

## ETUDE HEMATOLOGIQUE COMPAREE DES CONSTANTES ERYTHROCYTAIRES DE QUELQUES POISSONS MARINS ET D'EAUX DOUCES

Bernard ROMESTAND \*, Egon HALSBAND \*\*, Georges BRAGONI \*,  
Borivoj KNEZEVIC \*\*\*, Drago MARIC \*\*\* et Friedrich PROCHNOW \*\*

\* Centre d'Halieutique et d'Aquaculture. Laboratoire de Physiologie des  
Invertébrés, U.S.T.L., 34060 Montpellier Cedex, France.

\*\* Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Küsten- und Binnenfischerei, Hamburg  
R.F.A.

\*\*\* Biološki Zavod Titograd Yougoslavie.

### *Abstract*

HAEMATOLOGICAL STUDY OF ERYTHROCYTIC CONSTANTS  
IN SOME MARINE AND FRESHWATER FISHES.

A comparative haematological study of erythrocytic constants (erythrocytic numeration, haematocrit, haemoglobin, VGM, TGMH, CCMH) in some species of marine and freshwater fishes is envisaged. The comparison of these results shows that marine fishes have more circulant erythrocytes than the freshwater species as well as a weak VGM, CCMH values are rather constant (22 %) for both categories. The occurrence of an adaptative mechanism allowing a better oxygenation of tissues is also discussed.

### *Résumé*

Une étude hématologique comparée des constantes érythrocytaires (numération des érythrocytes, hématocrite, hémoglobine, VGM, TGMH, CCMH) de quelques espèces de poissons marins et d'eaux douces est envisagée. Par comparaison des résultats, on peut mettre en évidence que les espèces marines se différencient des espèces d'eaux douces par un nombre d'érythrocytes plus élevé et un volume globulaire moyen (VGM) plus faible. La concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH) étant sensiblement constante, fixée à une valeur de l'ordre de 22 % pour les deux catégories d'individus. L'existence d'un mécanisme adaptatif permettant une meilleure oxygénation tissulaire est évoquée.

### **Introduction.**

Si l'exploration sanguine est d'un usage courant chez l'homme et à un degré moindre chez les animaux domestiques, il n'en est pas de même pour les poissons. Cependant depuis quelques années, certains ichthyologistes s'orientent vers cette voie et on assiste ainsi à la publication d'un certain nombre de travaux d'hématologie : CATTON (1951), KAWATSU (1956), SANO (1960), LARSSON *et al.* (1976), SOIVIO *et al.* (1976), HALSBAND (1979), HICKEY (1976-1982) etc. L'intérêt de ces analyses, plus précisément en ichthyopathologie, consiste à améliorer les arguments du diagnostic et du pronostic en contrôlant régulièrement les échantillons d'une population piscicole ou aquacole. Sur le plan pratique, malheureusement, de très nombreuses difficultés apparaissent à tous les niveaux des analyses sanguines : l'échantillonnage, la prise de sang, les tests utilisés, l'anesthésique, l'anticoagulant,... (MESSAGER *et al.*, 1980), auxquelles s'ajoutent les variations phylogénétiques (LARSSON *et al.*, 1976), la saison (SANO, 1960), l'habitat, le mode de vie, la physiologie, le stress dû à la captivité (HICKEY, 1982; SOIVIO *et al.*, 1976), ou au parasitisme (ROMESTAND, 1978; RENAUD, 1980),... expliquant la très grande variabilité des résultats obtenus et les difficultés d'interprétation (JAKOWSKA, 1956; MESSAGER *et al.*, 1980).

Le travail que nous présentons fournit les premiers résultats des recherches effectuées sur des poissons marins et d'eaux douces, appartenant à différentes familles; ils s'inscrivent dans un ensemble de recherches ayant pour but l'établissement d'un « atlas d'hématologie » précisant les constantes érythrocytaires normales d'individus sains, à partir de l'utilisation de techniques standardisées.

### **Matériel et méthodes.**

Ce travail a été réalisé sur des Téléostéens marins, d'eaux douces et amphihalins.

Les Poissons marins ont été récoltés : dans l'étang lagunaire de Diana (Haute-Corse), dans l'étang de Thau à Sète et dans le golfe du lion (au large de Sète) à la même époque de l'année (mai/juin). Certains ont été pêchés au filet d'autres à l'aide de nasses. La salinité de ces trois milieux est voisine de 35 ‰ en ClNa.

Les poissons d'eaux douces ont été récoltés en R.F.A. d'une part, dans la Weser soit dans la région de Wurgassen, soit dans la région de Gröhnde (a = mai 1982, b = octobre 1982), d'autre part dans la région de Hambourg; en Yougoslavie dans le lac Skadarsee (environs de Titograd); en France à la pisciculture de Saint-Rome de Cernon (Aveyron). Tous ces poissons ont été capturés à la pêche électrique.

#### **Espèces marines.**

- Labridae : *Symphodus (Crenilabrus) mediterraneus* (L., 1758),
- Gadidea : *Merluccius merluccius* (L., 1758),  
*Trisopterus minutus capelanus* (Lacépède, 1800),
- Serranidae : *Dicentrarchus labrax* (L., 1758).  
individus de 31 cm et de 360 g, individus de 18 cm et de 57 g et géniteurs de 38 cm et de 870 g,
- Mugilidae : *Mugil cephalus* (L., 1758),  
*Liza ramada* (Risso, 1826).
- Sparidae : *Diplodus vulgaris* (E. Geof. St Hil., 1817),  
*Bcops boops* (L., 1758),  
*Pagellus erythrinus* (L., 1758),  
*Chrysophrys aurata* (Cuvier, 1929),
- Maenidae : *Maena maena* (L., 1758).

A l'exception de *Dicentrarchus labrax*, les analyses hématologiques ont été effectuées sur des classes de taille homogène.

**Espèces d'eaux douces.**

- Percidae : *Perca fluviatilis* (L., 1766),  
 Cyprinidae : *Leuciscus cephalus cephalus* (L., 1766),  
                   *Abramis brama* (L., 1766),  
                   *Rutilus rutilus* (L., 1766),  
                   *Cyprinus carpio* (L., 1766),  
                   *Carassius carassius auratus* (L., 1766),  
 Salmonidae : *Salmo irrideus* (Gibbons, 1855),  
                   *Salmo trutta (farjo)* (L., 1755).

**Espèce amphihaline.**

Anguillidae : *Anguilla anguilla* (L., 1766).

Certaines anguilles ont été récoltées dans le milieu marin d'autres au contraire, proviennent de milieux d'eaux douces.

Toutes les techniques d'analyses sanguines retenues pour ce travail sont absolument identiques quelle que soit l'origine des poissons. Les analyses ont été réalisées immédiatement sur les lieux de récoltes. Les prélèvements sanguins sont effectués dans le bulbe artériel, sur des individus mâles et femelles anesthésiés par le paraminobenzène-méthylester, à l'aide de seringues ou de pipettes Pasteur stériles héparinées.

Le nombre d'érythrocytes ( $. 10^6/mm^3$ ) et le dosage de l'hémoglobine (g/100 ml) sont déterminés à l'aide d'un miniphotomètre Compur M 1000. Pour le dosage de l'hémoglobine on utilise la méthode à la cyanméthémoglobine (HAINLINE, 1968). Pour la numération des érythrocytes on réalise une dilution du sang dans une solution de Gowers qui augmente légèrement la taille des cellules et accroît la turbidité de la solution ; le résultat donné par le photomètre est en excès. Pour chaque espèce de poissons on effectue donc simultanément une numération avec le photomètre Compur et une numération avec la cellule hématimétrique de Malassez (HESSER, 1960). On peut ainsi en déduire un coefficient de correction à utiliser pour chaque espèce et de ce fait calculer la valeur corrigée (HALSBAND, 1979 ; DOLLIN, 1981). Pour la détermination de l'hématocrite, on utilise le Compur M 1100 ; 9  $\mu$ l de sang sont prélevés dans des tubes capillaires héparinés, centrifugés à 11 500 t/minute pendant 8 minutes ; les valeurs sont directement lues sur l'échelle gravée du rotor et exprimées en ml/100 ml de sang.

De ces différentes analyses on peut calculer le volume globulaire moyen ( $\mu$ l<sup>3</sup>) :

$$VGM = \frac{Ht \times 10}{\text{Nbre éry.} \cdot 10^6/mm^3} ;$$

la teneur globulaire moyenne en hémoglobine (picogramme pg) :

$$TGMH = \frac{Hb \times 10}{\text{Nbre éry.} \cdot 10^6/mm^3}$$

la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (%) :

$$CCMH = \frac{Hb \times 100}{Ht}$$

Pour l'analyse statistique des résultats ainsi que pour leur comparaison, nous avons effectué des calculs de moyennes, de leurs écarts types correspondant (effectif inférieur à 30) et des tests de comparaison de moyennes (tests de Student) ; des calculs des coefficients de corrélation des équations de régression et déterminé la validité des résultats obtenus à l'aide de tables des valeurs de r test (coefficient de corrélation) (MARTIN, 1967).

Famille	Espèce	Origine des poissons	n	Nombre d'érythrocytes 10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup>	Hématocrite ml/100 ml	Hémoglobine g/100 ml	V.G.M. $\mu$ l <sup>3</sup>	T.G.M.H. pg	C.C.M.H. %
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	1	8	1,577 $\pm$ 0,241	37,1 $\pm$ 10,7	9,4 $\pm$ 2,2	231,5 $\pm$ 32,1	59,2 $\pm$ 5,4	25,0 $\pm$ 2,0
	<i>A. anguilla</i>	2	12	1,570 $\pm$ 0,140	33,6 $\pm$ 3,1	9,8 $\pm$ 1,3	214,8 $\pm$ 7,8	62,6 $\pm$ 4,3	29,3 $\pm$ 2,6
Labridae	<i>Symphodus (Crenilabrus) pavo</i>	1	3	3,397 $\pm$ 0,701	45,7 $\pm$ 13,7	7,5 $\pm$ 1,2	132,8 $\pm$ 7,8	22,3 $\pm$ 1,1	17,3 $\pm$ 3,2
Gadidae	<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	3	13	1,970 $\pm$ 0,050	39,0 $\pm$ 1,4	7,6 $\pm$ 0,6	196,3 $\pm$ 3,2	38,5 $\pm$ 3,2	19,6 $\pm$ 1,5
Merlucciidae	<i>Merluccius merluccius</i>	3	11	1,166 $\pm$ 0,300	26,2 $\pm$ 5,7	3,8 $\pm$ 0,7	227,9 $\pm$ 22,6	33,3 $\pm$ 5,2	14,6 $\pm$ 1,9
Serranidae	<i>Dicentrarchus labrax</i> (a)	1	16	3,070 $\pm$ 0,418	31,7 $\pm$ 3,7	6,8 $\pm$ 1,1	103,5 $\pm$ 5,8	21,9 $\pm$ 1,3	21,5 $\pm$ 2,1
	<i>D. labrax</i> (b)	1	16	3,166 $\pm$ 0,460	34,5 $\pm$ 6,8	7,1 $\pm$ 1,0	108,7 $\pm$ 10,9	22,5 $\pm$ 0,4	21,0 $\pm$ 2,0
	<i>D. labrax</i> (c)	3	17	2,980 $\pm$ 0,570	28,5 $\pm$ 4,5	6,8 $\pm$ 1,6	96,4 $\pm$ 8,5	22,7 $\pm$ 2,2	23,6 $\pm$ 2,5
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	1	8	2,962 $\pm$ 0,802	25,5 $\pm$ 7,7	6,8 $\pm$ 1,9	85,4 $\pm$ 7,1	22,9 $\pm$ 0,8	26,9 $\pm$ 1,6
	<i>Liza ramada</i>	2	6	2,697 $\pm$ 0,522	25,3 $\pm$ 5,4	5,8 $\pm$ 1,2	93,8 $\pm$ 5,4	21,6 $\pm$ 0,9	29,3 $\pm$ 2,0
Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	1	15	2,712 $\pm$ 0,414	35,5 $\pm$ 7,7	7,2 $\pm$ 1,4	130,4 $\pm$ 11,1	26,5 $\pm$ 1,5	20,5 $\pm$ 2,1
	<i>Boops boops</i>	3	19	3,010 $\pm$ 0,380	54,8 $\pm$ 6,4	10,05 $\pm$ 0,17	182,1 $\pm$ 1,8	33,4 $\pm$ 3,7	18,3 $\pm$ 1,9
	<i>Pagellus erythrinus</i>	3	13	3,160 $\pm$ 0,650	44,3 $\pm$ 4,6	8,4 $\pm$ 1,1	140,1 $\pm$ 3,7	26,7 $\pm$ 3,4	19,0 $\pm$ 0,8
	<i>Chrysophrys aurata</i>	1	8	2,655 $\pm$ 0,344	30,7 $\pm$ 2,9	5,9 $\pm$ 1,7	116,3 $\pm$ 10,4	21,9 $\pm$ 3,7	19,2 $\pm$ 4,5
Maenidae	<i>Maena macna</i>	3	15	2,980 $\pm$ 0,380	36,4 $\pm$ 5,0	7,8 $\pm$ 0,9	122,2 $\pm$ 1,3	26,2 $\pm$ 0,2	21,4 $\pm$ 0,5

TABLE 1. — *Poissons marins: constantes érythrocytaires* (moyenne  $\pm$  écart type)  $n$  = nombre d'individus; V.G.M. = volume globulaire moyen; T.G.M.H. = teneur globulaire moyenne en hémoglobine; C.C.M.H. = concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine; origine des poissons: 1 étang de Diana (Haute-Corse), 2 étang de Thau (Hérault), 3 golfe du Lion; (a) bar de 21 cm et 360 g, (b) 18 cm et 57 g et (c) géniteurs de 38 cm et 870 g.

TABLE 1. *Marine fishes: erythrocytic constants* (mean  $\pm$  standard deviation)  $n$  = number of specimens; M.G.V. = mean globular volume ( $\mu$ l<sup>3</sup>); M.G.H. = mean globular haemoglobin rate (pg); C.C.H.C. = mean corpuscular haemoglobin content (%); fish samples come from: 1 Lagoon of Diana (Corsica); 2 Lagoon of Thau (Mediterranean coast, Hérault); 3 golfe du Lion; (a) bass 21 cm length and 360 g, (b) 18 cm length and 57 g (c) spawning fish 38 cm length and 870 g.

Famille	Espèce	Origine des poissons	n	Nombre d'érythrocytes 10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup>	Hématocrite ml/100 ml	Hémoglobine g/100 ml	V.G.M. μl <sup>3</sup>	T.G.M.H. pg	C.C.M.H. %
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	3'	18	1,280 ± 0,280	37,3 ± 3,9	9,9 ± 1,1	293 ± 17,3	75,8 ± 6,3	26,8 ± 2,3
	<i>A. anguilla</i> (b)	2'	16	1,430 ± 0,130	34,4 ± 3,4	10,5 ± 13,8	239,5 ± 13,8	73,2 ± 5,1	30,1 ± 2,4
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	1'	10	0,900 ± 0,140	37,0 ± 4,5	6,8 ± 1,3	439 ± 70,1	76,1 ± 3,8	17,1 ± 2,1
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	1'	8	1,150 ± 0,230	37,0 ± 3,9	8,2 ± 1,3	322 ± 35,0	70,8 ± 5,6	22,6 ± 1,8
	<i>A. brama</i>	2'	6	1,010 ± 0,400	28,0 ± 13,5	6,5 ± 29,5	266,5 ± 29,5	60,3 ± 11,1	22,4 ± 1,7
	<i>Leuciscus cephalus</i>	1'	12	1,380 ± 0,140	37,5 ± 6,3	7,6 ± 1,4	270 ± 35,0	57,0 ± 5,9	20,8 ± 1,9
	<i>L. cephalus</i>	3'	17	1,460 ± 0,150	34,3 ± 4,9	6,9 ± 1,2	236 ± 33,1	47,4 ± 3,8	20,4 ± 2,1
	<i>L. cephalus</i> (b)	2'	15	1,302 ± 0,171	35,8 ± 5,5	7,8 ± 1,0	278,0 ± 51,8	59,9 ± 5,6	21,9 ± 2,8
	<i>L. cephalus</i> (a)	2'	13	1,288 ± 0,155	33,1 ± 5,7	8,1 ± 1,0	255,4 ± 20,9	62,9 ± 3,4	24,8 ± 2,4
	<i>Rutilus rutilus</i>	1'	15	1,350 ± 0,163	36,1 ± 4,9	8,0 ± 1,1	289 ± 40,1	64,0 ± 4,3	22,1 ± 2,1
	<i>R. rutilus</i> (b)	2'	10	1,178 ± 0,163	34,3 ± 4,8	7,3 ± 1,2	302,6 ± 47,2	62,2 ± 4,9	21,0 ± 3,8
	<i>R. rutilus</i> (a)	2'	37	1,330 ± 0,164	30,3 ± 4,2	8,0 ± 1,2	228,0 ± 24,8	57,7 ± 14,5	26,7 ± 3,9
	<i>Cyprinus carpio</i>	3'	17	1,530 ± 0,100	37,4 ± 7,2	8,0 ± 2,0	247 ± 25,2	52,2 ± 3,4	21,6 ± 3,5
	<i>Carassius auratus</i>	3'	14	0,820 ± 0,170	38,3 ± 6,3	9,8 ± 1,5	469 ± 35,0	120,0 ± 25,0	24,6 ± 3,7
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	5'	15	0,990 ± 0,180	40,0 ± 4,1	6,4 ± 1,5	366,3 ± 93,1	64,1 ± 8,3	18,2 ± 3,7
	<i>Salmo irrideus</i>	4'	39	1,132 ± 0,080	42,2 ± 3,9	9,1 ± 0,8	373,9 ± 22,9	80,0 ± 4,4	21,4 ± 1,4

TABLE 2. — Poissons d'eaux douces : constantes érythrocytaires (moyenne ± écart type) ; V.G.M. = volume globulaire moyen, T.G.M.H. = teneur globulaire moyenne en hémoglobine, C.C.M.H. = concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine ; origine des poissons : 1' la Weser, région de Wurgassen (R.F.A.). 2' la Weser, région de Gröhnde (R.F.A.) (a : mai 1982 ; b = octobre 1982) ; 3' lac Skadar environs Titograd (Yougoslavie) ; 4' région de Hambourg (R.F.A.) ; 5' pisciculture de Saint-Rome de Cernon (Aveyron - France).

TABLE 2. — Freshwater fishes : erythrocytic constants (mean ± standard deviation) ; fishes come from : 1' river Weser, Wurgassen area (W. Germany) ; 2' river Weser, Gröhnde area (W. Germany) (a = May 1982 ; b = October 1982) ; 3' Skadar lake, Titograd area (Yougoslavia) ; 4' Hamburg area (W. Germany) ; 5' fishfarm of St-Rome de Cernon (Aveyron - France).

## Résultats.

### Constantes érythrocytaires des poissons marins (tabl. 1).

On peut constater que chez ces espèces, les valeurs des constantes érythrocytaires sont très variables ; en règle générale on observe les faits suivants.

Les Mugilidae, les Labridae, les Serranidae, les Sparidae et les Maenidae ont un nombre d'érythrocytes circulants très voisins se situant le plus souvent entre 2 et  $3.10^6/\text{mm}^3$  ; le VGM est inférieur à  $200 \mu^3$ .

La TGMH semble également plus forte chez les individus ayant un nombre d'érythrocytes plus bas par exemple de l'ordre de 60 pg pour l'anguille ( $1,6.10^6/\text{mm}^3$ ) et 26,7 pg pour *Pagellus erythrinus* ( $3,16.10^6/\text{mm}^3$ ).

La CCHM a une valeur moyenne de  $21,4 \pm 3,7 \%$ .

A l'intérieur de certaines espèces appartenant à la famille des Sparidae : *Boops boops*, *Pagellus erythrinus*, *Chrysophys aurata*, comme chez les Mugilidae, on observe une relative homogénéité des constantes érythrocytaires spécifiques.

Pour les Serranidae étudiés provenant de l'étang de Diana ou du golfe du Lion, la taille du poisson et la provenance semble influencer sur les valeurs des constantes sanguines spécialement sur l'hématocrite et le volume globulaire moyen.

Bien que les écarts standards soient importants, les anguilles de l'étang de Diana ou de l'étang de Chau ont sensiblement les mêmes constantes érythrocytaires (différences non significatives).

### Constantes érythrocytaires des poissons d'eaux douces (tabl. 2).

Le nombre d'érythrocytes est, pour toutes les espèces, inférieur à  $1,46.10^6/\text{mm}^3$  (valeurs extrêmes : 0,82 pour *Carassius* et 1,46 pour *Leuciscus*). le VGM est par contre supérieur à  $200 \mu^3$  (valeurs extrêmes  $228 \mu^3$  pour *Rutilus*,  $469 \mu^3$  pour *Carassius*).

La TGMH varie dans le même sens que le VGM, à savoir lorsque le nombre d'érythrocytes diminue, la TGMH et la VGM augmentent :

*Carassius* : nombre d'érythrocytes  $0,82.10^6/\text{mm}^3$ , VGM  $469 \mu^3$ , TGMH = 120 pg ;

*Leuciscus* : nombre d'érythrocytes  $1,38.10^6/\text{mm}^3$ , VGM  $270 \mu^3$ , TGMH = 57 pg.

La CCMH a une valeur moyenne de l'ordre de  $22,7 \pm 3,2 \%$ .

Les constantes érythrocytaires des anguilles récoltées dans deux biotopes différents ne présentent pas de différences significatives (tabl. 2) ;

A l'intérieur de la famille de Cyprinidae, exception faite pour *Carassius*, on observe une remarquable homogénéité des résultats ;

Pour *Leuciscus cephalus*, et *Rutilus rutilus*, la saison ne semble pas affecter les valeurs des constantes érythrocytaires, les différences observées ne sont pas significatives.

### Etude comparée des constantes érythrocytaires des Téléostéens marins et d'eaux douces (fig. 1).

Nous avons comparé deux à deux certaines constantes érythrocytaires des poissons marins et d'eaux douces, en étudiant les représentations graphiques ainsi que leur sens de variation.

L'étude du nombre d'érythrocytes en fonction du VGM (fig. 1A) permet de constater que les différentes valeurs trouvées, anguilles incluses, se positionnent sur une courbe logarithmique (1)

(1) Pour les deux lots de poissons (marins et d'eaux douces), nous avons 2 droites de pentes différentes ayant pour formules respectives :  $\text{Ery} = 4,18 - 0,011 \text{ VGM}$ ,  $r = 0,810$  ;  $\text{Ery} = 2,07 - 0,033 \text{ VGM}$ ,  $r = 0,900$ , nous avons donc retenu la fonction logarithmique qui présentait une meilleure corrélation :  $\text{Log Ery} = 10,47 - 1,61 \text{ Log VGM}$ ,  $r = 0,969$ .

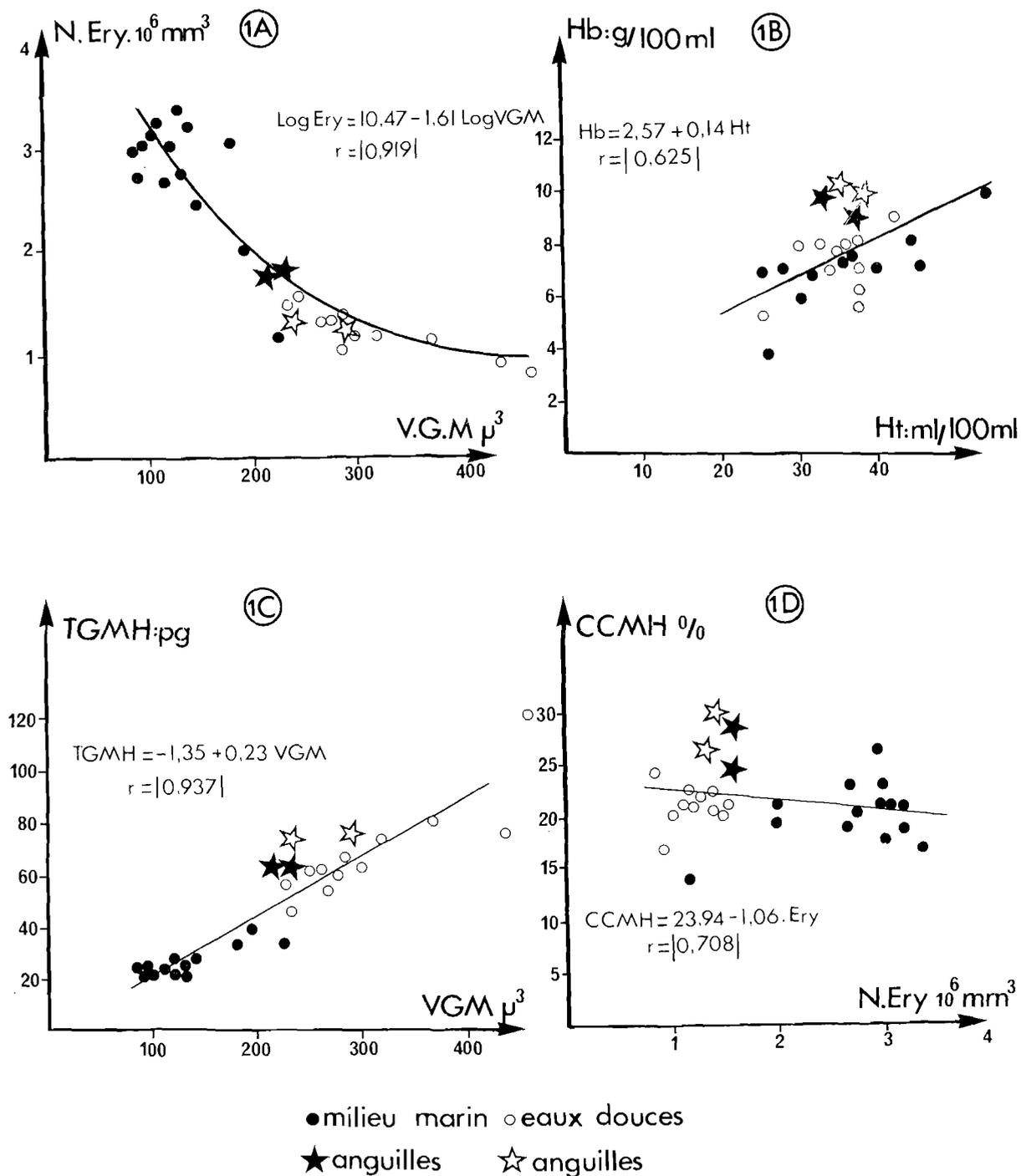


FIG. 1. — Représentations graphiques des équations de régression de certaines constantes érythrocytaires des poissons marins et d'eaux douces ( $r$  test = 0,579 à 1 %)  $n = 29$ .

A : nombre d'érythrocytes ( $10^6/mm^3$ ) en fonction du V.G.M. ( $\mu^3$ ).

B : hémoglobine (g/100 ml) en fonction de l'hématocrite (ml/100 ml).

C : teneur globulaire moyenne en hémoglobine, T.G.M.H. (picogrammes) en fonction du volume globulaire moyen, V.G.M. ( $\mu^3$ ).

D : concentrations corpusculaire moyenne en hémoglobine, C.C.M.H. (%) en fonction du nombre d'érythrocytes ( $10^6/mm^3$ ).

FIG. 1. — Linear regression between erythrocytic parameters in marine and freshwater fishes ( $r$  test = 0,579 at the 1 % level ( $p = 0.01$ )  $n = 29$ ).

A : effect of mean globular volume (M.G.V.,  $\mu^3$ ) on the number of red blood cells ( $10^6/mm^3$ )

B : effect of blood haematocrit (Ht, ml/100 ml) on haemoglobin (Hb, g/100 ml)

C : effect of mean globular volume (M.G.V.,  $\mu^3$ ) on mean globular haemoglobin rate (M.G.H.T., pg)

D : effect of number of red bloods cells ( $10^6/mm^3$ ) on mean corpuscular haemoglobin content (M.C.H.C., %).

de formule :  $\text{Log Ery} = 10,47 - 1,61 \text{ Log VGM}$ , avec une séparation très nette entre les espèces marines et d'eaux douces. Les poissons marins ont un VGM plus faible et un nombre d'érythrocytes plus élevé, l'inverse caractérisant les poissons d'eaux douces.

La teneur en hémoglobine en fonction de l'hématocrite (fig. 1B) fait ressortir qu'il existe une interpénétration des valeurs trouvées pour les poissons marins et d'eaux douces et que la teneur en Hb croît dans le même sens que les taux d'hématocrite. Les points correspondant aux deux constantes s'alignent sur une droite, ayant pour formule :  $\text{Hb} = 2,57 + 0,14 \text{ Ht}$ .

La teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction du VGM (fig. 1C) montre que ces deux constantes également varient dans le même sens, à l'exception de quelques espèces, c'est-à-dire que l'ensemble des points se répartit sur une droite croissante ayant pour formule :  $\text{TGMH} = 1,35 + 0,23 \text{ VGM}$ ; plus le VGM est élevé plus la TGMH est importante. Comme précédemment on obtient deux grands groupes de valeurs séparant les espèces marines de celles d'eaux douces, celles-ci sont caractérisées par un VGM important et une TGMH élevée.

La concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction du nombre d'érythrocytes circulants (fig. 1D) montre que, comme précédemment, les points s'alignent sur une droite faiblement décroissante (il s'agit presque d'une constante) ayant pour formule :  $\text{CCMH} = 23,94 - 1,06 \text{ Ery}$ ; on retrouve toujours une séparation nette des espèces, celles d'eaux douces ayant un nombre d'érythrocytes plus faible mais une CCMH légèrement supérieure (valeur moyenne de 22,7 % contre 21,4 % pour les espèces marines).

### **Conclusion.**

Cette étude comparée des constantes érythrocytaires de quelques espèces de poissons marins et d'eaux douces, bien que préliminaire, nous permet de dégager les conclusions suivantes.

Qu'il s'agisse d'individus appartenant à l'un ou à l'autre milieu, on constate une très grande variabilité interspécifique des différentes constantes érythrocytaires. On peut toutefois noter l'existence de deux grands groupes : les poissons marins montrent un nombre d'érythrocytes circulants plus élevé que les individus dulçaquicoles (SMITH *et al.*, 1952 ont abouti à une conclusion identique pour certaines espèces de poissons d'eaux douces), un VGM et une TGMH plus faibles, par contre la CCMH semble très voisine.

Les anguilles, quel que soit leur biotope, ont un nombre de globules rouges et un VGM se situant à mi-chemin entre les deux grands groupes précédents (fig. 1A) ; ce résultat n'est pas étonnant étant donné leurs possibilités osmorégulatrices et leurs caractères amphihalins. Si l'on observe en détail les résultats correspondants à cette espèce (tabl. 2 et 3) on peut constater que les valeurs des constantes sanguines des anguilles provenant du milieu marin les rapprochent du groupe des poissons marins ; la même remarque peut être avancée pour celles qui sont récoltées dans les eaux douces de la Weser ainsi que celles du lac de Yougoslavie (fig. 1A).

La période de mai à octobre ne semble pas avoir de répercussion sur les valeurs des constantes érythrocytaires de *L. cephalus* et *R. rutilus* (tabl. 2), les différences observées ne sont pas significatives. Ce résultat est en accord avec les travaux de SANO (1960), PRESTON (1960), SMIRNOVA (1962).

Comment expliquer la variabilité des constantes érythrocytaires et plus précisément du nombre d'érythrocytes et du VGM entre ces deux catégories de poissons ? On peut supposer l'existence d'un « mécanisme adaptatif » chez les espèces marines en vue de faciliter les échanges gazeux aux niveaux branchial et tissulaire. Comme l'a souligné en particulier FRY (1957), à température constante la quantité d'oxygène dissoute dans un milieu aqueux est plus faible dans le milieu marin que dans le milieu d'eau douce ; de plus la teneur en oxygène du sang des poissons est plus faible pour les espèces marines tempérées (valeurs comprises entre 5 et 8 ml d'oxygène/100 ml de sang) que pour les espèces d'eaux douces (valeurs comprises entre 6 et 22,4), MOTT (1957). Étant donné que la CCMH est presque identique dans les globules rouges des deux groupes d'individus (légèrement plus faible pour les poissons marins) on peut concevoir comme

correspondant peut-être à un « mécanisme adaptatif » le fait que ces derniers aient « fragmenté » leurs érythrocytes (augmenté leur nombre de cellules circulantes) et par là même accru leur surface d'échanges, ou éventuellement augmenté leur taux d'hémoglobine intraérythrocytaire, afin de favoriser la rapidité des échanges gazeux.

Ces résultats encore fragmentaires seront étendus à d'autres espèces appartenant à des classes différentes : Elasmobranches, Cyclostomes et élargis à d'autres individus peuplant des milieux divers : marins, eaux douces et eaux saumâtres, afin de mieux préciser cette adaptation éventuelle. Nous envisageons également une étude sur les modifications de l'érythropoïèse et sa régulation hormonale chez des poissons adaptés à différents types de milieux.

*Manuscrit soumis le 22 avril, accepté le 3 novembre 1983.*

## REMERCIEMENTS

Nous remercions Mlle C. GUILLAUME et L. DOUËLLOU pour leur collaboration technique, en particulier pour les analyses sanguines de *Salmo trutta fario*, réalisées dans des conditions identiques et M. ALCOUFFE, Président de la Fédération des Pêches et de la pisciculture de l'Aveyron qui nous a fourni des truites (*Salmo trutta fario*) de son élevage.

## BIBLIOGRAPHIE

- CATTON (W.T.), 1951. — Blood cell formation in certain teleost fishes. *Blood*, **6**: 39-60.
- DOLLIN (B.E.), 1981. — Haematology estimation by means of the « Compur » system compared with methods in standard use. — *J. Small. Anim. Pract.*, **22**: 623-628.
- FRY (F.E.), 1957. — The aquatic respiration of fishes in the Physiology of fishes. — Edit M.E. BROWN. I. Metabolism. Academic Press Inc. Publishers. New York: 1-447.
- HALSBAND (E.), 1979. — Die Auswirkung von hohen salzfrachten aus der D.D.R. auf der oberen Weser. — *Veröff. Inst. Küst. — u. Binnenfisch.* Hamburg, **65**: 1-61.
- HALSBAND (E.) et PROCHNOW (F.), 1980. — Untersuchungen über die Wirkung von Cadmium auf das Blutbild, die Leitfähigkeit und das skelettsystem von Forellen. — *Veröff. Inst. Küst. — u. Binnenfischerei*, Hamburg, **73**: 1-28.
- HALSBAND (E.), KNEZEVIC (B.), MARIC (D.), PROCHNOW (F.) et RADUJKOVIC (B.), 1981. — Angewandte Methoden zur früherkennung von Krankheitsbildern an verschiedenen Fischarten der Skadarsees. *Veröff. Inst. Küst. — u. Binnenfischerei*, Hamburg, **74**: 1-12.
- HESSER (E.F.), 1960. — Methods for routine fish haematology. — *Prog. fish. cult.*, **22**: 164-171.
- HICKEY (C.R.), 1976. — Fish haematology, it uses and significance. — *New Y. Fish. and Game Journal*, **23**: 170-175.
- HICKEY (C.R.), 1982. — Comparative haematology of wilds and captive cunners. — *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **111**: 242-249.
- JAKOWSKA (E.), 1956. — Morphologie et nomenclature des cellules du sang des Téléostéens. — *Revue Hémat.*, **11** (15): 519-539.
- KAWATSU (H.), 1956. — Studies on the anemia of fish. I. Anemia of Rainbow trout cause by starvation. — *Bull. Gresw. Fish. Res. Lab. Tokyo*, **15** (2): 167-173.
- LARSSON (A.), JOHANSSON-SJOBECK (M.L.) et FANGE (R.), 1976. — Comparative study of some haematological and biochemical blood parameters in fishes from the skagerrak. — *J. Fish. Biol.*, **9**: 425-440.
- MARTIN (J.), 1967. — Notions de bases en mathématiques et statistiques. — Gauthier-Villars Ed. Paris, 1-460.
- MESSAGE (J.L.) et ALDRIJN (J.F.), 1980. — L'exploration sanguine et Ichthyopathologie. Considérations pratiques. — *Ichthyophysiological Act*, **4**: 84-107.
- MOTT (J.C.), 1957. — The cardiovascular system. — *In the Physiology of Fishes* Ed. M.E. BROWN. I. Metabolism. — Academic Press Inc. Publishers, New York: 447 p.

- PRESTON (A.), 1960. — Red blood cells values in the plaice *Pleuronectes platessa* L. — *J. mar. biol. Ass. UK*, **39** : 681-687.
- RENAUD (F.), 1980. — Contribution à l'étude écophysiological des parasites (exclus Protozoaires) de *Boops boops* (Linnaeus, 1758) : Téléostéen Sparidae et *Trisopterus minutus capelanus* (Lacépède, 1800) : Téléostéens Gadidae. — Doct. Spéc. U.S.T.L., Montpellier : 1-150.
- ROMESTAND (B.), 1978. — Etude écophysiological des parasitoses à Cymothoidae. — Thèse Doct. d'Etat U.S.T.L., Montpellier : 1-284.
- SANO (T.), 1960. — Haematological studies of the cultured fishes in Japan. 2 Seasonal variation of the blood constituents of rainbow trout. — *J. Tokyo Univ. Fish.*, **46** : 67-75.
- SMIRNOVA (L.I.), 1962. — Seasonal blood changes in fish of the Rybinsk reservoir. — *Vop. Ikhtiol.*, **2**, Vpp 4 (25) : 677-686.
- SMITH (C.G.), LEWIS (W.H.) et KAPLAN (H.M.), 1982. — Comparative morphologic and physiologic study of fish blood. — *Progressive Fish Culturist*, **14** : 169-172.
- SOIVIO (A.) et OIKARI (A.), 1976. — Haematological effects of experimental stress on a teleost, *Esox lucius* L. — *J. Fish. Biol.*, **8** : 397-411.