

# ACTION D'UNE ACIDOSE MÉTABOLIQUE SUR LES TRANSFERTS D'IONS EFFECTUÉS DANS L'OVIDUCTE DE LA POULE

B. SAUVEUR

avec la collaboration technique de J. ROCARD

*Station de Recherches avicoles,  
Centre de Recherches de Tours, 37-Nouzilly (France)  
Institut national de la Recherche agronomique*

---

## INTRODUCTION

Deux séries de travaux ont montré que la teneur en électrolytes de l'albumen de l'œuf varie avec l'équilibre acido-basique général de la poule. Ainsi HUNT (1964), après addition au régime de 2 p. 100 de chlorure d'ammonium pendant 56 jours, rapporte les modifications de concentration suivantes pour l'albumen : sodium - 8,5 p. 100, potassium + 7,7 p. 100, chlore + 53 p. 100 et un abaissement du pH non chiffré. La seconde série expérimentale a été effectuée récemment dans notre laboratoire (SAUVEUR, 1970) ; nous avons enregistré la teneur en ions de l'albumen 2 jours, puis 12 et 22 jours après adjonction au régime de base de 3 p. 100 de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ou de quantités équivalentes de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$  et  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Il apparaît que la composition du blanc dépend très peu de la durée du traitement mais est sujette à de grandes variations suivant la nature des corps ajoutés au régime. Nous avons pu démontrer en particulier que les modifications constatées tant au niveau de l'œuf qu'à celui du sang (SAUVEUR, 1969) sont essentiellement liées à l'anion qui accompagne les protons ajoutés au régime.

A titre d'exemple les variations de concentrations observées dans l'albumen après 12 jours de traitement avec 3 p. 100 de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sont les suivantes : sodium - 21 p. 100, potassium + 11 p. 100, chlore + 52 p. 100, calcium + 210 p. 100, bicarbonates - 56 p. 100, tandis que le pH chute de 18,5 p. 100 (variations toutes significatives,  $p < 0,001$ ).

Certaines de ces modifications étant considérables, nous avons voulu déterminer quelle(s) partie(s) de l'oviducte en étai(en)t responsable(s). Nous avons pour cela prélevé des œufs en formation à la sortie du magnum, de l'isthme et de l'utérus (œuf pondu) chez des animaux témoins et d'autres en acidose au chlorure d'ammonium. Il apparaît que le dernier site de transfert d'ions (utérus) est, dans la majorité des

cas, le seul affecté par l'état d'acidose et que l'importance relative des trois segments considérés peut être largement modifiée par ce traitement.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Provenance et traitement des œufs

Cette étude a été effectuée avec 48 poules *Leghorn* à crête simple (H. N.) ; 14 d'entre elles ont reçu un régime de base classique supplémenté avec 3 p. 100 de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , les 34 autres consommant le régime de base seul. Soixante quatre œufs pondus ont été analysés dont 26 provenaient d'animaux en acidose.

Les fins de passage de l'œuf dans le magnum et l'isthme ont été fixées respectivement à 3 h 15 et 4 h 30 après oviposition de l'œuf précédent ; (dans le 2<sup>e</sup> cas les membranes coquillières ont toujours été présentes).

Nous avons ainsi abattu 33 poules au stade 3 h 15 (dont 6 en acidose) et 15 à 4 h 30 (dont 8 en acidose) ; l'œuf en formation a alors été retiré de l'oviducte, traité suivant une méthode déjà décrite (SAUVEUR, 1970) et les tencurs de l'albumen en Na, K, Ca et Cl ont été comparées à celles enregistrées dans l'œuf pondu la veille.

### 2. Calculs effectués et présentation des données

A la suite des travaux de SCOTT, HUGHES et WARREN (1937), nous pouvons admettre que l'apport d'azote à l'albumen est terminé quand l'œuf a quitté le magnum. Sachant de plus que les cendres apportées dans l'isthme et l'utérus ne représentent pondéralement que 2 à 3 p. 100 de la matière sèche du blanc, celle-ci peut être utilisée comme matériel de base pour exprimer l'évolution des tencurs en électrolytes de l'albumen après sa sortie du magnum. Nous pouvons d'autre part exprimer les concentrations par rapport à l'eau présente dans le blanc à chaque instant. Le rapprochement de ces deux modes d'expression permet d'avoir une idée assez précise des mouvements d'eau et d'ions qui se produisent dans l'isthme et l'utérus.

Dans la suite du texte nous désignons par le symbole  $X_m$  suivi des lettres (M), (I) ou (U) la teneur en l'élément X de l'albumen en fin de magnum, d'isthme ou d'utérus (œuf pondu) exprimées en méq/kg de matière sèche. La notation  $X_e$  suivie des mêmes lettres est réservée aux concentrations exprimées en méq/l d'eau <sup>(1)</sup>.

La concentration théorique de chaque élément dans la solution ajoutée à l'albumen *in utero* peut ainsi être calculée par la relation

$$X_s. u. = \frac{X_m (U) - X_m (I)}{E_2 - E_1}$$

dans laquelle :

$X_s. u.$  = teneur théorique de la solution utérine (en méq/l).

$X_m (I)$  et  $X_m (U)$  = tencurs (en méq/kg m. s.) de l'albumen de l'œuf retiré en fin d'isthme et de l'œuf pondu.

$E_2$  et  $E_1$  = tencurs en eau (en kg/kg m. s.) de l'albumen des mêmes œufs.

Notons enfin que dans l'expression des résultats relatifs aux effets de l'acidose métabolique les symboles  $\Delta X_m$  et  $\Delta X_e$  représentent, pour l'élément X, les différences « acidose » — « témoin » à un même niveau de l'oviducte.

## RÉSULTATS

### 1. Tencur en eau de l'albumen

Nous l'avons exprimée en g eau/g m. s. du blanc et avons reporté les valeurs correspondantes sur la figure 1. Afin d'éliminer les variations possibles entre animaux,

<sup>(1)</sup> Ces deux modes d'expression sont liés par :

$$X_m = X_e \times E$$

avec

$X_m$  en méq/kg m. s.,  $X_e$  en méq/l d'eau

et

$E = 1$  d'eau/kg m. s. pour chaque échantillon

nous avons également calculé les teneurs en eau des œufs « magnum » et « isthme » en p. 100 de celle enregistrée dans l'œuf pondu par la même poule.

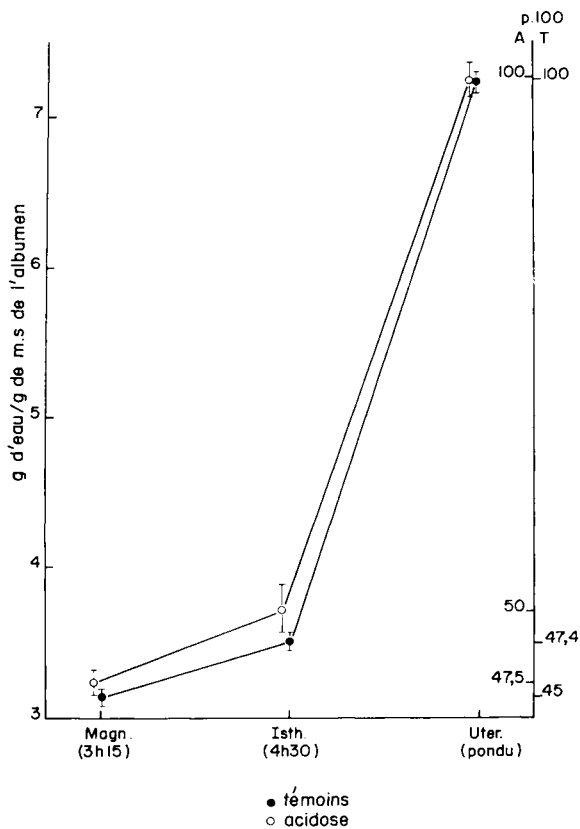


FIG. 1. — Évolution de la teneur en eau de l'albumen au cours de la formation de l'œuf (<sup>1</sup>).

(<sup>1</sup>) Sur chacune des figures, nous portons pour chaque stade étudié la valeur  $\bar{x} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

#### — Animaux témoins.

Entre la sortie du magnum et celle de l'isthme, l'albumen s'enrichit très légèrement en eau (0,49 g/g m. s.,  $p < 0,01$ ). Cette hydratation n'apparaît cependant plus significative lorsque nous comparons les teneurs en eau exprimées en p. 100 de la valeur finale :  $45,1 \pm 0,8$  contre  $47,4 \pm 1,0$  p. 100. En revanche, le passage de l'œuf dans l'utérus double la quantité d'eau présente dans l'albumen :  $7,23 \pm 0,08$  contre  $3,51 \pm 0,06$  g eau/g m. s. ( $p < 0,001$ ).

#### — Action de l'acidose.

A aucun moment de la formation de l'œuf (magnum, isthme, œuf pondu), l'acidose n'agit sur la teneur en eau de l'albumen rapportée à la matière sèche (fig. 1). L'écart le plus grand (0,22 g eau/g m. s.), qui se situe à la fin de l'isthme, n'apparaît pas significatif.

2. *Transfert des électrolytes à l'albumen*

L'évolution des valeurs  $X_m$  (még/kg m. s.) est représentée sur la figure 2 et celle des  $X_e$  (még/l eau) sur la figure 3. Nous avons de plus rapporté sur la figure 4 les parts respectives du magnam, de l'isthme et de l'utérus dans l'apport des 4 éléments étudiés ; les concentrations théoriques calculées pour la solution utérine sont données par la figure 5.

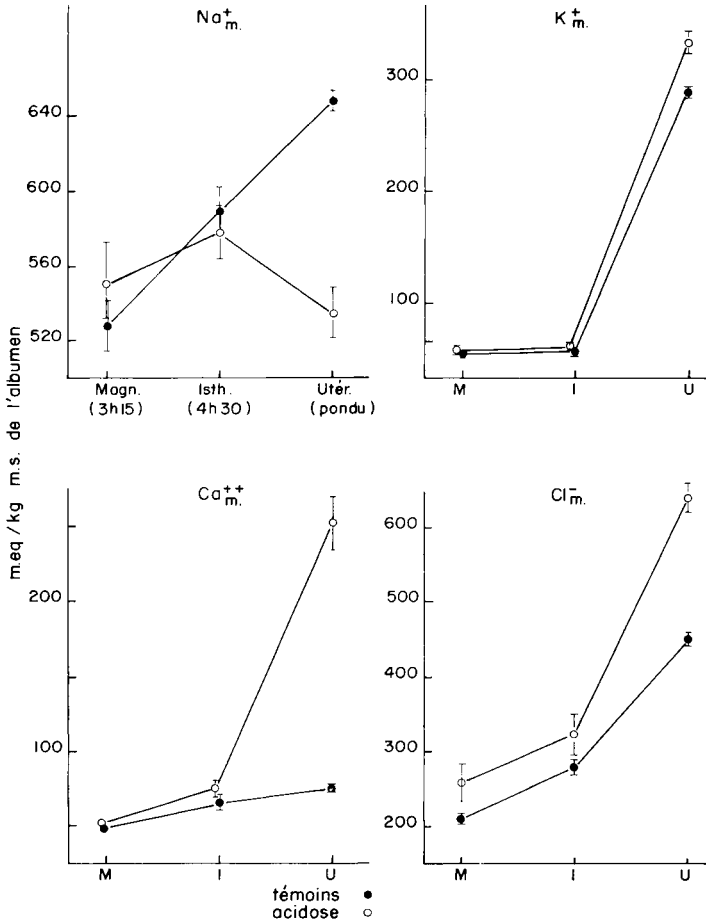


FIG. 2. — Teneur en électrolytes de l'albumen rapportée à la matière sèche (még/kg matière sèche) Action d'une acidose métabolique

a) *Sodium.*

— *Transfert normal* (témoins). — Les trois valeurs successives de  $Na_m$  (fig. 2) et celles de la figure 4 montrent que la plus grande part du sodium total (81,6 p. 100) est apportée dans le magnam. Une fraction beaucoup plus faible (9,3 p. 100) mais significative ( $p < 0,001$ ) est ensuite fournie par l'isthme ; la part de l'utérus enfin est équivalente à celle de l'isthme (9,1 p. 100,  $p < 0,001$ ).

Les teneurs en sodium rapportées à l'eau présente (fig. 3) sont identiques en fin de magnum et d'isthme ( $167,0 \pm 1,0$  et  $167,7 \pm 1,1$  méq/l eau respectivement). Le léger apport de sodium par l'isthme constaté ci-dessus s'accompagne donc d'une hydratation correspondante. A l'opposé l'apport d'eau considérable effectué dans l'utérus entraîne une chute de  $\text{Na}_e$  de  $75,1$  méq/l eau ( $p < 0,001$ ).

Le calcul donne pour la solution ajoutée à l'albumen dans l'utérus (fig. 5) une teneur théorique en sodium de  $18,8$  méq/l, évidemment très inférieure à celle du blanc à sa sortie de l'isthme.

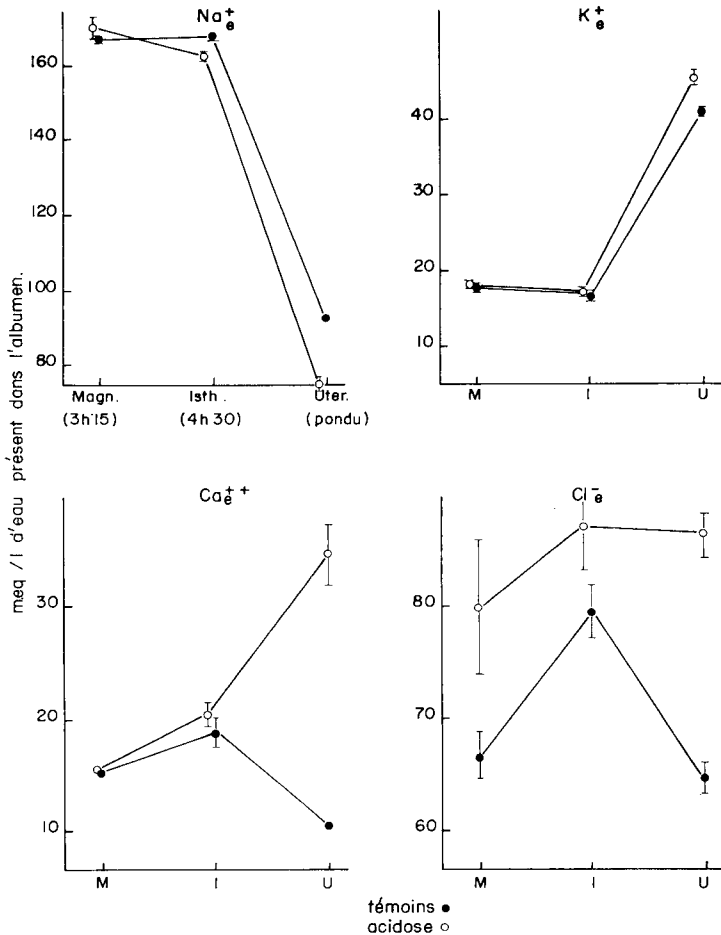


FIG. 3. — Teneur en électrolytes de l'albumen rapportée à l'eau présente (méq/kg d'eau)  
Action d'une acidose métabolique

— *Effet de l'acidose.* — Les valeurs respectives de  $\text{Na}_m$  (M) et  $\text{Na}_m$  (I) observées dans les œufs témoins et dans ceux provenant des poules en acidose ne sont pas significativement différentes (fig. 2). C'est donc au niveau de l'utérus que l'acidose induite par l'ingestion de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  réduit la quantité totale de sodium présente dans

l'albumen puisque la différence  $\Delta Na_m(U) = - 113,8$  méq/kg m. s. est hautement significative ( $p < 0,001$ ).

Il semble même qu'en cas d'acidose l'utérus soit le siège d'une « réabsorption » de sodium à partir de l'albumen (fig. 4 et 5) mais la différence  $Na_m(I) - Na_m(U)$  observée dans ces conditions (44,1 méq/kg m. s.) ne permet pas de conclure statistiquement. Disons simplement que l'acidose abolit l'apport de Na enregistré dans l'utérus des animaux témoins.

La valeur de  $Na_e$  n'est pas affectée par l'acidose au niveau du magnum (fig. 3) ; à l'opposé celle-ci entraîne en fin d'isthme une légère réduction de concentration ( $\Delta Na_e(I) = - 5,03$  méq/l eau,  $p < 0,05$ ) résultant à la fois d'un apport un peu moindre de sodium et d'une hydratation légèrement plus élevée bien que ces deux variations, prises individuellement, ne soient pas apparues significatives (voir ci-dessus).

Le phénomène est beaucoup plus marqué dans l'utérus et se traduit dans l'albumen des œufs pondus, par  $\Delta Na_e(U) = - 17,9$  méq/l eau ( $p < 0,001$ ). La différence  $Na_e(I) - Na_e(U) = 88$  méq/l eau ( $p < 0,001$ ), supérieure à celle enregistrée chez les témoins (75, voir plus haut), montre également que la réduction *in utero* de la teneur en sodium du blanc est accentuée par l'acidose métabolique.

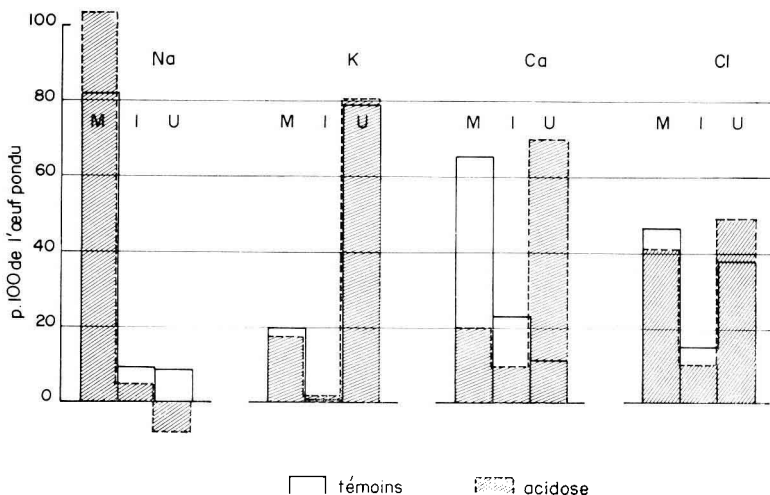


FIG. 4. — Parts respectives du magnum (M), de l'isthme (I) et de l'utérus (U) dans l'apport de Na, K, Ca et Cl à l'albumen.

Action d'une acidose métabolique  
(en p. 100 des concentrations mesurées sur l'œuf pondu et exprimées en méq/kg M. S.).

#### b) Potassium.

— *Animaux témoins.* — Les données des figures 2 et 4 montrent que l'apport de potassium est faible dans le magnum (19,6 p. 100) et nul dans l'isthme. C'est l'utérus qui fournit la plus grande part du potassium du blanc comme le montre la différence  $K_m(U) - K_m(I) = 230,2$  méq/kg m. s. ( $p < 0,001$ ).

Les valeurs de  $K_e$  restent également inchangées entre la fin du magnum et celle de l'isthme (fig. 3). Après le passage de l'œuf dans l'utérus et malgré la très impor-

tante hydratation qui s'y produit,  $K_e$  augmente de plus de 100 p. 100 ( $K_e(U) - K_e(I) = 24,4$  méq/l eau ( $p < 0,001$ )). La concentration théorique de la solution apportée *in utero* est donc très supérieure à celle de l'albumen en fin d'isthme (71,6 contre 16,7 méq/l), fait qui sera discuté ultérieurement.

— *Action de l'acidose.* — Les écarts  $\Delta K_m(M)$  et  $\Delta K_m(I)$  non différents de zéro, montrent que la quantité totale de potassium apportée à l'albumen dans le magnum et l'isthme n'est pas modifiée par l'acidose (fig. 2). A l'opposé nous observons sous l'effet du traitement un accroissement de la teneur finale du blanc en K :  $\Delta K_m(U) = 44,3$  méq/kg m. s. ( $p < 0,001$ ). C'est donc uniquement au niveau de l'utérus que l'apport de potassium est affecté par les variations de l'équilibre acido-basique de l'animal.

Nous aboutissons à la même conclusion en considérant les valeurs successives de  $K_e$  qui ne varient, sous l'effet de l'acidose, que dans l'œuf pondu ( $\Delta K_e(U) = 4,7$  méq/l eau  $p < 0,001$ ) (fig. 3). Le transfert utérin de potassium vers l'albumen, déjà très important dans les conditions normales, semble donc être encore légèrement accru par ce traitement.

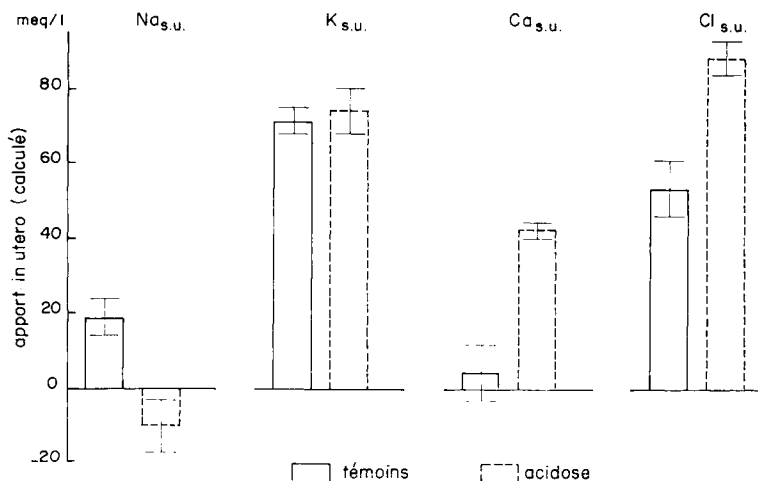


FIG. 5. — Composition théorique calculée de la solution ajoutée à l'albumen dans l'utérus (S. U.) Action d'une acidose métabolique (en méq/l. S. U. Pour plus de détails, voir le texte).

### c) Calcium.

— Dans les conditions d'équilibre acido-basique normales (témoins) l'apport de calcium à l'albumen est à la fois le fait du magnum, de l'isthme et, peut-être, de l'utérus (fig. 2 et 4). Le magnum est le plus important avec 65,6 p. 100 du Ca total ; l'apport de l'isthme (23,1 p. 100) n'est pas négligeable et se traduit par la différence  $Ca_m(I) - Ca_m(M) = 17,3$  méq/kg m. s. ( $p < 0,001$ ). L'utérus enfin contribue probablement à un faible enrichissement du blanc en Ca qui n'apparaît cependant pas significatif ici.

Du fait du transfert effectif de calcium dans l'isthme,  $Ca_e$  augmente durant le passage de l'œuf à ce niveau ( $Ca_e(I) - Ca_e(M) = 3,3$  méq/l eau,  $p < 0,001$ ) ; en

revanche, le très faible apport utérin ne suffit pas à maintenir constante la teneur en Ca du blanc qui diminue de 8,3 méq/l d'eau pendant le passage de l'œuf dans l'utérus ( $p < 0,001$ ) (fig. 3).

— *Action de l'acidose.* — Le calcium est sans conteste l'élément dont le transfert est le plus affecté par l'état d'acidose des pondeuses. Au niveau du magnum il n'apparaît cependant pas encore de différences dues au traitement que l'on considère la quantité totale de Ca présente ( $Ca_m$ , fig. 2) ou sa concentration par rapport à l'eau de l'albumen ( $Ca_e$ , fig. 3). Il en est de même à la fin de l'isthme où les écarts  $\Delta Ca$  ne sont pas significatifs alors que nous enregistrons dans l'albumen des œufs pondus « sous acidose » une teneur en calcium plus de trois fois supérieure à celle des œufs témoins.

Cette modification très importante du transfert utérin de Ca peut être chiffrée par les deux valeurs  $\Delta Ca_m(U) = 175,5$  méq/kg m. s. et  $\Delta Ca_e = 24,0$  méq/l eau ( $p < 0,001$  dans les deux cas). Il en résulte que, lors d'une acidose métabolique, l'utérus devient le lieu principal d'enrichissement de l'albumen en calcium (69,9 p. 100 contre 11,2 p. 100 chez les témoins) bien que la quantité initiale apportée dans le magnum ne soit pas modifiée (fig. 4). Dans ces mêmes conditions,  $Ca_e$  ne diminue plus dans l'utérus mais subit au contraire une forte augmentation (fig. 3).

Ce phénomène se retrouve en considérant la concentration théorique de l'apport utérin qui passe de 4,4 (chez les témoins) à 42,5 méq/l de calcium chez les animaux recevant  $NH_4Cl$  (fig. 5).

#### d) *Chlore.*

Comme le sodium et le calcium, le chlore est apporté à l'albumen de l'œuf dans le magnum, l'isthme et l'utérus (fig. 2 et 4). Bien qu'assez faible, la contribution de l'isthme n'est pas négligeable (15,2 p. 100 du Cl total) ; elle est cependant inférieure à celle de l'utérus (38 p. 100) qui se rapproche de celle du magnum (46,7 p. 100) et se traduit par la différence :  $C_m(U) - C_m(I) = 172$  méq/kg m. s. ( $p < 0,001$ ). Ainsi l'enrichissement de l'albumen en chlore s'effectue suivant un processus intermédiaire entre celui du sodium (où le magnum joue le plus grand rôle) et celui du potassium (dans lequel l'utérus est prépondérant).

La teneur en chlore de l'albumen rapportée à l'eau présente ( $Cl_e$ ) s'accroît dans l'isthme (+ 12,9 p. 100) puis diminue dans l'utérus (- 14,8 p. 100) (fig. 3).

— *Action de l'acidose.* — Nous enregistrons en fin de magnum dans les œufs provenant des animaux en acidose, une légère augmentation de la teneur en chlore de l'albumen :  $\Delta Cl_m(M) = 50$  ( $p = 0,01$ ) et  $\Delta Cl_e(M) = 13,2$  ( $p < 0,05$ ) (fig. 2). Le chlore est donc le seul élément étudié pour lequel le rôle du magnum est modifié par l'ingestion de  $NH_4Cl$ .

En fin d'isthme, un léger avantage subsiste au profit des œufs « acidose » mais les écarts ne sont pas significatifs. La plus grande part de l'accroissement de teneur en chlore observé dans les œufs pondus et attribuable à l'acidose, est encore le fait de l'utérus ( $\Delta Cl_m(U) = 179,7$  p. 100). Il s'ensuit que  $Cl_e$  ne diminue plus à ce niveau mais se maintient à la valeur observée en fin d'isthme (fig. 3). Notons enfin que, dans ces mêmes conditions, l'utérus devient légèrement prépondérant dans l'apport de chlore à l'albumen (48,6 p. 100 du Cl total contre 41,3 p. 100 pour le magnum) (fig. 4).



## DISCUSSION

Les résultats rapportés ici sont de deux ordres et concernent d'une part l'étude du transfert de Na, K, Ca et Cl à l'albumen de l'œuf chez des animaux normaux et d'autre part les modifications de ces mêmes transferts lorsque les pondeuses reçoivent un régime supplémenté avec 3 p. 100 de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  qui entraîne l'apparition d'une acidose métabolique sévère (SAUVEUR, 1969). Disons d'abord quelques mots des résultats obtenus chez les animaux témoins.

Nous retrouvons en premier lieu que, lors du passage de l'œuf dans l'utérus, la quantité d'eau présente dans l'albumen est multipliée par deux. Ce processus, fondamental pour la constitution finale de l'œuf et le développement de l'embryon, a été maintes fois décrit depuis les premiers travaux de PEARL et CURTIS (1912) sans avoir reçu d'explication théorique satisfaisante ; nous y reviendrons très brièvement en fin de discussion.

DRAPER (1966 *a* et *b*) montre que la teneur de l'albumen en sodium et calcium (*exprimée en méq/l eau*) diminue progressivement depuis le magnum jusque dans l'œuf pondu tandis que sa teneur en potassium augmente dans l'utérus. Nos résultats, bien que d'amplitude souvent différente, sont dans l'ensemble en excellent accord avec ceux de cet auteur ; nous trouvons cependant que, lors du passage de l'œuf dans l'isthme, la teneur de l'albumen en calcium continue de croître, observation en accord avec la forte concentration en calcium trouvée dans la paroi de l'isthme par TAYLOR et HERTELENDY (1960) et MISRA et KEMENY (1964). Nous montrons également, à la suite de DRAPER, que les quantités totales de Na et Ca ( $\text{Na}_m$  et  $\text{Ca}_m$ ) augmentent en permanence depuis le magnum jusqu'à l'utérus mais nous ne trouvons, quant à nous, aucun apport de potassium au niveau de l'isthme.

Les mesures effectuées ici ne sont évidemment que des « photographies » du contenu minéral du blanc à des instants précis et ne permettent pas de savoir si certains ions sont ou non réabsorbés dans l'utérus. La possibilité de tels transferts a été évoquée par HOOVER et SMITH (1958) et DRAPER (1966 *a*) et reste valable à la suite de cette étude ; nous y reviendrons dans quelques instants.

Remarquons également que les concentrations théoriques calculées pour la solution ajoutée à l'albumen dans l'utérus ne préjugent en rien de la composition du fluide utérin lui-même. Ces deux séries de données apparaissent d'ailleurs fort différentes si l'on se réfère aux résultats de BEADLE, CONRAD et SCOTT (1938) et EL JACK et LAKE (1967) rapportés au tableau I.

TABLEAU I

*Composition du fluide utérin au moment du « plumping »  
(en méq/l)*

	Na	K	Ca	Cl
BEADLE <i>et al.</i> (1938) .....	110,9	25,1	9,5	71,8
EL JACK et LAKE (1967) .....	139,1	15,9	28,3	79,9
Composition théorique calculée ici .....	$18,8 \pm 4,7$	$71,6 \pm 3,6$	$4,4 \pm 7,3$	$53,4 \pm 7,6$

Il est même remarquable, surtout en ce qui concerne les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ , que la concentration théorique calculée soit si éloignée de celle du fluide utérin. Ainsi ce dernier apparaît très riche en sodium alors que l'albumen ne s'enrichit que très peu en cet élément dans l'utérus tandis que la faible teneur en potassium du fluide utérin doit aller de pair avec un transfert énorme de même élément vers l'albumen. Il semble donc impossible d'expliquer les mouvements de ces deux ions par de simples phénomènes de diffusion passive, conclusion qui confirme celle de SMITH *et al.* (1954) et HOOVER et SMITH (1958).

Notons enfin que nous pouvons compléter les résultats de DRAPER en y ajoutant ceux obtenus ici sur le transfert du chlore qui semble se faire à peu près également dans le magnum et l'utérus avec une contribution moindre de l'isthme.

En résumé nous pouvons dire qu'au moment où l'œuf pénètre dans l'utérus, une grande part du contenu inorganique de l'albumen est déjà déposée sans oublier cependant que 80 p. 100 du potassium et 38 p. 100 du chlore seront transférés dans cet organe ; il convient par ailleurs d'y ajouter l'apport des ions  $\text{HCO}_3^-$  (BEADIE, CONRAD et SCOTT, 1938) et de 70 p. 100 de l'iode (OSHIMA *et al.*, 1963).

#### *Action d'une acidose métabolique sur le transfert des minéraux*

L'adjonction au régime des pondeuses de chlorure d'ammonium au taux de 3 p. 100 modifie grandement la teneur en éléments inorganiques de l'albumen de l'œuf pondu, à savoir : sodium — 19 p. 100, potassium + 11 p. 100, calcium + 225 p. 100, chlore + 34 p. 100, valeurs proches de celles rapportées en introduction.

Le résultat le plus intéressant réside à notre avis dans le fait que les différentes parties de l'oviducte sont très inégalement touchées par l'état d'acidose de la pondeuse. C'est ainsi que l'accroissement de teneur du blanc en K et Ca est uniquement dû aux transferts effectués dans l'utérus. Ce fait peut paraître logique dans le cas du potassium dont 80 p. 100 sont normalement apportés à ce niveau ; il n'en est pas de même pour le calcium dont 89 p. 100 sont, en l'absence de traitement, fournis par le magnum et l'isthme. Il est de plus remarquable que l'acidose multiplie par 10 la teneur théorique en Ca de la solution ajoutée à l'albumen dans l'utérus alors que la quantité apportée par le magnum reste, dans les mêmes conditions, rigoureusement constante.

Comme nous ignorons actuellement si l'acidose entraîne ou non un accroissement de la teneur en calcium du fluide utérin réel, deux hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer ce transfert exceptionnel de Ca *in utero* : soit la teneur du fluide utérin est inchangée et le Ca de l'albumen était en fait destiné à la formation de la coquille ; on sait en effet que des acidoses métaboliques réduisent le dépôt de  $\text{CaCO}_3$  sur la coquille mais que la fraction carbonate semble en être le principal responsable (MONGIN, 1968) ; soit, deuxième hypothèse, l'utérus, en présence d'une acidose générale, met en jeu des mécanismes identiques à ceux du néphron : MONGIN (1970) démontre en effet qu'une perfusion de HCl chez la poule provoque un accroissement d'excrétion rénale du calcium de 150 p. 100.

Les travaux d'ABELS (1936) et de SMITH *et al.* (1954) tendent par ailleurs à démontrer que le calcium pourrait être lié aux protéines du blanc ; nos résultats ne permettent pas de soutenir rigoureusement cette hypothèse mais il est en effet pos-

sible qu'une telle liaison existe au niveau du magnum puisque la quantité de calcium fournie par cet organe reste constante malgré le traitement appliqué. A l'opposé il est probable que le calcium ajouté à l'albumen *in utero* l'est sous forme ionisée.

En ce qui concerne les apports de sodium et de chlore, l'utérus est encore la partie de l'oviducte la plus affectée par l'ingestion de chlorure d'ammonium ; nous avons vu cependant que l'acidose exerce également une très légère action sur la teneur en Na du blanc (en  $\text{m}\mu\text{g/l}$  d'eau) au niveau de l'isthme. Le chlore enfin paraît être le seul élément dont l'apport au niveau du magnum soit modifié par le traitement, résultat qui peut s'expliquer simplement par une augmentation de la chlorémie. Nous avons en effet montré (SAUVEUR, 1969) qu'après ingestion continue de 3 p. 100 de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , la chlorémie s'accroît de 10 p. 100 environ alors que la calcémie et la kaliémie restent constantes ; dans les mêmes conditions la natrémie chute de 4 p. 100 environ ce qui est peut-être en rapport avec les phénomènes observés au niveau de l'isthme.

Notons que, sous l'effet de l'acidose, la quantité de sodium apportée par l'utérus diminue en même temps qu'augmente celle de potassium ; ceci pourrait être un argument en faveur d'un échange Na-K dans l'utérus lié à une réabsorption de sodium déjà évoquée (DRAPER, 1966 a). (1)

Rappelons cependant qu'à aucun moment de la formation de l'œuf nous n'avons trouvé, sous l'action du chlorure d'ammonium, de variations de la teneur en eau du blanc rapportée à la matière sèche ; ce fait confirme et complète des résultats antérieurs (HUNT et AITKEN, 1962 ; SAUVEUR, 1970) mais implique que les teneurs en eau et en sodium de l'albumen ne sont pas rigoureusement liées : le mécanisme responsable de l'apport massif d'eau *in utero* réclame donc encore de nombreux éclaircissements.

## RÉSUMÉ

Nous avons étudié les contributions respectives du magnum, de l'isthme et de l'utérus dans l'enrichissement en eau et en électrolytes (Na, K, Ca et Cl) de l'albumen de l'œuf chez des animaux témoins et chez d'autres recevant 3 p. 100 de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dans leur aliment. A chaque niveau de l'oviducte, les teneurs en chaque élément ont été calculées par rapport à la matière sèche ( $C_m$ , fig. 2) et à l'eau de l'albumen ( $C_a$ , fig. 3). Nous en avons déduit la part respective de chaque segment (fig. 4) et la composition théorique de la solution apportée dans l'utérus (fig. 5).

Il apparaît que les trois parties de l'oviducte apportent des électrolytes à l'albumen mais que l'isthme joue un rôle secondaire. Chez les animaux témoins, le magnum est prépondérant pour l'apport de Na et Ca, l'utérus pour celui du potassium. Ces résultats confirment dans l'ensemble ceux déjà connus.

L'acidose due à l'ingestion de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  altère grandement la composition de l'œuf pondu ; pour Na, K, Ca l'utérus est le seul responsable des modifications enregistrées ; pour le chlore le transfert effectué dans le magnum est légèrement accru mais la modification essentielle se situe également dans l'utérus. Sous l'effet de l'acidose  $\text{Cl}_e$  et  $\text{Ca}_e$  augmentent pendant la traversée de l'utérus qui devient dans ces conditions l'organe prépondérant.

Le fait que la contribution du magnum ne soit pas (ou très peu pour Cl) affectée par l'acidose fait penser qu'il doit exister deux modes de transport différents des minéraux dont le second (dans l'utérus) serait le seul sensible aux modifications de l'équilibre acido-basique général.

(1) Nous avons, pendant la publication de ce texte, démontré effectivement que l'apport de  $\text{K}^+$  *in utero* est accompagné d'une réabsorption de  $\text{Na}^+$  et que les deux flux sont égaux en valeur absolue (voir MONGIN et SAUVEUR, 1970).

## SUMMARY

## ACTION OF A METABOLIC ACIDOSIS ON IONS TRANSFERS IN HEN'S OVIDUCT

We have studied the respective contributions of magnum, isthmus and uterus in water and electrolytes (Na, K, Ca and Cl) enrichment in egg albumen of control animals and animals fed 3 per cent  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . In oviduct each element level has been calculated plotted to dry matter ( $C_m$ , fig. 2) and to albumen water ( $C_e$ , fig. 3). We have deduced the respective parts of each segment (fig. 4) and the theoretical composition of the solution provided to uterus (fig. 5).

It appears that the three parts of oviduct provide electrolytes to albumen, but that isthmus plays but a minor role. In control animals, magnum plays the leading part in Na and Ca supply, and uterus in potassium supply. On a whole, these results confirm results already known.

Acidosis due to  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ingestion greatly affects laid egg composition; uterus is the only organ involved in Na, K and Ca registered modifications; chloride transfer to magnum is slightly increased, but the main modification also occurs in uterus. Under the effect of acidosis,  $\text{Cl}_w$  and  $\text{Ca}_w$  increase during passage in uterus; in these conditions, uterus becomes the leading organ.

Magnum contribution being not effected by acidosis (except a small impact on Cl), we may think that two different forms of minerals transport exist; the second form (in uterus) would be the only one affected by modifications in general acid-base balance.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABELS J.-C., 1936. *J. Amer. Chem. Soc.*, **58**, 2609-2610. Cited by ROMANOFF A. L., ROMANOFF A. J., 1949. *The Avian Egg*, p. 355, John Wiley and Sons Inc., New York.
- BEADLE B. W., CONRAD R. M., SCOTT H. M., 1938. Composition of the uterine secretion of the domestic fowl. *Poultry Sci.*, **17**, 498-504.
- DRAPER M. H., 1966 a. *The accumulation of water and electrolytes in the egg of the hen*. In HORTON-SMITH C., AMOROSO B. C., *Physiology of the domestic fow* (B. E. M. B. Symposium n° 1), 63-74, Oliver and Boyd, Edinburgh and London.
- DRAPER M. H., 1966 b. Le transport des minéraux à l'albumen de l'œuf de poule. *Proc. 13th World's Poultry Congr.*, 338-341.
- EL JACK M. H., LAKE P. E., 1967. The content of the principal inorganic ions and carbon dioxide in uterine fluids of the domestic hen. *J. Reprod. Fert.*, **13**, 127-132.
- HOOVER G. N., SMITH A. H., 1958. Secretion of fluid by the shell gland of the laying hen. *Poultry Sci.*, **37**, 467-471.
- HUNT J. R., 1964. Electrolytes changes in albumen on feeding  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . *Poultry Sci.*, **43**, 1331 (Abstr.).
- HUNT J. R., AITKEN J. R., 1962. The effect of ammonium and chloride ions in the diet of hens on egg shell quality. *Poultry Sci.*, **41**, 434-438.
- MISRA M. S., KEMENY A., 1964. Studies on the oviduct and serum of fowls. I. Oxygen uptake, alkaline phosphatase activity, concentrations of phosphorus, calcium and magnesium in adult Hungarian Yellow hens. *Acta Vet. Hung.*, **14**, 387-397.
- MONGIN P., 1968. Role of acid-base balance in the physiology of egg shell formation. *World's Poultry Sci. J.*, **24**, 200-230.
- MONGIN P., 1970. Communication personnelle.
- MONGIN P., SAUVEUR B., 1970. Composition du fluide utérin et de l'albumen durant le séjour de l'œuf dans l'utérus chez la poule domestique. *C. R. Acad. Sci., Sér. D.* **270**, 1715-1718.
- OSHIMA M., SUZUKI M., NOZAKI H., 1963. On the albumen secretion in the laying hen II. The addition of mineral elements into the albumen during the passage of the egg in the oviduct, in special reference to 131 I. *Summ. rep. Bull. Nation. Inst. Anim. Industr.* **1**, 18-19.
- PEARL R., CURTIS M. R., 1912. Studies on the physiology of reproduction in the domestic fowl. V. Data regarding the physiology of the oviduct. *J. Exp. Zool.*, **12**, 99-132.
- SAUVEUR B., 1969. Acidoses métaboliques expérimentales chez la Poule pondeuse. I. Action sur l'équilibre acido-basique du sang et l'excrétion rénale des électrolytes. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.* **9** (3), 379-391.
- SAUVEUR B., 1970. Acidoses métaboliques expérimentales chez la Poule pondeuse. II. Action sur la composition minérale de l'albumen de l'œuf. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.* **10** (1), 81-100.
- SCOTT H. M., HUGHES J. S., WARREN D. C., 1937. Augmentation of nitrogen to the egg white after formation of the shell membranes in the fowl. *Poultry Sci.*, **16**, 53-61.

- SMITH A. H., WILSON W. O., BROWN J. G., 1954. Composition of eggs from individual hens maintained under controlled environments. *Poultry Sci.*, **33**, 898-908.
- TAYLOR T. G., HERTELENDY F., 1960. Parallel distribution of calcium and citric acid in the oviduct of the hen. *Nature*, **187**, 244-245.
-