

BULLETIN

DU

**Musée royal d'Histoire
naturelle de Belgique**

Tome XXIII, n° 29.
Bruxelles, octobre 1947.

MEDEDEELINGEN

VAN HET

**Koninklijk Natuurhistorisch
Museum van België**

Deel XXIII, n° 29.
Brussel, October 1947.

**LES MANŒUVRES RESPIRATOIRES
CHEZ LES POISSONS TÉLÉOSTEENS,**

par Victor WILLEM (Gand).

Depuis une vingtaine d'années, je m'intéresse activement à l'étude des manœuvres respiratoires chez les Poissons Téléostéens: je les ai étudiées à diverses reprises, chaque fois que se présentaient du matériel vivant et des circonstances propices; les publications qui sont résultées de ces observations ont paru ainsi assez dispersées: je crois le moment venu de les résumer et coordonner, pour l'usage didactique.

La compréhension de ces manœuvres respiratoires, dont les principaux éléments sont facilement accessibles à l'observation directe, a notablement évolué avec les progrès de la technique et les tendances de la biologie. La description la plus ancienne de toutes (1701) de DUVERNAY, reprise par FLOURENS (1844), distingue simplement deux phases globales dans la manœuvre respiratoire. « Dans l'une, toutes les parties de l'appareil, la bouche, la gorge, l'arcade palatine, les opercules, les rayons et la membrane branchiostèges, les arcs branchiaux s'élargissent et se dilatent: l'eau entre par la bouche et c'est l'inspiration. Dans l'autre, toutes les parties se resserrent, se rapprochent, se rétrécissent: l'eau, pressée de toutes parts, sort de l'orifice des ouïes, et c'est l'expiration ».

Mais au cours de la première moitié du XIX^e siècle, s'im-
plante, avec DUMÉRIL (1807), DUVERNOY (1839), MILNE-

EDWARDS (1857), une nouvelle conception de la manœuvre respiratoire, qui la compare à une déglutition détournée : tout d'abord le poisson ouvre la bouche et dilate le pharynx (les fentes branchiales sont alors, d'après DUMÉRIL, tout à fait fermées) ; dans un second temps, il ferme la bouche, resserre le pharynx, écarte les opercules, par lesquels l'eau s'échappe : il y aurait donc antagonisme entre les mouvements alternatifs de la cavité bucco-pharyngienne et des cavités branchiales. Cette conception, fondée évidemment sur un raisonnement anatomique plutôt que sur l'observation du vivant, passe dans tous les ouvrages classiques (1).

La conception de DUMÉRIL fut énergiquement contredite, vers 1870, par P. BERT, qui employa pour la première fois des appareils enregistreurs pour l'étude des mouvements respiratoires des Poissons ; elle fut corrigée par des physiologistes comme F. FRANCK (1906), opérant sur des Cyprins, T. KUYPER (1907), S. BAGLIONI (1908) opérant sur nombre de poissons marins ; certains de ces physiologistes firent preuve d'une connaissance insuffisante de l'anatomie de l'appareil étudié.

A mon tour, dès 1927, contrairement à la manière des physiologistes précédents, je n'ai pas employé d'appareils inscripteurs, appliqués à des sujets immobilisés dans des conditions exceptionnelles et respirant souvent en dyspnée : je me suis astreint à observer mes poissons dans des conditions normales, choisissant tout d'abord des formes comme l'Anguille, des poissons marins restant posés sur le fond (*Gobius*, Turbot, etc.) et respirant tranquillement sur un rythme régulier et relativement lent, de 40-60 mouvements par minute.

Je suis ainsi arrivé, après de longues observations portant sur une quarantaine de Téléostéens, à établir une formule générale des mouvements respiratoires, qui peut se résumer comme il suit ; je prie le lecteur d'en suivre la description sur la figure ci-après, concernant l'Epinoche, une forme commune, relativement facile à observer (fig. 1).

A. La dilatation inspiratrice des cavités respiratoires (bucco-pharynx et chambres branchiales, avec ouverture de la bouche,

(1) Elle persiste actuellement dans des traités allemands, sous le vocable de « Drukpumpe » pour l'appareil respiratoire, et cette dénomination est opposée à « Saugpumpe », qu'emploie WOSKOBONNIKOFF pour son interprétation du système respiratoire.

s'effectue par l'abaissement du plancher bucco-pharyngien) (2) ; par l'abduction simultanée des parois latérales du bucco-pharynx (système soutenu par l'hyomandibulaire, le préoperculaire, l'arc ptérigopalatin, le maxillaire, le prémaxillaire et la mandibule + l'anneau suboculaire et le lacrymal) (3) et de la cavité branchiale (battant operculaire proprement dit (4) ; et

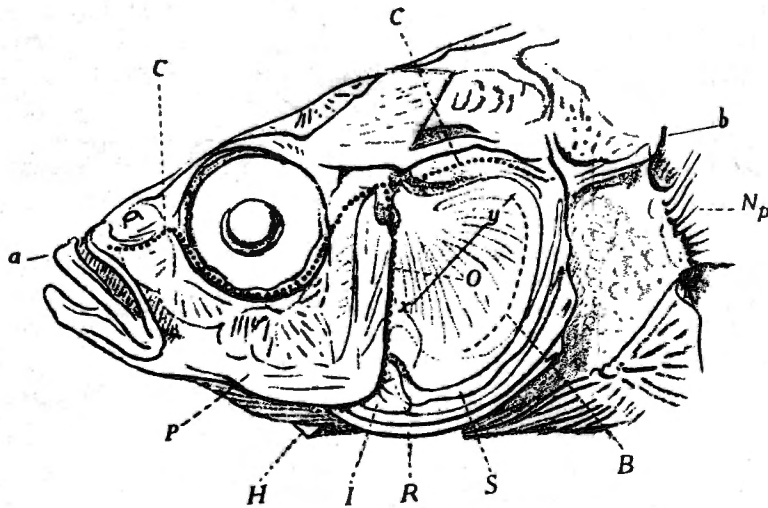


Fig. 1. — *Gasterosteus aculeatus*. Tête, de profil.

- ab.*, axe de rotation de l'ensemble des parois des cavités respiratoires (buccopharynx et chambre branchiale) ;
B., limite caudale des lamelles branchiales ;
C., charnière des mouvements d'abduction et d'adduction de l'ensemble des parois latérales des cavités respiratoires ;
H., pointe ventrale du V hyoïdien ;
I., partie caudale de l'interoperculaire ;
N_p, nageoire pectorale et son pédoncule ;
R., rayon branchiostège ventral ;
S., suboperculaire ;
xy., direction de l'axe de rotation de l'opercule, pendant la seconde moitié de l'inspiration.

(2) Par la contraction des muscles sterno-hyoïdiens, pharyngo-hyoïdiens, pharyngo-claviculaires et souvent de la musculature abdominale.

(3) Action du *m. levator arcus palatini*.

(4) Action, partiellement, du *m. dilatator operculi* ; mais le battant operculaire est aussi entraîné par le mouvement du préoperculaire, auquel il est attaché. La rotation de ce grand volet s'effectue le long d'une charnière cutanée sur la figure 1 par la ligne ponctuée C.

enfin par l'épanouissement de l'appareil branchiostège). Des liaisons anatomiques multiples, dont il sera question plus loin, rendent solidaires le mouvement de beaucoup de pièces de l'appareil respiratoire et assurent le *synchronisme de leur jeu* : c'est en raison de ces connexions que l'abaissement de la mâchoire inférieure, accompagnant l'abduction de la face et le retrait de l'hyoïde, se fait, brusquement, tout au début de la phase inspiratoire. Le bord postérieur libre de la membrane branchiostège et de l'opercule, jouant le rôle de valvule, reste appliqué sur la peau de la région claviculaire, et par le resserrement de sa bande musculaire distale, et par l'effet de la diminution de pression naissant dans la chambre branchiale qu'elle recouvre. Comme le volet operculaire, paroi latérale de la chambre branchiale, est mobile sur la grande pièce faciale qui limite latéralement la cavité bucco-pharyngienne, et comme l'eau, pour pénétrer dans la chambre branchiale doit vaincre la résistance des branchies, l'abduction du battant operculaire retarde quelque peu sur celle de la paroi bucco-pharyngienne : en d'autres termes, la chambre branchiale ne se trouve remplie complètement qu'avec un certain retard sur la cavité du bucco-pharynx.

B. Dans la phase expiratoire, ces différentes pièces reviennent à leur position initiale, *d'un mouvement d'ensemble* (5). Des le début, la mandibule s'élève (6) et la fermeture de la bouche se fait, d'autre part, immédiate, par le reflux de la valvule buccale. L'eau devant s'évacuer par l'arrière de la chambre branchiale (le long d'une région plus ou moins étendue du bord de l'opercule et de la membrane branchiostège), les chambres branchiales reçoivent le trop-plein du bucco-pharynx en sorte que l'adduction des volets branchiaux et surtout le retour des membranes branchiostèges s'achèvent avec un certain retard, qui varie avec le débit de l'orifice expiratoire et la rigidité de l'opercule et des rayons branchiostèges. Ce retard est très faible chez des formes comme les Cyprins ; il est plus considérable, et plus facile à observer directement, chez des types comme l'Anguille, où la vidange de la partie molle de la chambre branchiale se prolonge plus ou moins selon l'amplitude de l'inspi-

(5) Action du *m. adductor operculi*, et surtout du puissant *m. adductor hyomandibularis et arcus palatini*; pour la protraction de l'hyoïde, la paire de muscles génio-hyoïdiens.

(6) Action du *m. adductor mandibulae*, principalement.

ration précédente, au point de donner lieu à un « péristaltisme » très apparent de la manœuvre respiratoire.

L'ensemble de mes observations sur les poissons vivants apporte donc la confirmation de l'opinion si longtemps discutée: le synchronisme de l'ouverture de la bouche et le début de l'abduction du volet operculaire. Chose curieuse, une étude attentive de l'anatomie de l'appareil branchial aurait pu démontrer la réalité du synchronisme mis en doute par les physiologistes; mais les anatomistes de l'époque s'occupaient uniquement, dans des travaux devenus classiques, de fixer la métamérisation des systèmes squelettique, musculaire et nerveux de l'appareil respiratoire. Entretemps O. HOLMQVIST, en 1910, remarquait que des muscles cités à juste titre comme inspireurs (les éleveurs et abducteurs de l'opercule), fonctionnent en même temps comme abaisseurs de la mâchoire inférieure, en exerçant une traction sur l'angulaire, par l'intermédiaire de l'opercule et de l'interoperculaire: c'était la preuve anatomique du synchronisme discutée.

Ajoutons immédiatement que cette traction opérée par l'interoperculaire sur l'angulaire est due au fait que l'axe de rotation du volet latéral des cavités respiratoires (*ab*, de la fig. 1) n'est pas parallèle à l'axe longitudinal du poisson, et que l'abduction de ce volet, tout en écartant l'origine de la pièce operculaire du plan médian du corps, dont est plus proche son extrémité rostrale, exerce sur lui une traction dans le sens caudal, et ouvre l'angle des deux moitiés de la mandibule.

Or l'étude des Chaetodontes et des Plectognattes, que j'ai faite récemment (1942 et 44) vient de me donner une illustration remarquable de cette fonction essentielle de l'interoperculaire. Plaque osseuse généralement large, chez *Chelmo*, *Holocanthus*, comme chez les Perciformes ordinaires et la plupart des Téléostéens, elle s'effile progressivement chez *Acanthurus*, *Drepane*, *Zanclus*, dans sa portion rostrale, qui devient ligamentaire chez *Ephippus*. Partie plus ou moins sérieuse du volet operculaire chez les Téléostéens à fentes branchiales convergeant sur la ligne ventrale, il tend ainsi à devenir uniquement, chez les Plectognathes, un ruban étroit, mi-osseux, mi-ligamentaire, inextensible, qui relie la région dorsale du suboperculaire à l'angulaire de la mâchoire inférieure: il perd sa participation au volet operculaire, mais conserve sa fonction de liaison: assurer le synchronisme entre l'ouverture de la bouche et le début de l'abduction de l'opercule.

D'autre part, des observations et des expériences m'ont montré que l'abaissement de la mâchoire inférieure, par la contraction des muscles abducteurs de l'opercule, n'est qu'un détail de la manœuvre inspiratoire. Concurrément avec ce facteur agit la contraction du *m. levator arcus palatini*, qui détermine l'abduction de tout le volet latéral du bucco-pharynx: celui-ci entraîne aussi l'abaissement de la mâchoire inférieure et éventuellement l'écartement de ses deux branches. Je renvoie pour l'explication de ce résultat à mon mémoire précédent: « Le rôle de l'interoperculaire » (7).

Mais intervient aussi, au début de l'inspiration, le retrait et l'abaissement de l'hyoïde par la contraction des muscles sterno-hyoïdiens, l'abduction du système hyoïdien, l'abaissement de l'urohyal et du plancher buccal. Les deux mécanismes cités ci-dessus agissent simultanément dans la même manœuvre inspiratoire, en raison de l'existence, que les anatomistes ne me paraissent pas avoir remarquée, de liaisons ligamentaires entre le système de l'opercule et celui de l'hyoïde (8).

Il résulte, de ces liaisons multiples, une unité physiologique dans le squelette de l'appareil respiratoire telle que, dans des expériences de vivisection où l'on sectionne successivement des muscles inspireurs, la conservation d'une seule paire de ces muscles (*m. levator arcus palatini*, *m. dilatator operculi*, *m. sterno-hyoïdiens* ou abdominaux) suffit pour maintenir la manœuvre inspiratoire, complète, sous forme plus ou moins réduite naturellement. Cette organisation du système squelettique décèle donc l'existence d'une collaboration étroite entre le jeu de tout ce système passif et l'intervention active des muscles, dépendant, elle, de leur innervation.

B. Dans la phase expiratoire, les différentes pièces écartées de leurs positions par la manœuvre inspiratoire, reviennent à leurs positions initiales, d'un mouvement d'ensemble (action du *m. adductor operculi*, et surtout du puissant *m. adductor hyomandibularis et arcus palatini*; pour la protraction de l'hyoïde, la paire des muscles génio-hyoïdiens. Dès le début, la mandibule

(7) Contributions à l'étude des organes respiratoires chez les Téléostéens Plectognathes, 4^e partie, 1945.

(8) Stylohyal et préoperculaire (*Gadus*, WILLEM, 1927); Interoperculaire et hyoïde (Balitidés, WILLEM, 1944): *Balistes*, p. 5; *Triacanthus*, p. 12; *Monacanthus*, p. 15; Plectognathes: *Spheroïdes*, p. 10).

s'élève et la fermeture de la bouche se fait, immédiate, par le reflux de la valvule buccale. L'eau devant s'évacuer par l'arrière de la chambre branchiale (le long d'une région plus ou moins étendue du bord de l'opercule et de la membrane branchiostège), les chambres branchiales reçoivent le trop-plein du bucco-pharynx, de sorte que l'adduction des volets branchiaux et surtout le retour des membranes branchiostèges s'achèvent avec une certaine lenteur relative, qui varie avec le débit de l'orifice expiratoire et la rigidité de l'opercule et des rayons branchiostèges.

Ce schéma fait ressortir un fait, important au point de vue respiratoire, qui n'avait pas été relevé : c'est que, typiquement, la barrière branchiale est traversée par un courant céphalo-caudal *presque continu*, quoique plus lent au début et à la fin, qui commence dès le début de l'inspiration pour se ralentir vers la fin de la manœuvre respiratoire.

Ce courant continu, j'ai réussi à le voir, à plusieurs dates (1927 — 1940), chez de très jeunes *Gobius minutus*, encore très peu pigmentés, chez lesquels il était encore possible d'apercevoir, par transparence, les branchies et leurs peignes, et d'en suivre les mouvements sous le microscope binoculaire, chez des sujets restant quelques instants immobiles, posés sur leur nageoires ventrales, sur le fond d'une plaque de Petri. On constate ainsi que les pointes des lamelles de deux peignes contigus ne restent pas en contact : leur écart varie constamment grâce à des adductions très rapides, qui ont des allures de vibrations. En respiration tranquille, je ne vois guère persister que les petites vibrations ; mais les grandes reparaissent, dominantes, avec l'accélération des mouvements respiratoires, dès la moindre excitation extérieure. C'est-à-dire que la perméabilité du grillage lamellaire paraît se régler, par voie nerveuse, sur l'importance du courant d'eau expiré par la pompe respiratoire, au même titre que le rythme et l'amplitude des mouvements généraux.

VARIANTES DE LA FORMULE RESPIRATOIRE : DIVERS TYPES.

La formule générale que j'ai décrite ci-dessus est sujette à variantes, parmi lesquelles on peut distinguer, comme l'avait esquissé BAGLIONI, deux types extrêmes, dont j'ai précisé les caractéristiques.

1. La considération de Cyprinides, de Salmo, de Percidés et du Brochet nous a montré un type respiratoire propre aux pois-

sons bons nageurs, où les mouvements sont relativement rapides, peuvent atteindre le nombre de 100 et plus à la minute. Chose curieuse : au cours d'une nage continue, les mouvements respiratoires, diminuant d'amplitude, prennent une allure caractéristique, non citée par les auteurs classiques ; chaque inspiration est suivie d'une pause relativement longue, pendant laquelle la bouche et les fentes operculaires restent ouvertes, de sorte qu'un courant d'eau, dû au déplacement même du poisson dans son milieu, s'ajoute, au point de vue de l'irrigation des lamelles branchiales, à l'effet produit par les mouvements respiratoires proprement dits. Morphologiquement, ce type se caractérise, en même temps que la possession de branchies à grande surface, par une capacité relativement faible des cavités branchiales et l'amplitude des orifices respiratoires.

II. En opposition avec ce type, s'en présente un autre, que je trouve particulièrement marqué chez les Muraenides, les Lophobranchés, *Callionymus* et même *Lepadogaster*, tous poissons de fond. Je vois à ces formes extrêmes, comme caractères marquants, tout d'abord une expansion considérable des chambres branchiales, dans la direction caudale et ventrale ; elle est obtenue par le développement de la paroi branchiostège (Muraenides, *Callionymus*, *Lepadogaster*) ou aussi, chez les Lophobranchés, par l'élargissement de tout l'opercule.

Cet accroissement de capacité n'est pas en rapport direct avec des besoins respiratoires plus grands, car on remarque qu'elle s'accompagne souvent d'une réduction de la surface totale des lamelles branchiales et même du nombre des peignes branchiaux (*Cottus* a quatre branchies, *Lepadogaster* 3 1/2). En même temps s'allonge la phase inspiratoire, qui peut devenir multiphasique. En outre, la soudure de la membrane branchiostège à la peau de la région claviculaire réduit la fente operculaire à un orifice expiratoire dorsal, dont l'étroitesse freine l'expulsion de la masse d'eau plus grande : les mouvements respiratoires se ralentissent au point que le rythme peut en descendre à 15 par minute. Le courant d'eau traversant les fentes branchiales reste continu ; mais la progression de l'eau respiratoire s'effectuant avec une vitesse réduite, il se marque mieux dans ce type un certain « péristaltisme », et le début de la phase inspiratoire y apparaît souvent précéder la fin de la phase expiratoire précédente (Anguille). Enfin, la région caudale, molle, assez large, de la paroi de chaque chambre branchiale, comprenant la mem-

brane marginale et la partie que soutienne des rayons très flexibles, constitue une ampoule élastique plus étendue, atténuant davantage les variations de vitesse imprimées initialement à l'eau respiratoire.

Le type ainsi caractérisé se rencontre chez les Téléostéens à nage lente, lesquels ont l'habitude de souvent s'immobiliser sur le fond de l'eau, ou de s'enterrer dans un fond sableux. Une évolution graduelle du premier type vers le second s'observe nettement dans le groupe des Gastéostéeriformes: *Gasterosteus*, *Spinachia*, *Syngnathus*, *Entelurus*.

III. Une forme particulière de continuité du courant respiratoire est présentée par des Poissons à nage constante, comme les Salmonides et les Cyprinides: pour une certaine rapidité, souvent réalisée, de la natation, le courant de progression du poisson, courant dirigé vers la bouche, neutralise, à l'inspiration, la baisse de pression intrabuccale qui résulterait, dans des circonstances autres de la manœuvre inspiration inspiratoire, d'ailleurs peu ample; la pression bucco-pharyngienne restant ainsi positive, il s'établit un courant continu de la bouche entr'ouverte aux fentes branchiales non closes. On peut constater que ce courant est susceptible d'être réglé par des variations réflexes de l'ouverture buccale.

IV. Respiration avec immobilisation des principaux moteurs du courant respiratoire.

J'ai rencontré (1931) chez *Cottus*, *Trachinus* et *Ammodytes*, un mode respiratoire qui paraît, au premier abord, ne pas se concilier avec la description précédente des connexions étroites entre les pièces squelettiques du système respiratoire.

On peut voir un de ces Poissons, posé sur le sable ou s'y enfouissant, respirer en conservant la bouche constamment entr'ouverte, la mâchoire inférieure à peu près immobile, et laissant à la valvule buccale seule le rôle de fermer, passivement, la bouche à l'expiration.

Mais, fait qui confirme la solidarité des pièces squelettiques principales du système: les volets latéraux des cavités respiratoires restent aussi immobiles et c'est le jeu alternatif de l'appareil branchiostège seul, fort développé, qui assure le courant respiration, indépendamment du système général. Les muscles, abducteurs et adducteurs, qui agissent sur la mâchoire inférieure, l'hyomandibulaire, l'hyoïde et opercule, sont simulta-

néments mis en un tonus particulier, qui immobilise les parois du bucco-pharynx et tout le système des pièces dont j'ai décrit plus haut la solidarité : n'agissent alors alternativement que les muscles abaisseurs ou releveurs des rayons branchiostèges, pour élargir ou diminuer alternativement les grandes chambres branchiales ; et les variations de pression dans ces cavités déterminent, dans les parois de la chambre prébranchiale des réactions élastiques qui se traduisent par de très faibles oscillations de la mâchoire inférieure.

L'exception apparente confirme donc la règle.

V. Dans ces derniers temps, mon attention a été attirée sur le groupe des Plectognathes et tout d'abord des Balistidés. Ce sont des Poissons à nage lente, avec les caractères afférents d'ordinaire à cette locomotion : déplacement rostral des nageoires ventrales ; diminution de la longueur du corps, la nageoire caudale gardant son importance ; aplatissement transversal du corps. Il semble que les Balistidés, paresseux, se posent momentanément sur des supports naturels : ce serait là une explication du rôle important que joue, dans la mécanique respiratoire, l'appareil branchiostège (fig. 2, page 13), tout comme chez les Muraenides, les Lophobranches, *Callionymus*, etc. Mais je vois à la réduction si marquée de l'opercule chez les Balistidés encore une autre raison d'être : le durcissement de la peau par la calcification accentuée des écailles dermiques. Ce durcissement gênant l'expansion latérale des chambres branchiales, c'est le jeu vertical de l'appareil branchiostège qui a pris le rôle prédominant dans les mouvements respiratoires ; et l'opercule proprement dit (operculaire, suboperculaire et interoperculaire) s'est réduit aux rudiments indiqués sur la figure ci-contre (fig. 2).

Et le jeu vertical des rayons branchiostèges s'exécute, en raison de la rigidité des téguments, dans une spacieuse lacune lymphatique sous-dermique (fig. 3, page 14).

Les Ostracionidés, sur lesquels j'ai publié une note en 1945, constituent un cas particulier, plus accentué, du modèle type des mouvements respiratoires, que je viens de caractériser chez les Balistidés (voir fig. 4, page 15).

VI. Les Tétrodontes et les Diodontes, que j'ai étudiés récemment (1947) constituent, au point de vue de l'appareil respiratoire, un type particulier en ce sens qu'une poche ventrale,

hernie de l'estomac, peut recevoir, de la pompe respiratoire, un volume considérable d'eau (et d'air), au point de sortir de la cavité abdominale, de former une hernie qui s'étale sous la peau, et de gonfler le Poisson à tel point qu'il prend l'aspect d'une boule hérissée de piquants.

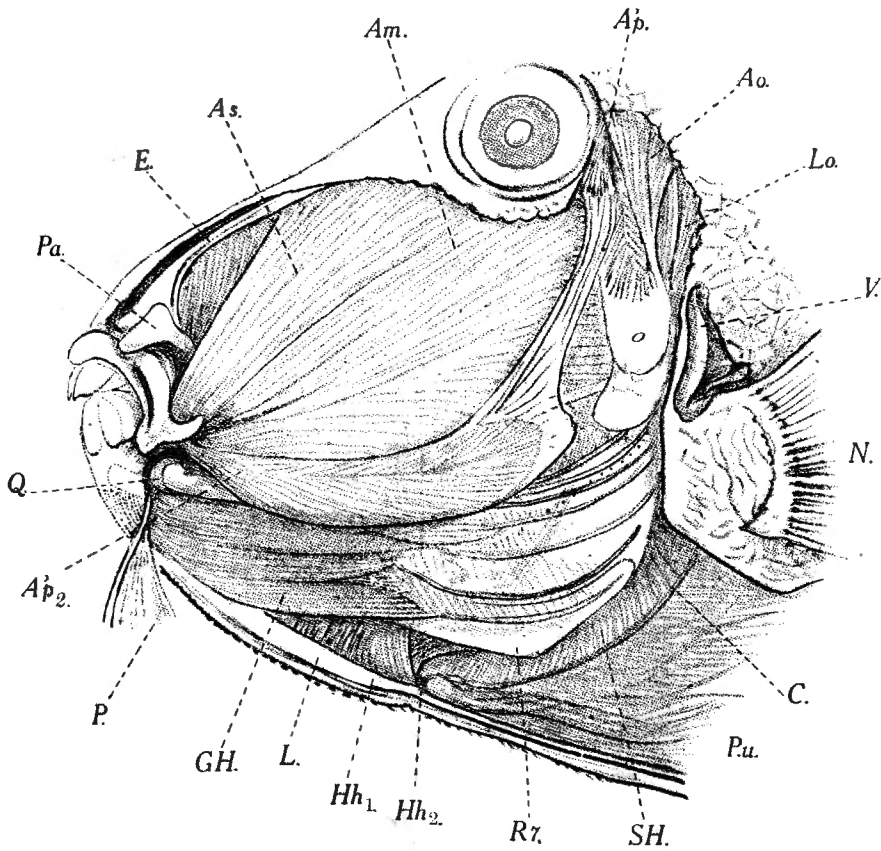
La pompe aspirante et foulante qui effectue cette opération extraordinaire est constituée par l'appareil respiratoire bucco-branchial, qui, après une manœuvre inspiratoire de grande amplitude (volume du bucco-pharynx, amplitude et puissance de l'appareil operculaire et branchiostège) foule puissamment le fluide absorbé vers l'estomac et son évagination; tandis que l'orifice d'expiration normale reste fermé par un sphincter puissant. Après chaque foulée, la contraction des fibres musculaires, circulaires, de l'œsophage empêche le reflux du contenu de la poche herniaire.

De quelle manière serait utilisé, pour la respiration, l'oxygène ainsi accumulé provisoirement? Par échange direct avec le système circulatoire de la paroi de l'hernie? Par contact avec les fentes branchiales internes à l'occasion de relâchements du sphincter œsophagien? Peut-être pourrait-on invoquer en plus que la compression momentanée que subit la vessie natatoire (remarquablement volumineuse) pourrait lui faire céder au système circulatoire une partie de sa réserve d'oxygène...

P. S. — Le lecteur, qui s'intéresserait à un sujet connexe de celui qui précède « Le synchronisme des mouvements respiratoires et des pulsations cardiaques chez les Poissons », trouverait un exposé de la question dans une note publiée sous ce titre dans le Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique, 1941.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS, RANGÉS CHRONOLOGIQUEMENT.

1701. DUVERNAY, *Mémoire sur la circulation du sang des poissons qui ont des ouïes et sur leur respiration*. (Mém. de l'Académie des Sciences, Paris, 1701.)
1817. C. DUMÉRIEUX, *Mémoire sur le mécanisme de la respiration des Poissons*. (Magasin encyclopédique, 1817, VI.)
1839. DUVERNOY, *Du mécanisme de la respiration dans les Poissons*. [Annales des sciences naturelles (Zoologie), 1839.]
1844. FLOURENS, *Mémoires d'anatomie et de physiologie comparées*. 3^e mémoire. *Expériences sur le mécanisme de la respiration des poissons*. Paris, 1844.
1857. MILNE-EDWARDS, H., *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparées de l'Homme et des Animaux*, Paris, 1857, t. II.
1870. BERT, P., *Leçons sur la physiologie de la respiration*, Paris, 1870.
1906. FRANÇOIS-FRANCK, *Etudes expérimentales du mécanisme respiratoire*. (Comptes rendus de la Soc. de Biologie, t. IX.)
1906. HOLMQVIST, *Der musculus protactor hyoidei und der Senkung-mechanismus des Unterkiefers bei den Knochenfischen*. (Lunds Universitets Arsskrift, N. F., Afd. 2, Bd. VI.)
1908. BAGLIONI, S., *Der Atmungsmechanismus des Fische*. (Zeitschrift für allgemeine Physiologie, Bd. VII.)
1927. WILLEM, V. et DE BERSAQUES, L., *Les Types des mouvements respiratoires chez les Téléostéens*. (Mémoires 8^o Acad. roy. de Belgique, Sciences, t. IX.)
1931. WILLEM, V., *Les manœuvres respiratoires chez les Poissons et les Amphibiens*. (Mémoires in 4^o de l'Acad. roy. de Belgique, t. X.)
1932. WOSKOBONIKOFF, M. M., *Der Apparat der Kiemenatmung bei den Fischen*. [Zoologische Jahrbücher (Ant. und Ontogenie), Bd. 55.]
1940. WILLEM, V., *Nouvelles observations sur les manœuvres respiratoires chez les Téléostéens*. [Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique (Sciences), t. XXVI, 1940.]
- 1942-7. WILLEM, V., *Contribution à l'étude des organes respiratoires chez les Téléostéens Plectognathes*. [Bulletin du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique : I. Les Balistidés (1942) II. Les Chaetodontiformes (1944) ; III. Les Ostracionidés ; IV. Le rôle de l'interoperculaire dans la manœuvre respiratoire ; V. Tétrodontes et Diodon (1947).]

Fig. 2. — *Balistes undulatus*.

Vue latérale de la tête après enlèvement de la peau (× 4.4).

- Am.*, m. adductor mandibulae;
Ao., m. abductor operculi;
A¹p., m. abductor arcus palatini;
As., m. releveur de la mâchoire supérieure;
O., arête latérale du coracoïde;
GH., m. geniohyoïdeus;
Hh₁ et *Hh₂*, deux parties du m. hyohyoïdeus;
L., lacune lymphatique ventrale;
Lo., m. levatores operculi;
N., nageoire pectorale;
O., opercule;
P., muscle peaucier, abaisseur de la mandibule; *Pa.*, os palatin;
Pu., masse du pubis et de ses muscles;
Q., articulation du carré et de la mandibule;
R₇, le rayon branchiostège ventral;
SH., m. sterno-hyoïdiens;
V., valvule de l'orifice expiratoire.

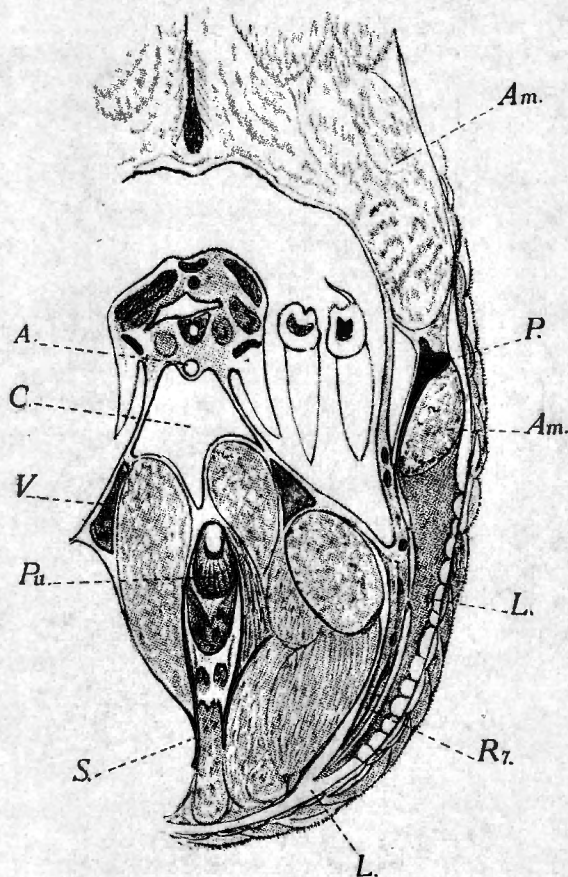


Fig. 3. — *Balistes capriseus*. Coupe à peu près transversale de la tête, au niveau de l'axe de l'œil et de l'articulation de la tige pubienne, vue antérieure ($\times 3 \frac{1}{2}$).

- A., origine de l'aorte ventrale;
 Ab., appareil branchiostège gauche, avec la coupe des 7 rayons branchiostèges;
 Am., m. adductor mandibulae;
 C., cavité péricardique;
 L., tissu lymphatique presque homogène, dans la lacune sous-cutanée;
 P., préoperculaire;
 Pu., extrémité céphalique de la tige pubienne;
 V., veine cardinale antérieure.

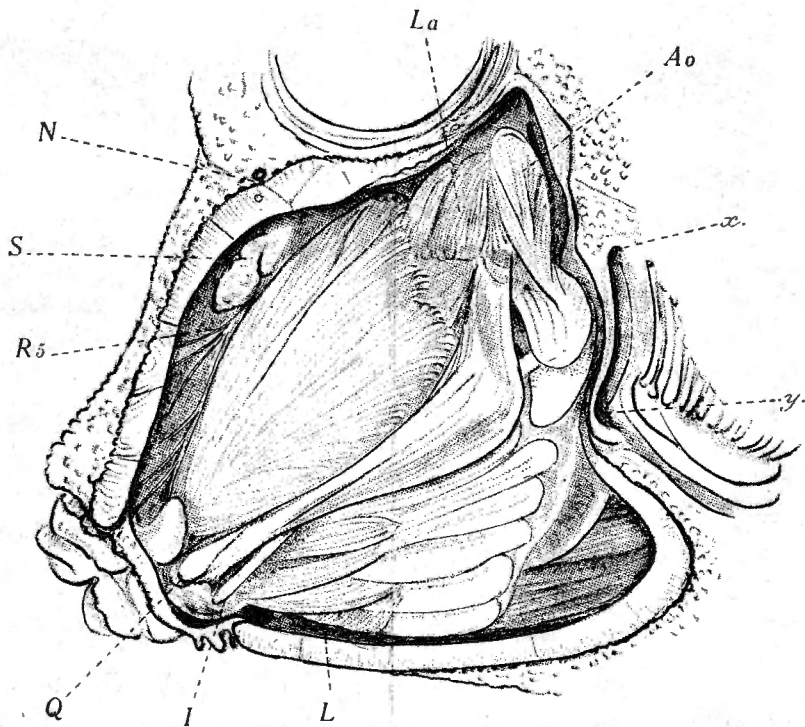


Fig. 4. — *Ostracion quadricornis*, L.
Dissection de la face gauche ($\times 3.2$).

- Ao.*, m. levator operculi;
L., extrémité de l'interoperculaire;
L., lacune lymphatique sous-cutanée;
La., m. levator arcus palatini;
N., un des orifices nasaux;
Q., quadratum;
Rs., rameau du nerf V;
S., sac nasal;
xy., les deux extrémités de la fente expiratoire.

AD. GOEMAERE, Imprimeur du Roi, 21, rue de la Limite, Bruxelles.