G₂ , tous deux nourris avec du GSO bar , peuvent être comparés par leur taux d'accroissement pondéral de 70 à 110 jours :



Il semble donc que la date de sevrage et que l'aliment artificiel utilisé pour celui-ci jouent un rôle
.../...

important dans le devenir de la population de turbot .
Des recherches dans ce sens apporteront d'utiles
précisions .

BIBLIOGRAPHIE

- BARAHONA-FERNANDES, M.H., M.GIRIN et R.METAILLER, 1977. Expérience de conditionnement d'alevins de bar (pisces, *Dicentrarchus labrax*) à divers aliments composés. *AQUACULTURE*, 10(1):53-63
- BLAXTER, J.H.S., 1970. In *Marine Ecology*. O.Kinne Ed. Vol I, Part.1 Wiley-Inter-sciences, 213-320.
- BOUNDI, 1976 Contribution à l'étude de la photopériode et de la fréquence des repas sur la croissance des alevins du bar et de la sole. Mémoire de stage C.O.B.
- DANNEVIG, H.C., 1895. On the hatching operation at Dunbar-Marine-Hatchery. *Rep. Fish. Board Scot.* 13:123, 132
- DANNEVIG H.C., 1897, On the rearing of the larval and post-larval stages of the plaice and other flat-fishes. *Rep. Fish. Bd. Scot.* 3:175-193.
- DENIEL, C., 1973. Nutrition et croissance du jeune turbot (*Scophthalmus maximus*) Thèse 3^{ème} cycle, Fac. Sciences Brest. Ronéo 149p.
- FABRE-DOMERGUE, P. et BIETRIX, E., 1897 Recherches biologiques applicables à la pisciculture marine sur les oeufs et les larves de poissons de mer et sur le turbot. *Ann. Sc. Nat. Zoologie*, VII(IV) 151-220
- FUCHS, J., 1978 (sous presse) Influence de la photopériode sur la croissance et la survie de la larve et du juvénile de sole (*Solea solea*) C.O.B.
- GIRIN, M. 1977 La production des juvénils de poissons marins à des fins d'aquaculture: quelques solutions. C.O.B.
- GIRIN, M., 1978 (sous presse) Méthodes de production de juvéniles chez trois poissons marins: la bar, la sole, et le turbot. Thèse doctorat d'Etat
- JONES, A. 1972. Rearing larvae of the turbot (*Scophthalmus maximus*) to metamorphosis. I.C.E.S. doc. C.M. 1972/E:32 3pp.
- JONES, A. 1973. Observations on the growth of turbot larvae (*Scophthalmus maximus*) reared in the laboratory. *Aquaculture*, 2 149-155.
- JONES, A., ALDERSON, R., AND HOWELL, B.R., 1974. Progress towards the development of a successful rearing technique for larvae of the turbot, *Scophthalmus maximus*, in the early life history of fish. J.H.S. Blaxter Ed., Springer Verlag NY(USA):731-737.
- LAHAYE, J., 1972. Cycles sexuels de quelques poissons plats des côtes bretonnes. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* 36(2):191-207.

- LAHAYE, J. et DENIEL, C. 1976. Action de la photopériode sur la croissance de jeunes turbots et de jeunes soles après leur métamorphose . Actes du 10^{ème} Symposium Européen de Biologie Marine, Ostende, Septembre 1975, G. Pæsoone et E. Jaspers ED. Universa Press, 1:255 (résumé)
- LEMERCIER, P., et GIRIN, M., 1976. Expériences de transport et de refroidissement d'oeufs de turbot (*Scophthalmus maximus*). Application à d'autres espèces de poissons marins . ICES doc. C.M. 1976/E:23:12pp.
- MALARD, A.E.; 1899. Sur le développement et la pisciculture du turbot . C.R. Acad. Sc., Paris, 129:181-183 .
- ROLLEFSEN, G., 1939. Artificial rearing of fry of sea-water fish. Rapp. Cons. Expl. Mer. 1939; 109:3-133 .
- PERSON-LE RUYET, J. Communications personnelles .

ANNEXE I

A- RELATION TAILLE-POIDS

La relation existant entre le poids et la longueur est représentée , chez la plupart des poissons , par la formule :

$P=aL^n$ que nous écrirons , pour utiliser le langage de la calculatrice que nous avons utilisée :

$X=aY^b$ soit , exprimé sous forme logarithmique :

$$\text{Log } X = \text{Log } a + b \text{ Log } Y$$

Cette formule est représentée graphiquement par une droite dont b est la pente et Log a l' abscice à l'origine . Cette droite est la droite de régression du poids sur la longueur. Les planches VII etVIII montrent la relation simple et la relation allométrique entre ces deux données pour les poissons du bac G₁ , dont les individus semblaient se porter le mieux .

Nous obtenons ainsi la relation :

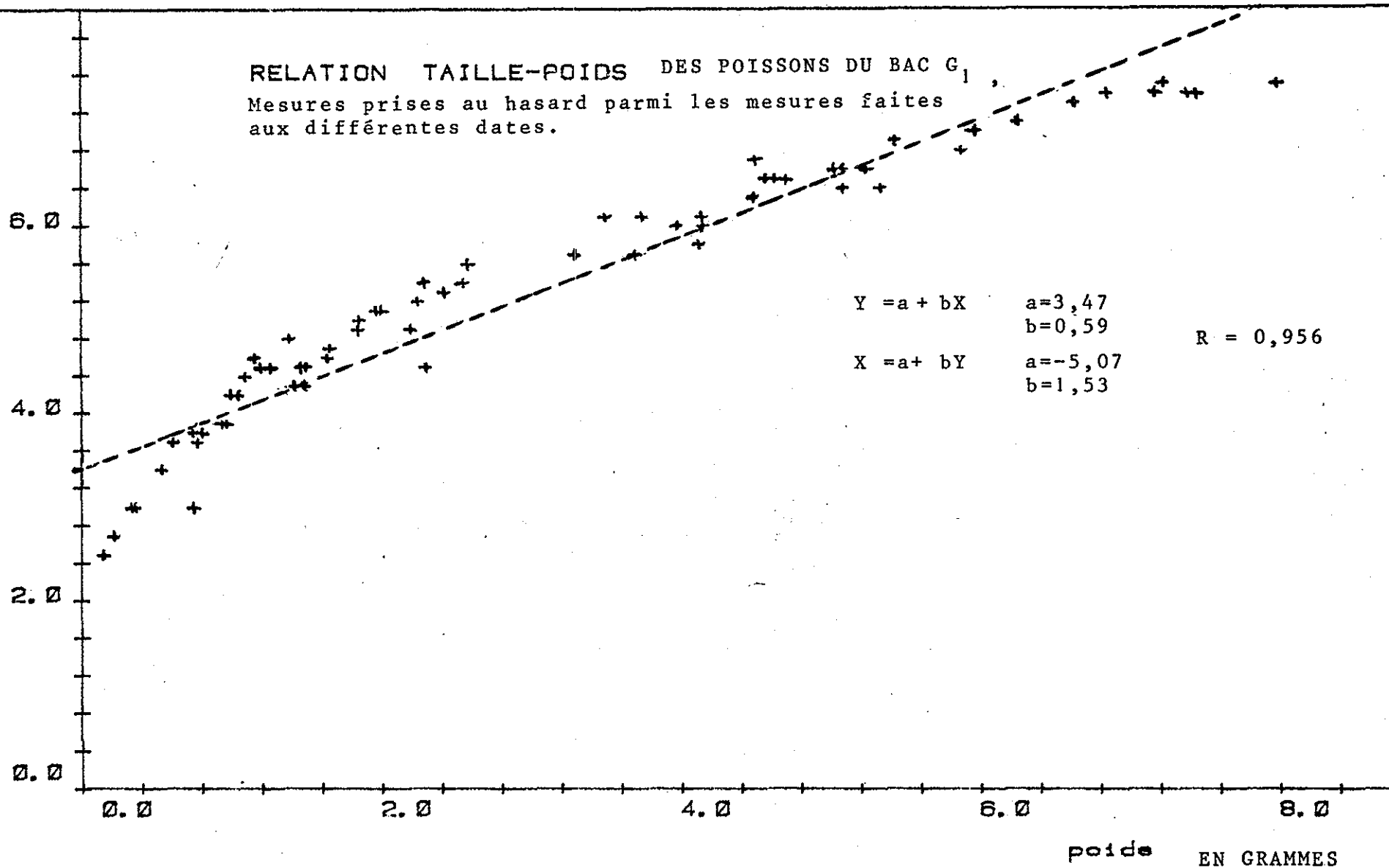
$$\begin{aligned} \text{Log}_n \text{ Poids} &= -4,694 + 3,347 \text{ Log}_n \text{ Longueur} \\ \text{soit } \log \text{ Poids} &= -2,04 + 3,347 \log \text{ Longueur} \end{aligned}$$

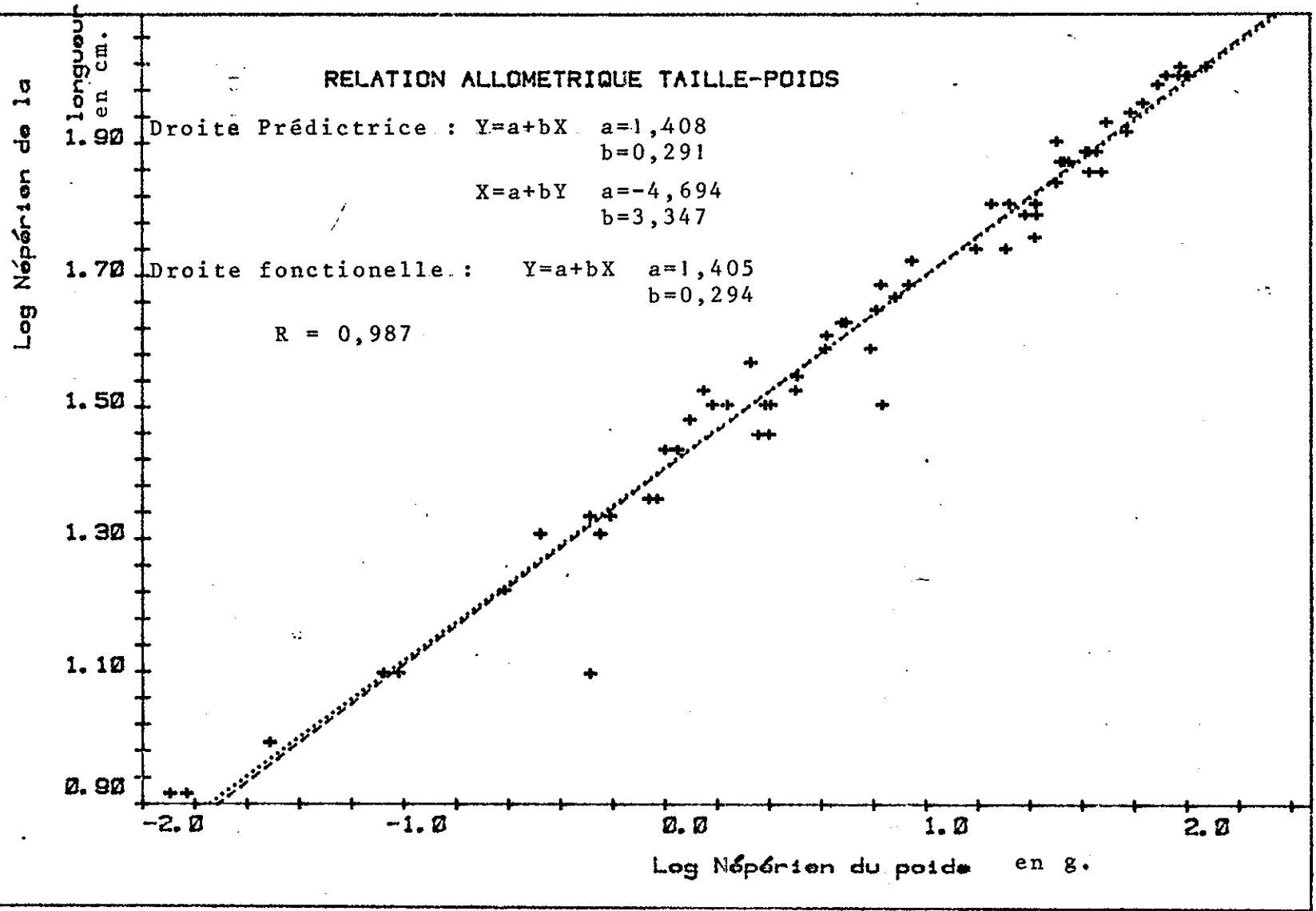
A titre de comparaison , Beniel (1973) fournit , pour des jeunes turbots de 1 an environ , la relation suivante :

$$\log \text{ Poids} = -1,496 + 3,01 \log \text{ Longueur}$$

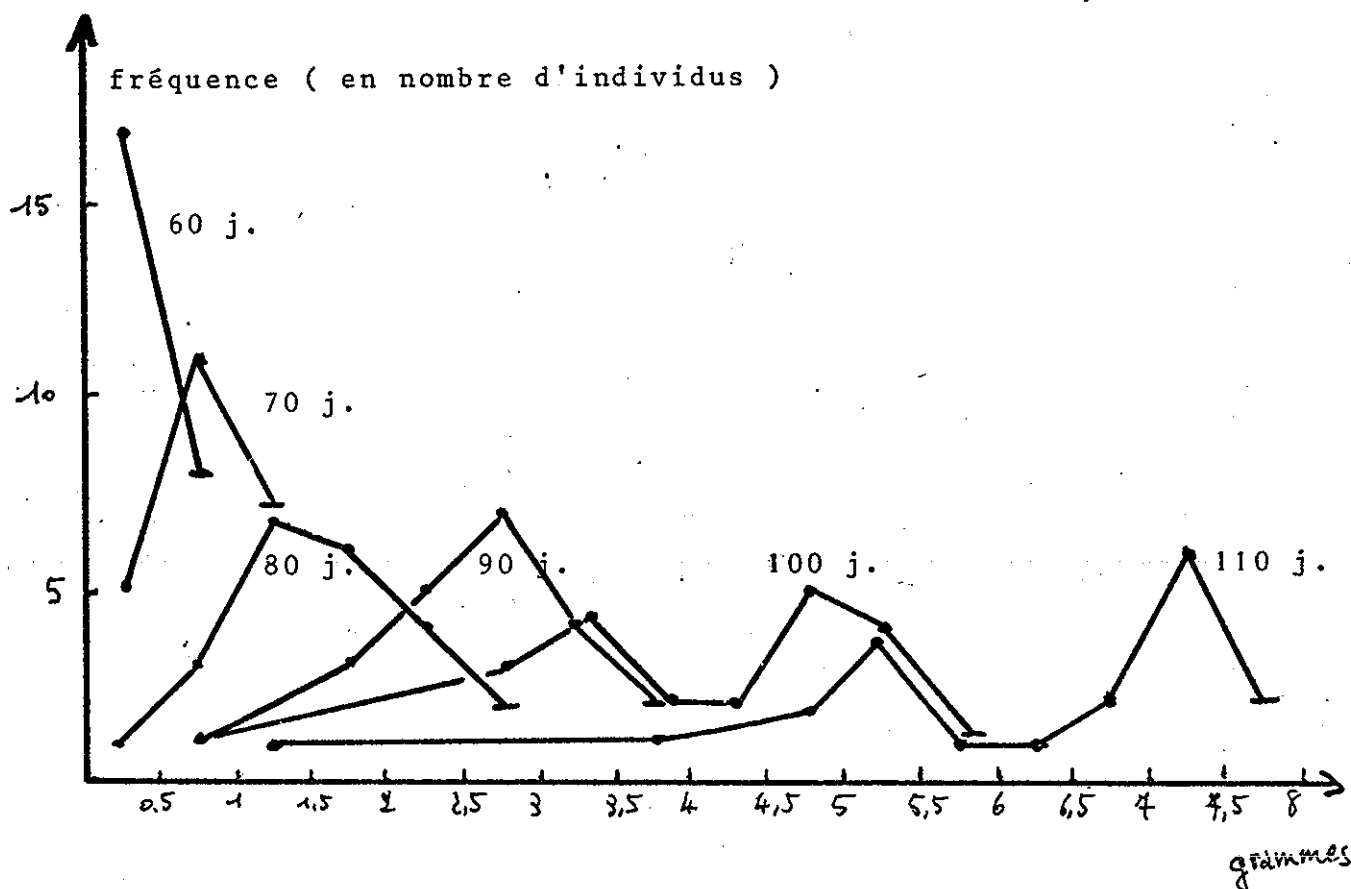
tailles
EN CM.

RELATION TAILLE-POIDS DES POISSONS DU BAC G₁
Mesures prises au hasard parmi les mesures faites
aux différentes dates.



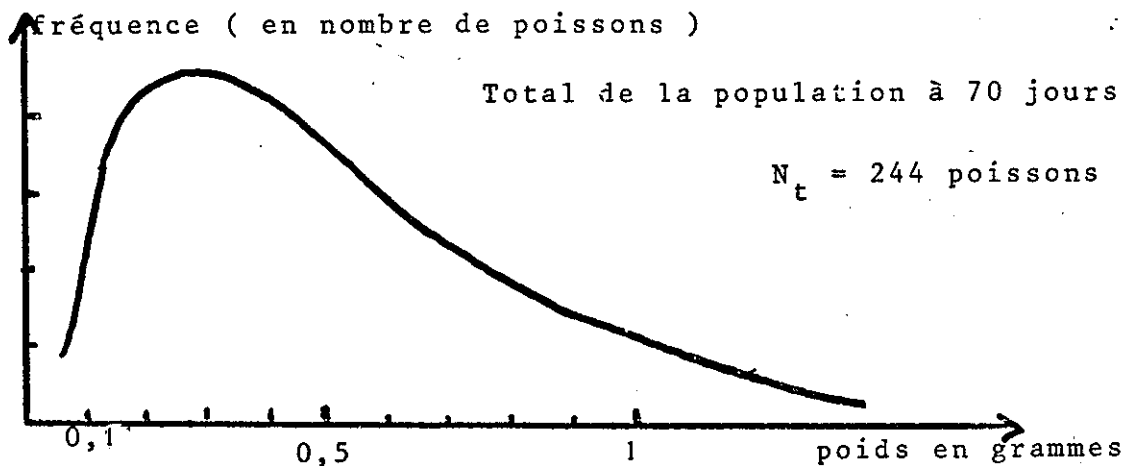


B- CROISSANCE DE LA POPULATION DU BAC G₁



On observe que la distribution à partir de 100 jours devient bimodale , ce qui démontre que les tests statistiques appliqués à de si petits échantillons doivent être utilisés avec précaution.

C- EVOLUTION DE LA DISTRIBUTION PONDERALE DES POISSONS DE TOUS LES BACS SOUMIS AUX DIFFERENTES PHOTOPERIODES



Il apparait clairement qu'une telle distribution n'est pas normale .

Or , à 110 jours , on observe une distribution sensiblement normale , qu'il est possible d'ajuster à une droite de Henry (PLANCHE IX)

On peut penser que c'est la mortalité touchant les plus petits poissons (exception faite de la maladie qui a touché les gros autant que les petits) qui a amené la distribution du 70^{ème} jours à rejoindre une distribution de type normal

On peut donc appliquer les tests statistiques classiques, dans la mesure où la distribution normale dans chacun des bacs est elle aussi respectée .

D-Classes de poids touchées par la mortalité

Si , en centrant les morts à la date de mesure la plus proche de leur date de mort , on compare le poids moyen des morts au poids moyen des vivants , on a aux différentes dates :

$$M = \frac{\text{Poids moyen des morts}}{\text{Poids moyen des vivants}}$$

M= 0,40 à 70 jours

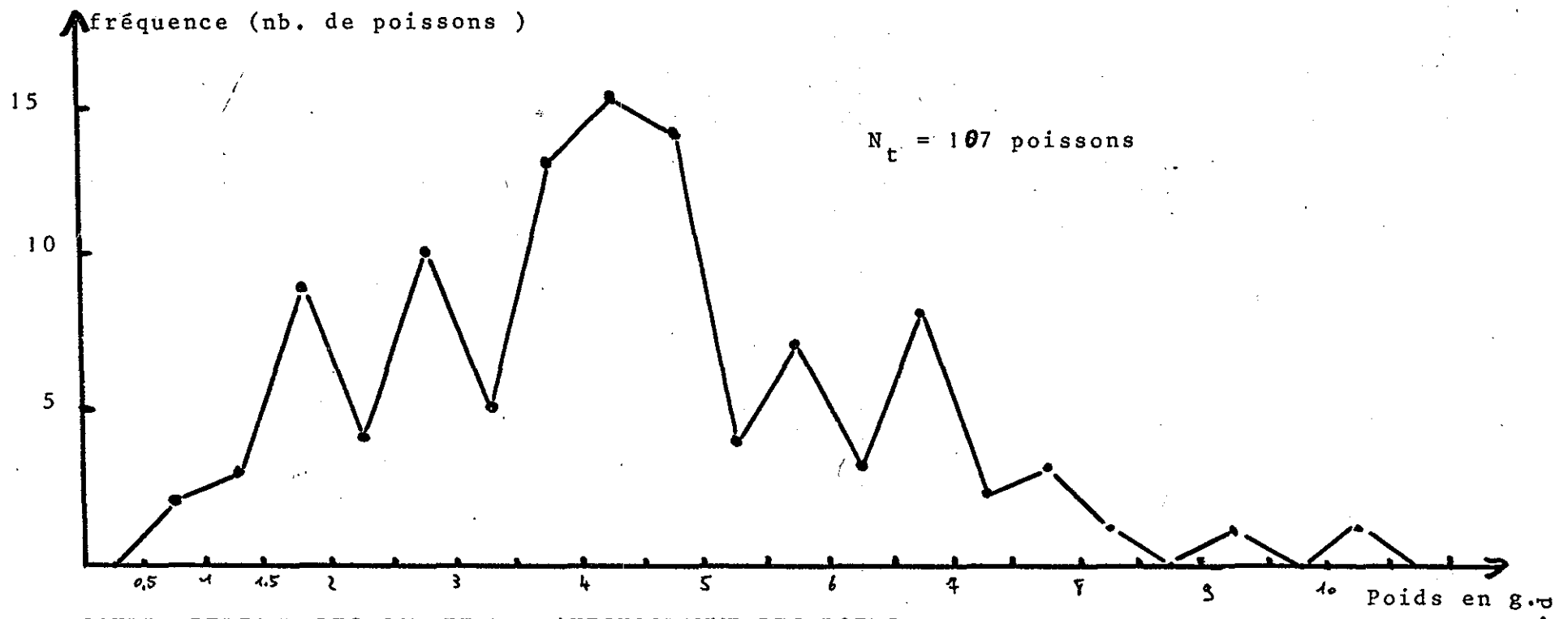
0,50 à 80 "

0,46 à 90 "

0,63 à 100 "

Les classes de poids touchées par la mortalité sont donc à prédominance celles des petits poids .

L'évolution vers des poids plus élevés est peut-être due à la maladie .

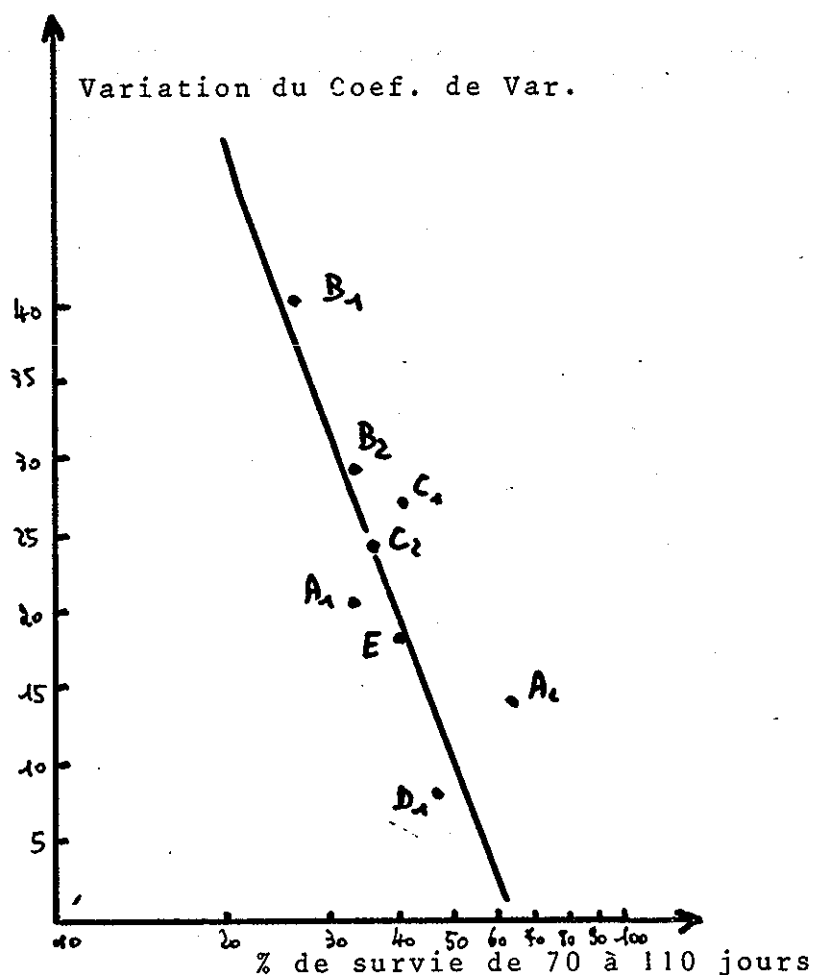


COURBE RELIANT LES SOMMET DE L4HISTOGRAMME DES POIDS

E-Mortalité et coefficient de variation

Les bacs du groupe B avaient au 70^{ème} jour un coefficient de variation moyen de 76 alors que celui des autres était de 62,5 , 65 , 62 , 58,5 ; on peut penser qu'il y a un lien entre la forte mortalité rencontrée dans ce bac et son fort coefficient de variation qui caractérise son hétérogénéité .

Si maintenant l'on étudie les variations des différents coefficients de variation de chaque bac entre le 70^{ème} et le 110^{ème} jour , on obtient :



Si l'on fait une régression du taux de survie

en fonction de cette variation , on obtient une droite de pente

$$p = -0,84$$

et un coefficient de corrélation

$$r = -0,739$$

dont la valeur correspondante

$$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{n-2} = 2,68$$

La pente de la droite de régression observée diffère donc significativement de zéro pour un risque de 5% .

F- TESTS STATISTIQUES UTILISES

1-Le test employé pour l' expérience sur la photopériode est la comparaison de deux moyennes de petits échantillons pour laquelle on a :

$$t = \frac{m_a - m_b}{\sqrt{\frac{s^2}{n_a} + \frac{s^2}{n_b}}}$$

où s^2 désigne l'estimation de la variance , supposée commune :

$$s^2 = \frac{(x-m_a)^2 + (x-m_b)^2}{n_a + n_b - 2}$$

On compare le t obtenu au t de la table pour $n_a + n_b - 2$ ddl .

Les bacs ont été ainsi comparés deux par deux puis groupes par groupes selon les nécessités de l'expérience .

2-Le test employé pour l'expérience de comparaison des trois aliments composés est celui de la comparaison des moyennes par analyse des variances .

Pour ces deux tests les variances étaient auparavant comparées . Seules les variances des bacs B_2 et C_2 différaient (pour un risque de 5%) .