

Caractérisation biologique et variation des captures de la grande alose (*Alosa alosa*) par unité d'effort sur le fleuve Adour (Pyrénées Atlantiques, France)

Patrick Prouzet ⁽¹⁾, Jean-Pierre Martinet ⁽²⁾ et Jacques Badia ⁽³⁾

⁽¹⁾ IFREMER, Laboratoire d'Écologie halieutique.

⁽²⁾ INRA, Station d'Hydrobiologie de St-Pée-sur-Nivelle, B.P. 3, 64310 Ascaïn, France.

⁽³⁾ INRA, Station de Biométrie et d'Intelligence artificielle, B.P. 27, 31326 Castanet Tolosan Cedex, France.

Reçu le 21 mai 1992; accepté le 23 août 1993.

Biological characteristics and catch variation of allis shad (Alosa alosa) from commercial catches in the Adour River (Pyrénées Atlantiques, France).

Prouzet P., J.-P. Martinet, J. Badia. *Aquat. Living Resour.*, 1994, 7, 1-10.

Abstract

The study of logbooks from commercial fishermen on the Adour River and commercial samples allowed characterization of the allis shad population (*Alosa alosa* L.) caught during the period 1988-91. A better knowledge of the influence of hydroclimatic factors (rate of river flow and intensity of tidal coefficient) on the catchability of the species in that river was also obtained. Allis shad are mainly recruited to this fishery from the beginning of April to the end of May: between 78 and 89 % depending on year. Males in the population were on average younger than females. However, at the same age, males were significantly smaller in size and in weight than females. These results reinforce the knowledge already obtained on French stocks in the Loire and Gironde river networks. During the main exploitation period of allis shad, we noted the influence of the rate of flow and tidal coefficients on catch per unit effort (kg per trip) variations. Analysis performed either with Correspondence Analysis or with Generalized Linear Model indicated that an increase of catch per unit effort (CPUE) is associated with the increase in the tidal coefficient. The rate of flow was considered to be a secondary factor of variation.

Keywords: *Alosa alosa*, allis shad, Clupeidae, catch, fishing effort, stock assessment, age composition, flow and tidal currents, Atlantic.

Résumé

L'étude des carnets de pêche des marins-pêcheurs et l'échantillonnage des captures ont permis de cerner les caractéristiques biologiques des populations de grandes aloses (*Alosa alosa* L.) prélevées sur l'Adour de 1988 à 1991 et d'étudier l'influence des conditions hydroclimatiques sur le niveau moyen des captures journalières par sortie. Les aloses sont principalement recrutées dans l'estuaire entre le début du mois d'avril et la fin du mois de mai: entre 78 et 89 % selon les années. Les mâles sont en moyenne plus jeunes et à âge égal plus petits et moins lourds que les femelles. Ces résultats confortent les connaissances obtenues sur les principaux stocks français qui remontent les systèmes fluviaux de la Loire et de la Gironde. Les analyses effectuées soit par l'Analyse Factorielle des Correspondances soit par l'utilisation du Modèle Linéaire Généralisé indiquent que les variations conjuguées du débit fluvial et du coefficient de marée ont une influence sur l'abondance des captures journalières exprimées en kg par sortie. Le travail réalisé à l'aide de ces deux méthodes complémentaires d'analyse permet à la fois de décrire et de quantifier les liens entre les captures par sortie (CPUE) et les facteurs hydroclimatiques. En effet, une augmentation de ces CPUE est constatée avec l'accroissement des coefficients de marée, le débit fluvial intervenant comme facteur de modulation secondaire.

Mots-clés : *Alosa alosa*, grande alose ou alose vraie, Clupéidés, captures, stock, pêche, âge, débit fluvial, courant de marée, Atlantique.

INTRODUCTION

Depuis 1985, une étude sur les pêcheries estuariennes de l'Adour est entreprise par l'IFREMER⁽¹⁾ et l'INRA⁽²⁾ en collaboration avec le CIPE⁽³⁾. Le but de ce travail est de mieux définir les caractéristiques de ces pêcheries ainsi que celles des principaux migrateurs : saumon atlantique (*Salmo salar*), truite de mer (*Salmo trutta*), grande alose (*Alosa alosa*), anguille (*Anguilla anguilla*) et lamproie marine (*Petromyzon marinus*). Le suivi effectué par échantillonnage des prises et par analyse des carnets de pêche journaliers des marins pêcheurs a permis de recueillir des renseignements concernant les caractéristiques et les variations de l'importance des captures prélevées sur les principales zones de pêche de l'estuaire de l'Adour. Ainsi, des observations ont pu être collectées sur les différentes vagues de remontée en eau douce des grands migrateurs et en particulier, la grande alose. Elles ont permis de mieux connaître ce stock et de percevoir l'influence du coefficient de marée et du débit fluvial sur sa pêche grâce à l'étude précise de la zone de pêche située à la limite transversale de la mer.

Ces travaux complètent et précisent les premières études effectuées par Douchement (1981) sur cette même rivière. Ils se situent dans le cadre plus général de l'amélioration de nos connaissances sur cette espèce, déjà bien étudiée par divers auteurs dans d'autres systèmes fluvio-estuariens français, notamment la Garonne (Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981; Dautrey et Lartigue, 1983), la Loire (Ménnesson-Boisneau et Boisneau, 1990) et la Gironde (Taverny, 1991).

Situation géographique de l'aire d'étude

L'Adour est un fleuve du sud-ouest de la France dont l'embouchure se situe au fond du golfe de Gascogne près de la frontière espagnole. Le bassin versant a une superficie de 16 000 km². La grande alose fréquente principalement l'Adour rivière (longueur 312 km) bien que certaines captures soient effectuées sur la Nive et le cours inférieur des Gaves Réunis. Les principales frayères sont localisées sur le cours moyen de l'Adour. Leurs superficies sont en constante régression par suite de l'accroissement de la divagation du fleuve dû, ces dernières années, à l'extraction de granulats dans le lit majeur.

La pêche est située en grande partie dans la zone estuarienne (fig. 1). Elle s'étend de la « Barre de l'Adour » (zone 1) à Horgaves (zone 6). Sur ces 33 km de longueur, 6 principales zones de pêche ou « lens » sont répertoriées. La plus importante (zone 1)

est située à l'embouchure de l'Adour. Elle constitue le lieu d'étude sur lequel portera l'analyse des données de captures par unité d'effort car il est caractérisé hydrologiquement par l'opposition entre deux masses d'eau de salinités et de températures différentes.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Collecte des données

La pêche de l'aloise se pratique au filet maillant dérivant de l'étalement de basse mer jusqu'à la renverse de courant. La longueur du filet est fixée réglementairement aux deux tiers de la section mouillée du cours d'eau. La maille du filet est de 55 mm de côté. Les tailles des embarcations sont tout à fait comparables (entre 6 et 8 m) et chaque bateau de pêche se laisse dériver, avec son filet, au gré du courant. Annuellement, entre 43 et 61 bateaux ont pratiqué cette pêche sur l'estuaire entre 1987 et 1991. Pour la première zone située à l'embouchure, entre 5 et 9 bateaux ont exercé assidûment cette activité durant la période de remontée de l'aloise.

Données de captures et d'efforts journaliers

Elles ont été obtenues, de 1988 à 1991, à partir des carnets de pêche mis en place par le CIPE. La validation de ces carnets a été faite par IFREMER à partir d'enquêtes et de sorties sur le terrain. De cette manière, pour chaque pêcheur, la zone de pêche, le poids des captures ainsi que l'effort développé exprimé en nombre de sorties ont pu être obtenus journalièrement. A partir de cette base de données, les captures moyennes journalières par sortie (CPUE) ont pu être calculées pour chaque pêcherie.

Paramètres physiques

Deux paramètres physiques ont été choisis pour caractériser le milieu aquatique :

- le coefficient de marée (CM) exprimé chaque jour par le coefficient astronomique dont la valeur est en centième et peut varier sur l'année entre les coefficients 20 (marées de morte-eau les plus faibles) et 120 (marées extraordinaires de vive-eau d'équinoxe);

- le débit fluvial (DF) journalier estimé à partir des stations de jaugeage situées sur les cours inférieurs de l'Adour rivière, des Gaves et de la Nive. Il est exprimé en mètre cube par seconde.

Les variations des températures de l'air ou de l'eau n'ont pas été prises en compte car elles ne sont pas représentatives de celles qui caractérisent cette zone « multi-couches » située dans l'aire de confrontation des masses d'eaux salée et douce.

⁽¹⁾ Institut Français de Recherche Pour l'Exploitation de la Mer.

⁽²⁾ Institut National de la Recherche Agronomique.

⁽³⁾ Comité Interprofessionnel des Poissons migrateurs et des Estuaires.

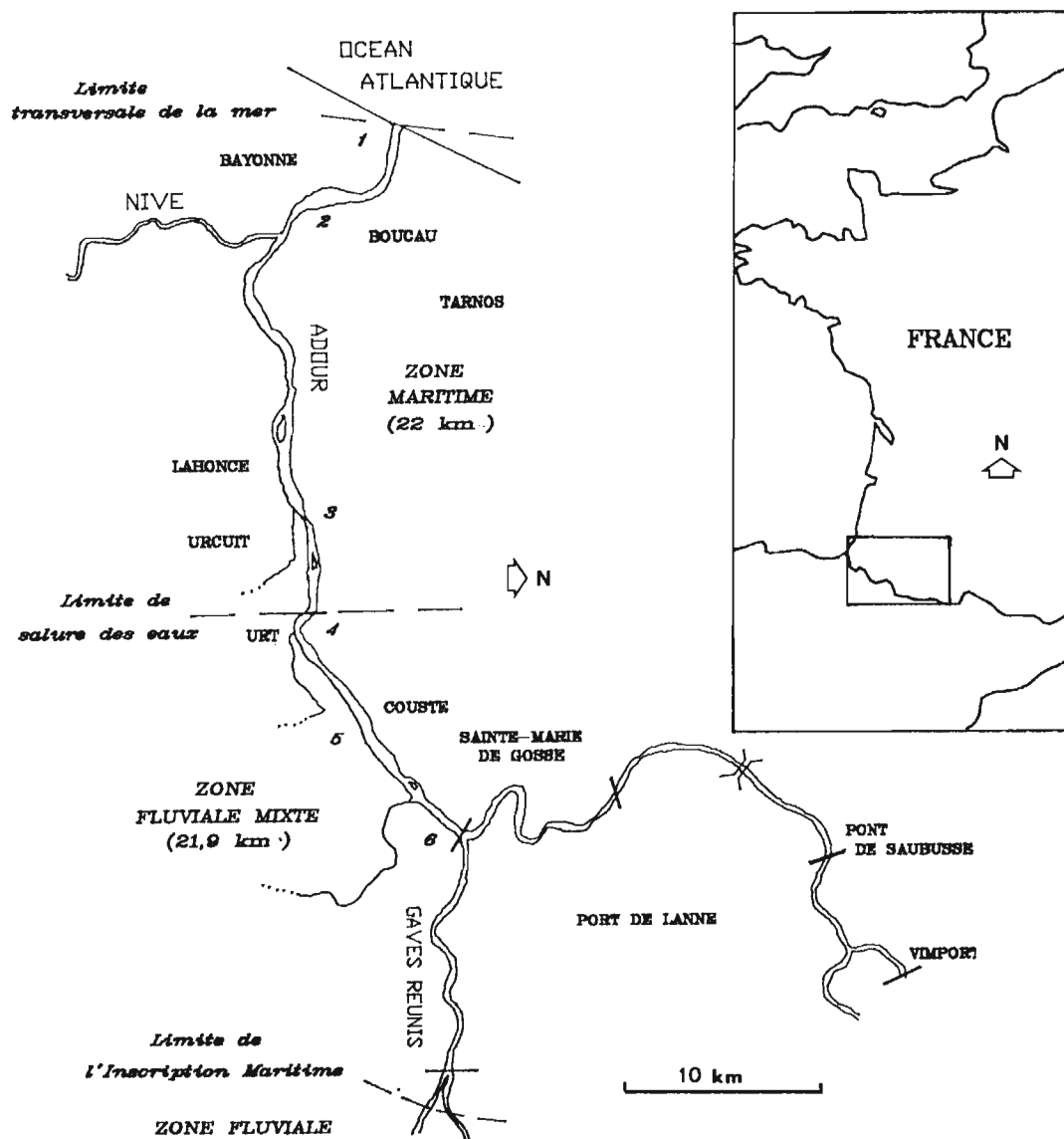


Figure 1. – Carte de situation des principales zones de pêche estuarienne de l'estuaire de l'Adour.

The Adour Estuary with location of the main estuarine fisheries.

Caractérisation des captures

Elles ont été estimées à partir d'échantillonnages effectués sur les lieux de pêche de 1987 à 1991. Sur l'ensemble de la période, 620 individus ont été mesurés au cours de la saison de pêche. Sur ce total, 487 poissons ont pu être identifiés à la fois par le sexe et l'âge. Sur chaque individu, le poids (± 25 g), les longueurs standard, fourche et totale ($\pm 0,5$ cm) sont mesurés. Le sexe est déterminé par examen externe de l'orifice génital et par pression des flancs. Les écailles sont prélevées pour l'étude de l'âge. Le nombre de captures mensuelles pour l'ensemble des pêcheries a été estimé à partir du rapport du poids total des aloses débarquées chaque mois sur le poids moyen des échantillons collectés dans le mois.

Détermination de l'âge par scalimétrie

La lecture de l'âge, à partir des écailles, a été effectuée par 2 lecteurs selon la classification et la distinction des structures utilisées par Cassou-Leins et Cassou-Leins (1981), Mennesson-Boisneau et Boisneau (1990). En particulier, un annulus (zone de ralentissement de croissance) n'est pris en compte que lorsqu'il est bien défini sur les champs latéraux de l'écaille. A partir du comptage des annulus, l'âge (en années) a été attribué en ajoutant une unité au nombre d'annulus distingués (dernier annulus non marqué et confondu avec le bord de l'écaille, comme chez les saumons atlantiques remontant au printemps), sauf si le dernier annulus est presque collé au bord de l'écaille.

Analyse des données

Caractéristiques des individus échantillonnés

Les comparaisons des longueurs à la fourche et des poids des aloses mâles et femelles pour un âge déterminé ont été effectuées par analyse de variance. Pour cela, un facteur qui combine l'âge et le sexe a été créé, il est à 8 modalités (les groupes d'âges 7 et 8 ont été regroupés). On peut ainsi éprouver l'hypothèse d'égalité des modalités du facteur puis, en cas de rejet de cette hypothèse, comparer 2 à 2 les modalités du facteur par le test de Bonferroni (Miller, 1966). Seules nous intéressent les comparaisons des aloses de même âge mais de sexe différent. La comparaison de la proportion de chaque sexe par âge a été faite à l'aide du test G en appliquant la correction de Yates pour les petits échantillons (G ajusté).

Analyse de l'influence des valeurs du débit fluvial et des coefficients de marée sur la variabilité des captures par unité d'effort

L'influence des facteurs hydrodynamiques, débit fluvial et coefficient de marée, sur le niveau des captures par unité d'effort a été étudiée d'un point de vue descriptif par l'emploi de l'Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (Benzecri, 1972; Lebart *et al.*, 1982) puis d'un point de vue inférentiel au moyen du Modèle Linéaire Généralisé (McCullagh and Nelder, 1983).

Les comparaisons ont été effectuées pour la période de capture principale de la grande alose qui correspond à la phase de recrutement maximum de l'aloise dans la pêcherie qui se positionne entre le début du mois d'avril et la fin du mois de mai.

De cette façon, nous estimerons que le facteur densité (nombre d'aloises par unité de volume) n'est pas un élément limitant du nombre de captures par sortie journalière durant cette période. C'est-à-dire que le poisson est présent en quantité suffisante et en permanence sur la zone de pêche (accessibilité maximale), mais plus ou moins vulnérable selon principalement les conditions hydrodynamiques du milieu.

Pour les trois variables étudiées quatre modalités ont été définies : « faible », « faible à moyenne », « moyenne à forte » et « forte ». Les découpages ont été effectués selon les quartiles pour les CPUE. Pour prendre en compte les variations annuelles de l'abondance, la répartition en classe de la CPUE a été faite par année. Pour les variables physiques DF et CM, le codage a été effectué d'après les histogrammes des valeurs, toutes années confondues (tabl. 1).

L'utilisation du Modèle Linéaire Généralisé mérite d'être explicitée brièvement pour montrer la richesse de cette approche peu utilisée en hydrobiologie ou en halieutique. Pour analyser l'influence de DF et de CM sur la CPUE, on cherche à modéliser la relation de causalité entre les CPUE d'une part et les conditions hydrodynamiques DF et CM d'autre

Tableau 1. — Définition des modalités des variables et des bornes utilisées pour chacune d'entre elles.

Definition of the class variables and class limits.

Variable	Sigle	Modalité	Bornes*	
			inférieure	supérieure
Capture moyenne journalière par sortie (kg)	CPUE	fa : faible	0,0 (0,0)	0,7 (5,8)
		fm : faible à moyen	0,7 (5,8)	1,8 (9,6)
		mo : moyen à fort	1,8 (9,6)	4,3 (14,4)
		fo : fort	4,3 (14,4)	26,0 (70,0)
Débit fluvial journalier (m ³ /s)	DF	D ₁ : faible	75	250
		D ₂ : faible à moyen	250	400
		D ₃ : moyen à fort	400	600
		D ₄ : fort	600	1 325
Coefficient de marée (centièmes)	CM	M ₁ : faible	27	52
		M ₂ : faible à moyen	52	70
		M ₃ : moyen à fort	70	90
		M ₄ : fort	90	1 117

* CPUE : bornes différentes suivant les années, entre parenthèses la valeur maximale de la borne pour la période considérée.

part. Les CPUE, DF et CM sont les facteurs du modèle, ils ont des statuts différents : deux d'entre eux (DF et CM) sont des facteurs explicatifs, le troisième (CPUE) est un facteur réponse. Cette dichotomie est intimement liée à la structure des observations, elle implique des hypothèses distributionnelles sur les données. En effet, le tableau des effectifs qui donne les CPUE pour chaque combinaison des facteurs DF et CM est tel que le total marginal des réponses associées à chaque combinaison DF × CM est fixe puisqu'il correspond à un nombre précis de conditions hydrodynamiques observées. Dans ces conditions, on montre (Plackett, 1981) que l'on peut prendre en compte cette information supplémentaire sur les données en utilisant un modèle explicatif multinomial (le nombre de pêches dans les classes de CPUE, pour chaque combinaison DF × CM, est une réalisation d'une variable aléatoire distribuée suivant une loi multinomiale). La théorie du Modèle Linéaire Généralisé (McCullagh and Nelder, 1983) est adaptée à l'étude de tels modèles. Le modèle Log-linéaire permet, sous certaines conditions (McCullagh and Nelder, 1983, p. 140-143), d'estimer les paramètres du modèle multinomial et les probabilités $p_{k/ij}$ d'observer la classe k de la CPUE sachant les modalités i de DF et j de CM. L'intérêt de la méthode réside ici dans l'estimation précise des probabilités $p_{k/ij}$. En effet, si ces probabilités étaient estimées par de simples proportions, ces estimations auraient des précisions différentes puisque les différents contextes hydroclimatiques sont inégalement représentés. Elles seraient alors difficilement comparables et ne permettraient pas de préciser les conditions hydrodynamiques les plus favorables aux pêches.

RÉSULTATS

Variation de l'abondance et caractérisation des captures

Sur la période 1988 à 1991, quelle que soit l'année, entre 78 et 89% des captures se font principalement pendant les mois d'avril et de mai. Les aloses apparaissent à la « Barre de l'Adour » vers la fin du mois de février et le recrutement au sens halieutique du terme cesse totalement vers le début du mois de juillet (tabl. 2).

Quelles que soient les années de capture, plus de 80% des prises échantillonnées sont âgées de 5 à 6 ans. Globalement, l'âge moyen des captures est de 5,5 ans, mais il est plus élevé chez les femelles (5,8) que chez les mâles (5,1). Les mâles sont minoritaires dans les échantillons âgés de 6 à 8 ans et majoritaires chez les aloses de 4 à 5 ans (G ajusté = 103,3 pour 3 ddl) (tabl. 3).

L'analyse de variance effectuée sur les longueurs à la fourche et les poids indique que pour un même groupe d'âge⁽⁴⁾, il y a une différence de taille et de poids significative entre les mâles et les femelles; les mâles étant plus petits et moins lourds (tabl. 3 et 4).

Influence des conditions hydroclimatiques sur la variation des CPUE

Description des relations CPUE, DF et CM

L'Analyse Factorielle des Correspondances Multiples a permis de décrire les groupements des variables CPUE, DF et CM. L'étude des valeurs propres montre que les 5 premiers axes contribuent à 63% de l'inertie totale. Cette variance est répartie de manière homogène entre les axes factoriels (axe 1 : 15%, axe 2 : 13%, axe 3 : 13%, axe 4 : 11%, axe 5 : 11%).

L'espace factoriel 1-2-3 (fig. 2) permet de mettre en évidence diverses associations :

- très faible CPUE (fa) avec faible coefficient de marée (M_1) et très fort débit (D_4). Cette association se retrouve pratiquement dans tous les espaces factoriels;
- très forte CPUE (Fo) proche des forts coefficients de marée (M_4) et des forts débits (D_3);

– CPUE proches de la médiane (fm et mo) pour des valeurs de débits et des coefficients de marée de part et d'autre de la valeur centrale interannuelle.

L'espace factoriel 1-3-5 (fig. 2) complète ces informations et permet d'observer 2 groupements de modalités des différents variables bien distincts :

- les CPUE très faibles (fa) ou faibles à moyennes (fm) sont associées à des coefficients de marée très faibles (M_1) ou faibles à moyens (M_2) et à des débits soit faibles (D_1) soit forts (D_4);

Tableau 2. – Fluctuation des captures mensuelles de grande alose *Alosa alosa* L. sur l'Adour de 1988 à 1991. P : poids en kg; N : nombre.

Monthly catch trends of allis shad (Alosa alosa L.) on the Adour River during 1988-1991. P: weight in kg; N: number.

		février	mars	avril	mai	juin	juillet	Total
1988	P	13	1 008	9 378	6 624	972	11	18 006
	N	7	542	5 042	3 536	609	7	9 743
1989	P	0	483	4 190	4 610	1 155	63	10 501
	N	0	260	2 252	2 461	723	39	5 735
1990	P	0	95	1 701	2 793	678	32	5 299
	N	0	51	915	1 491	425	20	2 902
1991	P	10	1 054	3 962	3 486	960	29	9 501
	N	5	568	2 130	1 861	601	18	5 183
Nombre moyen (1988-1991)		3	355	2 585	2 337	590	21	5 891

Tableau 3. – Caractéristiques métriques et pondérales des aloses échantillonnées sur l'Adour au cours de la période 1987-1991. L : longueur fourche (mm), P : poids (g), m : moyenne, s : erreur standard, N : nombre.

Length and weight of sampled allis shad (Alosa alosa L.) on the Adour River during 1987-1991. L: fork length (mm); P: weight (g); m: mean; s: standard error; N: number.

Groupe d'âge		Mâles		Femelles		Total	
		L	P	L	P		
4	m	428,6	1 099	465,0	1 285	429,7	1 105
	s	3,7	30			3,7	30
	N	31		1		32	
5	m	448,5	1 352	482,0	1 701	460,8	1 486
	s	2,0	18	2,2	27	1,8	19
	N	149		87		236	
6	m	474,0	1 657	518,8	2 266	505,5	2 085
	s	2,5	27	1,8	24	2,1	28
	N	52		123		175	
7	m	499,1	2 114	536,5	2 599	530,3	2 509
	s	10,7	133	3,1	54	3,7	57
	N	7		35		42	
8	m			547,5	3 050	547,5	3 050
	s			2,5	50	2,5	50
	N			2		2	
Total	m	453,0	1 408	508,4	2 116	481,2	1 768
	s	1,8	19	1,8	27	1,8	23
	N	239		248		487	

(4) Si l'on excepte le groupe d'âge 4 pour lequel l'effectif des femelles est trop réduit pour qu'une comparaison puisse être effectuée.

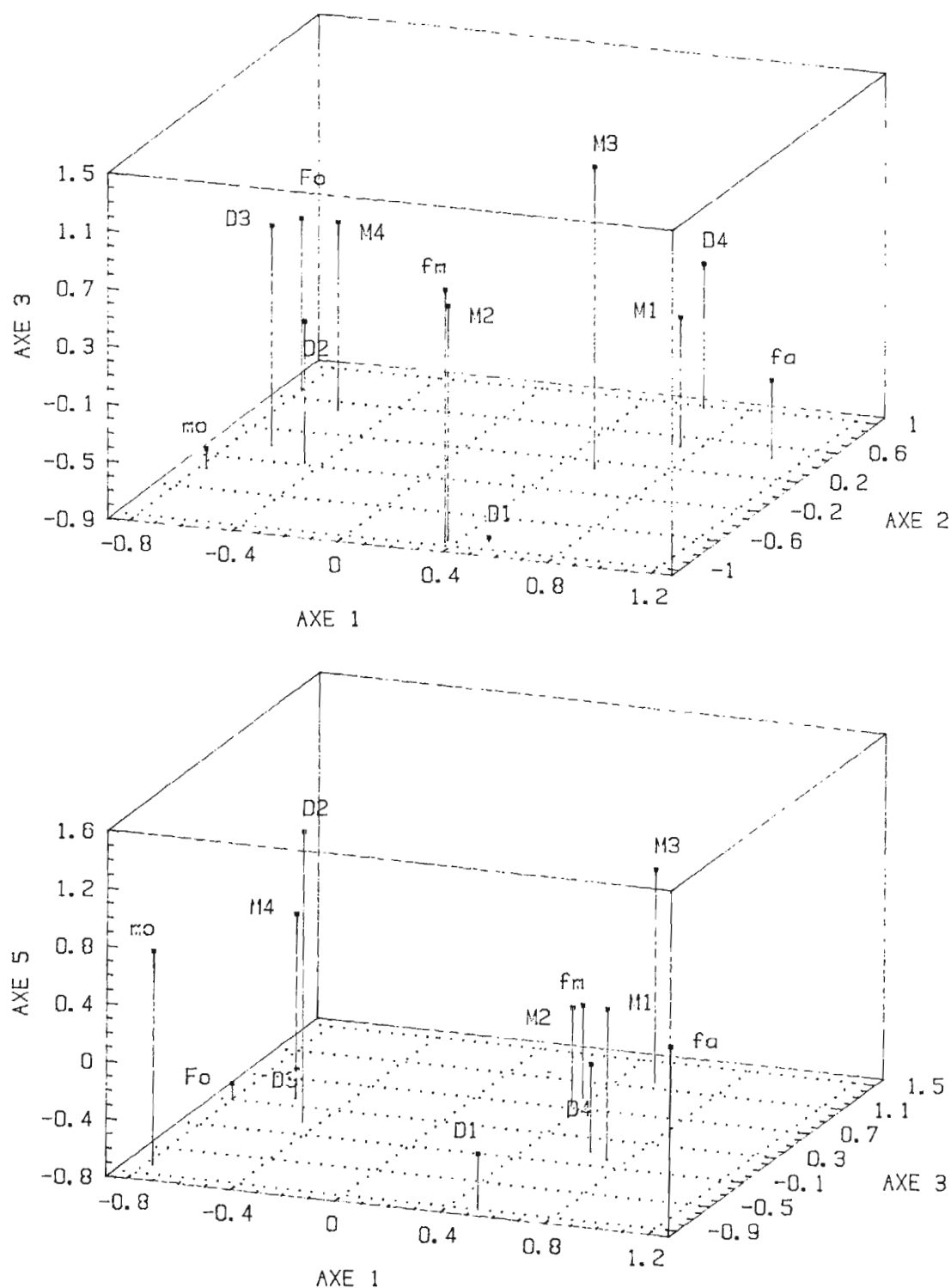


Figure 2. — Répartition des variables dans l'espace factoriel 1-2-3 (en-haut) et dans l'espace factoriel 1-3-5 (en bas). Classes de captures par unité d'effort (fa : « faible », fm : « faible à moyen », mo : « moyen à fort », Fo : « fort »), classes de débit fluvial et de coefficient de marée (4 classes croissantes, respectivement D₁ à D₄ et M₁ à M₄).

Distribution of variables in the factorial space 1-2-3 (upper part) and in the factorial space 1-3-5 (lower part). Classes of catch per unit effort (fa: "low", fm: "low to medium", mo: "medium to high", Fo: "high"), rate of flow and tidal coefficient (respectively 4 increasing classes from D₁ to D₄ and from M₁ to M₄).

Tableau 4. – Comparaison de la longueur à la fourche et du poids des mâles et des femelles de 4 à 7 ans et plus (4M à 7°F); ddl : degrés de liberté, F : statistique de Fisher, $p > F$: probabilité de rejet de l'hypothèse et 4M-4F,..., 7°M-7°F les comparaisons 2 à 2.

Comparison of fork length and weight of males and females from 4 to 7 years and more (4M to 7°F); ddl: degrees of freedom, F: Fisher statistic, $p > F$: probability of rejection of the null hypothesis and 4M-4F,..., 7°M-7°F paired comparisons.

	Source de variation	ddl	Carrés moyens	F	$p > F$
Longueur à la fourche	sexe-âge	7	75 329,22	155,49	0,000 1
	Erreur	479	484,45		
Poids	sexe-âge	7	13 459 067,78	190,50	0,000 1
	Erreur	479	70 651,55		
Comparaisons 2 à 2					
		4M-4F	5M-5F	6M-6F	7°M-7°F
Longueur à la fourche	ns	**	**	**	
Poids	ns	**	**	**	

** : significatif à 0,001; ns : non significatif.

Tableau 5. – Valeurs des cellules par combinaison des modalités des variables captures par unité d'effort (CPUE), débit fluvial (DF) et coefficient de marée (CM).

Cell values for the combination of catch per unit effort (CPUE), rate of flow (DF) and tidal coefficient (CM) variables.

Variables explicatives		Variable réponse : CPUE			
DF	CM	Faible	Faible à moyenne	Moyenne à forte	Forte
Faible	Faible	11	5	2	1
	Faible à moyen	4	11	4	2
	Moyen à fort	7	5	9	4
	Fort	5	1	5	4
Faible à moyen	Faible	4	4	7	5
	Faible à moyen	8	6	4	6
	Moyen à fort	4	3	6	8
	Fort	4	7	7	7
Moyen à fort	Faible	5	4	5	9
	Faible à moyen	3	8	4	6
	Moyen à fort	2	3	5	6
	Fort	3	4	9	7
Fort	Faible	15	7	3	2
	Faible à moyen	9	4	2	3
	Moyen à fort	4	1	5	9
	Fort	7	6	2	10

– les CPUE moyennes à fortes (mo) ou très fortes (Fo) sont proches des valeurs de débit et de coefficient de marée au-delà des valeurs centrales interannuelles.

En résumé, on constate que de faibles CPUE sont observées en condition de forts contrastes hydrologiques (crues en période de mortes eaux) ou de faible recouvrement des masses d'eau douce et salée (faibles débits en période de mortes eaux). A l'inverse, des CPUE au-dessus de la médiane sont constatées lorsqu'il semble exister une sorte d'équilibre hydrodynamique entre la force du courant de marée et celle du débit fluvial avec un bon recouvrement des masses d'eau douce et salée (périodes de débits soutenus durant les marées de vives eaux) (tabl. 5).

Quantification des relations qui lient CPUE à DF et CM

Le modèle Log-linéaire avec les effets $DF \times CPUE$ et $CM \times CPUE$ s'ajuste assez bien aux effectifs observés (tabl. 5) : les points représentés ont pour abscisses les valeurs observées et pour ordonnées les valeurs estimées des cellules du tableau 5, ils sont assez proches de la première bissectrice (fig. 3). L'effet des deux facteurs $DF \times CPUE$ et $CM \times CPUE$ sur la variable réponse est significatif ($P(\chi^2 \geq 21,666) = 0,01$ pour 9 dl) alors que $DF \times CM \times CPUE$ n'est pas significatif ($P(\chi^2 \geq 43,194) = 0,01$ pour 27 ddl). $DF \times CPUE$ et $CM \times CPUE$ absorbent en moyenne la même part de la « deviance » (tabl. 6) qui est une mesure, comparable au χ^2 , de l'écart entre les proportions observées et estimées (McCullagh and Nelder, 1983, p. 26).

La figure 4 indique que la probabilité d'obtenir une CPUE élevée (modalités 3 ou 4) est très basse lorsque

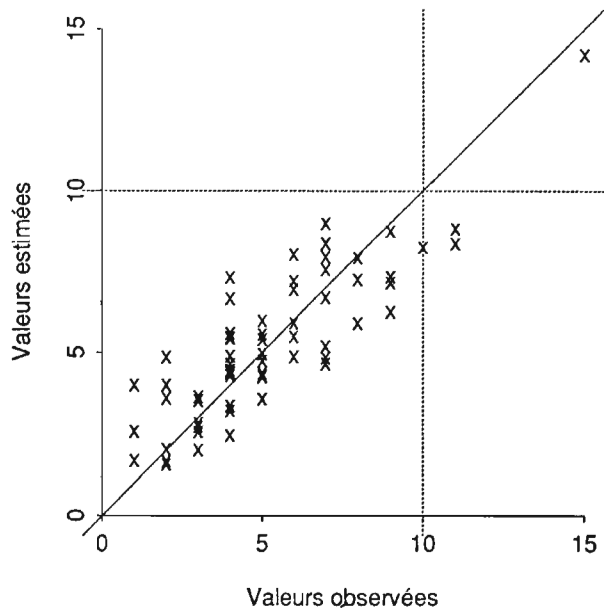


Figure 3. – Répartition des valeurs estimées par le modèle des cellules du tableau de contingence, en fonction des valeurs observées, obtenu par combinaison des modalités des variables : captures par unité d'effort (CPUE), débit fluvial (DF) et coefficient de marée (CM).

Distribution of estimated values of the contingency table according to observed values, for the combination of catch per unit effort (CPUE), rate of flow (DF) and tidal coefficient (CM).

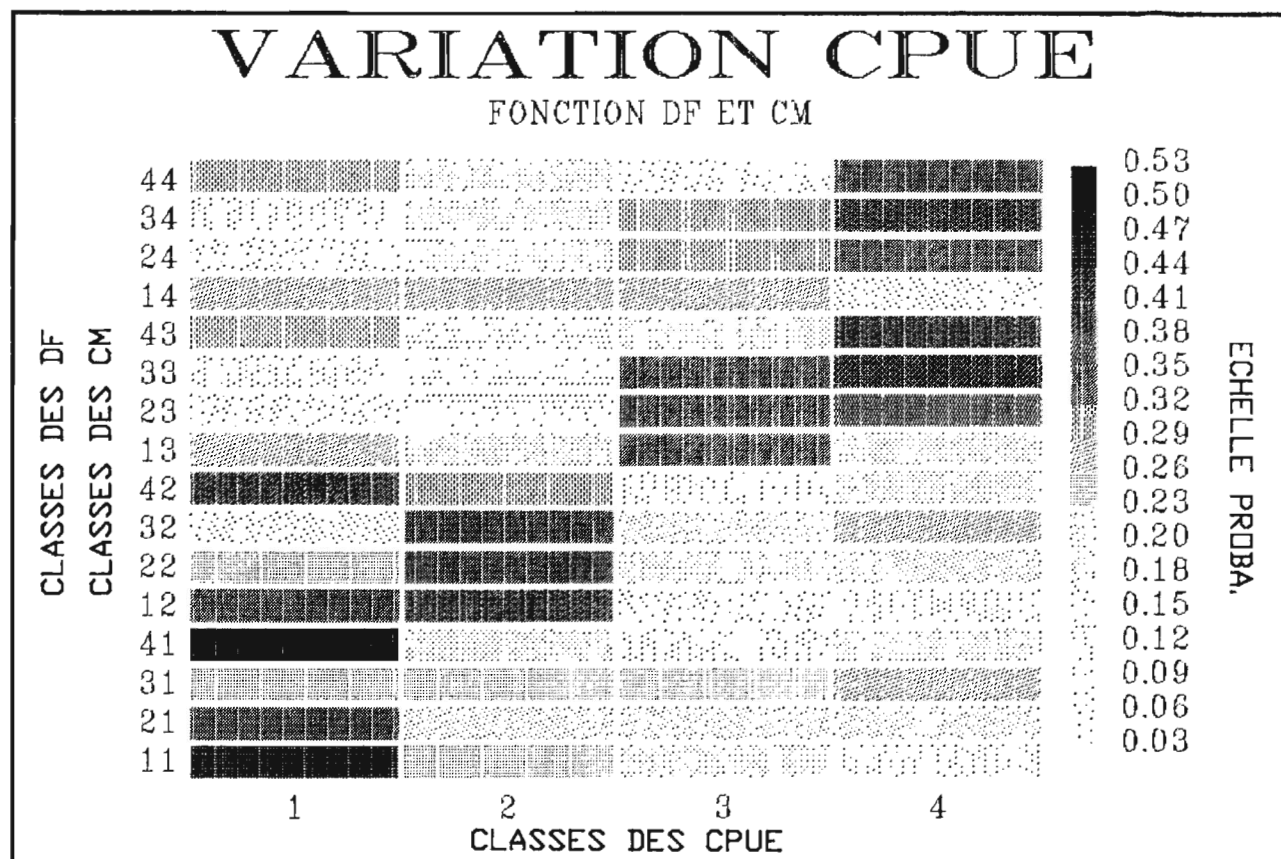


Figure 4. – Cartographie des estimations des probabilités d'obtention d'une classe de captures par unité d'effort par classe de débit fluvial et de coefficient de marée. Les classes sont : « faible » (1), « faible à moyen » (2), « moyen à fort » (3) et « fort » (4).

Probability estimates for a given class of catch per unit effort according to the classification of rate of flow and tidal coefficient. The classes are: "low" (1), "low to medium" (2), "medium to high" (3) and "high" (4).

Tableau 6. – Statistiques de test pour une suite de modèles. Deviances (dev.), degrés de liberté, (ddl), différences entre deviances (dev.) et différences entre degrés de liberté (ddl), test χ^2 .

Goodness-of-fit statistics for a sequence of models. Deviances (dev.), degrees of freedom (ddl), differences between deviances (dev.) and differences between degrees of freedom (ddl), χ^2 statistic.

Prédicteurs	Différence				
	dev.	ddl	dev.	ddl	χ^2
Modèle minimum	76,61	45			
+ DF $\times$ CPUE	51,44	36	25,17	9	**
+ CM $\times$ CPUE	26,16	27	25,28	9	**
+ DF $\times$ CM $\times$ CPUE	0		26,16	27	ns

** : significatif à 0,01 ; ns : non significatif.

le débit fluvial est faible (modalité 1) et ce, quel que soit le coefficient de marée. Cette probabilité s'accroît pour les autres classes de débit, mais surtout lorsque

les coefficients de marée appartiennent aux modalités supérieures (modalités 3 et 4). On constate également que la probabilité d'avoir une CPUE faible (modalité 1 ou 2) est la plus élevée en périodes de faibles mouvements d'eau (catégories 11, 12 et 21) ou en périodes de forts contrastes hydrologiques (catégories 41 et 42). Ceci confirme bien l'analyse descriptive effectuée auparavant.

On note enfin une structure constituée par un regroupement des plus fortes probabilités sur la diagonale de la matrice des trames. Cette structure indique, globalement, un accroissement des CPUE avec une augmentation des coefficients de marée; le débit intervenant comme facteur de modulation secondaire.

DISCUSSION

Comparaison des caractéristiques des grandes aloses capturées sur l'Adour avec celles d'autres stocks en France

Les résultats obtenus confortent un certain nombre d'observations réalisées dans le cadre du suivi d'autres

Tableau 7. – Comparaison des moyennes des longueurs totales (L_T en mm) à différents âges (ans) de plusieurs populations de grandes aloses en France (côte Atlantique). L_T estimées par rétrocalcul ($L_T = 1,109 L_{std} + 14,605$ et $L_T = 1,100 L_f + 2,264$ pour les mâles ; $L_T = 1,129 L_{std} + 3,949$ et $L_T = 1,097 L_f + 2,750$ pour les femelles avec L_{std} : longueur standard et L_f : longueur fourche).

Comparison of total length (L_T in mm) at age and in several allis shad populations (*Alosa alosa*) in France (Atlantic coast). L_T estimated from backcalculation ($L_T = 1.109 L_{std} + 14.605$ and $L_T = 1.100 L_f + 2.264$ for males ; $L_T = 1.129 L_{std} + 3.949$ and $L_T = 1.097 L_i + 2.750$ for females with L_{std} : standard length and L_f : fork length).

	Age (an)												
	3		4		5		6		7		8	Moyen	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	F	M	F
Garonne													
(1) 1976-1979	329	322	421	440	472	533	540	589				5,0	5,6
(2) 1979			457	538	501	571		580				4,5	4,7
(2) 1980	450		473	529	505	521		552				4,2	5,0
(3) 1981-1982	423		479	539	541	583	600	605		667		4,2	5,0
Loire													
(1) 1977-1979	331	351	431	456	494	528	519	538				4,0	5,6
(4) 1984	432		465	514	523	566	563	596				4,8	5,2
(5) 1984-1989	414		465	504	517	557	562	596		629		4,3	4,9
Adour													
(1) 1977-1978	363	333	456	451	489	518		557				4,3	5,9
(6) 1987-1991			474	513	496	532	524	572	551	592	603	5,1	5,8

(1) Douchement (1981); (2) Cassou-Leins et Cassou-Leins (1981); (3) Dautrey et Lartigue (1983); (4) Mennesson-Boisneau *et al.* (1986); (5) Mennesson-Boisneau et Boisneau (1990); (6) Présente étude.

stocks de grande alose sur la côte atlantique française. En particulier, on note :

- une période de remontée essentiellement comprise entre le début du mois de mars et la fin du mois de juin comme en Loire (Mennesson-Boisneau et Boisneau, 1990) ou en Garonne (Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981);
- un âge de première maturité plus faible chez les mâles que chez les femelles qui, pour une classe d'âge déterminée, ont des tailles moyennes supérieures à celles des mâles;
- un âge moyen plus élevé chez les femelles (5,8 ans) que chez les mâles (5,1 ans).

Le rapport des sexes pour l'échantillon global analysé est équilibré (0,96) et diffère de celui observé par Douchement en 1981 sur cette même population (9,00). Cette différence pourrait provenir d'un biais important dans l'échantillonnage réalisé lors de cette première étude ainsi que le signale cet auteur.

On ne note pas comme en Gironde-Garonne (Dautrey et Lartigue, 1983; Taverny, 1991) ou en Loire (Mennesson-Boisneau et Boisneau, 1990) de remontées plus précoces des mâles sur l'Adour.

L'âge moyen des mâles semble particulièrement élevé, mais il convient de constater que les structures d'âge observées varient fortement pour une même rivière et parfois selon les mêmes auteurs pour des années d'observations différentes (tabl. 7). Ces différences pourraient être dues, en grande partie, aux biais d'échantillonnage liés à l'utilisation d'un engin de pêche déterminé ou à une époque d'échantillonnage

différente. L'utilisation du filet maillant sur l'Adour pourrait sous-estimer l'importance du nombre de poissons de 3 et 4 ans dans la population et qui semblent être en majorité des mâles. Cependant, il convient d'observer que ce biais, si biais il y a, ne peut expliquer la différence observée avec l'étude de Douchement (1981) sur cette même rivière car l'engin utilisé pour la capture des poissons échantillonnés était le même (filet maillant). En outre, des aloses feintes (*Alosa fallax*) de tailles plus petites sont couramment capturées par le filet maillant.

Les longueurs totales moyennes recensées pour chaque âge sur l'Adour se situent généralement en bas de la gamme des valeurs observées (sur la côte atlantique) à l'aide de techniques d'étude comparables. Cependant, pour un âge déterminé, une grande variabilité de la taille moyenne est observée pour une même rivière et selon des années différentes (tabl. 7). Cette variation ne peut être entièrement mise sur le compte de l'utilisation de techniques d'études différentes (traitements et interprétation des chrono-structures). Des fluctuations interannuelles de la croissance des aloses liées à des variations des facteurs biotiques (abondance des proies) et abiotiques (température) sont également à prendre en considération (Henderson et Brown, 1985; Sabatié, 1990).

Rôle des facteurs hydroclimatiques sur les remontées

L'action des variations du débit fluvial sur le rythme de remontée semble être moins évidente que

celle de la température, Rameye *et al.* (1976) ou Cassou-Leins et Cassou-Leins (1981) signalent, après enquête auprès des pêcheurs, qu'une diminution du débit coïncide avec une augmentation des captures d'aloses. A l'inverse, de fortes crues semblent arrêter la migration vers l'amont (Rameye *et al.*, 1976; Dautrey et Lartigue, 1983). L'influence du couple de facteurs débit-marée sur l'intensité des remontées de grandes aloses est envisagée par Mennesson-Boisneau et Boisneau (1990) sur la Loire, mais sans qu'il soit possible pour ces auteurs de le montrer clairement. L'action combinée du vent, de la marée et des crues sur les remontées de saumon atlantique est signalée par Banks (1969). Les travaux de Dodson *et al.* (1972) sur le comportement de l'alose américaine en estuaire mettent en évidence le mouvement de va-et-vient à l'interface eau salée-eau douce liée à la nécessité de l'adaptation physiologique de l'alose à l'eau douce. Ce besoin d'osmorégulation peut expliquer en grande partie les relations existant entre le niveau des CPUE et les valeurs du couple débit-marée mises en évidence dans ce travail. Il s'ajoute très probablement à ce facteur physiologique, l'aspect intensité du courant fluvial ainsi que le montrent les faibles CPUE obtenues durant les périodes où se conjuguent l'effet crue et mortes eaux ou faible débit et vives eaux.

L'influence de la température sur le rythme de remontée des aloses a été couramment mise en évidence dans le milieu fluvial et particulièrement au niveau d'un obstacle ou d'une passe à poissons. Ainsi, Dautrey et Lartigue (1983) sur la Garonne et Mennesson-Boisneau et Boisneau (1991) sur la Loire constatent l'existence d'un seuil thermique situé aux environs de 11°C au-delà duquel les mouvements et les franchissements des grandes aloses s'intensifient. Leggett et Whitney (1972) chez l'alose américaine (*Alosa sapidissima*) ou Richkus (1974) chez le gaspateau (*Alosa pseudoharengus*) montrent également l'action positive d'une élévation de la température sur le déclenchement et l'accroissement de l'activité de migration au voisinage de barrages.

D'autres facteurs explicatifs doivent être pris en compte ainsi que le montrent les estimations des probabilités qui ne sont pas très élevées et la variabilité autour de la première bissectrice de la valeur estimée d'une cellule pour une valeur observée donnée. Parmi ceux-ci, l'action du vent et de la houle qui, en permettant un brassage des couches superficielles, peut agir également sur la capturabilité de l'alose à l'embouchure de l'Adour.

RÉFÉRENCES

Banks J. W., 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *J. Fish. Biol.*, **1**, 85-136.

- Benzecri J. P., 1972. L'analyse des données, tome 2 : l'Analyse des Correspondances. Dunod, Paris, 505 p.
- Cassou-Leins F., J. J. Cassou-Leins, 1981. Recherches sur la biologie et l'halieutique des migrateurs de la Garonne et principalement de l'Alose (*Alosa alosa* L.). Thèse dr. 3^e cycle, INPT, Toulouse, 393 p.
- Dautrey R., J.-Ph. Lartigue, 1983. Recherches sur la migration des aloses (*Alosa alosa*) et des truites de mer (*Salmo trutta*) en Garonne (site de Golfech). Thèse dr. 3^e cycle, INPT, Toulouse, 212 p.
- Dodson J. J., W. C. Leggett, R. A. Jones, 1972. The behavior of adult American shad (*Alosa sapidissima*) during migration from salt to fresh water as observed by ultrasonic tracking techniques. *J. Fish. Res. Board Can.*, **29**, 1445-1449.
- Douchement C., 1981. Les Aloses des fleuves français *Alosa fallax* (Lacepede, 1803) et *Alosa alosa* (Linné, 1758). Biométrie, Ecobiologie : Autonomie des populations. Thèse dr. 3^e cycle, USTL, Montpellier, 377 p.
- Henderson B. A., E. H. Brown (Jr.), 1985. Effects of abundance and water temperature on recruitment and growth of alewife (*Alosa pseudoharengus*) near South bay, Lake Huron, 1954-82. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 1608-1613.
- Lebart L., A. Morineau, J. P. Fénélon, 1982. Traitements des données statistiques, méthodes et programmes. Dunod, Paris, 275 p.
- Leggett W. C., R. R. Whitney, 1972. Water temperature and the migrations of American shad. *Fish. Bull.*, **70**, 659-670.
- McCullagh P., J. A. Nelder, 1983. Generalized Linear Models. Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman and Hall, 261 p.
- Mennesson-Boisneau C., Ph. Boisneau, J. L. Baglinière, 1986. Premières observations sur les caractéristiques biologiques des adultes de grande alose (*Alosa alosa* L.) dans le cours moyen de la Loire. *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, **7**, 337-353.
- Mennesson-Boisneau C., Ph. Boisneau, 1990. Recherches sur les aloses (*Alosa* sp.) dans le bassin de la Loire. Thèse dr. Univ. Paris XII-Rennes I, 139 p.
- Miller R. G., 1966. Simultaneous Statistical Inference. McGraw-Hill Book, New York.
- Plackett R. L., 1981. The Analysis of Categorical Data. Griffin's Statistical Monographs & Courses, **35**, 208 p.
- Rameye L., A. Kiener, C. P. Spillman, J. Biousse, 1976. Aspects de la biologie de l'alose du Rhône : pêche et difficultés croissantes de ses migrations. *Bull. Fr. Piscic.*, **263**, 50-76.
- Richkus W. A., 1974. Factors influencing the seasonal and daily patterns of alewife (*Alosa pseudoharengus*) migration in a Rhode Island river. *J. Fish. Res. Board Can.*, **31**, 1485-1497.
- Sabatié M. R., 1990. Croissance linéaire de l'alose vraie, *Alosa alosa* (Linné, 1758), dans l'oued Sebou (façade Nord-atlantique du Maroc). *Cybio*, **14**, 131-142.
- Taverny C., 1991. Contribution à la connaissance de la dynamique des populations d'aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax*) dans le système fluvio-estuarien de la Gironde : Pêche, biologie, écologie. Étude particulière de la dévalaison et de l'impact des activités humaines. Thèse dr. Univ. Bordeaux I, 451 p.