

## INTERPRETATION HISTOLOGIQUE DE LA « METAMORPHOSE RADIOGRAPHIQUE » DES VERTEBRES CAUDALES DU SAUMON (*SALMO SALAR* L.) LORS DE SA REMONTEE EN EAU DOUCE

F.-J. MEUNIER \* et G. DESSE \*\*

Les vertèbres des Poissons Téléostéens présentent une image radiographique caractéristique dont les particularités permettent des déterminations spécifiques assez sûres, notamment sur du matériel archéologique (DESSE et DESSE, 1976).

Chez le saumon, par suite de l'opacité aux rayons X résultant de la sommation des travées osseuses, la radiographie du centrum de la vertèbre caudale fournit une image en « X » caractéristique, bien qu'assez proche de celle observée chez un certain nombre de Téléostéens. Cette image radiographique des vertèbres caudales varie au cours de la vie des saumons (DESSE, 1976) et, sur ceux capturés lors de leur remontée en eau douce, elle a disparu au profit d'une figure en « II » (en double i).

Par contre, sur d'autres Salmonidés sédentaires comme la truite de rivière (*Salmo trutta fario*) ou la truite de mer (*Salmo trutta trutta*), l'image radiographique en « X » reste constante tout au long de la vie. On sait par ailleurs que de

---

\* Equipe de Recherche « Formations squelettiques » - Laboratoire d'Anatomie Comparée - Université Paris 7 - 2, place Jussieu - 75005 Paris.

\*\* Laboratoire d'Anatomie Comparée - Muséum National d'Histoire Naturelle - 55, rue Buffon - 75005 Paris.

\*\* Laboratoire de Biologie Marine - Collège de France - 29110 Concarneau.

nombreux changements des caractères ostéologiques interviennent lors de la remontée des saumons (TCHERNAVIN, 1944 ; FONTAINE, 1948). On peut donc supposer que le changement de structure de la vertèbre est lié au phénomène de la migration.

Seule l'histologie et la microradiographie pouvaient permettre d'analyser en détail les modifications structurales intervenant au niveau de la vertèbre caudale au cours de la vie des saumons.

## MATERIEL ET METHODES

Cette étude préliminaire porte sur les vertèbres caudales de six saumons (*Salmo salar* L.) de tailles variées et dont l'âge correspond aux grandes étapes du cycle vital de cette espèce :

- deux tacons de 13,2 cm (n° 1) et 12,3 cm (n° 2) de longueur totale, capturés dans l'Aulne à Chateaulin (Finistère) ;
- un saumon de 2 ans (n° 3) capturé en mer au large de l'île Tudy à Bénodet (Morbihan) ;
- deux saumons adultes capturés au cours de leur remontée (nos 4 et 5) ;
- un saumon de sept ans de 74 cm (n° 6) capturé dans la St John River (Canada) (1).

Plusieurs vertèbres caudales des animaux 1, 2, 4 et 5 sont prélevées, fixées dans l'alcool 95 ° et radiographiées. Pour les saumons 3 et 6, nous n'avions à notre disposition que des vertèbres sèches (pièces décharnées et déshydratées).

Après inclusion dans le méthacrylate de méthyle (MEUNIER et BOIVIN, 1974), les vertèbres sont débitées en tranches d'épaisseur de 150  $\mu\text{m}$  qui sont microradiographiées, puis usées et polies jusqu'à une épaisseur de 70  $\mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$ . Ces lames minces sont à nouveau microradiographiées et observées au microscope.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les radiographies des vertèbres caudales des différents individus montrent très bien l'image en « X » chez les jeunes animaux (tacons et saumon de 2 ans) (photos 1 et 2) et en « II » chez les adultes (photo 3).

Les microradiographies donnent une bonne idée des différences structurales existant entre tacon et saumon de remontée. Les arcs neuraux et hémaux de la vertèbre caudale du tacon sont relativement épais et ne présentent aucun signe de résorption ostéoclastique (photos 4a et 4b), de même que les travées osseuses latérales. Le canal neural et le canal hémal sont directement au contact du centrum. La vertèbre du tacon apparaît, toutes proportions gardées, plus massive que celle de l'adulte.

Chez l'adulte, on observe en effet de fines travées osseuses limitant un grand nombre de cavités (photo 6). Les travées s'épaississent distalement pour former, sur coupe, une sorte de couronne périphérique, très nette sur la photo 3, et sur laquelle s'insèrent les muscles de la queue. La base des arcs neuraux et

---

(1) Nous tenons à exprimer notre reconnaissance au Professeur MacALLISTAIR qui nous a fourni les vertèbres de cet animal.

hémaux, assez compacte chez le tacon, est au contraire très allégée chez l'adulte.

Chez le tacon, c'est la présence de ces arcs pleins qui donne l'image en « X » caractéristique de la radiographie. Sur le saumon n° 3, les arcs neuraux et hémaux sont constitués de travées osseuses assez compactes (photo 5) et l'image en « X » est encore nette (photo 2) malgré la présence d'un début de résorption du tissu osseux. On constate en outre la mise en place de bords osseux parallèles à la base du canal neural et qui éloignent ce dernier du centrum.

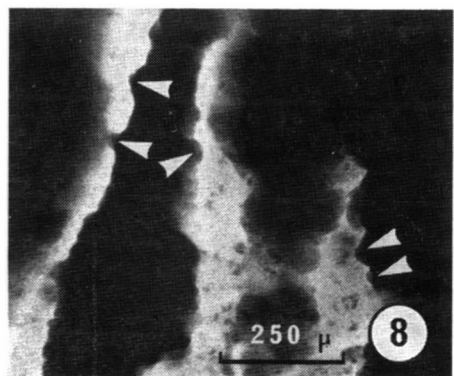
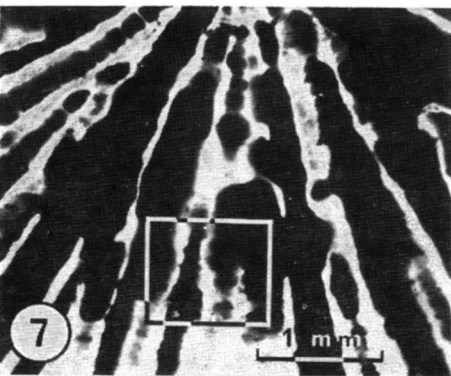
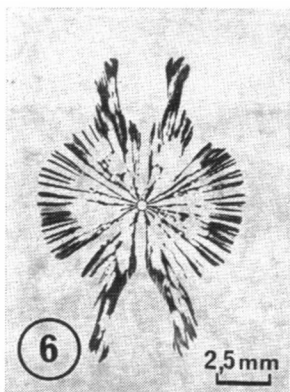
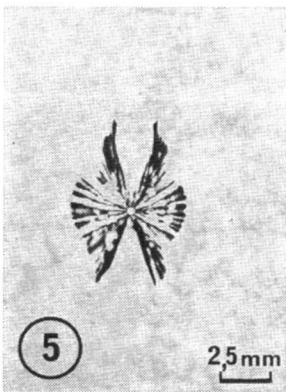
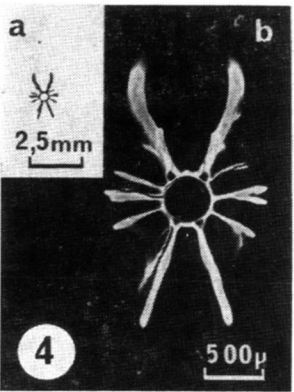
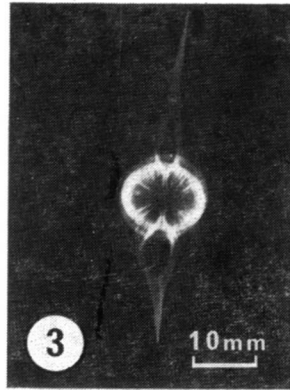
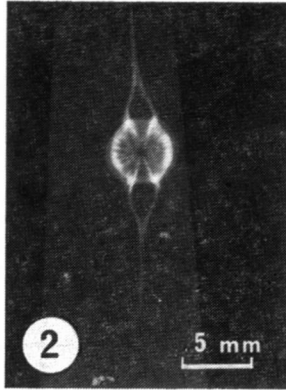
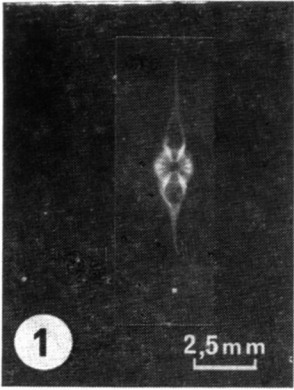
Chez l'adulte, à la base des arcs, la résorption a substitué, aux travées denses, de larges cavités qui contribuent à faire disparaître le centre du « X » sur les radiographies (photo 7). D'autre part, on observe un rapprochement des parois internes des arcs neuraux et hémaux à la base du canal neural et du canal hémal. C'est la convergence de ces deux phénomènes, résorption osseuse et resserrement des canaux neural et hémal, qui produit l'image en « II ». Nous constatons donc en fait une véritable réorganisation du centrum vertébral qui contribue à éloigner la moelle épinière de l'axe cordal.

Cette réorganisation du centrum ne peut pas être interprétée comme le simple résultat de la croissance des animaux. En effet, l'image radiographique des vertèbres caudales d'une truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) de 615 mm de long, taille comparable à celle d'un saumon adulte, est la même (image en « X ») que celle observée chez les truitelles.

L'allègement du tissu osseux est dû à une résorption active de type ostéoclastique, visible sur les microradiographies sous la forme de nombreuses lacunes de Howship. Elles donnent un aspect alvéolaire aux parois des cavités du centrum (photo 8). Nous n'avons observé aucun signe histologique en faveur de phénomènes d'ostéolyse ostéocytaire ou d'halastase, comme il en apparaît chez l'anguille lors de sa maturation génitale (LOPEZ et MARTELLY-BAGOT, 1971).

Ces images de résorption clastique intense sont à rapprocher des observations morphologiques de TCHERNAVIN (1938 a, 1944), en particulier au niveau des mâchoires. Cet auteur avait en effet noté, dans ses études sur le saumon, des modifications importantes atteignant les cartilages et les os du crâne. Ces derniers étaient l'objet, soit d'une ostéogenèse active, soit au contraire d'une résorption ou bien, simultanément, des deux phénomènes (TCHERNAVIN, 1938 a, b).

Ces phénomènes de « turn-over » osseux, lors de la migration, pourraient correspondre à un déplacement d'ions minéraux sur des animaux vivant dans un milieu pauvre en calcium (FONTAINE et Coll., 1950 ; DEVILLE et LOPEZ, 1970) ou bien être liés à ces déformations des mâchoires particulièrement importantes chez les mâles, que TCHERNAVIN (1944) considère comme un caractère sexuel secondaire. Ils seraient alors en liaison avec la maturation génitale (VAN SOMMEREN, 1937 ; TCHERNAVIN, 1938 a). Notons, par ailleurs, qu'une bonne partie du calcium peut être prélevée dans les écailles (VAN SOMMEREN, 1937 ; CRICHTON, 1935) qui sont soumises, lors de la maturation génitale (OUCHI et Coll., 1972) et de la migration (CRICHTON, 1935), à une forte résorption. En outre, il pourrait y avoir, chez le saumon de remontée, des besoins particuliers en phosphore (PATON, 1897).



## LEGENDE DES FIGURES

- Fig. 1 :** Radiographie d'une vertèbre caudale de tacon. Image en « X ».
- Fig. 2 :** Radiographie d'une vertèbre caudale du saumon de 2 ans (île Tudy). Image en « X ».
- Fig. 3 :** Radiographie d'une vertèbre caudale du saumon de 7 ans (rivière du Canada). Image en « II » (les échelles des figures 1, 2 et 3 sont différentes).
- Fig. 4 :** Coupe transversale (150  $\mu\text{m}$ ) au milieu d'une vertèbre caudale d'un tacon. a) microradiographie inversée (les structures minéralisées apparaissent en noir) à la même échelle que les figures 5 et 6. b) microradiographie de la même préparation après usure à 70  $\mu\text{m}$ .
- Fig. 5 :** Microradiographie inversée d'une coupe transversale au milieu d'une vertèbre caudale (150  $\mu\text{m}$ ) du saumon de 2 ans (île Tudy).
- Fig. 6 :** Microradiographie inversée d'une coupe transversale (150  $\mu\text{m}$ ) au milieu d'une vertèbre caudale du saumon adulte n° 4.
- Fig. 7 :** Microradiographie d'une coupe transversale d'une vertèbre caudale (75  $\mu\text{m}$ ) du saumon n° 4. Noter la structure cavitaire du corps vertébral.
- Fig. 8 :** Détail de la région encadrée sur la figure 7 montrant de nombreuses lacunes de Howship (flèches).

## CONCLUSION

La « métamorphose radiographique » des vertèbres caudales du saumon, lors de sa remontée en eau douce, correspond donc à une réorganisation structurale du centrum vertébral. Cette réorganisation se manifeste simultanément par une addition de nouvelles travées osseuses sur les parois internes des arcs vertébraux et par une résorption ostéoclastique intense de leur base.

Les facteurs responsables de la réorganisation structurale du centrum de la vertèbre caudale du saumon peuvent donc être d'origines diverses, internes et externes. Aussi des études complémentaires sont nécessaires pour préciser nombre de points parmi lesquels :

- les différentes périodes du cycle vital du saumon au cours desquelles s'effectue la résorption osseuse, avec détermination d'éventuelles phases critiques, en liaison avec les facteurs internes et externes intervenant dans ces phénomènes ;
- les divers processus tissulaires et cellulaires mis en œuvre localement dans ces remaniements du tissu osseux : cellules clastiques, ostéolyse ostéocytaire, halastase ;
- enfin, l'histologie d'autres pièces squelettiques en ostéogenèse active (notamment les mâchoires) en relation avec la calcémie, et la minéralisation des différents territoires à l'aide de la microradiographie quantitative (BAUD, 1957).

## RESUME

Les changements de la structure radiographique du corps de la vertèbre caudale du saumon, lors de sa remontée en rivière, peuvent s'expliquer par l'addition de nouvelles travées osseuses sur les parois internes des arcs neuraux et hémaux. Ce phénomène est accompagné d'une résorption ostéoclastique de leurs bases. Des études complémentaires doivent être entreprises pour préciser les modalités histologiques du phénomène et les facteurs responsables.

## SUMMARY

Extensive and sudden changes in the radiographic image of salmon's vertebral centrum during upstream migration can be explained by addition of new osseous trabeculae on the inner sides of both neural and hemal arches, with simultaneous osteoclastic resorption on the outer sides of the bases of neural and hemal arches. Additional works are necessary to demonstrate the precise histological modalities of the phenomenon and to assess its causal factors.

## BIBLIOGRAPHIE

- BAUD C.A., 1957. Radiographies et microradiographies osseuses quantitatives. *Praxis*, 15, 329-331.
- CRICHTON M.I., 1935. Scale-absorption in Salmon and Sea Trout. *Fish. Brd. Scot., Salm. Fish.*, 4, 1-8.
- DESSE G., 1976. Les vertèbres des Salmonidés. Actes 2<sup>e</sup> Congrès Europ. Ichtyol., Paris 8 au 15 sept. 1976. in *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 40, 557.
- DESSE G. et DESSE J., 1976. Diagnostic des pièces rachidiennes des Téléostéens et des Chondrichthyens. *Expansion Scientifique*, 3, 1-108.
- DEVILLE J. et LOPEZ E., 1970. Le corps ultimobranchial du saumon *Salmo salar* L. Etude histophysique à diverses étapes de son cycle vital en eau douce. *C. R. Acad. Sci.*, 270, 2347-2350.
- FONTAINE M., 1948. La physiologie du saumon. 1<sup>re</sup> Partie. *Ann. Sta. Centr. Hydrob. App.*, 2, 153-183.
- FONTAINE M., CALLAMAND O. et VIBERT R., 1950. La physiologie du saumon. 2<sup>e</sup> Partie. *Ann. Sta. Centr. Hydrob. App.*, 3, 15-26.
- LOPEZ E. et MARTELLY-BAGOT, 1971. L'os cellulaire d'un Poisson Téléostéen, *Anguilla anguilla*. III - Etude histologique et histophysique au cours de la maturation provoquée par injections d'extrait hypophysaire de Carpe. *Z. Zellforsch.*, 117, 176-190.
- MEUNIER F. et BOIVIN G., 1974. Divers aspects de la fixation du chlorhydrate de tétracycline sur les tissus squelettiques de quelques Téléostéens. *Bull. Soc. Zool. Fra.*, 99, 495-504.
- OUCHI K., YAMADA J. et KOSAKA S., 1972. On the resorption of scales and associated cells in precocious male parr of the masu salmon (*Oncorhynchus masou*). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 38, 423-430.
- PATON D.N., 1897. The physiology of the Salmon in fresh water. *J. Physiol.*, 22, 323-356.
- TCHERNAVIN V., 1938 a. Changes in the Salmon skull. *Trans. Zool. Soc. Lond.*, 24, 103-184.
- TCHERNAVIN V., 1938 b. The absorption of bones in the skull of Salmon during their migration to rivers. *Fish. Brd. Scot., Salm. Fish.*, 6, 1-4.
- TCHERNAVIN V., 1944. The breeding characters of Salmon in relation to their size. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 113, 206-232.
- VAN SOMMEREN V.D., 1937. A preliminary investigation into the causes of scale absorption in Salmon (*Salmo salar* L.). *Fish. Brd. Scot., Salm. Fish.*, 11, 1-11.