

Chapitre 11: Reproduction des oiseaux

I. Introduction et concepts généraux

Les oiseaux forment une classe de vertébrés supérieurs dont les membres antérieurs ont évolué en ailes pour permettre l'exercice du vol. L'aptitude au vol s'accompagne de caractéristiques physiologiques favorables à ce mode de déplacement, comme les plumes et les sacs aériens. D'autres adaptations physiologiques facilitent l'adaptation à des conditions environnementales très variables. Parmi celles-ci, l'oviparité des oiseaux a évolué vers la production d'œufs télolécithes (avec un volume considérable de vitellus) entourés d'une coquille solide et qui procurent à l'embryon un environnement nourricier très sécurisé.

Les oiseaux ne se reproduisent pas toute l'année, ils sont cyclés de manière à ce que les conditions soient optimales (nourriture par exemple) pour la naissance et la croissance de leur progéniture.

La fécondation est dite polyspermiq ue chez les oiseaux, à la différence des mammifères, c'est-à-dire que plusieurs spermatozoïdes fusionnent avec l'ovule et plusieurs ovules sont fécondés. Ainsi, plusieurs œufs sont pondus chez la majorité des espèces. Que ce soit chez les oiseaux ou les mammifères, la détermination du sexe et le contrôle de sa différenciation sont liés à la présence ou non du sexe hétérogamétique.

Chez les mammifères, le sexe hétérogamétique est celui du mâle (chromosomes sexuels X et Y), et la femelle est homogamétique XX. Chez les Oiseaux, en revanche, le sexe hétérogamétique est celui de la femelle ZW, alors que le mâle est ZZ. Le sexe homogamétique est dans les deux cas le sexe dit « par défaut », c'est-à-dire qu'il entrainera le phénotype du même genre si aucune hormone ou autre composé ne cause une différenciation autre. La femelle est donc le sexe par défaut chez les mammifères (sans le chromosome Y, on aura un phénotype femelle) et le mâle l'est chez les oiseaux (sans le W on aura un phénotype mâle).

Il existe de nombreuses espèces différentes d'oiseaux domestiques, chacune ayant des particularités de reproduction, on note que l'embryon des oiseaux se développe à l'extérieur de l'organisme. Globalement, les oiseaux suivent les mêmes étapes lors de la reproduction

La formation d'un couple

Mettre un mâle avec une femelle n'est pas un critère de réussite de la formation d'un couple. En effet, il est nécessaire qu'il y ait une bonne entente entre les partenaires.

L'accouplement

Les périodes de reproduction dépendent de nombreux paramètres comme la durée du jour, la température, l'alimentation, la présence de congénère de sexe opposé. La période d'accouplement se situe généralement au printemps-été.

Le nid ou nichoir

La majorité des oiseaux exotiques domestiques ont besoin de la présence d'un nid pour que la femelle puisse pondre ses œufs. Le nid doit être assez grand pour pouvoir y accueillir le mâle et la femelle.

La ponte

La femelle pond un nombre variable d'œufs, dépendant de l'espèce (globalement entre 2 et 8). Elle couve ensuite ses œufs pendant 10 à 30 jours selon les espèces, en ne sortant que très peu du nid, seulement pour se nourrir ou faire ses besoins. Parfois le mâle peut remplacer la femelle et couver pendant quelques temps.

L'éclosion

L'éclosion a lieu à la fin de la période d'incubation, différente selon les espèces d'oiseaux. L'oisillon bouge dans son œuf et parvient à le fissurer afin de s'en extraire. La plupart du temps, la mère aide les oisillons à sortir.

II. Bases anatomiques et généralités**II.1 Appareil génital mâle**

L'appareil génital mâle des oiseaux est organisé en trois unités morphologiques et fonctionnelles qui sont les testicules, les voies déférentes et l'appareil copulateur (figure 1).

II.1.1 Testicules

En forme de haricot ou arrondis (ENORCHYDES) qui se trouvent à la hauteur des reins, leur taille, chez l'oiseau adulte, varie suivant l'espèce, l'individu et la saison. Ils augmentent de 200 à 460 fois de volume pendant la période de reproduction et en fonction de la photopériode dans les zones tempérées (ils peuvent atteindre jusqu'à dix pour cent du poids du corps).

Les testicules produisent des spermatozoïdes (50000 à 600000 par m^3) et secrètent des hormones sexuelles qui peuvent stimuler le chant et le comportement de cour ou éclaircir la peau.

La spermatogénèse se produit donc à la température du reste du corps de ces animaux homéothermes ($41-43^\circ\text{C}$ chez le coq).

Les spermatozoïdes d'oiseaux sont produits par les deux testicules (gauche et droit), leur concentration diminue avec le nombre de coït, ils diffèrent de ceux des mammifères par leur taille et par leur morphologie, ils sont plus longs et possèdent une tête très allongée, une pièce intermédiaire assez courte et un assez long flagelle.

II.1.2 Canaux déférents

Longent les uretères et véhiculent les spermatozoïdes depuis le lieu de synthèse (testicules). D'une longueur apparente de 15 cm environ, de nombreux méandres font qu'ils mesurent en réalité plus de 30 cm. Ils sont le lieu de maturation et de stockage des spermatozoïdes et s'achèvent par une vésicule séminale située dans la paroi du cloaque.

II.1.3. Appareil copulateur

Absent chez les galliformes, l'inverse du coq *Gallus*, le pénis des Jars est très développé. Il est évaginable et se présente sous forme d'une spirale d'environ 15 cm. Le pénis, lorsqu'il existe, est situé ventralement dans la partie la plus postérieure du cloaque (*proctodaeum*), et ne sort à l'extérieur que lorsqu'il est en érection. Il est absent chez les *Galliformes*, mais il existe par exemple chez les *Ansériformes* et les *Struthionidés*.

Chez les espèces sans pénis, le sperme est stocké dans la *seminal glomera* qui se situe dans la protubérance cloacale avant la reproduction.

Les canards, les oies, les autruches ont par contre un pseudo-pénis érectile rainuré qui est une « évagination » du cloaque. La rainure facilite le transfert des spermatozoïdes dans l'organe génital femelle.

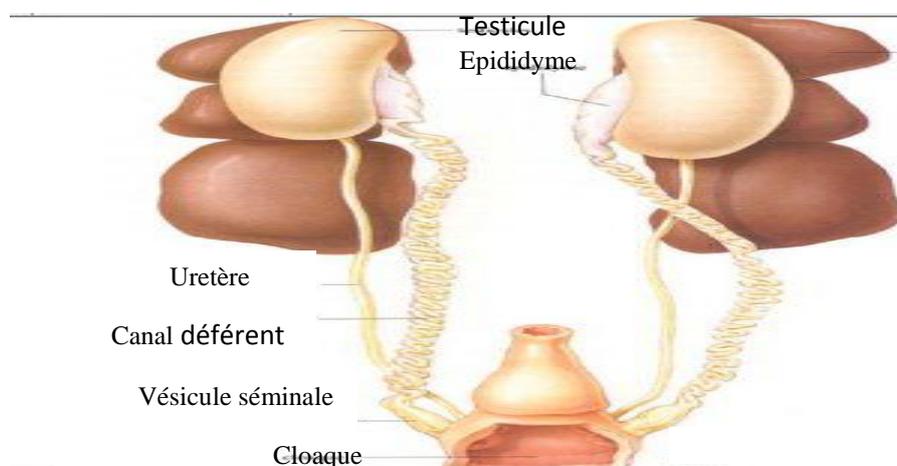


Figure 1 : Appareil génital mâle (Thévoz, 2009)

II.2 Appareil génital femelle

L'appareil reproducteur des oiseaux femelles est composé de deux parties essentielles ovaire et oviducte. Il s'agit d'un appareil dit impair par ce que seule l'ovaire et l'oviducte gauche existent généralement chez l'adulte. L'ovaire droit subsiste cependant chez beaucoup d'espèces non domestiques, la présence de l'oviducte droit est encore beaucoup plus rare que l'ovaire correspondant.

II.2.1 Ovaires

Chez la plupart des espèces d'oiseaux, l'ovaire droit subit une atrophie dès la fin de la vie embryonnaire. On pense que c'est une adaptation au vol (moins de poids). Pour cette raison, il n'y a aussi qu'un oviducte chez la poule par exemple. Or, chez les Falconiformes et les Accipitriformes, les deux ovaires sont conservés.

La localisation des ovaires est globalement la même que celles des testicules, situés sous le lobe antérieur des reins, ils ressemblent à une grappe de raisin. Ils ont l'aspect d'une grappe de follicule contenant les jaunes d'œufs : constitués d'une médulla et d'un cortex qui contient les follicules, la plupart d'entre eux subissent l'atrophie des follicules de l'ovaire, quelques uns arrivent à maturité 'ovocyte', follicule mûr(le jaune).

II.2.2 Oviducte

Seule l'oviducte gauche est développé et fonctionnel, il sécrète plusieurs parties de l'œuf: le blanc, la membrane et la coquille. Sa longueur totale chez la poule est de 10 à 20 cm, pendant la période de reproduction, la longueur de l'oviducte est environ multipliée par 4 et son poids augmente de 15 à 20 fois.

L'oviducte a une double fonction. Premièrement, il est chargé de «récupérer», lors de l'ovulation l'ovocyte mature, puis de l'entourer successivement d'une membrane vitelline, du blanc d'œuf, des membranes coquillères et de la coquille. L'ensemble est indispensable au développement de l'embryon. Sa deuxième fonction consiste à assurer la remontée des spermatozoïdes vers le site de fécondation, à abriter cette fécondation puis à soutenir les premières divisions zygotiques jusqu'à la ponte finale de l'œuf (oviposition).

C'est un tube flexueux, composé de 5 zones : l'infundibulum, le magnum, l'isthme, l'utérus ou glande coquillière, et le vagin ou pavillon (figure 2).

- Infundibulum: c'est le site de la fécondation. A l'ovulation, il capte le jaune ou ovocyte et c'est une aussi zone sécrétoire. Il est responsable du dépôt de la membrane vitelline, le transit est environ 20mn.
- Magnum: Après dépôt de la membrane vitelline, l'ovocyte, fécondé ou non, passe environ 4 h dans le magnum (longueur de 30 à 50 cm), principal lieu de sécrétion des protéines du blanc d'œuf.
- Isthme: sa longueur de 4 à 6 cm, l'œuf séjourne dans cette portion environ 1h30, c'est dans cette partie que se forme la membrane coquillière de l'œuf.
- Utérus : c'est le lieu d'hydratation du blanc et de la sécrétion de la coquille : quand il sort de l'isthme, l'œuf est couvert de deux membranes, il a un aspect ridé à cause de la faible hydratation du blanc. La cavité utérine va terminer cette hydratation pendant les 6-7 heures premières heures du séjour, la teneur en eau du blanc va doubler.

Le phénomène d'hydratation du blanc dans l'utérus fait apparaître les différentes couches visibles dans l'œuf achevé : le blanc épais, le blanc liquide interne et externe et les chalazes.

La formation de cette coquille intervient entre 10 et 22 heures après l'ovulation, en période nocturne. Elle pèse environ 6g chez la poule et elle est constituée essentiellement de cristaux de carbonates de calcium (CaCO_3) recouverts d'une cuticule organique.

Au total, l'œuf va rester dans l'utérus 20 heures avant d'être expulsé. Depuis l'ovulation, le jaune aura mis 5 heures pour parcourir la première zone de l'oviducte, soit 50 cm.

- Vagin: c'est un simple lieu de transit, il débouche latéralement au niveau de l'uretère gauche dans l'urodaeum.

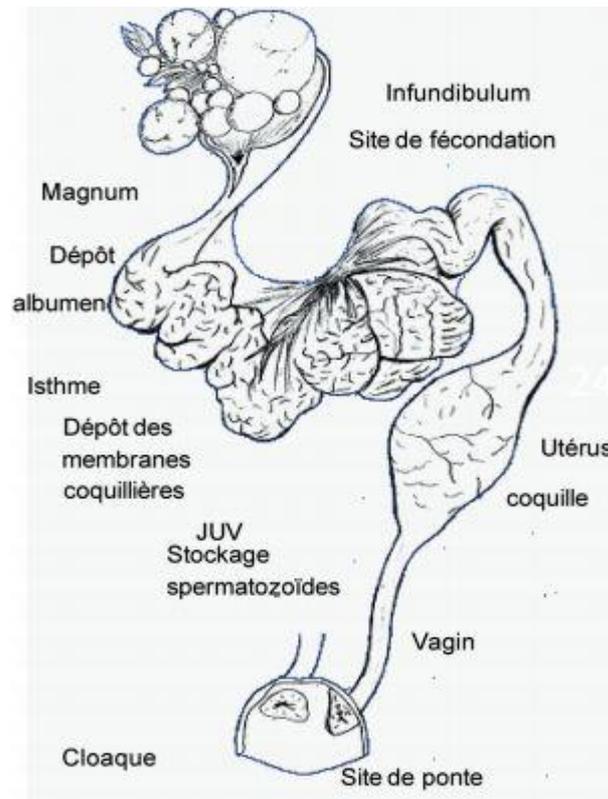


Figure 2 : Appareil génital femelle et sites de formation de l'œuf (Blesbois, 2011)

II.3 Propriétés de l'œuf

L'œuf est formé par (figure 3)

- La cuticule de nature protéique. Elle forme un revêtement continu étanche aux microorganismes mais fragile car peu épaisse.

- La coquille calcaire composée d'un réseau structuré de protéines fibrillaires, siège de calcification ménageant de nombreux micropores, elle représente environ 10 % du poids total de l'œuf.

La couleur de la coquille est déterminée par la race des poules. Il s'agit d'un facteur génétique absolument sans effet sur la saveur et la valeur nutritive des œufs.

Le calcium nécessaire à la constitution de la coquille provient du calcium du sang, la calcémie augmente en période de ponte sous l'effet des œstrogènes.

Deux membranes coquillières. La première membrane, externe, est dans le prolongement des structures protéiques fibrillaires de la coquille calcaire. Le feutrage ainsi formé est assez lâche donc cet obstacle est facile à traverser. À l'inverse, la membrane coquillière interne représente la véritable membrane de l'œuf. Elle présente une structure protéique serrée et elle est difficile à franchir par les microorganismes. Ce sont de 2 ou 3 fines couches de fibres de protéines qui adhèrent à la coquille et qui servent de protection contre les moisissures et les bactéries. À un bout

de l'œuf se loge la chambre à air : au moment de la ponte, la chambre n'existe pas, l'œuf est totalement habité par son contenu.

Durant le choc thermique entre la température interne de la poule et la température extérieure, l'œuf, en se contractant, forme une poche d'air nommée "chambre à air".

Les pores de la coquille et la chambre à air assurent la respiration de l'embryon.

- Le blanc d'œuf ou albumen, il constitue les deux tiers de l'œuf. Il se compose d'eau à 87 % et d'albumine (Famille des protéines) à 12 %. Le blanc est transparent et visqueux, il est soluble dans l'eau.

- Les chalazes rattachent le vitellus aux deux extrémités de l'œuf.

- Le jaune ou vitellus représente 30 % de l'œuf. Il se compose de plusieurs couches superposées de vitellus, de couleur jaune clair à jaune foncé. Le jaune est entouré par la membrane vitelline.

A la surface du jaune se trouve une petite zone discoïdale appelée cicatrice, elle est translucide, formée par le cytoplasme hyalin qui contient le pronucléus femelle; c'est le pôle animal et c'est à cet endroit qu'a lieu la fécondation et où débute le développement embryonnaire.

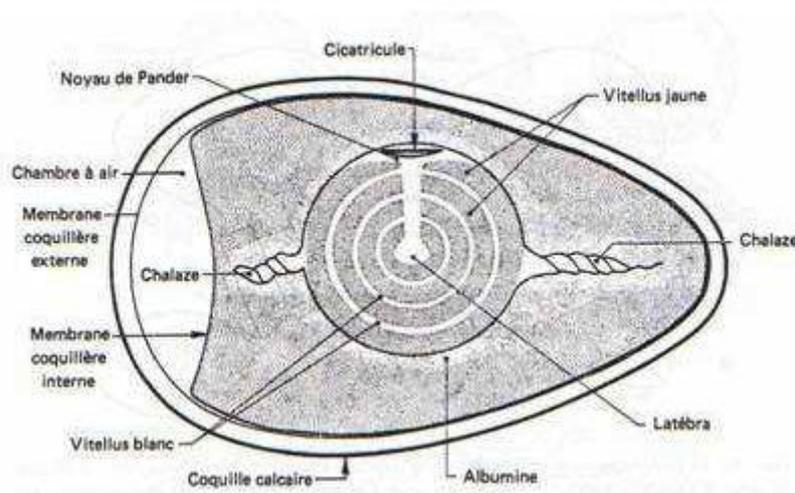


Figure 3: Représentation schématique d'un œuf de poule (Renoux, 1971)

II.3.1 Formation de l'œuf

IV.3.1 Formation du jaune d'œuf

Depuis la jeunesse jusqu'à l'ovulation, il y a une phase d'accroissement lent, une phase d'accroissement rapide et une phase de grand accroissement du vitellus. Tous les constituants du vitellus sont apportés par le sang et proviennent en majorité du foie dont l'activité de lipogenèse est multipliée par dix lors de la maturation sexuelle.

Phase initiale ou d'accroissement lent

A la naissance, les ovules 1-2 centièmes de mm en 4-5mois atteignent la taille de 1mm, l'évolution commune pour tous les ovules cesse et ils (ovule est masculin) sont stockées(des mois et des années).

Phase intermédiaire

Un follicule est sélectionné. En 60 jours, il va passer de 1 à 4 millimètres grâce au dépôt de protéines essentiellement et de quelques lipides, c'est le vitellus blanc.

Phase de grand accroissement

Pendant les 8-10 jours qui précèdent l'ovulation, la croissance va être fulgurante, l'ovule passe d'un poids de 200 mg à 15-18 gr.

Sur l'ovaire d'une poule, 8 follicules sont simultanément en phase de grand accroissement avec une journée de décalage (d'où l'apparence de grappe).

II.3.2 Formation de l'œuf dans l'oviducte

L'ovulation proprement dite est assurée par l'ouverture du follicule au niveau du stigma. La captation du vitellus de l'œuf par l'infundibulum constitue la première étape de l'activité de l'oviducte; ce n'est que 24 à 26 heures plus tard que l'œuf complet est expulsé lors de l'oviposition.

Entre ces deux instants, les étapes suivantes ont lieu :

- achèvement de la membrane vitelline dans l'infundibulum;
- sécrétion des protéines de l'albumen (blanc) dans le magnum;
- sécrétion des membranes coquillières dans l'isthme;
- hydratation de l'albumen et sécrétion de la coquille dans l'utérus;
- oviposition.

La fécondation est interne et se fait dans la partie antérieure de l'oviducte, avant la sécrétion de l'albumen dans les 15 minutes qui suivent l'ovulation. Il y'a polyspermie; la pénétration du spermatozoïde provoque l'activation de l'œuf et la reprise de la 2^{ème} division méiotique. Le développement embryonnaire commence durant le transit dans l'oviducte.

Le développement embryonnaire s'effectue au cours d'une période d'incubation pendant laquelle l'œuf est maintenu à une température de 38°C à 39°C, c'est la couvaison.

III. Développement embryonnaire

La segmentation se termine au moment de la ponte. Elle est assez semblable à celle des mammifères.

Les premières segmentations cellulaires se produisent chez la poule à l'intérieur même de l'oviducte pendant la formation de l'œuf. La fusion des pronuclei mâle et femelle

intervient 3 heures environ après l'ovulation; elle est suivie de la première division une heure plus tard, lorsque l'œuf est dans l'isthme, un premier sillon de clivage apparaît à la surface de cicatricule, suivie 20 minutes plus tard par un deuxième sillon, avant que l'œuf ne pénètre dans l'utérus au stade 8 cellules. Les divisions sont verticales jusqu'au stade 32cellules puis deviennent parallèles à la surface et donnera un blastodisque constitué d'une zone centrale de blastomères de petites de taille, entourée de blastomères plus grands et incomplètement individualisés. Les mitoses des blastomères centraux aboutissant à la mise en place d'assises cellulaires (figure 4).

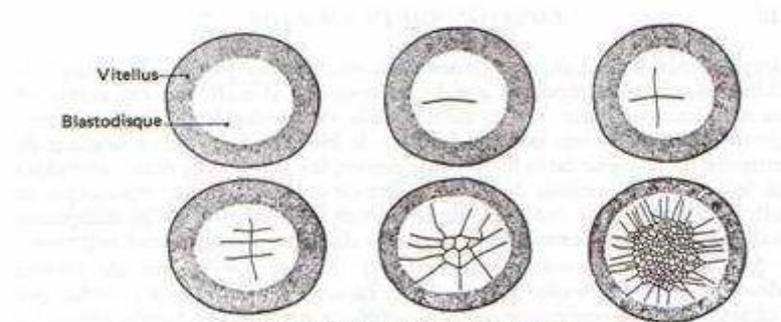


Figure 4: Premiers stades de segmentation (Anonyme 1, 2012)

III.1 Formation du disque embryonnaire

Dès le moment où la cavité de segmentation est apparente, à la surface du blastoderme, après environ 4 heures d'incubation, les cellules du blastoderme subissent des mouvements coordonnés qui marquent le début de la gastrulation. Deux zones se distinguent par leur texture ; l'aire opaque (transparente), l'aire périphérique (assise de blastomère périphérique) qui entoure l'aire pellucide, centrale.

Sur la surface interne de l'amas de cellule se détachent des cellules du disque embryonnaire de l'œuf de poule composé de deux couches : épiblaste ou ectoderme, hypoblaste ou endoderme.

A l'un des pôles de l'aire pellucide, un épaississement, appelé croissant de Koller, annonce la formation de la ligne primitive. Le blastoderme montre alors une polarité antéro-postérieure, sachant que le croissant de Koller marque la région postérieure de l'embryon. La ligne primitive s'allonge le long de l'axe antéro-postérieur et se termine antérieurement par un renflement appelé le noeud de Hensen, bien visible à 16 heures d'incubation (figure 5).

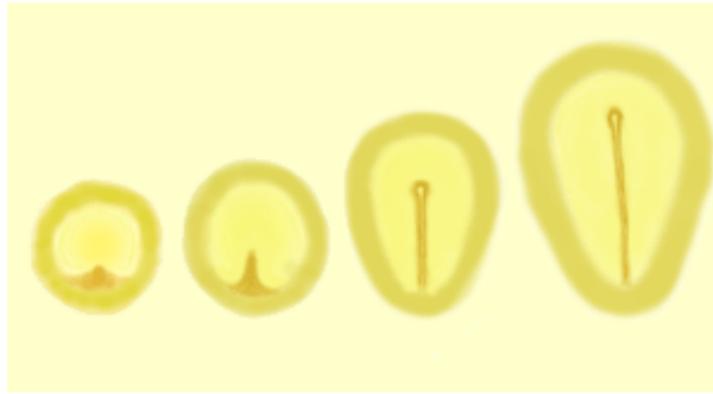


Figure 5: Début des mouvements de la gastrulation et formation de la ligne primitive (B media, 2004)

III.2 Neurulation

La gastrulation se poursuit jusqu'à la disparition de la ligne primitive. Elle se superpose à la neurulation. A 18h d'incubation, le nœud de Hensen recule et la ligne primitive régresse. Simultanément, en avant du nœud de Hensen, se forme un épaissement mésodermique appelé le prolongement céphalique correspondant à la formation de la corde sous l'ectoderme antérieur. De la même manière, de part et d'autre de la ligne primitive, des épaissements en nappes révèlent la mise en place du mésoderme latéral et latérodorsal sous l'ectoderme latéral. La limite antérieure de ces tissus laisse une région plus claire appelée "proamnios".

La ligne primitive et le nœud de Hensen sont le siège de mouvements d'immigration cellulaire qui conduisent à la mise en place du feuillet mésodermique en position intermédiaire entre l'ectoderme superficiel et l'endoderme profond.

L'ectoderme se plisse pour former les bourrelets neuraux annonçant le début de la neurulation. Parallèlement, l'extrémité antérieure de l'embryon se soulève en une structure qui ébauche la tête : c'est le soulèvement céphalique.

-A 25- 26h, le soulèvement céphalique s'accompagne du tube digestif antérieur. Ventralement, l'endoderme s'enroule et forme la porte intestinale. Dorsalement, les bourrelets neuraux céphaliques sont affrontés et l'ensemble enveloppé dans l'épiderme continue de se soulever et s'individualise au dessus du jaune (figure 6).

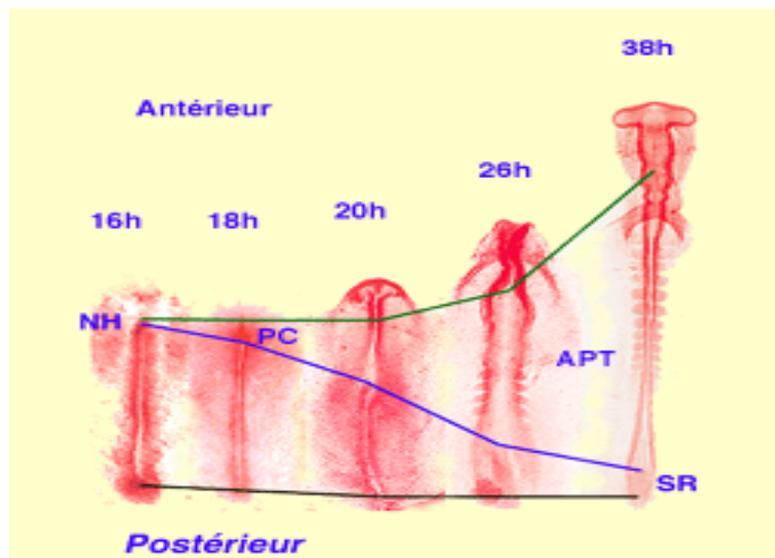


Figure 6: Neurulation (Bmedia, 2004)

- A la 33^{ème}h le **cœur** va se différencier à partir d'un épaissement de la splanchnopleure. Ce tube cardiaque se poursuit vers l'arrière par 2 gros troncs veineux, les veines omphalomésentériques. Il apparaît *deux aortes* vers l'avant, aortes qui se replient en 2 *crosses aortiques dorsales* se jetant dans les 2 artères omphalomésentériques. On a la formation d'un réseau vasculaire. Par ailleurs, le cœur bat à 37 heures.

A partir de la 33^{ème} heure d'incubation, l'allure symétrique de l'embryon commence à disparaître. La partie antérieure du cerveau va se soulever et fléchir pour se tordre vers la gauche. L'embryon se soulève au-dessus du jaune puis subit une flexion dans la région antérieure et une torsion qui débute vers la 37^{ème} heure.

A 48 heures d'incubation, l'embryon qui s'est soulevé au-dessus du jaune va se coucher sur le côté gauche. La ligne primitive disparaît à 50 heures.

A 60 heures d'incubation, le repli amniotique recouvre les 4/5 de l'embryon. L'allantoïde apparaît est sous forme d'un diverticule endodermique de l'intestin postérieur.

A 96 heures d'incubation, la cavité amniotique est complètement refermée. Le bourgeon caudal et les membres antérieurs et postérieurs sont nettement reconnaissables.

Le modelage de l'embryon va se poursuivre avec la formation des annexes embryonnaires.

III.3 Evolution du mésoderme

Le mésoderme forme les muscles, le cœur, les vaisseaux sanguins, l'appareil génital, la plus grande partie du squelette et les tissus conjonctifs.

Le mésoblaste se différencie en

- Mésoderme para-axial: à l'origine des somites (musculature, squelette et derme), la métamérisation fait naître une paire de somites environ toutes les 90 minutes à partir du mésoderme paraxial.
- Mésoblaste intermédiaire: A l'origine des reins et des gonades.
- Mésoblaste latéral: constitué par deux feuilletts, le feuillet pariétal et le feuillet viscéral

A partir de ce stade (6-8heures avant oviposition), l'orientation et l'axe de symétrie du futur embryon sont définitivement fixés suite à l'enroulement de schalazes pendant la formation de la coquille. Peu avant l'oviposition, le stade blastula secondaire (50000 cellules environ)est atteint suite à l'apparition, dans le blastocèle, d'une couche cellulaire intermédiaire définissant deux cavités superposées.

III.4 Annexes embryonnaires

Elles assurent la nutrition, la protection et la respiration de l'embryon, elles dérivent des trois feuilletts embryonnaires primitifs et occupent ensuite toute la périphérie de l'œuf.

Vers la 20-24 heures d'incubation, le corps de l'embryon commence à se distinguer des tissus périphériques; les plis antérieurs, postérieurs et latéraux le soulèvent et l'isolent de la masse vitelline. Pendant ce temps, les feuilletts embryonnaires s'étendent hors du corps de l'embryon et vont continuer à former les annexes : vésicule vitelline, amnios et allantoïde. Celles-ci s'individualisent tandis que l'isolement de l'embryon par rapport à la masse de l'œuf s'accroît rapidement (figure 7).

III.4.1 Vésicule vitelline

C'est la première annexe à se former. Cette vésicule résulte de l'extension des feuilletts extra-embryonnaires à la surface du jaune, constitué par de l'endoderme doublé extérieurement par le splanchnopleure. Quand l'embryon se soulève, les ébauches antérieures et postérieures du tube digestif se mettent en place. Ces ébauches iront à la rencontre l'une de l'autre au niveau de la région

moyenne de l'embryon et finalement, la vésicule vitelline ne communiquera plus avec l'embryon que par un pédicule vitellin.

La vésicule vitelline, dont les parois sont fortement vascularisées, représente un organe nutritionnel extra-embryonnaire. Les cellules endodermiques, grâce à des enzymes hydrolitiques, vont transformer le vitellus en produits solubles assimilables.

III.4.2 Amnios

La formation de l'amnios débute après 30 à 33 heures d'incubation sous "forme d'un repli en provenance du feuillet externe se formant en avant de la «tête». La cavité amniotique est totalement fermée après 4 jours. Elle est formée d'ectoderme doublé par la somatopleure.

La cavité amniotique est remplie d'une sérosité provenant de la déshydratation de l'albumen. Elle a pour rôle d'empêcher la dessiccation de l'embryon et de le protéger.

III.4.3 Allantoïde

C'est un diverticule endodermique de l'intestin postérieur qui se forme en arrière du pédicule vitellin à partir de 60 heures d'incubation; il croît ensuite rapidement, envahit la cavité séro-amniotique puis recouvre l'amnios et la vésicule vitelline. Les invaginations de l'endoderme refoulent devant elles la splanchnopleure. L'allantoïde sera formée d'endoderme doublé extérieurement de splanchnopleure.

L'allantoïde a quatre principaux rôles :

- **Fonction respiratoire :** nombreux échanges gazeux à travers la coquille (l'organe respiratoire de l'embryon entre le 8^{ème} et le 19^{ème} jour).

Fonction nutritive : le contact étroit de l'**allantochorion** avec la *coquille* permet l'**absorption de sels** qui seront utilisés pour l'édification du squelette de l'embryon.

- **Fonction excrétrice :** l'allantoïde stocke *les produits d'excrétion du rein*.
- **Fonction d'absorption :** le voisinage de l'**allantoïde** et du **sac de l'albumen** permet l'absorption du blanc.

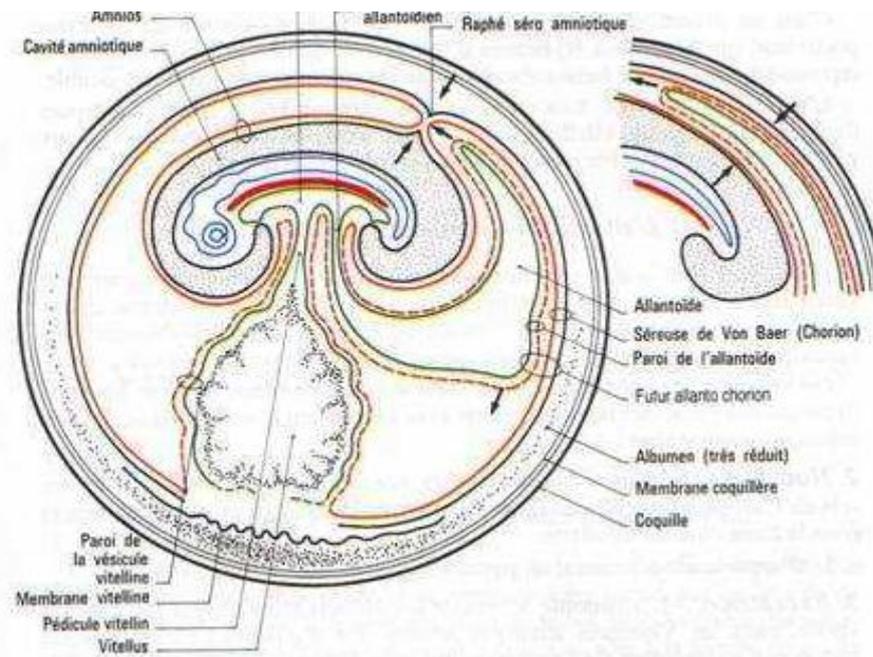


Figure 7: Coupe sagittale d'un embryon à 96 h avec ses annexes (Anonyme 1, 2012)

Références Bibliographiques

- Anonyme 1, 2012. Licence 1&2. Bio du Développement – TP4 : Développement des oiseaux.
<http://www.biodeug.com/licence-12-bio-du-developpement-tp4-developpement-des-oiseaux/>
- Blesbois E, 2011. Gamètes et fécondation chez les oiseaux. INRA Prod Anim.,24(3): 259-272PP.
- Bmedia, 2004. De l'œuf à la poule, développement embryonnaire du poulet Gallus Domesticus.
- Sauveur B,1988. Reproduction des volailles et production d'œufs. Institut National de Recherche Agronomique (INRA),147 rue de l'université,75007 Paris: 14-49PP.
- Sentenak H, 2015. Causes possibles de non-eclosion chez le busard Saint-Martin (CIRCUS CYANEUS). Thèse Présentée à l'université Claude-Bernard - LYON I (Médecine - Pharmacie) pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire
- Serakta A. Cours Embryologie première année médecine vétérinaire, Institut des sciences Vétérinaires, Université Mentouri, Constantine1.
- Thévoz M, 2009. Dossier pédagogique: Poussins KÜKEN.
Texte et organisation : Musée d'histoire naturelle
https://www.fr.ch//sites/default/files/contens/mhn/_www/files/pdf36/Poussins_09_fr.pdf