

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE  
DE LA SPERMATOGENESE  
DU TAUREAU ZEBU (BOS INDICUS)  
ÉTUDE CYTOLOGIQUE

THESE

présentée et soutenue publiquement le 30 juin 1978  
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE

(DIPLOME D'ETAT)

par

Théodore Adrien ALOGNINOUBA  
né le 12 février 1948 à ABOMEY

Président du jury : Professeur Humbert GIONO-BARBER  
de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

-o-o-o-

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT  
POUR L'ANNEE UNIVERSITAIRE 1977-1978

-----

I - Personnel à plein temps

- 1 - PHARMACIE-TOXICOLOGIE  
N.....
- 2 - PHYSIQUE MEDICALE-CHIMIE BIOLOGIQUE  
N.....
- 3 - ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE  
Pierre CUQ Professeur  
Charles Kondi AGBA Assistant  
Théodore ALOGNINOUBA Moniteur  
Germain SAWADOGO Moniteur
- 4 - PHYSIOLOGIE-PHARMACODYNAMIE-THERAPEUTIQUE  
Alassane SERE Maître-Assistant  
Emile TOIGBE Moniteur
- 5 - PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE  
N..... Professeur  
Paulus HERMANS Assistant  
Pierre Maurice TRONCY Assistant  
Armand François SENOU Moniteur
- 6 - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES D'ORIGINE ANIMALE  
N..... Professeur  
Malang SEYDI Assistant  
Jean-François GIOVANNETTI V.S.N.  
Kossi Jean ADOMEFA Moniteur
- 7 - MEDECINE ET ANATOMIE PATHOLOGIQUE  
N.....
- 8 - REPRODUCTION ET CHIRURGIE  
Jean FERNEY Professeur  
Yves LOBJOY V.S.N.  
ATREVI François Dieudonné Moniteur

.../...

9 -- MICROBIOLOGIE-PATHOLOGIE GENERALE-MALADIES CONTAGIEUSES  
ET LEGISLATION SANITAIRE

Jean CHANTAL	Professeur
Pierre BORNAREL	Assistant de Recherches
Justin Ayayi AKAKPO	Assistant

10 - ZOOTECHNIE-ALIMENTATION-DROIT-ECONOMIE

Ahmadou Lamine NDIAYE	Professeur
Balaam FACHO	Assistant

II - PERSONNEL VACATAIRE

PHARMACIE-TOXICOLOGIE

Oumar SYLLA : Pharmacie - Professeur Faculté de Médecine et Pharmacie  
Georges GRAS : Toxicologie - Professeur Faculté de Médecine et de Pharmacie  
Aly CISSE : Pharmacie-Toxicologie - Assistant Faculté de Médecine et de Pharmacie

PHYSIQUE-CHIMIE

Raymond PAULIN : Biophysique - Maître de Conférences, Fac. Méd. et de Pharmacie			
René NDOYE : Chargé d'Enseignement	"	"	"
Moussa FADJARA : Biophysique - Assistant	"	"	"
Mme Elisabeth DUTRUGE : Biochimie -Maître-Assistant -Fac de Méd. et de Pharmacie			
Bernard LANDRIEU : Biochimie - Assistant	"	"	"

AGRONOMIE

Simon BARRETO : Maître de Recherches - O.R.S.T.O.M.

BIOCLIMATOLOGIE

Cheikh BA : Maître-Assistant - Faculté des Lettres

BOTANIQUE

Guy MAYNART : Maître-Assistant - Faculté de Médecine et de Pharmacie

DROIT ET ECONOMIE RURALE

Mouhamadou M. NIANG - Chercheur à l'IFAN

ECONOMIE GENERALE

Roger NGOSSO : Assistant - Faculté des Sciences Juridiques et Economiques

.../...

III - PERSONNEL EN MISSION (Prévu pour 1977-78)

ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Mlle Monique WYERS : Maître de Conférences - E.N.V. - ALFORT

PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

J.P. BRAUN - Maître de Conférences - E.N.V. - TOULOUSE

CHIRURGIE

Jean LE NIHOUANEN : Maître de Conférences - E.N.V. LYON

MEDECINE

J.L. POUCHOLON · Maître-assistant Agrégé - E.N.V. - ALFORT

PHYSIOLOGIE

J. FARGEAS : Professeur - E.N.V. - TOULOUSE

PATHOLOGIE DU BETAIL

J. ESPINASSE : Professeur - E.N.V. - ALFORT

DENREOLOGIE

Ch. LABIE : Professeur - E.N.V. - TOULOUSE

JE DEDIE

CE MODESTE

TRAVAIL...

À ma mère,

Faible témoignage de ma profonde affection.  
Pour tous les sentiments dont tu m'as comblé et  
tous les sacrifices que tu as su consentir pour moi ;  
Reconnaissance infinie.

À mon père,

Pour te dire bien de choses

À ma femme,

Gage de notre profond amour

À ma fille Sénami Hermine Nadia,

Que ce travail soit pour toi un modeste exemple

À mon regretté oncle Nouatin Vincent

In memoriam

À toi Anastase, mon frère

À Maxime Kolawolé

Puisse ce travail vous inciter à mieux faire.

À Pierrette

À mes oncles Paulin, Dominique, Louis et Raymond,

À mes tantes

Toute mon affection.

À Zinvodé Célestin

Sessinou Emmanuel

Vous resterez toujours plus que des frères pour moi.  
Puisse ce travail servir à nous unir davantage pour  
le chemin encore à parcourir.

../..

À Yédjónou Jonas

En témoignage des années passées ensemble, d'une  
affection fraternelle spontanée et toujours soutenue.

À Akrombessi Koffi Desiré

Sékpé Jérôme

En témoignage d'une amitié

À Clément, Jérôme et Blaise SEKPCN

Aux familles SEKPCN et GUEDEGBE

ZOHOUN Tohossi, LOKO Médecin et SANNY

Reconnaissance et affection.

À Clément ASSOGBA,

J'ai trouvé auprès de toi, des qualités comme  
franchise, spontanéité et dévouement.

Toute ma reconnaissance pour tes conseils qui m'ont  
été hautement profitables.

À Christophe HODONOU,

Désiré GNIMADI,

Georges CHABLIS

El Hadj Serigne NDIAYE,

Oumar DIA

À GRÉNGBO René et à son épouse,

À AGUEMON, NAHUM, PINTO, BOKO, HOUNTONGBE, ABIOLA, ADEHAN...

À tous mes amis, trop nombreux pour être cités ici,

Qu'ils veuillent trouver dans cette formule vague mais  
seule capable de les embrasser tous,

le témoignage de toute mon amitié.

À la famille KOSSOU

.../...

A Théophile HAROLD LOKO

Au Docteur Kondi Charles AGBA,

A Bessan DANSOU

El Hadj Amadou CARTER DIOP

Profonde reconnaissance pour le soutien que vous  
m'avez apporté dans la réalisation de ce travail

A monsieur Bernard MARCHAND

Toute ma reconnaissance pour votre constante disponibilité

A Jérôme NDIAYE

Pierre NDIAYE

Moussa DIOP

CISSE

Pour votre participation active au travail technique,  
ma profonde gratitude.

Au Centre de Formation Rurale de Porto-Novo

A l'Ecole Nationale d'Agriculture de Tové

A l'Université Nationale du BENIN

A l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires

A tous nos Maîtres,

Nous avons reçu de vous une formation théorique  
et pratique soutenue.

Que ce travail puisse en être un modeste  
témoignage.

A tous nos camarades d'Ecole

En souvenir des années passées ensemble

.../..

À notre Président de thèse

Monsieur le Professeur Humbert GIONO-BARBER,  
Professeur de la Faculté de Médecine et de Pharmacie  
de Dakar.

Vous nous avez fait le grand honneur d'ac-  
cepter de presider le jury de notre thèse,  
Hommages respectueux et reconnaissants.

À Monsieur le Professeur Ahmadou Lamine NDIAYE,

Professeur et Directeur de l'E.I.S.M.V. de Dakar

Vous avez accepté de faire partie de notre jury  
de thèse; la rigueur et la méthode dans le tra-  
vail sont les souvenirs que nous garderons de  
vous.

Hommages reconnaissants.

À Monsieur le Professeur Philippe ANTHONIOZ,

Professeur de la Faculté de Médecine et de Pharmacie  
de Dakar

Vous avez accepté avec spontanéité de faire  
partie de notre jury de thèse et vous nous  
avez nourri de vos conseils,

Hommages respectueux

À Monsieur le Professeur Xavier MATTEI

Professeur de la Faculté des Sciences de Dakar,

Vous avez guidé nos premiers pas dans le  
domaine de la spermatologie, et par votre  
disponibilité constante vous nous avez  
suivi dans l'élaboration de ce travail.  
C'est avec une grande fierté que nous vous  
comptons parmi nos juges.

../..

À notre Maître, Monsieur le Professeur Pierre CUQ,  
Professeur de l'E.I.S.M.V. de Dakar,

Vous nous avez inspiré et dirigé ce travail dont vous avez façonné le modèle. Votre constante disponibilité, votre amour pour le travail bien fait, votre expérience et la rigueur de votre raisonnement scientifique ont été pour nous un apport précieux et hautement profitable.

Puisse ce travail, qui est aussi le vôtre, vous témoigner notre reconnaissance et notre profonde admiration.

"Par délibération, la Faculté et l'Ecole ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation".

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA SPERMATOGENESE  
DU TAUREAU ZEBU (BOS INDICUS)  
ETUDE CYTOLOGIQUE

## I N T R O D U C T I O N

Le zébu est l'espèce dominante du cheptel bovin de la région soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. Sa reproduction est caractérisée par un faible taux de fécondité (60 % selon VALMIZA et Coll., 1971 - 120). De nombreux zootechniciens des Centres d'Élevage et de Recherche de l'Afrique tropicale se sont intéressés à ce problème et les résultats de leurs travaux rendent compte du caractère difficile de cette reproduction. Par rapport à "Bos taurus", l'âge de la puberté est tardif (2 1/2 à 3 1/2 ans selon HAHADDEVAN, 1966-79) et la première saillie féconde plus tardive encore si bien que le premier velage se produit entre 4 et 5 ans (RADON, 1962-107) ; l'intervalle entre deux velages est très long (382 à 730 jours, 420 en moyenne ; CUQ, 1973-37), tous facteurs qui contribuent à abaisser le nombre des naissances chez la femelle zébu.

Les recherches entreprises depuis 1970 par le Professeur CUQ et son équipe ont confirmé le caractère difficile de la reproduction du zébu en montrant, par des techniques histologiques, qu'il existe chez la femelle des périodes de repos sexuel pouvant atteindre et dépasser 3 mois. Elles ont confirmé par ailleurs le caractère saisonnier de cette reproduction : au Sénégal, le quart des fécondations de l'année s'effectue en septembre, plus de la moitié entre août et octobre et près des 3/4 entre août et décembre (CUQ et Coll., 1974-39)

Il en est de même chez le mâle (CUQ, 1973-38) où les organes génitaux présentent des rythmes annuels particuliers liés à la photopériode (développement de la glande interstitielle), à l'alimentation (spermatogénèse et activité épидидymaire) et à des facteurs d'environnement multiples (activité des cellules interstitielles, de la prostate, de l'ampoule déférentielle et de la glande vésiculaire.)

..//..

C'est dans le cadre de ces recherches du laboratoire d'Anatomie, Histologie et Embryologie de l'École Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire<sup>S</sup> de Dakar que nous avons entrepris l'étude sur la cytologie de la spermatogénèse du zébu.

Le présent travail sera présenté en deux parties. La première traitera de la cytologie de la spermatogénèse des mammifères en général et plus particulièrement de "Bos taurus", en insistant sur le spermatozoïde qui est le terme ultime de l'évolution de la lignée spermatogénétique et dont la morphologie est d'importance primordiale pour les laboratoires de reproduction.

La deuxième partie, après un exposé des matériels et des méthodes, fera le bilan des résultats que nous avons obtenus.

La terminologie que nous utilisons dans ce travail est fondée sur la nomenclature histologique officielle des Nomina Anatomica (1977-92).

PREMIERE PARTIE

CYTOLOGIE GENERALE DE LA SPERMATOGENESE  
DES MAMMIFERES

DEFINITION

La spermatogénèse (spermatogenesis) est une longue série de transformations cytologiques qui s'effectuent dans le tube séminifère (Tubulus seminifer) et qui font qu'une cellule germinale souche, la spermatogonie (spermatogonium) donne naissance à une cellule libre et très différenciée, le spermatozoïde.

Dans l'ensemble, le processus de la spermatogénèse est le même chez tous les mammifères et se déroule en trois phases :

- La spermatocytogénèse au cours de laquelle les spermatogonies produisent les spermatocytes,
- La Méiose où les spermatocytes subissent deux divisions de maturation,
- la spermiogénèse durant laquelle les spermatides se transforment en spermatozoïdes.

Il existe toutefois des différences secondaires entre espèces. Elles se situent à la phase de multiplication spermatogoniale ou au cours de la spermiogénèse. Les spermatozoïdes eux-mêmes ont un aspect morphologique caractéristique de chaque espèce.

Cependant, sur les coupes du testicule (Testis), on observe dans le tube séminifère deux catégories de cellules qu'il faut différencier :

- la cellule de soutien
- les cellules de la lignée germinale.

En nous fondant sur les connaissances acquises chez les mammifères en général et plus particulièrement sur celles qui se rapportent à "Bos taurus", nous étudierons successivement :

- la cellule de soutien,
- la cytologie de la spermatocytogénèse,
- la cytologie de la méiose,
- la cytologie de la spermiogénèse,
- les spermatozoïdes.

## CHAPITRE PREMIER : LA CELLULE DE SOUTIEN

### 1.- DESCRIPTION GENERALE

Les cellules de soutien ou cellulæ sustentaculaires (Cellulæ sustentaculares) ou encore cellule de Sertoli sont fixées à la membrane basale de l'épithélium séminifère.

Sur des coupes transversales du tube séminifère, leurs limites sont généralement invisibles en microscopie photonique et SERTOLI les a décrites sous la forme d'un syncytium. Des sections parallèles à la lame basale de l'épithélium séminifère montrent cependant que les bases des cellules de soutien peuvent être identifiées sous la forme de surfaces polygonales à contour sinueux. Leur apex présente des prolongements cytoplasmiques qui dépassent souvent dans la lumière du tube séminifère (ELFTMANN, 1963-46). La microscopie électronique montre nettement les membranes cellulaires des cellules de soutien.

La forme de la cellule est très irrégulière et le cytolemme décrit des invaginations à l'intérieur desquelles se trouvent les cellules de la lignée germinale ; cette disposition se traduit sur les coupes par des images en "chandelier".

### 2.- LE NOYAU

Le noyau des cellules de soutien est situé près de la membrane basale. Il est généralement ovoïde et le plus souvent profondément échancré. Son nucléoplasme est relativement homogène. Le nucléole central est volumineux et comprend une portion acidophile ovale bordée par deux masses basophiles.

Le microscope électronique confirme l'aspect typique de ce nucléole qui comprend une partie centrale homogène de faible densité et deux masses noires adjacentes.

Le noyau n'a jamais été observé en division dans les testicules mûrs.

### 3.- LE CYTOPLASME ET LES FONCTIONS.

Le cytoplasme des cellules de soutien contient, entre autres, des gouttelettes de lipides, des filaments et des microtubules

On y observe aussi, en microscopie électronique, des vacuoles de résorption à l'intérieur desquelles se trouve un matériel plus ou moins dense qui témoigne d'une activité phagocytaire (CARR et Coll. 1968-27).

Le cristalloïde (Crystalloidum) décrit par CHARCOT et BOTCHNER n'est présent que dans les cellules de soutien de l'homme.

Le reticulum endoplasmique granulaire est peu abondant mais sa forme lisse constitue un réseau important de tubules qui sont généralement considérés comme le substrat morphologique de la production d'hormones stéroïdes.

Outre cette fonction, les cellules de soutien ont des rôles multiples. Elles supportent et protègent mécaniquement les cellules germinales en développement et participent à leur nutrition. Elles assurent aussi leur défense.

La cellule de soutien est très résistante à la chaleur, aux radiations ionisantes et à différents agents toxiques qui détruisent facilement la majorité des cellules de la lignée germinale.

CHAPITRE DEUXIEME : CYTOLOGIE DE LA SPERMATOCYTOGENESE

Il existe trois types de spermatogonies :

- les spermatogonies A, les plus jeunes
- les spermatogonies Intermédiaires
- les spermatogonies B, les plus différenciées.

1.- LES SPERMATOGONIES A.

La spermatogonie A (Spermatogonium A) est la spermatogonie poussiéreuse de REGAUD (1901-108) ou spermatogonie indifférente.

1.1. Description générale.

Les spermatogonies A sont les moins nombreuses des cellules germinales. Elles s'appuient sur la membrane basale du tube séminifère et sont logées comme les autres cellules de la lignée germinale dans les invaginations du cytolemme des cellules de soutien.

Les spermatogonies A sont des cellules volumineuses à noyau ovoïde dont le grand axe est parallèle à la membrane basale. Ce noyau est très pauvre en chromatine qui se répartit en petits grains groupés en trainées radiales autour du nucléole ou appliqués au hasard contre l'enveloppe nucléaire. Cependant, les préparations fixées au bichromate acétique et colorées selon la technique à l'hématéine-safranine de Rabl montrent dans le noyau quelques croûtelles safranophiles (DUESBERG, 1908-43 ; ORTAVANT, 1958-95).

Le cytoplasme des spermatogonies A est homogène et relativement pâle. On y identifie du glycogène, des cristaux de Lurbash et des mitochondries groupées au voisinage du noyau. Ce cytoplasme se détache progressivement de la membrane basale en se déformant comme une goutte d'eau qui se détache par gravité d'une surface horizontale où elle s'était condensée.

1.2. Différents types de spermatogonies A.

Les diverses générations de type A présentent des caractères légèrement différents.

Chez le rat, CLERMONT et BUSTOS (1966-32) distinguent cinq types de spermatogonies A (A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> et A<sub>4</sub>). Les spermatogonies

A<sub>0</sub> sont les "spermatogonies souches de réserve". Les spermatogonies A<sub>1</sub> à A<sub>4</sub> sont des "spermatogonies A de renouvellement." Par générations successives, elles se divisent activement selon le mode hémiplastique et fourniront les spermatogonies A<sub>1</sub>, les plus jeunes de la génération, et les spermatogonies intermédiaires.

Chez le singe et l'homme il existe deux types de spermatogonies A (A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>).

Chez le taureau, SCHOENFELD (1902-112) décrit sous le nom de "cellules indifférentes" tous les éléments cellulaires qui se trouvent contre la membrane basale du tube séminifère ; elles mesurent 15 à 23  $\mu$  de long et 9-10  $\mu$  à 10-11  $\mu$  de hauteur, et leur grand axe est parallèle à la membrane basale.

Le noyau des cellules indifférentes de SCHOENFELD est ovalaire et mesure 9-10  $\mu$  sur 7  $\mu$ . Le nucléole est central et mesure 0,75 à 1,5  $\mu$  de diamètre. Les granulations chromatiques sont fines et disposées radialement autour du nucléole. Cette description correspond à celle de la spermatogonie poussiéreuse décrite par REGAUD (1901-103) chez le rat.

## 2.- LES SPERMATOGONIES INTERMÉDIAIRES.

La spermatogonie intermédiaire (Spermatogonium intermedium) a été identifiée pour la première fois chez le rat par CLERMONT et LEBLOND (1953-33). Par la suite, d'autres auteurs l'ont décrite chez la souris (OAKBERG, 1956-93), le hamster (CLERMONT, 1954-29), le bélier (ORTAVANT, 1958-95), le singe, l'homme (CLERMONT, 1966-31) et le taureau (AMANN, 1962-4 ; POSTIGLIONI-GRIMALDI, 1973-103).

Les noyaux des spermatogonies intermédiaires contiennent une chromatine finement granuleuse et non chromophile comme dans la spermatogonie A. Mais en plus, on observe une chromatine safranophile sous forme de minces plaquettes ou de granules accolés à l'enveloppe nucléaire.

Le cytoplasme est caractérisé par l'absence de cristaux de Lurbash, et la répartition au hasard des mitochondries loin du noyau.

### 3.- LES SPERMATOGONIES B

La spermatogonie B (Spermatogonium B) est la spermatogonie croûtelluse de REGAUD ou spermatogonie secondaire.

Les spermatogonies B sont les spermatogonies les plus nombreuses. Elles se situent à une très faible distance de la membrane basale du tube séminifère. Chez le taureau, au début de la prophase, elles gardent encore avec la membrane basale, un contact qu'elles perdent au cours des autres stades.

Les spermatogonies B ont un noyau sphérique et sombre. L'enveloppe nucléaire est fortement colorable à l'hématoxyline. La chromatine forme de grosses granulations chromophiles dont la plus grande partie tapisse la surface interne de la membrane nucléaire : ce sont les croûtelles de chromatine, plus nombreuses chez le rat et le bélier que chez le taureau et le verrat. Dans le noyau le nucléole est central.

Le cytoplasme n'est pas différent de celui des spermatogonies intermédiaires qui leur ont donné naissance.

Chez le taureau, il y a une augmentation du volume de la spermatogonie B dont le diamètre, de 12 $\mu$  à la prophase, passe à 23 $\mu$  au cours de la métaphase. Elle est ainsi la cellule la plus grosse de la lignée spermatogénétique alors que chez les autres amniotes, les cellules qui atteignent les plus grandes dimensions sont les spermatocytes primaires en fin de croissance.

CHAPITRE TROISIEME : CYTOLOGIE DE LA MEIOSE

On distingue deux types de spermatocytes :

- les spermatocytes primaires
- les spermatocytes secondaires

1.- LES SPERMATOCYTES PRIMAIRES.

Le spermatocyte primaire (Spermatocytus primarius) ou spermatocyte I provient de spermatogonie B. Pendant la période interphasique qui précède la méiose, le noyau présente les mêmes caractères nucléaires que les spermatogonies B et les deux cellules ont parfois été prises l'une pour l'autre. Cependant, le noyau est relativement plus petit que celui des spermatogonies B. (LEBLOND et CLERMONT, 1952-75).

Les spermatocytes primaires en interphase (spermatocytes préleptotènes) ne sont pas des cellules au repos ; au cours de cette phase s'effectuent d'abord l'ultime synthèse d'ADN, ensuite une forte condensation des filaments chromatiques (SCHOENFELD, 1902-112 ; MELANDER et KNUDSEN, 1953-82 ; ORTAVANT, 1958-95 ; COUROT et ORTAVANT, 1972-35).

La phase leptotène (Phasis leptotenica) est caractérisée par une augmentation de volume des spermatocytes primaires et une chromatine plus filamenteuse et individualisée.

A la phase zygotène (Phasis zygotènica), on observe un arrangement en "bouquet" des longues anses de chromosomes appariés et distincts.

Le microscope électronique permet d'identifier une structure particulière au niveau des chromosomes appariés : les "complexes synaptonémaux" (Complexus synaptonematicus) formés par les éléments bivalents des chromosomes homologues unis par un complexe tripartite. "Le complexe tripartite" est fait de deux éléments latéraux électriquement denses et, au milieu d'une zone centrale claire, d'un troisième élément scalariforme aussi dense que les deux éléments latéraux (Figure n°1, page 13 ).

FIGURE N° 1 : COMPLEXE SYMPTONEMAL  
(COUPE FRONTALE)  
d'après HOSTES, 1968.

1. - élément central
2. - zone centrale
3. - segments internes des éléments axiaux
4. - segments externes des éléments axiaux
5. - Masse chromosomique principale.
6. - Complexe tripartite
7. - chromosome bivalent.

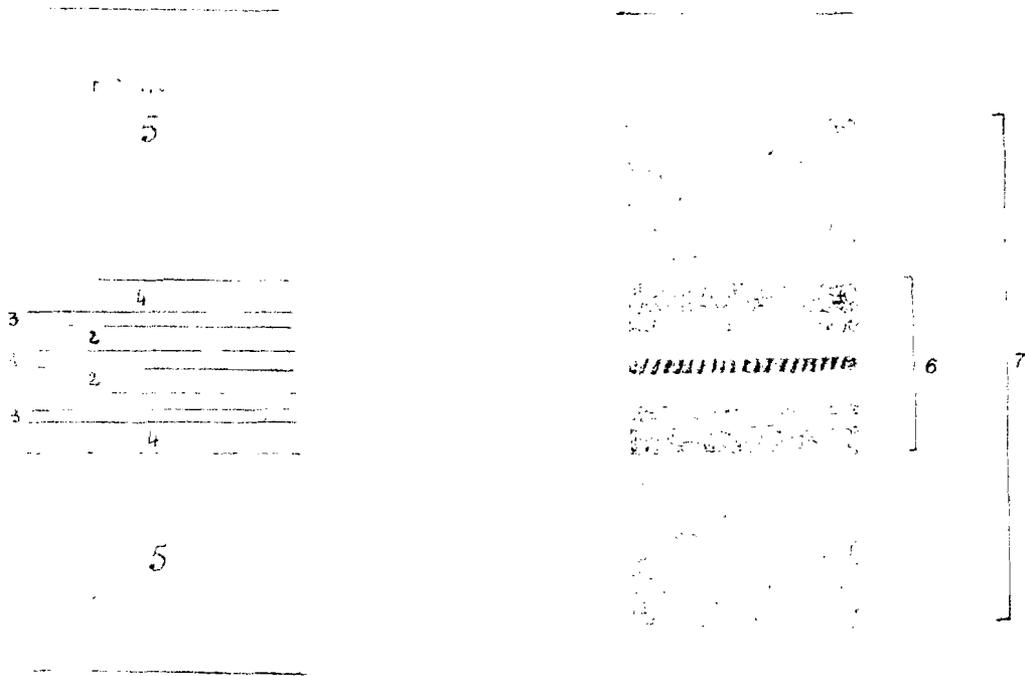


FIGURE N° 1 COMPLEXE SYNAPTIQUE (Coupe Frontale)  
(d'après MOSES, 1968)

Ces complexes synaptonémaux qui ne s'observent que dans les spermatocytes primaires interviennent dans les échanges génétiques qui ont lieu au niveau du chiasma pendant le synapsis (MOSES, 1968-85 ; DUPUY et Coll. 1971-44).

Au cours de la phase pachytène (Phasis pachytenica), très longue, les chromosomes appariés se raccourcissent, le nucléole devient visible. Une croissance du spermatocyte à ce stade fait qu'il est, sauf chez le taureau, l'élément le plus gros de toute la spermatogénèse : on l'a appelé auxocyte .

La phase diplotène (Phasis diplotenica) et la diacinèse (Diakinesis) suivent rapidement et l'on assiste à une disparition de l'enveloppe nucléaire. Cette prophase dure 19 jours chez le taureau (COURROT et ORTAVANT, 1972-35).

La métaphase, l'anaphase et la télophase de cette première division se déroulent très rapidement.

## 2.- LES SPERMATOCYTES SECONDAIRES.

Le spermatocyte secondaire (Spermatocytus secundarius) ou spermatocyte II possède un noyau sphérique, plus petit que celui des noyaux de spermatocytes primaires à la phase diplotène. On y trouve une chromatine finement granuleuse et des globules de chromatine distribués au hasard dans le nucléoplasme.

A l'issue d'une division très brève (1 jour chez le taureau) sans nouvelle synthèse d'ADN, les spermatocytes secondaires - diploïdes - donnent des cellules plus petites, les spermatides - haploïdes - .

Le microscope électronique montre qu'au cours de la méiose, la cytokinèse est incomplète ; les cellules filles restent liées par des "isthmes intercellulaires" qui persistent pendant la phase de différenciation des spermatides ; on rencontre des spermatocytes primaires associés par paire, des spermatocytes secondaires interconnectés par groupes de 4 et des spermatides associées par groupe de 8. Récemment, DYM et FAWCETT (1971-45) ont montré que la

cytokinèse n'est complète que dans les spermatogonies de renouvellement de la cellule souche. Ces groupes de cellules se scindent tardivement au cours de la spermiogénèse ; la persistance de ces unions expliquerait l'existence de spermatozoïdes doubles.

o

o

o

CHAPITRE QUATRIEME : CYTOLOGIE DE LA SPERMIOGENESE

La spermiogénèse (Spermiogenesis) est divisée en quatre phases principales en fonction des transformations subies par la structure acrosomique :

- phase de golgi
- phase du capuchon
- phase de l'acrosôme.
- phase de maturation

Chacune de ces phases est subdivisée en étapes dont le nombre total varie suivant les espèces : 19 chez le rat, 14 chez le singe (LEBLOND et CLERMONT, 1952-75) et 12 chez le cobaye (FAWCETT, 1965-50).

1.- MORPHOLOGIE DE LA JEUNE SPERMATIDE.

La spermatide (Spermatidium) nouvellement issue de la division des spermatocytes secondaires est une petite cellule de forme polygonale ou sphérique.

Le noyau, rond, de 5 à 6  $\mu$  de diamètre, présente une chromatine granuleuse pâle avec quelques masses de chromatine sombre. Le nucléole est à peine visible.

Dans le cytoplasme juxta-nucléaire, on observe un petit complexe de golgi (Complexus golgiensis-Apparatus reticulatus internus).

Le premier signe de la différenciation est l'apparition de petits granules, les granules proacrosomiques (Granulum proacrosomale) dans le complexe sacculo-lamelliforme de l'appareil de Golgi. Dans certaines espèces, ils peuvent apparaître précocement à l'intérieur des spermatocytes alors que pour d'autres, ils se forment tardivement à la phase des spermatides (BLOOM et FAWCETT, 1968-21).

Les mitochondries et les deux centrioles sont réparties à la périphérie du cytolemme.

## 2.- PHASE DE GOLGI

La phase de Golgi est caractérisée par la fusion des granules proacrosomiques en un seul granule, le "granule acrosomique" (Granulum acrosomale) plus volumineux qui se place entre le complexe de golgi et l'enveloppe nucléaire avec laquelle il est contact.

La microscopie électronique montre que les granules proacrosomiques et le granule acrosomique sont formés par une masse finement granuleuse, très osmiophile et délimitée par une membrane qui reste séparée de la masse du grain par un espace peu dense.

Les mitochondries ont une structure modifiée : l'espace intermembranaire (Spatium intermembranosum) est très dilaté et devient peu osmiophile ; la matrice est très condensée et l'espace matriciel est réduit. Il en résulte une "inversion des contrastes" si on compare ces images à celles des mitochondries typiques (ANDRE, 1962, 8... ) - (Fig.5, p.19).

Les centrioles montrent des signes d'activité. L'un d'eux, le distal sert de "corpuscule basal" au flagelle (Flagellum) qui commence à s'allonger en entraînant avec lui une mince gaine de cytoplasme.

Enfin, on observe au voisinage de l'appareil de Golgi, une structure de forme irrégulière et dense aux électrons, le corps chromatôïde (Corpus chromatodeum) qu'accompagne souvent une structure secondaire, le "satellite". Le corps chromatôïde semble provenir d'un matériel interstitiel dense accumulé entre les groupes mitochondriaux ; il peut apparaître dès le stade <sup>de</sup> la méiose (FAWCETT, EDDY et PHILIPS, 1970-52) ou au stade de spermatogonie B (Nomina Histologica, 1977-92), Figure 2, page 19.

## 3.- PHASE DU CAPUCHON.

La phase du capuchon correspond à la mise en place de l'acrosome (Acrosoma).

FIGURE N° 2 : EVOLUTION DU CORPS CHROMATOÏDE  
(d'après FAWCETT, 1972).

1. - Accumulation de matériel entre les mitochondries
2. - Condensation du matériel interstitiel
3. - Corps chromatoïde (cc)
4. - Migration vers la zone de Golgi (g).
5. - Migration vers le complexe centriolaire
- 6 - 7 - 8 - Participe à la formation de l'anneau (a).

FIGURE N° 3 : EVOLUTION DES MITOCHONDRIES

1. - Mitochondrie typique  
    em : espace matriciel  
    eic : espace intracristal (ou intermembranaire)
2. - Condensation de l'espace matriciel ; l'espace intracristal devient clair.  
    pm : pseudo-matrice
3. - Mitochondrie à contrastes inversés (avec réduction de volume

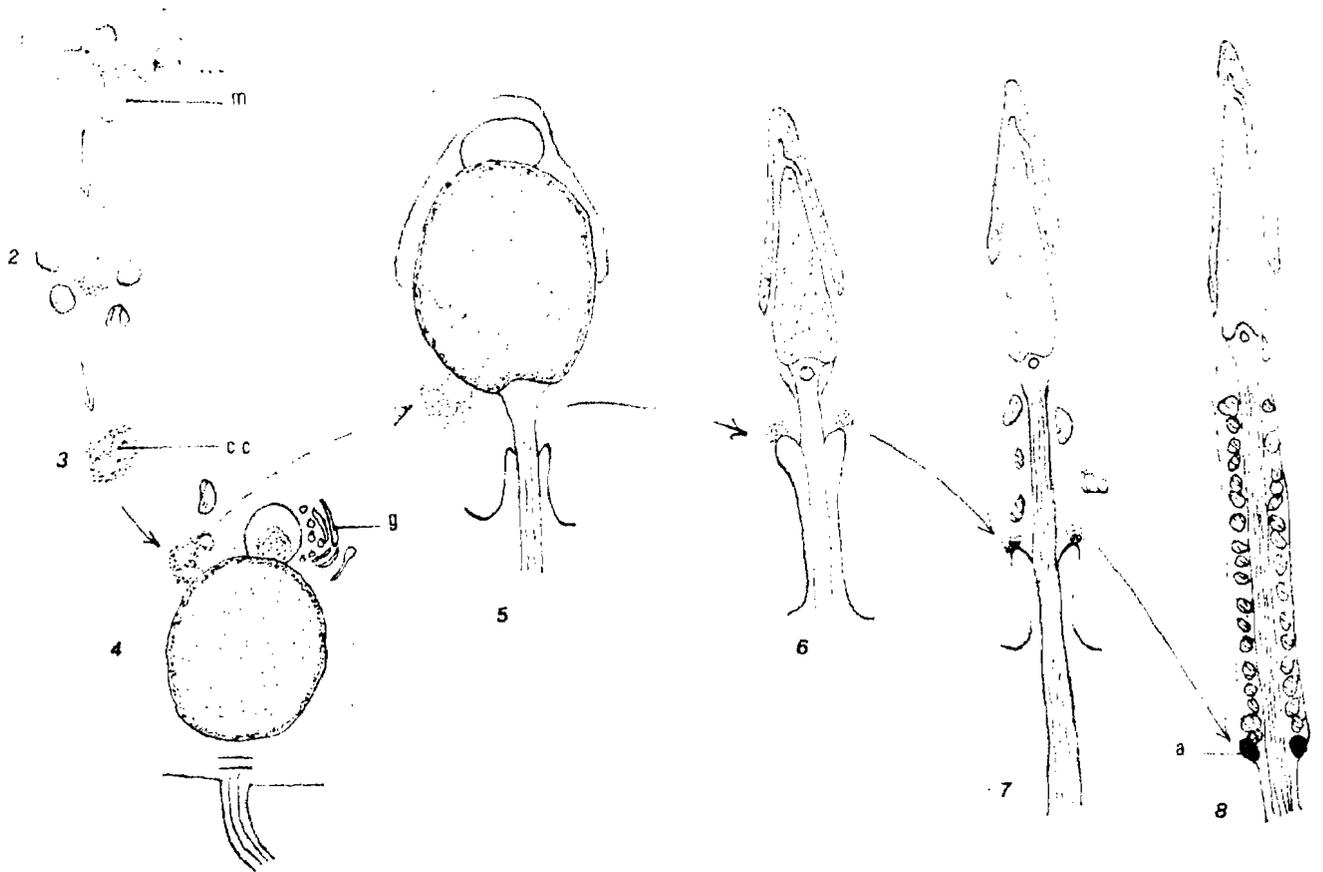


FIGURE N°2 EVOLUTION DU CORPS CHROMATOIDE  
(d'après FAWCETT, 1972)

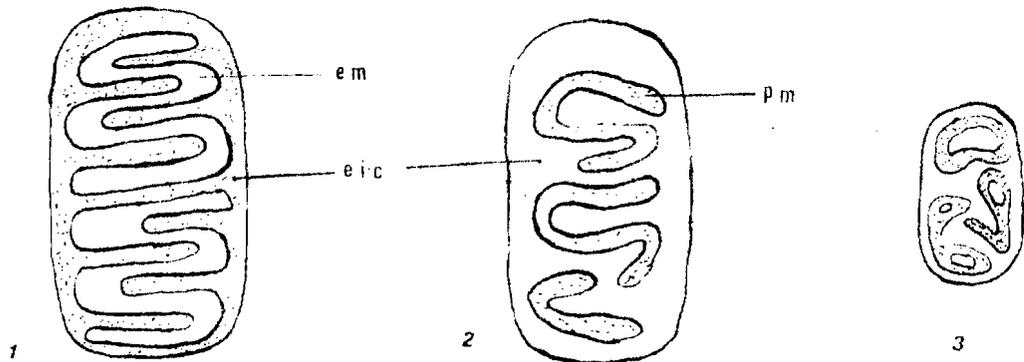


FIGURE N°3 EVOLUTION DES MITOCHONDRIES

La masse du granule acrosomique augmente légèrement de volume et commence à s'aplatir sur la surface du noyau en formant un corps hémisphérique.

La membrane du granule s'étale elle-même progressivement sur la surface du noyau qu'elle recouvre sur la moitié ou les  $\frac{2}{3}$  du pôle céphalique en formant la vésicule acrosomienne (Vesicula acrosomalis) (NICANDER et BANE, 1962-89 ; KOJIMA, 1962-71).

Au microscope électronique, le contenu de la vésicule acrosomienne est constitué de deux zones ; une zone centrale dense, la substance acrosomienne (Substantia acrosomalis) et une zone périphérique formée par un matériel peu dense. L'enveloppe nucléaire sous-jacente est aussi très dense aux électrons.

De même, le microscope électronique montre que la croissance de la vésicule acrosomienne s'effectue par la fusion de microvésicules formées à partir des saccules golgiens (FAWCETT et HOLLENBERG, 1963-53).

Les centrioles se déplacent en direction du noyau. Le proximal atteint le pôle nucléaire opposé à l'acrosome ; l'axe de son cylindre centriolaire est parallèle à l'enveloppe nucléaire qui devient dense au point de contact. Le distal est toujours en relation avec le flagelle qu'il entraîne dans sa migration en provoquant une invagination du cytolemme à la base de la portion libre du flagelle.

Le corps chromatoïde quitte la zone de golgi et émigre vers les centrioles.

#### 4.- PHASE DE L'ACROSOME.

La phase de l'acrosome correspond à une série de transformations du noyau et de l'acrosome.

Le noyau émigre du centre en direction de la base de la cellule qui est orientée vers la périphérie du tube séminifère.

../..

Puis, chez les espèces à spermatozoïde spatulé, le noyau devient asymétrique, s'allonge et s'aplatit latéralement. En même temps, le nucléoplasme<sup>se</sup> condense.

Le cytoplasme périnucléaire se déplace en direction du flagelle et le cytoplasme se moule sur le noyau.

Le contenu dense de la vésicule acrosomienne s'étend graduellement et comble l'espace clair qui le séparait de sa membrane limitante. La différenciation entre vésicule et substance acrosomienne devient difficile et FAWCETT (1965-50) propose le terme "acrosome" pour désigner l'ensemble.

A l'autre pôle de la spermatide le corps chromatoïde se place à proximité du centriole distal au point où se développera ultérieurement l'anneau du spermatozoïde.

Vers la fin de la phase de l'acrosome les mitochondries commencent à se déplacer en direction du flagelle ; autour de celui-ci, apparaît une structure microtubulaire qui rappelle le fuseau achromatique des cellules en division : " la manchette caudale" dont le rôle et la destinée sont encore inconnus (LEBLOND et Coll. 1950-76 ; ANDRE, 1962-8). Elle se présente comme une sorte de voile en forme de cône tronqué qui débute sur une structure en anneau au voisinage du noyau et qui entoure le flagelle : c'est le "nuclear ring" des auteurs anglo-saxons (PHILIPS, 1974-100).

Pendant la phase de l'acrosome, les spermatides s'orientent et se dirigent en direction de la lame basale du tube séminifère. CLERMONT (1964-30) a même observé au microscope en contraste de phase, et sur des spermatides vivantes de rat, des mouvements de la membrane cellulaire qui contribuent à l'orientation et au déplacement des cellules.

##### 5.- PHASE DE MATURATION DES SPERMATIDES.

Au cours de la phase de maturation, la spermatide termine sa métamorphose pour former le spermatozoïde.

La condensation du noyau s'achève. A son pôle cranial, sous l'acrosome, apparaît un espace occupé par un matériel peu dense aux électrons : l'espace sous-acrosomien (Spatium subacrosomale). Il correspond au "perforatorium" décrit d'abord par JENSEN (1887-63), DUESBERG (1908-43) dans les spermatozoïdes de rat, puis retrouvé dans la plupart des spermatozoïdes de forme lancéolée (AUSTIN et BISHOP, 1958-10 ; NICANDER et BANE, 1963-90 ; PIKO et TYLER, 1964-101).

Récemment l'espace sous acrosomien a été décrit dans les espèces à spermatozoïdes de forme spatulée (NICANDER et BANE, 1966-91). FAWCETT et Coll. (1965-50) mettent en doute son existence mais AUSTIN et BISHOP (1958-10), BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) l'ont bien mis en évidence chez le taureau.

Au cours de la phase de maturation, "l'anneau" se différencie et se déplace le long du flagelle jusqu'à un niveau qui correspondra à la limite entre la "pièce intermédiaire" et la "pièce principale" de la queue du gamète définitif. Sa formation est mal connue mais il est fort probable que le corps chromatide et le centriole distal interviennent dans sa constitution (TOBIAS, 1956-119 FAWCETT et Coll. 1970-51 ), Figure 2, page 19.

L'étroite invagination du cytolemme à la base de la portion libre du flagelle disparaît par recul de l'anneau au début de cette phase en même temps que la manchette caudale. La portion du flagelle qui est située proximale par rapport à "l'anneau" est recouverte par une gaine compacte formée d'une double spirale de mitochondries alignées bout à bout (ANDRE, 1962-8). Les neuf paires de fibres périphériques de "l'axonème" s'enrichissent de neuf fibres surnuméraires très osmiophiles (BURGOS et FAWCETT, 1955-26 ; FAWCETT, 1965-50).

La masse cytoplasmique qui s'était déplacé du noyau au flagelle se rassemble, et est éliminé<sup>e</sup> sous l'action des cellules de Sertoli qui la détachent et la phagocytent (FAWCETT et PHILIPS, 1969-56). Une petite gouttelette de cytoplasme reste cependant attachée à la cellule ; elle ne disparaîtra qu'au cours de la maturation du spermatozoïde maintenant formé.

CHAPITRE CINQUIEME : LE SPERMATOZOÏDE

Le spermatozoïde (Spermatozoon - Spermium) est la cellule libérée dans la lumière du tube séminifère à la suite des différents processus spermatogénétiques. Nous étudierons successivement sa morphologie générale, son ultrastructure et ses principales anomalies.

1.- MORPHOLOGIE GENERALE.

Au microscope ordinaire, on reconnaît sur le spermatozoïde trois parties : la tête (Caput), le cou (Cervix) et la queue (Cauda) qui ont été retenues dans la nomenclature histologique officielle (Nomina Histologica, 1977-92).

Dans la tête on observe un noyau (Nucleus) volumineux et très chromophile enveloppé par une membrane cellulaire. Entre les deux, il y a l'acrosome (Acrosoma) qui coiffe le pôle céphalique du noyau.

La queue est unie à la tête par le cou, très peu coloré à l'APS par rapport aux autres structures. Elle présente une portion craniale épaisse ; la pièce intermédiaire (Fars media) comprise entre le cou et la pièce principale du flagelle (Fars principalis).

Les spermatozoïdes des mammifères sont construits sur ce même schéma et les différences spécifiques sont des variations relativement faibles de la forme et de la proportion des différentes parties et de la taille (50  $\mu$  de long chez l'éléphant, 55  $\mu$  environ chez l'homme, le ver rat, le lapin et le cheval, 75-80  $\mu$  chez le bélier et le taureau, 125  $\mu$  chez la souris, 166 à 189  $\mu$  chez les rats, 250  $\mu$  chez le hamster). Mais la forme générale de la tête est le caractère spécifique le plus marqué : lancéolée chez le rat, le hamster et la souris, elle est spatulée chez le lapin, le chat, le bélier, le ver rat, l'homme et le taureau. Dans cette dernière espèce, la tête mesure 8,5 à 9  $\mu$  de long, 4,5 à 5  $\mu$  de plus grande largeur, 1,5 à 1,7  $\mu$  de largeur à la limite du cou, 0,5  $\mu$  d'épaisseur à la base et 0,3  $\mu$  d'épaisseur dans la région équatoriale. Un renflement cranio-dorsal (Corps apical") permet d'orienter dorso-ventralement le spermatozoïde.

../..

Le microscope électronique permet de préciser la structure de ces différentes parties.

## 2.- ULTRASTRUCTURE DU SPERMATOZOÏDE.

### 2.1. La tête du spermatozoïde.

Dans la tête du spermatozoïde on identifie le noyau, le cytolemme, l'acrosome, l'espace sous-acrosomien, et des formations non différenciées dans la spermatide que sont la coiffe post-acrosomique et les "boutons basaux" ; Figure n°4, page 26.

#### 2.1.a. Le noyau.

Le noyau (Nucleus), porteur du patrimoine héréditaire, occupe la majeure partie du volume de la tête dont il détermine la forme. Il est plus effilé au pôle antérieur qu'à la base qui est marquée par une dépression : la "fossette articulaire" en rapport avec les structures du cou.

Le nucléoplasme (Nucléoplasma) contenu dans l'enveloppe nucléaire ou karyothèque (Karyotheca) est dense et homogène. DAOUAI et CLERMONT (1955-41) observent que l'ADN du noyau de la spermatide âgée n'est pas digéré par la désoxyribonucléase et confirment ainsi l'hypothèse de WILKINGS et RANDALL (1953-121) selon laquelle sa structure est proche de l'état cristallin.

Chez le taureau, BRETSCHNEIDER (1949-24) par imprégnation argentique signale des formations qu'il considère comme des chromosomes. Les "vacuoles nucléaires" signalées par SAACKE et ALMQUIST (1964-110) dans la même espèce ne serait pour BRETSCHNEIDER (1949-24) qu'un artefact résultant de la dissolution du nucléoplasme pendant la fixation, ou pour BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) une cassure au moment des coupes, de la substance nucléaire fixée à l'osmium.

../..

FIGURE N° 4 : TÊTE DU SPERMATOZOÏDE DE TAUREAU  
(COUPE SACITTALE MÉDIANE ET COUPE  
FRONTALE, D'APRÈS BLOOM ET BIRCH-  
ANDERSEN, 1965).

1. - vacuole apicale
2. - " perforatorium "
3. - membrane acrosomique externe
4. - membrane acrosomique interne
5. - acrosome
6. - segment équatorial
7. - coiffe post acrosomique
8. - noyau
9. - plaque basale
10. - boutons basaux
- c. - centriole

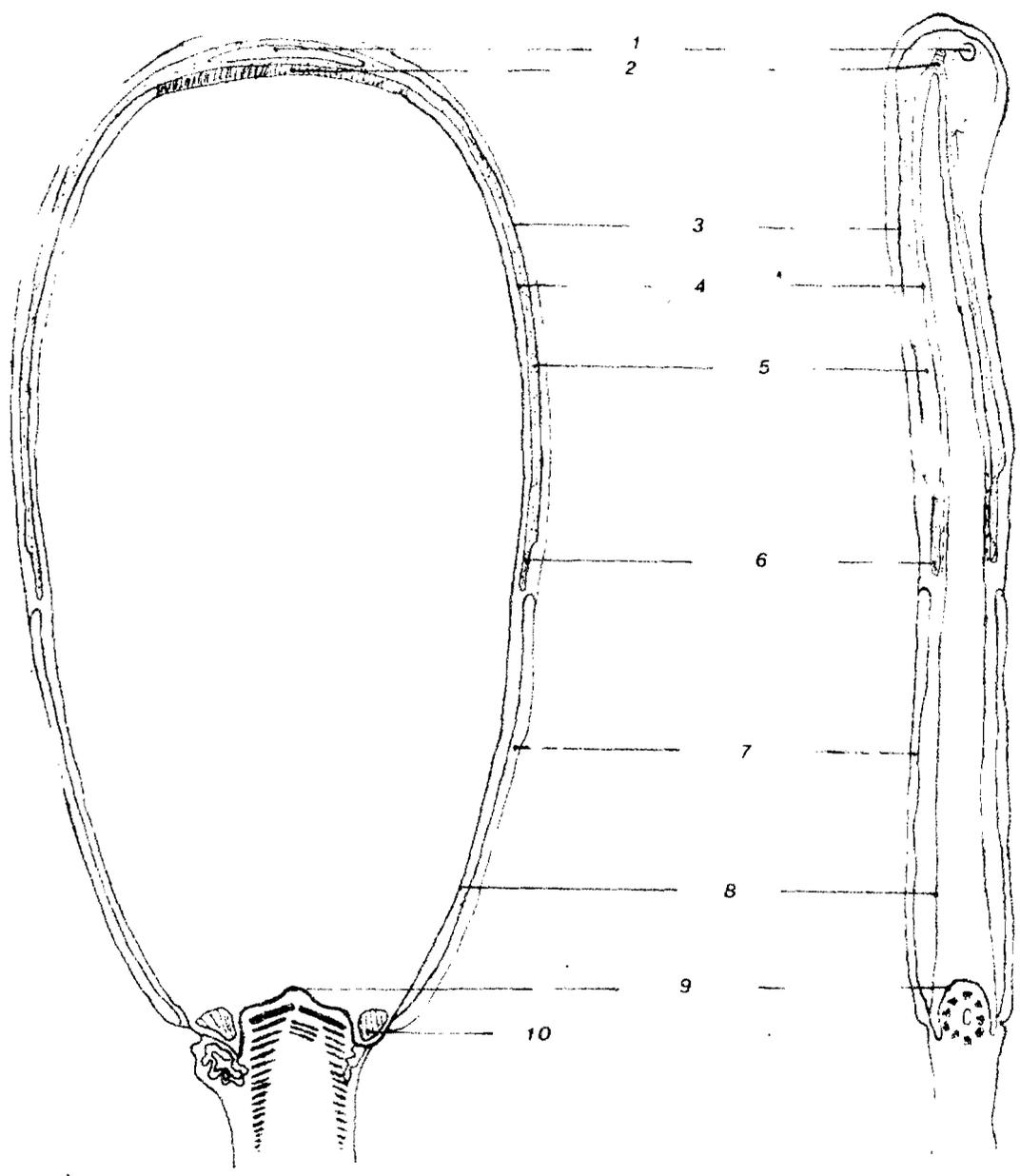


FIGURE N° 4 TÊTE DU SPERMATOZOÏDE DE TAUREAU  
(Coupe sagittale médiane & coupe frontale)  
d'après BLOOM & COLL 1965

### 2.1.b. Le cytolemme

Le cytolemme (Cytolenna) ou membrane plasmatique, enveloppe tout le spermatozoïde de la tête jusqu'à l'extrémité de la queue. C'est une membrane dont l'épaisseur est de 75 à 80 Å. Il est fragile et peut être détruit lors des manipulations histologiques, ce qui explique son absence sur une partie de la tête dans les coupes présentées par certains auteurs.

Au niveau de la tête du spermatozoïde, BEDFORD (1963-11) a montré sur le spermatozoïde de lapin après éjaculation qu'il existe une apposition entre le cytolemme et la "membrane acrosomique externe" au niveau du corps apical. Le fait est confirmé par SAACKE et ALMQUIST (1954-110), BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) et KANN (1969-64) pour le spermatozoïde du taureau.

Sur tout le reste de l'acrosome, le cytolemme est à distance de la membrane acrosomique externe, mais il est accolé à la "coiffe post-acrosomique". A la base de la tête, il semble rejoindre la karyothèque à laquelle la solidarise la coiffe post-acrosomique.

Malgré l'existence d'espace sous-membraneux, les rapports du cytolemme avec les structures sous-jacentes (acrosome, coiffe post-acrosomique) ne permettent pas la présence d'un cytoplasme véritable. Cependant, HORSTIN et COUROT (1974-84) ont mis en évidence une couche continue d'un matériel péri-nucléaire protéique tout autour de la tête du spermatozoïde entre le noyau et les structures sus-jacentes ; ce matériel assimilable à un mince film de cytoplasme (Cytoplasma péricephalicum), se condense au niveau de l'espace sous-acrosomien (COURTENS et Coll. 1975-36).

Sur la surface externe du cytolemme, KANN et HOLLANDÉ (1972-68) HORSTIN et COUROT (1974-84) ont observé, par la technique de RAMBOURG (1973-104) appliquée à la coloration de PEASE (1970-99), une couche continue de glycoprotéine qu'ils désignent sous le nom de glycolemme.

En outre, YANAGIMACHI (1972-123) et MORSTIN et COUROT (1974-84) décrivent sur cette même surface, après traitement de MOWRY (1958-86), des charges négatives. Les unes et les autres pourraient jouer un rôle au moment du rapprochement et de la fusion des gamètes.

A l'appui de cette hypothèse, BISHOP et Coll. (1975-15) ont isolé à partir de spermatozoïde de mammifères, de l'acétylcholine, une choline acétylase et autres composés d'ammonium quaternaire.

### 2.1.c. L'acrosome

L'acrosome (Acrosoma) couvre la partie antérieure du noyau spermatique (55 à 60 % chez le taureau). Sa membrane externe (Membrana acrosomalis externa) décrit dorsalement un renflement terminal : le corps apical dans lequel on observe un matériel de faible densité électronique décrit sous le nom de "vacuole apicale" chez le lapin et le taureau (BLOOM et BIRCH-ANDERSEN, 1965-20). La vacuole apicale n'a pas été vue dans d'autres espèces.

La membrane acrosomique interne (Membrana acrosomalis interna) est en rapport avec l'enveloppe nucléaire et délimite au pôle cranial un espace sous-acrosomien.

Au niveau de la région équatoriale, les deux membranes acrosomiennes s'unissent l'une à l'autre comme les deux lames d'une sercuse : l'acrosome est un sac clos. Dans cette région, l'acrosome forme le segment équatorial d'épaisseur plus réduite (350 à 500 Å) ; il mesure jusqu'à 1000 Å dans sa partie moyenne. La substance acrosomique du segment équatorial est plus dense que celle des autres régions de l'acrosome. Figure n°4 page 26.

L'acrosome joue un rôle prépondérant dans le rapprochement et la fusion des cytolemmes des gamètes, ainsi que dans la pénétration de la tête spermétique dans l'ovule. BLOOM (1945-17) chez

le taureau, PIKO et TYLER (1964-101) chez le rat, ont décrit le phénomène : dans un premier temps, la substance acrosomienne est libérée par rupture de la membrane acrosomique externe et de la membrane cytoplasmique qui la recouvre et lui adhère. Il y a libération d'une lysine (la hyaluronidase) qui dépolymérise les mucopolysaccharides de la zone pellucide et permet la fusion des membranes (LEUCHTENBERGER et SCHRADER, 1950-77 ; BONADONA, 1970-23). Pour ALLISON (1967-2) l'acrosome est tout simplement une forme particulière de lysosome et joue le même rôle que cet organe.

#### 2.1.d. L'espace sous-acrosomien.

L'espace sous-acrosomien (Spatium subacrosomale) contient une substance dense aux électrons, décrite par NICLANDER et BANE (1952-89 ; 1953-90) chez le lapin, le verrat, le bélier et le taureau. Dans cette dernière espèce, la même substance a été identifiée entre la karyothèque et la membrane acrosomique interne du segment équatorial. Selon PIKO et TYLER (1964-101) cette substance proviendrait de l'espace sous-acrosomien et serait, dans les espèces à spermatozoïdes de forme spatulée, l'équivalent du "perforatorium" des espèces à spermatozoïde lancéolé.

Lors de la phase de rapprochement des gamètes, la substance de l'espace sous-acrosomien qui n'est plus séparée de l'ovule que par la membrane acrosomique interne émet un filament ; celui-ci amarre le spermatozoïde à l'ovule, crée un tunnel dans lequel passera la tête <sup>spermatique</sup> et provoque la fusion des membranes cytoplasmiques. Ce processus a été décrit par BLOOM (1945-17) chez le taureau. Le filament décrit par DAN (1956-40) chez l'oursin, est l'homologue du "perforatorium" préexistant des espèces à spermatozoïdes lancéolés.

#### 2.1.e. La coiffe post-acrosomique.

La coiffe post-acrosomique (Manica postacrosomalis) ou "cape post-nucléaire", recouvre postérieurement le noyau sur 40 à 45 % de sa surface, Figure n°4, page 26.

../..

Son identification est souvent difficile parce qu'elle adhère au cytolomme et c'est ce qui explique que son existence ait été souvent contestée (BURGOS et FAWCETT, 1955-26 ; FAWCETT, 1958-49 ; 1965-50 ; FAWCETT et ITO, 1965-54). Figure n°4 page 26.

La présence d'une coiffe post-acrosomique a été bien démontrée par SAACKE et ALMQUIST (1964-110). BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) ont même montré qu'elle est formée par une série de microtubules circulaires compris entre deux manchons qui, sur les coupes, forment deux lignes denses de part et d'autre des tubules.

La coiffe post-acrosomique s'étend du segment équatorial à la base de la tête où elle semble s'unir à la karyothèque et au cytolomme. Cranialement, elle s'écarte de plus en plus de l'enveloppe nucléaire. Dans les spermatozoïdes éjaculés, il n'a pas été observé de contact entre la coiffe post-acrosomique et l'extrémité distale de l'acrosome, mais ce contact existe dans les spermatozoïdes recueillis au niveau de la queue de l'épididyme (BLOOM et BIRCH-ANDERSEN, 1965-20).

#### 2.1.f. Les boutons basaux.

Au nombre de deux, les "basal knobs" des auteurs anglo-saxons ou "boutons basaux" ont été décrits chez le taureau par BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) et ZIBRIN (1976-124). Ils sont situés de part et d'autre de la fossette articulaire mais ne peuvent être observés que sur des sections de la base de la tête parallèles à la face dorsale. Ils se présentent sous l'aspect de structures semi-circulaires ou triangulaires, moins denses aux électrons que le matériel nucléaire.

Selon BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) les "boutons basaux" sont une structure de nature vestigiale ; surplus de matériel nucléaire qui participe au renforcement de la région articulaire entre tête et cou.

..../..

Les boutons basaux n'ont pas été identifiés dans d'autres espèces.

## 2.2. Le cou du spermatozoïde.

Le cou (Cervix) est une région étroite qui relie la tête à la pièce intermédiaire de la queue du spermatozoïde.

Selon SAACKÉ et ALMQUIST (1964-111) il est caractérisé par l'absence de mitochondries et par la présence de structures centriolaires et para-centriolaires, Figure n°4 page 26, et n°5 p.40.

FAWCETT (1965-50) par contre estime que la région du cou est mal individualisée à cause de <sup>la</sup> présence fréquente de deux ou plusieurs mitochondries.

En raison de la variabilité du point de départ de la gaine mitochondriale, SAACKÉ et ALMQUIST (1964-111) chez le taureau ne donnent qu'une mesure très approximative de la longueur du cou (0,3 à 1,5 μ parfois).

Les structures qui caractérisent la région du cou sont : la fossette articulaire, la plaque basale, la pièce articulaire, le complexe centriolaire et l'enveloppe nucléaire redondante.

### 2.2.a. La fossette articulaire.

La "fossette articulaire" ou "fossette d'implantation" est, sur le noyau, la dépression caudale dans laquelle s'implante la "pièce articulaire". Elle s'étend d'un bouton basal à l'autre sur une distance approximative de 1 μ et se présente sous l'aspect d'une fosse concave dont le centre est occupé par une dépression (SAACKÉ et ALMQUIST, 1964-111 ; BLOOM et BIRCH-ANDERSEN, 1965-20).

../..

### 2.2.b. La plaque basale

La plaque basale (Lamina articularis) est un épaississement de la lame externe de la karyothèque, localisé dans la concavité de la fossette articulaire (IDELMAN, 1967-62).

BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) qui l'ont étudiée chez le taureau pensent qu'elle n'est pas d'origine nucléaire mais résulte de la formation et de la différenciation dans la région au cou, de deux membranes qui s'accroissent à la karyothèque.

Dans la plupart des espèces, la plaque basale tapisse seulement la fossette articulaire sauf chez le cobaye où elle la déborde (FAWCETT, 1965-50).

### 2.2.c. La pièce articulaire et le complexe centriclaire.

La pièce articulaire (Particula conjugens) ou "connecting piece" des auteurs anglo-saxons est une structure en forme de cône tronqué qui entoure le centriole proximal et s'étend de la fossette articulaire à la base du flagelle qu'elle fixe solidement à la plaque basale.

La pièce articulaire résulte de l'union complexe de neuf colonnes longitudinales segmentées à structure périodique. Les deux colonnes les plus latérales, à droite et à gauche, fusionnent deux à deux pour former deux colonnes latérales épaisses ou "colonnes majeures" ; elles s'unissent cranialement en un dôme, le "capitulum", qui s'articule avec la plaque basale (SAACKE et ALMQUIST, 1964-111). Les cinq autres colonnes segmentées, moins épaisses, sont dites alors "colonnes mineures". Figure 5 page 40.

Pour FAWCETT (1965-50), le "capitulum" résulte de l'élargissement et de la bifurcation craniale d'une colonne majeure qui, secondairement, se soude à l'autre.

.../...

BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) critiquent cette conception et montrent, chez le taureau, que la bifurcation craniale d'une colonne majeure n'est qu'un artéfact dû à sa rupture au cours des manipulations histologiques.

Caudalement, les colonnes segmentées se prolongent par les neuf "fibres denses externes" du flagelle dont la densité est plus forte et plus homogène que celle des colonnes segmentées.

Les colonnes segmentées ne dérivent pas de l'extrémité craniale des "fibres denses externes" dont la terminaison s'effectue à l'intérieur de la pièce articulaire, médialement et au contact des colonnes segmentées. Elles sont ontogéniquement différentes des fibres flagellaires et se différencient très tôt au cours de la spermiogénèse à partir des centrioles satellites (FAWCETT et PHILIPS, 1969-55). Cependant, pour FAWCETT et ITO (1965-54) la pièce articulaire correspondrait au centriole distal : après avoir donné naissance au flagelle, il se serait transformé en un "corpuscule basal spécialisé" dont le rôle est de fixer solidement le flagelle à la tête du spermatozoïde.

A l'intérieur de la pièce articulaire et immédiatement sous le "capitulum" se trouve le centriole proximal (Centriolum proximale) qui conserve la structure classique à neuf triplets. Il occupe toujours, sauf chez le chat, une position para-axiale (NICANDER et BLANE, 1962-89) et son axe est orienté perpendiculairement ou obliquement par rapport à l'axe longitudinal du spermatozoïde avec lequel il forme un angle de 70° à 80° chez le taureau (SALCKE et ALMQUIST, 1964-111).

Dans la région du cou, la pièce articulaire joue donc un rôle d'ancrage à l'égard du flagelle.

..//..

#### 2.2.d. L'enveloppe nucléaire redondante.

La structure que FAWCETT (1965-50) et PHILIPS (1974-100) ont nommée "redundant nuclear envelope" ou "enveloppe nucléaire redondante" est une couronne sacculaire plus ou moins complexe qui entoure la pièce articulaire.

Tantôt considérée comme un reliquat du reticulum endoplasmique absent dans le spermatozoïde (IDELMAN, 1967-62) tantôt interprétée comme des mitochondries modifiées (BLOOM et BIRCH-ANDERSEN, 1960-18), elle correspond en réalité à une évagination de la karyothèque qui s'étend dans la région du cou (NICANDER et BANE, 1962-89, chez le porc ; BLOOM et BIRCH-ANDERSEN, 1965-20, chez le taureau ; FAWCETT, 1965-50, chez le cobaye).

Selon FAWCETT (1970-51), elle se développe au moment de la condensation du noyau dont la réduction de volume se traduit caudalement par un repli de la karyothèque toute entière ou de sa membrane externe seulement, l'interne restant appliqué<sup>e</sup> contre le nucléoplasme.

Selon les espèces, l'enveloppe nucléaire redondante se présente sous l'aspect d'un simple repli (cobaye) ou d'un enroulement complexe d'aspect lamelleux (chauve-souris). Chez le taureau, les deux types peuvent coexister (BLOOM et BIRCH-ANDERSEN, 1965-20).

L'enveloppe nucléaire redondante jouerait un rôle nutritif réel à l'égard du spermatozoïde. Selon MANN (1967-80), l'absence d'un apport exogène d'hydrate de carbone conduit le spermatozoïde à utiliser les phospholipides intercellulaires, dont l'enveloppe redondante est riche, comme source d'énergie.

#### 2.3. La queue du spermatozoïde.

La queue (Cauda) ou flagelle (Flagellum) comprend

.../...

trois portions ; la pièce intermédiaire, la pièce principale et la pièce terminale.

### 2.3.1. La pièce intermédiaire

La pièce intermédiaire ou portion intermédiaire (Pars media) est comprise entre le cou et la pièce principale dont elle se distingue par la présence d'une gaine mitochondriale. Elle est composée de structures concentriques : la racine du flagelle (axonème et fibres denses externes), la gaine mitochondriale, l'anneau et la gouttelette cytoplasmique. Figure 5, page 40.

#### 2.3.1.a. L'axonème.

DES  
VÉTÉRINAIRE  
DE DAKAR

L'axonème (Axonema) ou filament axial (Filamentum axiale) que FAWCETT (1970-51) considère comme l'appareil moteur du spermatozoïde, diffère de celui des cils et flagelles typiques par plusieurs caractères.

BIBLIOTHEQUE

Il est dépourvu de corpuscule basal. Selon SIRUHOINT et JACQUET (1974-115) qui l'ont étudié chez le taureau et qui confirment des observations faites dans d'autres espèces, chacun des neuf doublets de l'axonème est formé d'un tubule plein et d'un tubule creux au lieu de deux tubules creux. D'autre part, les deux fibres de la paire centrale sont pleines cranialement et deviennent des tubules creux au niveau de la limite caudale de la pièce intermédiaire.

Au total, l'axonème du spermatozoïde comprend une série de fibres parallèles entre elles. Le couple central de microtubules simples est entouré par une couronne de neuf doublets périphériques.

Les deux fibres d'un même doublet sont associées en deux sous-unités ou sous-fibres A et B, réunies par une cloison commune de même épaisseur que le reste de leur paroi si bien que

L'ensemble du doublet présente l'aspect d'un 8 en coupe transversale. La sous-fibre A, la plus proche de l'axe du flagelle, est la fibre pleine alors que la sous-fibre B est la fibre creuse.

La sous-fibre A présente deux séries de petits bras divergents qui, vus de la base du flagelle, se projettent dans le sens des aiguilles d'une montre vers la paroi du doublet voisin (AFZELIUS, 1959-1 ; NICANDER et BANE, 1962-89). La même sous-fibre A émet aussi des prolongements à disposition rayonnée qui se dirigent vers les fibres du couple central en suivant une ligne légèrement incurvée. Des fibres secondaires longitudinales au nombre de neuf sont disposées sur le trajet des rayons, à mi-distance des fibres centrales et des doublets périphériques. Enfin, GIBSONS et GRIMSTONE (1960-60), SAACKE et ALMQUIST (1964-111) ont décrit une gaine centrale qui entoure la paire axiale de fibres.

Les doublets sont numérotés de 1 à 9 dans le sens des "bras" de la sous-fibre A (numérotation d'AFZELIUS, 1959-1). Sur une coupe transversale, le doublet n°1 est celui qui est situé dans l'axe de la médiane des deux fibres centrales.

Selon ANDRE et THIERY (1963-9), PEASE (1963-98), chaque fibre de l'axonème est formé d'un réseau de 13 protofibrilles rectilignes dont les dimensions sont à l'échelle macromoléculaire des protéines. FAURE-PREMIET (1961-48) et BISHOP (1962-14) par diffraction aux rayons X avaient signalé l'existence de protéines fibreuses de type "knef" ; elles pourraient intervenir dans la contractilité du flagelle à la manière du couple Actine-Myosine de la fibre musculaire. L'existence d'une activité ATPasique mise en évidence par NAGANO (1965-87) chez le rat permet de confirmer cette hypothèse.

#### 2.3.1.b. Les fibres denses externes

Les fibres denses externes (Fibras<sup>e</sup> densas<sup>e</sup> externas<sup>e</sup>) ou côtes externes, au nombre de 9, sont disposées longitudinalement et

../..

forment une couronne concentrique avec les doublets périphériques de l'axonème ; chaque élément des fibres denses externes correspond à un doublet périphérique.

Pour FAWCETT et ITO (1965-54), elles sont renforcées par des fibres satellites de section polygonale ou circulaire qui se disposent entre elles.

Avec l'axonème, les fibres denses externes forment le "complexe axonemal".

Les neuf fibres denses externes diffèrent entre elles par le contour de leur surface de section ; dans l'ensemble, cette section est piriforme avec un contour externe circulaire et un prolongement fusiforme orienté vers le doublet correspondant de l'axonème. Ces fibres sont plus épaisses à leur base : le diamètre diminue progressivement du cou à la pièce principale où elles se terminent.

Les fibres denses externes n'ont pas toutes la même grosseur. Le plus souvent on observe trois grosses fibres, une fibre intermédiaire et cinq petites fibres. Deux des grosses fibres sont voisines et une est isolée. Par convention, celle qui est isolée porte le n°1 et correspond au doublet n°1 de l'axonème. Dans le même sens que ces doublets, les autres fibres portent les n° 2 à 9. Sur cette base, les fibres 1, 5 et 6 sont les plus grosses, et la fibre intermédiaire correspond au n°2 ou au n°9, Figure 5, page 40.

À sa terminaison, chaque fibre dense externe est en contact avec le doublet correspondant. FAWCETT et PHILLIPS (1969-55) expliquent cet étroit rapport entre les deux structures en émettant l'hypothèse que les fibres denses externes dérivent des doublets de l'axonème au cours de la spermiogénèse. Pour SAACKÉ et ALMQUIST (1964-111), les deux structures ne dérivent pas l'une de l'autre mais ont pour origine commune le bord caudal du centriole distal.

../..

Les fibres denses ne se terminent pas au même niveau dans la pièce principale : plus elles sont épaisses, plus elles sont longues. Aussi, selon FAWCETT et ITO (1965-54), dans la plupart des espèces, les fibres 3 et 8, les plus courtes, sont prolongées par les "colonnes longitudinales de la gaine fibreuse" de la pièce principale. Mais pour SHACKLE et ALMQUIST (1964-111) les côtes 3 et 8 du taureau, bien que très fines, sont les plus longues et se terminent au-delà des autres fibres.

En l'état actuel de nos connaissances, les fibres denses externes ne sont pas contractiles et ne jouent aucun rôle dans les mouvements de la queue (FAWCETT, 1970-51). Elles sont très développées dans les espèces à spermatozoïdes épais et, par leurs dispositions spéciales, constituent des éléments de tension du flagelle.

#### 2.3.1.c. La gaine mitochondriale.

La gaine mitochondriale (Vagina mitochondrialis) est formée par des mitochondries modifiées dans leur architecture interne et alignées bout à bout en une double hélice à pas constant mais interrompue tous les 3/4 de tour (FAWCETT, 1958-49 ; ANDRÉ, 1961-7 ; 1962-8).

Entre les spires de ces hélices, s'intercalent d'une manière irrégulière, des hélices surnuméraires de longueur souvent inférieure à un tour de spire. Pour ANDRÉ, cet arrangement dans l'espace confère une grande souplesse à la pièce intermédiaire (1961-7) et les interruptions rendent caduque l'hypothèse selon laquelle l'hélice est constituée de mitochondries fusionnées (1962-8).

Le nombre de spires est variable avec l'espèce : 6 à 12 chez l'homme (FAWCETT, 1958-49), 15 à 17 chez le chien (BRETSCHNEIDER, 1949-24), 42 chez le cobaye (FAWCETT, 1965-50), 115 chez la chauve-souris (FAWCETT et ITO, 1965-54).

../..

FIGURE N° 5 : QUEUE du SPERMATOZOÏDE DE TAUREAU  
(D'APRES SAACKE et ALMQUIST, 1964).

1. - Tête
2. - fossette articulaire
3. - cou
4. - colonnes mineures de la pièce articulaire
5. - colonnes majeures de la pièce articulaire
6. - pièce intermédiaire
7. - Gaine mitochondriale
8. - Mitochondries
9. - Fibres denses externes
10. - Anneau du spermatozoïde
11. - pièce principale
12. - Gaine fibreuse
13. - colonne longitudinale de la gaine fibreuse (torons)
14. - paire axiale de fibres
15. - doublets périphériques
16. - pièce terminale.

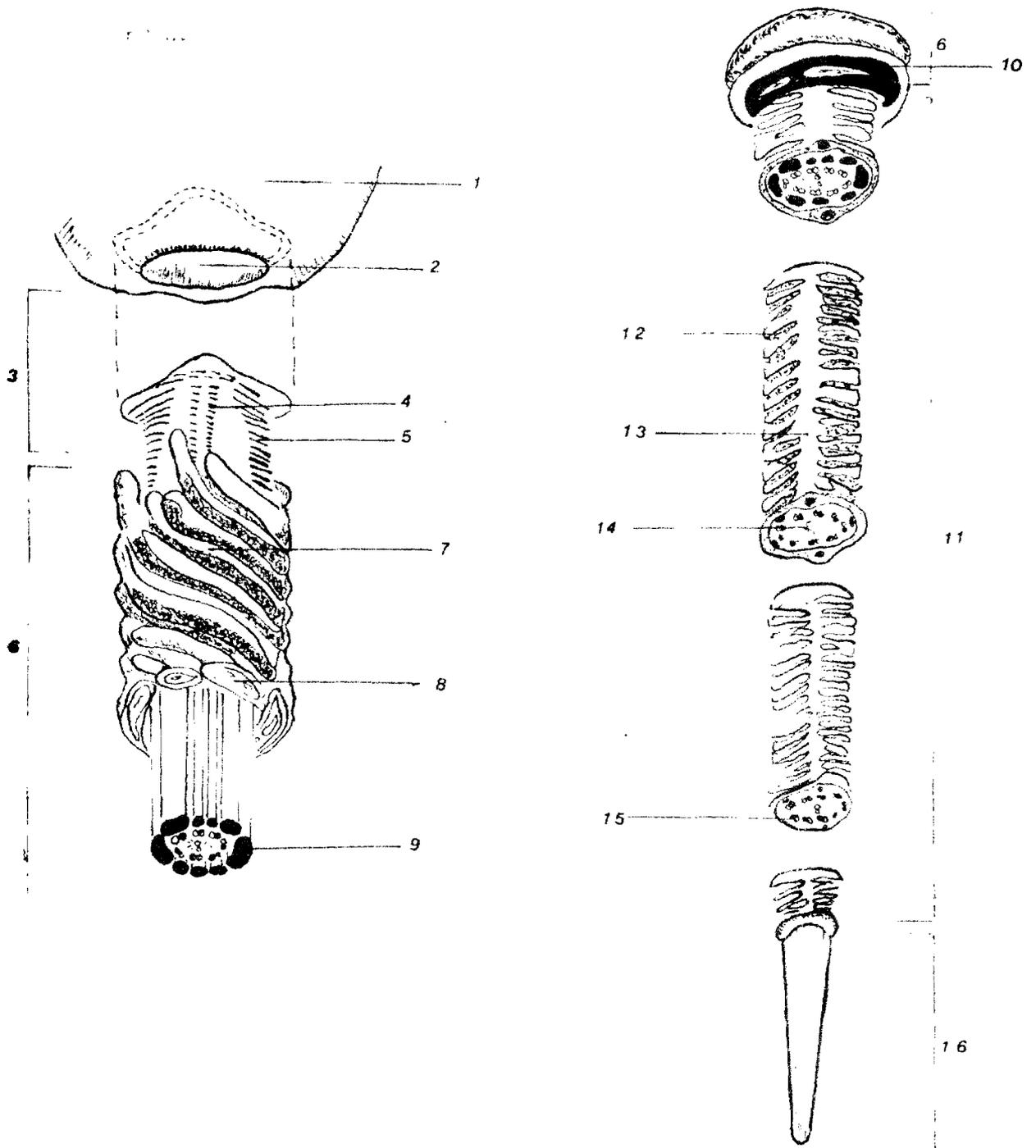


FIGURE N<sup>o</sup> 5 QUEUE DU SPERMATOZOÏDE DE TAUREAU  
( d'après SAACQUE & ALMQUIST, 1964 )

Ce nombre semble aussi variable au sein d'une même espèce : pour le taureau, les chiffres rapportés sont de 100 selon BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1960-19), 32 selon KOJIMA (1962-71) et 65 à 75 selon SAACKÉ et ALMQUIST (1964-111)

Le rôle de la gaine mitochondriale est double. Par son arrangement spatial, elle joue le rôle d'un ressort en spirale que l'on courbe et qui reprend passivement sa position. Elle facilite ainsi les mouvements ondulatoires du flagelle. D'autre part, sa richesse en enzymes spécifiques telle la succinodéshydrogénase (ANDRE, 1962-8) traduit son intervention dans le métabolisme énergétique du spermatozoïde. FAWCETT (1970-51) remarque que la gaine mitochondriale est d'autant plus importante que le spermatozoïde est plus volumineux et que sa migration dans les voies génitales femelles sont plus difficiles (taille, et état physico-chimique des sécretions tubo-utérines).

#### 2.3.1.d. L'anneau du spermatozoïde.

L'anneau (Anulus-Annulus) ou anneau de Jensen est une structure dense et filamenteuse qui entoure le "complexe axonemal" à la jonction de la pièce intermédiaire et de la pièce principale. Il adhère au cytolemme qui le contourne caudalement pour se refléchir sur sa face interne en formant un sinus annulaire qui entoure le flagelle. La face rostrale de l'anneau est en rapport avec la dernière spire de l'hélice mitochondriale.

Selon les espèces, la surface de section de l'anneau est triangulaire ou circulaire.

Chez la chauve-souris, sa section a la forme d'un triangle dont la base est périphérique et le sommet orienté vers l'axonème.

Chez le taureau, sa section est aussi triangulaire mais la base du triangle correspond à la dernière spire de l'hélice mitochondriale et le sommet est orienté caudalement (SAACKÉ et ALMQUIST, 1964-11).

Chez le cobaye, la section est circulaire mais sa face rostrale en rapport avec la dernière spire de l'hélice mitochondriale est légèrement aplatie.

Pour SAACKE et ALMQUIST (1964-111), l'adhérence du cytolemme à l'anneau du spermatozoïde de même que l'adhérence du cytolemme à la karyothèque de la base de la tête marquent les strictions du cytolemme au moment de l'élimination des masses cytoplasmiques. Elles subdivisent en outre la cellule en trois loges cytoplasmiques indépendantes : la tête, le cou et la pièce intermédiaire, les pièces principale et terminale.

L'anneau qui répond cranialement à l'hélice mitochondriale, intervient mécaniquement dans les mouvements de cette gaine en limitant son déplacement caudal pour renforcer l'énergie qu'elle accumule lors de sa courbure.

#### 2.3.1.e. La gouttelette cytoplasmique.

Sur le spermatozoïde récemment éliminé de l'épithélium séminifère, la gouttelette cytoplasmique d'aspect fusiforme entoure les formations axiales. Elle représente 0,15% du volume du spermatozoïde normal.

Identifiée dès 1909 par RBTZIUS (109), elle a été depuis décrite en microscopie électronique (BLOOM et NICANDER, 1961-22 ; KOJIMA et ISHIKAWA, 1963-72 ; FAWCETT, 1965-50). Elle contient de nombreuses vésicules et des tubules qui représentent les reliquats de l'appareil golgien.

Elle se déplace progressivement du cou vers l'extrémité distale de la pièce intermédiaire et est finalement éliminée au cours du transit épidytaire, ou plus tard au contact des sécrétions des glandes annexes.

### 2.3.2. La pièce principale du flagelle.

La pièce principale ou portion principale (Fars principalis) prolonge caudalement la pièce intermédiaire. Elle est le segment le plus long du spermatozoïde : 45 au moins. son diamètre diminue de l'anneau à la pièce terminale ; il passe de 0,5 $\mu$  à 0,25 $\mu$  à la jonction avec la pièce terminale (SACKE et ALMQUIST, 1964-111)

Elle comprend le "complexe axonemal" déjà décrit, et la gaine fibreuse qui caractérise ce segment.

La gaine fibreuse (Vagina fibrosa) enveloppe le "complexe axonemal". Sa structure est diversement interprétée selon les auteurs, Figure 5, page 40.

Pour RANDALL et FRIEDLANDER (1950-105), ANBERG (1957-6), FAWCETT (1958-49) et SACKE et ALMQUIST (1964-111), elle est formée par une fibre simple à disposition hélicoïdale.

Pour TELKA et Coll. (1962-117) elle résulte au contraire de l'association de bandelettes semi-circulaires rapprochées et même anastomosées. Les extrémités bifides de ces bandelettes s'unissent au niveau de deux colonnes longitudinales (ou torons) qui répondent médialement aux fibres denses externes 3 et 8 localisées sur les faces dorsale et ventrale à l'intérieur de la gaine fibreuse.

En coupe transversale, la gaine fibreuse est en forme d'ellipse dont le grand axe, l'axe dorso-ventral, est confondu avec celui des fibres de la paire centrale de l'axonème.

FAWCETT (1970-51) estime que la structure de la gaine fibreuse et son union étroite avec les fibres denses externes 3 et 8 ainsi qu'avec les doublets périphériques correspondants, font de la gaine fibreuse un organe de contention de l'axonème. En

../..

réalité, la disposition des bandes semi-circulaires qui la constituent et les rapports qu'elle prend avec les fibres denses externes 3 et 8 lui confèrent des propriétés d'élasticité qui s'exercent dans le plan de symétrie des fibres de la paire centrale, c'est-à-dire d'un côté à l'autre du gamète. Elle intervient donc dans les mouvements du flagelle spermatique.

### 2.3.3. La pièce terminale.

La pièce terminale ou portion terminale (Pars terminalis) est limitée à l'axonème, sans fibres denses externes. Sa limite avec la pièce principale est marquée par une diminution brusque du diamètre qui résulte de la disparition de la gaine fibreuse. Dans la pièce terminale, les doublets de l'axonème vont se réduire à des éléments simples par perte de la sous-fibre B.

## 3.- ANOMALIES MORPHOLOGIQUES ET STRUCTURALES DU SPERMATOZOÏDE

Des accidents peuvent survenir au cours des transformations successives qui amènent la spermatogonie-souche au stade de spermatozoïdes. Il en résulte l'apparition de spermatozoïdes de forme et de structure anormales qui peuvent être décelés en microscopie photonique ou en microscopie électronique.

### 3.1. Anomalies de forme.

La plupart des anomalies de forme peuvent être décelées au microscope optique. Il existe un grand nombre de variétés morphologiques d'anomalies pour lesquelles les critères de classification et la terminologie diffèrent selon les auteurs. Ainsi, pour FREUND (1966-58), le terme "immatures" désigne les spermatozoïdes avec un reste cytoplasmique alors que pour Mac LEOD (1964-78), le même terme recouvre l'ensemble des éléments précurseurs du gamète définitif dans la lignée germinale.

Chez l'homme, DAVID et Coll. (1972-42) regroupent ces anomalies en quatre grands groupes qu'ils subdivisent en classes.

1. Les anomalies de la tête comprenant six classes : têtes allongées (avec plusieurs variétés, voir figure n°... de la page ...), têtes amincies, microcéphalie, macrocéphalie, têtes a forme irrégulière et têtes dupliquées (Spermatozoïdes bicéphales et spermatozoïdes binucléés). Figure n° 6 page 48.

2. Les anomalies de la pièce intermédiaire ne comprennent que deux classes : les restes cytoplasmiques et les angulations, (Figure n° 7 page 50).

3. Les anomalies du flagelle sont subdivisées en quatre classes : absences de flagelle, flagelles courts, flagelles enroulés et flagelles doubles, Figure n°8, page 50.

4. Dans le groupe des anomalies diverses, les auteurs ne signalent qu'une classe : celle des formes associées, et les cellules immatures, Figure n°9, page 52.

Chez le taureau dont le sperme est systématiquement examiné dans les Centres d'Insémination artificielle, la classification la plus courante est celle de BRETSCHEIDER et Van ITTERSON (25) rapportée par NDIAYE (1976-80) ; elle distingue : des anomalies de la tête (forme générale, acrosome, base de la tête), du cou (spermatozoïde à queue excentrique), de la pièce intermédiaire, de la gouttelette cytoplasmique et du flagelle (absence de flagelle, spermatozoïdes décapités et spermatozoïdes en dague...).

### 3.2. Anomalies de structure.

Les apports de la microscopie électronique sont récents et les descriptions faites isolément par des auteurs différents n'ont pas encore été synthétisées. Nous distinguerons deux groupes

../..

d'anomalies ultrastructurales décrites chez les taurins :  
les anomalies de la tête et les anomalies de la queue.

### 3.2.a. Anomalies de la tête.

Les anomalies de structure du noyau sont rares. Dans l'éjaculat d'un taureau stérile, ESNAULT et ORTAVANT (1967-47) ont dénombré 1,73 pour mille spermatozoïdes diploïdes. MORSTIN et COURROT (1974-84) ont observé des invaginations de l'enveloppe nucléaire entraînant du matériel périnucléaire à l'intérieur du noyau. KANN (1974-65) confirmant les observations de Mc COSKIB (1969-81) a signalé des noyaux à chromatine granuleuse.

L'acrosome peut être modifié dans sa structure par la présence d'un matériel granuleux à son extrémité antérieure et par l'irrégularité de distribution ou une faible densité de son constituant glycoprotéique. BLOOM et Coll. (1965-20) ont décrit un épaississement excentrique du corps apical sous le terme de "Knobbed sperm".

### 3.2.b. Anomalies de la queue.

Les anomalies de la queue les plus souvent observées intéressent la gaine mitochondriale : irrégularité de répartition et de taille des mitochondries, et hétérogénéité de forme et de structure (structures vides ou "anguleuses").

Plus rarement, des cavités allongées limitées par une membrane ont été signalées à tous les niveaux de la queue ainsi que des doublets en surnombre (11 au lieu de 9).

Enfin sur la queue, mais aussi sur la cellule toute entière, la membrane plasmique peut présenter un glycolepme fragmenté ou des charges négatives de surface plus faibles que la normale et parfois même presque inexistantes.

FIGURE N° 6 : ANOMALIES DE LA TÊTE DU SPERMATOZOÏDE

-----

1. - Tête normale
2. - Tête allongée
  - 2a. - variété allongée simple
  - 2b. - variété à base amincie
  - 2c. - variété en battant de cloche
  - 2d. - variété effilée
3. - Tête amincie
4. - Microcéphales
  - 4a. - variété tête ronde sans acrosome
  - 4b. - variété tête triangulaire avec très petit acrosome
  - 4c. - réduction globale de volume
5. - Macrocéphale
6. - Têtes irrégulières
7. - Têtes dupliquées
  - 7a. - spermatozoïdes bicéphales
  - 7b. - spermatozoïdes binuclées
  - 7c. - spermatozoïdes bicéphales bicaudés.

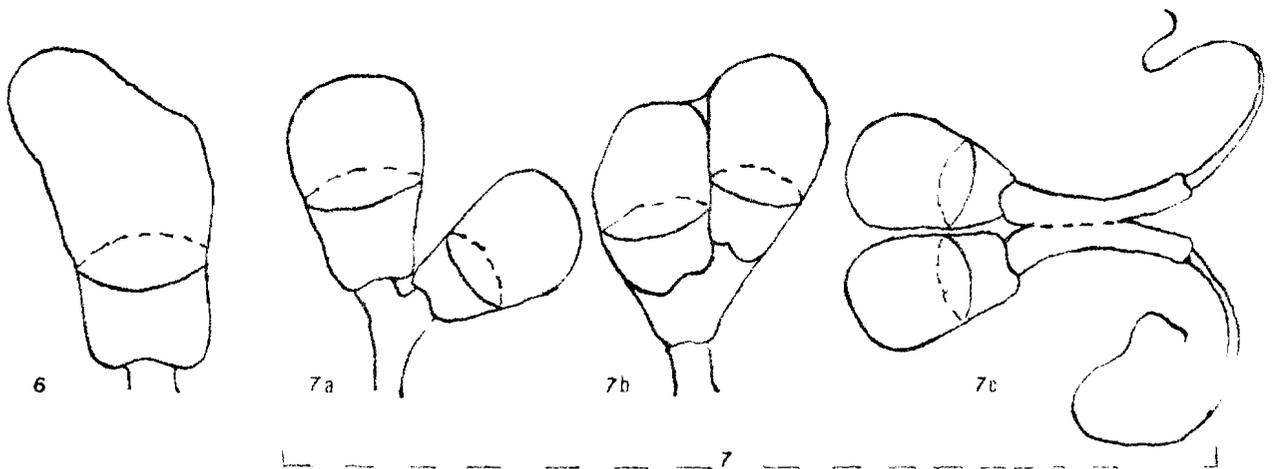
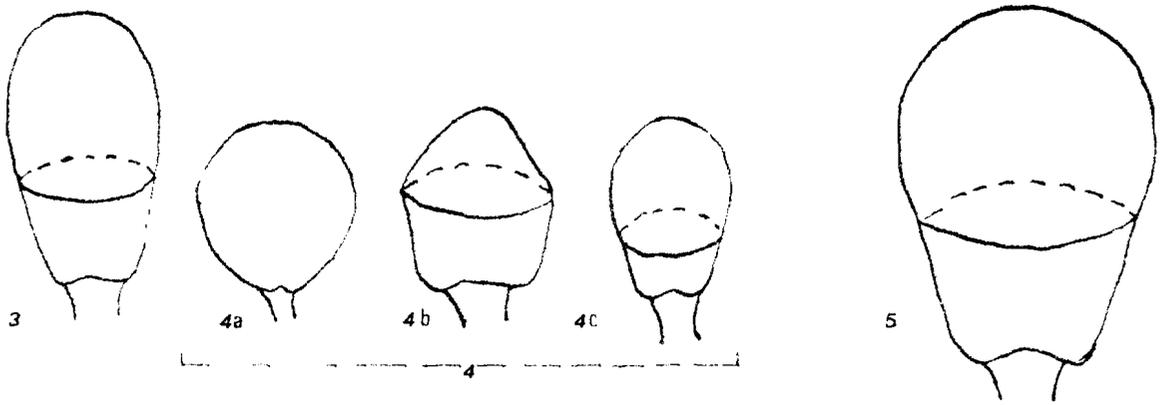
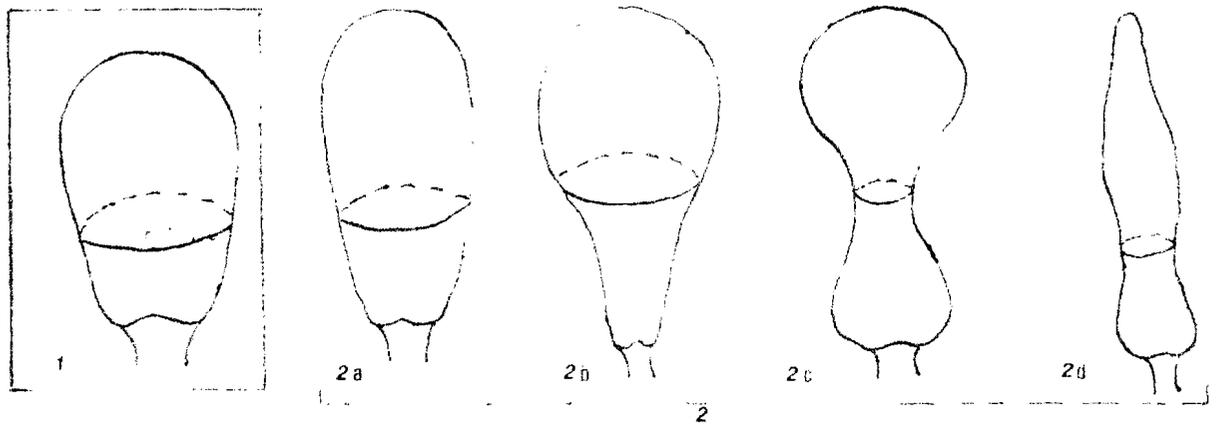


FIGURE N° 6 ANOMALIES DE LA TÊTE DU SPERMATOZOÏDE

FIGURE N° 7 : ANOMALIE DE LA PIÈCE INTERNÉDIAIRE

-----

1. - Pièce internédiaire normale
2. - Restes cytoplasmiques importants
3. - Angulations à la fin de la pièce internédiaire
4. - Angulation au niveau du cou
5. - Angulation au milieu de la pièce internédiaire  
avec restes cytoplasmiques.

FIGURE N° 8 : ANOMALIES DU FLAGELLE

1. - Flagelle court
2. - Flagelle totalement enroulé (Dag-defect)
3. - Flagelle enroulé à son extrémité
4. - Flagelle double

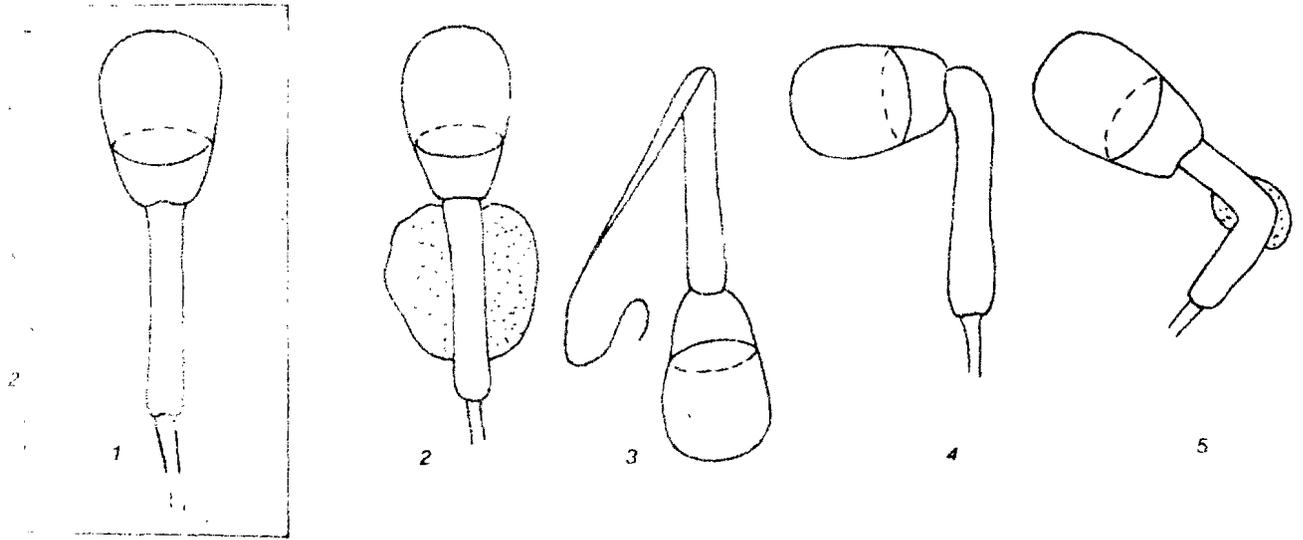


FIGURE N<sup>o</sup> 7 ANOMALIES DE LA PIÈCE INTERMÉDIAIRE

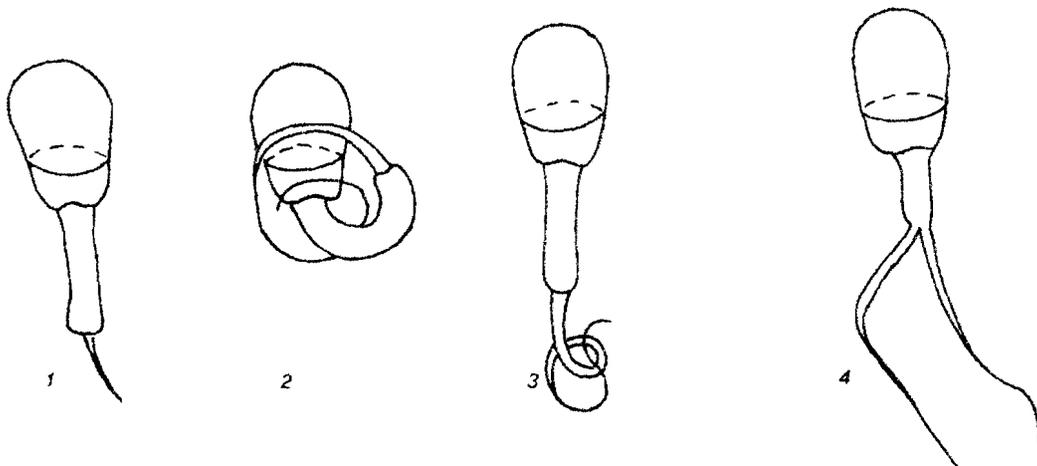


FIGURE N<sup>o</sup> 8 ANOMALIES DU FLAGELLE

FIGURE N° 9 : FORMES ASSOCIEES

1. - Tête allongée + Restes cytoplasmiques + Angulation  
+ Flagelle enroulée.
2. - Tête allongée (variété en battant de cloche)  
+ flagelle double.
3. - Microcéphalie + Bicéphalie + Restes cytoplasmiques  
+ Flagelle court.
4. - Tête de forme irrégulière + enroulement de la queue.

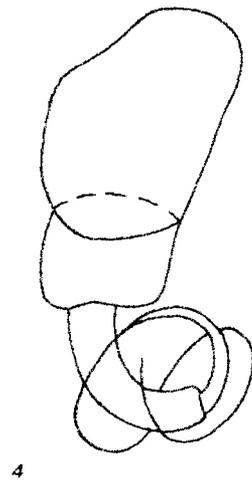
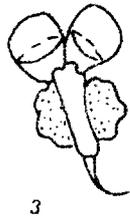
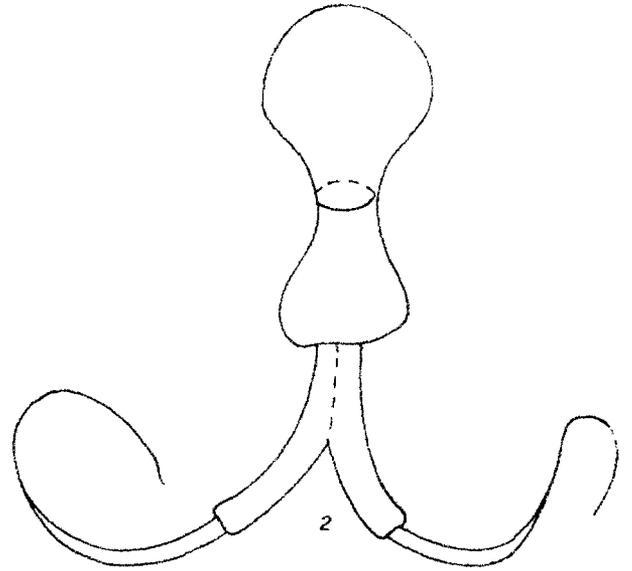
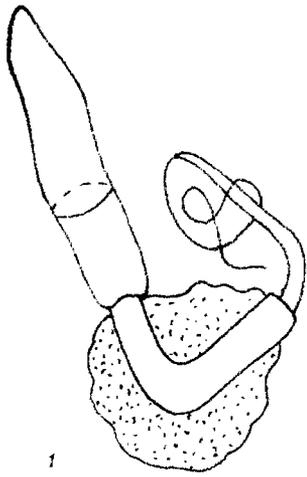


FIGURE N° 9 ANOMALIES ASSOCIEES

Parmi ces anomalies, certaines sont connues comme étant héréditaires.

### 3.3. Anomalies héréditaires.

Les anomalies héréditaires du taureau sont réparties en deux groupes.

Dans le premier groupe, le déterminisme héréditaire est précisé : ce sont des gènes autosomaux récessifs à action limitée au mâle. Nous citerons :

- les spermatozoïdes décapités, type Guernisaise où 95% des têtes sont séparées des queues encore douées de motilité ; les taureaux atteints sont stériles (ALUN JONES, 1962-3).

- les spermatozoïdes décapités, type Hereford, où 40 à 94 % des spermatozoïdes ont la tête séparée de leur queue non motile ; les mâles atteints sont nettement subfertiles (WILLIAMS, 1965-122).

- les spermatozoïdes à tête tachetée ou "knobbed sperm" des auteurs anglais. Les spermatozoïdes présentent un épaississement excentrique du corps apical accompagné d'une hypertrophie cystique qui se traduit par une tâche sur la tête lors de la coloration à l'hématoxyline ferrique ; les taureaux sont stériles (BLOOM et BIRCH-ANDERSEN, 1965-20)

- les spermatozoïdes subfertiles ; le sperme est peu concentré avec un taux élevé des formes anormales ; les mâles sont subfertiles (GREGORY et Coll., 1951-61).

Dans le second groupe qui ne renferme que deux types d'anomalies, le déterminisme héréditaire n'est pas encore précisé.

../..

On distingue :

- Les spermatozoïdes en dague ou "Dag-defect" des auteurs anglo-saxons; le défaut est fréquent chez 40 à 50 % des spermatozoïdes dont les queues sont enroulées, pliées ou brisées et les taureaux sont subfertiles (BLOOM, 1963-18, KANN, 1974-65).

- les spermatozoïdes à queue excentrée : l'implantation de la queue est excentrique mais la situation ne semble pas influencer la fertilité du sperme (SJULLEMA, 1952-113).

o

o o

La plupart des anomalies que nous venons de signaler ont été observées sur des taureaux de Centre d'Insemination artificielle dans lesquels le recrutement des géniteurs s'effectue sur des critères de sélection sévères. Cette particularité confirme le fait que tout sperme, même celui des individus les plus féconds, contient des cellules anormales. Les teratospermies doivent donc être définies en fonction de leur fréquence. Dans les Centres d'Insemination artificielle, leur seuil de tolérance est de 30% dont 10% pour la tête, 15% pour la pièce intermédiaire et 5% pour le reste du flagelle (KANN, 1974-65). Il constitue un important critère pour l'appréciation du pouvoir fécondant du sperme d'un géniteur et complète utilement les autres examens pratiques tels la motilité, la concentration et les tests biochimiques.

o

o o

DEUXIEME PARTIE

CYTOLOGIE DE LA SPERMATOGENESE DU TAUREAU ZEBU

(BOS INDICUS)

CHAPITRE PREMIER :   MATERIEL ET METHODES

1.- Les animaux utilisés.

Durant les années universitaires 1975-1976, 1976-1977 et 1977-1978 ainsi que pendant les grandes vacances 1977, nous avons étudié la cytologie de la spermatogénèse du zébu sur un lot de 143 taureaux âgés de 3 1/2 à 6 1/2 ans environ et tous de race Gobra et Maure ou métisse des deux.

Ces animaux se répartissent en deux catégories : les animaux de dissection du service d'Anatomie de l'EISMV, soit 17 zébus et les animaux des abattoirs de Dakar (126 zébus).

2.- Les méthodes.

Les méthodes de la cytologie en microscopie optique et celles de la cytologie en microscopie électronique ont été employées.

2.1. Cytologie en microscopie optique.

Tous les prélèvements ont été réalisés dans les cinq minutes qui suivent l'abattage, au niveau d'une coupe transversale du testicule située à l'union du tiers moyen et du tiers inférieur. Ils visaient à l'application de quatre techniques, les empreintes, les frottis, les écrasements et les coupes.

2.1.a. Empreintes, frottis et écrasements.

Pour les empreintes, une lame propre et dégraissée est appliquée pendant deux secondes environ sur la section de coupe.

..//..

Pour les frottis, la lame est passée dans le sens de sa largeur sur la section de coupe.

Pour les écrasements, un petit morceau de parenchyme testiculaire est écrasé sur la lame avec le bout des doigts.

Après plusieurs essais, deux fixateurs ont été retenus en raison de la supériorité des résultats qu'ils nous ont fournis

- le liquide de CARNOY pendant 5 heures à la température du laboratoire.

Formule :	Alcool absolu :	6 volumes
	Chloroforme :	3 volumes
	Acide acétique glacial	1 volume

(Préparation extemporanée).

- le liquide de TELLYESNICZKY pendant 24 heures dans les mêmes conditions.

Formule :	Solution aqueuse de	
	bichromate de potassium :	95 ml
	Acide acétique glacial	5 ml

La fixation a toujours commencé immédiatement après les prélèvements.

Pour identifier les types cellulaires de la lignée spermatogénétique, les colorations suivantes ont été retenues : Triple coloration de PRENANT, Réaction nucleale de FEULGEN et ROSSENBECK, et APS-Hématoxyline-Picro-indigocarmin. Pour chacune de ces méthodes, des modifications destinées à améliorer les résultats ont été apportées.

../..

- Triple coloration de Prenant (d'après GABE , 1968-59)

Coloration pendant 10 minutes par une solution aqueuse à 1% d'éosine.

Rinçage rapide à l'eau distillée

Traitement par l'hématoxyline de GROAT \* sans mordantage (au lieu de l'hématoxyline de REGAUD ou de HEIDENHAIN) pendant 2 minutes au lieu de 5.

Coloration pendant 5 minutes par le trichrome de GOMORI (variante de GABE (1968-59) \*\*

Déshydratation, éclaircissement et montage au baume.

\* Formule de l'hématoxyline de GROAT

Alun de fer	: 1 g dans 50 ml d'eau distillée.
Acide sulfurique	0,8 ml
Alcool à 90°	50 ml
Hématoxyline	0,5 g

\*\* Formule du trichrome de GOMORI

Eosine jaunâtre	1 g
Vert lumière	0,2 g
Acide phosphotungstique	0,5 g
Eau distillée	100 ml
Acide acétique	0,5 ml

- Réaction nucléaire de FEULGEN et ROSENBECK (GABE,).

Hydrolyse chlorhydrique à l'étude à 60°C pendant 6 minutes pour le fixateur de CARNOY et 12 minutes pour le TELLYESNICZKY.

Lavage à l'eau de ville

Action du réactif de SCHIFF pendant 15 minutes (au lieu d'une heure).

Lavage énergique à l'eau distillée

Lavage à l'eau courante (5 minutes)

Coloration par le micro-indigocarmin (0,4 g d'indigocarmin dans 100 ml de solution aqueuse

.../...

saturée d'acide picrique) pendant 10 secondes.  
Déshydratation, éclaircissement et montage au baume.

- APS - hématoxyline - picro-indigocarmin (GABE, 1968-59).

Acide périodique à 0,5 % dans de l'eau distillée :  
5 minutes.

Eau courante : 2 minutes

Réactif de SCHIFF (en récipient fermé) : 15 minutes

Eau distillée (lavage énergique) : 1 minute

Eau courante : 5 minutes

Hématoxyline de GROAT . 2 minutes (au lieu de 5).

Eau courante : 5 minutes (au lieu de 2).

Picro-Indigoacrimin : 5 secondes (au lieu de 10 à 20)

Déshydratation, éclaircissement et montage.

Les examens ont été pratiqués aux microscopes LEITZ ORTHOPLAN et LEITZ SM-LUX. Les mesures ont été prises au micro-mètre LEITZ gradué au 1/100<sup>e</sup> de millimètre.

#### 2.1.b. Les coupes.

Pour les coupes des fragments de parenchyme testiculaire de 2 à 3 mm sur 5 à 7 et 10 à 15 mm environ ont été prélevés et plongés directement dans un des fixateurs suivants : le liquide de CARNOY pour une fixation de 18 à 24 h à + 4°C, le liquide de TELLYESNICZKY (36h à la température du laboratoire), et le liquide de HELLY (24h à la température ambiante).

Liquide de HELLY ou ZENKER-Formol.

Solution-mère de Zenker

Chlorure mercurique	5 g
Bichromate de potassium	2,5 g
Eau distillée	100 ml

.../...

Au moment de l'emploi

Solution-mère de Zenker	100 ml
Formaldéhyde à 36-40 %	5 ml

Les pièces ont été incluses au Paraplast et des coupes de 5 à 7  $\mu$  ont été colorées par les colorants déjà cités.

Les lames ont été ensuite étudiées au microscope LEITZ ORTHOPLAN et les photographies ont été prises avec le même microscope couplé à un appareil ORTHOMAT.

## 2.2. Cytologie en microscopie électronique.

Les prélèvements ont été réalisés sur les lots d'animaux de dissection à la fin du temps de saignée de l'animal, toujours avant la disparition du réflexe oculo-palpébral, et recueillis directement dans le liquide fixateur. Deux types de prélèvements ont été effectués :

- le fluide séminal ponctionné dans la portion distale de la queue de l'épididyme, centrifugé dans le fixateur à 2400 tours/minute pendant 30 secondes.

- le parenchyme testiculaire, prélevé dans la même région que pour les empreintes, frottis et écrasements.

Le mélange fixateur préparé extemporanément dans des tubes à hémolyse était du glutaraldéhyde à 2,5% dans le tampon cacodylate de sodium saccharosé (PH 7,2 à 0,1 M). Cette première fixation dure 1 heure à + 4°C. Les prélèvements sont ensuite placés dans le tampon cacodylate durant une nuit, puis les pièces sont traitées dans de l'osmium à 1% dans le même tampon pendant une heure, et déshydratées à l'alcool et à l'oxyde de propylène. Ils sont ensuite inclus dans l'épon.

../..

Les coupes réalisées à l'ultramicrotome PORTER BLUM MTL, sont contrastées par l'acétate d'uranyle (30 minutes) et le citrate de plomb.

Les examens ont été faits aux microscopes électroniques OPTIMEU 100 Kv et SIEMENS ELMISKOP 101.

g

g g

CHAPITRE DEUXIEME : RESULTATS ET DISCUSSION

Nous rapporterons successivement les types cellulaires, les spermatozoïdes et les cellules multinuclées que nous avons observées.

1. Les types cellulaires.

Les types cellulaires que nous avons identifiés sont les cellules de soutien, les spermatogonies, les spermatocytes, les spermatides et le spermatozoïde auquel nous consacrerons un paragraphe particulier.

1.1. La cellule de soutien.

En microscopie optique, la cellule de soutien a une forme très irrégulière et ses limites sont peu visibles. Sur les coupes du tube séminifère, son apex présente des prolongements qui débordent dans la lumière du tube, donnant une image comparable à celle des microvillosités intestinales. Sur les frottis ou les empreintes, seuls les noyaux sont observables. Ces noyaux sont généralement ovoïdes et légèrement colorés par l'hématoxyline. Le nucléoplasme est homogène et contient un nucléole volumineux bien mis en évidence par le vert lumière.

Au microscope électronique, le noyau des cellules de soutien est très profondément échancré et le cytoplasme renferme un très important réseau de reticulum endoplasmique lisse mais la forme granulaire de cet organite quoique moins abondante est aussi présente. (Voir planche I, page 68).

Sur les prélèvements effectués en décembre et janvier, nous avons observé en outre de nombreuses vésicules intranucléaires de 600 Å à 4.500 Å de diamètre regroupées au milieu du nucléoplasme et, dans le cytoplasme, de nombreuses vacuoles de

résorption à l'intérieur desquelles se trouve un matériel dense aux électrons. Les vacuoles de résorption ont déjà été signalées dans d'autres espèces. CARR et Coll. (1971-27) estiment qu'elles traduisent une activité phagocytaire des cellules de soutien. Les vésicules intra-nucleaires par contre n'ont pas encore été décrites. La date à laquelle les prélèvements pour l'étude en microscopie électronique ont été réalisés permet de penser qu'elles traduisent la réduction d'activité de la spermatogénèse signalée par CUQ (1978-38) : la fréquence mensuelle des taureaux dont l'activité spermatogénétique dépasse un seuil donné atteint 68% entre août et novembre et tombe à 20% à partir du mois de décembre. (Planche I, page 68).

### 1° Les spermatogonies.

Deux types de spermatogonies peuvent être distingués chez le zébu. Les spermatogonies A et les spermatogonies B. nous n'avons pas identifié de spermatogonie de type intermédiaire.

#### 1.2.a. La spermatogonie A.

La spermatogonie A est une cellule volumineuse, elliptique qui mesure  $16 \times 9,5\mu$ . Elle est située contre la membrane basale du tube séminifère, sous un dôme formé par les digitations de la membrane plasmique des cellules de soutien. Le noyau, de forme ovoïde, est toujours situé à proximité (0,8 environ) de la lame basale à laquelle son grand axe est parallèle. Il mesure  $10 \times 8\mu$  et contient une chromatine finement poussiéreuse. Le nucléole central est plus volumineux ( $3,7\mu$  de diamètre) que celui des taurins dont le diamètre mesure selon SCHOENFELD (1902-112) 0,75 à  $1,5\mu$ . (Planche I, page 68).

#### 1.2.b. La spermatogonie B.

La spermatogonie B du zébu est une cellule globuleuse plus hémateiphile que la spermatogonie A. Elle mesure environ

../..

17 $\mu$  de diamètre. Son noyau excentrique et de 9,5 $\mu$  de diamètre, renferme des croûtelles de chromatine réparties au hasard dans le nucléoplasme et contre la face interne de la caryothèque elle-même fortement chromophile.

Le cytoplasme est plus abondant que celui de la spermatogonie A mais n'a pas le volume de celui de la spermatogonie B des taurins qui mesure 23 $\mu$  de diamètre (POSTIGLIONI-GRIMALDI, 1973-103)

### 1.3. Les spermatocytes et la méiose.

Les spermatocytes primaires du zébu récemment issus des divisions spermatogoniales ressemblent beaucoup aux spermatogonies B ; ils n'en diffèrent que par une plus faible chromophile et par la petite taille de leur noyau (8 $\mu$  de diamètre).

La méiose se déroule comme dans tous les autres mammifères et ses phases peuvent être suivies après coloration à l'APS : individualisation des chromosomes (phase leptotène), appariement des chromosomes et arrangement en bouquet de la chromatine (phase zygotène), contraction des filaments chromatiques (pachytène) et séparation des bras (phase diplotène). Le seul fait remarquable au cours de cette méiose est l'augmentation importante du volume du spermatocyte primaire durant la prophase : son diamètre passe de 15 $\mu$  à 20,5-22 $\mu$  et son noyau, de 8 à 10, . Contrairement à ce qui a été signalé chez les taurins (POSTIGLIONI-GRIMALDI, 1973-103 ; KNUDSEN, 1958-69 ; KNUDSEN et BRYNE, 1960-70), il existe donc une véritable "croissance" des spermatocytes primaires chez le zébu.

A la phase pachytène, lors de la contraction des filaments chromatiques, le noyau prend un aspect croûtelieux qui rend difficile la distinction entre spermatocyte primaire et spermatogonie B, mais la position des cellules dans l'épithélium

..//..

séninifère et la très faible chromophilie de la karyothèque des spermatocytes permettent de les distinguer. Le microscope électronique permet de mettre en évidence dans les noyaux des spermatocytes primaires des complexes synaptonaux caractéristiques des phases pachytène et zygotène de la prophase méiotique.

Les spermatocytes secondaires ont un noyau petit (6  $\mu$  de diamètre), sphérique, un nucléoplasme finement granuleux et quelques nœuds seulement de chromatine hématéophile.

#### 1.4. La spermatide et la spermiogénèse.

La jeune spermatide du taureau zébu est une petite cellule de forme polygonale dont le noyau sphérique mesure 4,8 à 5  $\mu$  de diamètre. Son nucléoplasme est très peu chromophile et renferme au sein d'une chromatine poussiéreuse un nucléole fortement coloré par le vert lumière.

A la phase de Golgi, le granule acrosomique est bien visible au microscope électronique. A l'intérieur du complexe saccal - lamelliforme, il apparaît comme une masse finement granuleuse, très osniophile et séparée de sa membrane limitante par un espace peu dense. Le corps chromatide est situé au voisinage du complexe golgien. Les mitochondries sont à contrastes inversés.

A la phase du capuchon, la masse du granule est au contact du noyau qu'elle déprime légèrement pour s'étaler ensuite en formant une coiffe hémisphérique sur le pôle antérieur. Sur la zone de contact, l'enveloppe nucléaire devient franchement osniophile. A l'autre pôle du noyau, les deux centrioles sont disposés à angle droit, le proximal se met en rapport avec l'enveloppe nucléaire à laquelle l'axe de son cylindre centriolaire est tangent.

Au moment où le filament axial se constitue, le centriole distal forme une structure périodique comparable à celle de la pièce articulaire du spermatozoïde. FAUCETT et ITO (1965-5)

..//..

interprètent cette particularité cytologique comme une preuve de la formation de la pièce articulaire à partir du centriole distal.

Pendant la phase du capuchon, le corps chromatofide paraît se désintégrer et se déplace en direction du complexe centriolaire.

A la phase de l'acrosome, le contenu dense de la vésicule acrosomienne s'étend et comble l'espace clair qui le sépare de sa membrane limitante : il devient l'acrosome. Le noyau s'allonge et perd sa symétrie primitive. Le nucléoplasme se condense. Les mitochondries commencent leur migration en direction du flagelle. Elles longent la manchette caudale qui vient d'apparaître sur l'anneau nucléaire et qui possède une structure microtubulaire. Comme dans les autres espèces les spermatozoïdes du zébu sont orientés en direction de la lame basale du tube séminifère.

Au cours de la phase de maturation, la condensation du noyau s'achève, les différentes structures du spermatozoïde s'organisent. La manchette caudale disparaît dès le début de cette phase. Les mitochondries ont achevé leur migration et forment une gaine au niveau de la pièce intermédiaire.

g

g g

Par rapport à celles des taurins, les cellules de la lignée spermatogénétique du zébu présentent donc les particularités suivantes : absence de spermatogonie de type intermédiaire et "croissance" du spermatocyte primaire qui devient la cellule la plus volumineuse de la lignée germinale comme dans les autres mammifères.

## 2. Le spermatozoïde

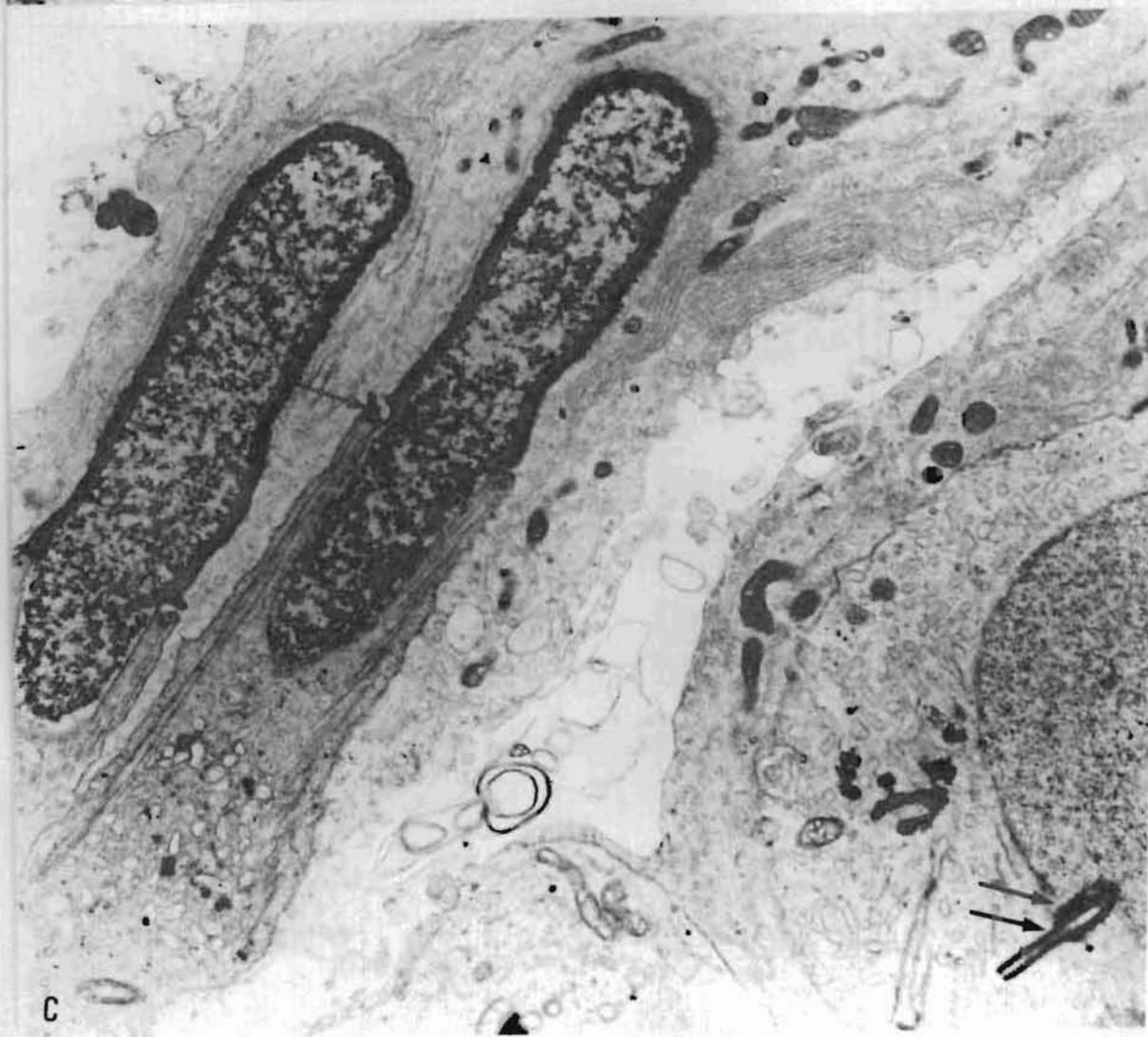
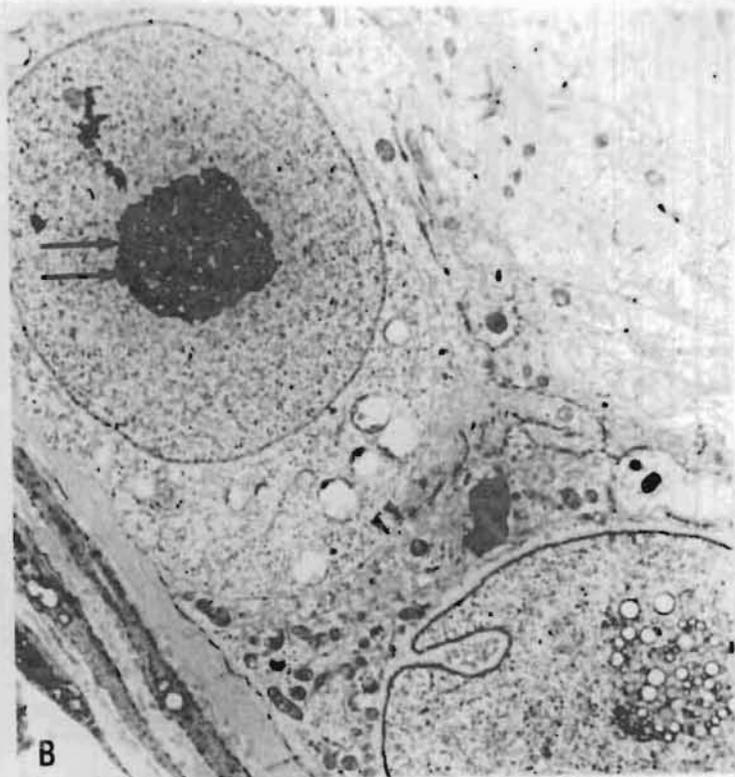
Nous rapporterons successivement la morphologie générale, l'ultrastructure et les anomalies du spermatozoïde des taureaux zébus que nous avons étudiés.

.../...

P L A N C H E - I -

Quelques cellules du tube séminifère du taureau zébu

- A - Noyau de la cellule de soutien, situé près de la membrane basale du tube séminifère. A l'intérieur, on observe de nombreuses vésicules (flèche) X 6.000
- B - En haut, et à gauche, on observe le noyau de la spermatogonie A avec son gros nucléole (double flèche). En bas et à droite, un noyau de Sertoli. Entre les deux, le cytotenne sertolien présent à la base dégénère et disparaît (double tête de flèche) X 5.500
- C - En haut et à gauche, deux spermatozoïdes à la phase de l'acrosonne ; la manchette caudale à structure microtubulaire, s'insère sur l'anneau nucléaire" (flèche). En bas et à droite, un noyau de spermatozoïde montre le complexe centriolaire qui forme une structure périodique comparable à la pièce articulaire (double flèche) ; X 12.000.



2.1. Morphologie générale.

Examiné au microscope photonique le spermatozoïde du zébu a une forme spatulée. Sa longueur est de 90 à 92 $\mu$  pour 75 à 80 $\mu$  chez les taurins. Sa tête plate, ovale, et concave caudalement, mesure 9,5 à 10 $\mu$  de longueur (8,5 à 9 $\mu$  pour *Bos taurus*). La largeur maximale est 4,8 à 5,2 $\mu$  et, 1,67 à 2 $\mu$  seulement à la limite du cou ; son épaisseur moyenne est 0,4 $\mu$ , et à la base 0,6 $\mu$ , toutes dimensions légèrement supérieures à celles des spermatozoïdes de taurins (SACKE et ALMQUIST, 1964-110, 111 ; BLOOM et BIRCH-ANDERSEN, 1960-19 et 1965-20) : Tableau n° I page 69.

Il se compose de trois parties (la tête, le cou et la queue) dont la structure peut être précisée en microscopie électronique

TABLEAU I

Dimensions comparées des spermatozoïdes de *Bos taurus* et de *Bos indicus*. (en microns)

Régions	: Bos taurus	: Bos indicus
Longueur totale	: 75 à 80	: 90 à 92
Tête : longueur	: 8,5 à 9	: 9,5 à 10
largeur maximale	: 4,5 à 5	: 4,8 à 5,2
largeur minimale	: 1,5 à 1,7	: 1,67 à 2
épaisseur à la base	: 0,5	: 0,6
épaisseur moyenne	: 0,3	: 0,4
Cou : longueur	: 0,3 à 1,5	: 1,2 à 1,5
Queue : longueur totale	: 65 à 70	: 80 à 82
pièce intermédiaire	: -	: 15 à 16
pièce principale	: 45 à 50	: 60 à 62
pièce terminale	: -	: 4 à 5
	:	:
	:	:

FIGURE N° 10 : TÊTE ET COU DU SPERMATOZOÏDE  
DE TAUREAU ZIBU.  
(COUPPE SAGITTALE MÉDIANE D'UN  
SPERMATOZOÏDE EPIDIDYMAIRE).

1. - corps apical
2. - espace sous-acrosomien
3. - cytolemme
4. - acrosome
5. - noyau
6. - Membrane acrosomique externe
7. - membrane acrosomique interne
8. - karyothèque (enveloppe nucléaire)
9. - segment équatorial
10. - coiffe post-acrosomique
11. - fossette articulaire
12. - plaque basale
13. - colonnes segmentées de la pièce articulaire
14. - enveloppe nucléaire redondante
15. - mitochondries
16. - fibres externes
17. - doublets périphériques de l'axonème.

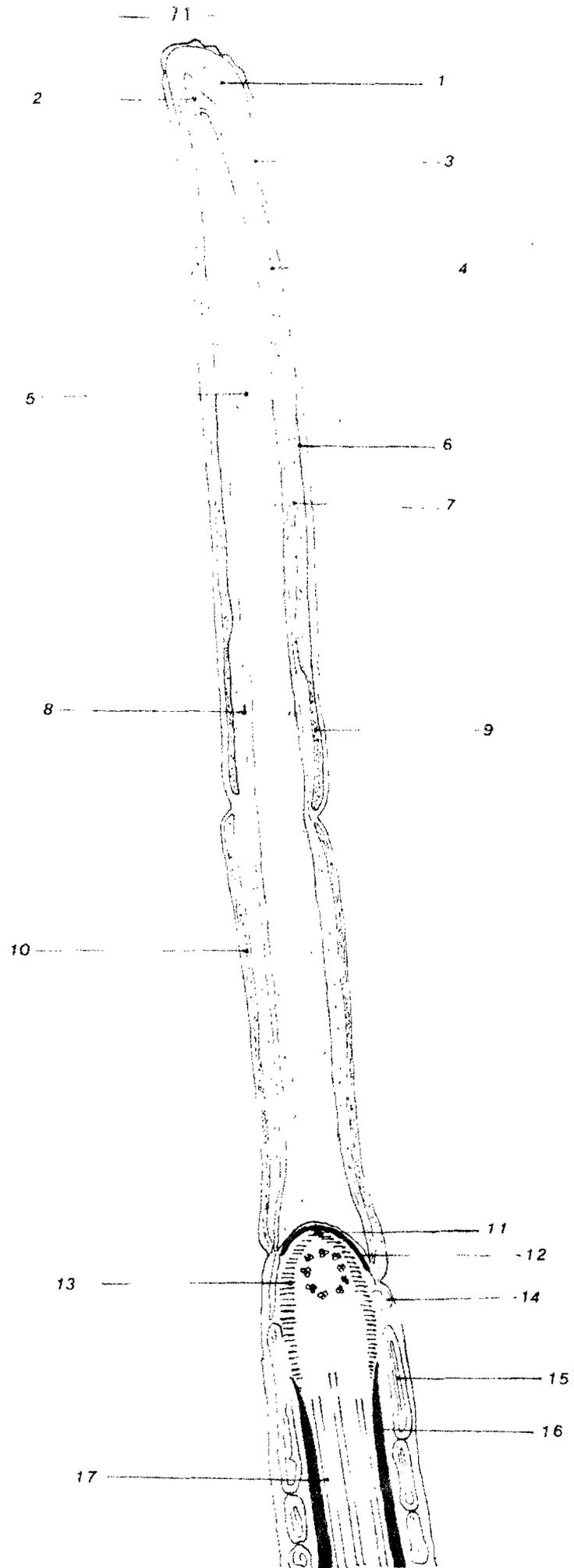


FIGURE N° 10 TETE & COU DU SPERMATOZOIDE DE TAUREAU ZEBU  
 ( Coupe sagittale médiane )

## 2.2. Ultrastructure.

### 2.2.a. La tête

Le noyau occupe la majeure partie de la tête. A sa base, une double dépression concave correspond à la fossette articulaire. Le nucléoplasme dense et homogène, présente des zones claires à limite diffuse qui sont dépourvues de membrane limitante et ne sont pas les vacuoles décrites par SAACKE et ALMQUIST (1964-110) chez les taurins. BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) les ont interprétées comme des traces de cassure de la substance nucléaire survenues lors des coupes après fixation à l'osmium. L'aspect infiltré de leurs contours nous conduit à admettre avec BRETSCHNEIDER (1949-24) que ces zones claires représentent des artéfacts résultant de la dissolution de substance nucléaire au cours des traitements histologiques. (Voir planche II page 77.)

Le cytolemme, bien que fragile, est présent sur toute la surface de la cellule. Un espace de 150 Å le sépare des structures sous-jacentes mais au pôle céphalique, il est en contact étroit avec le corps apical ; il n'est séparé de la coiffe post-acrosomique que par un espace vide de 75 à 100 Å.

L'acrosome couvre 55 à 60% de la portion antérieure de la tête, soit 5,5 µ de longueur dont 1,2 à 1,3 µ pour le segment équatorial.

La membrane acrosomique externe décrit dorso-cranialement le corps apical dont la structure interne est uniformément dense aux électrons. La vacuole apicale décrite par BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) chez *Bos taurus* n'existe pas chez *Bos indicus*.

La membrane acrosomique interne délimite sur la plus grande partie de la périphérie du noyau un "espace sous-acrosomien" de 220 Å qui s'élargit jusqu'à 450 Å au niveau du segment

.../...

équatorial et atteint 2000 Å au pôle cranial du noyau. Sur toute son étendue, l'espace sous-acrosomien est occupé par un matériel périnucléaire relativement dense aux électrons. Au delà de l'acrosome ce matériel s'étend sous la coiffe post-acrosomique dont il est séparé par un espace clair de 600 à 700 Å. Ce matériel périnucléaire correspond vraisemblablement à du cytoplasme résiduel.

La coiffe post-acrosomique du zébu est formée par une couche de 250 Å de substance dense aux électrons et dépourvue de membrane limitante, et non par une structure micro-tubulaire comparable à celle que BLOOM et BIRCH-ANDERSEN (1965-20) ont décrite chez les taurins.

Les "boutons basaux" existent chez le zébu. Ils sont situés de part et d'autre de la fossette articulaire et au dessus de l'enveloppe nucléaire redondante où ils forment deux zones hémisphériques moins denses aux électrons que le nucléoplasme.

#### 2.2.b. Le cou.

Le cou du spermatozoïde du zébu est mal délimité en raison de la présence à son niveau de deux ou trois longues mitochondries. (Voir planche II page 77)

La fossette articulaire est une double dépression de 1,2 µ de hauteur limitée par un épaississement dense de la karyothèque qui correspond à la plaque basale.

La pièce articulaire de structure périodique mesure 1,2 µ de hauteur. Le capitulum est formé par l'union des deux

.../...

colonnes majeures au-dessus d'un centriole proximal en position para-axiale et orienté obliquement par rapport à l'axe flagellaire. L'une des colonnes majeures est souvent interrompue par les triplets du cylindre centriolaire. Les colonnes mineures rejoignent cranialement le capitulum.

L'enveloppe nucléaire redondante a l'aspect d'un simple repli ou d'un enroulement membraneux complexe de la karyothèque qui s'étend sur  $0,7 \mu$  dans la région du cou.

### 2.2.c. La queue.

La queue du spermatozoïde de zébu est plus longue que celle des taurins ( $80 \mu$  environ pour  $65$  à  $70 \mu$ ).

Dans la pièce intermédiaire qui mesure  $0,8 \mu$  de diamètre et  $15$  à  $16 \mu$  de longueur, la gaine mitochondriale compte  $75$  à  $85$  spires de mitochondries.

Les fibres denses externes les plus grosses ( $1,5$  et  $6$ ) ont une section en battant de cloche ; la fibre intermédiaire (la  $9$ ) a une section en forme de cœur alors que celles des autres sont piriformes. (Planche II page 77).

L'anneau du spermatozoïde a une section en forme de triangle dont la base est confondue avec le cytolomme sur lequel elle s'appuie, dont le sommet est orienté en direction du filament axial, dont le bord rostral est moulé sur le bord caudal de la dernière spire de l'hélice mitochondriale et dont le bord caudal répond aux premiers éléments de la gaine fibreuse de la pièce principale du flagelle. Il n'y a pas de sinus annulaire ; chez le

../..

zébu le cytolomme se prolonge directement sur la gaine fibreuse sans se réfléchir entre l'anneau et le complexe axonemal. Cette description ne correspond pas à celles données par SAACKE et ALMQUIST (1964-111) chez les taurins et plus généralement par FAWCETT (1970-51) chez les mammifères à anneau triangulaire en raison de l'absence de sinus annulaire et de l'orientation non craniale de la base du triangle de section. (Planche II page 71)

La gouttelette cytoplasmique est située au niveau de la pièce intermédiaire dans les spermatozoïdes épидидymaires.

La pièce principale de la queue du spermatozoïde du zébu est le segment le plus long (60 $\mu$ ). Son diamètre passe de 0,65 $\mu$  à la base de l'anneau à 0,35 $\mu$  au niveau de la jonction avec la pièce terminale. Elle est plus grande que la pièce principale de la queue de Bos taurus (de 0,5 $\mu$  à 0,25 $\mu$  de diamètre selon SAACKE et ALMQUIST, 1964-111).

La pièce terminale mesure 4 à 5 $\mu$  de longueur. Elle est composée seulement du filament axial et du cytolomme.

### 2.3. Les anomalies du spermatozoïde.

En microscopie optique, les anomalies des spermatozoïdes que nous avons observés se localisent à la tête et au flagelle. Elles sont des types : têtes globuleuses, têtes allongées simples, têtes allongées<sup>s</sup> effilées, macrocéphalie, microcéphalie, flagelles enroulés et absences de flagelle, et ne présentant donc aucun caractère de spécificité.

Au microscope électronique, nous avons trouvé une forme particulière de spermatozoïdes dupliqués, à la fois bicéphale

P L A N C H E II

- A - Coupe sagittale médiane de la tête montrant au pôle cranial, le corps apical (ca), l'espace sous-acrosomien (flèche) et à l'intérieur du noyau des zones claires (zc). X 48.000
- B - Portion moyenne de la tête (en coupe) sagittale), montrant le cytosome (double tête de flèche), le segment équatorial (flèche), la coiffe post-acrosomique (double flèche) et les zones claires du nucléoplasme. X 57.000
- C - Base de la tête, cou et portion proximale de la pièce intermédiaire du spermatozoïde. On y observe de longues mitochondries (m) interférant dans la région du cou et les colonnes segmentées de la pièce articulaire (flèche). X 31.000
- D - Coupe de la queue montrant sur un spermatozoïde épiddymaire, la gouttelette cytoplasmique (gc), la gaine mitochondriale (gm) de la pièce intermédiaire (pi), l'anulus<sup>u</sup> (flèche), la gaine fibreuse (gf) de la pièce principale (pp). X 45.000.
- E - Coupe transversale de la pièce intermédiaire ; la fibre deux externe n°1 (flèche) et les fibres 5 et 6 sont en battant de cloche ; X 45.000.
- F - La queue dans sa région terminale montrant la disparition de la gaine fibreuse (double flèche) entre la pièce principale (pp) et la pièce terminale (pt) ; X 36.000.

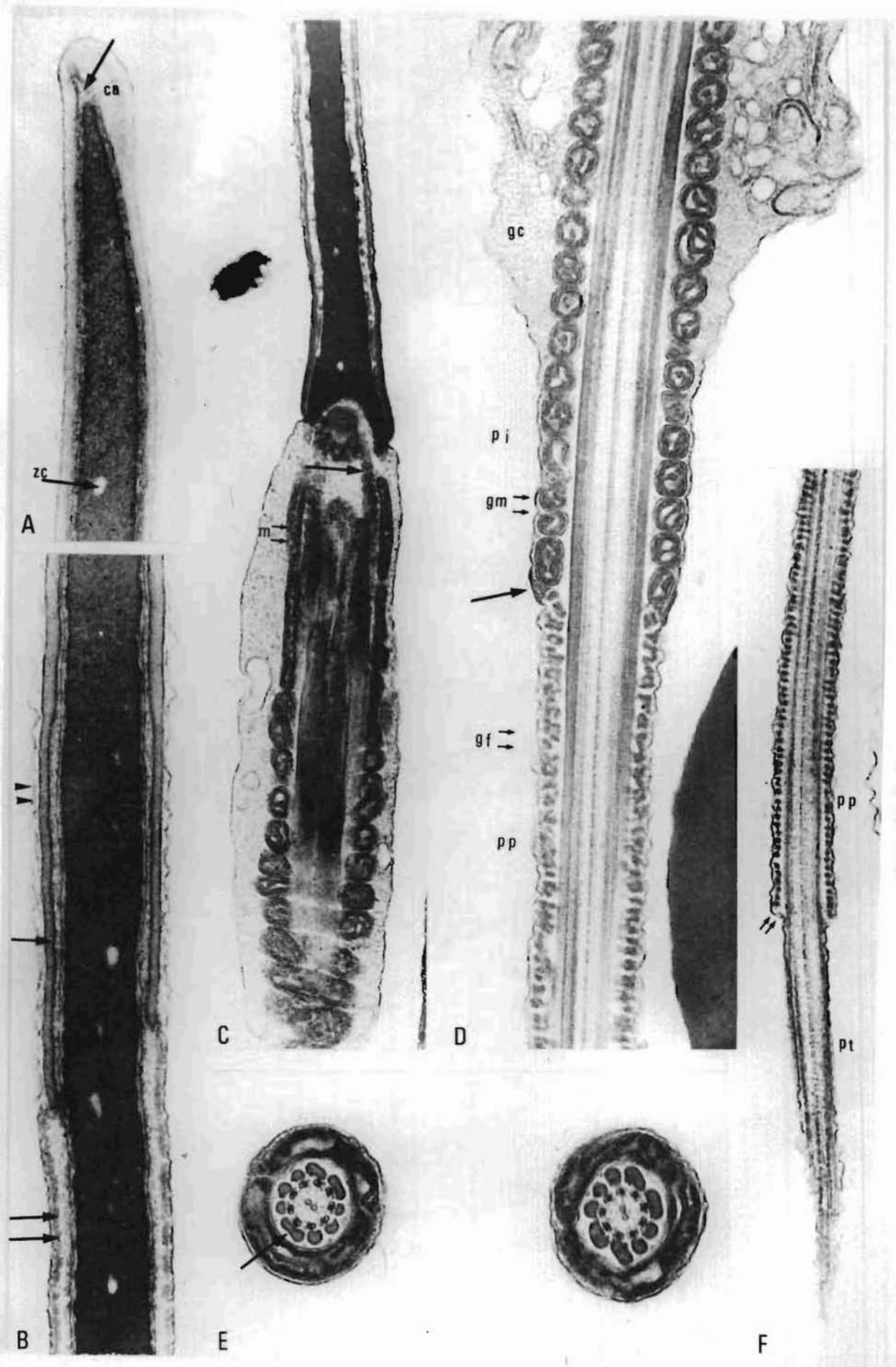
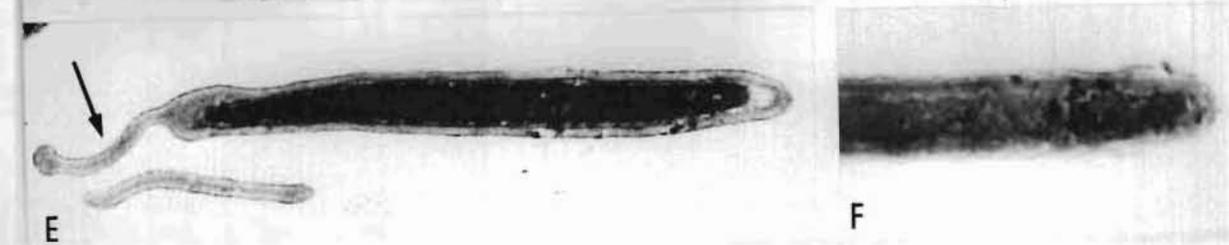
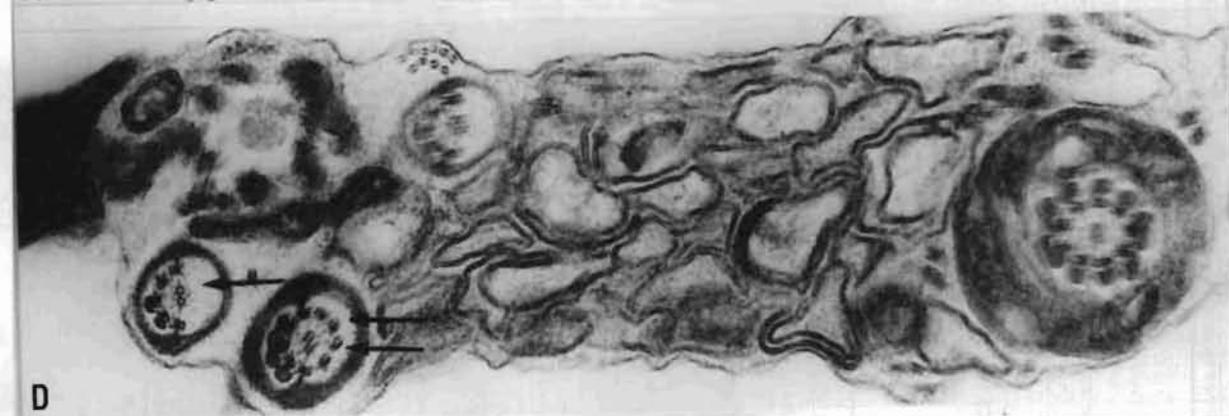
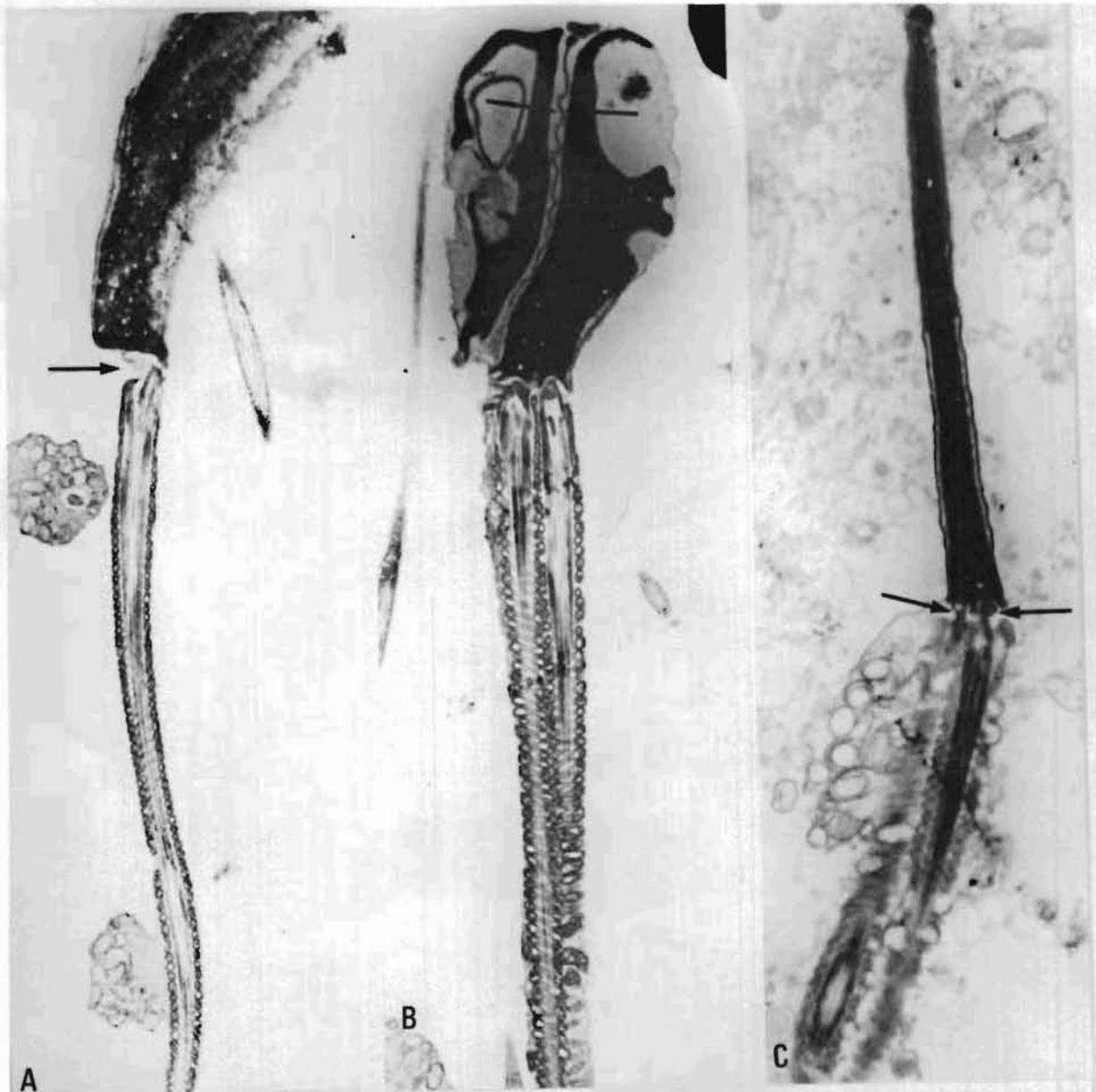


PLANCHE III.

---

- A - Etranglement au niveau du cou (flèche). X 8.500
- B - Spermatozoïde double avec rarefaction de matériel à l'intérieur du noyau X 8.500.
- C - Spermatozoïde à flagelle double montrant deux pièces articulaires (flèche).
- D - Coalescence de flagelle avec disparition des fibres denses externes et des doublets périphériques sur un hémicycle (flèche) ou des fibres denses externes seulement sur le même côté (double flèche) ; X 45.000.
- E - Expansion latérale de la tête (coupe transversale) ; X 22.000
- F - Chromatine granuleuse dans la portion craniale de la tête ; X 20.000
-



et bicaudée comme si deux spermatozoïdes étaient placés dans la même gaine cytolemmique. En même temps, nous avons noté une raréfaction irrégulière de la substance nucléaire. Planche III p.79

En outre, nous avons pu observer au niveau de la tête, des noyaux à chromatine granuleuse déjà décrits par KANN (1974-65) chez *Bos taurus* et des acrosomes à expansion unilatérale falciforme. Planche III page 79.

Dans la région du cou, nous avons rencontré un étranglement de l'extrémité rostrale. Planche III page 79.

Dans une forme bicaudée aux deux queues accolées nous avons identifié deux pièces articulaires avortées, morphologiquement identiques à celle que nous avons décrite à la phase du capuchon de la spermiogénèse. Planche III page 79.

Nous avons observé enfin la coalescence de plusieurs flagelles dont certains éléments <sup>structuraux</sup> sont absents sur la moitié de leur surface de section : disparition associée des doublets périphériques (4) et des fibres denses externes (4) sur un hémicycle, ou absence des seules fibres denses externes.

Mise à part la chromatine granuleuse, ces anomalies ultrastructurales n'ont pas été décrites chez les taurins peut-être parce que toutes les études ont été faites sur des taureaux de Centre d'Insémination artificielle, mais peut-être aussi parce que certaines d'entre elles sont liées à l'existence de cellules géantes multinuclées dans le seul zébu.

### 3.- Les cellules géantes multinuclées.

#### 3.1. Introduction

Des cellules géantes multinuclées de l'épithélium

../..

séminifère ont été signalées pour la première fois par La VALETTE SAINT-GEORGES en 1865 (74). TILMANN et Coll. (1955-118) les considèrent comme un contingent cellulaire habituel de la lignée spermatogénétique des mammifères. Cependant, BISHOP et WALTON (1960-16) précise que si un petit nombre de spermatides binuclées est d'observation courante, un grand nombre de cellules à plusieurs noyaux est la conséquence de l'action de certains facteurs qui troublent la spermatogénèse : Les principales sont l'irradiation (AMROSO, 1963-5 ; LACY, 1964-73 ; MONTGOMERY et Coll., 1964-83 ; RAO et SHRIVASTAVA, 1967-106), l'hyperthermie (STEINBERGER et Coll., 1959-116 ; CHOWDHURY et Coll., 1964-28 ; COLLINS et LACY, 1969-34 ; KANWAR et Coll., 1971-67), la cryptorchidie expérimentale ou spontanée (PAYNE, 1956-97 ; PARVINEN, 1973-96) et l'ischémie (CETTLER et Coll., 1952-94 ; KAYA et Coll., 1975-68).

Des cellules géantes multinuclées ont aussi été identifiées chez les mammifères à activité sexuelle discontinue, dans les périodes qui précèdent le repos sexuel (BIDWAI et BAWA, 1973-12, 1977-13).

Dans les mammifères domestiques soumis aux conditions naturelles de l'environnement, les cellules géantes multinuclées n'ont été signalées qu'une fois chez le chien par SOHRAB (1974-114).

Chez le zébu nous les avons recherchées par l'examen systématique de séries d'empreintes, frottis, écrasements et coupes du parenchyme testiculaire de 106 taureaux. Les examens qui portent sur les prélèvements effectués entre le 11 mars 1977 et le 1er avril 1978 ont montré que 99 des 106 sujets présentaient des

..//..

cellules géantes multinucléées. Planche IV page 84 .

Cette fréquence très élevée qui s'oppose à la quasi inexistence des cellules géantes multinucléées dans les autres mammifères domestiques nous a conduit à poser l'hypothèse de l'artéfact ; mais la concordance des résultats obtenus avec des techniques, des fixateurs et des colorants différents ainsi que les premiers résultats fournis par une étude en cours sur les bovins du Bénin (les cellules multinucléées sont aussi fréquentes chez les zébus de cette région de l'Afrique que dans ceux du Sénégal et font défaut chez les taurins) nous ont fait rejeter cette hypothèse. Les cellules géantes multinucléées semblent donc être un contingent cellulaire habituel des taureaux zébus de l'Afrique tropicale de l'Ouest.

### 3.2. Description.

Les cellules géantes multinucléées de la lignée germinale du zébu sont de forme variable : le plus souvent ovulaire (type ovulaire), quelquefois polylobé (type polylobé) parfois même un noyau et une partie du cytoplasme sont portés en appendice par la masse cellulaire principale (type appendiculaire). Le cytoplasme est granuleux et présente fréquemment des phénomènes de retraction qui se traduisent par une zone optiquement vide dans la région périnucléaire et à la périphérie de la cellule. Dans tous les cas, les noyaux d'une même cellule ont la même morphologie et peuvent toujours être rapportés à trois types cellulaires: spermatides en début d'évolution (phase de Golgi ou phase du capuchon), spermatocyte I à différents stades de la méiose (le plus souvent au stade pachytène) et spermatogonie B.

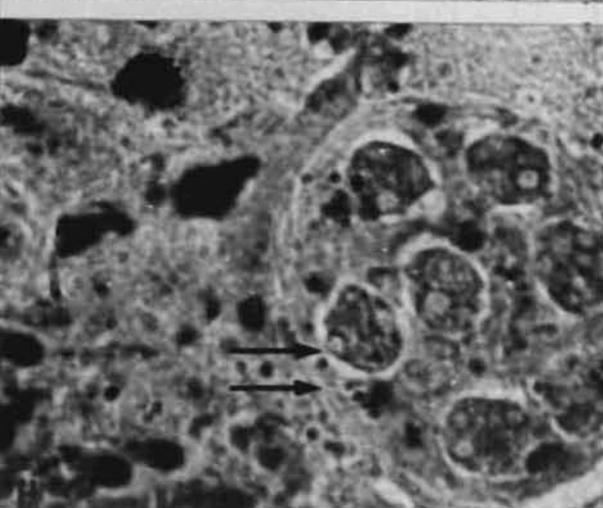
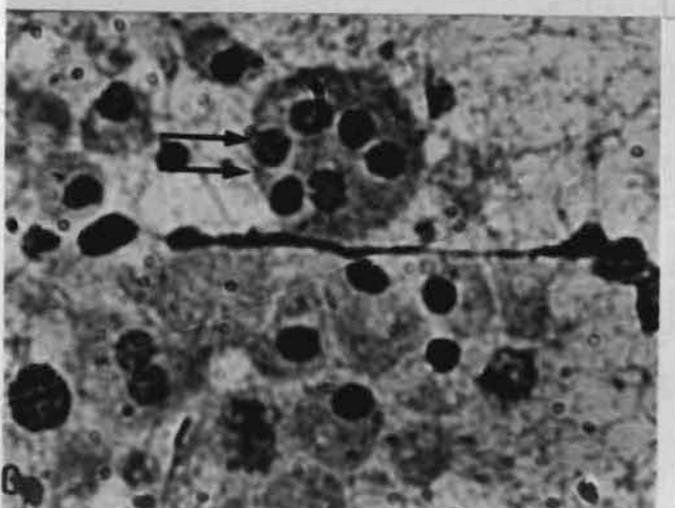
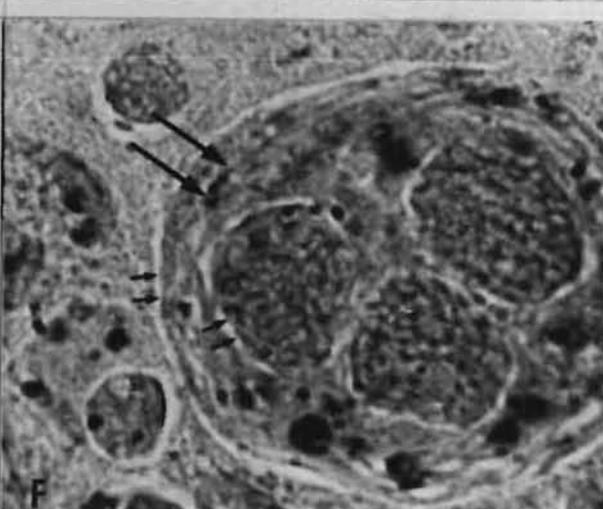
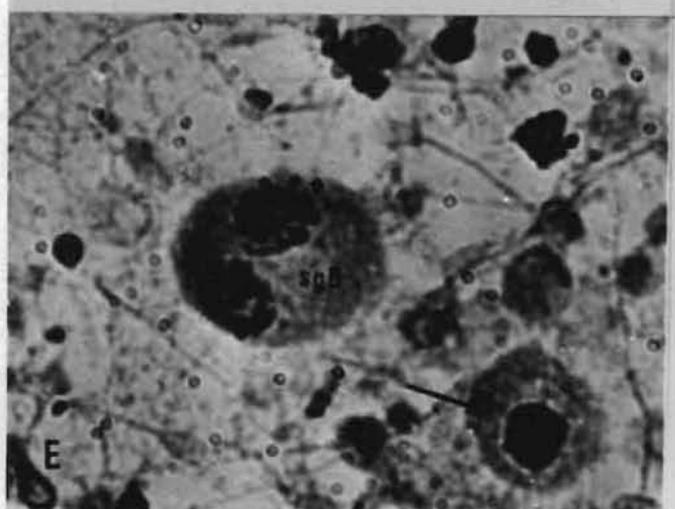
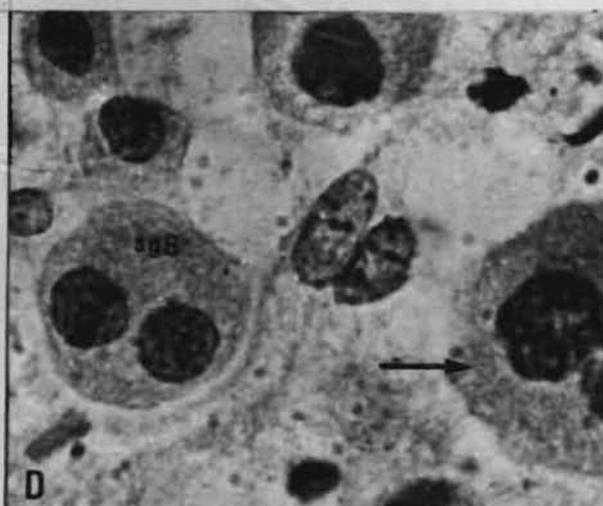
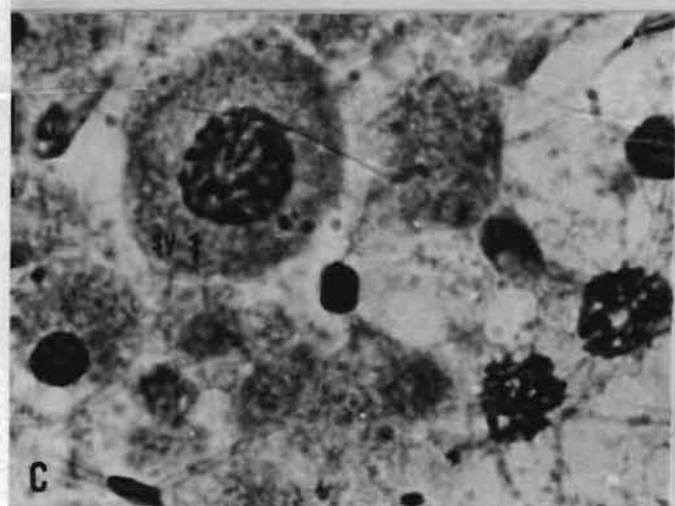
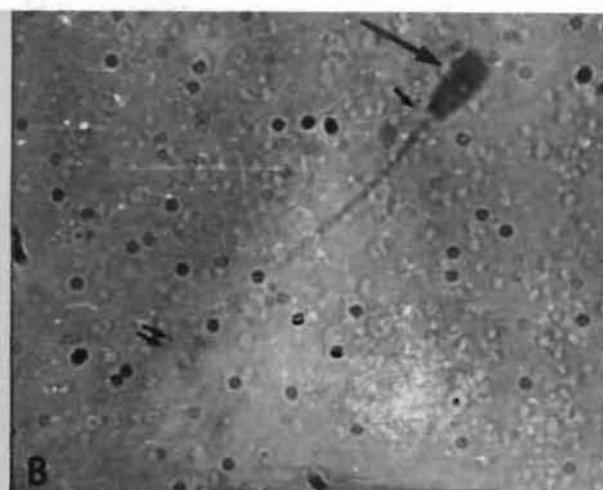
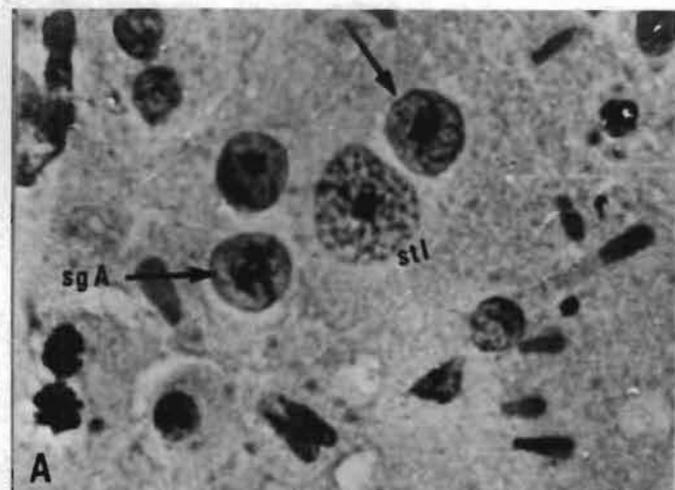
Au microscope électronique, les noyaux sont morphologiquement normaux et le cytoplasme est d'aspect floconneux mais on note aussi la disparition fréquente des cytolèmes. Dans tous

.../..

P L A N C H E IV.

Cellules du tube séminifère du taureau zébu en microscopie optique  
(examen sur empreintes)

- A - Noyau de spermatogonie A (SgA) et noyau de la cellule de soutien (st1), X 2.500. Triple coloration de Prenant.
- B - Spermatozoïde (flèche), les limites de la queue sont indiquées par les petites flèches X 2500. Hématoxyline ferrique.
- C - Spermatocyte I au stade pachytène (Sy 1.) X 2.500. Triple coloration de Prenant.
- D - Spermatogonie B à 2 noyaux (SgB) et spermatogonie B en division (flèche). 2.500 - Triple coloration de Prenant.
- E - Spermatogonie B. multinuclées (2 noyaux) et spermatogonie B normale (flèche) ; X 2.500. APS - hématoxyline-Picro-indigocarnin.
- F - Spermatocyte I à 3 noyaux, on observe (petites flèches) les zones optiquement vides autour du noyau et autour du cytoplasme. X 4.000 - Triple coloration de Prenant.
- G - Spermatozoïdes multinuclées (6 noyaux). X 2.500. APS - Hématoxyline - Picro-Indigocarnin.
- H - Spermatozoïdes à 7 noyaux. X 4.000. Triple coloration de Prenant.



les cas, les cellules géantes multinuclées coexistent avec des cellules de soutien à cytoplasme vacuolaire et à noyaux vésiculeux.

### 3.3. Fréquence.

Les cellules géantes multinuclées du type spermatide sont les plus fréquentes : elles étaient présentes sur 98 des 105 taureaux. Leur nombre varie de 1 à 27 par unité de surface de 400 mm<sup>2</sup> d'empreintes et elles possèdent 2 à 13 noyaux. Leurs dimensions sont fonction du nombre de noyaux qu'elles contiennent : 13 à 15  $\mu$  pour 2 noyaux, 20 à 21  $\mu$  pour 4 noyaux, 24  $\mu$  pour 6 noyaux, 29  $\mu$  pour 8 noyaux, et 38  $\mu$  pour 13 noyaux.

Les cellules géantes multinuclées du type spermatocyte ont été identifiées sur 76 taureaux. Leur nombre par unité de surface varie de 1 à 22, elles présentent 2 à 12 noyaux et leurs dimensions sont environ de 26, 37, 52, 64, et 88  $\mu$  respectivement pour 2, 4, 6, 8, et 12 noyaux.

Les cellules de type spermatogonie n'ont été observées que sur 20 taureaux. Elles sont toujours peu nombreuses (1 à 4 par unité de surface), sont constamment binuclées et mesurent 20 à 21  $\mu$  de diamètre.

Des trois types décrits, le type spermatide est seul présent sur 23 taureaux et le type spermatocyte sur un seul. Dans la plupart des cas, plusieurs types cellulaires coexistent sur le même sujet soit en association binaire des types spermatocyte et spermatide (55 observations) soit en association ternaire des trois types (20 observations).

### 3.4. Variations cycliques.

Les types cellulaires, leurs associations, leurs

..//..

REPARTITION, NOMBRE ET CARACTERISTIQUES DES CELLULES  
GEANTES MULTINUCLEEES DU TAUREAU ZEBU (DISTRIBUTION PAR SERIES DE PRELEVEMENTS).

TABEAU II

Date de Prélèvements.	Nombre de prélèvements.	pas de cellules multinucléées	spermatide	spermatide + spermatocyte	spermatide + spermatocyte + spermatogonie	Type spermatide				Type spermatocyte I				Type spermatogonie B			
						Cellules		Noyaux		Cellules		Noyaux		Cellules		Noyaux	
						Nombre	Moyenne	Nombre	type le plus fréquent	Nombre	Moyenne	Nombre	type le plus fréquent	Nombre	Moyenne	Nombre	type le plus fréquent
11.03.77	4	0	0	3	1	10-21	15	2-8	6	11-18	15	2-7	6	1	1	2	2
18.03.77	4	0	0	4	0	4-18	9	2-6	4	8-15	11	2-6	4	-	-	-	-
25.03.77	4	0	0	3	1	9-13	10	2-6	4	3-7	6	2-4	4	1	1	2	2
31.03.77	4	0	0	3	1	3-10	7	2-5	2	3-9	6	2-4	2	1	1	2	2
07.04.77	4	0	0	4	0	3-7	5	2-4	2	2-4	3	2-4	2	-	-	-	-
15.04.77	4	0	0	3	1	3-11	10	2-6	2	1-5	3	2-4	2	1	1	2	2
26.04.77	4	0	0	3	1	5-14	9	2-7	4	3-9	5	2-6	4	1	1	2	2
10.05.77	4	0	0	2	2	9-18	15	2-9	4	5-22	13	2-10	6	2-3	2	2-2	2
27.05.77	3	0	0	1	2	13-27	17	2-13	6	8-18	11	2-12	6	2-4	3	2-2	2
30.06.77	4	0	0	2	2	5-20	15	2-10	6	1-17	9	2-11	6	2-3	2	2-2	2
12.09.77	4	0	2	2	0	1-2	2	2-4	2	1-3	2	2-2	2	-	-	-	-
19.09.77	4	1	3	0	0	1-3	2	2-2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
22.09.77	4	2	1	1	0	1-3	2	2-2	2	1	1	2	2	-	-	-	-

	Nombre de prélèvements	pas de cellules multinucléées	spermatide	spermatide + spermatocyte	spermatide + spermatocyte + spermatogonie	type spermatide				type spermatocyte				type spermatogonie			
						Cellules		noyaux		cellules		noyaux		cellules		noyaux	
						Nombre	Moyenne	Nombre	type fréquent	Nombre	Moyenne	Nombre	type fréquent	Nombre	Moyenne	Nombre	type fréquent
26.09.77	4	1	2	1	0	1-3	2	2-2	2	1	1	2	2	-	-	-	-
29.09.77	4	0	4	0	0	2-4	3	2-4	2	-	-	-	-	-	-	-	-
03.10.77	4	1	3	0	0	1-2	1	2-4	2	-	-	-	-	-	-	-	-
06.10.77	4	2	1	1	0	2-5	3	2-4	2	3	3	2-4	4	-	-	-	-
10.10.77	4 <sup>#</sup>	0	2	1	0	1-3	2	2-2	2	2	2	2-4	2-4	-	-	-	-
13.10.77	4	0	2	2	0	1-6	4	2-4	2	1-1	1	2-2	2	-	-	-	-
12.11.77	4	0	2	2	0	4-7	5	2-4	2	2-2	2	2-4	2	-	-	-	-
19.11.77	4	0	1	3	0	1-7	5	2-4	2	2-2	2	2-4	2	-	-	-	-
28.11/5.12.77	4	0	0	2	2	9-13	10	2-6	4	4-16	8	2-7	4	1-1	1	2-2	2
02.au 23.01.78	4	0	0	3	1	7-14	10	2-6	4	6-14	9	2-8	4	1	1	2	2
06.02.78	4	0	0	3	1	5-16	11	2-7	4	6-14	9	2-8	4	1	1	2	2
16.02.78	3	0	0	1	2	9-21	16	2-9	4	10-17	13	2-8	4	1-2	1	2-2	2
23.02.78	4	0	0	1	3	6-18	13	2-8	6	1-18	13	2-9	4	1-3	2	2-2	2
01.04.78	4	0	0	4	0	2-12	7	2-6	4	5-9	7	2-6	4	-	-	-	-
	106 <sup>#</sup>	7	23	55	20	1-27	8	2-13	4	1-22	6	2-12	4	1-4	2	2	2

REPARTITION, NOMBRE, ET CARACTERISTIQUES DES CELLULES  
GEANTES MULTINUCLEEES DU TAUREAU ZEBU (DISTRIBUTION SAISONNIERE).

TABEAU III

Périodes	Nombre de prélèvements	pas de cellules multinucléées	spermatide	spermatide + spermatocyte	Spermatide + spermatocyte + spermatide	spermatide				spermatocyte				spermatogonie			
						Cellules		Noyaux		Cellules		Noyaux		Cellules		Noyaux	
						Nombre	Moyenne	Nombre	Fréquence maximale	Nombre	Moyenne	Nombre	Fréquence maximale	Nombre	Moyenne	Nombre	Fréquence maximale
12.09.77/06.10.77 (fin saison des pluies).	28	7	16	5	0	1-5	2	2-4	2	1-3	2	2-4	2	-	-	-	-
10.10.77/19.11.77 post-hivernage	16*	0	7	8	0	1-7	4	2-4	2	1-2	2	2-4	2	-	-	-	-
28.11.77/23.02.78 saison fraîche	19	0	0	10	9	5-21	12	2-9	5	4-18	10	2-9	4	1-3	2	2-2	2
11.03.77/31.03.77 (début saison sèche)	16	0	0	13	3	3-21	9	2-8	4	3-18	9	2-7	4	0-1	1	0-2	2
07.04.77 et 01.04.78 printemps	8	0	0	8	0	2-12	6	2-6	3	2-9	5	2-6	3	-	-	-	-
15.04.77/30.06.77 (fin saison sèche)	19	0	0	11	8	3-27	13	2-13	4	1-22	9	2-12	5	1-4	2	2-2	2
	106*	7	23	55	20	1-27	8	2-13	3	1-22	6	2-12	4	1-4	2	2	2

DIAGRAMME N° 1

Sont portés en ordonné<sup>e</sup>, le nombre moyen de noyaux  
par cellule et abscisse, les mois des prélèvements (du 11/03/77  
au 1er/04/78).

DIAGRAMME N° 2

Sont portés en ordonné<sup>e</sup> le nombre moyen de cellules  
multinucléées par unité de surface et en abscisse les mois des  
prélèvements.

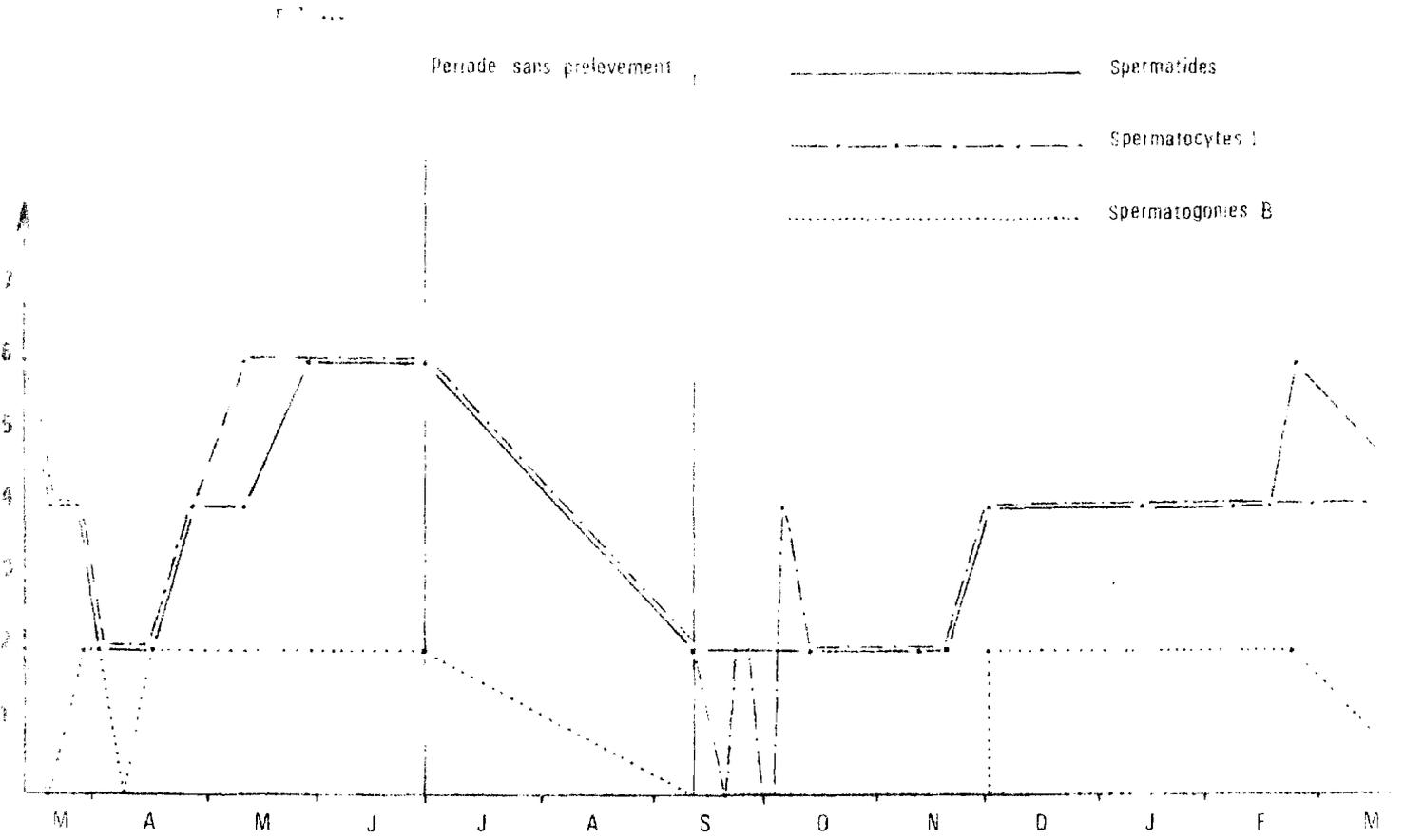
DIAGRAMME N° 3

Sont portés en ordonné<sup>e</sup>, le nombre d'animaux pré-  
sentant un type cellulaire ou type d'association cellulaire  
donné sur 4 animaux et en abscisse, les mois des prélèvements.

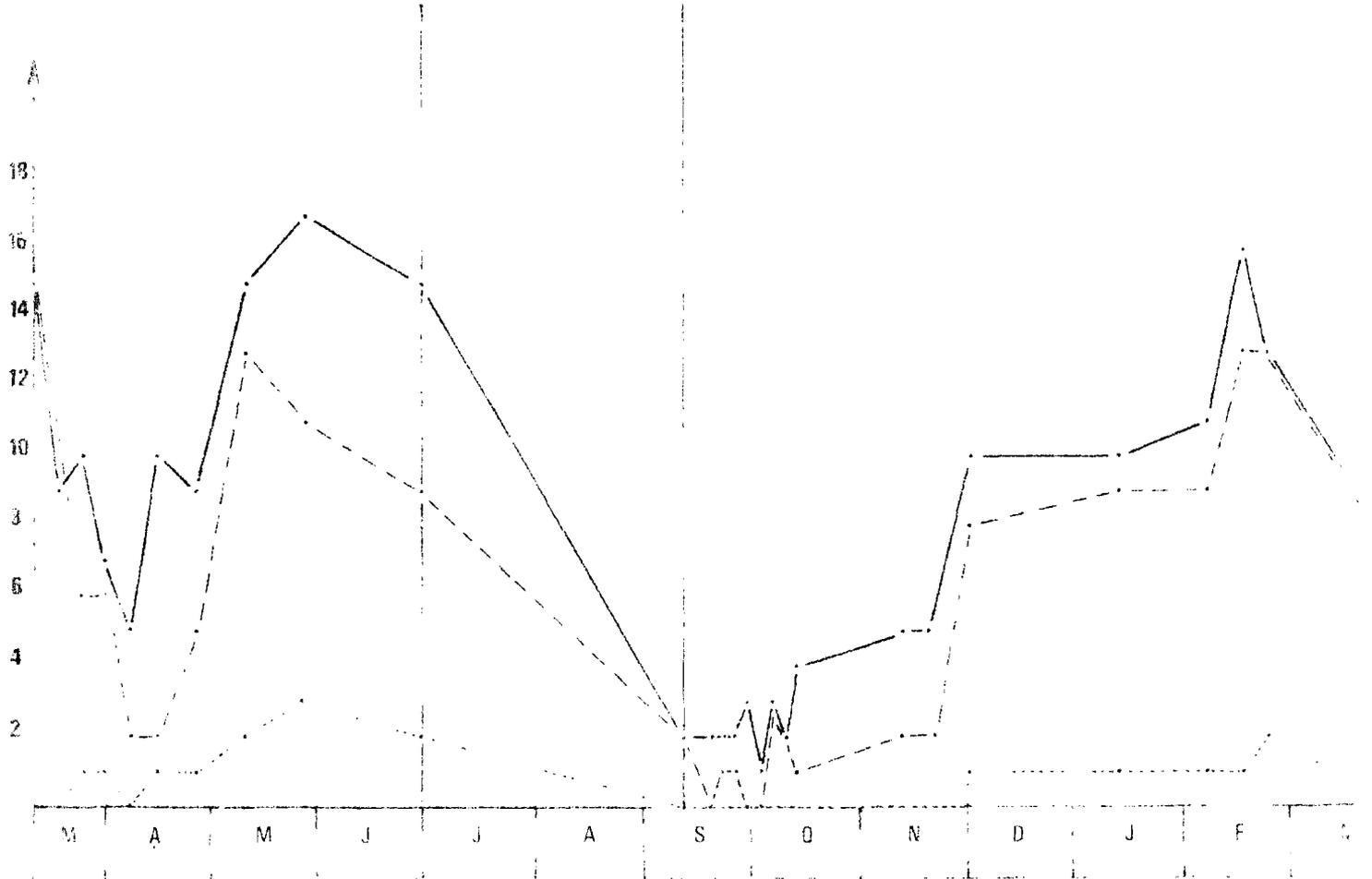
Pour conserver l'homogénéité du diagramme n°3,  
nous avons ramené les 3 prélèvements des 27.05.77 et 16.02.78  
à la fraction 4/4.

N.B.- Dans les Tableaux n° 2 et 3 des pages 86, 87, et 88 nous  
n'avons pas jugé nécessaire d'ouvrir une colonne pour le seul  
cas où un spermatoocyte I est seul présent sur un sujet (\*),  
ce qui porte le total à 105 prélèvements au lieu de 106.

# 1 DIAGRAMME du NOMBRE MOYEN de NOYAUX par CELLULE



## 2 DIAGRAMME du NOMBRE MOYEN de CELLULES MULTINUCLEEES par UNITE de SURFACE.

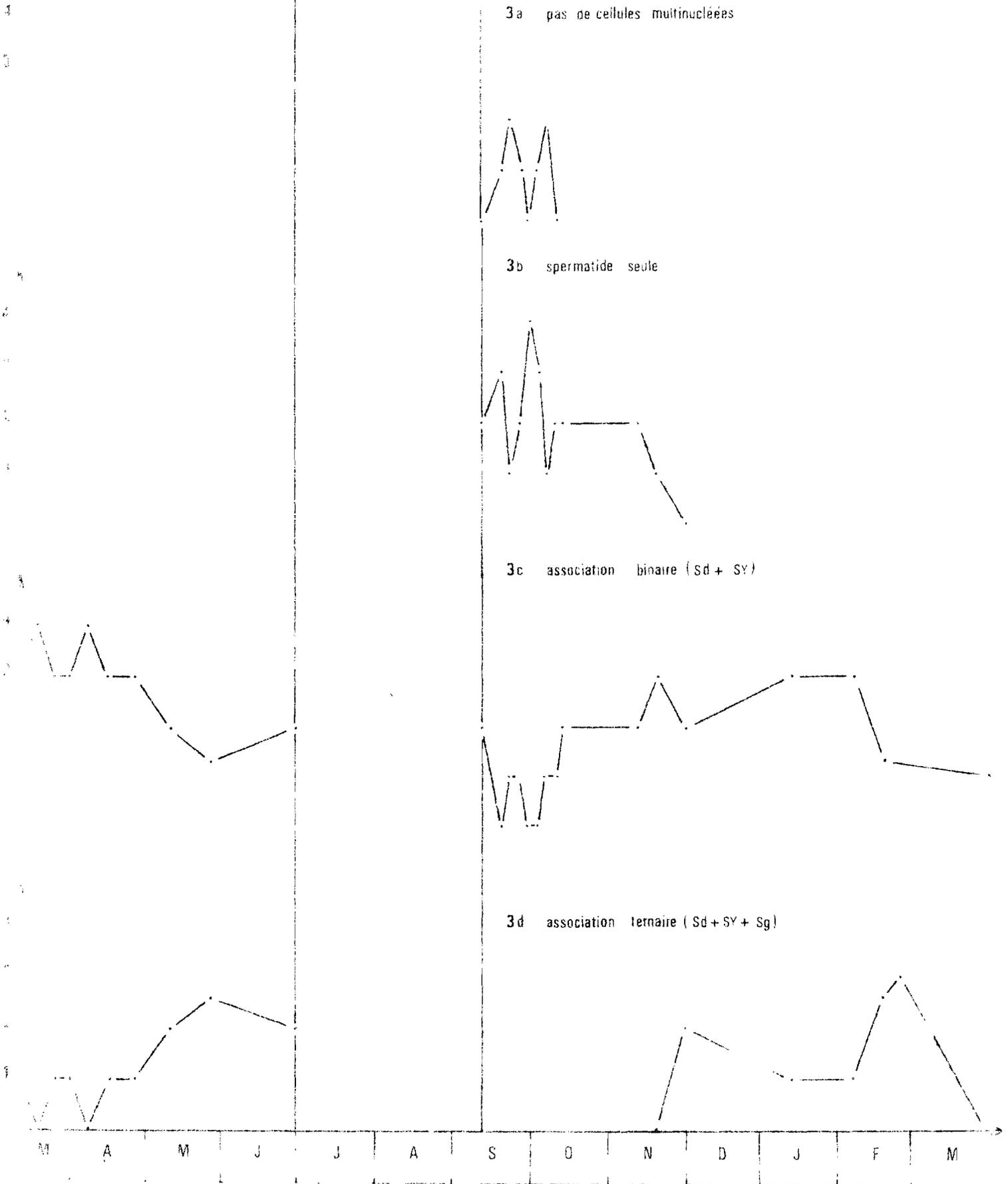


### 3 DIAGRAMME D'ASSOCIATION des TYPES CELLULAIRES

1971

nombre d'associations

Periode sans prelevement



fréquences par unité de surface et le nombre des noyaux qu'ils présentent subissent des variations au cours d'un cycle annuel (Tableau II page 86).

#### 3.4.a. Variations des types cellulaires simples.

Les animaux totalement dépourvus de cellules géantes multinuclées correspondent tous à des prélèvements effectués entre le 19 septembre et le 6 octobre 1977 (Diagramme 3A, de la page 94).

Les animaux porteurs d'un seul type cellulaire (spermatide ou spermatocyte) appartiennent aux prélèvements effectués entre le 12 septembre et le 13 novembre 1977, (Diagramme 3 b, de la page 94.)

#### 3.4.b. Variations des associations cellulaires.

L'association ternaire est totalement absente du 12 septembre au 19 novembre 1977 et au début d'avril (prélèvements du 7 avril 1977 et du 1er avril 1978).

L'association binaire peut être observée toute l'année (Diagramme 3 c et 3 d de la page 94.)

#### 3.4.c. Variations du nombre de cellules.

Le nombre de cellules par unité de surface varie comme celui des types cellulaires et de leurs associations.

Pour le type spermatide, les cellules ont une fréquence minimum (1 à 3 en moyenne) entre le 12 septembre et le 10 octobre 1977 ; leur nombre croît progressivement du 13 octobre au 16 février 1978 (16 en moyenne). Il décroît ensuite, passe par un minimum le 1er avril 1978 (7) auquel correspond

../..

en 1977, le minimum du 7 avril (5). Du 15 avril au 30 juin, il remonte à 10-15.

Pour le type spermatocyte, les mêmes variations s'effectuent.

Le type spermatogonie ne dépasse pas 4 par unité de surface lorsqu'il est présent. (Diagramme n° 2, de la page 90.)

#### 3.4.d. Variations du nombre de noyaux par cellule.

Le nombre de noyaux par cellule varie parallèlement à celui des cellules sauf pour le type spermatogonie qui est toujours binucléé. Pour le type spermatide et dans l'ensemble pour le type spermatocyte, les nombres les plus fréquents passent de 2 en septembre-octobre à 6 en février, mars et juin avec une diminution nette au début avril (2 noyaux par cellule). Diagramme n°1 de la page 90.)

#### 3.4.e. Conséquences : rythme saisonnier et activité spermatogénétique.

Les variations saisonnières enregistrées permettent de diviser l'année en plusieurs périodes (Tableau III, page 88).

À la fin de la saison des pluies (12 septembre au 6 octobre 1977), l'épithélium séminifère de 25 % des taureaux ne présente aucune cellule multinucléée. Pour les 75 % restant, le type le plus fréquent est "spermatide" à la fréquence de 1 à 4 cellules à 2 noyaux en moyenne par unité de surface ; l'association binaire spermatide - spermatocyte est rare (5 fois sur 23) et le type spermatocyte simple est exceptionnel (1 sur 28).

Pendant le post-hivernage (10 octobre au 19 novembre 1977), l'association binaire est plus fréquente avec une prédominance des spermatides multinuclées (1 à 7 par unité de surface).

À la saison fraîche (28 novembre 1977 au 23 février 1978), le type spermatogonie apparaît mais toujours en association ternaire avec les deux autres ; le type spermatide n'est jamais seul présent sur un sujet donné.

Pendant la période de sécheresse (11 mars au 30 juin 1977), les associations binaires et ternaires sont seules présentes. Le nombre des cellules qui le<sup>s</sup> composent et le nombre des noyaux qu'elles comprennent augmentent progressivement jusqu'à la saison des pluies suivante. Cependant, au début d'avril (7 avril 1977 et 1er avril 1978, printemps tropical) le type spermatogonie disparaît et seule subsiste l'association binaire dont chaque type est à la fois moins nombreux et moins nucléé.

Au total, ce rythme annuel des cellules géantes multinuclées de l'épithélium séminifère du taureau zébu est très proche de celui qui a été mis en évidence pour le nombre des fécondations (CUQ et Coll., 1974-39) et pour la production des spermatozoïdes des zébus de la zone soudano-sahélienne du Sénégal, toutes variations en très forte corrélation positive avec la nature et l'abondance des aliments, (CUQ, 1978-38). Le nombre des cellules géantes multinuclées, celui de leurs noyaux et la complexité des associations qu'elles forment varient donc en fonction inverse de l'activité spermatogénétique et du nombre des fécondations.

### 3.5. Signification des cellules multinuclées.

Les cellules multinuclées résultent soit d'une phagocytose des cellules de la lignée germinale par des macrophages (AMROSO, 1963-5), soit d'une division nucléaire sans cytotdiérèse (MONTGOMERY et Coll. 1964-83 ; PITCOK, 1964-102 ;

..//..

RAO et SHRIVASTAVA, 1967-106), soit enfin d'une coalescence des cellules (CUTTLE et Coll., 1952-94 ; STEINBERGER et Coll., 1959-116 ; BLOOM et Coll., 1968-21 ; FAWCETT et Coll., 1959-57 ; KANWAR et Coll., 1971-67). Les images de dégénérescence membranaire et les types cellulaires appendiculaires et polylobés que nous avons observés rendent plausible chez le taureau zébu cette dernière hypothèse. De plus, les images cytoplasmiques anormales et les lésions des cellules de soutien que nous avons relevées (noyaux, et cytolemme en voie de résorption) rendent probable chez le zébu l'hypothèse selon laquelle les cellules géantes multinucléées représentent une forme de dégénérescence des cellules de la lignée spermatogénétique, dégénérescence provoquée par une lésion primitive de la cellule de soutien d'origine nutritionnelle. L'augmentation de la fréquence des cellules multinucléées est donc le reflet d'une perturbation de l'activité spermatogénétique.

g

g g

## C O N C L U S I O N S

La spermatogénèse des mammifères est caractérisée par une série de transformations qui font qu'une cellule germinale (la spermatogonie) donne naissance à des cellules libres et différenciées, les spermatozoïdes. Elle est divisée en trois étapes :

- la spermatocytogénèse pendant laquelle les spermatogonies souches donnent, à la suite de générations successives, des spermatogonies intermédiaires, puis des spermatogonies B et enfin, des spermatozytes.

- la méiose durant laquelle se fait la réduction chromatique. Au cours de cette période, les spermatozytes I qui sont en division, augmentent progressivement de volume et deviennent les éléments les plus gros de toute la lignée spermatogénétique, sauf chez *Bos taurus* où la spermatogonie B est la plus volumineuse.

- la spermiogénèse enfin qui est la métamorphose des spermatides issues de la méiose en spermatozoïdes. Elle est subdivisée en quatre phases principales : phase de Golgi (formation du granule acrosomique), phase du capuchon (mise en place de l'acrosome), phase de l'acrosome (évolution de la structure acrosomique) et phase de maturation (modelage du spermatozoïde définitif).

Tous ces phénomènes se produisent au sein de l'épithélium séminifère où les différentes cellules de la lignée germinale entretiennent des rapports étroits avec les cellules de soutien.

..//..

Chez le taureau zébu, les types cellulaires que nous avons décrits recourent les résultats obtenus en microscopie électronique et en microscopie photonique avec plusieurs méthodes de coloration appliquées à des frottis, à des empreintes, à des écrasements et à des coupes du parenchyme testiculaire. Quatre caractères les différencient des cellules de la lignée spermatogénétique des taurins :

- Absence de spermatogonie intermédiaire
- la spermatogonie B, bien que volumineuse a une taille inférieure à celle des spermatoocytes I au stade pachytène, elle n'est donc pas la plus grande cellule de la lignée germinale comme chez *Bos taurus*.
- La taille du spermatozoïde de zébu est plus grande que celle des taurins.
- Le fait le plus remarquable est la présence de cellules géantes multinucléées (des types spermatogonie, spermatoocyte et spermatozoïde) dans l'épithélium séminifère du zébu.

Les types cellulaires, leurs associations, leur fréquence par unité de surface et le nombre de noyaux par cellule subissent au cours d'un cycle annuel des variations dont le rythme est lié à celui qui a été mis en évidence pour le nombre des fécondations et pour la production de spermatozoïdes des zébus de la zone soudano-sahélienne du Sénégal. Le nombre des cellules géantes, celui de leurs noyaux et la complexité des associations qu'elles forment varient en fonction inverse de l'activité spermatogénétique et du nombre des fécondations. Il semble que les cellules multinucléées doivent être considérées comme une forme de dégénérescence des cellules de la lignée spermatogénétique provoquée par une lésion primitive des cellules de soutien d'origine nutritionnelle.

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - AFZELIUS (B.A) : Electron microscopy of the sperm tail.  
Results obtained with a new fixative.  
J. Biophys. Biochem. Cytol., 1959 ; 5 ;  
269-278.
- 2 - ALLISON (A) : Lysosomes and disease.  
Sci. Amer., 1967 ; 217 ; 62-73
- 3 - LUN JONES (W.) : Abnormal morphology of the spermatozoa  
in Guernsey bulls.  
Brit. vet. J., (1962) ; 118 ; 257-261
- 4 - AMANN (R.P.) : Reproductive capacity of dairy bulls. IV  
spermatogenesis and testicular germ cell  
degeneration.  
Amer. J. Anat., 1962 ; 110 ; 69-78.
- 5 - AIROSO (E.C.) : Radiation effects (in physics, Chemistry  
and Biology de Ebert. et Howard A. - North-  
Holland Publishing C.  
Amsterdam 1963).
- 6 - ANBERG (A) : The ultrastructure of the human spermatozoon.  
Acta obstetrica Gynecol. Scandinav ; 1957 ;  
36, suppl 2 ; 1-113.
- 7 - ANDRE (J.) : Sur quelques détails nouvellement connus de  
l'ultrastructure des organites vibratiles.  
J. Ultrast. Res., 1961 ; 5 ; 86-108.

.../...

- 8 - ANDRE (J.) : Contribution à la connaissance du chondricome :  
étude de ses modifications ultrastructurales  
pendant la spermatogenèse.  
J. Ultrast. Res., 1962 ; 6, suppl. 3 ; 1-185
- 9 - ANDRE (J.) et THIERY (J.P.) : Mise en évidence d'une sous-  
structure fibrillaire dans les filaments axo-  
nématiques des flagelles.  
J. Mier. Fr., 1963 ; 2 ; 71-80
- 10 - AUSTIN (C.R.) et BISHOP (M.W.H.) : Some features of the  
acrosome and perforatorium in mammalian sper-  
matozoa.  
Proc. roy. Soc. B., 1958 ; 148 ; 234-240
- 11 - BEDFORD (J.M.) : Fine structure of the sperm head in ejaculated  
and uterine spermatozoa of the rabbit.  
J. Reprod. Fertil., 1964 ; 7 ; 221-228.
- 12 - BIDWAI (P.P.) et BAWA (S.R.) : Spermatogonial study of the  
testis of the Indian hedgehog *Paraechinus*  
*micropus* in the heading and non-breeding sea-  
sons.  
Acta. anat., 1973 ; 86 ; 222-227.
- 13 - BIDWAI (P.P.) et BAWA (S.R.) : Phase microscope study of the  
giant cells from the normal testes of the  
Indian Hedgehog *Paraechinus micropus*  
Acta. Anat., 1977 ; 98 ; 101-105
- 14 - BISHOP (D.W.) : Sperm motility.  
Physiological Rev ; 1962 ; 42 ; 1-59

../..

- 15 - BISHOP (M.R.), SASTRY (B.V.R.), SCHMIDT (D.E.), HARBISON (R.D.)  
Occurrence of choline acetylase and acetylcholine  
and other quaternary ammonium compounds in  
mammalian spermatozoa.  
Texas Reports on Biol. and Med., 1975 ; 32 (4) ;  
555-5556.
- 16 - BISHOP (M.W.H) et WALTON (A.) : Spermatogenesis and the  
structure of mammalian spermatozoa (in Marschell-  
l's Physiology of Reproduction. A.S. Parkes  
ed, 1960 ; vol 1, part. 2 ; 1-129.
- 17 - BLOOM (E) : Spontaneous detachment of galea capitis in  
spermia of bull and stallion.  
Scandinav. Veterinaertidoskript, 1945 ; 36 ;  
779.
- 18 - BLOOM (E.) : A new sterilizing and Hereditary Defect (the  
"Dag defect") located in the bull sperm tail.  
Nature, 1966; 209 (12) ; 739 - 740.
- 19 - BLOOM (E.) et BIRCH-ANDERSEN (A.) : The ultrastructure of  
bull sperm. I. The middle piece  
Nord. Vet., 1960 ; 12 ; 261-279.
- 20 - BLOOM (E.) et BIRCH-ANDERSEN (A.) : The ultrastructure of  
the bull sperm. II. The sperm head.  
Nord. Vet. Med., 1965 ; 17 ; 193-212.
- 21 - BLOOM (W.) et FAWCETT (D.W.) : Textbook of histology.  
W.B. Saunders Ed. London ; 1968 ; 1 vol.

../..

- 22 - BLOOM (G.) et NICKLANDER (L) : On the ultrastructure and developpement of the photoplastic, droplet of spermatozoa.  
Z. Zellforsch., 1961 ; 55 ; 833-844.
- 23 - BONADONA (T) : Surface structures of the spermatozoa of *Bos taurus* and the liberation of hyaluronudase.  
Rev. roum. Biol. Ser. Zool., 1970 ; 15 ; 87-91
- 24 - BRETSCHNEIDER (L.H) : An electron-microscopical study of bull sperm. III.  
Proc. Acad. Sci. Amst., 1949 ; 52 ; 301-309
- 25 - BRETSCHNEIDER (L.H.) et VAN IJERSON (W) : An electron microscopical study of bull sperm. cités par NDIAYE, 1976. loc. cit.
- \* 26 - BURGOS (M.H.) et FAWCETT (D.W.) : Studies on the fine structure of the mammalian testis. I. Differentiation of the spermatids in the cat (*Felis domestica*).  
J. Biophys. Biochem. Cytol., 1955 ; 1 ; 287-300
- 27 - CARR (I), CLEGG (E.J), MEEK (G.A.) : Sertoli cells asphagocytes : an electron microscopic study.  
J. Anat., 1968 ; 102 (3) ; 501-509.
- 28 - CHOWDHURY (A.W.) et STEINBERGER (E.) : A quantitative study of the effect of heat on germinal epithelium of rat testis.  
Am. J. Anat., 1964 ; 95 ; 467-496

- 29 - CLERMONT (Y) : Cycle de l'épithélium seminical et mode de renouvellement des spermatogonies chez le hamster.  
Rev. canad. Biol., 1954 ; 3 ; 208-245
- 30 - CLERMONT (Y) : Motility of the flagellum and cytoplasmic membrane of the rat spermatids.  
Anat. Rec., 1964 ; 148 ; 271.
- 31 - CLERMONT (Y) : Cinétique de la spermatogenèse chez les mammifères.  
Arch. d'Anat. microsc. et de Morphol. Experim, 1966-1957 ; 56, suppl au n° 3-4 ; 7-60
- 32 - CLERMONT (Y) et BUSTOS (L.) : Identification of five classes of type A spermatogonia in rat seminiferous tubules mounted "in toto".  
Anat. Rec., 1966 ; 154 ; 352.
- 33 - CLERMONT (Y.) et LEBLOND (C.P.) : Renewal of spermatogonia in the rat.  
Amer. J. Anat., 1953 ; 93 ; 475-502.
- 34 - COLLINS (P.) et LACY (D) : Studies on the structure and function of the mammalian testis. Cytological and histochemical observations on the testis of the rat after a single exposure to heat applied for different lengths of time.  
Proc. R. Soc. B., 1969 ; 172 ; 17-38

..//..

- 35 - COUROT (M.) et ORTAVANT (R.) : Contrôle gonadotrope de la spermatogénèse chez les mammifères, in Fécondité et stérilité du mâle. Acquisitions récentes. Masson et Cie, Ed. Paris 1972 ; 1-18.
- 36 - COURTENS (J.L.), COUROT (M) et FLECHON (J.E.) : The perinuclear substance of boar, bull, ram and rabbit spermatozoa. Jour. Ultrast, Res., 1976 ; 57 (1) ; 54-64. -
- 37 - CUQ (P.) : Bases anatomiques et fonctionnelles de la reproduction chez le zébu (*Bos indicus*). Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1973 ; 26 (4) ; 21a - 48a.
- 38 - CUQ (P.) Rythmes annuels d'activité des organes génitaux du taureau zébu et conditions d'environnement dans la zone soudano-sahélienne du Sénégal. C.R. Acad. Sc. Paris, 1978 (sous presse).
- 39 - CUQ (P.), FERNEY (J) et VAN CRAEYNEST (P.) : Le cycle génital de la femelle zébu (*Bos indicus*) en zone soudano-sahélienne du Sénégal. Rev. Med. vet. 1974 ; 37 ; 147-175.
- 40 - DAN (J.C.) ; The acrosome reaction Intern. Rev. Cytol ; 1956 ; 5 ; 365-393
- 41 - DACUST (R.) et CLERMONT (Y) : Distribution of nucleic acids in germ cells during the cycle of the seminiferous epithelium in rat. Am. J. Anat., 1955 ; 96 ; 255 - 283.

- 42 - DAVID (G.), BISSON (J.P.), JOUANNET (P.) CZYGLIK (F.)  
GERNIGON (C), ALEXANDRE (C.) et GILBERT-DREYFUS : Les  
teratospermies; in Fécondité et Stérilité du  
mâle. Masson et Cie Ed. Paris, 1972 ; 81-102.
- 43 - DUESBERG (J) : La spermiogénèse chez le rat.  
Arch. Zellforsch., 1908 ; 2 ; 137-180
- 44 - DUPUY (B), NOGUE (F.), ROUAIS (F.) et BLANQUET (P.) : Les  
biopsies testiculaires en microscopie électro-  
nique  
Rev. Franç. Endocrinol. clin., 1971 ; 12 (4) ;  
295-304.
- 45 - DYM (M.) et FANCETT (D.W.) ; Further observations on the  
numbers of spermatogonia, spermatocytes and  
spermatids connected by intercellular bridges  
in the mammalian testis.  
Biol. Reprod., 1971 ; 4 ; 195-215.
- 46 - ELFTMANN (H.) : Sertoli cells and testis structure  
Am. J. Anat., 1963 ; 113 ; 25-34.
- 47 - ESNAULT (C.) et ORTAVANT (R.) ; Origine des spermatozoïdes  
des diploïdes présents dans l'éjaculat d'un  
taureau Charolais.  
Am. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 1967 ; 7 25-28
- 48 - FAURE-FRENIET (E.) ; Cils vibratiles et flagelles.  
Biological Rev., 1961 ; 36 ; 464 - 536.

.../..

- 49 - FAWCETT (D.W.) : Structure of the mammalian spermatozoon.  
Inter.,. Rev. Cytol., 1958 ; 7 ; 195-234.
- 50 - FAWCETT (D.W.) : The anatomy of mammalian spermatozoon  
with particular reference to the guinea pig.  
Z. Zellforsch., mikr. Anat., 1965 ; 67 ; 279-  
296.
- 51 - FAWCETT (D.W.) : A comparative new of sperm ultrastructure.  
Biol. Reprod., 1970 ; suppl. 2 ; 90-127.
- 52 - FAWCETT (D.W.), EDDY (E.M.) et PHILLIPS (D.M.) : Observations  
on the fine structure and relationships of the  
chromatoid body in mammalian spermatogenesis  
Biol. Reprod., 1970 ; 2 ; 129-153.
- 53 - FAWCETT (D.W.) et HOLLENBERG (R.D) : Changes in the acrosome  
of guinea-pig spermatozoa during passage  
through the epididymis.  
Z. Zellforsch., 1963 ; 60 ; 276-292.
- 54 - FAWCETT (D.W.) et ITO (S.) : Fine structure of bat spermato-  
zoa.  
Am. J. Anat., 1965 ; 116 ; 567-610.
- 55 - FAWCETT (D.W.) et PHILLIPS (D.M.) : The fine structure and  
development of the neck region of the mamma-  
lian spermatozoan.  
Anat. Rec., 1969 ; 165 ; 153-184.

..//..

- 56 - FAWCETT (D.W.) et PHILLIPS (D.M.) : Observations on the release of spermatozoa and on changes in the head during passage through the epididymis. J. Reprod. Fert., 1969 ; suppl 6 ; 405-418.
- 57 - FAWCETT (D.W.), SLAUTTERBACK (D.) et ITO (S) : The occurrence of intercellular bridges in groups of cell exhibiting synchronous differentiation. J. Biophys. Biochem. Cytol., 1959 ; 5 ; 453-460.
- 58 - FREUND (M.) : Standards for the rating of human sperm morphology. Intern. J. Fertil., 1966 ; 11 ; 97
- 59 - GABE (M.) : Techniques histologiques. Masson et Cie, Ed. Paris 1968.
60. - GIBBONS (I.R.) et GRIMSTONE (A.V.) : On flagellar structure in certain flagellates. J. Biophys. Biochem. Cytol., 1960 ; 7 ; 697-715.
- 61 - GREGORY (P.W.), MEAD (S.W.), REGAN (W.N.) et ROLLINS (W.C.) : Further studies concerning sex-limited genetic infertility in cattle. J. Dairy Sci. 1951; 34 ; 1047-1055.
- 62 - IDELMAN (S.) : Données récentes sur l'infrastructure du spermatozoïde Ann. Biol., 1967 ; 6 (3-4) ; 113-190.

.../...

- 63 - JENSEN (O.S.) : Untersuchungen über die Samenkörper der Säugetiere, Vögel und Amphibien.  
Arch. mikr., 1887 ; 30 ; 379-425.
- 64 - KANN (M.L.) : Etude de l'ultrastructure du complexe acrosomique du taureau avant et après congélation.  
C.R. Acad. Sci. Paris, 1969 ; Ser D ; 269 ; 2026-2028.
- 65 - KANN (M.L.) : Incidence sur le pouvoir fécondant d'anomalies observées dans le sperme du jeune taureau.  
C.R. Acad. Sci., Paris, 1974 ; Ser D., 278 ; 69-72.
- 66 - KANN (M.L.) et HOLLANDE (E.) : Etude cytochimique du glycolemme et de la région post-acrosomique du spermatozoïde du taureau avant et après congélation.  
C.R. Acad. Sci. Paris, 1972 ; Série D ; 274 ; 295-298.
- 67 - KANWAR (K.C.), BAWA (S.R.) et SINGAL (P.K.) : Mode of formation of giant cells in testicular hyperthermia.  
Fert. Steril., 1971 ; 22 ; 778-783.
- 68 - KAYA (M.) et HARRISSON (R.G.) : Analysis of effect of ischemia on testicular ultrastructure.  
J. Path. Bact., 1975 ; 117 ; 105-117.
- 69 - KNUDSEN (O.) : Studies of spermiocytogenesis in the bull  
Intern. J. Fertil., 1958 ; 3 (1) ; 140-160.

- 70 - KNUDSEN (O.) et BRYNE (N.) : The spermiocytogenesis of the bull. Acta. Veter. Scand., 1960 ; 1 ; 140-160.
- 71 - KOJIMA (Y.) : Electron microscopic study of the bull spermatozoa.  
Jap. J. vet. Res., 1962 ; 30 ; 72-74.
- 72 - KOJIMA (Y.) et ISHIKAWA (T.) : Etude au microscope électronique de la gouttelette cytoplasmique observée dans les spermatozoïdes chez les taureaux.  
Jap. J. Vet. Res., 1963 ; 11 ; 151 - 157.
- 73 - LACY (D.) : Effects of ionizing radiation on the reproductive system : in Carlson et Gassner, Pergamon, London, 1964 ; p. 189.
- 74 - LA VALETTE (Saint-Georges, Von) : Ueber die Genese der Samenkörper.  
Arch. mikr. anat., 1865 ; 1 ; 403-414
- 75 - LEBLOND (C.P.) et CLERMONT (Y.) : Spermiogenesis of rat, mouse hamster and guinea-pig as revealed by the "periodic acid. fuchsing sulfurous acid "technique".  
Am. J. Anat., 1952 ; 90 ; 167-215.
- 76 - LEBLOND (C.P.), PUCHTLER (H.) et CLERMONT (Y.) : Structures corresponding to terminal bars and terminal web in many types of cells.  
Nature, 1960 ; 186 ; 784-788.

- 77 - LEUCHTENBERGER (C.) et SCHRAMBER (F.) ; The chemical nature of the acrosome in the male germ cells.  
Proc. Nat. Acad. Sci. Us., 1950 ; 36 ; 677-683.
- 78 - Mac LEOD (J.) : Human seminal cytology as a sensitive indicator of the germinal epithelium.  
Intern. J. Fert., 1964 ; 9 ; 281
- 79 - MAHADEVAN (P.) et MARPLES (H) : An analysis of the Entebbe herd of Nğanda cattle in Uganda.  
Anim. Prod, 1961 ; 4 ; 329-336.
- 80 - MANN (T.) : Sperm metabolism in Fertilization de Metz C.B. et Memory A. Academic. Press. N.Y., 1967 ; 1 vol, 99-116.
- 81 - Mc CCSKER(F.J.) : Abnormal spermatozoan chromatin in infertile bulls.  
J. Reprod. Fert. 1969 18 : 363-365
- 82 - MELANDER (Y.) et KNUDSEN (O.) : The spermiogenesis in the bull from a karyological point of new.  
Hereditas, 1953 ; 32 ; 505 - 517
- 83 - MONTGOMERY (P.O.B.), REYNOLDS (R.C.), KANNEY (D.) et MACLENDON (D.) :  
Cellular and subcellular effects of ionizing radiations.  
Am. J. Path., 1964 ; 44 : 727-746.

.../...

- 84 - MORSTIN (J) et COUROT (M.) : Ultrastructure des spermatozoïdes de taureaux de différente fécondance. Morphologie ultrastructurale, Glycoprotéines acrosomiques et membranaires, charges négatives de surface. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 1974 ; 14 (4) 581-590
- 85 - MOSES (J.M.) : Synaptonemal complexe. Annual Review of Genetic, 1968 ; 2 ; 363 - 412.
- 86 - MCWRY (R.W.) : Improved procedure for the staining of acidic polysaccharides by Müller's colloidal (hydrone) ferric oxide and its combination with the feulgen and the PAS reactions. Lab. invest., 1958 ; 7 ; 566-576
- 87 - NAGANO (T.) : The fine structure of the sperm tail of the domestic fowl Gallus domesticus. J. Appl. Physics, 1960 ; 31 ; 1844.
- 88 - NDIAYE (Ah. L.) : Cours magistral d'Insémination artificielle. E.I.S.M.V., 1976.
- 89 - MICANDER (L.) et BANE (A) : New observations on the fine structure of spermatozoa. Int. J. Fertil., 1962 ; 7 ; 339 - 344.
- 90 - MICANDER (L.) et BANE (A) : Resorption phenomena in the epididymis. Int. J. Fertil., 1963 ; 8 ; 866.

.../...

- 91 - NICLANDER (L.) et BANE ( ) : The fine structure of the sperm head in some mammals with particular reference to the acrosome and subacrosomal substance  
Z. Zellforsch, 1966 ; 72 ; 496-515.
- 92 - NOMINA ANATOMICA.  
ENCICLOPEDIA MEDICA,  
Amsterdam, 1977.
- 93 - OLKBERG (E.F.) : A description of spermiogenesis in the mouse and its use in analysis of the cycle of the seminiferous epithelium and germ cell renewal.  
Am. J. Anat, 1956 ; 99 ; 391-413.
- 94 - BETTLE (A.C.) et HARRISSON (R.G.) : The histological changes produced in the rat testis by temporary and permanent occlusion of the testicular artery.  
J. Path. Bact., 1952 ; 64 ; 273-297
- 95 - CRIVAVANT (A.) : Le cycle spermatogénétique chez le bélier.  
Ann. Zoot., 1958 ; 8 ; 183-244 et 271-322.
- 96 - PARVINEN (M.) : Observations in freshly isolated and accurately identified spermatogenetic cells of the rat. Early effects of the heat and short time experimental cryptorchidism.  
Virchows Arch. path. And. Physiol., 1973 ; 13 ; 38-47.
- 97 - PAYNE (J.M.) : The degenerative changes in the adult mouse testis returned to the abdominal cavity.  
J. Path. et Bact., 1956 ; 71 ; 117.

- 98 - PEASE (D.C.) : The ultrastructure of flagellar fibrills.  
J. Cell. Biol., 1963 ; 18 ; 313-326.
- 99 - PEASE (D.C.) : Phosphotungstic acid as a specific electron  
stain for complex carbohydrates.  
J. histochem. Cytochem., 1970 ; 18 ; 455-458.
- 100 - PHILLIPS (D.M.) : Spermiogenesis  
Acad. Press. Inc., 1974. 68 pages.
- 101 - PIKO (L.) et TYLER (A.) : Fine structural studies of sperm  
penetration in the rat.  
Proc. V th. Cong. Anim. Repr. Trento, 1964 ;  
2 ; 372-377
- 102 - PITCOCK (J.A.) : in Effects of ionizing radiation on the re-  
productive system de Carlson et Gassner.  
Pergamon, London, 1964 ; 153 pages.
- 103 - POSTIGLIONI-GRIMALDI (J.) : Espermatozonias de mamíferas y  
spermatogonia B Célula de KNUDSEN del toro (*Bos  
taurus* L.)  
Anat. Histol. Embryol., 1973 ; 2 (c) ; 229-237
- 104 - RAMBOURG (A.) : Techniques de detection des glycoprotéines  
en microscopie électronique.  
Coll. Intern. Histochemie, Tours (sous presses).
- 105 - RANDALL (J.T.) et FRIEDLANDER (M.H.G.) : The microstructure  
of ram spermatozoa.  
Exper. Cell. Res., 1950 ; 1 ; 1-32.

- 106 - RAO (A.R.) et SHIVASTAVA (P.N.) : Giant cells in the gonads of the Indian desert Gerbil *Meriones hurrianae* Merden on exposure to internal irradiation. *Experientia*, 1967 ; 23 ; 381
- 107 - REDON (A) : Note sur la valeur zootechnique du zébu sénégalais *Rev. Elev. Med. vet. Pays trop.*, 1962 ; 15 (3) ; 265-271.
- 108 - REGAUD (C.) : Etude sur la structure des tubes séminifères et sur la spermatogénèse chez les mammifères. *Arch. d'Anat. micr.* 1901 ; 4 ; 101-156 et 231-380.
- 109 - REPEIUS (G.) : Die Spermien der Huftiere *Biol. Untersuch* ; 1909 ; 14 ; 163-178
- 110 - SAACKE (R.G.) et ALMQUIST (J.O.) : Ultrastructure of bovine spermatozoa. I. The head of normal ejaculated sperm. *Amer. J. Anat.* 1964 ; 115 ; 143-162
- 111 - SAACKE (R.G.) et ALMQUIST (J.O.) : Ultrastructure of bovine spermatozoa. II. The neck and tail of normal ejaculated sperm. *Amer. J. Anat.*, 1964 ; 115 ; 163-184
- 112 - SCHOENFELD (H.) ; La spermatogénèse chez le taureau et chez les mammifères en général. *Arch. Biol.* 1902 ; 18 ; 1-72.

.../...

- 113 - SJOLLEMA (P.) Excentrische staartimplanting bij spermatozoiden van stieren. (Excentric implantation of the tail in bull spermatozoa.)  
Tijdschr. Diergeneesk., 1952 ; 77 ; 909 - 911.
- 114 - SCHRAB (M) : Spermatid giant cells in dog  
J. of Veter. Faculty. Univers. of Teheran, 1974  
30 (1) ; 59-63.
- 115 - SPRUNMONT (P.) et JACQUET (P.) : Caractéristiques ultrastructurales des spermatozoïdes bovins.  
Bull. Assoc. Anat. 1974 ; 58 (161) ; 450
- 116 - STEINBERGER (B.) et DIXON (W.J.) Some observations on the effects of heat on testicular germinal epithelium.  
Fert. Steril., 1959 ; 10 ; 528-578.
- 117 - TELKA (A.) FAWCETT (D.W.) et CHRISTENSEN (A.K.) : Further observations of the mammalian sperm tail.  
Anat. Rec. 1961 ; 141 ; 231-245.
- 118 - TILMANN (H.), CZERNICKI (B) et GBHRING (W.) : Zur zytologie der Spermato-genese unter besonderer Berücksichtigung der zytotypik.  
Zentralbl. Veterinarmed., 1955 ; 2 ; 303-325.
- 119 - TOBIAS (P.V.) : Chromosomes, Sex-cells and Evolution in a Mammal.  
Lund, Humphries et Cie, Ed. ; London ; 1956.
- 120 - VALENZA (J.), DENIS (J.F.), DIALLO (M.S.) et THIONGANE (A.) :  
La viande au Sénégal, production et hygiène, perspectives.  
VIII<sup>e</sup> journées Médicales et Vétérinaires de Dakar, 1971.

- 121 - WILKINGS (M.H.F.) et RANDALL (J.T.) ; Cristallinity in sperm head : molecular structure of nucleoproteins in vivo.  
Biochem. Biophys. Acta ; 1953 ; 10 ; 192-193.
- 122 - WILLIAMS (G) : An abnormality of the spermatozoa of some Heford Bulls.  
Vet. Rec. 1965 ; 77 (41) ; 1204-1206
- 123 - YANAGIMACHI (R.), NODA (Y.D.) ; FUJIMOTO (M), NICOLSON (G.L.)  
The distribution of negative surface charges on mammalian spermatozoa.  
Amer. J. Anat., 1972 ; 135 ; 497-520.
- 124 - ZIBRIN (M.) : Electron microscopic study of the membranes of bull spermatozoa and spermatid with reference to the post acrosomal cap and the basal knobs.  
Folia Morphl. Czechoslovadia, 1976 ; 24 (1) ; 20-28.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION . . . . .	2
<u>PREMIERE PARTIE</u> : Cytologie générale de la spermatogénèse des mammifères . . . . .	4
<u>Définition</u> : . . . . .	5
<u>CHAPITRE I</u> : La cellule de soutien	
1. Description générale . . . . .	6
2. Le noyau . . . . .	6
3. Le cytoplasme et les fonctions . . . . .	6
<u>CHAPITRE II</u> : Cytologie de la spermatogénèse	
1. La spermatogonie A . . . . .	8
2. La spermatogonie intermédiaire . . . . .	9
3. La spermatogonie B . . . . .	10
<u>CHAPITRE III</u> : Cytologie de la méiose	
1. Les spermatocytes primaires . . . . .	11
2. Les spermatocytes secondaires . . . . .	14
<u>CHAPITRE IV</u> : Cytologie de la spermiogénèse	
1. Morphologie de la jeune spermatozoïde . . . . .	16
2. Phase de Golgi . . . . .	17
3. Phase du capuchon . . . . .	17
4. Phase de l'acrosome . . . . .	20
5. Phase de maturation . . . . .	21

../..

CHAPITRE V : Le spermatozoïde

- 1. Morphologie générale . . . . . 23
- 2. Ultrastructure du spermatozoïde . 24
  - 2.1. La tête . . . . . 24
  - 2.2. Le cou . . . . . 31
  - 2.3. La queue . . . . . 34
- 3. Anomalies du spermatozoïde . . . . 44
  - 3.1. Anomalies de forme . . . . . 44
  - 3.2. Anomalies de structure . . . . 45
  - 3.3. Anomalies héréditaires . . . . 53

DEUXIEME PARTIE : Cytologie de la spermatogénèse du taureau zébu.

CHAPITRE I : Matériels et Méthodes . . . . . 56

- 1. Les animaux utilisés . . . . . 56
- 2. Méthodes . . . . . 56
  - 2.1. Cytologie en microscopie
    - optique . . . . . 56
  - 2.2. Cytologie en microscopie
    - électronique . . . . . 60

CHAPITRE II : Résultats et discussion.

- 1. Les types cellulaires . . . . . 62
  - 1.1. La cellule de soutien . . . . . 62
  - 1.2. les spermatogonies . . . . . 63
  - 1.3. les spermatoocytes et la
    - méiose . . . . . 64

../..

1.4. les spermatides et la spermiogénèse . . . . .	65
2. Le spermatozoïde . . . . .	66
2.1. Morphologie générale . . . . .	69
2.2. Ultrastructure . . . . .	72
2.3. Les anomalies du spermato- zoïdes . . . . .	73
3. Les cellules géantes multinuclées..	80
3.1. Introduction . . . . .	80
Description . . . . .	82
Fréquence . . . . .	85
Variations cycliques . . . . .	86
Signification des cellules multinuclées. . . . .	94
CONCLUSIONS . . . . .	96
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	98
TABLE DES MATIÈRES . . . . .	116

Le Candidat

VU

LE DIRECTEUR

de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et  
Médecine Vétérinaires

LE PROFESSEUR RESPONSABLE

de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et  
Médecine Vétérinaires

VU

LE DOYEN

de la Faculté de Médecine  
et de Pharmacie

LE PRESIDENT DU JURY

Vu et permis d'imprimer .....

Dakar, le .....

LE RECTEUR PRESIDENT DU CONSEIL PROVISOIRE DE L'UNIVERSITE DE DAKAR