

LE pH DANS LE TUBE DIGESTIF DES OISEAUX

Clair HERPOL et G. VAN GREMBERGEN

Laboratoire de Zoophysologie, Université de Gand (Belgique)

SOMMAIRE

Le pH du tube digestif ayant un rôle déterminant dans l'efficacité des enzymes, il était nécessaire, vu la diversité des données de la littérature, de revoir cette question dans le cadre d'une étude sur la digestion des oiseaux.

Le pH des différentes régions du tractus digestif de poulets « White Leghorn » a été déterminé avec l'électrode Beckman n° 39042 adaptée au pH mètre modèle 100 de la « Photovolt Electronic Corporation », l'électrode n° 39168 étant utilisée comme référence.

Des mesures *in vivo* ont été effectuées sur diverses espèces d'oiseaux.

Comparativement aux chiffres connus, nous obtenons :

- 1° Un pH plus élevé dans le jabot ;
- 2° Un degré d'acidité supérieur dans l'estomac qui laisse supposer, contrairement à ce que l'on accepte généralement, une action efficace de la pepsine dans le gésier ;
- 3° Un pH plus élevé dans toutes les régions de l'intestin.

Un des aspects les plus importants de la digestion est certes la transformation enzymatique des constituants nutritifs complexes en produits simples susceptibles d'être absorbés. Mais l'activité enzymatique étant entre autres conditionnée par la concentration en ions hydrogènes, il apparaît clairement que le pH des différents secteurs du tube digestif a un rôle déterminant dans l'efficacité de la digestion.

TABLEAU I

Aperçu des données de littérature

Le pH *post mortem* dans le tube digestif de *Gallus domesticus*

	Jabot	Estomac Glandulaire	Gésier	Duo- denum	Ileum 1 ^{re} partie	Ileum 2 ^e partie	Rectum	Cæcum
1931 MC. LAUGHLIN	—	5,59	3,39	6,29	6,22		—	1,92
1933 ASHCRAFT	—	—	—	5,96	7,13		7,26	7,06
1933 MUSSEHL e.a.	—	4,8	2,9	6,2	6,2	6,9	—	—
1935 MAYEW	4,72	4,50	—	6,11	6,05	6,50-6,54	—	6,70
1935 KERR e.a.	4,0	3,6	3,0	6,3	6,7	7,0	6,7	7,0-7,2
1936 HELLER e.a.	4,44	3,61	2,99	5,94	5,94	7,21	6,62	6,98
1942 (a) FARNER	4,51	4,40	2,60	5,76-6,01	5,78-5,90	6,27-6,42	6,26	5,71
1944 BUCHNER e.a.	—	4,3-4,4	2,7-3,6	6,3-6,4	—	—	—	—
1946 VONK e.a.	4,0-5,0	1,85-5,50	2,40-3,60	5,20-6,05	—	—	—	—
1955 HEWITT e.a.	4,67	4,48	2,94	6,13	6,29	6,58	6,82	6,14
1956 HORTON-SMITH e.a.	4,1-6,2	—	2,9-3,2	5,1-6,2	5,9-6,1		—	5,8-6,2
1958 MARCH e.a.	—	—	—	6,24-6,51	6,04-6,37	6,92-7,39	—	5,89-6,37
1960 HWANG	—	2,89-4,14	2,72-4,00	6,08-7,15	6,10-7,28	5,88-7,42	—	—

Les quelques auteurs, ayant dirigé leurs recherches vers le problème du pH dans le tube digestif des oiseaux, ont publié des résultats fort divergents (tableau 1).

Les physiologistes peuvent difficilement expliquer le fait que la digestion enzymatique des oiseaux est particulièrement effective et que par contre les valeurs du pH, dans une partie déterminée du tube digestif, sont parfois fort divergentes de l'optimum nécessaire à l'enzyme sécrété à cet endroit.

Il ressort, par exemple, du tableau 1 qu'il est difficile de localiser l'action de la pepsine.

Au début d'une étude sur la digestion chez les oiseaux, il nous a donc paru utile d'orienter nos recherches vers le problème de la concentration en ions d'hydrogène dans le tractus digestif.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Les recherches ont été effectuées chez des poulets de la race « White Leghorn », pour la plupart de sexe masculin, nourris normalement de farine composée et de graines commerciales.

Nous mentionnerons également dans ce travail des résultats obtenus *in vivo* chez diverses espèces d'oiseaux, résultats encore incomplets, qui feront l'objet d'une publication ultérieure.

Post mortem nous nous sommes efforcés à déterminer le pH le plus rapidement possible. La mesure se prend en plaçant l'électrode en contact direct avec la muqueuse.

Pour les mesures *in vivo* l'animal ne subit aucune préparation préalable. L'électrode est simplement introduite jusque dans l'estomac par le bec maintenu entrouvert, tandis que l'électrode de référence est placée en contact avec la muqueuse de la cavité buccale.

Les mesures ont été effectuées avec une électrode Beckman n° 39042, l'électrode n° 39168 étant utilisée comme référence. Ces électrodes ont été adaptées au pH mètre « Photovolt Electronic Corporation » modèle 100.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les premiers résultats, que nous discuterons, ont été obtenus *post mortem* chez des poulets de la race « White Leghorn », nourris jusqu'à la veille de l'expérience.

Nous avons pu constater, au cours d'expériences préliminaires, que l'âge n'influence pas directement le pH du système digestif des poulets. En effet, des recherches faites sur six catégories de poulets d'âges différents (1 à 8 jours, 8 à 15 jours, 15 jours à 1 mois, 1 à 2 mois et adultes) ont montré qu'il y a autant de dispersion dans chaque groupe, qu'entre les groupes [HERPOL (1959)]. Ceci ne correspond guère aux données de MAYHEW (1935) et de VONK, BRINK et POSTMA (1946). Cependant STURKIE (1954) met les résultats de MAYHEW en doute, les différences obtenues lui paraissant peu convaincantes ; de leur côté BUCHNER, INSKO et HENRY (1944) concluent d'une façon identique à la nôtre : le pH du système digestif ne varie pas avec l'âge.

Remarquons également que les données de la littérature concordent sur ce fait : le sexe n'influence pas le pH du tube digestif.

Dans le tableau 2, nous avons rassemblé tous nos résultats qui proviennent par conséquent de spécimens d'âges différents.

En comparant nos chiffres aux données de la littérature il apparaît que nous obtenons :

- 1° Un pH plus élevé dans le jabot ;
- 2° Une acidité de beaucoup supérieure dans les deux compartiments de l'estomac ;
- 3° Un pH généralement plus élevé dans les différentes régions de l'intestin.

La différence des résultats en ce qui concerne le jabot, trouve une explication fort simple puisque le pH de cet organe peut être influencé dans une large mesure par un phénomène de régurgitation acide provenant de l'estomac constaté et prouvé par KLUG [voir BROWNE (1922)]. Ce phénomène est responsable des valeurs plus ou moins acides obtenues par différents auteurs.

TABLEAU 2

Le pH post mortem dans le tube digestif de Gallus domesticus.

	minimum	majorité des valeurs dans l'intervalle pH entre	maximum	Nombre de mesures
Jabot	4,1	6,0 et 7,0	7,8	107
Estomac glandulaire.....	0,3	1,0 et 2,0	3,0	80
Gésier	0,4	1,5 et 2,5	3,8	81
Duodenum	5,6	6,0 et 7,0	7,7	118
Ileum : 1 ^{re} partie	6,0	6,5 et 7,5	7,9	118
Ileum : 2 ^e partie	5,7	6,5 et 8,0	8,5	118
Rectum	5,3	6,0 et 7,5	8,4	108
Caecum	5,6	6,5 et 7,5	8,1	100

Nous sommes convaincus que la réaction du jabot proprement dit se rapproche de la neutralité.

FARNER (1942 *b*) attira le premier l'attention des chercheurs sur une forte diminution de l'acidité de l'estomac: suite à la mort. Il alla plus loin encore : ayant mesuré l'acidité libre du suc gastrique, il calcula que celle-ci devait théoriquement correspondre à un pH 1,6. Que de tels chiffres n'aient pas été obtenus, — seul VAN DOBBEN (1952) mentionne un pH 0,9 pour le suc gastrique du cormoran *Phalacrocorax carbo* —, est dû uniquement à la méthode.

Au début de ce travail nous obtenions des chiffres tout aussi élevés que ceux que l'on peut trouver dans la littérature. Nous savions cependant, grâce à des mesures *in vivo*, que ces données étaient fautives. En effet *in vivo*, les chiffres obtenus chez le poulet varient entre les pH 0,2 et 2,5 avec la majorité des données (79 sur 123 mesures) dans l'intervalle 0,5 — 1,5.

Au cours d'expériences où nous avons essayé de suivre le changement du pH causé par la mort, nous avons pu constater qu'il est possible de réduire presque entièrement l'écart entre les valeurs obtenues *in vivo* et *post mortem*. Il suffit de veiller à réduire au minimum l'ouverture qui servira de passage à l'électrode et d'éviter soigneusement toute contamination de l'électrode par le contenu des cellules lésées. Il nous apparaît comme peu probable de pouvoir réduire le dernier écart subsistant, car il est évident que la mort et les dégradations qu'elle entraîne (cessation de la sécrétion, annulation du potentiel responsable de la sécrétion d'acide chlorhydrique etc.) ont une part de responsabilité dans les variations *post mortem* de FARNER.

Les chiffres obtenus *in vivo* chez les poulets, concordent entièrement avec une série de résultats obtenus avec diverses espèces d'oiseaux se nourrissant fort différemment.

Jusqu'ici 36 espèces d'oiseaux de la faune belge ont été soumises à des mesures

in vivo. Il serait cependant prématuré de discuter actuellement ces résultats encore incomplets.

De ces données on pourrait conclure que l'acidité est de nature à permettre une activité normale de la pepsine dans l'estomac glandulaire. Il n'en est pas ainsi, car la nourriture, non encore broyée, ne réside, selon les données de STEINMETZER (1924) que quelques instants dans ce compartiment.

La digestion enzymatique par la pepsine a lieu dans le gésier, où la nourriture mêlée au suc gastrique, est placée dans des conditions d'acidité favorables pour l'enzyme. La réaction fort acide de cet organe est due aux produits de sécrétion (HCl, et pepsine) de l'estomac glandulaire et certes pas, comme BUDDENBROCK (1956) l'a proposé, par une formation de HCl dans le gésier même.

BUDDENBROCK fut amené à une telle conclusion à la suite de la constatation faite par FARNER (1942 *a*) et tant d'autres, que la réaction du gésier est en règle générale plus acide que la réaction de l'estomac glandulaire.

Ces résultats sont fort compréhensibles, puisque nous avons pu constater que le pH du contenu du gésier ne subit qu'un changement relativement lent *post-mortem*.

En réalité le pH des deux compartiments de l'estomac est à peu près du même ordre de grandeur.

Nous avons obtenu, en ce qui concerne l'intestin, des chiffres plus élevés que ceux qui nous sont connus ; des valeurs légèrement alcalines ne représentent aucunement une exception.

N'oublions pas que la réaction du contenu de l'intestin résulte de l'interaction de différents facteurs tels que le suc acide provenant de l'estomac, la bile, le suc pancréatique, et le suc intestinal sans oublier la possibilité qu'il existe un mécanisme régulateur du pH, tel qu'il a été conçu par ROBINSON (1935), se situant au niveau de la muqueuse intestinale.

Le suc pancréatique (source principale d'enzymes) agit de façon optimale en milieu légèrement alcalin.

Selon nos données un tel milieu existe dans la majorité des cas et l'hypothèse de STURKIE (1954) selon laquelle la haute température corporelle des oiseaux compense le pH trop acide de l'intestin, devient inutile.

Les *caecums* ont une réaction à peu près neutre, fait établi et généralement accepté depuis les recherches de MAYHEW en 1935.

REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être accompli grâce à une bourse de spécialisation accordée à l'un de nous (Cl. H.) par l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I. R. S. I. A.).

Reçu en mai 1961.

SUMMARY

THE pH IN THE DIGESTIVE TRACT OF BIRDS

Many determinations of the pH in the alimentary tract of fowls have been made (for Review of the literature, see table 1). With these observations in mind we have attempted to determine the pH of the alimentary tract.

Post mortem determinations were made on White Leghorn chickens. They have been allowed to feed until the day before experiment.

In vivo determinations were made within the stomach of different species.

The hydrogen ion concentration was measured with a Beckman electrode assembly (Nos. 39042-39168).

Our *post mortem* results are given in table 2.

In vivo the pH of the stomach of chickens is, in most cases, between pH 0,5 and 1,5 (min. 0,2 ; max. 2,5). With all species of birds, even those who are eating very different kinds of food, we have obtained very similar results.

The results of our measurements in the crop lead to the conclusion that under normal conditions the reaction is nearly neutral. This neutrality can be more or less influenced by acid regurgitation of the stomach contents, which explains the more acid values obtained by some writers.

FARNER (1942 *b*) was the first to establish that the pH of the stomach contents undergoes a rapid change after death, becoming less acid.

We could almost completely reduce the difference between values obtained *in vivo* and *post mortem* by being very careful in introducing the electrode in the digestive tract.

The possibility of a favourable action of pepsin and the location of HCl formation in the proventriculus are discussed.

It was determined that the reaction is acid over the whole digestive tract of fowls.

We have often obtained a slightly alkaline reaction in the intestine. Such a medium is propitious for the pancreatic enzymes.

The caeca have a pH of about 7.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASCHCRAFT D. W., 1933. Effects of Milk Products on the pH of Intestinal Contents of Domestic Fowl. *Poult. Sci.*, **12**, 292-298.
- BROWNE T. G., 1922. Some observations on the Digestive System of the Fowl. *J. Comp. Path. Ther.*, **35**, 12-32.
- BUCKNER G. D., INSKO W. M. jr, HENRY A. H., 1944. Does Breed, Age, Sex or Laying Condition affect the pH of the Digestive System of Chickens? *Poult. Sci.*, **23**, 457-458.
- BUDDENBROCK W. von, 1956. *Vergleichende Physiologie*, vol. III, 380-394. Birkhauser Verlag — Basel und Stuttgart.
- FARNER D. S., 1942 *a*. The Hydrogen Ion Concentration in Avian Digestive Tracts. *Poult. Sci.*, **21**, 445-450.
- FARNER D. S., 1942 *b*. Gastric Hydrogen Ion Concentration and Acidity in the Domestic Fowl. *Poult. Sci.*, **22**, 79-82.
- HELLER V. G., PENQUITE R., 1936. Effect of the Mineral and Fiber on Avian Intestinal pH. *Poult. Sci.*, **15**, 397-399.
- HERPOL C., 1959. Spijsvertering van Vogels : pH-metingen. Histologie van de Maag (thèse inédite).
- HEWITT E. H., SCHELKOPF M. S., 1955. pH Values and Enzymatic Activity of the Digestive Tract of the Chicken. *Am. J. Vet. Research*, Oct, 576-579.
- HORTON-SMITH C. et LONG P. L., 1956. The Infection of Chickens with Histomonad Suspension. *Parasitology*, **46**, 79-90.
- HWANG J. C., 1960. Effects of pH, Various Proteolytic Enzymes, Amino Acids and other Substances on the Eggs and Larvae of *Ascaridia galli*. *J. Parasitol.*, **46**, 5, (Abstr.).
- KERR W. B., COMMON B. H., 1935. The Effect of Certain Acid Treatments for Coccidiosis on the H Ion Content of the Fowl's Intestine. *Vet. J.* **91**, 309-311.
- MC LAUGHLIN A. R., 1931. Hydrogen Ion Concentration of the Alimentary Tracts of Fowl, Cat and Rabbit. *Science*, **73**, 191-192.
- MARCH B., TUCKEY R., BIELY J., 1958. The Effect of Diet on pH in the Intestinal Tract of Chickens. *Poult. Sci.*, **37**, 405-410.
- MAYHEW R. L., 1935. The Hydrogen Ion Concentration of the Digestive Tract of Fowl. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **86**, 148-152.
- MUSSEHL F. E., BLISH M. J., ACKERSON C. W., 1933. Effect of Dietary and Environmental Factors on the pH of the Intestinal Tract. *Poult. Sci.*, **12**, 120-123.
- ROBINSON C. S., 1935. The hydrogen Ion Concentration of the Contents of the Small Intestine. *J. Biol. Chem.*, **108**, 403-408.
- STEINMETZER K., 1924. Die zeitlichen Verhältnisse beim Durchwandern von Futter durch die Magen-Darmkanal des Huhnes. *Pflugers Arch. ges. Physiol.*, **206**, 500-505.
- STURKIE P. D., 1954. *Avian Physiology*, 164-184. Comstock Publishing Associates Ithaca N. Y.
- VAN DOBBEN W. H., 1952. The Food of the Cormorants in the Netherlands. *Ardea*, **40**, 1-63.
- VONK H. J., BRINK G., POSTMA N., 1946. Digestion in the Stomach of Birds. I. The Acidity in the Stomach of Young Chickens. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.*, **49**, 972-982.