LE DÉVELOPPEMENT TESTICULAIRE CHEZ LE COQ

II. — MORPHOLOGIE DE L'ÉPITHÉLIUM SÉMINIFÈRE ET ÉTABLISSEMENT DE LA SPERMATOGENÈSE

M. de REVIERS

avec la collaboration technique de Christiane RICHETIN et de J.-P. BRILLARD

*Station de Recherches avicoles,
Centre national de Recherches de Tours, I. N. R. A.,
37 - Nouzilly*

RÉSUMÉ

Chez le Coq *Rhode* × *Wyandotte* (souche M 41) élevé en photopériode constante de 16 h/24 h, l'établissement de la spermatogenèse s'effectue en 3 phases successives correspondant à celles de la croissance pondérale des testicules (de REVIERS, 1971 a) :

— *phase prépubère* : tandis que le poids testiculaire augmente lentement de 2 à 60 mg (entre l'éclosion et l'âge de 6 semaines) les cellules de soutien, précurseurs des cellules de Sertoli, se multiplient activement ; la différenciation spermatogénétique est limitée à la formation de quelques spermatocytes I qui sont présents dès l'éclosion ;

— *phase pubère* : le poids testiculaire augmente rapidement jusqu'à 5 g (de 6 à 15 semaines) ; les cellules de soutien évoluent peu à peu en cellules de Sertoli qui cessent apparemment de se multiplier. Les cellules germinales prolifèrent et se différencient jusqu'au stade spermatozoïde qui est atteint à partir du poids testiculaire de 1 g ;

— *phase adulte* : au-delà de 5 g, la croissance testiculaire est marquée par un ralentissement important de sorte que le poids des testicules n'augmente plus significativement après l'âge de 20 semaines ; ce poids est alors en moyenne de 10 g. Chez les coqs adultes, la production quotidienne de spermatides est alors en moyenne de 100 millions par gramme de testicule.

INTRODUCTION

Un premier travail effectué chez le Coq *Rhode* × *Wyandotte* (souche M 41) élevé en photopériode constante de 16 h par jour a montré que la croissance des testicules est due essentiellement au développement en diamètre et en longueur des tubes séminifères et qu'elle s'effectue suivant une courbe sigmoïde (de REVIERS, 1971 a).

Dans le présent article, nous abordons la cytologie et l'histologie de l'épithélium séminifère du Coq, puis l'étude quantitative de l'établissement de la spermatogénèse, entreprise chez les mêmes animaux que précédemment. Une telle étude semble en effet n'avoir jamais été effectuée chez le Coq.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données concernant les animaux, les conditions d'élevage, le prélèvement des testicules et leur préparation pour l'histologie sont rapportées par ailleurs (de REVIERS, 1971).

Les observations cytologiques et histologiques que nous avons effectuées chez le Coq (cf. Résultats, A et B) nous ont amené à distinguer 4 catégories cellulaires pour l'étude quantitative :

- « cellules germinales basales » (gonocytes, spermatogonies et spermatocytes I préleptotène) ;
- spermatocytes I en prophase méiotique ;
- spermatides rondes.

Après avoir constaté l'absence de différences significatives entre les nombres moyens de cellules d'une région à l'autre des mêmes testicules, nous avons effectué les numérations dans une seule coupe de la région équatoriale de chaque testicule, à raison de 10 sections transversales de tubes séminifères prises au hasard dans chaque coupe.

Les nombres N_0 observés pour les cellules germinales ont été corrigés selon ABERCROMBIE (1946) pour obtenir le nombre de centres cellulaires effectivement présents dans les coupes et permettre les comparaisons quantitatives entre les différentes catégories cellulaires. La relation utilisée est la suivante :

$$N_c = \frac{e}{e + d} \cdot N_0$$

où N_c est le nombre corrigé, e l'épaisseur de coupe (7 μ) et d le diamètre nucléaire moyen de la catégorie cellulaire envisagée. Nous avons obtenu les valeurs suivantes pour $e/(e + d)$:

- 0,54 pour les cellules germinales basales ;
- 0,53 pour les spermatocytes I en prophase méiotique ;
- 0,66 pour les spermatides rondes.

Cette correction ne peut être appliquée aux cellules de soutien et de Sertoli en raison de la forme irrégulière de leurs noyaux ; il y a donc appréciation par excès du nombre de ces cellules.

Le nombre total N_t de cellules germinales contenues dans chaque testicule a été calculé par la relation :

$$N_t = N_c \cdot \frac{L_t}{e} \cdot 10^6$$

où L_t est la longueur totale des tubes séminifères (en mètres) : nous l'avons calculée par ailleurs (de REVIERS, 1971). En remplaçant dans cette relation N_c par N_0 , nous obtenons une approximation par excès du nombre total de cellules de soutien et de Sertoli par testicule.

RÉSULTATS

A. — Cytologie de l'épithélium séminifère du Coq

I. Les cellules germinales.

1. Les spermatogonies.

Les générations spermatogoniales successives du Coq sont morphologiquement peu différentes les unes des autres (pl. I, 1). Leur chromatine est peu chromophile ; elle forme un réseau parsemé de petits granules plus ou moins nombreux. Les nucléoles sont de petite taille. La forme des noyaux permet de distinguer deux catégories

de spermatogonies (pl. I, 1) : les unes ont un noyau ovoïde de taille variable (maximum : $6 \times 9 \mu$) ; les autres ont un noyau arrondi et plus petit ($\varnothing$ 4,5 à 6μ). Les spermatogonies ovoïdes n'ont pu être distinguées des gonocytes.

2. Les spermatocytes.

Les spermatocytes I *préleptotène* du Coq ressemblent aux spermatogonies à noyau arrondi et ne peuvent en être distingués que s'ils se trouvent en position plus centrale dans les tubes séminifères que les noyaux des cellules de Sertoli ; le stade *leptotène* est caractérisé par l'apparition d'un réseau de fins filaments chromophiles ; au stade *zygotène* (pl. II, 2), le réseau des chromosomes, devenu très chromophile subit une polarisation et forme un croissant à l'intérieur des noyaux ; puis les chromosomes épaississent ; cet épaississement se poursuit pendant le stade *pachytène* (pl. II, 1) caractérisé en outre par une dispersion des chromosomes dans le noyau ; au stade *diffus* (pl. I, 2), les contours des chromosomes sont devenus peu nets ; enfin la condensation des chromosomes est maximum pendant le stade *diacinèse* où le noyau ne contient plus que quelques masses de chromatine disposées contre la membrane nucléaire.

Le passage de l'une à l'autre de ces différentes étapes est progressif : si nous les avons identifiées, nous n'avons, par contre, pas pu les délimiter avec précision.

Les spermatocytes II (pl. II, 2) ont un noyau arrondi mais de plus petite taille ($\varnothing$ 5μ) que ceux des spermatocytes I ; leur chromatine forme un réseau diffus dans lequel sont réparties de petites masses chromophiles.

3. Les spermatides.

Nous avons reconnu 8 étapes au cours de la spermiogenèse et les avons réparties en 3 catégories : spermatides rondes « R », en élongation « el », allongées « L ».

a) *Les spermatides rondes* : à l'étape R_1 (pl. I, 2) elles ont un noyau très semblable à celui des spermatocytes II mais plus petit ($\varnothing$ $3,5 \mu$) ; à l'étape R_2 , le réseau chromatique a disparu (pl. I, 3) puis les masses de chromatine fusionnent à la périphérie des noyaux dont le centre devient clair à l'étape R_3 (pl. I, 1) ; à ce moment le diamètre nucléaire des spermatides n'est plus que $3,1 \mu$.

b) *Les spermatides en élongation* : la contraction nucléaire commencée chez les spermatides rondes passe par un maximum à l'étape el_4 (pl. I, 4) et donne aux noyaux une forme de croissant ou légèrement étoilée ; ces noyaux deviennent ensuite piriformes avec une chromophilie intense à la périphérie mais faible ou nulle au centre (étape el_5) ; à ce moment les spermatides orientent leur pointe vers les noyaux de Sertoli et forment des faisceaux ; l'élongation se poursuit et la chromophilie d'ensemble devient homogène tout en diminuant légèrement (pl. I, 2).

c) *Les spermatides allongées* : à l'étape L_6 (pl. I, 3), la longueur des noyaux est maximum ($1 \times 14 \mu$) puis une nouvelle contraction nucléaire survient (la taille des noyaux atteint alors $0,5 \times 9 \mu$) qui s'accompagne d'une augmentation de chromophilie et d'une courbure des noyaux (étape L_7 , pl. I, 4) ; la migration centripète des spermatides a lieu simultanément ; à la fin de celle-ci, toutes les spermatides sont rassemblées en bordure de la lumière des tubes séminifères (étape L_8 , pl. I, 4) où elles seront rejetées, étant alors devenues des spermatozoïdes.

L'évolution de l'appareil acrosomique, mis en évidence par l'APS, ne nous a pas permis de classer les étapes de la spermiogenèse avec plus de précision car l'acrosome est de taille très réduite chez le Coq. Indiquons cependant que le granule proacrosomique apparaît à l'étape R_1 ; il grossit et se transforme en granule acrosomique au début de l'étape R_2 ; à la fin de celle-ci, il s'accôle au noyau qu'il déprime légèrement ; l'acrosome s'aplatit à l'étape R_3 et prend une forme de cône lors de l'élongation des spermatides. Ni vésicule ni coiffe acrosomiques ne sont apparentes.

II. *Les cellules de soutien et de Sertoli.*

1. *Les cellules de soutien.*

Elles ont des noyaux polymorphes de taille variable (3×4 à $2 \times 5 \mu$, pl. II, 3), assez fortement chromophiles avec une chromatine diffuse contenant de nombreux petits granules très colorables répartis dans tout le noyau.

2. *Les cellules de Sertoli.*

Elles ont des noyaux de forme irrégulière, parfois ovoïde (pl. I, 1) avec de profondes invaginations de la membrane nucléaire. Le grand axe de ces noyaux est toujours orthogonal à la membrane basale ; leur taille, variable, atteint jusqu'à $7 \times 9 \mu$. La chromatine s'y présente sous forme d'un fin réseau peu colorable, sauf au voisinage de la membrane nucléaire où elle est plus dense ; un ou plusieurs petits granules très chromophiles sont accolés au nucléole.

Ces caractères morphologiques nous permettent de situer l'apparition des premières cellules de Sertoli typiques vers l'âge de 7 semaines.

B. — *Structure de l'épithélium séminifère*

I. *Chez le poussin à l'éclosion.*

Les tubes séminifères de poussin montrent une couche périphérique de cellules de soutien entre lesquelles s'intercalent quelques cellules germinales, d'autres cellules germinales étant en position plus centrale. Ces cellules germinales ne présentent pas toutes le même degré d'évolution suivant les sections de tubes séminifères. Certaines sections n'en contiennent que quelques-unes, tout à fait semblables aux spermatogonies ovoïdes (pl. II, 3). D'autres sections, plus évoluées, contiennent des cellules germinales plus nombreuses dont les plus différenciées sont chez 3 des 5 poussins étudiés, des spermatocytes I zygotène (pl. II, 4). Ainsi l'entrée en fonctionnement de la spermatogenèse ne se fait pas simultanément dans tous les tubes séminifères d'un même testicule. Ce phénomène est évident dès l'éclosion et peut être observé jusqu'à l'âge de 12 semaines.

Bien que des spermatocytes I soient présents dès l'éclosion, ce n'est qu'à partir d'un âge moyen de 7 semaines (poids testiculaire correspondant : 100 à 250 mg) que nous observons les premières spermatides rondes. Les spermatides allongées apparaissent vers 8 à 9 semaines. Enfin les premiers spermatozoïdes sont observés dans les voies déférentes quand le poids testiculaire est de 1 g environ, c'est-à-dire vers l'âge de 12 semaines.

Il semble bien que les spermatides rondes n'apparaissent que dans les tubes où les cellules de soutien sont morphologiquement tout à fait différenciées en cellules de Sertoli.

II. Chez le Coq adulte.

Dans chaque section transversale de tube séminifère, les différentes générations de cellules germinales se présentent toujours dans le même ordre en allant de la membrane basale vers la lumière, suivant le schéma classique. Ainsi nous observons successivement chez le Coq :

- une ou deux couches de cellules germinales basales ;
- une à trois couches de spermatocytes I ;
- une à trois couches de spermatides, comprenant toujours des spermatides rondes ;
- enfin quelques noyaux de cellules de Sertoli s'intercalent entre les spermatogonies et les spermatocytes I.

Chacune de ces couches est formée de groupes juxtaposés de cellules germinales au même stade de la spermatogenèse. L'effectif de ces groupes est difficile à apprécier avec précision car ils ne peuvent en général être délimités rigoureusement.

Si les différentes générations de cellules germinales du Coq se présentent dans un ordre déterminé à l'intérieur des tubes séminifères, il ne nous semble pas, par contre, que l'une quelconque de ces générations soit associée de manière fixe aux autres générations (même si l'on observe les coupes de tubes séminifères secteur par secteur). Aussi n'avons-nous pu définir jusqu'à maintenant les associations cellulaires typiques de cet épithélium séminifère, si toutefois elles existent chez le Coq.

C. — Étude quantitative

I. Les cellules de soutien et de Sertoli.

Leur nombre moyen par section orthogonale de tube séminifère (coupe d'épaisseur 7μ) augmente rapidement de 20 à 40 lorsque le poids testiculaire croît de 2 à 50 mg (fig. 1 a). Puis ce nombre diminue jusqu'à 10 et ne varie plus significativement lorsque le poids testiculaire dépasse 5 g.

Le nombre total par testicule de ces mêmes cellules augmente rapidement jusqu'à ce que le poids testiculaire atteigne 1 g et ne s'accroît plus que lentement ensuite (fig. 1 b). Dans ce dernier cas il y a cependant une corrélation significative ($r = 0,43$) entre les deux paramètres étudiés (tabl. 1).

II. Les cellules germinales.

L'évolution du nombre de cellules germinales par section transversale de tubes séminifères ou par testicule est la même pour chacune des 3 catégories étudiées (fig. 2, 3 et 4). Ce nombre augmente jusqu'au poids testiculaire de 5 g puis ne présente plus de variations significatives (fig. 2 a, 3 a et 4 a). Il est alors en moyenne de 100 pour les cellules germinales basales et les spermatocytes I mais atteint près du double pour les spermatides rondes.

Le nombre total par testicule de chacune de ces catégories est en relation linéaire avec le poids testiculaire (fig. 2 b, 3 b et 4 b). Le tableau 1 donne les équations de régression et montre que les corrélations obtenues sont élevées ($r = 0,95$) et très hautement significatives malgré d'importantes fluctuations individuelles. Ainsi, pour le poids testiculaire de 9-10 g, le nombre total de spermatides rondes contenues dans les testicules varie de 1,5 à 3,7 milliards (moyenne : 2,5 milliards).

FIG. 1 a et 1 b. — Évolution en fonction du poids testiculaire du nombre des cellules de soutien et de Sertoli par section transversale de tubes séminifères (fig. 1 a) ou par testicule (fig. 1 b) chez les Coqs Rhode $\times$ Wyandotte élevés en photopériode constante de 16 h/24 h (épaisseur de coupe : 7 μ).

FIG. 2 a et 2 b. — Évolution en fonction du poids testiculaire du nombre des « cellules germinales basales » (« CGB ») par section transversale de tubes séminifères (fig. 2 a) ou par testicule (fig. 2 b) chez les Coqs Rhode $\times$ Wyandotte élevés en photopériode constante de 16 h/24 h (épaisseur de coupe : 7 μ).

FIG. 3 a et 3 b. — Évolution en fonction du poids testiculaire du nombre des spermatocytes I (SpC I) en prophase méiotique par section transversale de tubes séminifères (fig. 3 a) ou par testicule (fig. 3 b) chez les Coqs Rhode × Wyandotte élevés en photopériode constante de 16 h/24 h (épaisseur de coupe : 7 μ).

FIG. 4 a et 4 b. — Évolution en fonction du poids testiculaire du nombre des spermatides rondes (Spd R) par section transversale de tubes séminifères (fig. 4 a) ou par testicule (fig. 4 b) chez les Coqs Rhode $\times$ Wyandotte élevés en photopériode constante de 16 h/24 h (épaisseur de coupe : 7 μ).

TABLEAU I

Corrélations et régressions entre le poids testiculaire et les nombres totaux par testicule de cellules de soutien et de Sertoli, de cellules germinales basales, de spermatocytes I en prophase méiotique et de spermatides rondes au cours de l'établissement de la spermatogenèse chez le Coq Rhode × Wyandotte élevé en photopériode de 16 h/24 h (millions de cellules par gramme de testicule).

Catégorie cellulaire	Régression	Corrélation	Signification
Cellules de soutien et de SERTOLI (1)	$y = 5,98x + 85,7$	0,43	$P < 0,01$
Cellules germinales « basales »	$y = 130x + 100$	0,92	$P < 0,01$
Spermatocytes I en prophase méiotique	$y = 148x + 28$	0,95	$P < 0,01$
Spermatides rondes	$y = 269x - 52$	0,95	$P < 0,01$

(1) Pour les poids testiculaires moyens de 1 g et plus.

FIG 5. — Évolution en fonction du poids testiculaire du rapport
Nombre corrigé de spermatides rondes (Spd R)

$R = \frac{\text{Nombre corrigé de spermatides rondes (Spd R)}}{\text{Nombre corrigé de spermatocytes I (SpC I) en prophase méiotique}}$
chez les Coqs Rhode × Wyandotte élevés en photopériode constante de 16 h/24 h (épaisseur de coupe : 7 μ).

DISCUSSION

A. — *Cytologie de l'épithélium séminifère*I. *Les spermatogonies.*

L'identification précise de plusieurs catégories de spermatogonies ne semble pas avoir été faite chez les Oiseaux. Pour le Coq, MILLER (1938) n'en a décrit qu'un seul type sans donner de critères qui permettent de distinguer les spermatogonies des spermatocytes I préleptotène qu'il décrit à part. LAKE (1956) sépare les spermatogonies du Coq en deux catégories, 1 et 2 ; ses résultats montrent clairement que les spermatogonies 2 sont en fait des spermatocytes I en prophase méiotique, voire même en première division de maturation.

Chez la Caille, YAMAMOTO, TAMATE et ITIKAWA (1967) décrivent 3 catégories de spermatogonies, A, In, et B, toutes à noyau ovoïde, qu'ils opposent aux spermatocytes I préleptotène à noyau arrondi. Les critères de forme et de taille des noyaux, et les modifications d'aspect de la chromatine sur lesquels s'appuient ces auteurs nous paraissent insuffisamment précis. En effet la taille des noyaux et l'aspect de la chromatine peuvent varier non seulement d'une génération à l'autre mais encore dans une même génération, en fonction des stades du cycle cellulaire.

II. *Les spermatocytes I.*

Notre classification des étapes de la prophase méiotique est à peu près la même que celle de MILLER (1938). N'ayant pu délimiter ces étapes avec précision sur coupes histologiques, nous n'avons effectué de comptages cellulaires que pour l'ensemble des spermatocytes I en prophase méiotique. Le rendement de celle-ci n'a donc pu être évalué.

III. *Les spermatides.*

Aucune classification précise des étapes de la spermiogenèse du Coq ne semble avoir été proposée. Certaines des modifications que nous avons décrites pour la chromatine des spermatides ont été observées par MCINTOSH et PORTER (1967) en microscopie électronique ; elles correspondraient à des remaniements des nucléoprotéines.

ZLOTNIK (1947) a généralisé certains événements de la spermiogenèse d'une manière erronée. Selon lui l'élongation des spermatides passe par une phase où les noyaux s'enroulent sur eux-mêmes en formant une boucle qui se déroule ultérieurement. Nous avons effectivement observé de telles spermatides, mais seulement dans les cas de spermiogenèse anormale, relativement rares chez le Coq adulte : moins de 1 p. 100 des spermatides allongées présentent des signes évidents de dégénérescence.

IV. *Cellules de soutien et de Sertoli.*

La transformation des cellules de soutien en cellules de Sertoli est progressive chez le Coq ; il est donc difficile de caractériser exactement l'apparition des premières cellules de Sertoli typiques. Les modifications morphologiques qui ont lieu lors de

cette transformation doivent correspondre à des modifications fonctionnelles importantes car il semble n'exister de spermatides rondes que dans les tubes séminifères où sont apparues des cellules de Sertoli tout à fait différenciées au plan morphologique.

B. — *Structure de l'épithélium séminifère*

Les associations cellulaires de l'épithélium séminifère du Coq nous sont apparues de composition tout à fait variable. Nous n'avons donc pas pu déterminer de cycle de l'épithélium séminifère chez cette espèce. Il ne nous a donc pas été possible de nous appuyer sur cette notion pour repérer avec précision les différentes étapes de la spermatogenèse. C'est une difficulté importante pour l'étude quantitative de celle-ci.

La situation serait assez semblable chez la Caille d'après les observations de YAMAMOTO, TAMATE et ITIKAWA (1967). Mais un cycle de l'épithélium séminifère a été décrit chez le Canard par SCHÖNEBERG (1913) puis par CLERMONT (1958).

L'étude histologique de l'épithélium séminifère des Oiseaux est d'autant plus difficile à faire que chaque génération cellulaire n'occupe que de petits segments d'épithélium séminifère, dont la surface nous paraît encore plus réduite que chez l'Homme (CLERMONT, 1967).

En outre, il ne peut exister d'associations cellulaires typiques que si la durée de vie de chaque génération cellulaire est constante, ce qui implique notamment que les spermatogonies souches se divisent à des intervalles de temps fixés. Il semble bien que la méiose et la spermiogenèse aient une durée constante chez le Coq (de REVIERS, 1968) mais nous ne savons rien de la chronologie des générations spermatogoniales. Or les moindres variations de durée à ce niveau peuvent avoir des répercussions importantes sur la composition des associations cellulaires, étant donné la rapidité des étapes ultérieures de la spermatogenèse chez le Coq.

C. — *Établissement de la spermatogenèse*

De même que la croissance des testicules, le démarrage de la spermatogenèse semble plus tardif chez les coqs de souche lourde *White Plymouth Rock* : KUMARAN et TURNER, 1949) que chez les souches légères.

L'entrée en fonctionnement des différentes lignées germinales n'a pas lieu au même moment dans tous les segments de tubes séminifères du Coq ; cette constatation a déjà été faite chez plusieurs espèces de Mammifères (COURROT, HOCHEREAU-de REVIERS et ORTAVANT, 1970) ; elle montre que l'établissement de la spermatogenèse est un phénomène progressif à la fois dans le temps et dans l'espace.

Chez le Coq il est possible que les lignées germinales n'entrent en activité que par petits groupes, voire même isolément ; cette hypothèse pourrait expliquer que chaque génération de cellules germinales n'occupe que des segments d'épithélium séminifère de surface réduite chez l'adulte.

1. *Étude quantitative.*

a) *Les cellules de soutien et de Sertoli.*

Au-delà du poids testiculaire de 1 g, tout se passe comme si les cellules de soutien perdaient le pouvoir de se multiplier en se différenciant puisque leur nombre total par testicule n'augmente que très lentement. Ce phénomène explique que le nombre

de cellules de soutien et de Sertoli par section de tubes séminifères diminue lorsque ces tubes poursuivent leur développement.

Ce phénomène rappelle les observations faites chez l'Agneau (COUROT, 1962), le Taureau (ATTAL et COUROT, 1963) et le Rat (CLERMONT et PEREY, 1957 ; NAGY, 1970) mais chez ces espèces il semble que la multiplication des cellules de soutien cesse complètement lorsqu'elles se transforment en cellules de Sertoli.

b) *Les cellules germinales.*

L'augmentation du nombre total de toutes les catégories de cellules germinales au cours de la croissance testiculaire provient en grande partie de l'entrée en fonctionnement de nouvelles lignées germinales. ATTAL et COUROT (1963) ont montré chez le Taureau que le nombre de spermatogonies souches contenues dans les testicules augmente bien après la puberté.

Mais ces mêmes auteurs constatent en outre que le rendement des différentes étapes de la spermatogenèse n'atteint sa valeur définitive que bien après l'apparition des premiers spermatozoïdes. Nous n'avons pu évaluer ce rendement chez le Coq, sinon pour les divisions méiotiques ; dans ce cas nous avons étudié l'évolution du rapport $R = Q_2/Q_1$ où Q_1 et Q_2 sont respectivement des estimations de la production quotidienne de spermatocytes I et de spermatides rondes. Cette production est elle-même évaluée par la relation $Q = N_i/\theta$ où N_i est le nombre total des cellules d'une catégorie donnée dans les testicules et θ la durée de vie de cette catégorie ($\theta_1 = 5,5$ j pour la prophase méiotique ; $\theta_2 = 2,5$ j pour les spermatides rondes : de REVIERS, 1968, et données non publiées).

Nous avons obtenu pour les coqs adultes de cette expérience :

$$Q_1 = 27 \cdot 10^8 \text{ spermatocytes I/g de testicule/jour ;}$$

$$Q_2 = 102 \cdot 10^6 \text{ spermatides rondes/g de testicule/jour.}$$

soit $Q_2/Q_1 = 3,8$, valeur très proche du rendement théorique des divisions méiotiques.

L'évolution de ce rapport au cours de l'établissement de la spermatogenèse montre que le rendement de la méiose semble bien augmenter de façon très importante entre l'apparition des spermatides rondes à 7 semaines et 15 semaines (poids testiculaire de 5 g). Au-delà le rendement de la méiose paraît avoir atteint sa valeur définitive.

Notre calcul de rendement fait intervenir la durée θ qui n'est connue qu'avec une assez faible précision (10 à 20 p. 100) ; nous n'avons pu vérifier que θ ait la même valeur chez le jeune et chez l'adulte, mais ceci semble très probable d'après ce que l'on sait des Mammifères (Agneau : COUROT, 1962 ; Taureau : ATTAL et COUROT, 1963 ; Rat : HOCHEREAU-de REVIERS, communication personnelle).

De plus nous observons des dégénérescences de spermatocytes I lors de l'établissement de la spermatogenèse : elles conduisent à sous-estimer Q_1 pendant cette période, donc à surestimer le rendement des divisions méiotiques.

Accessoirement, il faut noter que l'activité spermatogénétique du Coq est remarquablement élevée, bien supérieure à celle des Mammifères (AMANN, 1970) mais comparable à celle du Poisson *Poecilia reticulata* (BILLARD, 1969).

En conclusion, cette étude montre que l'établissement de la spermatogenèse se produit d'une manière très analogue chez le Coq et les Mammifères et se trouve en relation assez étroite avec le développement pondéral des testicules.

Reçu pour publication en mai 1971.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF THE TESTIS IN THE RHODE $\times$ WYANDOTTE COCKERELI. — PONDERAL GROWTH OF THE TESTES AND DEVELOPMENT
OF THE SEMINIFEROUS TUBULESII. — MORPHOLOGY OF THE SEMINIFEROUS EPITHELIUM
AND SETTING UP OF THE SPERMATOGENESIS

Using ponderal and histological criteria, the following observations have been made on 150 Rhode $\times$ Wyandotte cockerels from hatching to 34 weeks of age. These animals have been reared under 16 h/24 h photoperiod.

Testes grow slowly between the 6th and the 20th weeks. During these two periods, testis weight is highly correlated with age, after the 20th week, increase in testicular weight is not statistically significant. A semi-log plot shows that, in fact, the increase in weight is exponential until the 15th week.

Furthermore, testis and body weights are highly correlated, showing linear relationships when plotted using log-log scales. A change in the slope of this log-log plot indicates faster growth of the testes when body weight is over 500 g.

The main factor in testicular growth is the expansion of the seminiferous tubules whose relative volume in the testis reaches the final value of 95 p. 100 when the mean testis weight is 1 g. or more. The seminiferous tubules show simultaneous development of their diameter and length, but only the length continues to increase after the mean testicular weight has reached 5 g.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABERCROMBIE M., 1946. Estimation of nuclear population from microtome sections. *Anat. Rec.*, **94**, 238-248.
- AMANN R. P., 1970. Sperm production rates. In *The Testis*, JOHNSON A. D., GOMES W. R., VAN DEMARK N. L., **1**, 433-482.
- ATTAL J., COUROT M., 1963. Développement testiculaire et établissement de la spermatogenèse chez le Taureau. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, 219-241.
- BILLARD R., 1969 b. La spermatogenèse de *Poecilia reticulata*. II. La production spermatogénétique. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **9**, 307-313.
- CLERMONT Y., 1958. Structure de l'épithélium séminal et mode de renouvellement des spermatogonies chez le canard. *Arch. Anat. micr. Morph. exp.*, **47**, 47-66.
- CLERMONT Y., 1967. Cinétique de la spermatogenèse chez les Mammifères. *Arch. Anat. micr.*, **56**, suppl. au n° 3-4, 7-60.
- CLERMONT Y., PEREY B., 1957. Quantitative study of the cell population of the seminiferous tubules in immature rats. *Am. J. Anat.*, **100**, 241-267.
- COUROT M., 1962. Développement du testicule chez l'Agneau. Établissement de la spermatogenèse. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **2**, 25-41.
- COUROT M., HOCHEREAU-de REVIERS M. T., ORTAVANT R., 1970. Spermatogenesis. In *The Testis*, JOHNSON A. D., GOMES W. R., VAN DEMARK N. L., **1**, 339-432.
- HOCHEREAU-de REVIERS M. T., 1970. Communication personnelle.
- KUMARAN J. D. S., TURNER C. W., 1949. The normal development of testes in the *White Plymouth Rock*. *Poult. Sci.*, **28**, 511-520.
- LAKE P. E., 1956. The structure of the germinal epithelium of the fowl testis with special reference to the presence of multinuclear cells. *Quart. J. micr. Sci.*, **97**, 487-497.
- MAC INTOSH J. R., PORTER K. R., 1967. Microtubules in the spermatids of the domestic fowl. *J. Cell. Biol.*, **35**, 153-173.
- MILLER R. A., 1938. Spermatogenesis in a sex reversed female and in normal males of the domestic fowl *Gallus domesticus*. *Anat. Rec.*, **70**, 155-190.
- NAGY F., 1970. Autoradiographic and morphological investigations of the Sertoli cells in developing, mature, and cryptorchid rat testes. *Diss. Abstr. Inter.*, **31**, 27 B-28 B.

- REVIERS M. de, 1968. Détermination de la durée des processus spermatogénétiques chez le Coq à l'aide de thymidine tritiée. *VI^e Cong. intern. Reprod. anim. Insém. artif.*, Paris, 1968, **1**, 183-185.
- REVIERS M. de, 1971 a. Le développement testiculaire chez le Coq. I. Étude pondérale et histologique. *Ann. Biol. anim. Biophys. Bioch.*, **11**, 519-530.
- SCHÖNEBERG K., 1913. Die Samenbildung bei den Enten. *Arch. mikr. Anat.*, **83**, 324-369.
- YAMAMOTO S., TAMATE H., ITIKAWA O., 1967. Morphological studies on the sexual maturation in the male Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). II. The germ-cells types and cellular associations during spermatogenesis. *Tohoku. J. Agric. Res.*, **18**, 27-37.
- ZLOTNIK I., 1947. The cytoplasmic components of germ-cells during spermatogenesis in the domestic fowl. *Quart. J. micr. Sci.*, **88**, 353-365.
-

PLANCHE I

Spermatogenèse du coq adulte

FIG. 1

- Mb = membrane basale de l'épithélium séminifère.
 S = noyau de cellule de Sertoli ; 2 granules chromophiles sont associées au nucléole central.
 B = cellules germinales « basales », ovoïdes ou arrondies, et de taille variable.
 P = spermatocyte I pachytène.
 R₃ = spermatides rondes (étapes R₃ de la spermiogenèse).

FIG. 2

- Z = spermatocytes I au début du stade zygotène.
 D = spermatocytes I au stade diplotène diffus.
 R₁ = spermatides rondes (étape R₁ de la spermiogenèse).
 el₅ = spermatides en élongation (étape el₅ de la spermiogenèse) formant des faisceaux.

FIG. 3

- R₂ = spermatides rondes (étape R₂ de la spermiogenèse) ; comparer à R₁ (photo 2) et R₃ (photo 1).
 L₆ = spermatides longues en faisceaux de l'étape L₆ de la spermiogenèse.

FIG. 4

- el₄ = spermatides de l'étape el₄ de la spermiogenèse. Noter le « core » central chromophile des noyaux et leur périphérie intensément chromophile, à l'opposé des spermatides el₅ (photo 2).
 L₈ = spermatides allongées des étapes L₇ et L₈ de la spermiogenèse. Noter le changement de forme, de dimension et de chromophilie des noyaux après l'étape L₆ (photo 3).

PLANCHE II

*Spermatogenèse du coq adulte (fig. 1-2),
et coupes transversales de tubes séminifères
de poussin ♂ à l'éclosion (fig. 3-4)*

FIG. 1

P : spermatocytes I au début du stade pachytène.
C₂ : spermatocytes II — comparer leur morphologie à celle des
spermatides rondes R₁.

FIG. 2

B : cellules germinales « basales ».
Z : spermatocytes I en fin de stade zygotène.

FIG. 3

So : cellule de soutien — opposer à G, cellule germinale, sur la
même photo, et à S, cellule de SERTOLI (planche I, 1). Noter
la similitude entre les cellules germinales G et B (planches I, 1
et II, 2).

FIG. 4

Section transversale de tube séminifère du même testicule
qu'en 1, montrant des cellules germinales plus nombreuses et
plus différenciées, jusqu'au stade zygotène.