

RÉGENCE DE TUNIS -- PROTECTORAT FRANÇAIS

Direction Générale des Travaux Publics

STATION OCÉANOGRAPHIQUE DE SALAMMBÔ

BULLETIN

N° 15

MESURES DU pH DE L'EAU DE MER

aux environs de Tunis en vue d'une application à l'étude
des migrations du thon.

PAR

P. REISS & E. VELLINGER

*Institut de Physique Biologique
Université de Strasbourg*



Septembre 1929

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 SALAMMBÔ

BULLETIN

N° 15

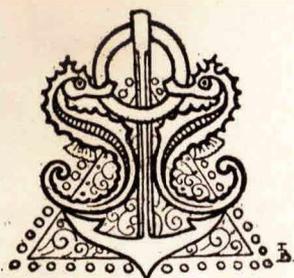
MESURES DU pH DE L'EAU DE MER

aux environs de Tunis en vue d'une application à l'étude
des migrations du thon.

PAR

P. REISS & E. VELLINGER

*Institut de Physique Biologique
Université de Strasbourg*



Septembre 1929

Mesures du pH de l'eau de mer aux environs de Tunis en vue d'une application à l'étude des migrations du Thon.

PAR

P. REISS & E. VELLINGER

INTRODUCTION

La caractérisation physico-chimique du milieu et l'influence de ses variations sur les êtres vivants jouent, en biologie moderne, un rôle de plus en plus considérable, notamment en biologie marine, où les études sur la salinité, la température, etc., de l'eau de mer ont abouti à des résultats du plus haut intérêt.

A côté de questions intéressant la biologie pure, certains grands problèmes économiques ont bénéficié de l'océanographie physico-chimique. Un de ces problèmes ayant tiré le plus de profit de l'orientation moderne des recherches océanographiques est celui de la migration des poissons. La question a été surtout étudiée pour le hareng et le saumon. ESDIALE (1) admit pour le saumon que les variations de température de l'eau de mer déterminaient ses migrations. JOHNSTON (2) invoqua, en dehors de la température, la salinité pour le hareng. ROULE (3), enfin, dans une série de travaux, arriva à la conclusion que le saumon, ainsi que le thon, sont sténothermes

(1) *Mem. and Proc. Manch. Lit. and Phil. Soc.* 57, 1913.

(2) *Conditions of Life in the Sea*, Cambridge 1908.

(3) *C. R. Ac. Sc.* 157-161, 1913-1915; *C. R. Soc. Biol.* 79-80, 1916-1917.

et sténohalins. Sans vouloir entrer dans le détail de ces recherches, nous remarquerons qu'on s'est adressé en premier lieu à la température et la salinité pour expliquer les migrations des poissons.

Il y a une autre variable, dont l'importance capitale pour l'étude des milieux a été mise en évidence en bactériologie, en parasitologie et enfin en biologie marine : c'est le pH (1).

Cependant, peu d'auteurs encore ont essayé d'établir le rapport entre le pH de l'eau de mer et les migrations du poisson, quoique les recherches faites dans cette direction aient abouti à des résultats extrêmement intéressants.

Nous ferons surtout état des recherches de POWERS, dont le principal intérêt réside dans une partie expérimentale. POWERS (2) opère de la manière suivante : dans de longs bacs remplis d'eau de mer il fait arriver à une extrémité, soit de l'eau de mer acidifiée à l'acide chlorhydrique ou à l'acide carbonique, soit alcalinisée à la soude ou au carbonate de soude. Il s'établit ainsi un régime d'acidité croissante ou décroissante d'une extrémité du bac à l'autre, qui peut être déterminé exactement en mesurant le pH des prises d'eau prélevées à différentes places. Si on place différents poissons dans un bac ainsi préparé, on constate que certains se déplacent sans avoir une prédilection pour un endroit quelconque du bac, alors que d'autres se cantonnent, après quelques courtes excursions, dans une région bien déterminée. On mesure alors avec soin les pH extrêmes de cette région. Les résultats permettent une première constatation : c'est que ces pH sont toujours les mêmes pour une espèce de poisson donnée, et ne dépendent pas d'une façon sensible des substances chimiques qui ont permis de les obtenir. Ainsi le hareng (*Clupeus Pallasii* Cao) choisit les régions du bac, dont le pH est compris entre 7,68 et 7,73, un saumon (*Oncorhynchus Kisutch* Wall) cherche le pH 7,98, *Cymatogaster Aggregatus* Gib les pH entre 7,83 et 7,95. D'autres poissons sont insensibles au pH. Ce sont des espèces qui vivent normalement parmi les algues du fond, où l'acidité est très

(1) Pour les notions élémentaires sur le pH et son importance dans l'étude de l'eau de mer nous renvoyons à l'excellent ouvrage de LEGENDRE. On y trouvera une documentation fort riche.

(2) *Publ. Pu'get Sound Biol. Station* III 1921.

variable. Les résultats obtenus au laboratoire sur le hareng et le saumon ont pu être confirmés par des mesures en mer. Dans les campagnes de pêche, au *Pudget Saund*, des mesures de pH de l'eau de mer ont été prises systématiquement et ont fait constater qu'on prend le hareng seulement dans des eaux à pH compris entre 7,73 et 7,76, et qu'à 7,90 déjà le hareng est extrêmement rare. Le saumon est également cantonné dans des eaux d'une alcalinité bien déterminée (pH 7,98 à 8,08). On n'en a jamais trouvé dans des eaux à pH inférieur à 7,98 ou supérieur à 8,08. Cette sensibilité extrême du hareng et du saumon au pH de l'eau de mer montre tout l'intérêt de ces mesures dans l'étude des pêches. Il paraît logique d'admettre qu'une variation d'alcalinité de l'eau de mer, où se trouve un poisson migrateur comme le saumon et le hareng (et peut-être aussi le thon), puisse faire émigrer le poisson si le pH sort de la zone de tolérance.

Il semble bien que le phénomène qui attire le poisson vers une eau de mer d'une certaine alcalinité ne soit pas un simple tactisme, mais qu'il y ait en même temps un *optimum* de résistance aux mauvaises conditions éventuelles. C'est ainsi que le hareng examiné par POWERS a, à pH 7,4, un optimum d'utilisation d'oxygène dans un milieu pauvre en ce gaz; avec 2,5 cc. d'oxygène par litre il ne peut vivre que dans des eaux à pH compris entre 7,1 et 7,7. Cependant, le tropisme pour le pH et l'optimum de résistance aux mauvaises conditions en fonction du pH ne doivent pas être directement liés, comme le montre la différence des pH trouvés pour ces deux phénomènes chez le même animal (pH 7,7 et 7,4 pour le hareng).

Ce désaccord entre les deux pH observés, dont l'un est en somme optimum dans des conditions normales, l'autre, dans un milieu déficient par ailleurs, montre la complexité de la question et ouvre la discussion sur le mécanisme qui fait que l'existence d'un poisson peut être liée à une certaine valeur de pH de l'eau de mer. Ce mécanisme peut être une action directe de l'alcalinité sur le poisson; on attribuerait alors à un phénomène analogue au tropisme les déplacements du poisson qui le font rechercher le pH favorable. On peut aussi envisager un mécanisme indirect, dans lequel les variations de pH déterminent des migrations ou des variations de prolifération d'éléments planctoniques servant de nourriture aux espèces envisagées.

Sans pousser trop loin une discussion générale, examinons comment se pose le problème d'une sensibilité au pH pour le thon. Comme le hareng et le saumon, que nous avons vus très sensibles au pH , le thon est un poisson migrateur vivant dans les eaux ouvertes. Les variables étudiées jusqu'ici n'ont pas pu expliquer complètement le déterminisme de ses migrations. HELDT a donné encore récemment une revue de la question à laquelle nous pouvons renvoyer le lecteur (1). La théorie halo-thermique des migrations du thon (ROULE) a été mise en doute par HOVASSE, qui a conclu de ses observations que le thon est euryhalin et eurythermique. Ne se pourrait-il pas qu'il soit, au contraire, sthenoionique ? Le fait qu'il suit souvent les variations de salinité pourrait s'expliquer par une évolution concomitante et, dans une certaine mesure, parallèle de la salinité et du pH . On pourrait facilement invoquer un mécanisme indirect de sensibilité du thon au pH . Car il vit entre autres de harengs et de sardines, dont la présence est liée à des limites de pH très étroites. Cependant cette explication ne suffit pas, car on ne rencontre pas toujours le thon aux endroits où il trouverait de la nourriture.

Pour résoudre le problème il ne reste que la recherche expérimentale. Il s'agit de suivre en plusieurs endroits, pendant plusieurs années, les variations de pH de l'eau de mer et de noter parallèlement la fréquence du thon. On établira alors facilement si la présence du thon est liée à une certaine valeur de pH ou non. Pour amorcer cette étude nous avons utilisé une méthode antérieurement remise au point pour la mesure du pH de l'eau de mer, ensuite nous avons fait des mesures de pH marins pouvant servir de premiers documents pour l'étude de la question.

Nous remercions M. le Directeur Général des Travaux Publics de la Régence de Tunis pour la subvention et les facilités de travail qu'il nous a accordées, et M. HELDT, Directeur de la Station Océanographique de Salammbô, pour l'accueil chaleureux que nous avons trouvé dans son laboratoire.

(1) HELDT. Résumé de nos connaissances actuelles sur le Thon rouge. *Bull. Station Océanogra.* Salammbô N° 5. 1926.

TECHNIQUE

Comme il résulte des chiffres donnés plus haut, il y a intérêt, dans la grande majorité des cas, de faire des mesures de pH avec une approximation d'une ou deux unités de la seconde décimale. La composition spéciale de l'eau de mer et les conditions de prélèvement imposent une technique aussi simple et aussi rapide que possible. La présence des carbonates, en particulier, ne permet pas l'emploi de l'électrode à hydrogène. En effet, de l'eau de mer placée dans une atmosphère d'hydrogène abandonne son CO_2 , d'où il résulte une élévation continue du pH . D'ailleurs, cette technique ne serait pas praticable sur un bateau d'un faible tonnage. Il est indispensable de faire la mesure sur place, immédiatement après avoir ramené l'échantillon d'eau à la surface, pour éviter la fuite de l'acide carbonique, fuite qui aurait pour effet une élévation notable du pH . Il est préférable d'avoir recours à la méthode colorimétrique.

PALITSCH a fait ses mesures en utilisant la technique de SÖRENSEN. Elle consiste à préparer une série de tampons échelonnés dans la région de l'échelle intéressant l'eau de mer et dont les pH diffèrent de une unité de la première décimale. 10 cm^3 de tampons sont versés dans des tubes à essais de même calibre et additionnés d'une certaine quantité d'indicateur. On compare la teinte de l'eau de mer additionnée de la même quantité d'indicateur à celle des tampons. Cette comparaison se fait de la manière suivante : les tubes à essais contenant les tampons sont fixés sur un support. Les tubes sont inclinés de 30 à 40° sur un fond blanc. On cherche une égalité de teinte entre le tube contenant l'eau de mer et un des tubes à essai du support. Il faut ajouter rigoureusement la même quantité d'indicateur au tampon et à l'eau de mer. La concentration du colorant joue un rôle considérable dans le cas des indicateurs à une seule couleur, comme par exemple la phénolphthaléine.

Elle a une importance bien moindre dans le cas d'indicateurs à deux couleurs; on apprécie, dans ce cas, un rapport entre la forme acide et la forme alcaline. Cependant, il est préférable de mesurer

les quantités d'indicateur avec une pipette plutôt qu'avec un compte-gouttes.

La méthode de SÖRENSEN présente encore un certain nombre d'inconvénients, surtout si l'on opère sur un petit bateau et par grosse mer. La manipulation des tubes à essai devient difficile. Comme déjà VLÈS, nous avons substitué à cette technique une autre exigeant moins de matériel. Nous avons eu recours au colorimètre HELLIGE à biseau double (voir fig. 1).

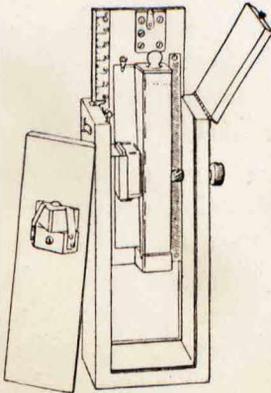


Fig. 1
Colorimètre Hellige.

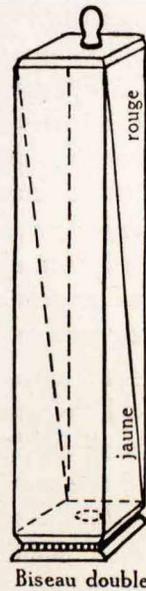


Fig. 2.
Biseau double du Colorimètre

Ce colorimètre se compose d'une boîte en bois dont on peut faire coulisser l'une des parois à l'aide d'une crémaillère. Sur cette paroi mobile est fixé un biseau double (fig. 2), et au bord une division qui se déplace devant un repère fixe. Dans ces conditions, on peut faire glisser le biseau double à côté d'une petite cuve fixe et repérer le déplacement sur la règle graduée. L'observation se fait par une petite fenêtre munie d'un prisme double d'HELMHOLTZ, qui se trouve sur la paroi opposée et qui permet de comparer la teinte du biseau à

celle de la petite cuve. Les biseaux inverses contiennent chacun une solution de l'indicateur sous l'une de ses formes extrêmes. L'eau de mer additionnée de l'indicateur est versée dans la cuve fixe. On déplace le biseau jusqu'au moment où il y a égalité des deux teintes. On note le chiffre de la règle graduée qui se trouve placé en face du repère et on cherche sur une courbe d'étalonnage le pH correspondant.

La courbe du pH , en fonction de la division du colorimètre, peut se calculer avec la formule de VLÈS (1)

$$pH = pK - a \log \frac{l_0 - l}{l}$$

dans laquelle l_0 représente la longueur du biseau et l la distance du point origine (angle de l'un des biseaux) au point où on établit l'égalité, pK la constance de l'indicateur. Cependant, étant donné l'incertitude sur le pK du colorant et sur sa pureté, il est préférable de faire un étalonnage empirique. Cet étalonnage exige en premier lieu la préparation du biseau double, préparation qui doit être faite avec un soin particulier, car elle peut être la source d'erreurs grossières. Comme nous l'avons indiqué plus haut, chacun des biseaux reçoit l'une des formes extrêmes de l'indicateur. Mais la préparation de ces deux formes ne doit pas se faire à des pH trop éloignés du virage, car on risque d'obtenir des teintes correspondant à un second virage, comme cela s'observe pour le rouge neutre et le bleu de bromothymol. Nous avons préparé les solutions d'indicateurs à une unité de pH au-delà de la fin du virage. Pour la phénolphthaléine, le contenu du biseau doit avoir un pH bien déterminé.

Étalonnage du Colorimètre. — L'étalonnage du colorimètre a été fait [M.C. CLENDON, GAULT et MULHOLLAND (2)] avec un tampon borate additionné d'une quantité de NaCl telle que les conditions de salinité soient sensiblement équivalentes à celles de l'eau de mer. Nous avons utilisé ce mélange synthétique ne contenant pas de carbonates, de préférence à l'eau de mer, pour pouvoir faire des mesures de pH précises au potentiomètre avec l'électrode à hydro-

(1) F. VLÈS. Note sur la mesure spectrophotométrique du pH . *Arch. Phys. biol.* t. IV. P. 320. 1926.

(2) Dept of Marine Biologie, Carnegie Institution, Washington 1917.

gène. Dans ces conditions, les corrections d'erreurs salines sont éliminées. Les tampons à pH échelonnés sont obtenus par addition d'une quantité croissante d'HCl. Le pH de chaque tampon est vérifié à l'électrode à hydrogène. On ajoute à 20 cm³ de tampon une certaine quantité d'indicateur et on cherche l'égalité de teinte au colorimètre. On porte en courbe les valeurs de la division du colorimètre, pour laquelle il y a égalité de teinte en fonction du pH des tampons mesurés à l'électrode à hydrogène. Cette courbe a l'allure caractéristique en S des courbes de dissociation.

La longueur de biseau ne correspond pas aux 100 divisions de la règle graduée du colorimètre; les courbes d'étalonnages ainsi obtenues ne sont valables que pour l'appareil utilisé.

Lorsqu'on veut tracer la courbe, non pas en fonction de la division arbitraire du colorimètre, mais en fonction du % d'indicateur viré, on procède de la façon suivante : on mesure la dimension l du biseau et on détermine à combien de divisions de la règle du colorimètre elle correspond. Pour cela, on place successivement les deux extrémités du biseau dans le champ du colorimètre et on note les divisions correspondantes (1).

On peut faire cette transformation par un procédé graphique de la façon suivante. On porte sur du papier millimétrique les coordonnées des deux extrémités du biseau correspondant à 0 et 100 % du virage dans le spectre, ayant comme abscisse les divisions du colorimètre et comme ordonnées le % de forme alcaline du colorant. Ces deux points sont reliés par une droite qui donne le % de l'indicateur viré en fonction des divisions du colorimètre.

L'emploi du colorimètre HELLIGE, pour la mesure du pH en mer, doit se faire dans des conditions d'éclairages convenables. Il est indispensable de faire l'observation colorimétrique contre un fond blanc. A cet effet, on fixe sur la partie postérieure du colorimètre un carton blanc incliné à 45°.

Nous avons utilisé comme indicateur la Phénolphtaléine, le Rouge de crésol et la Thymolsulfonephtaléine.

(1) Souvent, l'extrémité supérieure du biseau ne peut être amenée dans le champ du colorimètre. On mesure, dans ce cas, à l'aide d'un papier millimétrique le nombre de divisions qu'il faudrait y ajouter.

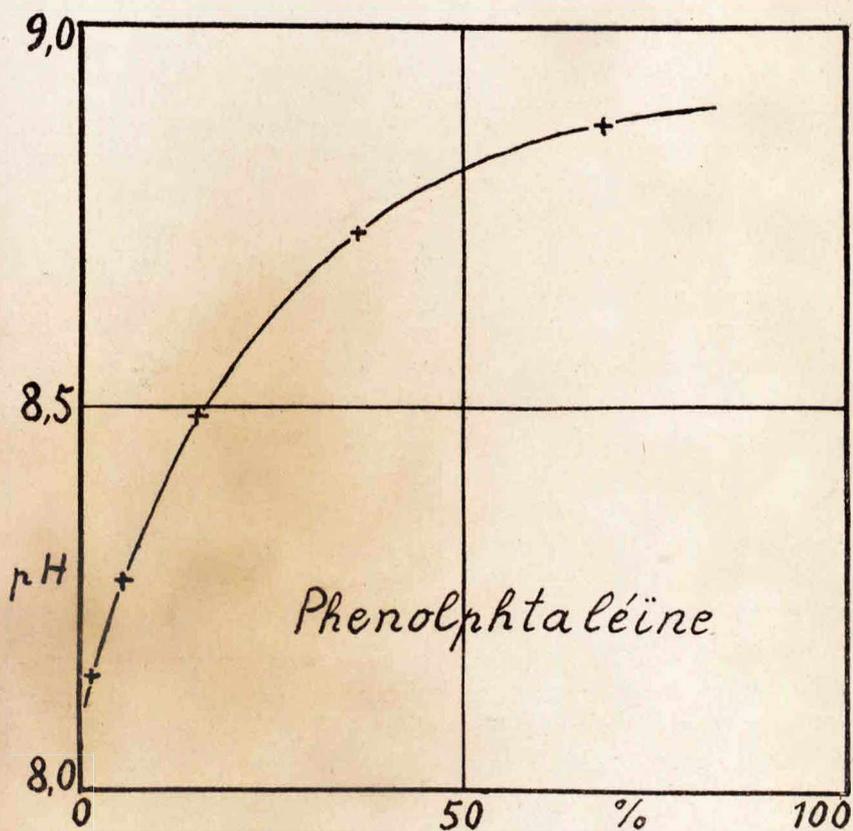


Fig. 3. — Courbe d'étalonnage de la Phénolphtaléine

PHENOLPHTALEINE

Solution alcoolique à 0,1 % ; 1 cm³ de phénolphtaléine dans 35 cm³ de tampon. Dans le biseau, solution de borate de Na, N/10 pH = 9,20 à l'électrode à hydrogène. Addition de 32 grammes pour 1000 de NaCl.

pH à l'électrode à hydrogène	Division du colorimètre HELLIGE	Division corrigée en centièmes du biseau
8,16	91	99,0
8,28	87	95,0
8,49	76	85,5
8,73	52	63,5
8,87	17	31,5
9,20	7	22,4

ROUGE DE CRÉSOL

Solution à 0,04 %, selon CLARK : 1 goutte par cm³ de tampon. La forme jaune est obtenue avec un tampon dont le pH est compris entre 4 et 6, et la forme rouge à pH 10. Tampon borate : addition de 32 grammes pour 1000 de NaCl.

pH à l'électrode à hydrogène	Division du colorimètre HELLIGE	Division corrigée en % de forme alcaline
6,60	5	11,5
7,38	19	33,2
7,56	30	43
7,95	52	63
8,29	72	81,5
8,47	80	89
8,71	88	96

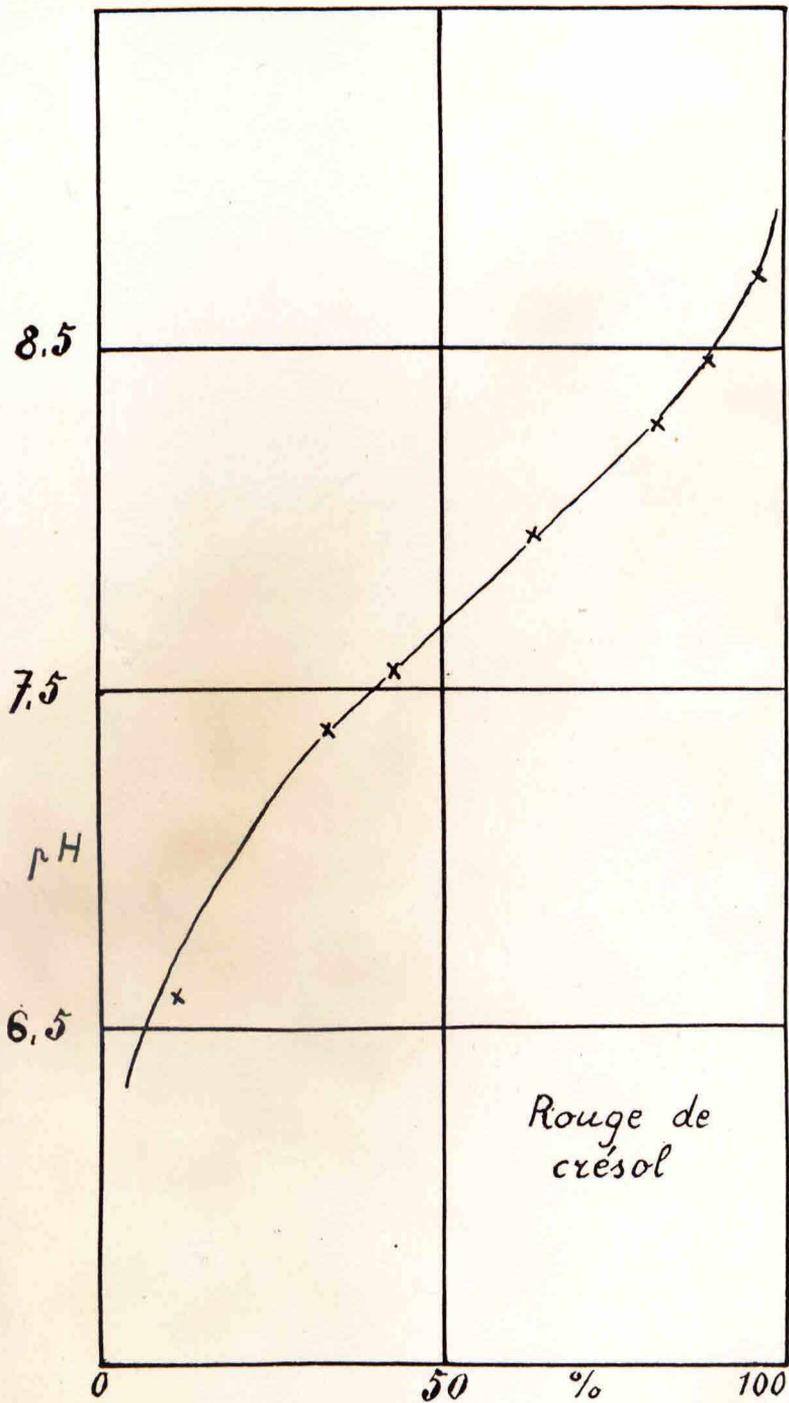


Fig. 4. — Courbe d'étalonnage du Rouge de Crésol.

THYMOLSULFONEPHTALÉINE

Solution à 0,04 % : 2 gouttes par cm^3 de tampon. Borate de soude : addition de 32 grammes pour 1000 de NaCl.

pH à l'électrode à hydrogène	Division du colorimètre HELLIGE	Division corrigée en % de la forme acide
7,56	85	93
7,95	76	85
8,29	57	68
8,47	41	53
8,71	25	39
8,87	9	24

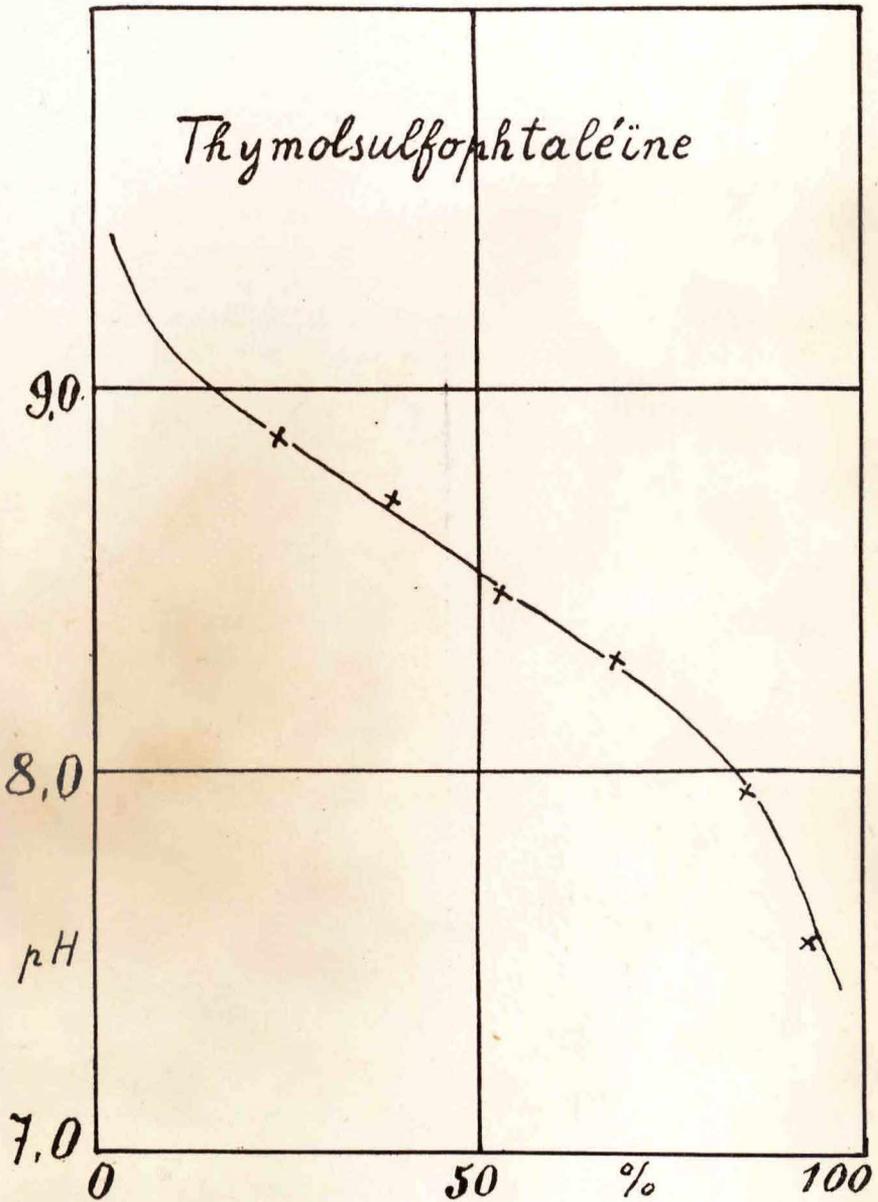


Fig. 5 — Courbe d'étalonnage de la Thymolsulfophtaléïne.

RÉSULTATS

Nous avons fait des sorties en canot automobile et avec une pinasse de la Surveillance des Pêches pour étudier la répartition du pH. Les prises d'eau ont été faites, soit directement à la surface, soit à la bouteille RICHARD, en profondeurs échelonnées. Les mesures ont été faites immédiatement à bord. Nous réunissons les résultats obtenus dans la baie de Tunis dans les tableaux suivants.

31 *Mars* 1929. — Entre 10 heures et midi, par beau temps, mer houleuse, température de l'eau 16°, vent de terre, mesures au rouge de crésol :

Emplacement des Stations	Pro- fondeur	Division du colorimèt.	pH
Appontement de la Station.....	Surface	65	8.15
500 mètres à l'Est de l'appontement vers le large	»	64	8.14
300 mètres E.-N.-E. sur 5 mètres de fond	»	64	8.14
	4 ^m 50	59	8.05
2.000 m. E.-N.-E. sur 8 mètres de fond	Surface	63	8.12
	4 ^m	65	8.15
	7 ^m 50	61	8.08

1^{er} *Avril* 1929. — Mêmes conditions; mesures au rouge de crésol :

Emplacement des Stations	Pro- fondeur	Division du colorimèt.	pH
A l'Est du Lazaret et au Sud de Sidi- bou-Saïd, sur fond de 7 ^m 80.....	Surface	66	8.15
	3 ^m 50	63-64	8.14
	7 ^m	66	8.18
Sur la ligne Sidi-bou-Saïd-Montgar-de- Plomb, à l'Est du Palais du Prince	Surface	61-62	8.08
	4 ^m 50	65	8.15
Thar, sur fond de 9 ^m 50.....	9 ^m	67-69	8.21
En face du Palais du Bey.....	Surface	64	8.14

2 *Avril* 1929. — Beau temps chaud, mer très calme. Mesures au rouge de crésol :

Emplacement des Stations	Pro-fondeur	Division du colorimèt.	pH
Appontement	Surface	67-68	8.19
En face du Palais du Prince Thar.....	»	69-70	8.13
En face du Palais du Bey, à 150 mètres de terre, sur fond de 3 ^m 50.....	»	63	8.12
En face de la plage, avant Sidi-bou-Saïd, à 200 mètres de terre.....	»	67-69	8.19
A la pointe du Cap Carthage, à 100 mètres de terre.....	»	62	8.08

5 *Avril* 1929. — Temps couvert. Fort vent de terre. Mesures à la Thymolsulfonephthaléine :

Emplacement des Stations	Pro-fondeur	Division du colorimèt.	pH
En face du Lazaret.....	Surface	62	8.21
En face du Kram.....	»	62	8,21
Dans l'entrée de la Goulette.....	»	60-62	8.24
Appontement	»	52-56	8,30

Nous avons également fait des mesures près de l'emplacement où on trouve normalement le thon : thons d'hiver, de Bizerte, et thons génétiques (Cap Zébib).

3 *Avril* 1929. — Bizerte, 10 heures-12 heures, vent de mer fort, mer houleuse, température de l'eau : 14°. En période de pêche de thon d'hiver. Mesures au rouge de crésol :

Emplacement des Stations	Pro-fondeur	Division du colorimèt.	pH
Au Nord du Remel, à 1,25 mille, sur fond de 26 mètres.....	Surface	65	8.15
	22 ^m	64	8.14
A la Thonaire-de-Cap-Zebib, sur fond de 38 mètres (gros sable).....	Surface	68	8.21
	10 ^m	68	8.21
	20 ^m	65	8.15
	32 ^m	65	8.15

CONCLUSIONS

L'application du procédé colorimétrique pour la mesure du pH en mer nous a montré sa parfaite commodité et une très bonne précision. Quant aux résultats, ils ne sont évidemment pas assez nombreux pour qu'on puisse en tirer une conclusion certaine.

Il y a cependant une remarque à faire. Si nous nous rappelons les courbes de répartition de pH dans la Méditerranée qu'a données PALITZSCH, nous voyons que les valeurs que nous avons trouvées, notamment dans les eaux à thons de Bizerte, correspondent à celles indiquées par PALITZSCH pour la haute mer. Il est peut-être permis de suggérer, comme hypothèse de travail, que le thon, poisson de haute mer, soit, à côté d'autres facteurs comme la température, soumis dans ses migrations aux influences du pH de l'eau de mer et arrive à la côte de Bizerte à la faveur des pH mesurés qui sont ceux habituellement trouvés en haute mer.

Il serait donc particulièrement intéressant d'étudier les variations saisonnières du pH sur toute la côte intéressée et au large, et de chercher le rapport entre ces variations et l'apparition du thon.

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 bateaux-biviers* 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 *Cysticercoidé* 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 Salammô* 5 »

BULLETIN

- N° 1. — *Organisation de la Station Océanographique de Salammô et de l'Exploitation directe par la Direction Générale des Travaux Publics de la partie Nord du Lac de Tunis* 5 »
- N° 2. — L. ROULE : *Etude sur les déplacements et la pêche du Ithon (*Orcynus 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 Ithon 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 Ithon 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 Salammô* FR. 15 »
- N° 9. — H. HELDT : *Le Ithon 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 »
- N° 13. — H. HELDT : *Le Ithon 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 »

BULLETIN (suite)

- 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 : *Étude sur les Civelles de Sidi-Daoud (Cap Bon)* 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 »

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 »

