

RÉGENCE DE TUNIS -- PROTECTORAT FRANÇAIS

Direction Générale des Travaux Publics

STATION OCÉANOGRAPHIQUE DE SALAMMBO^A

BULLETIN

N° 20

RECHERCHES SUR LA RESPIRATION DES POISSONS

PAR

E. VELLINGER



Janvier 1931

Publications de la "Station Océanographique de Salammbô"

Les publications de la Station Océanographique de Salammbô comprennent :

Les *Notes* pour les courts travaux, les communications préliminaires.

Le *Bulletin* pour les mémoires définitifs.

Les *Annales* réservées pour les travaux plus importants avec planches de grand format.

Les *Notes* et le *Bulletin* sont envoyés à titre d'échange.

Les auteurs reçoivent gratuitement 50 tirages à part de leurs travaux. Ils s'engagent à ne pas mettre ces tirages dans le commerce.

Pour faciliter l'établissement d'une "Bibliographie Internationale de l'Océanographie" (*Décision de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée*) les auteurs sont priés de faire suivre leurs travaux d'un court exposé (10 à 15 lignes) les résumant.

Adresser tout ce qui concerne la publication au Directeur de la Station Océanographique de Salammbô, par Carthage (Tunisie).

RÉGENCE DE TUNIS -- PROTECTORAT FRANÇAIS

Direction Générale des Travaux Publics

STATION OCÉANOGRAPHIQUE DE SALAMMBO[^]

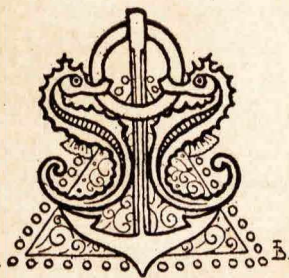
BULLETIN

N° 20

RECHERCHES SUR LA RESPIRATION DES POISSONS

PAR

E. VELLINGER



Janvier 1931

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	3
I. — INTRODUCTION.....	5
II. — TECHNIQUE	8
III. — INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN L'OXYGÈNE SUR LE RYTHME RESPIRATOIRE.....	10
IV. — LE RYTHME RESPIRATOIRE EN FONCTION DU POTEN- TIEL D'OXYDATION-RÉDUCTION.....	12

RÉSUMÉ

On fait respirer des poissons dans des solutions d'hémoglobine fortement réduite, mais contenant toujours la même quantité d'oxygène. Le rythme respiratoire augmente en fonction du potentiel d'oxydation-réduction des solutions jusqu'à 220 millivolts environ, au delà duquel les symptômes graves d'asphyxie se manifestent. Cette valeur de potentiel ne correspond pas à une limite nette. Sous des potentiels plus élevés, certains poissons meurent, d'autres tombent en léthargie. Quoique les mouvements respiratoires soient arrêtés, les animaux ne sont pas morts. On peut les ranimer en les plaçant dans de l'eau bien aérée.

I. — INTRODUCTION

La respiration du poisson a fait l'objet il y a une trentaine d'années d'un grand nombre de travaux. Les auteurs ont tenté de mesurer la tension d'oxygène minimum nécessaire pour assurer la survie des poissons. Ces déterminations ont été faites dans la grande majorité des cas dans des conditions défectueuses. Les animaux sont conservés en vases clos jusqu'au moment où on observe les premiers symptômes d'asphyxie ou la mort. On dose alors la teneur en oxygène de l'eau. On a montré, dans ces conditions, que les poissons supportent sans gêne visible une diminution de la teneur en oxygène de l'eau jusqu'à la moitié de sa valeur normale. Pour les Truites par exemple, on observe une dyspnée pour des concentrations en oxygène, comprise entre 1,7 et 0,8 cm³. Si l'on prolonge l'expérience, les animaux meurent. Les Tanches, par contre, peuvent vivre à des tensions d'oxygène extrêmement basses.

Cette méthode utilisée par un certain nombre d'auteurs, présente le grave défaut de ne donner qu'une valeur limite inférieure correspondant à la mort de l'animal en expérience.

WINTERSTEIN a tenté de remédier à ce défaut de technique en maintenant la teneur en oxygène constante durant toute l'expérience. Pour cela, il fait barboter dans l'eau du vase respiratoire un courant d'azote contenant une quantité d'oxygène telle que sa concentration dans l'eau se maintienne entre 0,7 et 1,2 cm³ par litre. L'auteur a pu garder ainsi des poissons durant sept jours, sans que les animaux présentent le moindre symptôme d'asphyxie. L'activité respiratoire était accrue, mais les poissons ne sont pas venus à la surface pour happer de l'air. Or, ce mouvement est l'indice précédent immédiatement les premiers symptômes d'asphyxie. La mort des animaux s'observe pour des concentrations de l'ordre de 0,4 à 0,5 cm³ par litre.

Toutes les valeurs données par les auteurs pour d'autres poissons et correspondant à la mort des animaux, oscillent entre 0,19 et 1 cm³ par litre. D'une façon générale, on peut dire que les cyprinoides sont très résistants au manque d'oxygène, alors que les salmonidés le sont peu.

Quelle est la signification physiologique de cette limite de tension d'oxygène compatible avec la vie des poissons ? On peut se demander en particulier dans quel état de réduction se trouve l'hémoglobine du sang des poissons respirant dans ces conditions. KROG et LEITH (1) ont étudié la dissociation de l'hémoglobine du sang de Carpe, de Brochet, d'Anguille, de Sole et de Morue. Ils en concluent que pour les tensions d'oxygène donnés par WINTERSTEIN, la totalité d'hémoglobine de sang de carpe devait être encore à l'état oxygéné.

« It is evident, disent-ils, that the low loading tension of the blood will make the fishes well adapted to withstand low oxygen pressure in the wather and it is very significant that Winterstein foud that fresh waterfishes to not beg in to suffer from want of oxigen until the dissolved quantity of oxigen in the wather falls lulow 0,6 cm per liter corresponding to a tension of $14 \frac{m}{m}$ (15°) ».

WASTL (2) a refait les mesures de dissociation de l'hémoglobine du sang de carpe et arrive à des résultats très différents des auteurs précédents. Selon WASTL, il y aurait plus de 40 % d'hémoglobine réduit à la tension de $16 \frac{m}{m}$ d'oxygène.

Si l'on examine les valeurs données par ces auteurs et que nous avons rassemblées dans la figure 1, il est facile de voir que les chiffres donnés par KRUGH et LEITH ne sont que fragmentaires. Il est difficile de tracer une courbe de dissociation avec trois points aussi rapprochés, comme le font KRUG et LEITH. Par contre, les valeurs de WASTL définissent une courbe régulière. Nous avons placé sur la même figure, à titre d'indication, les valeurs pour un poisson de mer (Sole), données par KRUG et LIETH. Ces divergences sont dues probablement à la difficulté des mesures de dissociation du sang de poisson signalé par ces auteurs et que l'on ne rencontre pas dans le cas du sang de mammifères. Quoiqu'il en soit, il semblerait donc bien, en se bornant au résultat de WASTL, qui paraissent les meilleurs, que les poissons d'eau douce puissent vivre dans un milieu ne contenant que très peu d'oxygène avec une notable proportion d'hémoglobine de leur sang à l'état réduit. Cette particularité démontrerait donc que les poissons peuvent utiliser de l'oxygène à des potentiels relativement bas. C'est pour vérifier

(1) J. Of. Physiol. t. 52, p. 288, 1919.

(2) Biochem. Z., t. 197, p. 662, 1928.

cette hypothèse que nous avons entrepris une série d'expériences en vue de mesurer directement le potentiel minimum de l'excipient respiratoire dans lequel peut encore vivre le poisson. Pour que ces mesures aient un sens, il faut que la quantité d'oxygène du milieu reste constante, mais que son potentiel d'oxydation-réduction varie dans des limites convenables. Pour réaliser ces conditions, nous avons eu recours au tampon de rH préparé avec de l'hémoglobine que nous avons déjà utilisé avec P. REISS pour l'étude de la respiration anaérobie de l'œuf d'oursin. GRÉHANT (1872) (1) avait déjà remarqué que les poissons respirant dans un milieu additionné de sang étaient capables de réduire l'hémoglobine.

« Ainsi des globules rouges du sang de poisson peuvent enlever l'oxygène aux globules rouges ou à l'hémoglobine du sang d'un autre animal, c'est-à-dire aux globules que les mouvements respiratoires du poisson font circuler autour des bronchies et ce fait a de l'importance au point de vue de la physiologie générale... »

Les expériences suivantes ont été faites en avril 1930 à la station océanographique de Salammbô. Je tiens à remercier M. le Directeur Général des Travaux Publics de Tunisie pour l'aide matérielle qu'il a bien voulu m'accorder, ainsi que M. HELDT, Directeur et M^{me} HELDT, assistante à la station océanographique, pour l'aide empressée et l'accueil bienveillant qu'ils m'ont réservés.

(1) GRÉHANT. C. R., t. 74, 1872, p. 621.

(2) P. REISS et E. VELLINGER, Arch. Phys. Téal., t. 7, 1929, p. 80.

II. — TECHNIQUE

Pour satisfaire aux conditions énoncées dans l'introduction, il faut disposer d'un volume de solution suffisant pour que la teneur en oxygène ne varie pas notablement durant l'expérience. En outre, il faut utiliser des vases respiratoires de forme identique permettant une fermeture hermétique. Le vase contenant la solution et une jeune Vieille (de 15 gr. environ) est fermé avec un bouchon de liège sans bulle d'air. Le bouchon est traversé par plusieurs tubes en verre plongeant jusqu'au milieu du vase. L'un des tubes muni d'un robinet est relié à une électrode calomel. Une électrode en platine blanc ou doré plonge également jusqu'au milieu du vase. Ce dispositif permettrait de mesurer le potentiel d'oxydation-réduction durant l'expérience. Les solutions d'hémoglobines sont obtenues à partir d'hématies du sang frais (bœuf) lavé deux fois au sérum physiologique. Le culot d'hématies obtenu par centrifugation est laqué à l'eau distillée. On amène la dissolution à l'isotonie de l'eau de mer, en ajoutant du chlorure de sodium. Cette solution est diluée ensuite avec de l'eau de mer. Le dosage d'hémoglobine est fait au spectrophotomètre Hufner en utilisant les constantes données par VLÈS (1). Enfin le pH de chaque solution est ajusté à l'électrode d'antimoine par addition de soude. Les solutions partiellement réduites sont obtenues par réduction de l'oxyhémoglobine à l'hydrosulfit de soude préalablement alcalinisée. Cette réduction se fait dans le vase respiratoire lui-même en mesurant en même temps la variation du potentiel d'oxydation-réduction qui l'accompagne. Grâce à la courbe de titrage, on peut déterminer le taux d'hémoglobine réduit de la solution. Nous avons refait cet étalonnage pour savoir si la petite différence de salure qui existe entre l'Océan Atlantique et la Méditerranée pouvait avoir une influence sur le potentiel d'oxydation-réduction. Cet étalonnage a été fait sous azote dans l'électrode à réduction

(1) F. VLÈS. *Arch. Phys. Biol.* t. 1, 1921, p. 1, 19.

décrit par ailleurs (1). Comme liqueur réductrice, nous avons utilisé la même solution d'hémoglobine réduite avec un petit excès d'hydrosulfite.

Le point d'inflexion de cette courbe est légèrement plus élevé, de 12 millivoltes environ, que celui de la courbe établie avec REISS.

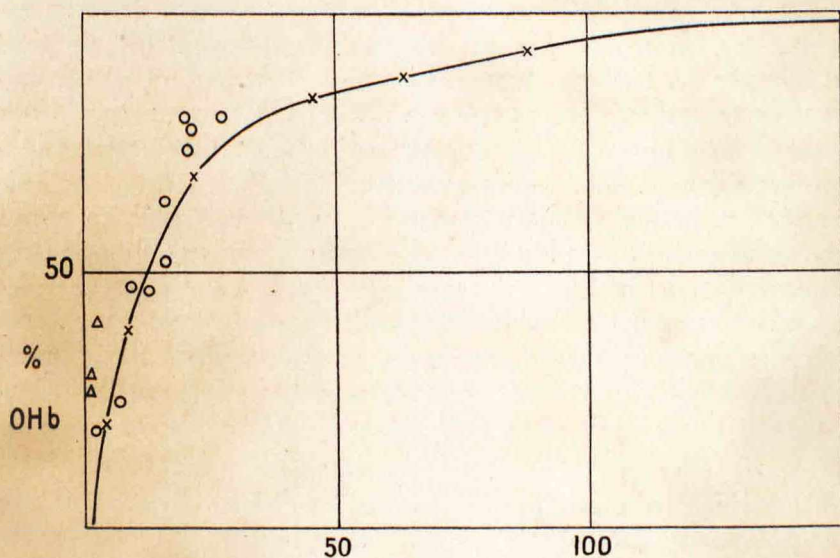


Fig. 1.

Saturation du sang de poisson en fonction de la tension d'oxygène :

× Sang de Carpe (Wast) Δ Sang de Carpe (Krogh et Leite) ○ Sang de Sole (Krogh et Leite)

Ce décalage est trop faible pour permettre une interprétation certaine.

Toutes les expériences ont été faites avec des animaux à jeun. Les poissons sont conservés durant quelques jours avant d'être utilisés dans un petit aquarium avec une bonne circulation d'eau, mais ne contenant aucune nourriture.

(1) E. VELLINGER, *Arch. Phys. Biol.*, t. 7, 1929, p. 115.

Pour faire de bonnes mesures il faut prendre une série de précautions. Les électrodes en platine conservés dans l'acide sulfurique sont chargés positivement. Pour la première série de mesure, on trouve généralement des valeurs trop élevées. Mais si l'on fait une seconde et une troisième expérience, on retrouve des valeurs reproductibles avec une approximation suffisante.

Pour suivre les perturbations de la respiration des animaux en expérience, nous avons pris comme critérium le rythme respiratoire. La détermination du rythme respiratoire a été faite en comptant les battements des opercules par minute. Cette détermination est difficile en raison du mouvement des poissons. Nous avons procédé de la manière suivante : on regarde le poisson dans une direction convenable permettant l'observation nette des mouvements des opercules. Durant les instants d'immobilité relative, on compte les battements des opercules en mesurant simultanément le temps au chronographe à dé clic. On ramène les chiffres obtenus au nombre de battements par minute. Cette détermination est sujette à des erreurs grossières. En effet, pour un rythme accéléré, la fatigue oblige le poisson à ralentir de temps en temps ses mouvements respiratoires. Ce ralentissement aboutit très souvent durant quelques instants très courts à un arrêt complet des mouvements. La bouche fait alors quelques convulsions après lesquelles les mouvements reprennent au rythme initial. Il est indispensable d'éviter de faire des déterminations au moment du ralentissement des mouvements, sous peine d'obtenir des chiffres trop bas.

Le rythme respiratoire des jeunes Vieilles (*Labrus*) évoluant tranquillement dans un aquarium est d'environ 60 battements par minute. Ce chiffre augmente rapidement lorsqu'on inquiète les poissons avec un bâton ou lorsqu'on les poursuit avec une épuisette. Cette augmentation peut être considérable et peut atteindre jusqu'à 120 pulsations à la minute, soit le double de la valeur normale selon le degré d'excitation du poisson. Cependant cette valeur n'est jamais dépassée avec ces moyens.

III. — INFLUENCE DE LA CONCENTRATION DE L'OXYGÈNE SUR LE RYTHME RESPIRATOIRE

Il est assez logique d'admettre qu'à côté de la question du potentiel auquel on fait respirer le poisson, il y ait aussi une influence de la concentration en oxygène du milieu. Il est bien évident que si l'on prend comme critérium le rythme respiratoire, il est absolument nécessaire d'éliminer ce facteur. Il est facile de se

rendre compte de son importance. Nous avons placé des poissons de même taille dans des vases de même capacité contenant de l'eau de mer additionnée de quantités d'hémoglobine variables. Ces vases sont fermés d'une façon hermétique. On suit sur chaque ani-

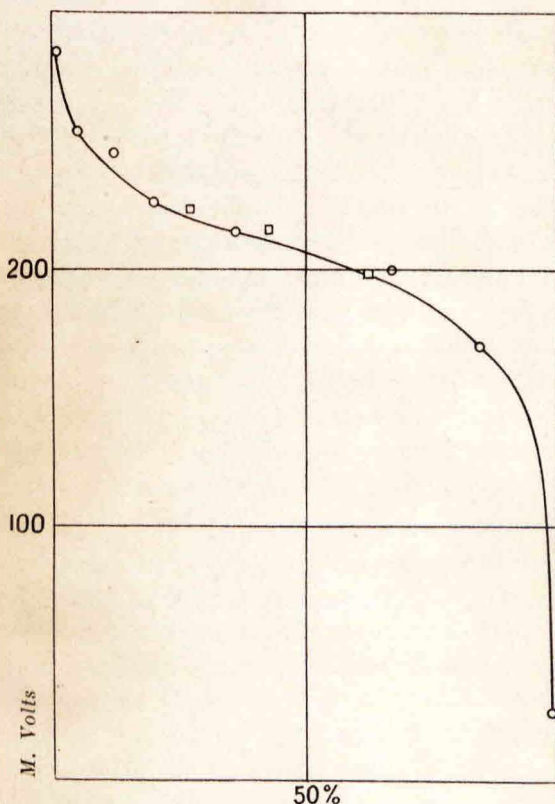


Fig. 2.

Potentiel d'oxydation, réduction d'hémoglobine en fonction du % d'hémoglobine réduite

mal le rythme respiratoire en fonction du temps. La figure ci-jointe montre ces variations pour deux exemples extrêmes. Ce résultat était facile à prévoir. Pour les faibles concentrations d'hémoglobines, le poisson est obligé, pour satisfaire à ses besoins, d'oxygène, de faire circuler des quantités plus considérables de solution. A des concentrations plus grandes, le rythme ne varie plus pendant les premières heures de l'expérience. Pour éliminer

ce facteur, nous avons maintenu la concentration d'oxygène constante. Nous avons préparé à cet effet des solutions d'hémoglobine dans lesquelles nous avons fait varier simultanément la quantité d'hémoglobines totales en solution et le taux d'hémoglobine réduit.

IV. — RYTHME RESPIRATOIRE EN FONCTION DU POTENTIEL D'OXYDATION-RÉDUCTION DES SOLUTIONS

Nous avons placé des animaux dans une série de solution d'hémoglobine contenant uniformément 4 cm^3 d'oxygène par litre environ. On sait que cette quantité d'oxygène est largement suffisante pour

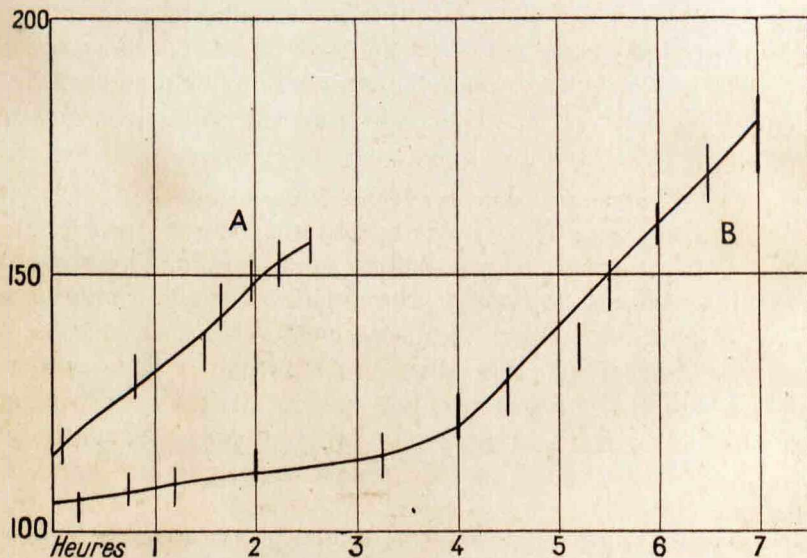


Fig. 3.

Le rythme respiratoire en fonction du temps pour deux concentrations extrêmes en hémoglobine (A faible, B forte concentration)

la respiration normale des poissons. Nous avons fait varier simultanément la concentration globale de l'hémoglobine et le taux de réduction de façon à maintenir cette concentration constante pour différentes valeurs du potentiel. Les solutions d'hémoglobine sont

préparées à partir d'une solution concentrée, de concentration connue. Le taux de réduction a été déterminé au potentiomètre avec la courbe d'étalonnage. La solution, une fois faite, on capture les poissons avec une épuisette, on les place dans les vases respiratoires et on ferme sans bulle d'air. En enfonçant le bouchon de liège, on détermine l'élévation du liquide dans le tube de jonction. Lorsque le liquide a dépassé le robinet, on le ferme et on réalise la jonction avec une électrode au calomel. On détermine immédiatement après la fermeture du vase le rythme respiratoire de l'animal. Durant la première demi-heure, le rythme ne change pas sensiblement, sauf les variations périodiques mentionnées plus haut. Si l'on prolonge l'expérience au delà de 20 à 30 minutes, la consommation de l'oxygène par le poisson change la composition du milieu et rend de ce fait la comparaison des résultats incertains. La mesure des variations potentiel durant l'expérience, n'était pas toujours possible, car l'animal venait souvent heurter l'électrode en platine. Ce contact intempestif produisait un changement de la valeur du potentiel. Ce changement était dû probablement à une souillure de l'électrode par le mucus.

La réaction des poissons placés dans les solutions était assez vive. Cependant, il y avait de grandes différences individuelles. Certains poissons s'agitaient violemment alors que d'autres, dans des solutions plus réduites, avaient des mouvements moins désordonnés. La fig. 4 montre que les poissons peuvent respirer dans des solutions assez fortement réduites d'hémoglobines. Ces valeurs correspondent, comme il a été dit plus haut, au début de l'expérience, après un temps suffisant pour que l'animal soit en équilibre avec la solution. Cependant les expériences ont été poursuivies bien plus longtemps. Pour les solutions faiblement réduites, le rythme croît régulièrement. Après un certain temps, variable selon la réduction du milieu, les symptômes d'asphyxie se manifestent. L'animal ne peut plus se maintenir en équilibre, il se met ventre en l'air, tout en continuant ses mouvements respiratoires. Peu à peu ces mouvements respiratoires ralentissent pour s'arrêter complètement en apparence, mais le poisson n'est pas encore mort. L'examen attentif permet de reconnaître de temps en temps des mouvements extrêmement faibles de la bouche. Nous avons pu conserver ainsi un poisson de longues heures durant dans un état

d'immobilité absolue. Retiré du milieu réduit et placé dans un aquarium bien aéré, les mouvements respiratoires reprennent d'abord en position retournée. Après vingt minutes environ, l'animal se redresse et après une ou deux heures, il semble aussi vif

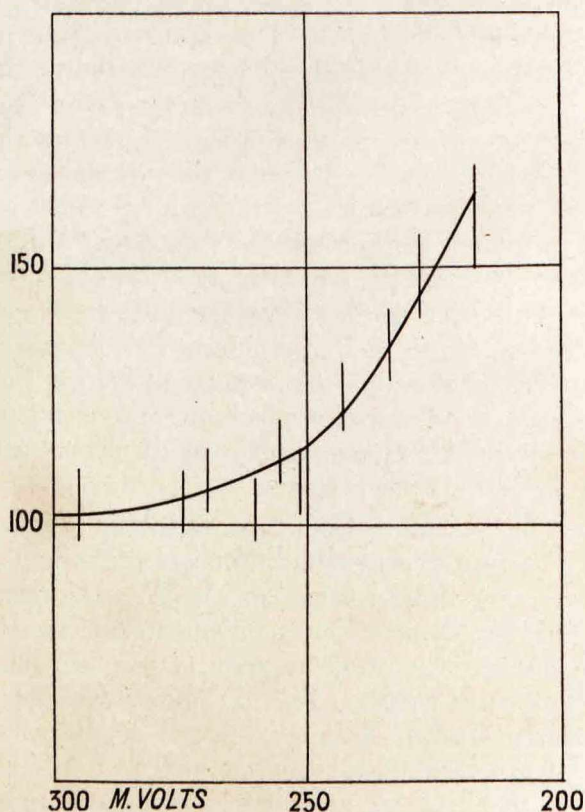


Fig. 4.

Rythme respiratoire en fonction du potentiel d'oxydation, réduction des solutions

que ses congénères de l'aquarium. Ce même poisson a été utilisé quelques jours après pour une nouvelle expérience.

On peut se demander s'il existe une relation entre ce qui précède et les faits signalés par les auteurs qui ont remarqué que les poissons pouvaient vivre un certain temps dans un milieu sans oxygène. JORDI a signalé que des poissons rouges avaient pu vivre un jour dans de l'eau bouillie. M^{me} TRAUBE-MENGARINI relate avoir vu

des poissons vivre soixante-douze heures dans de l'eau bouillie dans laquelle passait un courant d'hydrogène. Ces résultats invraisemblables sont contestés par WINTERSTEIN qui les attribue à des erreurs grossières de technique. Cependant la description que donne l'auteur de son dispositif expérimental, n'autorise pas l'hypothèse absolument gratuite de WINTERSTEIN. Par contre, il se pourrait que les petites quantités d'oxygène pénètrent dans l'appareil par diffusion à travers les joints en caoutchouc. Cette petite quantité d'oxygène serait juste encore suffisante pour maintenir le poisson dans cet état de vie ralentie. L'auteur signale également un arrêt des mouvements respiratoires sans que pour cela l'animal soit mort : « Au lieu des respirations fréquentes mais accompagnées de mouvements normaux de la bouche et des ouïes, il respire rarement en écarquillant la bouche et les bronchies (noircies) d'une manière convulsive » (1).

Il n'a pas été possible d'établir une limite précise de potentiel d'un milieu dans lequel les poissons ne puissent plus respirer et cela pour plusieurs raisons. En premier lieu le rythme respiratoire n'est pas un critérium assez sûr, il est sujet à des variations individuelles assez importantes. Ces variations peuvent être attribuées à une différence de composition du milieu intérieur des poissons. WASTL a signalé la grande variation de la teneur en hémoglobines du sang de poisson. Pour 15 animaux, la capacité respiratoire variait d'une façon considérable.

Enfin des auteurs (2) ont signalé que durant l'asphyxie il y aurait dans le sang du poisson un enrichissement de certains de ses constituants comme par exemple l'hémoglobine et le nombre des hématies. Il est bien évident que ce comportement qui est une défense de l'animal contre l'asphyxie peut avoir une certaine répercussion sur le rythme respiratoire. En second lieu, au delà d'un certain potentiel, mal défini, variable selon les individus, le poisson réagit violemment et meurt très souvent. Sur 12 animaux étudiés dans ce cas, 7 sont morts après des temps variables de trente à cinquante minutes, 5 sont tombés dans une immobilité absolue. Sur ces 5 poissons, deux se sont ranimés dans un aquarium et trois ont succombé.

(1) *Arch. Ital. de Biol.*, t. 9, 1888, p. 248.

(2) HOLE, GRAY, LEPOWSKY, *J. Of. Biol. Chem.*, t. 67, 1926, p. 549.

Cependant on peut l'affirmer que pour des potentiels supérieurs à 220 millivolts les poissons semblent respirer sans gêne notable quoique avec un rythme accéléré.

Or pour ce potentiel les solutions renferment environ 26 % d'hémoglobine réduite. Si l'on calcule la tension d'oxygène correspondant à ce taux de réduction en tenant compte du pH et de la validité de la solution (1), on constate qu'elle est inférieure à 10 millimètres. Cette tension est donc inférieure à celle correspondant à la mort des animaux dans les expériences de WINTERSTEIN. Pour expliquer ces résultats en apparence contradictoires il ne faut pas perdre de vue que dans nos expériences il y a toujours une certaine quantité d'oxyhémoglobine en solution. Il ne peut pas être question ici d'une respiration plasmatique comme dans les expériences de NICLOUX (2). Il faut donc admettre que l'oxyhémoglobine joue un rôle actif qui s'ajoute à l'action de l'oxygène moléculaire dissout et qui doit avoir son siège au niveau de la branchie (3).

(1) BARCROFT The respiration Function of the Blood 1928, p. 108 et 111.

(2) Maurice NICLOUX. Comp. rend. Soc. Biol.

(3) M. le professeur F. VLÈS nous a signalé que selon ses propres expériences inédites, le contenu de la vessie natatoire des poissons et les excréments autre que l'acide carbonique pourraient jouer un certain rôle.

OUVRAGES PARUS

NOTES

- N° 1. — H. HELDT : Sur un procédé nouveau d'aération et de renouvellement de l'eau en aquarium : la trompe S.O.S Fr. 2 50
- N° 2. — H. HELDT : Sur la résistance à l'asphyxie des principales espèces d'animaux marins. — Applications à la tenue des aquariums et au transport des crustacés par bateau-viviers Fr. 5 »
- N° 3. — M^{me} H. HELDT : Sur un cas de trifurcation de l'antenne chez *Palaemon vulgaris* Latr., et sur la persistance de cette malformation après la mue Fr. 4 »
- N° 4. — M^{me} H. HELDT : Sur la présence d'*Artemia salina* L. dans les anciens ports de Carthage Fr. 3 »
- N° 5. — M^{me} H. HELDT : Sur la présence d'un *Cysticercoïde* chez *Artemia salina* L. Fr. 4 »
- N° 6. — L. ROULE : Notice sur les Cyprinodons du lac Nord de Tunis . Fr. 4 »
- N° 7. — H. HELDT : La Photographie d'Aquarium Fr. 5 »
- N° 8. — H. HELDT : La Mue chez les poissons Fr. 5 »
- N° 9. — H. HELDT & M^{me} H. HELDT : Premières captures de Civelles dans le Lac de Tunis Fr. 4 »
- N° 10. — P. REISS & E. VELLINGER : Sur le pH de l'eau de mer circulant dans les bassins et aquariums de la Station Océanographique de Salammbô . 5 »
- N° 11. — Dr A. GANDOLFI-HORNOLD : Recherches sur la taille et le sexe de la petite Anguille du Lac de l'Ischeul Fr. 5 »
- N° 12. — S. MOUCHET : Sur la biologie de *Paguristes Oculatus* (Fabr.) dans les environs de Salammbô 5 »
- N° 13. — H. HELDT & M^{me} H. HELDT : Sur les modalités de l'empoissonnement en anguilles du lac de Tunis Fr. 5 »
- N° 14. — M^{me} H. HELDT : La crevette rose du large (*Parapenaeus longirostris* Lucas) dans les mers tunisiennes Fr. 5 »
- N° 15. — S. MOUCHET : L'excrétion chez les Actinies Fr. 5 »
- N° 16. — H. HELDT & M^{me} H. HELDT : Des langoustines dans les mers tunisiennes 10 »

BULLETIN

- N° 1. — Organisation de la Station Océanographique de Salammbô et de l'Exploitation directe par la Direction Générale des Travaux Publics de la partie Nord du Lac de Tunis Fr. 5 »
- N° 2. — L. ROULE : Etude sur les déplacements et la pêche du thon (*Oreynus thynnus* L.) en Tunisie et dans la Méditerranée Occidentale . . 5 »
- N° 3. — L. G. SEURAT : Observations sur les limites, les faciès et les associations animales de l'étage intercotidal de la petite Syrte (G. de Gabès) (2^{me} édition 1929) Fr. 20 »
- N° 4. — A. GRUVEL : L'Industrie des Pêches sur les Côtes Tunisiennes . Fr. 20 »
- N° 5. — H. HELDT : Résumé de nos connaissances actuelles sur le thon rouge (*Thunnus thynnus* L.) Fr. 10 »
- N° 6. — P. MONCONDUIT : Situation de la pêche maritime en Tunisie au 1^{er} janvier 1927 Fr. 10 »
- N° 7. — H. HELDT : Le thon rouge (*Thunnus thynnus* L.) Mise à jour de nos connaissances sur ce sujet Fr. 10 »
- N° 8. — L. CHAMBOST : Essai sur la région littorale dans les environs de Salammbô Fr. 15 »
- N° 9. — H. HELDT : Le thon rouge (*Thunnus thynnus* L.) Progrès des recherches sur la question Fr. 15 »
- N° 10. — BERRUCAZ : Nature et composition chimique des Fonds Marins entre La Goulette et le Cap Carthage Fr. 10 »
- N° 11. — M^{me} H. HELDT : Le Lac de Tunis (Partie Nord). Résultat des Pêches au filet fin Fr. 20 »
- N° 12. — L. G. SEURAT : Nouvelles observations sur les faciès et les associations animales de l'étage intercotidal de la petite Syrte (Golfe de Gabès) Fr. 20 »

BULLETIN (suite)

- N° 13. — H. HELDT : *Le Thon Rouge (Thunnus Thynnus). Examens des travaux publiés (1928). Observations nouvelles* Fr. 10 »
- N° 14. — H. HELDT & M^{me} H. HELDT : *Les Civelles du lac de Tunis* . . . Fr. 15 »
- N° 15. — P. REISS & E. VELLINGER : *Mesure du pH de l'eau de mer aux environs de Tunis en vue d'une application à l'étude des migrations du thon* Fr. 10 »
- N° 16. — H. HELDT & M^{me} H. HELDT : *Etude sur les Civelles de Sidi-Daoud (Cap Bon)* Fr. 10 »
- N° 17. — Dr A. GANDOLFI-HORNOLD : *Recherches sur l'âge, la croissance et le sexe de la petite Anguille argentée du Lac de Tunis* Fr. 20 »
- N° 18. — H. HELDT : *Le Thon rouge et sa pêche, nouveaux aspects de la question* Fr. 15 »
- N° 19. — M. P. FREUNDLER, & M^{lle} M. PILAUD. *Sur l'eau normale méditerranéenne. 1^{re} Partie. Historique. Discussion des méthodes. Propositions* Fr. 10 »
- N° 20. — E. VELLINGER : *Recherches sur la respiration des poissons* . . . Fr. 10 »

ANNALES

- N° 1. — LE DANOIS : *Recherches sur les fonds chalutables des côtes de Tunisie. — Croisière du chalutier « Tanche » en 1924* Fr. 15 »
- N° 2. — L. ROULE : *Étude complémentaire sur le Thon de la Tunisie* . . . Fr. 15 »
- N° 3. — L. ROULE ET M^{lle} M. L. VERRIER : *Étude sur les barbillons des Rougets-barbets (G. Mullus)* Fr. 15 »
- N° 4. — H. HELDT : *Contribution à l'étude des races de Thons* Fr. 20 »
- N° 5. — F. CANU & R.S. BASSLER : *Bryozoaires marins de Tunisie* Fr. 40 »

TABLES DE pH

DE

- E. VELLINGER Fr. 50 »

CATALOGUE ILLUSTRÉ

du Musée et de l'Aquarium de la Station Océanographique de Salammbô
par H. HELDT. Préface du Pr. L. ROULE Fr. 40 »

GUIDE ILLUSTRÉ

du Musée et de l'Aquarium de la Station Océanographique de Salammbô
par H. HELDT. Fr. 7 »

