Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 5 (1934-1937)
Heft: 6

Artikel: Recherches sur le sang des poissons
Autor: Baudin, L.
Kapitel: Régénération du sang consécutive à la saignée
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-287567

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 03.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

la catégorie des globules neufs. Donc, le nombre relatif des globules neufs n'a de valeur que pour l'instant considéré. Il ne saurait en aucun cas nous renseigner sur la fécondité des organes formateurs.

La variation de la saturation entre l'été et l'hiver nous renseigne sur le coefficient d'utilisation de l'oxygène, donc sur le métabolisme et l'activité générale. En admettant comme précédemment que toute l'hémoglobine artérielle est sous forme d'oxyhémoglobine, la consommation tissulaire de l'oxygène se présenterait comme suit :

Eté	(100-19.4) %	de	4.9 =	80.6%	de	4.9 =	3.95 vol. %
Hiver	(100-27.6) %	de	4.2 =	72.4%	de	4.2 =	3.04 »

A la fin de notre précédent mémoire déjà cité, nous avons montré l'augmentation du volume des échanges respiratoires en fonction de la température. Les chiffres ci-dessus ne font que confirmer la règle. En dépit d'une capacité respiratoire plus grande en été qu'en hiver, les besoins sont si grands que le coefficient de consommation s'abaisse. L'appareil respiratoire et le sang travaillent à plein rendement pour satisfaire aux oxydations internes. On observe du reste de nombreux cas où la respiration est laborieuse. On ne peut maintenir plus de quelques instants l'animal en émersion. Nous avons déjà mentionné ce fait que la saignée est souvent mortelle.

Notons, sans nous y arrêter longuement, la constance du CO^2 total. La variation est vraiment infime. On aurait pu s'attendre à trouver plus de gaz carbonique en été qu'en hiver, puisque le métabolisme y est plus intense. Mais nous savons que l'activité musculaire se traduit par un abaissement du CO^2 total. Production et évasion se compensent.

Régénération du sang consécutive à la saignée.

En feuilletant notre journal de laboratoire, nous trouvons en date du 14 janvier 1933 l'indication suivante : Temp. 6° « 11 h. Extrait par ponction cardiaque d'un brochet 0.3 cc de sang dont l'analyse au manomètre différentiel de Barcroft donne : saturation 0% ; capacité respiratoire 4.2 vol ; CO^2 total 31.5 vol. 16 h. nouvelle ponction de 0.3 cc. Saturation 0%, capacité 1.8 vol, CO^2 total 30.9%. Puisque la capacité a si fortement diminué, il faut que le sang ait régénéré son plasma en empruntant du liquide tissulaire, dont la teneur en CO^2 libre et combiné ne doit pas être bien inférieure à sa proportion habituelle dans le sang. »

« 4 février 1933. Le brochet précédent, bien que saigné deux fois de suite, a survécu et après 21 jours se porte bien. Nouvelle ponction de 0.4 cc. La température est 9°.

Saturation 68%, capacité 4.8 vol., CO^2 total 24.6 vol. La saturation en O^2 du sang veineux est considérable. La capacité respiratoire surpasse celle du 14 janvier. Le sang s'est donc régénéré et au delà. Est-ce que 21 jours est un délai normal pour atteindre ce but? Est-ce que l'effet lointain de la saignée peut être, en dernière analyse, un enrichissement du sang? »

C'est de ces observations fortuites que datent nos premières recherches systématiques sur cette question, à laquelle nous devions accorder une attention prolongée et dont le lecteur trouvera ci-après la relation.

Le même jour, ce 4 février 1933, nous nous procurions douze perches et le lendemain commençaient les essais. La méthode était en soi très simple: choisir des poissons de 60 à 100 g. environ, en saigner un ou deux par jour au hasard des loisirs laissés par notre enseignement, pour connaître l'état initial du sang. Puis, arrivé au bout de la série, procéder à une deuxième saignée, dans l'ordre inverse de la première, c'est-à-dire en commençant par les derniers pour remonter vers les premiers. Nous pensions obtenir ainsi un tableau de l'état du sang 1, 2, 3. 4..... 10 et 11 jours après la première saignée et connaître en fonction du temps l'allure de la régénération.

Voici l'ensemble des résultats: saignée 0.3 à 0.5 cc. Température 8 à 9°.

Etat initial.				Etat final.				
							% de l'état initial	
Sat.	Cap.	CO^2		Sat.	Cap.	CO^2	Cap.	CO^2
5	5.7	15.9	1 jour après	0	4.8	17.4	84	109
0	3.9	19.2	2	0	2.1	17.1	54	89
0	6.6	18.6	4	13	5.7	17.7	86	95
21	4.2	16.5	7	0	2.4	20.4	57	124
6	4.8	24.0	9	0	4.5	23.7	94	99
0	4.8	—	10	6	5.4	—	112	—
0	5.7	21.6	11	46	7.2	17.7	126	82

Comparée à l'essai initial sur le brochet, rapporté au début, cette série montrait que la régénération était réalisée vers le 9e jour, atteignant la capacité respiratoire initiale, la dépassant largement les jours suivants.

Un fait intéressant: 1 jour après la saignée initiale, la capacité est déjà 4.8, alors que la veille elle atteignait 5.7. C'est-

à-dire que si l'on représentait la capacité initiale par le chiffre 100, elle atteindrait déjà le nombre 84 après un jour de régénération. Mais le 2e jour, fait étonnant, la capacité n'est plus que le 54% de la capacité initiale. Le 4e jour, elle remonte à 86% pour retomber à 57% le 7e jour. Y a-t-il là un effet du hasard ou une erreur de technique? Remarquons la saturation qui devient mesurable les 4e et 10e jours, quand la capacité est suffisante. Remarquons aussi le taux excessif de CO^2 le 1er jour et le 7e quand se prépare la régénération féconde des 9e, 10e et 11e jours.

Cet essai est intéressant en ce qu'il ouvre des perspectives de recherches nouvelles. Mais il est fort discutable. Les 3e, 5e et 6e jours manquent parce que les poissons requis sont morts. A en juger par les capacités déficitaires des 2e et 7e jours, on peut se demander s'il ne se produit pas une anémie grave à ces moments de la régénération. Faut-il donc penser que cette dernière ne se produit pas graduellement, mais par poussées successives suivies chacune d'une sorte d'épuisement? Sans doute la méthode est responsable de l'impossibilité de répondre à cette dernière remarque. Il faudrait disposer d'un poisson unique et volumineux qui, après avoir subi une saignée initiale substantielle, supporterait des prises de sang successives, pour juger de sa régénération. Mais une telle méthode est impossible, car chaque saignée successive modifierait le sang et ne saurait donc se comparer à son état initial. Pour acquérir la certitude, nous n'avons pas d'autre ressource que de multiplier les séries et le nombre des individus par série. Nous arriverons bien à découvrir sans ambiguïté l'allure systématique de la régénération.

Mais de cette méthode résulte une autre difficulté. Lors des essais sur la variation diurne, comme dans ceux de cette série, il est facile de voir que les saignées initiales révèlent des sangs très différents les uns des autres. En dépit du choix d'individus comparables par la taille, on ne trouve que rarement deux poissons à même formule sanguine. Il en est qui ont le sang riche, d'autres fort pauvre. Les vieux individus l'ont médiocre. Il y a la variation diurne qui n'est pas négligeable. Il faudrait donc opérer toujours à la même heure ou ne discuter que sur les moyennes obtenues en multipliant les essais.

Pour apporter un élément de clarté dans ce jeu complexe des causes, nous avons pensé que si un poisson était normal, son sang fût-il pauvre ou riche, l'allure de la régénération devait être la même. Nous avons donc calculé l'état des éléments du sang régénéré à un certain moment en pour cent de l'état

initial. On verra que ces % figurent dans les deux dernières colonnes.

Il y a enfin ceci: nous avons étudié un rythme diurne. L'allure de la régénération paraît analogue ici à une sorte de rythme pendulaire dont la période serait environ de deux jours. Qui sait si, à l'état normal, donc en dehors de toute épreuve physiologique, l'animal ne présente pas quelque chose d'analogue? Si donc la saignée initiale est pratiquée au maximum ou au minimum d'une période pendulaire quelconque, les résultats en portent le caractère, sans qu'il soit possible d'en déterminer et l'importance et la réalité.

Sans doute, la saignée est pour l'animal une épreuve si grave qu'elle doit rompre le rythme antérieur et devenir le point de départ, sinon d'un nouveau rythme, du moins d'une nouvelle période qui décale en quelque mesure avec la précédente.

Ce développement liminaire a une importance plus considérable que ne l'autorisent les résultats de la série que nous venons d'analyser et dont nous avons reconnu les imperfections. Mais nous avons tenu à présenter d'emblée ce qu'il nous était donné d'apercevoir dans l'écheveau qu'il s'agissait de démêler.

Une deuxième série s'étend du 2 mars au 10 avril 1933. La température de l'eau varie entre 8° et 10°. Aux éléments précédents d'analyse, nous ajouterons le nombre des érythrocytes par mm³. La saignée initiale est 0.5 cc. La mort de plusieurs poissons, consécutive à la saignée, le 3e jour principalement, rappelle comme dans la série précédente que ce moment doit être pour l'animal la lourde épreuve de l'anémie profonde. Il en résulte malheureusement des lacunes dans la série qui était prévue pour deux individus par jour.

Etudions ce tableau et le graphique correspondant de la page 252. Le lendemain de la saignée initiale, le nombre des érythrocytes est le 82% de la normale. Il passe par un minimum profond le 3e jour, puisqu'il n'est que le 30% du nombre initial. Par poussées successives, il dépasse le taux initial les 6e et 8e jours. Nouvelle dépression le 9e jour, puis avance considérable jusqu'au 11e. On observera facilement que ces pulsions, autrement dit ces déversements de globules, se produisent suivant un rythme d'environ 48 h., les 2e, 4e, 6e, 8e et 10e jours.

La capacité respiratoire suit naturellement une marche analogue, mais en général avec quelque retard, autrement dit l'imprégnation des globules rouges par l'hémoglobine est pos-

Régénération du sang par suite de la saignée.
Perche, série du 2 mars au 10 avril 1933.

Etat initial.						Etat du sang à chaque étape.							
											%		
Saturation	Capacité	CO^2	N. de globules	Val. globulaire	Nombre de jours après la saignée	Saturation	Capacité	CO^2	N. de globules	Val. globulaire	Capacité	CO^2	N. de globules
8	5.9	19.1	2.04	2.89	1 j.	0	4.2	18.2	1.68	2.50	71	95	82
0	5.7	24.9	2.18	2.61	2 »	10	4.6	18.6	1.78	2.58	81	75	82
0	6.0	18.0	2.48	2.42	3 »	0	2.4	15.6	0.75	3.20	40	87	30
24	5.3	21.6	1.80	2.95	4 »	21	3.3	18.9	1.52	2.17	62	88	84
0	5.1	14.1	2.30	2.22	5 »	10	3.0	15.0	1.51	1.99	59	106	66
0	4.8	25.2	1.25	3.84	6 »	42	4.2	18.3	1.42	2.96	88	77	113
0	4.8	18.9	1.70	2.82	7 »	0	3.6	16.2	1.65	2.18	75	86	97
22	6.9	26.4	1.52	4.54	8 »	0	3.9	21.9	1.57	2.48	57	83	103
10	4.4	22.8	2.02	2.18	9 »	35	4.2	15.9	0.80	5.25	96	69	40
0	4.8	27.0	1.76	2.72	10 »	0	4.8	15.3	1.57	3.06	100	57	89
2	5.3	19.2	1.13	4.68	11 »	24	5.1	18.9	1.67	3.05	97	98	148
17	5.4	23.7	1.67	3.23	12 »	0	3.6	19.8	1.26	2.86	67	84	76
0	4.8	23.1	1.68	2.86	13 »	0	3.3	15.3	1.40	2.36	69	66	83

térieure à leur déversement. On observe donc des poussées de la capacité les 2e, 4e et 6e jours. Dans le détail, en comparant les % du nombre des érythrocytes et de cette capacité, on voit pourtant que toujours l'augmentation du nombre des érythrocytes précède celle de la capacité. La courbe de la valeur globulaire en rend du reste compte: à chaque augmentation du nombre des érythrocytes correspond, en principe, son fléchissement (voir en particulier 3e au 4e jour et 9e au 10e).

Le taux de l'acide carbonique total s'élève au moment de l'anémie du 3e jour. Il prélude à la poussée régénérative qui va suivre du 4e au 6e jour.

Cette série est plus complète que la précédente. Elle en confirme et en précise les caractères essentiels: alors que le taux des érythrocytes et de la capacité sont près de la normale le 1er et le 2e jour après saignée, une anémie très grave se produira le 3e jour. Elle se caractérise par la déficience à la fois du nombre des globules et de la capacité respiratoire. Elle s'accompagne d'une mortalité dont on ne retrouve plus l'équivalent les jours suivants. Le 6e jour, la régénération peut

être considérée comme terminée. Les éléments du sang atteignent ou dépassent la normale. Il a donc suffi de 6 jours pour récupérer le sang perdu.

Une chose étonne: c'est la chute du nombre des érythrocytes le 9e jour. S'agit-il d'un accident? S'agit-il d'un cycle à plus longue période qui se superpose à celui de deux jours déjà étudié? Y a-t-il un autre fait qui est intervenu, inconnu, point de départ d'une nouvelle histoire, maintenant que celui de la saignée a pris fin?

Cette anémie du 3e jour est troublante. De deux choses l'une:

Ou bien, à la suite de la saignée, le sang ne s'est dilué qu'imparfaitement les deux premiers jours (ce dont témoignerait le taux élevé des érythrocytes, 1.68 et 1.78 million par mm^3), tandis que le 3e, la dilution devient complète, abaissant brutalement la capacité à 2.4 et le nombre des érythrocytes à 0.75 million. Alors seulement commencerait la régénération des éléments figurés.

Ou bien la dilution s'est produite très tôt après la saignée initiale. Elle a été corrigée par un tel apport de globules neufs que, 24 h. après, le nombre total est déjà 82% du nombre primitif. Mais le 2e jour, la réserve étant épuisée, l'équilibre du sang est rompu, parce que l'hémolyse des globules usés n'est plus compensée par un apport de globules neufs (ce dont témoigne le taux trop élevé de la valeur globulaire, à 3.2). Mais le lendemain, la réserve étant reconstituée dans les organes formateurs, la régénération reprend le dessus. Toutefois, la crise a été rude, puisque plusieurs individus n'ont pu la supporter.

Cette deuxième hypothèse nous paraît la plus intéressante. Elle n'entraînera cependant l'adhésion que lorsqu'on aura élucidé, au moyen d'une nouvelle série, ce qui se passe au cours des 24 h. qui suivent la saignée initiale.

Enfin, nous devons signaler une nouvelle difficulté qui est apparue au cours de ces essais de régénération et de laquelle nous n'avons rien dit encore. Lorsque nous soumettons des organismes à l'expérience, nous raisonnons trop souvent avec la naïve assurance que leur histoire intéressante commence aujourd'hui et que leur passé n'a aucune influence sur les résultats à obtenir. Or, pour avoir négligé, pour avoir ignoré leur histoire antérieure, les résultats ont été compliqués à l'extrême, perturbés jusqu'à n'y rien reconnaître. Lors de multiples essais qui ne figurent pas ici, nous n'avions tout d'abord accordé aucune attention au fait qu'en hiver les perches étaient prises au filet par 40 à 60 m. de fond, puis remontées à la surface.

Nous avions bien remarqué que les premiers jours après l'arrivée au laboratoire, le sang présentait des anomalies inexplicables. Afin d'échapper à une cause considérable d'erreurs, nous avons pris la précaution de laisser séjourner les poissons quelques jours avant de les mettre en expérience. Les séries qui précèdent répondent à cette condition. Mais comme il est difficile d'étreindre à la fois tous les éléments du problème!

En été 1933, au Laboratoire de biologie maritime du Collège de France, à Concarneau, nous avons procédé à deux séries de régénération, l'une sur *Blennins gattorugine,* un poisson de la zone intercotidale, l'autre sur *Crenilabrus melops.* Ces deux espèces sont vivement colorées. La première prend une teinte d'un beau brun chaud lorsque le sang est riche, passe au gris terne lorsqu'il est anémique. Le second est un mélange de brun, de rouge et de jaune très vif qui s'éclaircit et ternit lorsque le sang est pauvre. Le poids variait entre 50 et 80 g. La quantité de sang extraite était de 0.5 cc. Dans l'intervalle des expériences, les individus nageaient dans de grands bassins ou dans des bacs à circulation constante d'eau de mer. Ils ont été nourris avec de la chair de crabes ou de poissons qu'ils dévoraient activement. Les résultats figurent p. 249 et se traduisent graphiquement p. 250. Les nombres portés à chaque étape sont les moyennes de trois individus.

Enfin, préoccupé par le désir de généraliser toujours davantage les résultats, nous avons encore mené à chef une nouvelle série en février 1935, sur la perche, en portant à quatre le nombre des individus par jour de régénération et en étudiant tout spécialement, à intervalles rapprochés, les événements qui suivent la première saignée. Cette dernière série nous a coûté un gros effort, mais nous a valu de bons résultats (p.251 et 252).

Les trois graphiques ont été construits comme le précédent. A l'origine, nous portons l'état du sang à la première saignée. La suite commente les événements qui caractérisent la régénération progressive au cours du temps. Si à l'origine nous faisons figurer l'état moyen initial de tous les individus traités (45 dans le cas de la perche), les jours qui suivent, au contraire, on ne trouve que l'état moyen du sang des individus à ce moment de la régénération (4, en général dans le même graphique de la perche).

Considérant que la régénération varie en quelque mesure en fonction de l'état initial, autrement dit, que l'histoire antérieure de l'animal influe sur l'allure de la régénération, l'état du sang, chaque jour, a été construit en % de l'état initial. Donc, à l'origine, pour chaque élément du sang, figure la cote 100

et à un jour quelconque de la régénération on inscrit le % de l'état initial des animaux qui en sont à ce jour.

Commentons maintenant ces graphiques. Dans le fond, le travail considérable que représentent toutes ces nouvelles séries de recherches ne fait que confirmer les conclusions des précédentes. Mais elles leur apportent une sécurité, une certitude indéniables. Elles permettent de préciser quelques faits

Régénération du sang consécutive à la saignée chez *Blennius gattorugine* et *Crenilabrus melops* (juillet et août 1933)

Etat initial						Etat du sang à chaque étape.						%	
Saturation	Capacité	CO^2	N. de globules	Val. globulaire	Nombre de jours après la saignée	Saturation	Capacité	CO^2	N. de globules	Val. globulaire	Capacité	CO^2	N. de globules
					B. gattorugine.								
14	4.3	12.0	1.50	2.87	1 j.	3	3.1	12.3	1.19	2.60	72	102	79
25	4.2	12.0	1.28	3.28	2 »	36	4.2	12.0	1.08	3.90	100	100	85
23	3.3	15.0	1.22	2.70	3 »	8	1.9	13.2	0.97	1.96	58	88	80
37	4.0	13.5	1.50	2.67	4 »	10	3.95	12.6	1.40	2.82	99	93	94
13	4.5	15.4	1.22	3.69	5 »	48	4.25	15.6	0.79	5.38	95	101	65
17	3.6	13.2	1.45	2.48	6 »	36	3.70	14.7	1.28	2.89	103	111	88
					7 »								
39	6.1	12.3	1.91	3.19	8 »	51	6.7	14.4	1.17	5.72	110	117	61
65	6.9	15.6	2.57	2.68	9 »	31	4.8	17.4	1.44	3.33	70	112	56
68	8.1	13.2	1.44	5.62	10 »	32	5.5	16.2	1.85	2.97	68	123	128
					C. melops.								
48	5.8	14.0	1.79	3.24	7 h.	44	3.8	12.3	1.35	2.82	66	88	75
22	7.3	16.8	2.52	2.90	20 h.	31	6.1	13.2	1.66	3.67	84	79	66
22	6.6	15.2	2.22	2.97	1 j.	37	5.4	14.1	1.77	3.05	82	93	80
23	7.1	17.3	2.87	2.48	2 »	6	3.7	11.3	1.79	2.10	52	65	62
14	5.0	13.4	2.32	2.16	3 »	22	4.1	11.6	1.53	2.68	82	87	66
16	6.9	16.1	2.81	2.46	4 »	30	5.6	13.5	2.17	2.58	81	84	77
26	5.7	18.3	1.94	2.94	5 »	45	4.9	12.3	1.57	3.12	86	67	81
15	6.8	17.7	1.98	3.43	6 »	42	5.2	15.2	1.81	2.87	76	86	92
					7 »								
3	6.8	17.1	2.54	2.68	8 »	13	5.4	15.3	1.80	3.00	80	89	71
55	6.0	19.2	2.20	2.73	9 »	24	4.9	15.6	1.74	2.82	82	81	79
12	6.8	15.8	2.84	2.40	10 »	23	5.5	13.6	1.81	3.03	81	86	63

entrevus seulement. Enfin elles apportent quelques éléments nouveaux.

Dès que la saignée initiale s'achève, l'animal pâlit. Ce changement de couleur, peu visible chez la perche, n'avait pas été observé jusqu'ici. Il est au contraire très net chez les poissons

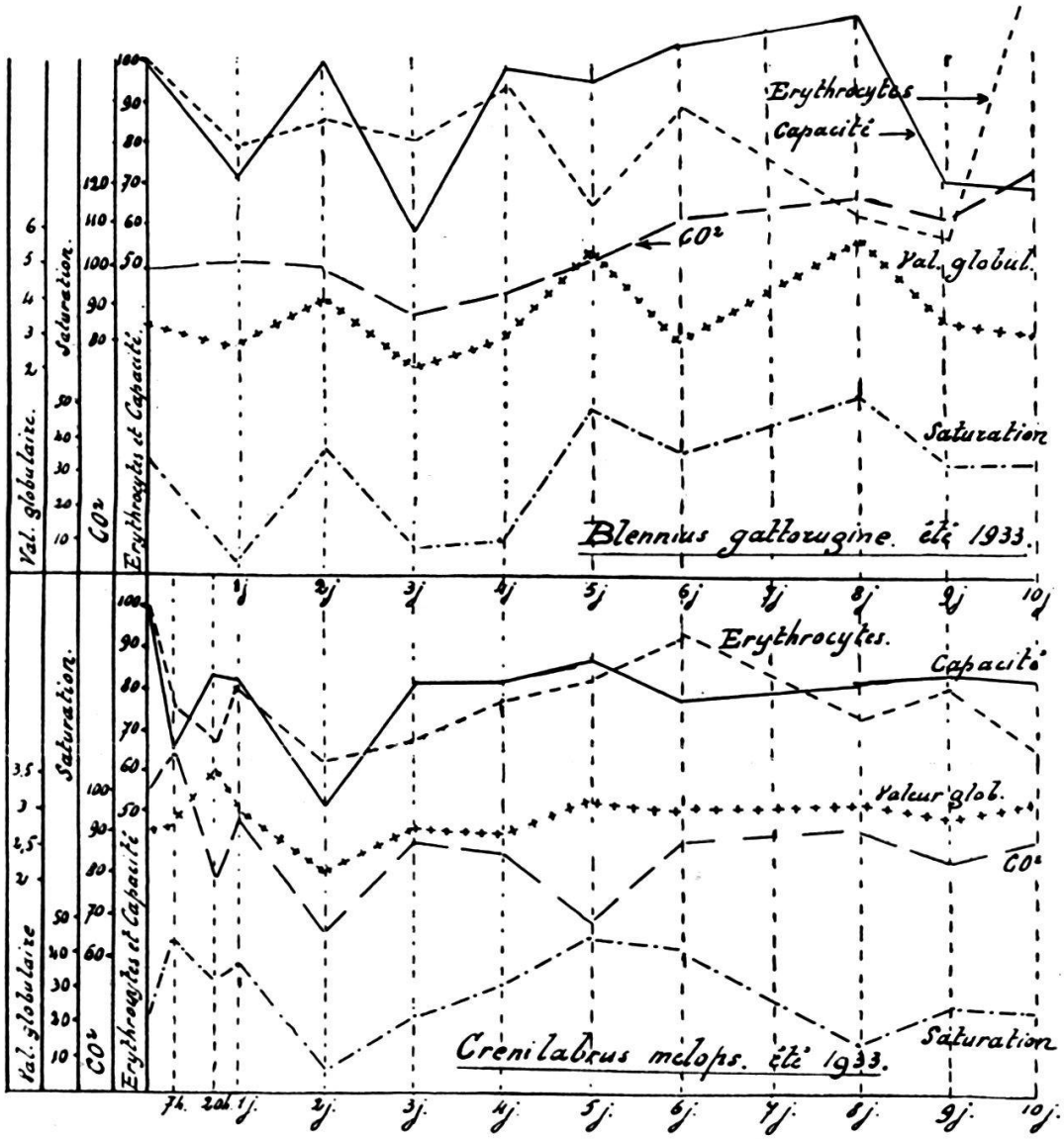

FIG. 2. — Régénération du sang consécutive à la saignée chez deux poissons marins.

de mer considérés. La blennie passe du brun chaud au gris terne, plus ou moins pâle; le crénilabre perd ses vives couleurs. Cette pâleur persiste tant que le sang n'est pas régénéré.

Au cours des premières heures qui suivent, le sang se dilue. C'est-à-dire que l'eau du plasma se régénère rapidement aux dépens de la lymphe. Trois heures après la saignée, le nombre des globules est 76% du nombre initial. Neuf heures après, il n'est plus que 43%.

La dilution va plus vite que l'apport de globules neufs qui est pourtant considérable: 14% au bout de 3 h., 22% après 9 h.

La capacité respiratoire baisse plus lentement que le nombre des érythrocytes, parce que, pendant la dilution, les éry-

Régénération du sang consécutive à la saignée chez la perche (janvier et février 1935) [1].

Etat initial							Etat du sang à chaque étape.						%		
Saturation	Capacité	CO^2	N. de globules	Gl. neufs %	Val. globulaire	Nombre de jours après la saignée	Saturation	Capacité	CO^2	N. de globules	Gl. neufs %	Val. globulaire	Capacité	CO^2	N de globules
33	3.6	21.3	1.56	3.6	2.31	3 h.	40	3.0	22.5	1.19	13.6	2.52	83	105	76
17	3.6	18.9	1.27	8.0	2.83	9 h.	0	1.8	20.1	0.54	22.0	3.33	58	106	43
25	4.2	22.9	1.46	5.9	2.88	1 j.	10	2.4	24.2	0.93	8.4	2.58	57	106	64
37	4.3	22.7	1.42	3.8	3.03	2 »	8	3.4	25.0	1.19	7.8	2.86	79	110	84
22	3.7	21.8	1.48	8.2	2.5	3 »	13	2.8	21.9	0.89	11.2	3.15	76	100	60
33	4.2	23.2	1.71	7.0	2.46	4 »	13	2.9	17.9	1.00	8.4	2.90	69	77	59
37	4.9	22.1	1.51	4.1	3.24	5 »	18	3.3	19.8	1.21	7.0	2.72	67	90	80
28	4.0	22.1	1.29	6.8	3.10	6 »	12	3.8	18.8	1.27	10.1	2.99	95	85	99
32	3.9	20.8	1.48	5.9	2.64	7 »	15	3.9	21.9	1.36	8.5	2.86	100	105	92
27	4.2	22.1	1.22	2.8	3.44	8 »	6	2.1	17.6	0.66	7.4	3.18	50	80	54
26	4.8	22.6	1.52	7.1	3.16	9 »	15	3.7	19.8	1.29	9.6	2.87	77	88	85
20	3.3	20.4	1.30	9.8	2.54	10 »	3	2.7	18.2	0.84	11.8	3.22	82	89	65
33	4.5	24.6	2.08	1.0	2.16	11 »	0	2.7	24.0	1.08	1.0	2.50	60	100	50
35	5.1	23.1	1.89	2.0	2.70	12 »	0	3.3	16.5	1.03	5.4	3.20	65	71	54
33	3.6	21.3	1.70	6.0	2.12	13 »	13	2.4	15.6	0.95	14.0	2.53	67	73	56
29	*4.15*	*22.0*	*1.47*	*5.9*	*2.82*	»	*11*	*3.07*	*20.4*	*1.05*	*9.3*	*2.92*	*74*	*93*	*72*

[1] *C. R. Soc. biol.*, T. CXXI, 1936, p. 330.

throcytes jeunes continuent à mûrir. Et cette maturation est plus rapide que l'apport de globules neufs.

Du reste, la valeur globulaire, faible 3 h. après, augmente beaucoup 9 h. après. L'acide carbonique total est supérieur au taux initial; c'est là un fait important sur lequel nous insistons immédiatement. Enfin, un dernier fait observé: en

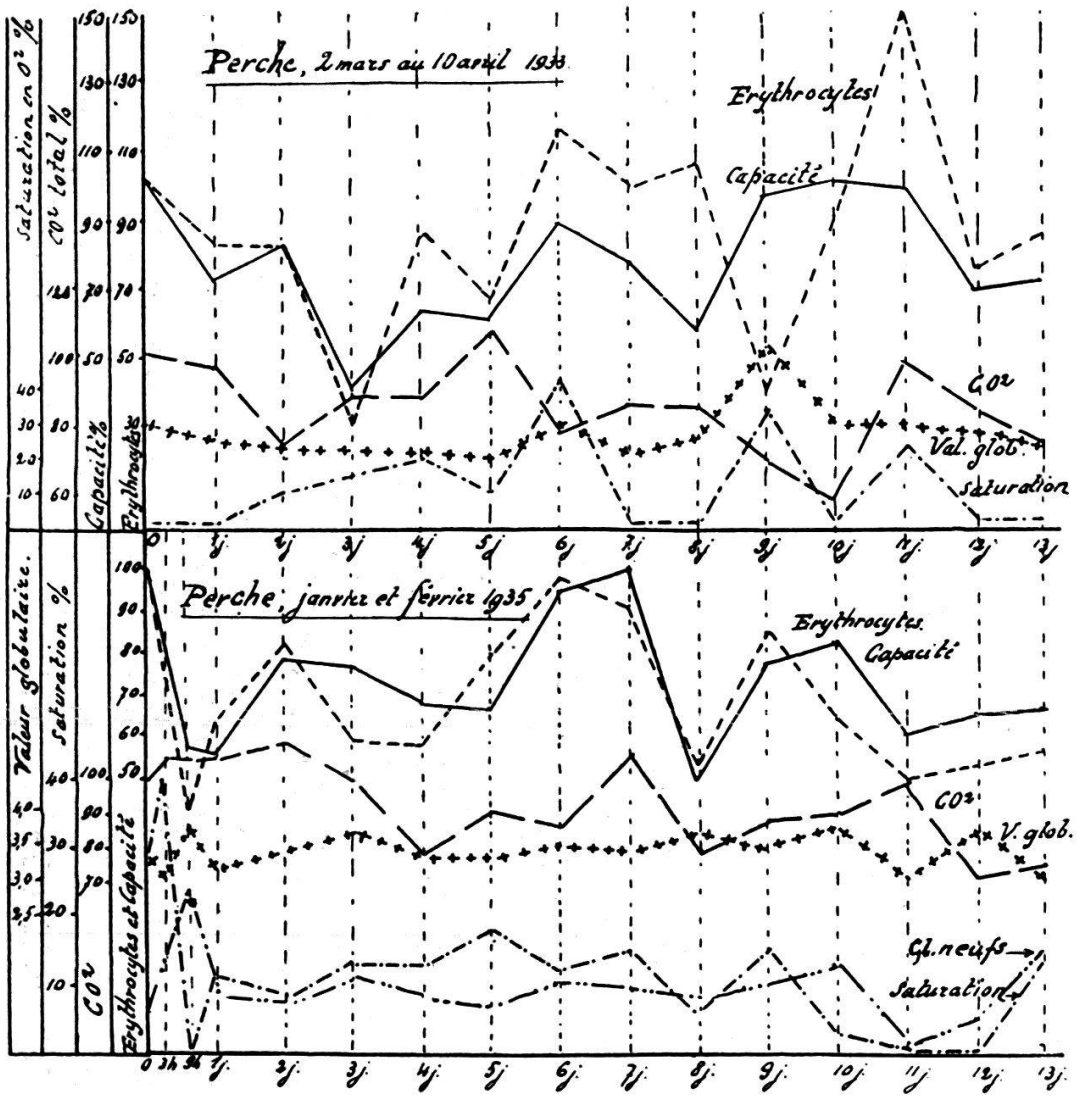

FIG. 3. — Régénération du sang consécutive à la saignée chez la perche.

dépit de l'affaiblissement qu'inflige à l'animal une sévère perte de sang, le degré de saturation en oxygène du sang veineux est paradoxalement élevé. Chez la perche, nous avons trouvé 40% 3 h. après saignée; chez le crénilabre 44% après 7 h. et 31% après 20 h. Ces chiffres sont bien supérieurs à la moyenne. Puisque la capacité de transport du sang a fortement diminué, il semblerait que le coefficient d'utilisation devrait augmenter. A ce moment, le poisson présente le plus souvent une

hyperpnée énergique. On en tire immédiatement la conclusion qu'il recherche, par une irrigation rapide des branchies, une hématose maximum. C'est bien ce qui se produit, puisque le sang veineux tend à devenir artériel. Alors la déficience réside dans une mauvaise utilisation de l'oxygène dans les tissus, en raison probablement de la dépression sanguine dans les capillaires. Sang veineux riche en oxygène avec anoxémie tissulaire.

Nous achevons ainsi l'histoire du premier temps de la régénération: celle de la dilution du sang.

2e *temps*. 24 h. après la saignée initiale chez le crénilabre, 48 h. chez la blennie et la perche, l'effort de régénération est intervenu. Il porte beaucoup moins sur la quantité totale que sur la qualité du sang, c'est-à-dire sur le nombre des érythrocytes. Mais là ne s'arrêtent pas les changements. On observe à l'œil nu que le sang change. Il devient de couleur indécise, brunâtre, sale. Il s'extrait difficilement, sa viscosité est extrême. Il coule mal, se laisse mal mesurer. Il coagule au ferricyanure de potassium, même lorsque ce dernier est employé en faible quantité et dilué jusqu'au quart de saturation. Ce sang s'hématose mal par agitation à l'air. Il ne prend pas la belle teinte habituelle de l'oxyhémoglobine. Il reste un peu brunâtre. C'est un des moments les plus ingrats et les plus difficiles de la manipulation du sang. Il s'étend du 2e au 4e jour.

Le nombre des érythrocytes augmente chez la blennie jusqu'à 85%; chez le crénilabre, de 66% à 80%; chez la perche, de 43% à 84%.

La capacité respiratoire suit naturellement une marche analogue. Elle atteint même la normale chez la blennie, le 79% chez la perche.

3e *temps*. Il semblerait, à lire les résultats du 2e temps, qu'un jour de plus suffirait à réparer tous les dommages causés par la saignée. Mais il n'en est rien. L'animal s'est épuisé. Les 2e et 3e journées chez le crénilabre, la 3e chez la blennie, la 3e et la 4e chez la perche, sont caractérisées par une anémie profonde et très grave que les individus supportent mal. Leur pâleur est extrême. Ils sont prostrés. C'est le moment où un certain nombre meurent, peu nombreux chez les blennies, nombreux chez les crénilabres. Les perches, traitées en hiver, alors que les oxydations internes sont peu intenses, ne meurent qu'en minorité. En été, ce serait plus grave. Ces pertes expliquent les insuffisances de plusieurs séries; le déchet a été plus grand qu'on ne l'escomptait. Chez la blennie, animal très résistant, vigoureux, vorace, le nombre des érythrocytes ne redescend que

peu. Mais chez le crénilabre, leur taux descend à 62%, chez la perche à 59%. La capacité respiratoire suit une allure parallèle, mais plus lente chez la perche, en raison de la basse température qui ajoute à la longévité des érythrocytes mûrs.

Quelle est la raison de cette anémie.

La valeur globulaire s'abaisse fortement chez les poissons de mer, c'est donc l'indice d'un fort déversement de globules neufs. Elle ne s'abaisse pas chez la perche, en dépit d'un fort déversement de globules immatures. C'est donc encore que les globules mûrs se conservent mieux. L'anémie profonde du 3e jour n'est donc pas due primitivement à un arrêt du déversement des globules neufs par épuisement des organes formateurs. Elle ne peut donc se comparer à l'anémie immédiatement consécutive à la saignée initiale, d'origine expérimentale. Dans le cas de la saignée, il y a eu destruction de globules par soustraction de sang. Dans le cas de l'anémie du 3e jour, il y a destruction interne des globules, sans arrêt de production. Il s'agit d'une véritable intoxication du sang dont le résultat est une hémolyse exagérée des érythrocytes du sang circulant.

Quelle est la nature de cette intoxication? Faut-il attribuer la couleur trouble du sang, sa viscosité, à une abondance de bile, dont on connaît la fonction hémolytique? A la dissection, nous trouvons que la musculature, sur sa face thoracique interne, est souvent fortement jaune. Est-ce de l'ictère? Cela provient-il de la surabondance de l'acide carbonique total? Nous avons déjà signalé que le sang, conservé à l'abri de l'air, sous huile de vaseline, s'hémolyse beaucoup plus rapidement que lorsqu'il est agité à l'air. Or, dans les trois premiers jours de la régénération, le CO^2 total est anormalement abondant. Contribue-t-il à cette hémolyse? Dans le cas de l'anémie pernicieuse, Henderson [1] en indique les caractères suivants: diminution de la capacité respiratoire, soit par insuffisance du nombre des hématies, soit par insuffisante concentration de l'hémoglobine, augmentation de l'acide carbonique total, augmentation du taux des albumines sériques, augmentation du coefficient d'utilisation de l'oxygène, par compensation avec l'insuffisance de la capacité respiratoire, abaissement du quotient respiratoire.

A l'exception de ce dernier point, tous les autres se manifestent dans nos séries. L'insuffisance de la capacité respiratoire provient à la fois, comme en témoignent nos courbes,

[1] HENDERSON. Le sang, système physico-chimique, Ch. X, *Presses universitaires de France.*

du nombre restreint des érythrocytes et de l'insuffisante concentration de l'hémoglobine, ainsi que l'indique en général l'abaissement de la valeur globulaire. Le CO^2 total passe de la moyenne de 22 vol. à 25 vol. Nous avons cité la viscosité considérable qui est un indice de la surabondance des albumines.

Mais si l'on peut rapprocher le sang des poissons du sang humain, nous remarquerons qu'il s'agit ici de ce que nous pourrions appeler l'anémie de régénération. Elle se distingue de l'anémie ordinaire par son caractère passager, transitoire.

Nous avons rencontré souvent des poissons anémiques; parmi ceux que nous prenions au hasard dans notre aquarium. Leur sang est différent: pauvre en érythrocytes, à capacité moyenne ou faible, à grande valeur globulaire. Ce qui pèche donc, c'est l'insuffisance des organes formateurs. Les globules sont uniformément mûrs et vieux. Le déversement des globules neufs se fait à un taux trop lent. L'acide carbonique total est au-dessous de la moyenne. Le sang est peu visqueux. Il se sédimente souvent même très rapidement. Au total, le sang anémique est pauvre en tous ses éléments.

Cette diagnose diffère de celle d'Henderson. Mais ce qu'il y a d'intéressant, c'est que les chiffres cités par cet auteur se rapportent à des anémiques pernicieux en voie de traitement et de rétablissement. Ce ne sont donc plus des malades dont la vie est incertaine, ce sont des malades en voie de guérison. Dans ce sens, les deux problèmes auraient ici des points communs.

4e temps. Dès le 3e jour chez le crénilabre, le 4e chez la blennie, le 5e chez la perche, un nouvel effort de régénération se produit, plus intense, plus durable. Il porte sur tous les éléments considérés. Le sang est redevenu normal. Sa couleur est belle. Il se traite facilement, car sa viscosité est redevenue normale. L'acide carbonique total est en quantité moyenne. On peut conclure que la régénération est achevée. Il a donc suffi de quatre jours environ pour réparer la perte d'un tiers de la quantité totale de sang.

Effort plus durable vers une certaine stabilité qui ne dure pourtant que trois jours environ. Et encore, par stabilité, nous voulons dire le maintien à un taux plus ou moins voisin de la normale. Les grands accidents ont pris fin. La valeur globulaire varie peu chez le crénilabre et la perche, ce qui témoigne en faveur d'un équilibre entre la production et la destruction des érythrocytes. La saturation du sang veineux est forte, parce que la capacité de transport du sang en oxygène est plus que suffisante aux besoins.

5e *temps*. Comment se fait-il qu'au 8e jour, dans les trois cas considérés, le nombre des érythrocytes passe par un minimum profond, entraînant à sa suite la capacité et la saturation? Est-ce la surabondance de l'acide carbonique qui en est cause ici encore? Peut-être. Quoi qu'il en soit, cette diminution est accompagnée d'un abaissement du taux des globules neufs. Que s'est-il produit? En l'absence de toute explication convenable, nous retrouvons le rythme physiologique qui ne se définit que par le jeu des actions et des réactions, en vertu duquel la dépression du 8e jour serait la conséquence des taux élevés des jours précédents, de la même façon que le rétablissement des 9e et 10e jours ne serait que la réaction à la dépression du 8e.

Il y a là un phénomène général. On le retrouve dans nos courbes du 2 mars au 10 avril 1933. Philosophiquement, soit dans sa vie totale, psychique ou physiologique, soit dans l'exercice de fonctions élémentaires, l'individu ne suit pas la ligne droite, mais une ligne brisée autour de cette ligne droite. Il suit un jeu successif de dépressions et d'exaltations, d'amoindrissements et de surabondances de vie. Les causes profondes de ce rythme sont d'origine externe ou interne. Mais quand elles ont disparu, le rythme subsiste. L'animal ne fait que le subir. Théoriquement, il doit s'amortir et disparaître au bout d'un temps plus ou moins long, puisque l'action à distance ne saurait être indéfinie. Mais, abstraction faite de toute finalité précise, il semble bien que la vie ne se maintienne qu'autour de ces deux notions contradictoires: la recherche du déséquilibre qui exalte, la recherche de l'équilibre qui apaise. Il en résulte qu'en l'absence d'une cause extérieure importante, agent d'un déséquilibre vital nécessaire, l'être devient d'une sensibilité telle que le moindre accident d'origine externe ou interne détermine de nouveau un rythme. De là vient qu'il n'y a pas toujours proportionnalité entre la cause et l'effet, le total est parfois supérieur à la somme des parties, une irrationalité que l'on découvre à chaque pas dans l'étude de la vie. Mais au fond, il ne s'agit que d'une nouvelle forme de la causalité. La découvrir, c'est en même temps lui enlever son caractère irrationnel et en reconnaître le caractère scientifique.