جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID - ELTARF



Guide de l'ANATOMIE AVIAIRE Basé sur l'ANATOMIE de LA POULE (*GALLUS GALLUS*)

Ouvrage à l'intention de tous ceux qui s'intéressent, cherchent, étudient, L'ANATOMIE...

Dr. MATALLAH FAOUZI & **Dr. SAOUDI HANI**

Laboratoire d'Epidémio-surveillance, santé, productions et reproduction, expérimentation et thérapie cellulaire des animaux domestiques et sauvages.

Département des sciences vétérinaires, Université Chadli Benjedid (El- Tarf)

Introduction *(1,9, 39)*

Le vol est la caractéristique la plus importante de l'oiseau, et tout l'organisme a évolué pour aider cette fonction. Les adaptations anatomiques pour le vol doivent être prises en compte par le vétérinaire afin de résoudre les conditions cliniques courantes chez l'oiseau. Par conséquent, de bonnes connaissances anatomiques sont essentielles pour établir un diagnostic et un traitement précis.

La poule devient un animal de compagnie de plus en plus prisé chez les familles et est de plus en plus présente dans les zones urbaines et péri-urbaines. Elle est considérée par les propriétaires comme un animal sociable, pouvant servir de premier animal de compagnie pour les enfants, doublé d'un intérêt écologique. En effet, les restes de table peuvent lui être donnés à manger et ses fientes peuvent être utilisées comme engrais permettant le recyclage des déchets organiques.

Commençant par identification des différentes régions du corps, après on entame les différents aspects anatomiques chez la poule afin de les présenter d'une façon simple et claire pour une meilleure assimilation pour le lecteur de ce modeste document.

Règne : Animalia

Embranchement : Chordata

Classe : Aves

Ordre : Galliformes

Famille : Phasianidés

Sous-Famille : Phasianinés

Genre : Gallus

Espèce : Gallus Gallus

I. Régions du corps de la poule

(21, 22, 27, 29, 39)

Les parties externes de base d'un poulet comprennent la crête, le bec, les barbillons, les oreilles, les lobes d'oreille, les yeux, les cernes, les ailes, la queue, les cuisses, les jarrets, les éperons, les griffes et les orteils.

La tête d'un poulet comporte plusieurs parties. L'une des caractéristiques les plus importantes de la tête d'un poulet est la crête. La crête et les barbillons d'un poulet sont rouges, doux et chauds. Les poulets n'ont pas d'oreilles externes comme les humains. Les oreilles ne sont que des ouvertures dans le conduit auditif et chacune est protégée par une couverture de plumes. Le lobe de l'oreille est une peau spécialisée située sous l'oreille. La couleur du lobe de l'oreille dépend de la race de poulet. Les deux couleurs possibles sont le rouge et le blanc. Le globe oculaire est couvert par le cercle oculaire. Lorsque l'œil est ouvert, le cercle oculaire apparaît comme un anneau de peau autour de l'œil (d'où le nom de cercle oculaire).

- **La crête**

Il s'agit d'un **caractère sexuel secondaire** qui permet de distinguer le mâle de la femelle. En effet le coq a une crête beaucoup plus développée que celle de la poule. C'est d'ailleurs pour lui un **atout de séduction**, plus sa couleur est vive, plus il en sera attirant.

De manière générale, la crête joue un rôle thermorégulateur en absorbant l'excédent de chaleur pour refroidir le reste du corps et pourrait avoir un rôle immunitaire également.

À noter que certaines races de poules ont une crête minuscule, cachée par une sorte de coiffe plus ou moins importante, qu'on appelle la « **huppe** » comme, par exemple, *la Hollandaise huppée* (poule d'ornement).

- **Les yeux**

Les yeux de la poule peuvent s'avérer redoutables. Ils sont latéraux et peuvent fonctionner séparément. Ils offrent un champ de vision à 300° ce qui lui permet de repérer ses prédateurs tout en se concentrant sur une autre activité. Ils sont aussi pourvus de **détecteurs de mouvements**.

- **Le bec**

C'est un **outil indispensable** muni de nombreux **capteurs sensoriels**. Il sert bien sûr à attraper la nourriture mais aussi à se défendre, explorer son environnement. Il y a des millions d'années de cela, les premiers oiseaux à bec possédaient bien des dents mais ils les ont perdues au fil de l'évolution. En effet, on constate que la poule n'a pas besoin de mâcher ses aliments. Elle avale souvent des petits cailloux. Les muscles du gésier vont ensuite malaxer le tout, ce qui va aider à broyer le repas. On peut voir un vestige de dent chez le poussin au moment de l'éclosion. Celui-ci possède une sorte de dent unique sur le dessus du bec qui va l'aider à percer la coquille puis disparaîtra juste après. On l'appelle la « **dent de l'œuf** » ou « **diamant** ».

- **Les barbillons :** Ce sont des appendices charnus qui pendent de chaque côté du bec. Ils sont eux aussi munis de capteurs sensoriels.

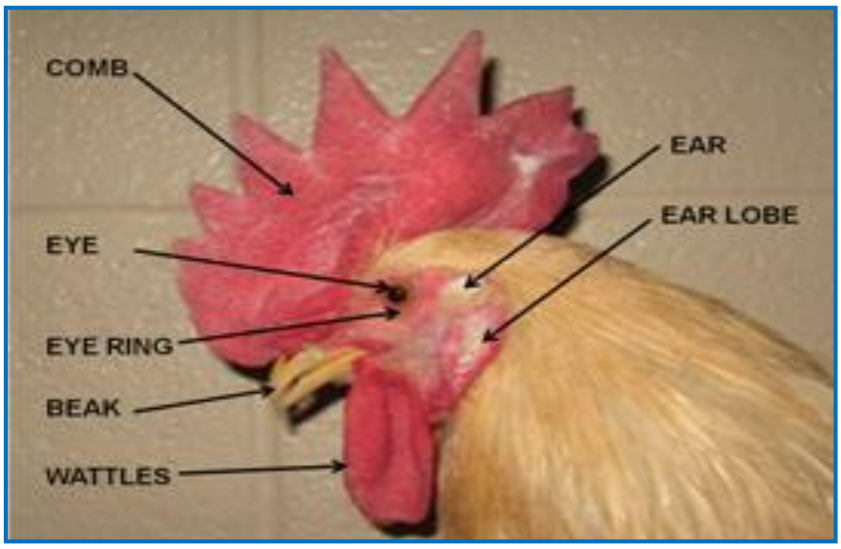


Photo 1. Régions de la tête du coq (Jacquie Jacob, University of Kentucky).



Photo 2. Schéma montrant les différents types de crête pour poulets (*Jacquie Jacob, University of Kentucky).*

- **Les ailes et la queue**

La faible portance de ses ailes cumulée à son poids empêche la poule de voler dans les airs comme un aigle mais elle est tout à fait capable d'opérer un vol de faible altitude sur une distance de quelques mètres. Et certaines adorent ça ! C'est un comportement naturel dont il ne faudrait pas les priver.

Les ailes se composent de 3 grands types de plumes :

- Les rémiges primaires
- Les rémiges secondaires
- Des plumes de couverture

Les rémiges primaires sont longues et étroites. C'est sur elles que s'exercent les principales poussées en cours de vol.

Les rémiges secondaires sont plus petites et plus souples, se sont-elles qui offrent la portance, c'est-à-dire la force de s'élever et de se maintenir dans les airs.

La queue se compose de 3 grands types de plumes :

- Les faucilles (chez le coq uniquement)
- Des plumes de couverture (plus petites que celles des ailes)
- Les rectrices

Ce sont ces dernières qui participent entre autre à l'équilibre du vol et à le diriger, elles font en quelque sorte office de gouvernail.

La cuisse d'un poulet est la partie supérieure de la patte attachée au corps de l'oiseau. La cuisse se termine au bas de la jambe (pilon). La cuisse est reliée à la tige (pied) au niveau de l'articulation du jarret, qui est l'équivalent de la cheville chez l'homme. Les poulets se tiennent debout et marchent sur leurs orteils. La plupart des poulets ont trois orteils projetés vers l'avant et un vers l'arrière, parfois appelés griffes. Quelques races, cependant, ont cinq orteils à chaque pied. Certaines races ont également des plumes sur leurs tiges et leurs orteils.

Revenant aux plumes, ce sont des structures épidermiques spécialisées, sans cellules vivantes et très peu kératinisées ou minéralisées. Les plumes ont une gamme variée de fonctions : aider à contrôler la température corporelle ; agissant comme une force aérodynamique pendant le vol ; la coloration permet le camouflage ou la communication entre différents individus etc. Chez l'oiseau adulte il existe trois grands types de plumes :

- Plume de contour : rémiges, rectrices, couvertures et tectrices.
- Plumes de duvet : Petites plumes recouvertes par les plumes de contour Les psittacidés ont un type spécial de plumes de duvet ; plumes poussiéreuses.
- Filoplume : lié à la proprioception.

Les plumes sont réparties sur le corps et sont disposées en zones spécifiques appelées ptéryles, entre lesquelles se trouvent des zones nues ou apteria. Reconnaître les ptéryles et les apteria est important dans le cas de toute intervention chirurgicale afin d'éviter d'endommager les follicules plumeux. Une plume typique est composée du calamus (partie proximale implantée dans le follicule) et du rachis (partie distale).

De chaque côté du rachis se trouve une rangée de barbes parallèles, qui forment la girouette. Un ombilic distal se trouve à l'extrémité proximale du calamus, la zone où la papille de la plume est entourée de vaisseaux sanguins et de nerfs.

Les oiseaux perdent leurs plumes une fois par an, souvent en été et en automne. Certaines espèces perdent toutes leurs plumes en même temps, tandis que d'autres le font progressivement. Les perroquets changent généralement de plumage tout au long de l'année. La réponse immunitaire est réduite pendant la mue.

Les plumes accidentellement arrachées, à l'exception des rémiges primaires et secondaires, repoussent généralement en 2 à 4 semaines si le follicule n'est pas endommagé. Cependant, les plumes coupées ne repoussent pas avant la prochaine mue. Le greffage des plumes indispensables au vol (rémiges et rectrices) est possible du fait de la structure interne du rachis.

La peau ne contient pas de glandes sébacées ou sudoripares, à l'exception de celles présentes dans le conduit auditif externe (sébacées) et de la glande dite uropygienne. Celui-ci consiste en un corps à deux lobes, situé sous la peau, adjacent au pygostyle. La sécrétion de la glande est un sébum riche en cire et en huiles que l'oiseau enduit sur les plumes pour les nettoyer et les imperméabiliser. Certains composants du sébum sont transformés en vitamine D3 activée lors de l'exposition au soleil, qui est ensuite ingérée par l'oiseau lors du lissage. La glande uropygienne ne se trouve pas chez tous les oiseaux; il est absent chez certaines souches de pigeon, de nombreux perroquets, émeus, autruches et pics. Le tissu conjonctif sous-cutané est rare et cela signifie que l'accumulation de graisse dans certaines régions (thorax et abdomen) est fréquente.

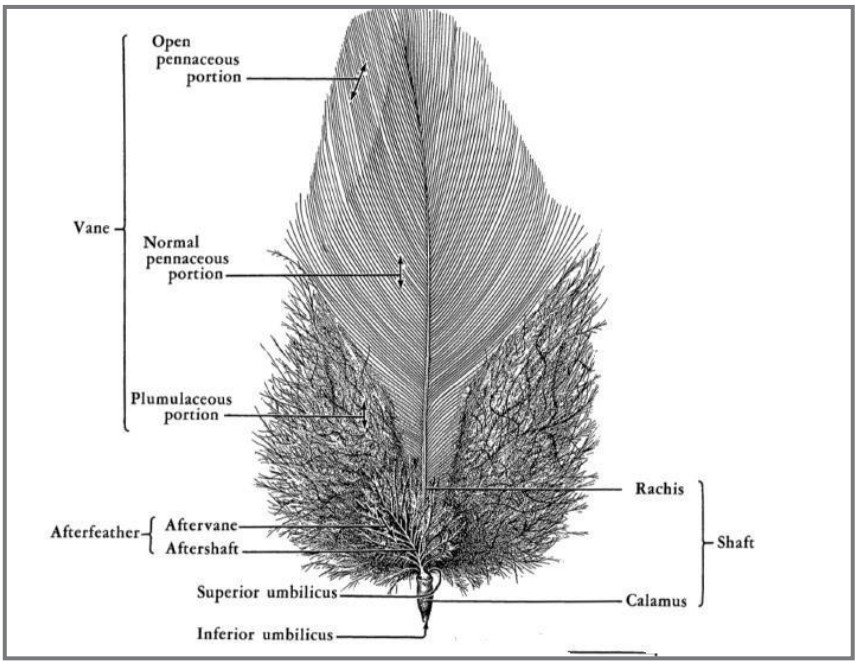


Figure 1. Structure d'une plume (Lucas, A. M and P. R. Stettenheim. 1972).

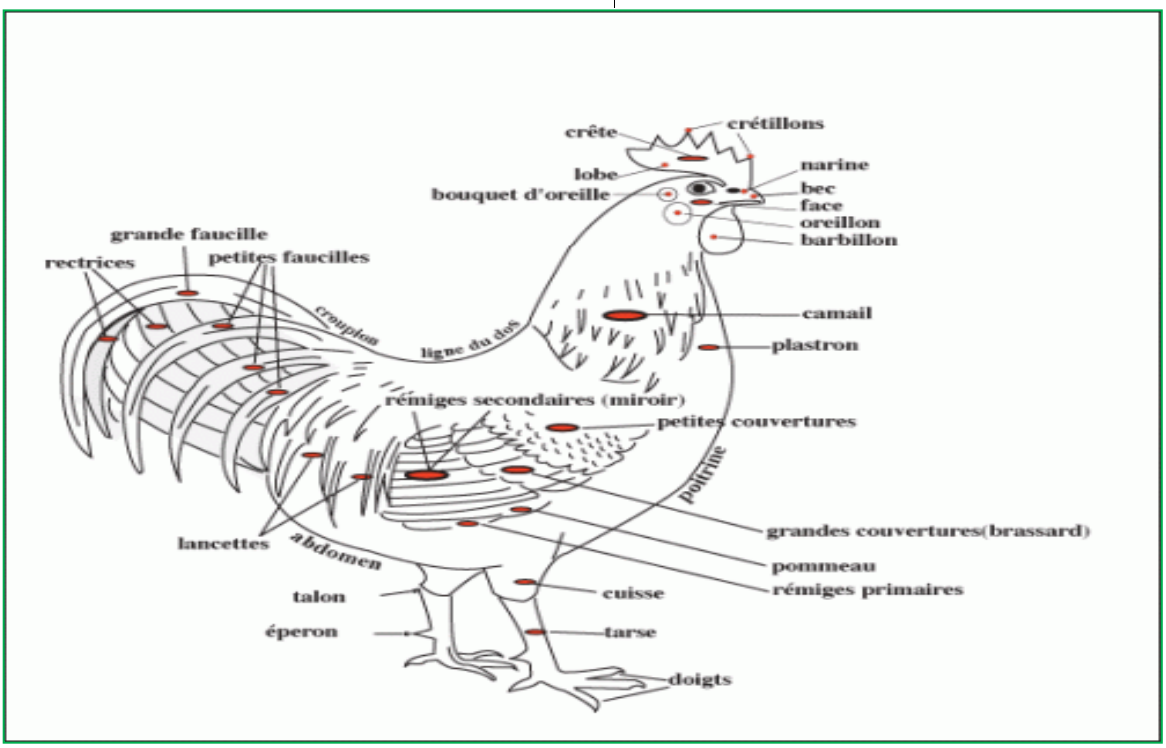


Figure 2. Morphologie d'un coq (https://volaillepoultry.pagesperso-orange.fr/reglement-expo.pdf)

DEFINITIONS IMPORTANTES

- **Barbillons** : double membrane plus ou moins longue, suivant les races, attachée sous le bec des volailles
- **Bouffant** : abondance de plumes molles et duveteuses sur le croupion et les cuisses des volailles
- **Brassard** : bande colorée sur l'aile
- **Camail** : emplumage de l'arrière du cou
- **Caroncule :** excroissance située sur le dessus du bec
- **Coin** : plumes situées sous la queue qui forment un triangle
- **Collerette** : dessin autour du cou
- **Coup de pouce** : creux dans une crête de coq
- **Coussin :** ensemble de plumes molles sur le croupion
- **Culotte** : bouffant de plumes des cuisses
- **Dos de carpe** : dos vouté
- **Eperon** : partie arrière d'une crête frisée
- **Ergot :** quelquefois appelé éperon : corne située les tarses des coqs grandissant avec l'âge
- **Faucilles** : grandes plumes de la queue du coq
- **Huppe** : touffe de plumes située sur la tête de certaines races de volailles
- **Iris** : partie colorée de l'œil
- **Lancettes**: plumes allongées du camail et des reins
- **Lobe :** partie arrière d'une crête simple
- **Morilles** : membrane située au-dessus des narines
- **Miroir** : triangle situé sur une aile fermée

- **Œil de coq** : iris rouge orangé
- **Œil perlé :** œil dont l'iris est décoloré
- **Œil de vesce** : iris brun foncé
- **Œil de poisson :** iris verdâtre
- **Payeux** : reflet jaunâtre sur un plumage blanc.
- **Patte de canard** : Doigt arrière ne touchant pas le sol s chez les volailles.
- **Queue d'écureuil** : position de la queue trop relevée chez les volailles.
- **Quille** : Repli de peau le long du bréchet chez les palmipèdes.
- **Rectrices** : grandes plumes de queue.
- **Rémiges primaires ou vol** : les 10 grandes plumes extérieures de l'aile.
- **Rémiges secondaires** : plumes qui suivent les primaires.
- **Selle** : partie arrière du dos.

II. OSTEOLOGIE

(3, 6, 23, 28, 31, 33

En quoi le squelette aviaire diffère-t-il du squelette de mammifère ? Lorsque les animaux s'adaptent à des environnements, leurs structures physiques vont changer (sélection naturelle) pour tirer parti de cet entourage (alimentation et reproduction). Par exemple, les humains sont adaptés à la marche et courir avec une structure squelettique droite. Les oiseaux sont adaptés au vol et cela se reflète dans la structure du squelette et des os individuels.

- **Ossification** : les os des oiseaux sont relativement fins, mais ils sont rigides et denses par rapport aux os des mammifères. Une adaptation est **la fusion** des vertèbres pour former une colonne vertébrale rigide pour soutenir **le vol**.

Les os d'un poulet ont une combinaison de trois substances : le collagène, le phosphore et le calcium. Comme chez les mammifères domestiques y compris l'homme, les os d'un poulet protègent et soutiennent son corps. Les os d'un poulet doivent contenir une grande quantité de ces trois substances. Dans le cas d'un individu à faible teneur en calcium, les œufs produits pourraient avoir des coquilles d'œufs molles. Parfois, la carence peut entraîner l'absence de production de coquille d'œuf et il est également possible qu'une faible teneur en calcium entraîne l'incapacité de produire des œufs.

- **Masse osseuse** : Les oiseaux ont une masse osseuse absolue réduite par rapport aux mammifères, mais l'os des oiseaux est généralement plus dense, ce qui indique un rapport **résistance/poids** plus élevé.

- **Os pneumatique** : Les os des oiseaux sont souvent pneumatiques (os creux ; infiltrés par des **sacs aériens (voir Appareil respiratoire**).

L'architecture générale du squelette des poules reste proche de l'architecture classique du squelette des Mammifères domestiques, mais avec certaines particularités liées à l'adaptation au vol des oiseaux. La cavité médullaire de certains os est occupée par de l'air et est en communication avec l'appareil respiratoire ce qui nous donne la notion de l'os pneumatique.

L'**os pneumatique** est beaucoup plus étendu chez les oiseaux qui volent sur de longues distances, par exemple ; oiseaux chanteurs. Les autruches sont des oiseaux terrestres qui ont très peu d'os pneumatiques, alors que les oiseaux gallinacés, tels que les poulets, les dindes, ont une quantité plus importante d'os pneumatique. Chez la poule, et probablement d'autres gallinacés, le sternum, l'humérus, le bassin, les vertèbres cervicales, et les vertèbres thoraciques sont pneumatiques.

- **Fonction osseuse :** Le système squelettique est constitué d'os et a les fonctions suivantes :

1. Protection et soutien des organes internes, par ex. cœur et poumons ;

2. Source de calcium pour la production d'œufs ;

3. Système articulé pour le mouvement - marche et vol ;

4. Matrice de soutien pour les cellules souches qui forment les cellules du sang périphérique – granulopoïèse (globules blancs leucocytes) et hématopoïèse (globules rouges ou hématie).

Le squelette de la poule peut être divisé en deux segments : axial et appendiculaire.

1. **SQUELETTE AXIAL** : comprend : tête (le crâne et face), la colonne vertébrale, le sternum et les côtes.
2. **SQUELETTE APPENDICULAIRE** : Ceinture pectorale et membre thoracique (Aile)- Ceinture pelvienne et membre pelvien.

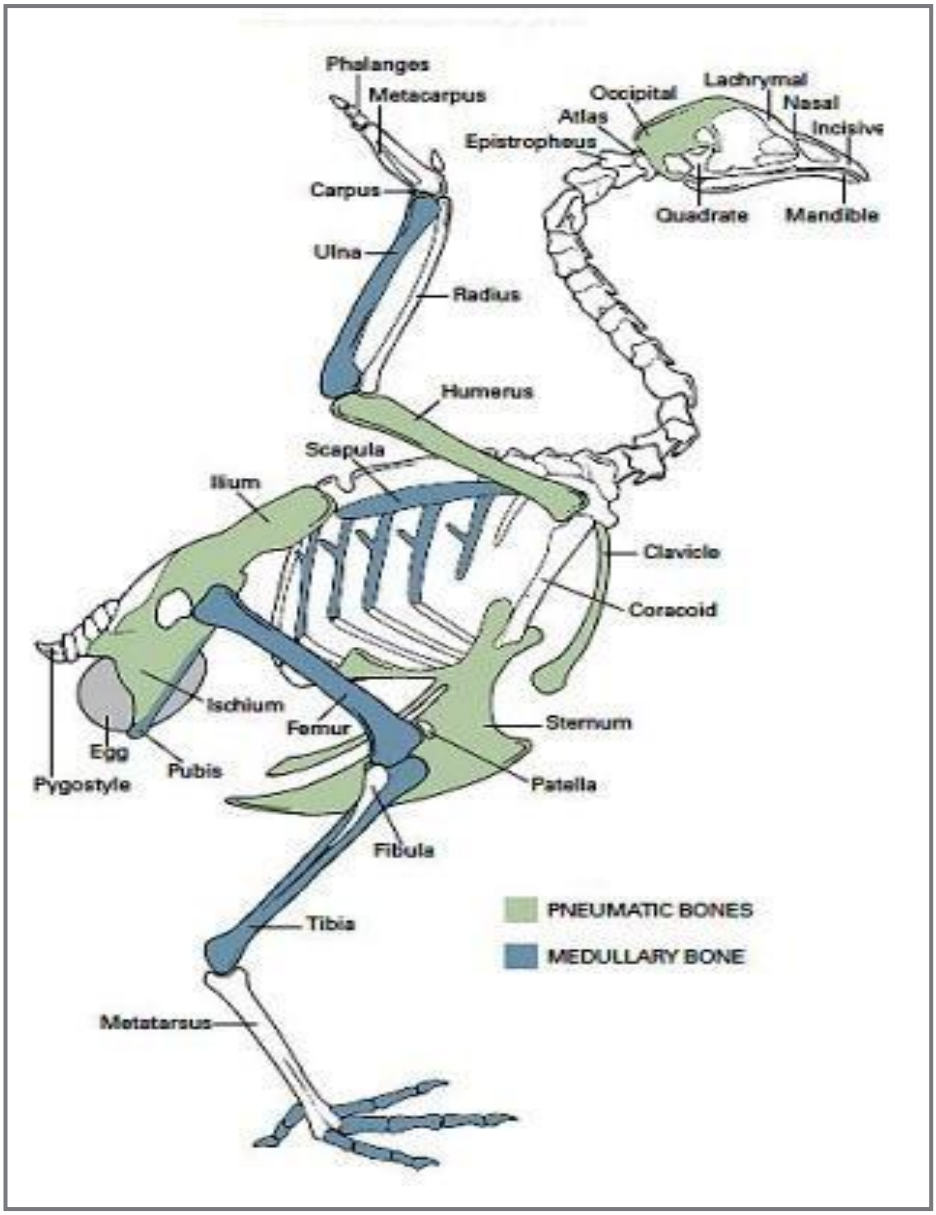


Figure 1. **Squelette de la poule** (https://univet.hu/wp-content/uploads/2021/04/Bird-anatomy-scelatal-muscular-digestive-system.pdf).

1. SQUELETTE AXIAL

1.1. L'EXTREMITE CEPHALIQUE

Les os du crâne sont constitués de fines plaques formées soit de tissu conjonctif, soit cartilagineux. D'accord, voyons quelles sont les caractéristiques les plus remarquables présentes dans les os du crâne de la poule :

- La plupart des os sont fusionnés.
- Vous trouverez de grandes orbites séparées par un fin septum inter-orbitaire membraneux.
- Il y a un seul condyle occipital (*saillie de la zone occipitale*).
- L'articulation de la mandibule avec le crâne passe par un os particulier **: os carré,** un peu mobile.

L'**os carré** (**os quadratum**) est un os gros s'articulant par deux facettes sur son processus auditif avec le toit de la cavité tympanique. Son bord dorsal s'articule avec la partie squameuse légèrement au-dessus du bord antérieur de la cavité tympanique. Son bord ventral forme un condyle pour l'articulation avec la mandibule. Le condyle s'articule également du côté externe avec le quadrato-jugal et du côté interne avec le ptérygoïde. Son bord antérieur (processus orbitaire) s'étend parallèlement à l'os ptérygoïde.

L'**os occipital** forme la paroi caudale du crâne. Il entoure également le **foramen magnum** pour le passage des nerfs. Vous notez la présence d'un seul condyle (ce qui

est différent aux mammifères avec présence de deux condyles occipitaux), jouant un rôle dans l'articulation avec la première vertèbre cervicale.

Les os **frontal** et **pariétal** forment la paroi dorsale du crâne de poulet. Il existe une vaste orbite qui se sépare de la cavité nasale par l'os **ethmoïde**. L'os **lacrymal** forme le prolongement ventral et rostral du bord orbitaire latéral.

La narine osseuse est délimitée par les processus frontaux et **maxillaires** de l'os **prémaxillaire**. Vous trouverez un os maxillaire relativement petit qui s'articule avec l'os prémaxillaire. Ensemble, ils forment une courte partie terminale caudale du bec supérieur de la poule.

Vous trouverez un os **vomer** rudimentaire dans le poulet. Mais chez le canard, cet os complète la cloison nasale. Vous trouverez un os ptérygoïdien court et robuste en forme de bâtonnet. Il se trouve obliquement derrière le **palatin** entre **pré-sphénoïde** et le carré de son propre côté. Il s'articule en arrière avec le carré et en avant avec le pré-sphénoïde et les palatins. A noter aussi :

- Présence du palais secondaire incomplet car les crêtes palatines ne sont pas soudées. les choanes, se rejoignent pour s'ouvrir dans la cavité buccale. Le palais composé des ptérygoïdes, des palatins et d'un os dermique, le vomer.
- Le squelette de la langue regroupe l'**os hyoïde** accompagné d'une paire de para-glosses donnant la forme triangulaire à la langue, et les cornes hyoïdiennes afin de garantir une extensibilité de la langue.

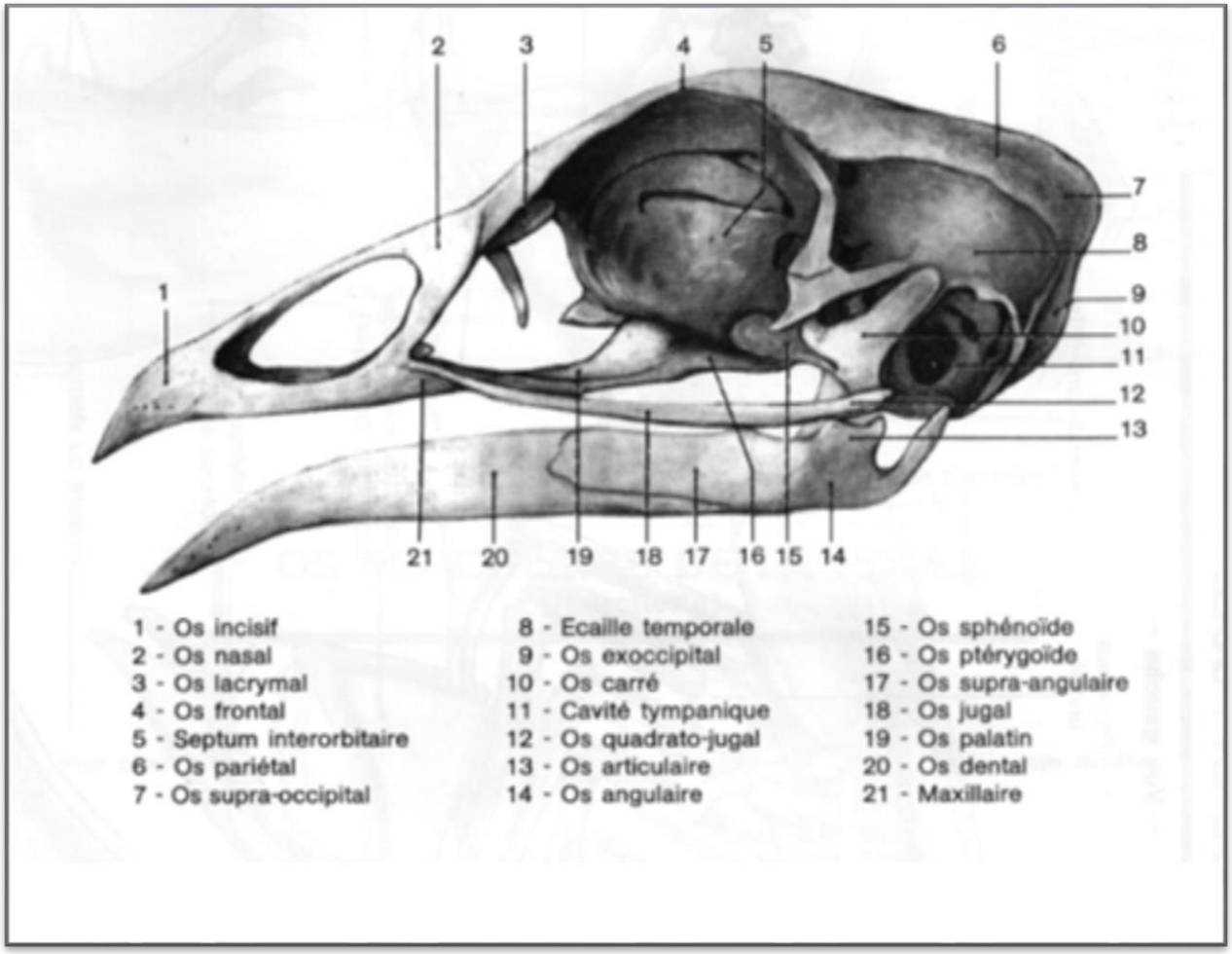


***Figure* 2.** Squelette céphalique de la poule (https://volaillepoultry.pagesperso-orange.fr/reglement-expo.pdf d'après E. Schwarze et L. Schroder., 1979).

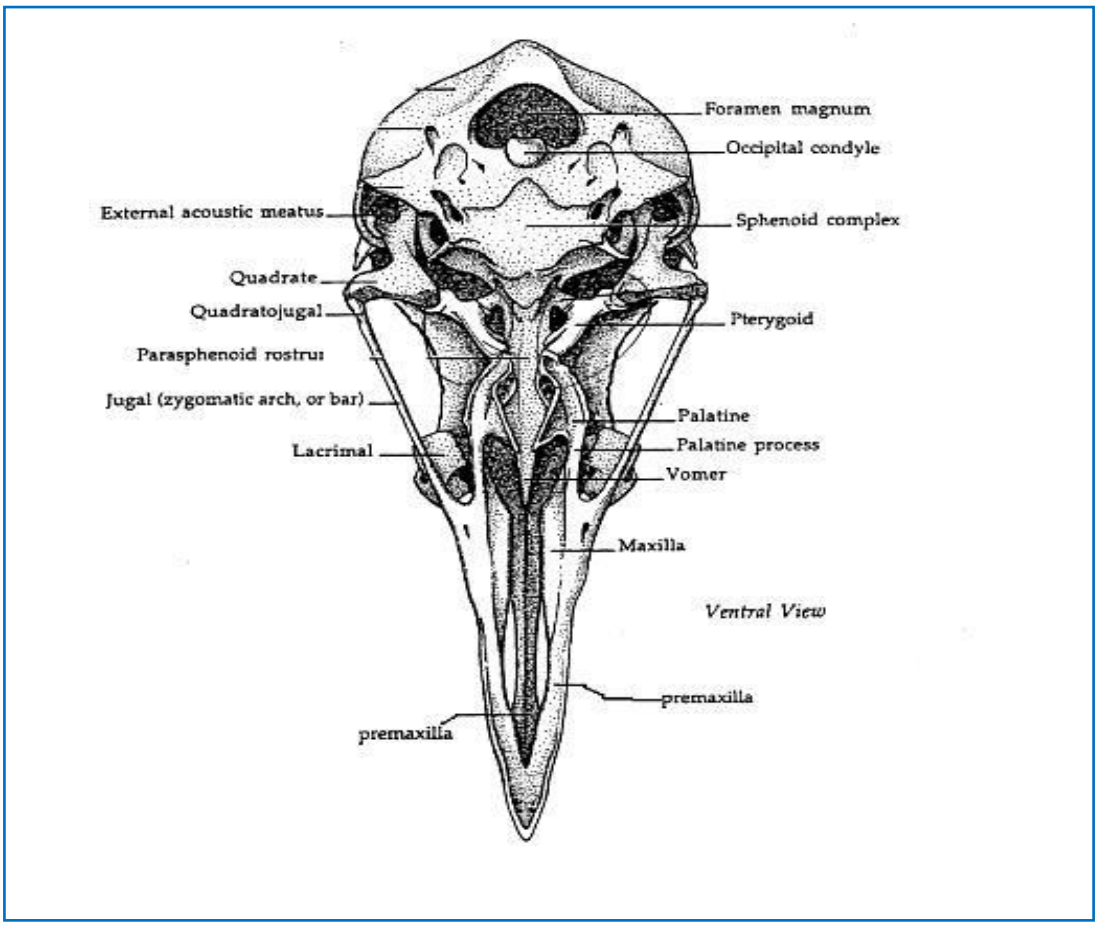


Figure 3. Vue ventrale du crane de la poule (BRADLEY, OC., 1960).

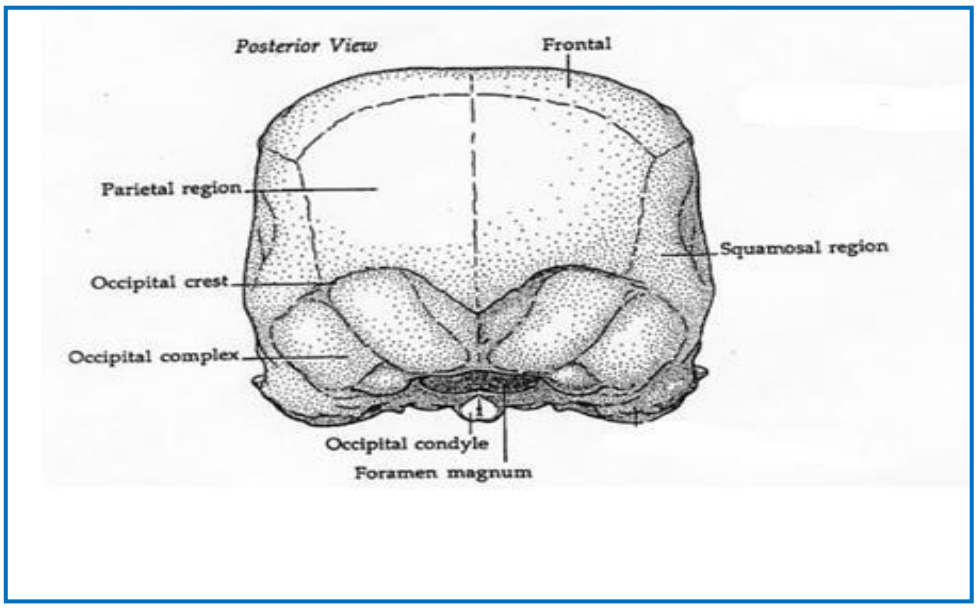


Figure 4. Vue caudale du crâne, montrant l'os occipital avec le seul condyle occipital (BRADLEY, OC. 960).

1.2. LA COLONNE VERTEBRALE

La colonne vertébrale est composée d'une chaîne d'os appelée vertèbres. Elle abrite la moelle épinière et des racines nerveuses. La colonne vertébrale des oiseaux comporte quatre régions : la région cervicale, la région thoracique, le synsacrum et la région coccygienne. Le nombre de vertèbres varie entre 8 et 25 (poulet : 14) avec une grande mobilité au niveau de l'articulation atlanto-occipitale et entre les vertèbres cervicales.

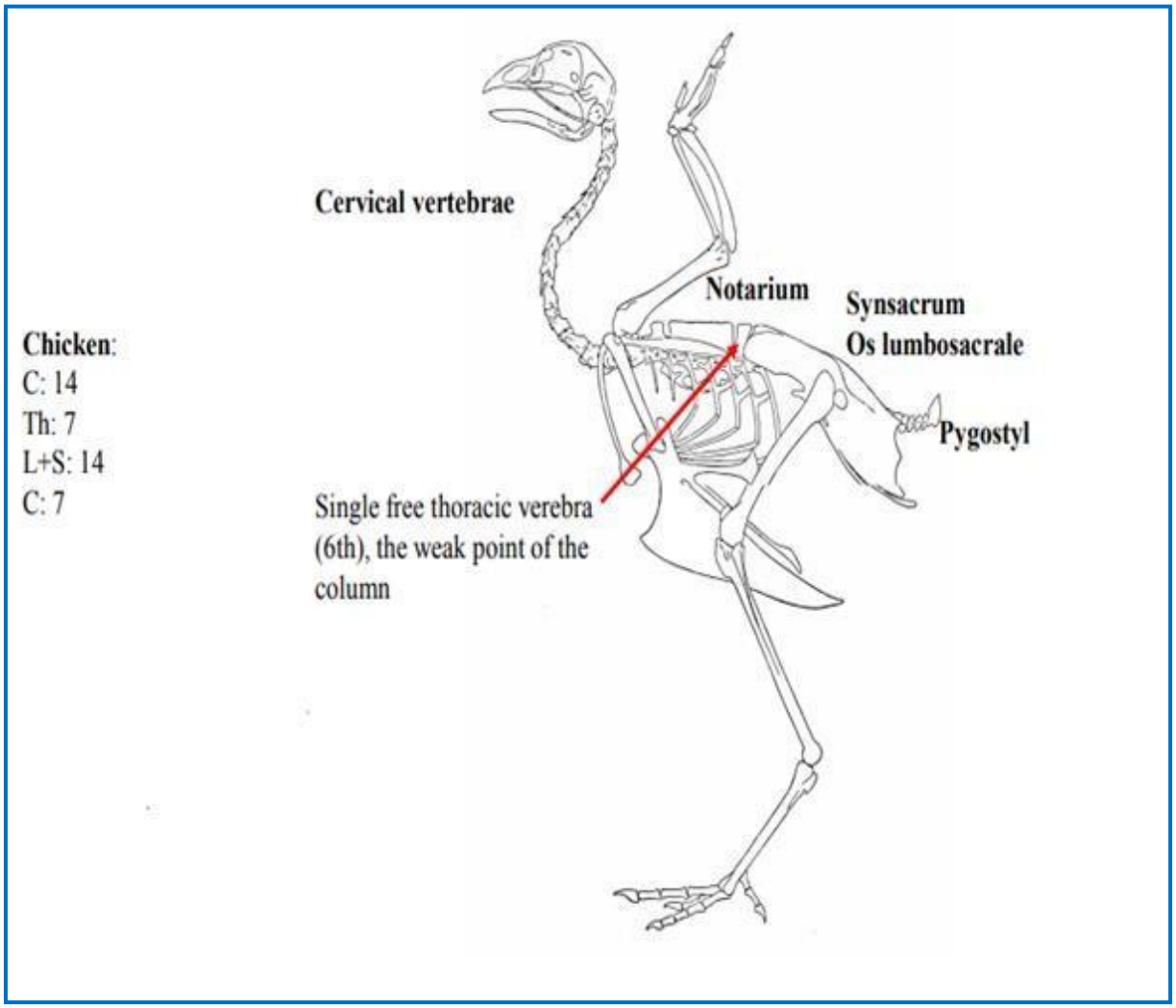


Figure 5. La colonne vertébrale chez les oiseaux (https://univet.hu/wp-content/uploads/2021/04/Bird-anatomy-scelatal-muscular-digestive-system.pdf).

A. **Vertèbres cervicales (C)** : s'étendent du crâne au premier corps vertébral thoracique, donnant une grande mobilité pour le cou.

Les vertèbres cervicales d'un poulet forment une structure en forme de **S** qui est plus mobile et contient plus de vertèbres.

En règle générale, vous trouverez quatorze vertèbres cervicales chez le poulet, dix-sept chez un canard et douze chez un pigeon.

Ces vertèbres sont longues et avec un corps fin, elles présentent une crête médiane ventrale et des processus épineux saillants aux extrémités du cou et s'atténuant en région moyenne. Les surfaces articulaires sont convexes dans un sens et concaves dans l'autre.

On les compte de l'**Atlas** jusqu'à la première vertèbre qui possède une côte bien développée, cette vertèbre étant considérée comme la première thoracique **(1).**

Ce sont des os très légers, **pneumatiques** : ils sont entourés et envahis par le **sac aérien cervical**.

L'**Atlas** a la forme d'une **petite bague** ; son **arc ventral**, particulièrement concave crânialement, s'articule avec un **condyle occipital unique** (différent aux mammifères qui présentent deux condyles occipitaux.).

L'**Axis** possède un **processus odontoïde très prononcé** qui vient se loger dans une dépression de l'arc ventral de l'Atlas.

B. **Vertèbres thoraciques** (T) : le nombre varie entre 3 et 10 (poulet : 7). Les vertèbres thoraciques sont fusionnées (sauf oie et canard, où elles sont libres). chacune est reliée à deux côtes, une de chaque côté.

Vous pouvez trouver les première et sixième vertèbres thoraciques comme des os séparés. Les deuxième à cinquième vertèbres thoraciques fusionnent pour former **le notarium**. Cette fusion a lieu au cours du 4e mois. Le notarium comporte une crête ventrale et une crête dorsale formée de la fusion des processus épineux. La fusion des processus transverses donne la lame transverse avec des fenêtres permettant le passage des nerfs.

Le notarium est une unité osseuse rigide qui ne se présente que chez le poulet et le pigeon. Mais vous ne trouverez pas cette structure chez le canard ou l'oie. Chez ces derniers, la stabilisation des vertèbres thoraciques est obtenue par l'ossification des tendons et des ligaments.

C. Vertèbres lombaires et sacrées (L et S) :

Dans l'anatomie du squelette d'une poule, un total de quinze à dix-huit vertèbres (thoraciques, lombaires et sacrées) contribuent à former **un synsacrum**.

Mais le nombre d'os peut varier selon les espèces. C'est l'une des autres caractéristiques ostéologiques exceptionnelles des vertèbres des volailles que celle des mammifères.

Le synsacrum s'articule proximalement avec la dernière vertèbre thoracique libre et distalement avec la première vertèbre coccygienne libre. Il correspond à la fusion, au cours de la 7ème semaine, de la septième vertèbre thoracique, des vertèbres lombaires, sacrées et de la première vertèbre coccygienne. Il est fusionné aux bords dorso-médians des ailes de l'ilium formant la crête iléo-synsacrale ainsi qu'au corps

de l'ilium. Caudalement à cette crête, il y a la crête dorsale, fusion des processus épineux des vertèbres.

Il existe une connexion osseuse solide entre l'ilium et les processus transverses et costaux du synsacrum. Ces caractéristiques forment un cadre stable pour la transmission de la force pendant la marche. De plus, il existe une crête ventrale présente sur la surface crâniale du synsacrum d'un poulet.

D. Vertèbres caudales :

Les vertèbres caudales peuvent varier selon les espèces. Mais, idéalement, vous trouverez quatre à neuf vertèbres caudales chez un poulet. De plus, il existe une caractéristique ostéologique unique présente dans les vertèbres caudales par rapport à celle des mammifères (Les 3 à 4 dernières vertèbres caudales sont fusionnées en un seul os aplati appelé **pygostyle**, qui permet de fixer plusieurs plumes de la queue (**rectrices**).

La forme du pygostyle de poulet ressemble à une assiette mais peut varier selon les espèces. Vous pouvez également trouver un pygostyle de forme triangulaire chez certaines espèces.

Il y a une large base d'un pygostyle qui s'articule avec les dernières vertèbres caudales libres. L'apex du pygostyle est dirigé caudalement et les parties latérales d'un pygostyle sont connues sous le nom de lamina. Le canal vertébral des vertèbres caudales du poulet est relativement large par rapport à celui des mammifères. Vous trouverez la moelle épinière qui s'étend jusqu'au dernier segment de la colonne vertébrale.

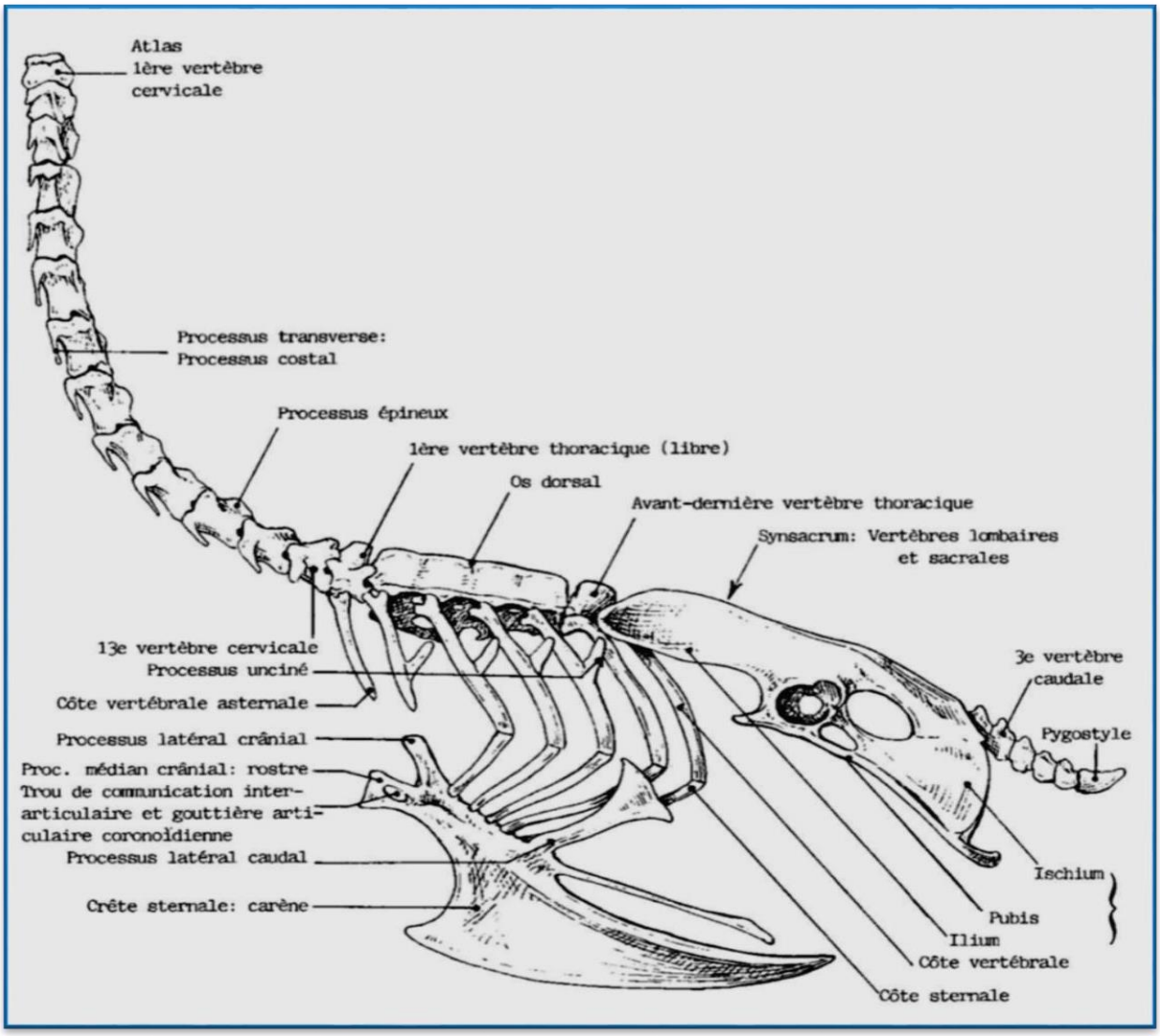


Figure 6. Squelette du tronc de la poule (CHATELAIN, 1986).

1.3. STERNUM:

Le sternum est aplati chez les oiseaux qui ne volent pas, le cas des **Autruches**. La plupart des oiseaux, y compris les **Gallinacés**, ont un sternum caréné qui ressemble à la quille d'un bateau. Cela offre une plus grande surface pour les muscles de vol à attacher (muscles pectoraux et supra-coracoïdiens). Ses dimensions sont proportionnelles à l'aptitude au vol de l'espèce.

Je dois définir la notion du **bréchet**, particularité importante pour les oiseaux.

- ***Le bréchet*** (également appelé crête sternale ou quille du sternum) se projette verticalement à partir de la surface ventrale du sternum. Il sert de **zone d'attache aux muscles du vol** : il est particulièrement proéminent chez les oiseaux qui ont des capacités de vol bien développées.

1.4. COTES : Une voûte osseuse aplatie qui est attachée aux dernières vertèbres cervicales ou thoraciques et au sternum. Les processus uncinés se projettent d'une côte à une côte adjacente pour former une cage thoracique ferme.

Les poules ont 5 à 6 paires de côtes. La plupart d'entre elles sont constituées de 3 parties :

- La côte vertébrale
- La côte sternale
- L'apophyse **uncinée** est articulée avec la côte distale. Cela permet de renforcer la cage thoracique et sert de point d'attache pour les ligaments et les muscles.

Les deux premières côtes sont sans côte sternale. La dernière côte n'a pas d'apophyse uncinée. Les côtes sternales et vertébrales s'articulent entre elles par un cartilage mobile.

Les côtes osseuses du sternum correspondent aux cartilages costaux des mammifères et assurent le soutien du thorax lors de la descente de l'aile. Les côtes vertébrales et les côtes sternales s'articulent au niveau d'une articulation cartilagineuse mobile. Les dernières vertèbres cervicales s'articulent avec des côtes flottantes. Les articulations entre les côtes thoraciques et la colonne vertébrale et entre les côtes thoraciques et sternales permettent de modifier la taille de la cage thoracique lors de l'inspiration et de l'expiration. Les changements de pression qui en résultent dans la cavité corporelle et les sacs aériens permettent à l'air d'entrer et de sortir du système respiratoire inférieur.

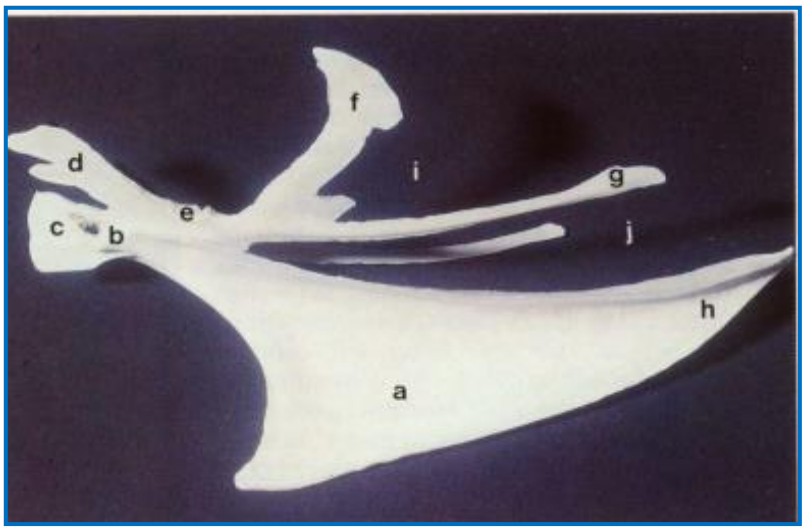


Figure 7. Sternum d'un poulet adulte. Vue latérale gauche. (JOHN Mclelland., 1991). (a) quille sternale (carina) ; (b) facette articulaire pour l'os coracoïde ; (c) tribune ; (d) processus cranio-latéral ; (e) facettes articulaires pour les côtes ; (f) processus thoracique; (g) processus caudo-latéral ; (h) trabécule médiane ; (i) encoche latérale ; (j) encoche médiale.

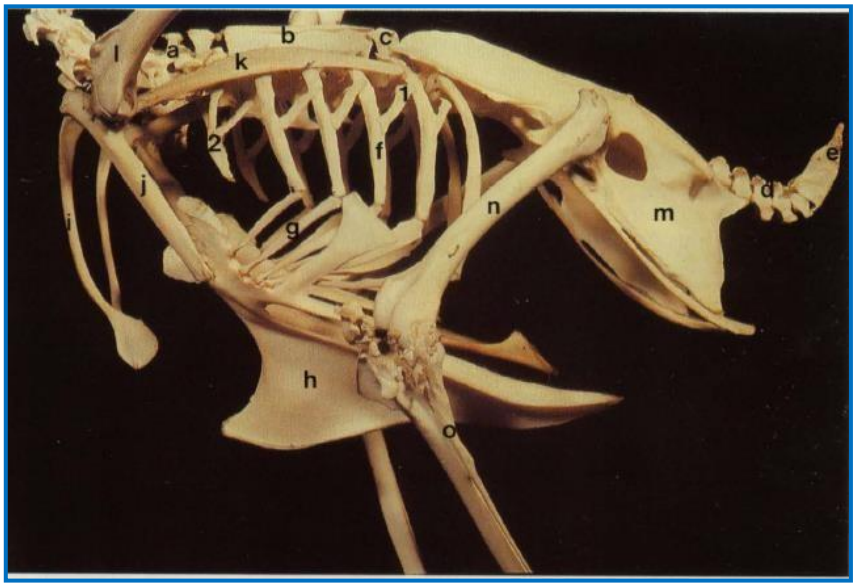


Figure 8. Squelette de tronc d'un poulet adulte (JOHN Mclelland., 1991). Vue latérale : (a) vertèbres cervicales ; (b) notarium- (c) quatrième vertèbre thoracique- (d) vertèbre caudale libre- (e) pygostyle- (f) côte vertébrale- (g) côte sternale- (h) sternum- (i) clavicule- (j) os coracoïde- (k) omoplate- (I) humérus- (m) bassin- (n) fémur- o) tibia et péroné.

2. SQUELETTE APPENDICULAIRE

2.1. LA CEINTURE PECTORALE

Elle se compose de la **Clavicule**, du **Coracoïde** et de l'**Omoplate** (**Scapula**), qui s'articulent toutes de manière proximale pour former le foramen **tri-osseux où** passe le tendon du muscle supra-coracoïdien avant d'aller s'insérer sur la tubérosité latérale de l'humérus (ce muscle est un des moteurs principaux du mécanisme du vol : il est élévateur de l'humérus et de l'aile).

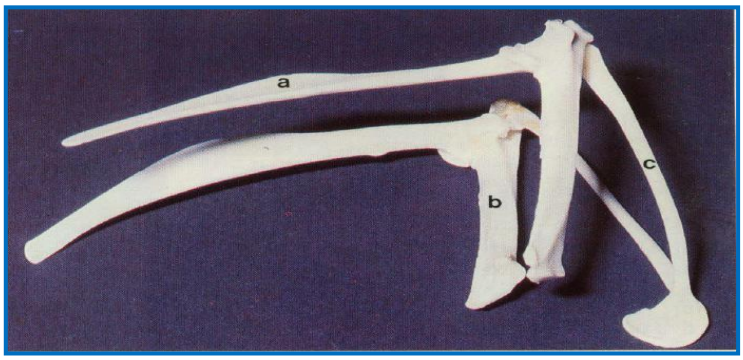


Figure 9. Ceintures thoraciques d'un adulte poulet. Vue ventro-latérale droite (JOHN Mclelland., 1991). a. Omoplate b. Coracoïde c. Clavicules.

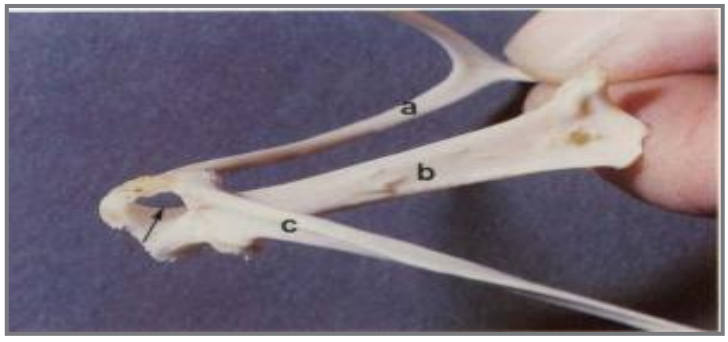


Figure 10. Foramen tri-osseux d'un poulet adulte (JOHN Mclelland., 1991). Là où la clavicule (a), la coracoïde (b) et l'omoplate (c) se rencontrent en dedans de l'articulation de l'épaule (flèche).

a. Omoplate (Scapula) :

L'omoplate est étroite, fine et légèrement incurvée, contrairement à l'omoplate des autres animaux. A l'extrémité crâniale, une section d'une cavité reçoit la tête de l'humérus. Aussi, l'omoplate est un os long et aplati, pneumatisé, en forme de sabre. Elle repose **parallèlement à la colonne vertébrale** contre la paroi thoracique. Elle démarre au niveau de la dernière vertèbre cervicale et atteint le bord crânio-latéral de l'ilium caudalement.

Distalement, l'omoplate et l'os coracoïde forment également la cavité glénoïdale, qui est peu profonde et dirigée latéralement pour permettre l'adduction et l'abduction des ailes pour le vol.

b. Os coracoïde

C'est le plus robuste des os de la ceinture de l'épaule. C'est un os creux, envahi par le sac aérien claviculaire. Le coracoïde est un os large qui va de l'épaule au sternum. Il soutient le vol en éloignant l'aile du sternum et en augmentant la rigidité de la cage thoracique. Sa partie distale s'articule avec le sternum. Il a une direction oblique crânio-dorsalement.

Sa partie proximale porte une large surface concave orientée caudalement qui participe à la formation de la cavité articulaire de l'épaule. A la face caudo-latérale de l'extrémité crâniale de l'os coracoïde, vous trouverez le processus glénoïde. Ce processus constitue le composant principal de la surface articulaire de la tête de l'os humérus. Vous trouverez également une autre surface articulaire pour l'omoplate dans l'os coracoïde. La surface dorsale du coracoïde fait face au tronc et possède un

foramen pneumatique. Ce foramen pneumatique est destiné à la sortie du sac aérien claviculaire chez le poulet.

c. Clavicule

Elle est très développée chez les oiseaux et a la forme d'une baguette. Les 2 clavicules sont soudées et constituent un os unique appelé **fourchette** ou **os furculaire** (ou os à souhait).

Avec l'os coracoïde, cela agit pour renforcer l'aile et constitue l'attache proximale du muscle pectoral. Chez de nombreuses espèces, les deux clavicules sont fusionnées dans la **furcula** pour plus de solidité, ce qui unit les deux omoplates et a une fonction de ressort**.** De l'autre côté de la surface articulaire, la tubérosité furculaire constitue le point d'ancrage du tissu conjonctif qui unit le coracoïde à la surface médiale de la clavicule. Il est bien visible sur les 2 vues de la cavité cœlomique.

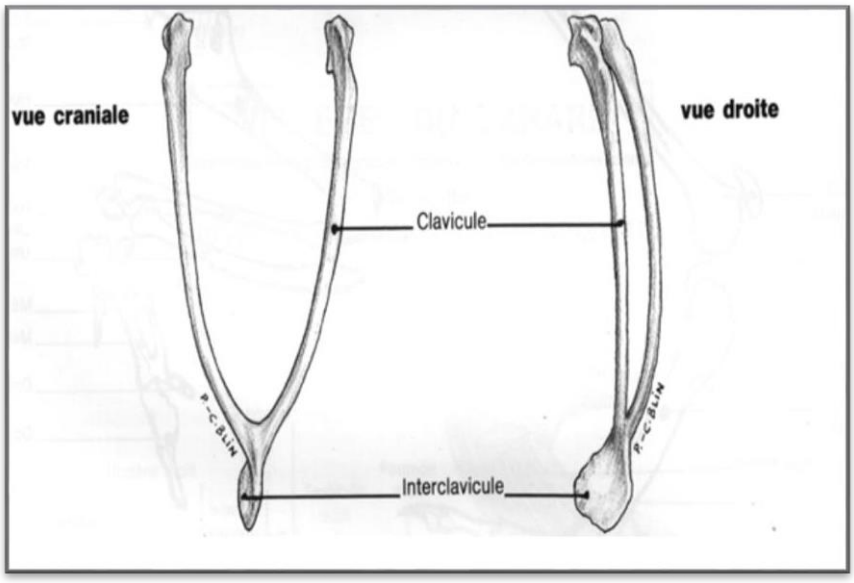


Figure 11. Os furculaire de la poule (E. Schwarze et L. Schroder., 1979).

2.2. SQUELETTE DE L'AILE DU POULET

Les os des ailes d'un poulet sont constitués de l'**humérus**, **radius**, **cubitus**, **carpe**, **métacarpe** et des **doigts.** Tout d'abord, soulignons les caractéristiques essentielles que vous pourriez connaître des os des ailes :

- Le corps de l'humérus est tordu et possède une tête ovale.
- En vue proximale, l'humérus s'articule avec les os coracoïde et omoplate.
- Vous trouverez un foramen pneumatique à la face médiale sous la tête de l'humérus.
- Les os radius et cubitus de l'aile restent en contact à deux extrémités. Par conséquent, l'os du cubitus est relativement massif que celui du radius.
- Vous trouverez un vaste espace interosseux entre les os du radius et du cubitus d'un poulet.
- Il y a deux os à la rangée proximale du carpe (radiale et ulnaire) alors trois os métacarpiens fusionnent avec la rangée distale du carpe (en fait connu sous le nom de **carpo-métacarpien**).

a. Humérus

Vous trouverez également un corps et deux extrémités dans l'humérus d'un poulet. J'ai essayé de vous montrer les structures ostéologiques essentielles de l'humérus d'un poulet. A la surface crâniale de l'extrémité proximale d'un humérus, vous trouverez les structures vitales suivantes :

- Tête et sillon transversale
- Deux tubercules ; dorsal et ventral
- Crête delto-pectorale
- Une crête bicipitale

La tête de l'humérus est ellipsoïde et fait partie de l'articulation de l'épaule. Il existe un sillon transversale sur l'humérus pour le ligament acrocoraco-huméral. Vous trouverez un petit tubercule dorsal qui continue avec une crête delto-pectorale. Encore, vous trouverez une fosse pneumo-tricipitale avec foramen pneumatique avec des **condyles** et **Épicondyles** (dorsaux et ventraux) à l'extrémité distale de l'humérus.

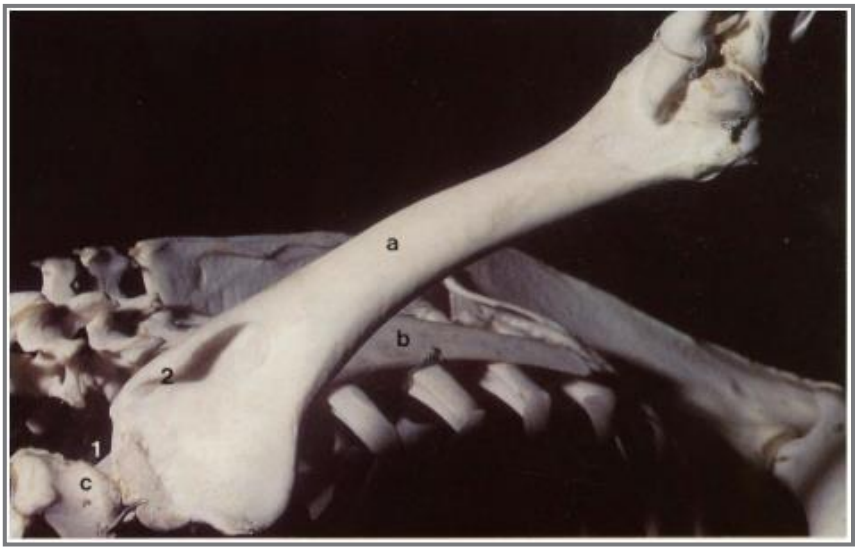


Figure 12. Humérus gauche d'un poulet adulte avec l'aile tournée loin du tronc (JOHN Mclelland., 1991). L'articulation de l'épaule (1) est formée entre l'**humérus** (a), l'omoplate (b) et l'os coracoïde (c). Les mouvements de l'humérus comprennent l'élévation, la dépression, la protraction et la rétraction.

b. Radius et Ulna (Cubitus)

Vous trouverez une variation pour ces os par apport aux mammifères. Ces os ont à peu près la même longueur et sont parallèles les uns aux autres dans l'aile de poulet. Mais, l'os du cubitus est plus massif que celui du radius. Par conséquent, l'os radius se trouve dorsalement à l'ulna. Le corps de l'os du radius est relativement droit et devient épais à la partie distale. Par conséquent, vous trouverez les surfaces articulaires aux extrémités distales de l'os radius pour le cubitus et l'os radial du carpe. Il existe un **processus olécrânien** moins développé à l'extrémité proximale de l'os du cubitus. Le corps de l'os du cubitus est légèrement incurvé par rapport à celui du radius. Aussi, à l'extrémité distale de l'os du cubitus, vous trouverez les paires de condyles.

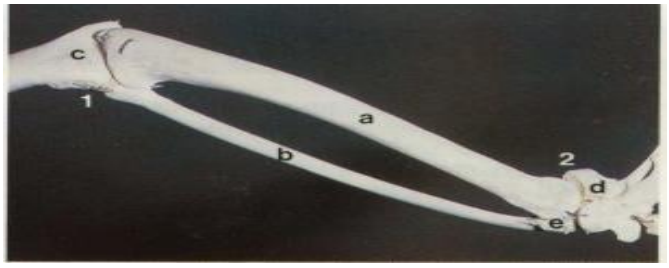


Figure 13. Os de l'avant-bras gauche d'un poulet adulte avec l'aile tournée à l'opposé du tronc (JOHN Mclelland., 1991).

Chez le poulet, le cubitus (a) est plus robuste que le radius (b), les deux os étant courbés sur leur longueur de manière à être protégés contre les forces de flexion dans le plan de l'aile. Les racines des rémiges secondaires se fixent au cubitus par des ligaments. Lorsque l'aile est repliée, le cubitus et le radius sont proches du thorax et parallèles à l'humérus. L'articulation du coude (1) est formée par les condyles de l'humérus (c) et les extrémités proximales du radius et du cubitus. Les mouvements au niveau de l'articulation sont principalement la flexion et l'extension dans le plan de la surface de l'aile, avec une certaine rotation autour du grand axe de l'avant-bras. Au niveau de l'articulation carpienne (2), le cubitus et le radius s'articulent avec les os cubital (d) et radial (e) du carpe.

c. Carpe, métacarpe et doigts (phalanges)

Il y a deux os carpiens développés (radial et ulnaire) présents dans l'aile de la poule. Ces os carpiens radiaux et ulnaires sont disposés dans la rangée proximale du carpe. Mais la rangée distale de l'os carpien fusionne avec les os métacarpiens pour former le **carpo-métacarpe**.

L'os radial possède des surfaces articulaires pour les os du radius, du cubitus et du carpo-métacarpe. En revanche, l'os ulnaire est plus surdimensionné et de forme nettement anguleuse. Vous trouverez la **trochlée** du carpe à l'extrémité proximale de chaque métacarpien (au nombre de trois) qui s'articule avec les os du carpe. Encore une fois, à l'extrémité distale, chaque os métacarpien contient des surfaces articulaires pour les phalanges. Vous trouverez des os considérablement réduits dans les doigts. Le premier doigt ne contient qu'une seule phalange en forme de cône, tandis que les deux autres consistent en deux phalanges.

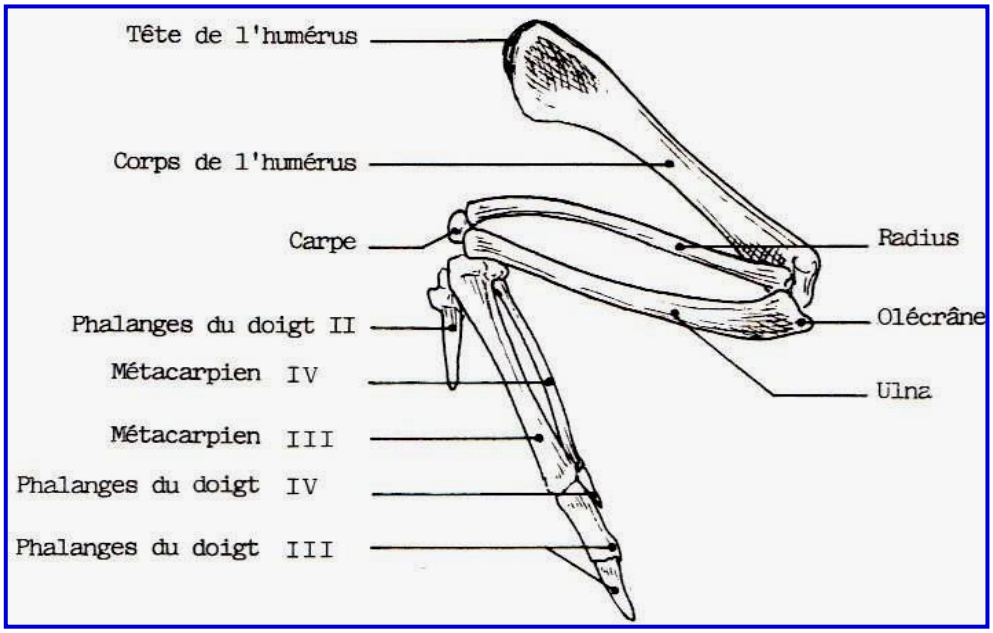


Figure 14. Squelette de l'aile d'une poule (CHATELAIN., 1986).

2.3. CEINTURE PELVIENNE ET MEMBRES PELVIENS

La ceinture pelvienne se compose de trois os - Ilium, Ischium et Pubis. Ces os sont fusionnés, formant un os coxal et se joignent au synsacrum. Les os du membre pelvien sont : fémur, du tibio-tarse, du tars-ométatarse et des phalanges (pied).

a. Ilium, Ischium et Pubis

La ceinture pelvienne comprend l'ilium (fusionné au synsacrum), l'ischium et le pubis en partie fusionnés. Elle n'est pas fermée. La forme large et arquée du bassin et sa fusion avec le synsacrum permet la position bipède des oiseaux.

Il existe une connexion rigide entre les os du bassin et la colonne vertébrale. Vous ne trouverez pas de **plancher pelvien** dans l'Anatomie du poulet car il n'y a pas de **symphyse pelvienne (mammifères)**. Ainsi, le bassin est ouvert ventralement et facilite le passage des œufs.

L'ilium est fusionné aux dernières vertèbres thoraciques, lombaires et sacrées pour fournir force et rigidité.

L'Ischium est beaucoup plus petit et continue avec l'ilium. Une ouverture permet d'accéder au nerf sciatique. Le pubis est une étroite bande osseuse qui longe le bord de l'ischium auquel il est joint sur une courte distance seulement.

b. Fémur,Ttibia et Fibula

Le fémur est un os long typique et est assez épais et plié. L'extrémité proximale a une tête proéminente qui s'insère librement dans l'**acétabulum**.

Le fémur de par sa direction craniolatérale permet de rapprocher les postérieurs du centre de gravité de l'oiseau. Il s'articule proximalement par deux articulations avec l'ilium dans une seule capsule articulaire : l'articulation entre acetabulo-fémorale (entre la tête du fémur et l'acétabulum) et l'articulation entre le trochanter fémoral et l'antitrochanter de l'ilium. L'articulation du genou comprend la partie distale du fémur, la patella (rotule) et les abouts proximaux du tibiotarse et de la fibula.

L'extrémité distale porte la surface en forme de poulie profonde pour la rotule et deux condyles convexes qui s'articulent avec les os de la jambe inférieure.

Le tibia est un os beaucoup plus long que le péroné et est beaucoup plus épais à l'extrémité proximale qu'à l'extrémité distale. La rangée proximale des os du tarse est fusionnée à l'extrémité distale du tibia formant le tibio-tarse. Il porte un relief osseux, la crête cnémiale qui est la zone d'attache de l'extenseur principal du genou.

La fibula ou péroné est considérablement réduit par rapport aux autres animaux et se compose d'un spicule mince (en forme d'aiguille) et a une tête aplatie pour la fixation à la tête proximale du tibia. La fibula fusionne avec le tibia au deux tiers distaux. Cette réduction de taille de la fibula limite les mouvements de rotation des pattes.

Bon, maintenant je vais faire appel à certaines des structures essentielles des os du bassin et des pattes d'un poulet :

- L'ilium, l'ischium et le pubis se rejoignent. Encore une fois, les os de l'ilium fusionnent avec le synsacrum.
- Il y a une ouverture extra-large entre l'ilium et l'ischium, connue sous le nom de foramen ilio-ishiatique.

- Le fémur se plie sur la longueur et ne possède que le grand trochanter à ses extrémités proximales.
- Vous trouverez une fine rotule triangulaire dont la largeur est comparativement supérieure à la longueur.
- Les os de la rangée proximale du tarse fusionnent avec l'extrémité distale du tibia et forment le tibio-tarse (os le plus long).
- Vous trouverez un seul long tarso-métatarsien qui fusionne avec la rangée distale des os du tarse.
- L'ilium est l'os le plus proéminent de la ceinture pelvienne. Vous trouverez trois parties différentes - l'aile pré-acétabulaire, le corps et l'aile post-acétabulaire.

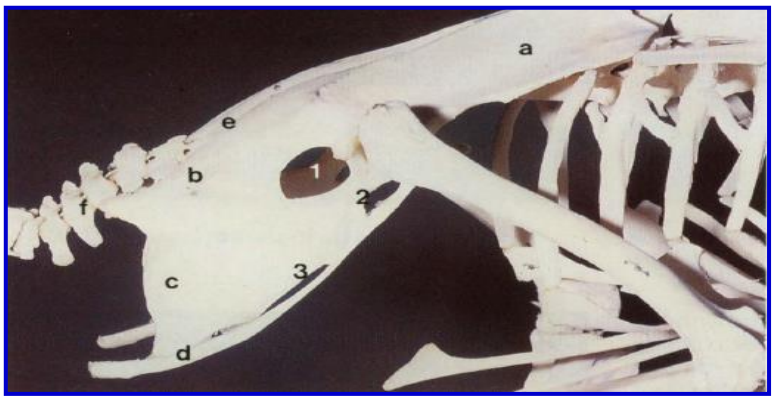


Figure 15. Ceinture pelvienne d'un poulet adulte (Vue Latéral e droite) (JOHN Mclelland., 1991).

(a) ilium (pré-acétabulaire) ; (b) ilium (post-acétabulaire); (c) ischion ; (d) pubis ; (e) partie caudale de le synsacrum; (f) vertèbres caudales libres. (1) Foramen ilio-ischiadique ; (2) foramen obturateur ; (3) fenêtre ischio-pubienne. La ceinture pelvienne aviaire se compose de chaque côté "d'ilium partiellement fusionné, l'ischion et le pubis, l'ilium étant également joint à la partie synsacrée de la colonne vertébrale. Sauf dans un très petit nombre d'espèces, la ceinture pelvienne est incomplète ventralement. Le foramen ilio-schiadique transmet le nerf ischiadique (sciatique). La grande taille et forme arquée de la ceinture pelvienne et sa fusion avec la colonne vertébrale sont des adaptations pour soutenir le tronc en position bipède position.

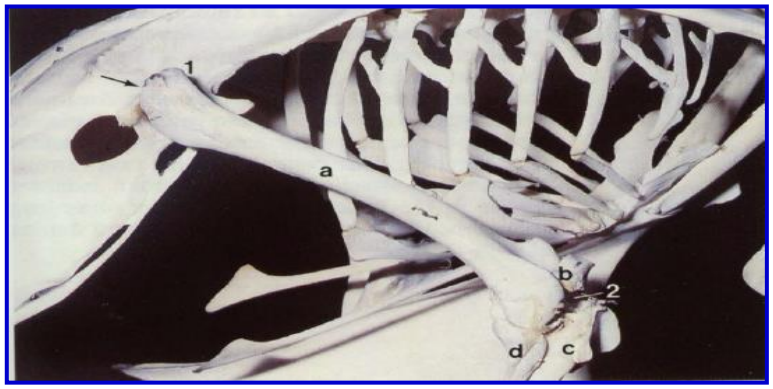


Figure 16. Fémur droit d'un poulet adulte (Vue latérale) (JOHN Mclelland., 1991).

L'extrémité distale du fémur (a) est inclinée cranio-latéralement apportant une grande partie du membre postérieur près du centre de gravité du corps. Dans la cavité articulaire unique de l'articulation de la hanche (1) est constituée de deux articulations, l'une formée entre la tête du fémur et l'acétabulum de l'os pelvien comme chez les mammifères, et un formé entre le trochanter du fémur (flèche) et l'antitrochanter de l'ilium. L'articulation du genou (2) est formée entre l'extrémité distale du fémur, la rotule (b), et les extrémités proximales du tibiotarse (c) et péroné (d). Ses principaux mouvements sont la flexion et rallonge.

c. Pieds

Chez la volaille adulte, il n'y a pas de tarse indépendant. Chez l'embryon, les deux rangées existent mais la partie proximale fusionne avec le tibia. Le métatarse adulte est un os long formé par l'union des deuxième, troisième et quatrième os métatarsiens. La plupart des races de volailles ont quatre griffes - trois tournés vers l'avant et un vers l'arrière, avec respectivement 2, 3, 4, et 5 phalanges.

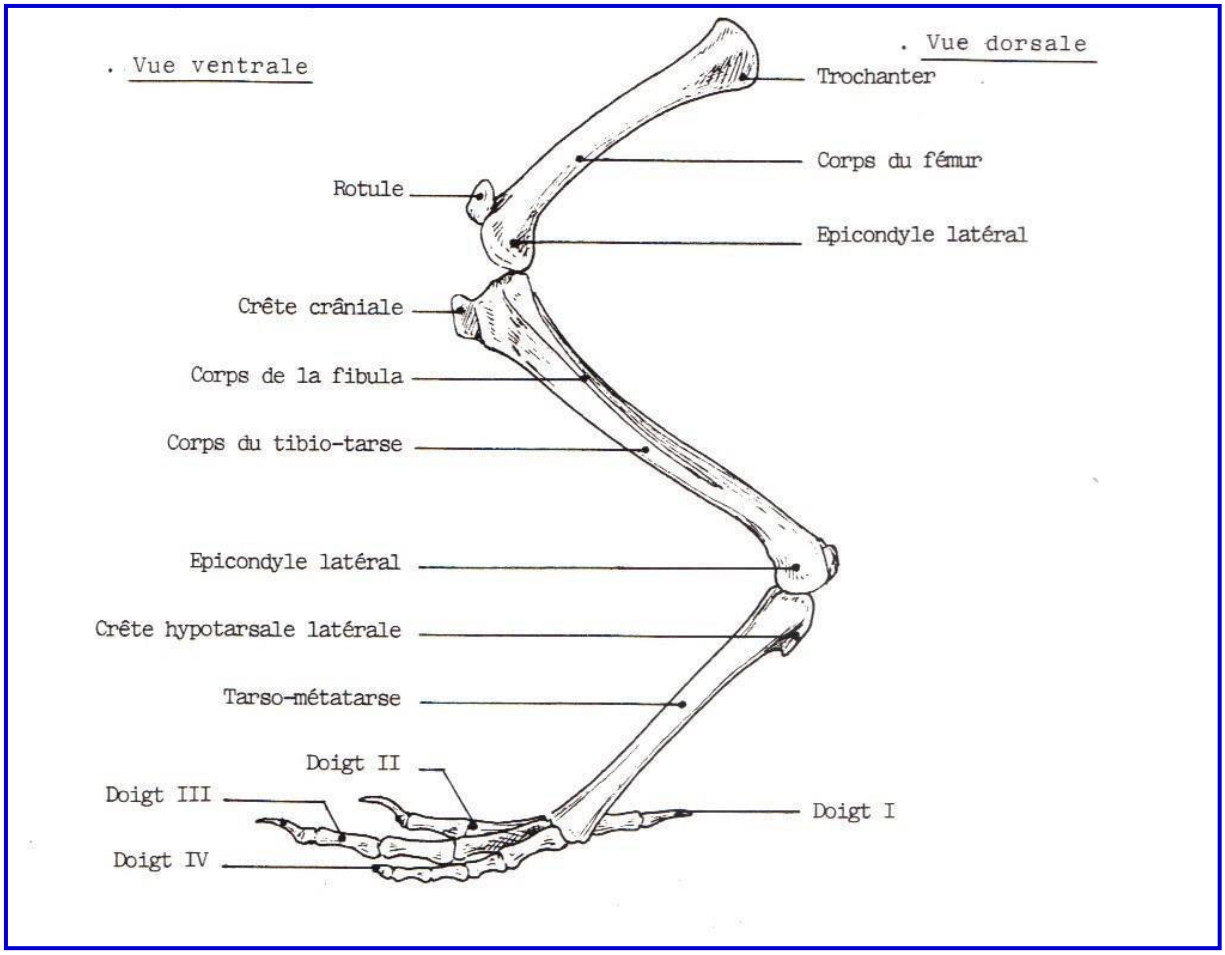


Figure 16. Squelette du membre pelvien de la poule (CHATELAIN., 1986).

III. SPLANCHNOLOGIE

(2, 4, 5, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34,37, 38, 40, 42)

1. APPAREIL DIGESTIF

2. APPAREIL RESPIRATOIRE

3. APPAREIL URO-GENITAL

4. APPAREIL CIRCULATOIRE

5. APPAREIL NERVEUX

1. APPAREIL DIGESTIF

Le tube digestif commence avec le bec et le bucco-pharynx puis se poursuit avec l'œsophage, le jabot, le pro-ventricule, le ventricule, le duodénum, le jéjunum, l'iléon, les caeca, le colo-rectum et le cloaque.

1.1. LE BUCCO-PHARYNX OU OROPHARYNX

Chez la poule, le bucco-pharynx correspond à la cavité buccale et au pharynx fusionnés par l'absence de palais mou. Le bec se compose de deux valves (supérieure et inférieure) moulées sur le squelette. Le bec est en continuel renouvellement pour palier à l'usure qu'il subit par frottement. Un« diamant » (excroissance cornée) est présent sur la valve supérieure du bec des poussins ; il leur permet de percer la coquille au moment de l'éclosion. Ce « diamant » tombe dans les premières heures de vie du poussin. A noter que le bec est au contraire spatulé chez les Ansériformes (canard et oie) avec présence des lamelles cornées sur le bord, parlant du **lamelli-rostre.** Le palais des poules est composé de papilles cornées plus grandes en arrière où elles forment une ébauche de voile du palais. Le palais présente deux fentes étroites : la choane et la fente de l'infundibulum. Caudalement au bucco-pharynx et dorsalement au larynx se trouve l'ouverture de l'œsophage. La langue est pointue, cornée et peu musclée.

L'appareil hyoïdien auquel elle s'attache est très mobile.



Photo 1. Exploration de l'oropharynx d'un poulet (GUERIN J et BOISSIEU C).

1.2. LES GLANDES SALIVAIRES

Elles sont peu développées et plus nombreuses que celles des Mammifères. Elles jouent un rôle dans la lubrification des aliments. Chez les poules, la salive sécrétée pour préparer la digestion des sucres dans le jabot grâce à une amylase. Leurs mucus servent parfois de ciment pour la construction de nids ou de glue pour la capture des insectes. On peut citer :

- *Les glandes maxillaires;*
- *Les glandes palatines médiales, latérales;*
- *Les gll. Sphéno-ptérygoidienne;*
- *Les gll. tubaires;*
- *Les gll. Mandibulaires antérieures; postérieures;*
- *Les gll. de l'angle buccal;*
- *Les gll. Linguales antérieures, postérieures;*
- *Les glandes crico-aryténoidiennes.*

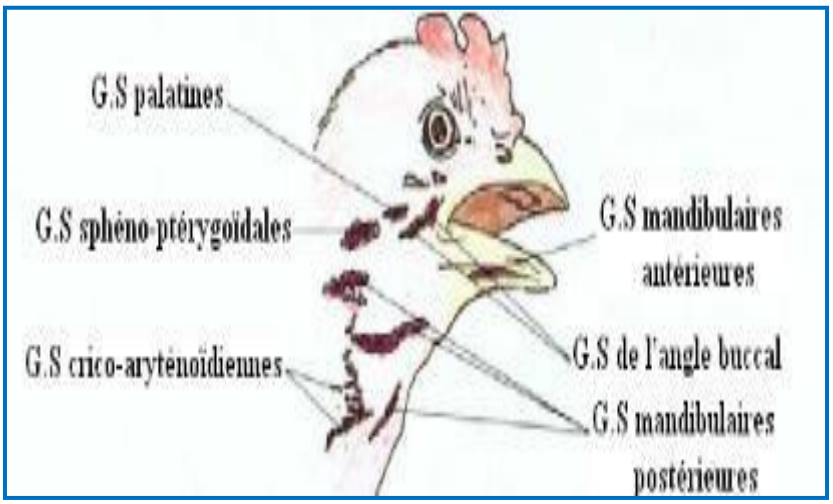


Figure 1. Les glandes salivaires de la poule (VILLATE. D., 2001).

1.3. ŒSOPHAGE ET ESTOMAC

→ **L'œsophage** est un tube musculeux qui relie l'oropharynx au pro-ventricule. Il est divisé par le **jabot** en deux portions : une portion cervicale et une portion thoracique.

Il décent d'abord à gauche puis à droite du cou et devient médian à l'entrée de la cavité thoracique.

Le jabot est une dilatation de l'œsophage dans la région cervicale ventrale déviée vers la droite. Dans sa région caudale, se situe un canal permettant aux aliments liquides (ou au début de repas) de passer directement dans le pro- ventricule. Il se positionne à droite du plan médian devant la fourchette et sert de stockage et de réchauffement des aliments sur une courte période.

A noter que le jabot est différent selon les espèces dont il est bilobé chez les colombins: (Pigeon), alors que chez les Ansériformes, il est représenté par une légère dilatation fusiforme.

→ **L'estomac** des poules est divisé en deux parties :

- **L'estomac glandulaire** (ou **ventricule succenturié** ou **pro- ventricule**) dans lequel se jette l'œsophage. Il correspond à la partie glandulaire de l'estomac chez les oiseaux..

Il est fusiforme, mesure environ 3 cm de long sur 1,5 cm de large. Les aliments n'y restent pas. Comme son nom l'indique, la paroi de cet estomac glandulaire est riche en amas glandulaires visibles à l'œil nu. Il sécrète des ferments qui agissent soit dans le gésier, soit dans le jabot par des mouvements de péristaltisme de reflux.

- **L'estomac musculaire ou Gésier**. Il est de forme arrondie et aplatie, mesure 7 à 8 cm de diamètre pour 3,5 cm d'épaisseur. C'est un estomac mécanique composé de muscles puissants. Il présente deux muscles principaux latéraux (un ventral et un dorsal) et des muscles intermédiaires (crânial et caudal). Ces muscles sont composés de fibres circulaires. Chez les granivores de façon générale, la cavité du gésier est recouverte d'une cuticule épaisse et très solide et il est normal d'y retrouver de petits cailloux siliceux facilitant la trituration des aliments. Le rôle du gésier est le broyage des aliments.

1.4. INTESTINS

Les différentes parties de l'intestin de la poule sont difficilement identifiables, sauf au niveau de l'abouchement des deux caeca.

La durée du transit digestif est entre 4 et 12h et les poules défèquent une dizaine de fois par jour.

a. **Le duodénum** forme une grande boucle hébergeant le pancréas, auquel il est lié par le ligament pancréatico-duodénal. L'anse duodénale mesure environ 15 cm de longueur et son diamètre est d'environ 1 cm.

b. **Le jéjunum** est composé de deux parties : la partie proximale appelée **tractus de Meckel** et la partie distale formant un **U** ou **anse supra-duodénale**. Il est attaché au mésentère et forme de nombreuses circonvolutions. Il mesure entre 85 et 120 cm de long. A la surface du jéjunum, se trouve le diverticule de Meckel qui est une rémanence du sac vitellin s'ouvrant dans la lumière intestinale (Photo 1), c'est le vestige du sac vitellin. Il contribuerait à la myélopoïèse extramédullaire, aurait une fonction lymphoépithéliale et est sensibles à de nombreuses infections.

c. **L'iléon** présente 6 à 8 plaques de Peyer. Il est court (entre 13 et 18 cm) et rectiligne.

d. **Les caeca** sont deux culs-de-sac symétriques attachés à l'intestin par les ligaments iléocaecaux et se jetant dans celui-ci. Leur col supporte le sphincter caecal. Ils sont de couleur verdâtre et leur contenu est de couleur brun clair (couleur et consistance du caramel). Ils ont une motilité propre et se rempliraient par voie rétrograde depuis le colon et le cloaque (BRUGERE, 1988). Il se produit une fiente caecale environ toutes les 10 défécations intestinales. Les caeca mesurent entre 14 et 22 cm de longueur. Les fonctions des caeca ne sont pas encore toutes connues, mais on sait actuellement qu'ils jouent un rôle dans la réabsorption de l'eau, dans l'immunité, dans la

digestion cellulosique par les bactéries cellulolytiques et dans la synthèse de la vitamine B et de certains polysaccharides.

e. **Le colon**, qui est court (entre 9 et 11 cm de longueur), se situe entre l'abouchement des caeca et le cloaque. Il joue un rôle dans la réabsorption de l'eau et des molécules solubles présentes dans les fèces et l'urine.

- **Le cloaque** est l'orifice commun aux voies digestives, urinaires et génitales. Il est divisé en trois parties par deux plis transversaux, les unes à la suite des autres. De la partie la plus proximale à la plus distale, on observe :
  - **Le coprodéum** qui collecte les fientes et est relié au colon par un sphincter.
  - **L'urodéum**, la plus petite des parties, est relié aux uretères. Chez le mâle, les canaux déférents s'y abouchent aussi. Chez la femelle, l'oviducte s'y abouche à gauche.
  - **Le proctodéum** qui accueil la ***bourse de Fabricius***, organe lymphoïde. Il se développe pour atteindre sa taille maximale (2-3 cm de long) vers 4 à 5 mois puis régresse et se transforme complètement en tissus adipeux et fibreux jusqu'à l'âge de 1 an. Chez le mâle, on trouve ventralement les corps phalliques (deux latéraux et un médian).

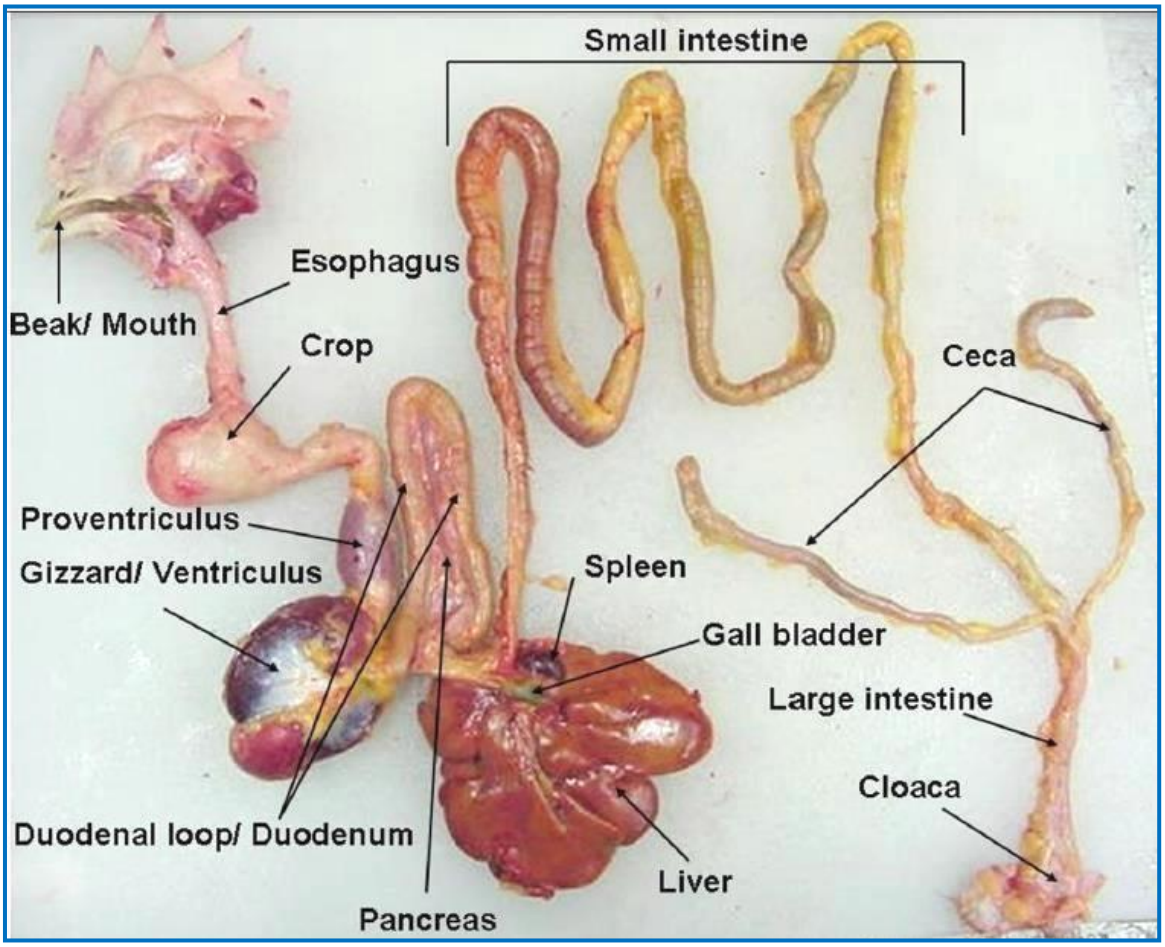


Photo 2. Différentes parties du tube digestif d'un poulet (*Image by Dr. Jacquie Jacob, University of Kentucky).*

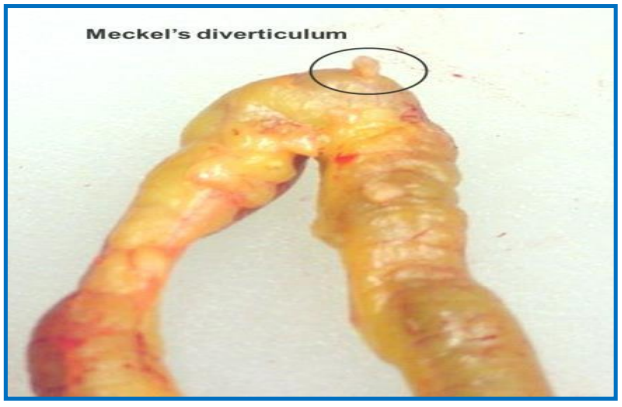


Photo 3. Diverticule de Meckel (*Image by Dr. Jacquie Jacob, University of Kentucky).*

1.5. LES GLANDES ANNEXES DU TUBE DIGESTIF

A. Le pancréas, mesure 12 à 13 cm de longueur pour 0,5 cm de largeur.

Comme il est dit plus haut, le pancréas se loge dans la boucle formée par le duodénum (**l'anse duodénale)**, est généralement composé de trois lobes :

- dorsal (contre la branche ascendante du duodénum),
- ventral (contre la branche descendante du duodénum)
- splénique, riche en îlots endocrines (crânialement il rejoint les deux autres lobes).

Trois conduits pancréatiques conduisent les sucs pancréatiques vers le duodénum. Comme chez les Mammifères le pancréas à un rôle de sécrétion endocrine et exocrine.

B. Le foie est plus développé que chez les Mammifères et représente 2,5 à 3 % du poids vif des poules.

Il mesure environ 8 cm (longueur cranio-caudale) sur 8,5 cm (longueur transversale). Il se situe dans la partie crânio-ventrale de la cavité cœlomique entourant l'apex du cœur.

Le foie est composé de deux lobes, le droit étant plus développé que le gauche et possède une vésicule biliaire (absente chez les pigeons).

Les deux lobes équivalents en taille : le lobe droit et le lobe gauche, lui-même divisé en deux lobes ; le lobe gauche dorsal ou médial et le lobe gauche ventral ou latéral. La face dorsale de la partie crâniale du lobe droit est le lieu de passage de la veine cave.

Les poules ont une vésicule biliaire fusiforme. La bile produite par le lobe droit arrive dans la vésicule biliaire par le canal hépatocystique et la vésicule se vidange dans le duodénum par le canal cysto-entérique. La bile produite par le lobe gauche est, quant à elle, directement déversée dans la partie terminale du duodénum par le canal hépato-entérique commun.

Le rôle du foie dans l'homéostasie est beaucoup plus important chez les Oiseaux que chez les Mammifères.

Le foie joue aussi différents rôles dont : le stockage du glycogène, des acides aminés et des lipides, la synthèse organique, le métabolisme de l'urée et la détoxification.



FOIE PANCREAS

Photo 4. Foie et pancréas de la poule (GUERIN Jean-Luc & BOISSIEU Cyril).

2. APPAREIL RESPIRATOIRE

L'appareil respiratoire fait partie des particularités anatomiques des Oiseaux. Chez les mammifères, les poumons ont une structure en cul de sac. Le mouvement de l'air est un va et vient grâce à l'action de pompe effectué par les sacs aériens et les muscles de la cage thoracique et de l'abdomen, assurant une variation de volume nécessaire à l'inspiration et à l'expiration. Chez les oiseaux, l'air circule de façon continue et unidirectionnelle. L'air passe de la trachée aux sacs aériens caudaux, aux poumons, puis aux sacs aériens antérieurs, pour être finalement exhalé. **Le diaphragme**, qui joue un rôle important chez les mammifères, **est absent** chez les oiseaux. Les poumons, caractérisés par **l'absence d'alvéoles**, sont rigides. La ventilation est réalisée par 1'action des sacs aériens, ces derniers agissant comme « des pompes à air,» servant alors autant à la mise en réserve de l'air qu'à sa redistribution lors de la respiration. On peut la décrire de façon simplifiée et schématique en 2 cycles.

- Cycle 1 :

  - A l'inspiration l'air inhalé entre dans les sacs aériens caudaux
  - A l'expiration la contraction des muscles comprime les sacs aériens, l'air passe alors des sacs aériens aux poumons. Les échanges gazeux se font alors.

- Cycle 2 :

  - A l'inspiration l'air riche en CO2 passe des poumons aux sacs aériens crâniaux
  - A l'expiration l'air passe des sacs aériens crâniaux à la trachée et est expulsée vers l'extérieur.

L'appareil respiratoire est divisé en deux. Les voies respiratoires extra pulmonaires, sont constituées des narines, des fosses nasales, du sinus infra orbitaire, du syrinx, de la trachée. Et en deuxième lieu des bronches primaires extra pulmonaires. Cette partie du système respiratoire conduit l'air vers les poumons, tout en la réchauffant, l'humidifiant et la filtrant. Les voies respiratoires intra pulmonaires comprennent les bronches primaires intra pulmonaires, les poumons et les sacs aériens.

2.1. NARINES: simples fentes percées: le plus souvent à la base du bec;

- Parfois à mi-hauteur (cygne);
- Rarement à l'extrémité (Kiwi).

L'appareil respiratoire commence par les narines localisées à la base du bec. A l'intérieur se trouve l'opercule, une membrane kératinisée partant du bord dorsal de la narine. Le septum nasal est constitué à la fois d'os et de cartilage et sépare la cavité nasale en deux jusqu'aux choanes. Ces dernières communiquent avec le **sinus infra-orbitaire** présent sous la peau entre le bec et l'œil.

Les cavités nasales, outre leur rôle dans le passage de l'air et sa filtration, jouent aussi un rôle **olfactif** bien que ce sens ne soit pas très développé chez la poule. Les deux narines sont suivies par deux cavités nasales chacune composée de 3 cornets nasaux (un rostral, un moyen et un caudal). Sous le cornet moyen se trouve l'ouverture du sinus infra-orbitaire qui comprend une partie rostrale (jusqu'aux cavités nasales), une partie moyenne (en avant et au-dessus de l'orbite) et une partir caudale (sous l'orbite

et jusqu'à l'os temporal). En arrière du cornet nasal caudal, s'abouchent les canaux lacrymaux. Les cavités nasales communiquent avec le pharynx par la fente palatine.

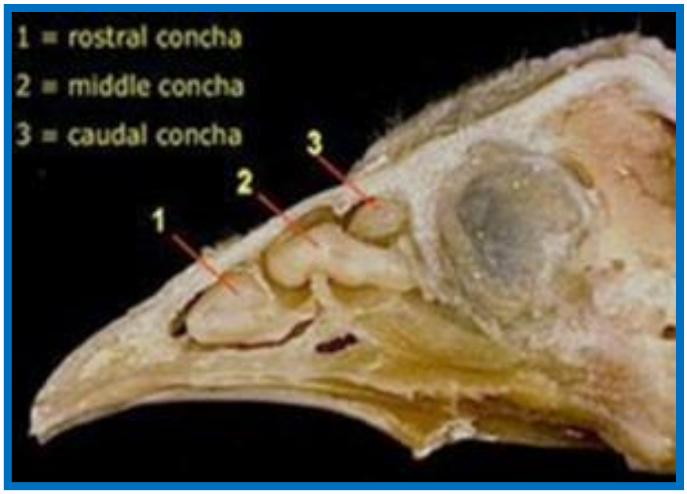


Figure 1. Coupe transversale de la cavité nasale des oiseaux (BRUGERE-P J et VAILLANCOURT J-P., 2015).

2.2. LE LARYNX

Le larynx s'ouvre sur le plancher du pharynx par une fente cranio-caudale formée par les cartilages aryténoïdes dont les lèvres se rapprochent lors de la déglutition.

Le larynx des poules est très simplifié : **absence d'épiglotte** et de **cordes vocales** ; les cartilages thyroïdes et cricoïdes forment un anneau complet.

2.3. LA TRACHEE

La trachée est composée de nombreux anneaux cartilagineux souvent ossifiés et toujours nombreux (100 à 130) et d'un tissu élastique ; elle se termine par deux bronches principales. La bifurcation se situe à la base du cœur. Au niveau de la

bifurcation trachéale, se trouve l'organe phonatoire : **la syrinx** ou « **larynx broncho-trachéal** ».

On note la présence des muscles pairs: sterno-laryngiens étendus depuis le processus costal jusqu'au larynx, Muscles trachéo-laryngiens dorsaux et ventraux.

Chez la poule, la trachée est d'abord dans le plan médian du cou, puis suit l'œsophage à droite pour y revenir avant l'entrée dans la cage thoracique.

La trachée se ramifie à l'intérieur de chaque poumon en deux bronches extra pulmonaires primaires qui se prolongent en bronches intra pulmonaires primaires (*mésobranche*), qui traversent chaque poumon pour aboutir dans le sac aérien abdominal. La mésobronche se divise en trois séries de bronches collatérales dans son trajet pulmonaire. Ce sont les bronches secondaires médioventrales (ventrobronches) et les 'bronches secondaires médiodorsales (dorsobronches).

Ces dernières sont reliées par les parabronches du paléopulmo, et vers l'arrière un réseau de parabronches forme le néopulmo. Finalement, les bronches secondaires latéroventrales (ou latérobronches) se ramifient en forme d'éventail sur les faces latérales et ventrales du poumon: Leurs parois sont criblées de petites pores qui mènent aux capillaires aériens par les bronches respiratoires dont la fonction ressemble à celle des alvéoles pulmonaires des mammifères.

- **La syrinx** est la source de son.

La syrinx se trouve à la jonction entre la trachée et les deux bronches primaires. C'est l'organe de la phonation chez les oiseaux. Cet organe est constitué de plusieurs

anneaux trachéaux modifiés, de membranes, de cartilages et contrôlé uniquement par des muscles extrinsèques chez la poule contrairement à d'autres espèces d'oiseaux.

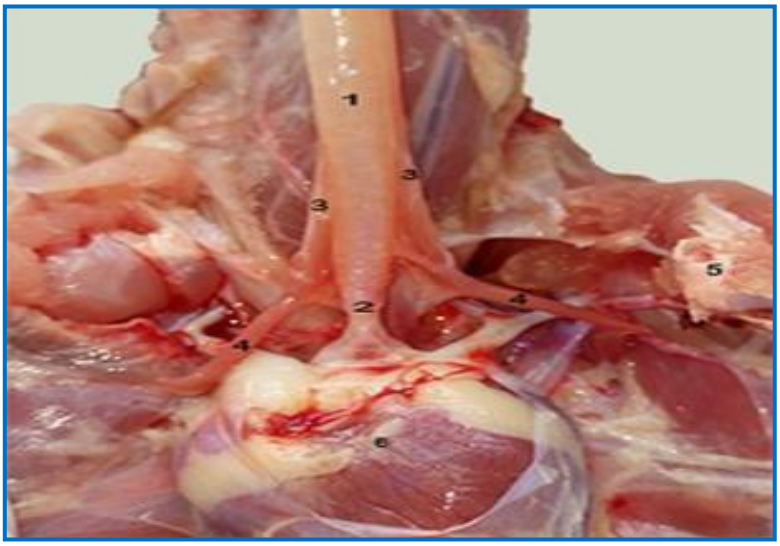


Photo 1. . Vue ventrale du syrinx chez la volaille mâle domestique (Maskoud and coll., 2019).

1. Trachée- 2. Tympan- 3. Muscles trachéo-latéraux- 4. Muscles sterno-trachéaux- 5. Sternum- 6.Coeur

2.4. POUMONS

Chez les mammifères, l'arbre aérophore se termine par de microscopiques culs-de sacs intra-pulmonaires: *les alvéoles*; la ventilation qui renouvelle l'air alvéolaire est assurée grâce au vide pleural qui solidarise le poumon aux mouvements de la cage thoracique. Chez les oiseaux, l'arbre aérophore se termine e par de culs de sacs extra pulmonaires: *les* ***sacs aériens***. ***Il <u>n'y a pas de plèvre</u>*** **et la capacité d'extension des poumons est faible.**

Les poumons des oiseaux ne peuvent pas changer de volume par des mouvements d'inspiration/expiration. Ce sont les sacs aériens qui se gonflent et se dégonflent et insufflent l'air dans les bronches, permettant ainsi l'hématose.

Il n'y pas de plèvre ni de diaphragme chez les oiseaux. Ce dernier est remplacé par le muscle costopulmonaire de Fedde. Il ferme partiellement la cavité pleurale de l'abdomen et se contracte à l'expiration. Le collapsus pulmonaire est empêché par la présence de tissus conjonctifs entre les poumons, le septum horizontal, les côtes et les vertèbres.

A noter aussi que les poules n'ont pas de diaphragme. La cavité abdominale et la cavité thoracique sont réunies en une seule et unique cavité : **la cavité cœlomique.**

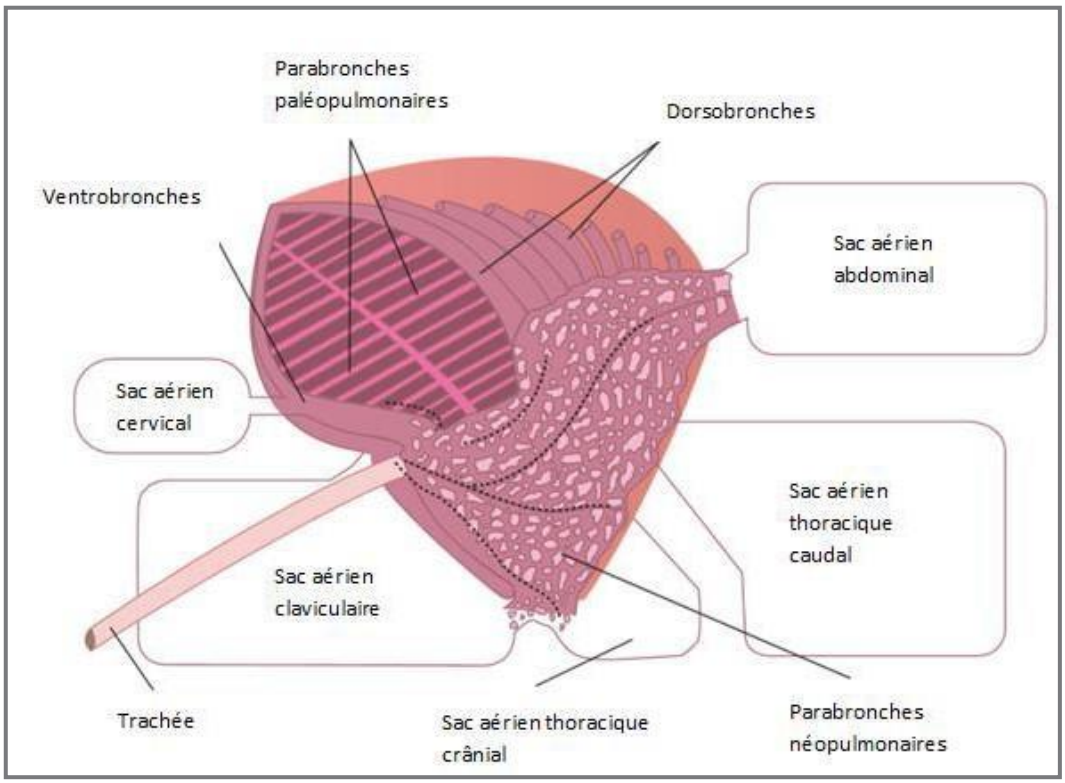


Figure 2. Détail des poumons des oiseaux (Doneley, 2016).

2.5. L'ARBRE AERIFERE

La trachée se divise en deux bronches prolongées chacune par une mésobronche qui traverse le poumon pour se jeter chacune dans un sac aérifère abdominal. Chaque mésobronche comporte des bronches secondaires : 4 bronches ventrales, 7 à 10 bronches dorsales et des bronches latérales. Les bronches secondaires se jettent dans les sacs aériens. Elles sont unies par des bronches tertiaires ou parabronches qui occupent la moitié du volume pulmonaire. C'est dans ces parabronches que s'effectue l'hématose, à travers une fine membrane criblée.

2.6. LES SACS AERIENS

Les sacs aériens sont des prolongements saculaires extra-pulmonaires à partir des bronches primaires ou secondaires. Ces cavités saculaires adhèrent aux organes thoraco-abdominaux en compartiments, et pénètrent entre les parois du corps, les viscères et dans les interstices musculaires. Ces sacs se présentent sous forme de membranes transparentes, fragiles et faiblement vascularisées. Chez la plupart des oiseaux, incluant les poulets, les sacs aériens sont au nombre de **neuf**: un est **impair,** *le sac claviculaire* connecté à chaque poumon, et huit sont **paires**: paire thoracique crânial, paire thoracique caudale, paire abdominale, paire cervicale. Chez l'embryon, seulement 6 paires de sacs sont visibles.

- **Les sacs aériens crâniaux :**
  - Le sac aérien claviculaire se loge à l'entrée de la poitrine entre le sternum et les gros vaisseaux. Il est issu de la bronche principale. Il se prolonge dans

l'humérus, dans le sternum, dans le coracoïde, sous la scapula et entre les tendons et les muscles pectoraux.

- Les sacs aériens cervicaux sont issus de la première bronche secondaire ventrale. Ils se situent entre les gros vaisseaux et les vertèbres cervicales et thoraciques. Ils se prolongent en région cervicale dans les vertèbres cervicales (sauf axis et atlas), et en région thoracique, dans les premières vertèbres thoraciques ainsi que dans les deux premières côtes.

- **Les sacs aériens moyens :**
  - Les sacs thoraciques crâniaux sont issus de la dernière bronche secondaire ventrale , ils se situent entre les sacs cervicaux et les sacs thoraciques caudaux.
  - Les sacs thoraciques caudaux sont issus des bronches latérales. Ils se situent en arrière et en dessous des sacs thoraciques crâniaux.
- **Les sacs aériens caudaux :**
  - Les sacs abdominaux sont issus des mésobronches. Ils se logent entre les viscères et la voûte lombo-sacrée. Ils se prolongent latéralement dans l'os coxal et le fémur, et dorsalement, entre la voûte lombaire et le rein.

Tous les sacs aériens sont reliés aux poumons par les saccobronches. Les sacs aériens ont différents rôles notamment dans l'adaptation au vol. Ils permettent un allègement du corps, agissent comme des pompes dans la respiration, et permettent une réserve d'air lorsque la cage thoracique est bloquée lors du vol. Ils interviennent également dans la thermorégulation et permettent la phonation.

Les sacs aériens étant en contact étroit avec de nombreux organes, l'évolution d'une péritonite pourra très facilement provoquer une maladie respiratoire et inversement. De plus, la faible vascularisation de la paroi de ces sacs aériens fait qu'ils se défendent très mal contre les infections et que les molécules thérapeutiques y pénètrent très mal aussi.

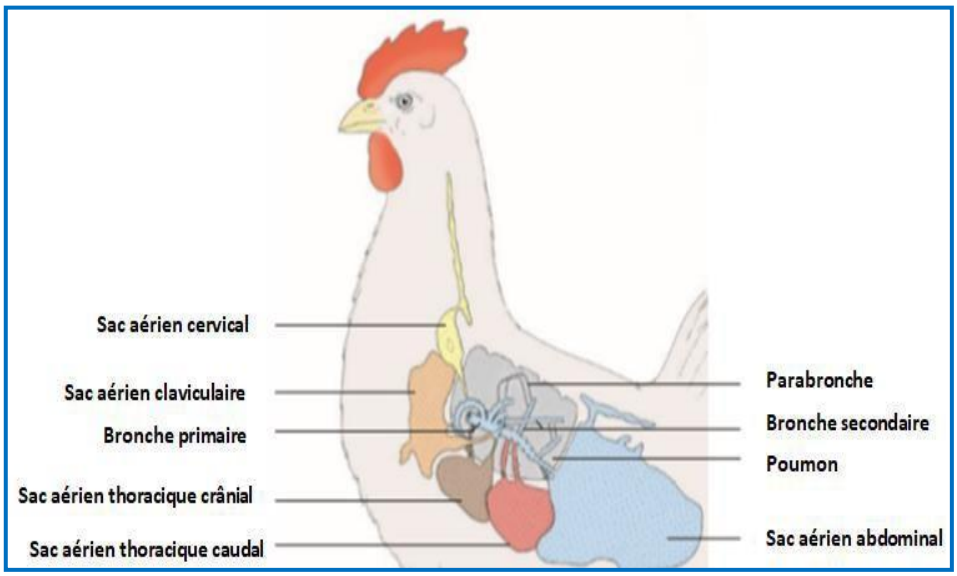


Figure 3. Position des sacs aériens chez la poule (König *et al*, 2016).



A B

Photo 3. Examen des sacs aériens Sacs aériens thoraciques (A) et abdominaux (B) (GUERIN J et BOISSIEU C).

3. APPAREIL URO-GENITAL

3.1. APPAREIL URINAIRE

Les reins des oiseaux sont beaucoup plus développés que ceux des Mammifères. Ils sont aplatis et se logent sous la voûte lombaire. Les poules ont deux reins situés dans des dépressions ventrales du synsacrum et de l'ilium, allant du poumon au bord caudal du synsacrum.

Les reins ont une couleur brunâtre, piquetée de blanc, chacun généralement à trois lobes : crânial volumineux, moyen et caudal, plus petits.

On signale l'absence de **bassinet,** de **la vessie** et de **l'urètre**. Des canaux collecteurs récupérant les urines et urates, drainés par les uretères. Le départ de l'uretère se fait dans la partie crâniale du rein. Puis il circule le long de l'organe, sur le bord ventro-médial des parties moyenne et caudale. Les uretères s'abouchent caudalement dans l'urodéum, à la surface dorsale. L'urine qui arrive au niveau de l'urodéum peut remonter dans le coprodéum, le colon et les caeca où s'effectue une résorption de l'eau avec précipitation des urates qui se déposent sur les fientes.

Si on regarde le rein, de près, il se compose du cortex rénal et de la médulla rénale. L'examen microscopique d'une section de rein montrera qu'il est constitué d'un grand nombre de tubules rénaux, ou néphrons, chacun divisé en parties corticales et médullaires. Les oiseaux ont deux types de néphrons. Un petit nombre de néphrons de type « mammifère » avec une anse de Henlé (utilisée pour aider à concentrer l'urine) trouvés dans la médullaire rénale et un nombre beaucoup plus important de néphrons de « type reptilien » sans hanse de henlé qui sont situés dans le cortex

rénal. Les tubules rénaux extraient les constituants de l'urine du sang qui circule dans le rein.

Un tubule rénal ou néphron est composé de :

- Corpuscule rénal qui consiste en un réseau de capillaires sanguins presque enfermés dans une capsule appelée capsule de *Bowman* (association très étroite avec le sang).
- Segment proximal contourné (en forme de spirale) partant de la capsule de Bowman.
- Hanse de Henlé (uniquement dans les néphrons de type mammifère).
- Segment contourné distal.
- Tubule collecteur qui achemine l'urine dans l'uretère pour être éliminée de l'organisme.

L'irrigation sanguine des reins est formée par un système porte artériel et un système porte veineux. L'excrétion urinaire est la principale voie d'élimination de l'azote, surtout sous forme d'urates en suspension dans l'urine.

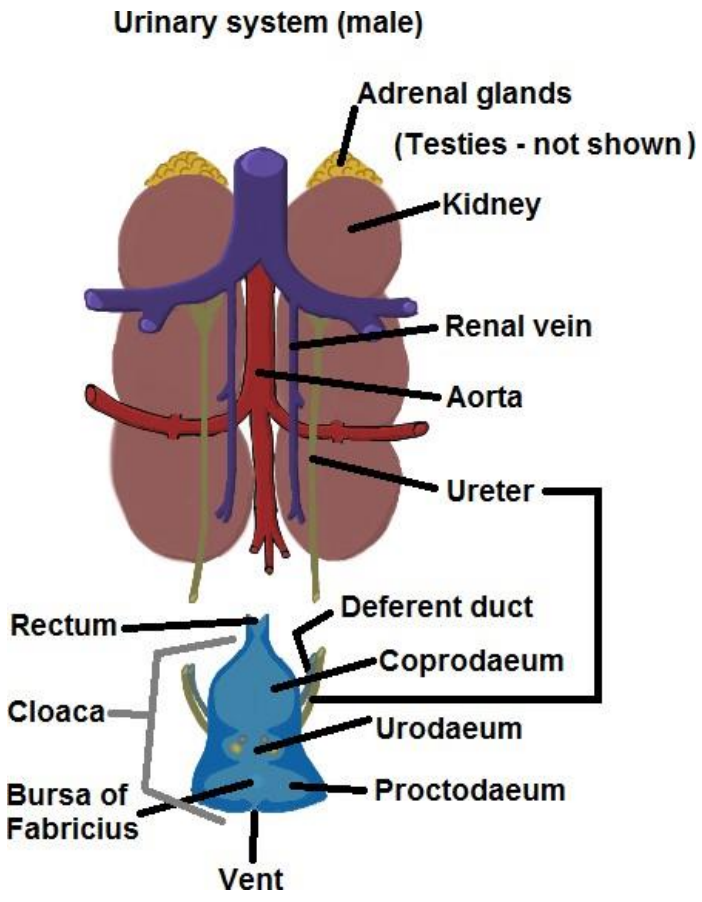


Figure 1. Système urinaire chez un poulet (BRADLEY, OC. 1960).

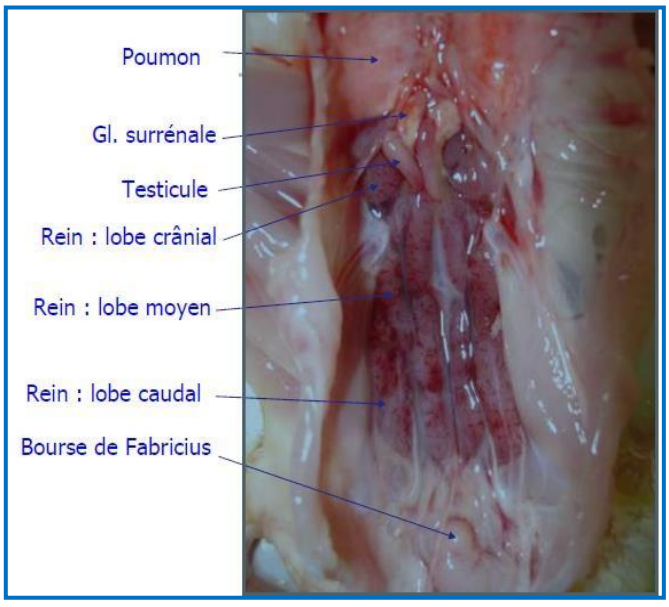


Photo 1. Appareil urinaire et glandes surrénales (GUERIN J et BOISSIEU C).

3.2. APPAREIL GENITAL

A. Femelle

Chez la poule, seul **l'appareil génital gauche** est développé. Des vestiges de l'appareil génital droit peuvent cependant être présents.

L'oviducte droit peut persister sous forme de vestige kystique ou vésiculeux rempli de liquide.

Chez la poulette, l'ovaire se situe ventralement au pôle crânial des reins, il est triangulaire et

gris-jaunâtre.

A la puberté l'ovaire gauche se développe et devient sphérique (5 à 7 cm de diamètre). Il est situé sous la voûte lombaire, entre le lobe crânial du rein gauche, les vertèbres lombaires et les poumons. Il est composé d'une médulla et d'un cortex contenant les follicules à différents degrés de maturité lui donnant un aspect en grappe de raisin. Les follicules qui arrivent à maturité libèrent l'ovocyte (futur jaune dans l'oviducte) par le stigma (zone non vascularisée de la paroi du follicule correspondant à la zone de rupture de la paroi). Les follicules rompus dégénèrent ensuite.

L'oviducte varie fortement en taille selon les périodes de ponte ou de repos. Extérieurement

il apparait homogène, mais il est composé de plusieurs segments aux fonctions différentes :

- **L'ostium abdominal,** fente de 6 x 3 cm recueillant le jaune libéré par le follicule mature.
- **L'infundibulum**, ou pavillon, est court (0,9 cm) ; le jaune y passe entre 15 et 20 minutes.

C'est à cet endroit qu'à lieu la fécondation et que les spermatozoïdes restent stockés. L'infundibulum sécrète une membrane protectrice du jaune pour éviter les transferts d'eau avec l'ovule lors de la sécrétion de l'albumen (blanc).

- **Le magnum** mesure 30 à 50 cm. Il dépose entre 40 et 50% de l'albumen (« blanc de l'oeuf ») qui entoure le jaune. L'œuf reste dans le magnum environ 3 heures.
- **L'isthme** dépose les membranes coquillères de l'œuf en 1h à 1h15. Il mesure 4 à 6 cm.
- **L'utérus**, ou glande coquillère, est le lieu de sécrétion du reste (50 à 60%) de l'albumen et d'hydratation de celui-ci par imbibition, mettant en tensions les membranes coquillères. C'est aussi dans l'utérus que se forme la coquille par dépôt de sels de calcium puis d'un vernis de couleur variable selon les races. Il mesure 10 à 12 cm et l'œuf y reste 20 à 30 heures.
- **Le vagin** : l'œuf y reste quelques secondes, il est recouvert d'une cuticule, pigmenté puis évacué par oviposition. C'est-à-dire que le vagin s'extériorise et dépose l'œuf à l'extérieur. L'œuf est entouré d'une cuticule qui sèche et durcit dans les 2 heures suivant la ponde.

Si on additionne les différents temps mentionnés ci-dessus, on arrive à un total d'environ 26h

pour la formation d'un œuf. A cela, il faut ajouter le temps d'expulsion du follicule, son passage dans l'ostium et le temps d'expulsion de l'œuf formé.

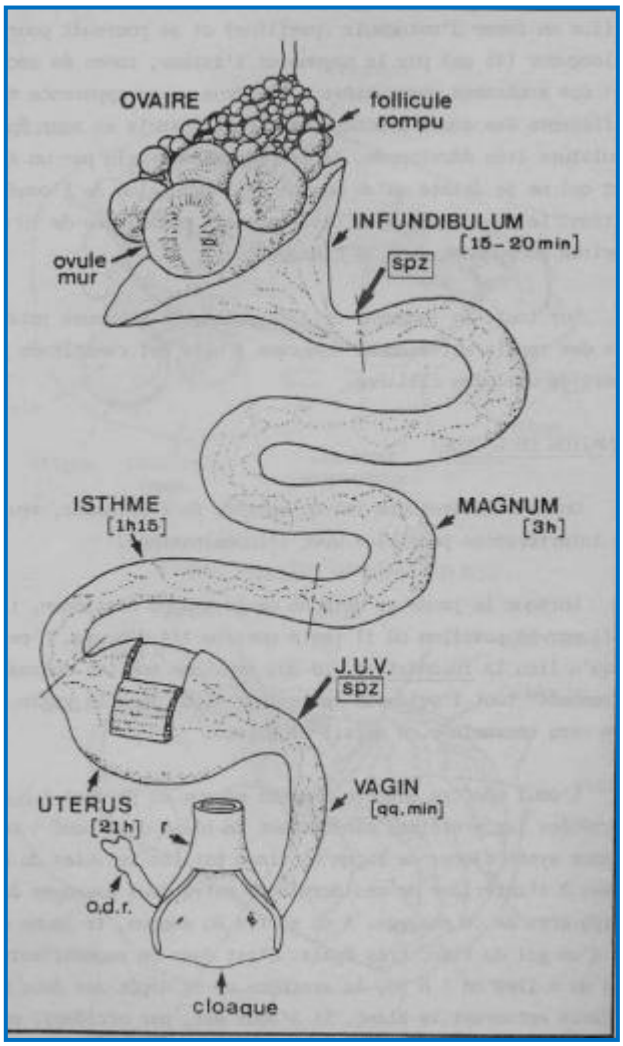


Figure 2. Appareil reproducteur de la poule ((Sauveur, 1982). Odr = Oviducte droit rudimentaire.

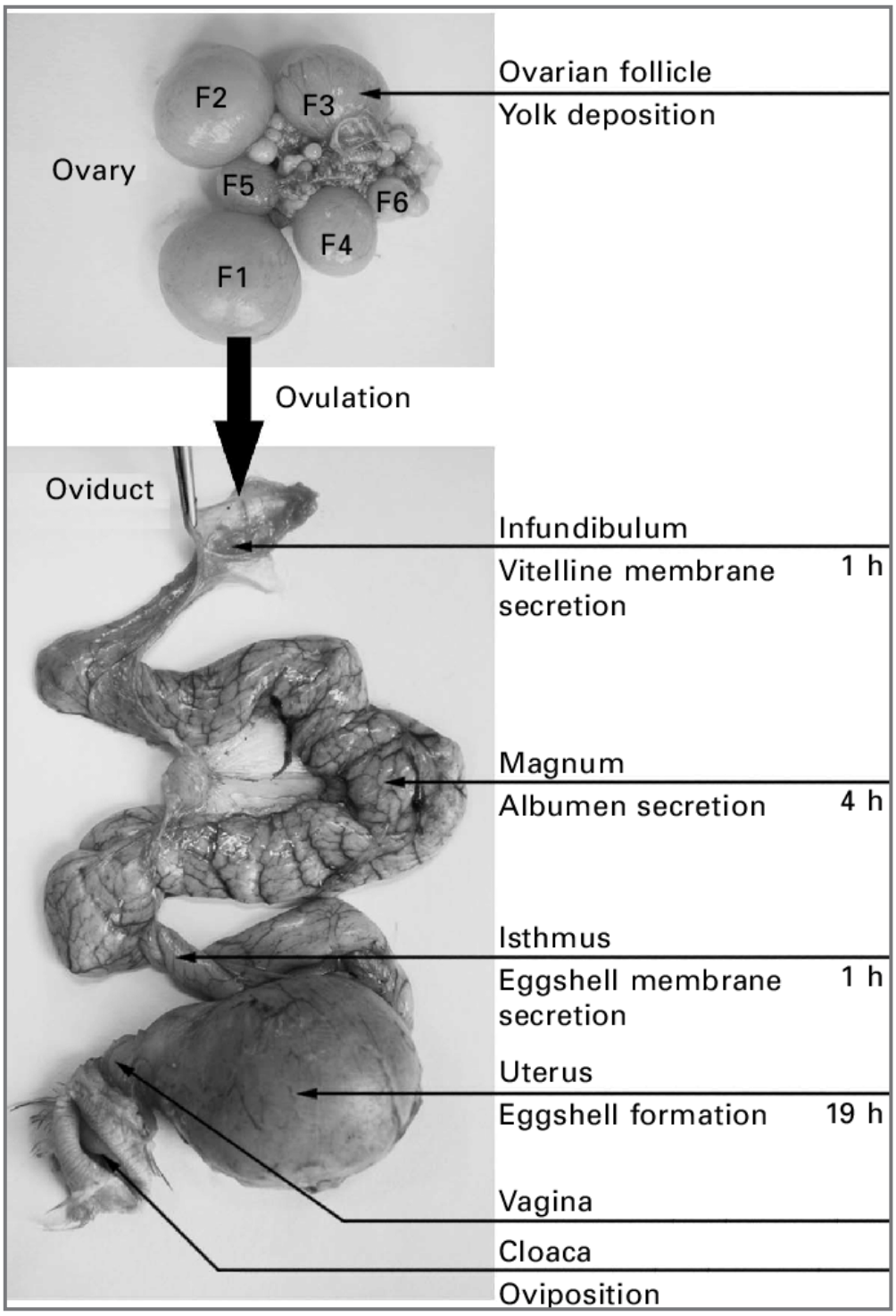


***Photo* 2.** 2Formation séquentielle de l'œuf dans le tractus génital des poules (Yves Nys., Nicolas Guyot. 2011).

Les photographies (INRA) représentent l'ovaire de poule (en haut) et l'oviducte (en bas). Les phases de (identifiés F1 à F6) dans l'ovaire sont les follicules pré-ovulatoires de la hiérarchie ovarienne. formation des œufs et leurs durées (en heures) sont indiquées sous chaque site associé. Les follicules ovariens

B. Mâle

Les testicules du coq se trouvent dans la cavité abdominale. Les testicules sont situés ventralement aux pôles crâniaux des reins, de part et d'autre de l'aorte caudale. Ils sont réniformes. Le testicule droit est légèrement plus en avant et plus petit que le gauche. Leur taille varie de 1 x 0,5 cm au repos à 5 x 2,5 cm en période d'activité. Ils sont reliés à la voûte lombaire par de courts mésos. L'épididyme est très peu développé chez le coq. Le conduit déférent de chaque testicule part de l'épididyme et suit un trajet très fluctueux longeant l'uretère et se jetant dans le cloaque au niveau de l'urodéum. A ce niveau se forme une ampoule séminale qui est comprimée pendant l'érection et libère alors le sperme dans le vagin de la femelle.

L'appareil copulateur du coq est vestigial. Il est composé de trois nodules situés à la jonction entre l'urodéum et le proctodéum : le corps phallique médian et les corps phalliques latéraux. L'érection est produite par une accumulation de lymphe. Les spermatozoïdes ont une durée de vie de 10 à 21 jours dans les voies génitales femelles.

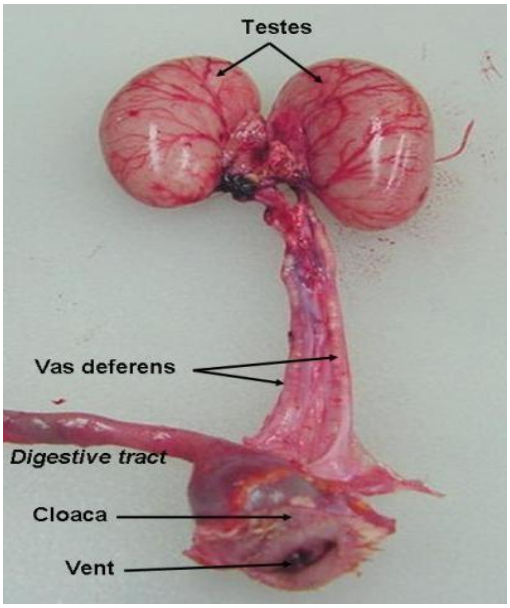


Photo 2. *Appareil reproducteur male* (Image de Dr. Jacquie Jacob, University of Kentucky).

4. APPAREIL CIRCULATOIRE

4.1. CŒUR

Le cœur des oiseaux se trouve dans la partie crâniale de la cavité cœlomique, en position médiane, au sein des côtes et des lobes du foie. La base du cœur est en regard de la deuxième côte, tandis que l'apex, en direction du sternum, est en regard du cinquième espace intercostal.

Le cœur est en relation, dorsalement, avec les poumons et les septums horizontaux et obliques et crânio-ventralement, avec le sac aérien claviculaire. Une des particularités des oiseaux, est que le péricarde est adhérant en plusieurs points :

- Au sternum par le ligament sterno-péricardique
- Au mésentère hépatique par le ligament hépato-péricardique

Le cœur est couché sur le plancher thoracique ; il est de forme conique et comporte 4 cavités. L'atrium droit reçoit les 3 veines caves valvulés (veines caves crâniales gauche et droite et veine cave caudale) et l'atrium gauche reçoit les veines pulmonaires gauches et droites. Le ventricule droit à une section en croissant entourant le ventricule gauche. Le cœur des poules comporte une valvule atrio-ventriculaire droite dépourvue de cordes tendineuses, une valvule atrio-ventriculaire gauche composée de trois cuspides, une valvule pulmonaire au niveau du tronc pulmonaire et une valvule aortique composée de trois valvules semi-lunaires.

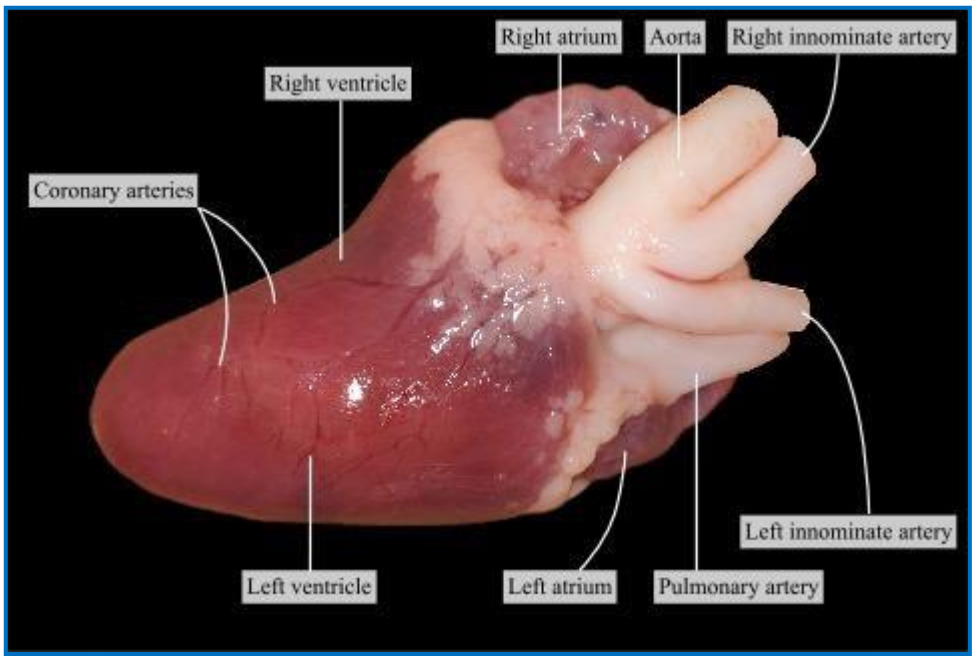


Figure 1. Structure du cœur d'un poulet (Péter Lőw ET COLL., 2016).

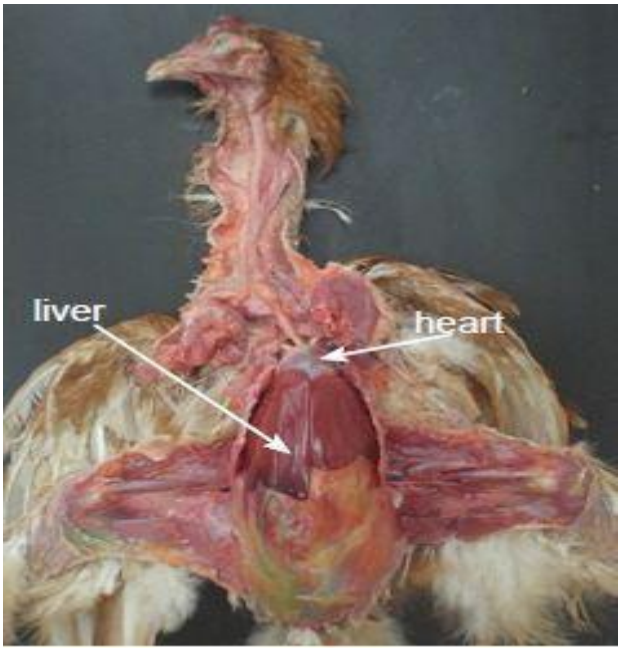


Photo 1. Position anatomique du cœur (Péter Lőw ET COLL., 2016).

4.2. LES GROS VAISSEAUX

L'aorte est divisée en aorte ascendante et descendante. L'aorte ascendante et l'arc aortique sont à droite du plan médian. Elle se divise en deux troncs brachiocéphaliques droit et gauche qui eux même se divisent en artères carotides communes et en artères sous-claviaires qui irriguent l'aile. Les artères carotides donnent les artères carotides internes qui irriguent le cerveau et les deux troncs vertébraux qui irriguent les vertèbres cervicales et thoraciques ainsi que la moelle épinière de ces régions.

L'aorte descendante est à l'origine de nombreux vaisseaux irrigant la partie caudale de la cavité cœlomique.

Le tronc pulmonaire originaire du ventricule droit se divise en artères pulmonaires droite et gauche. Les veines jugulaires droite et gauche reçoivent le sang en provenance du cerveau. La veine jugulaire droite est plus large chez les oiseaux. En effet, il existe une anastomose entre la veine jugulaire droite et la veine jugulaire gauche, permettant à une partie du sang de passer de gauche à droite. Avec les veines sous-claviaires, elles se jettent dans les deux veines caves crâniales droite et gauche.

La veine cave caudale récupère le sang des veines iliaques communes droite et gauche, de la veine hépatique moyenne et des deux systèmes porte-hépatiques. Avec la veine cave crâniale droite, la veine cave caudale forme un sinus veineux, en relation avec l'atrium droit par deux

Le système artériel est assez proche de celui des Mammifères. Le système veineux est composé de trois veines caves : une caudale et deux crâniales (droite et gauche). Les veines jugulaires sont superficielles. Les reins sont irrigués par un système veineux porte complexe.

Le système lymphatique est composé de nombreux vaisseaux lymphatiques parallèles aux vaisseaux sanguins, mais il n'y a pas de noeuds lymphatiques chez les *Galliformes*.

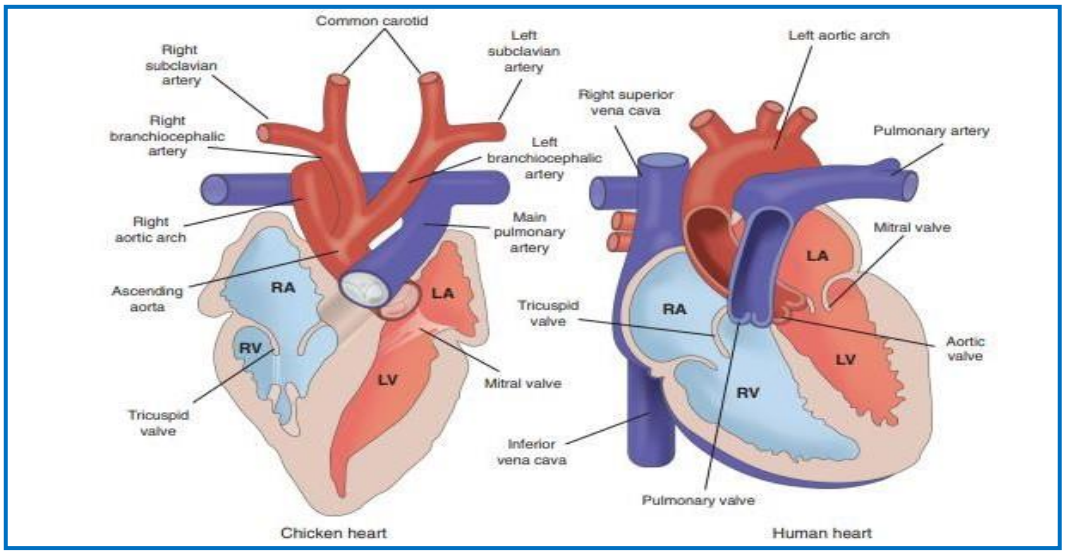


Figure 2. Structure du cœur humain et du cœur du poulet (König *et a.l*, 2016).

Des illustrations du cœur poussin et du cœur humain montent une forte similarité et quelques différences spécifiques aux espèces. Parmi ces différences figurent un ventricule droit (RV) plus petit dans le poussin, différentes directions de l'aorte ascendante, droite chez le poussin et gauche chez l'homme, et un myocarde plus épais chez le poussin pour faciliter une charge cardiaque plus élevée ainsi que des fréquences cardiaques plus élevées. (LA) oreillette gauche, (LV) ventricule gauche, (RA) oreillette droite.

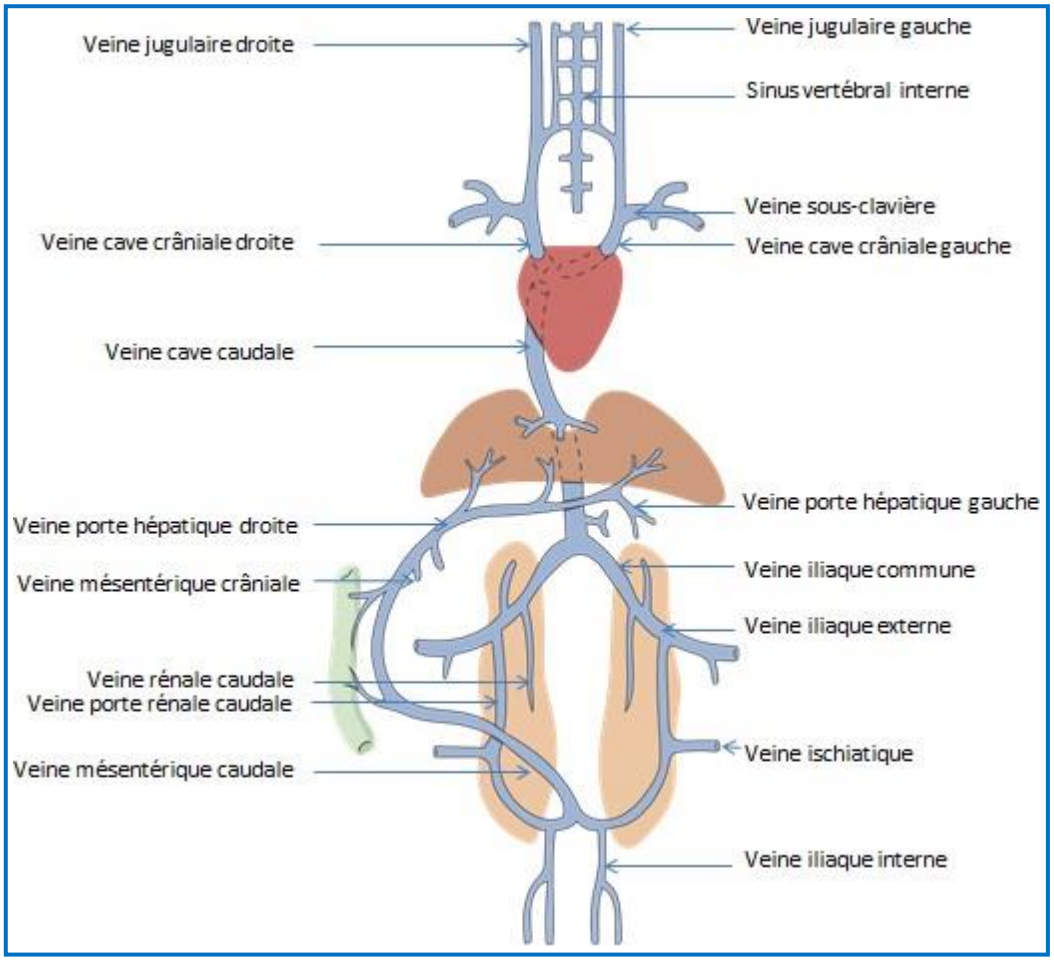


Figure 3. Réseau veineux, d'après (König *et al*, 2016).

5. APPAREIL NERVEUX

L'encéphale est très peu développé et ne présente pas de circonvolutions. Le cervelet est développé dans sa partie moyenne. La moelle épinière s'étend jusque dans les vertèbres coccygiennes. Le système nerveux périphérique comporte 12 paires de nerfs crâniens.

Le plexus brachial part des trois dernières paires de nerfs cervicales et de la première thoracique. Le plexus lombosacré est issu des trois premières paires de nerfs sacrales.

Les parties et les principales régions qui composent le cerveau aviaire sont les suivantes :

- Le cerveau antérieur qui comprend principalement les hémisphères cérébraux et les lobes olfactifs. L'hypothalamus et l'hypophyse sont situés sur la face inférieure du cerveau antérieur.
- Le mésencéphale qui comprend principalement les lobes optiques.
- Le cerveau postérieur qui comprend principalement le cervelet et le bulbe rachidien.

Les lobes olfactifs du cerveau antérieur sont les zones réceptrices des nerfs olfactifs et sont le centre de l'odorat, tandis que les lobes optiques sont les zones réceptrices du nerf optique et sont le centre de la vue. Les lobes optiques de la volaille sont très grands par rapport à ceux des autres espèces (par rapport à la taille totale du cerveau). Cela indique que la vue joue un rôle majeur dans le comportement normal des volailles.

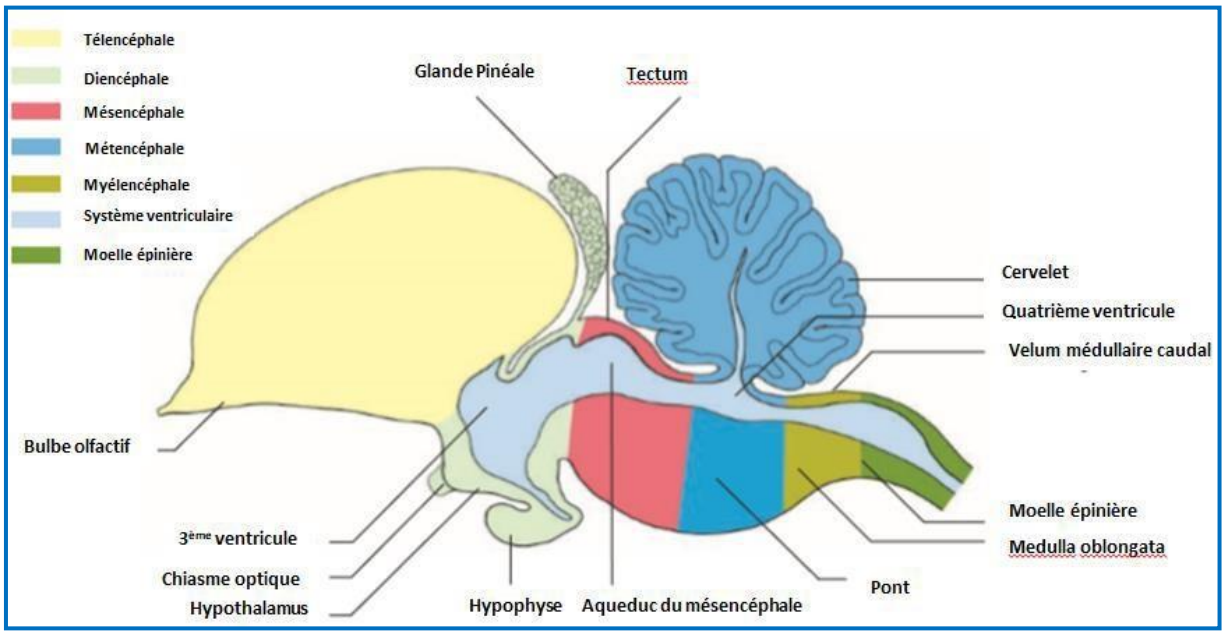


Figure 1. Encéphale de la poule (König et al, 2016).

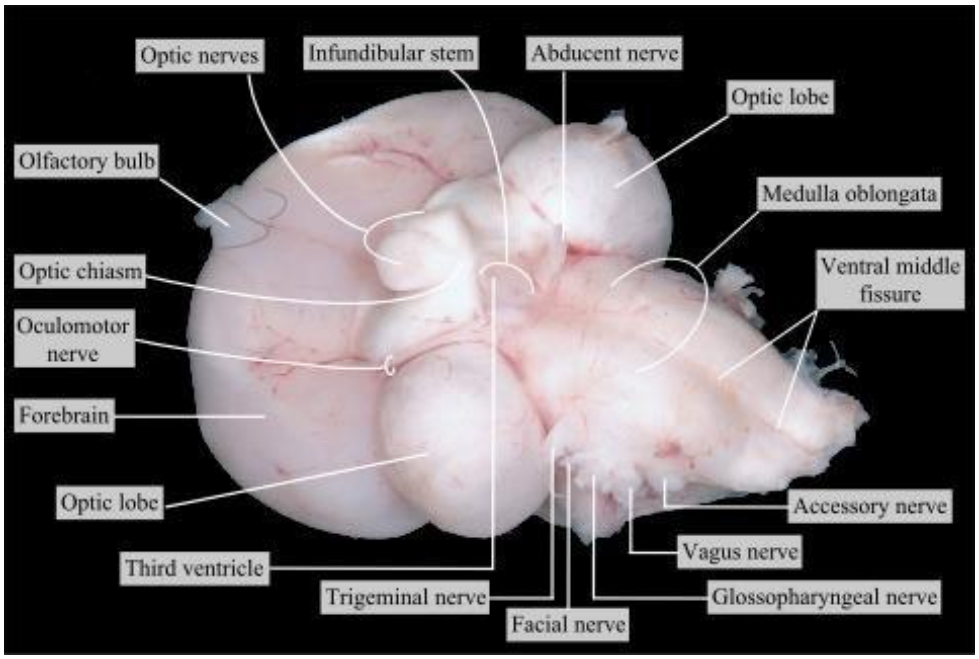


Photo 1. Vue ventrale du cerveau de la poule (Péter Lőw ET COLL., 2016).

IV. ORGANES LYMPHOÏDES

(1, 7, 9, 10, 15,18, 19)

Le système immunitaire est d'abord composé de protections non spécifiques limitant la pénétration des agents infectieux dans l'organisme. Ces protections sont des barrières physiques, chimiques ou mécaniques : la peau, les muqueuses, la flore digestive, le pH du tube digestif, la turbulence de l'air dans les voies aérifères supérieures, la salive, le mucus, le suc gastrique, la bile…

Puis des organes lymphoïdes primaires et secondaires entrent en jeu :

- **La moelle osseuse** : son rôle lymphoïde est tardif, et se met en place après la colonisation par les cellules souches lympho-blastiques.

- **Le thymus** : il se compose de six paires de lobes ovoïdes situées de part et d'autre de la trachée et de l'œsophage. Il apparait dès le 5ème jour d'incubation. Sa taille augmente jusqu'à l'âge de 3 mois puis il régresse à la maturité sexuelle. Il assure la maturation de tous les lymphocytes T. La réponse immunitaire est possible dès l'âge de 3 semaines.

- **La bourse de Fabricius** : elle se situe au-dessus du cloaque et abouche dans celui-ci. C'est un sac plein de replis s'ouvrant dans le cloaque au niveau du proctodaéum. Sa taille augmente pendant la première semaine de vie (jusqu'à 3 cm de longueur) et elle régresse à partir de la 10ème semaine jusqu'à disparaître presque totalement à la maturité sexuelle. Elle assure la maturation des lymphocytes en lymphocytes B. Elle est colonisée par les cellules souches dès le 9ème jour d'incubation. La réponse immunitaire à médiation humorale est possible dès le 14ème jour d'incubation.

Les organes lymphoïdes secondaires sont :

- **La rate** : de forme arrondie, se situe à droite de la jonction proventricule-gésier, elle est composée de pulpe blanche périvasculaire et de pulpe rouge vasculaire. Grâce aux cellules Natural Killer (NK) qu'elle contient, elle assure la destruction des éléments figurés du sang vieillissant ainsi que des germes. Elle a aussi un rôle important dans la production des immunoglobulines.

Aussi, les tissus lymphoïdes associés aux muqueuses : les oiseaux possèdent au niveau de leur appareil digestif des amygdales caecales, des plaques de Payer, un diverticule de Meckel, des nodules pariétaux et viscéraux . Au niveau de la tête, on trouve la glande de Harder. Cette glande est en communication avec les muqueuses sinusales et oculaires, ce qui permet la vaccination par instillation oculo-nasale, nébulisation et aussi par l'eau de boisson.

Les poules possèdent des immunoglobulines (Ig) M, G et A. Les IgM apparaissent rapidement après la guérison (2 à 3 jours). Les IgG peuvent passer l'épithélium de l'oviducte et entrer dans le vitellus, formant ainsi les anticorps maternels. Ces anticorps maternels ont une activité jusqu'à 3 semaine après l'éclosion. Les IgA sont les immunoglobulines des muqueuses.

Contrairement à ce qui se passe chez les Mammifères, les anticorps maternels ne s'opposent pas à une vaccination oculo-nasale à l'éclosion.

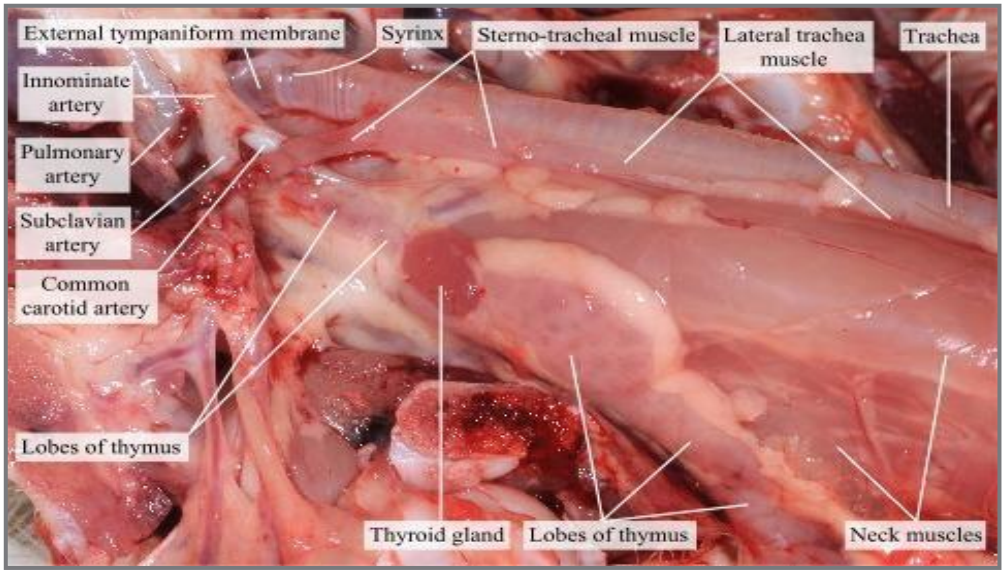


Photo 1. Organes lymphoïdes de la poule (Bell, DJ, and Freeman, BM., 1971).

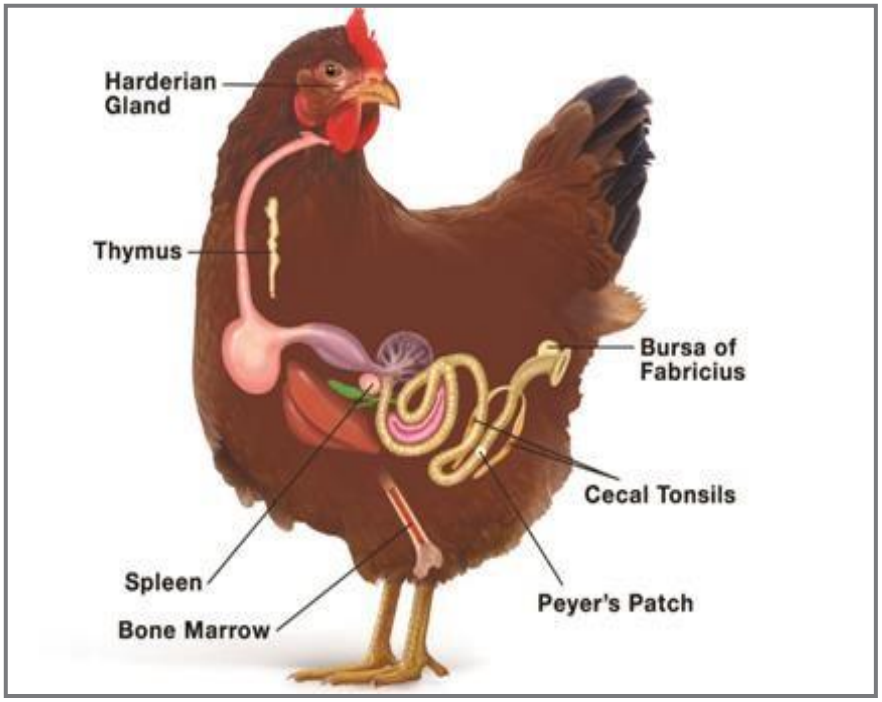


Figure 1. Organes lymphoïdes de la poule (Bell, DJ, and Freeman, BM., 1971).

V. MYOLOGIE

(6, 8, 9, 11, 23)

Si vous élevez de la volaille pour la viande, c'est toujours une bonne idée d'avoir une compréhension du système musculaire de la volaille afin de mieux comprendre les problèmes qui peuvent survenir et comment les corriger.

Tous les animaux ont trois types de muscles : lisse, cardiaque et squelettique. Le muscle lisse est contrôlé par le système nerveux autonome (ANS) et se trouve dans les vaisseaux sanguins, le gésier, les intestins et autres organes.

Le muscle cardiaque est le muscle spécialisé du cœur. Le muscle squelettique est le type de muscle responsable de la forme des oiseaux et du mouvement volontaire. La viande de volaille que vous mangez est du muscle squelettique.

La viande de poitrine de poulet est souvent appelée viande blanche. La viande blanche est blanche en raison de l'activité minimale de ces muscles. les muscles de la poitrine ne sont pas utilisés aussi souvent par apport à l'incapacité de voler pour les poules.

La viande de cuisse et de cuisse est généralement appelée «viande brune». La viande brune est sombre parce que

Les muscles sont utilisés pour une activité soutenue - dans le cas d'un poulet, principalement la marche. L'activité plus élevée des muscles des jambes augmente leur besoin en oxygène.

Les muscles sont de couleur rose pâle chez la poule ; les tendons ont la possibilité de s'ossifier.

La couleur plus foncée des muscles plus actifs provient d'un composé chimique dans le muscle appelé myoglobine, qui est important pour le transport de l'oxygène. D'autres espèces de volaille capables de voler (comme les canards et les oies) ont de la viande brune partout (c'est-à-dire la poitrine, la cuisse, ..).

On essaye de citer et de décrire les principaux muscles des oiseaux :

→ **Principaux muscles de la tête et du cou**

Les principaux muscles de la tête sont les muscles moteurs du bec :

- Les muscles pseudo-temporaux, releveurs et adducteurs de la mandibule.

- Les muscles ptérygoïdiens, relient l'appareil palato-ptérygoïdien à la valve inférieure du bec.

- Les muscles abaisseurs et abducteurs de la mandibule.

- Les muscles protracteurs, rétracteurs et élévateurs de la partie supérieure du bec.

Les muscles hyoïdiens sont complexes, ce qui est à relier au fait que l'appareil hyoïdien est très mobile et développé.

Les muscles du cou sont disposés en de multiples faisceaux, associés aux articulations intervertébrales particulières, ceci confère au cou une mobilité importante.

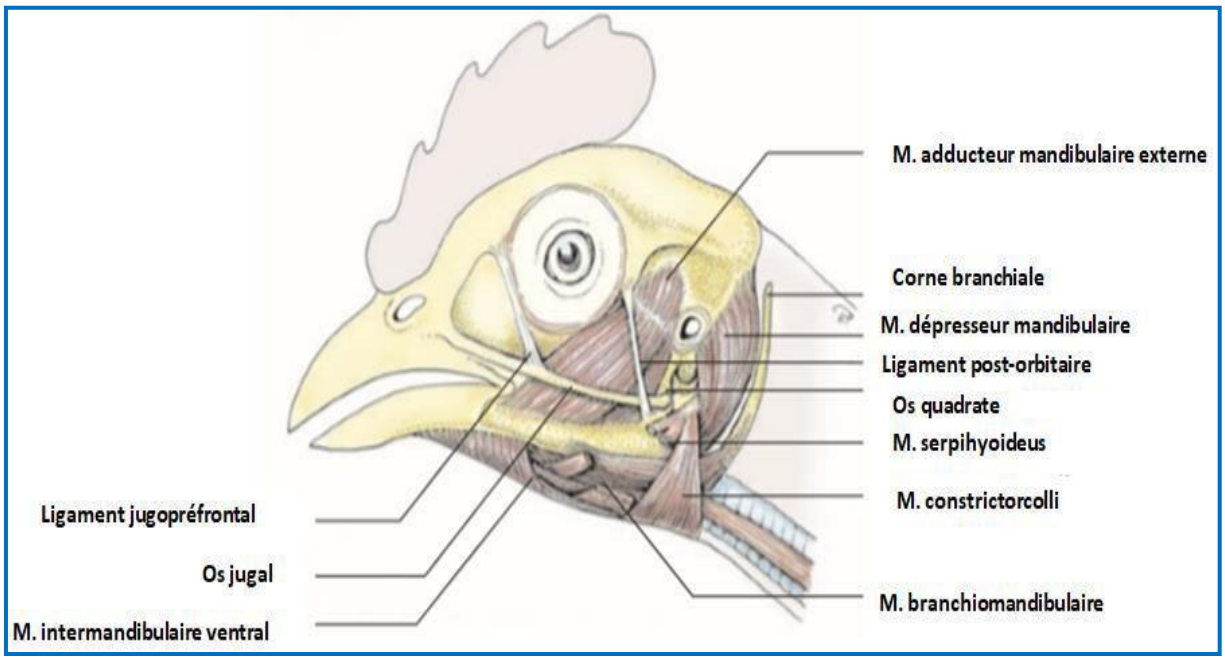


Figure 1. Musculature de la tête (König et al, 2016).

→ **Principaux muscles du thorax et de l'abdomen**

Le rôle principal des muscles thoraciques est de réaliser les mouvements respiratoires. Ils permettent le soulèvement et l'abaissement du sternum articulé avec les côtes et les os coracoïdes, ce qui conduit au remplissage et à la vidange passive des sacs aériens. Ceci entraîne la ventilation pulmonaire tant à l'inspiration qu'à l'expiration. Les muscles abdominaux sont très minces et jouent un rôle dans la défécation et la ponte.

→ **Principaux muscles des membres thoraciques**

Les muscles les plus développés sont les muscles pectoraux, ils sont insérés principalement sur la plaque sternale et se terminent au niveau de l'extrémité proximale du bras. Le muscle pectoral superficiel est abaisseur de l'aile et le muscle pectoral profond est releveur de l'aile.

Les autres muscles du bras sont deux muscles coraco-brachiaux, deux deltoïdes, deux scapulo-huméraux et un grand dorsal. Ils complètent l'action des deux muscles pectoraux dans le vol.

→ **Principaux muscles du membre pelvien**

Les muscles de la cuisse sont très puissants. Ils s'insèrent sur toute la longueur du bassin en région proximale. Crânialement, la partie distale de ces muscles s'insère au niveau de la rotule (patella) voire de la région crâniale du tibia. Ces muscles ont alors une fonction d'extension de la jambe et tirent le fémur en avant. Les muscles caudaux de la cuisse ramènent le fémur en arrière. Ce groupe musculaire joue un rôle important dans le saut qui précède le vol (ouverture de l'angle sacro-fémoral, de l'angle poplité) et à l'atterrissage (ils absorbent d'énergie cinétique lors du choc avec le sol en résistant à la flexion produite par l'atterrissage).

Les muscles de la jambe sont composés d'un volumineux muscle gastrocnémien opposé aux muscles jambiers. Ces deux groupes musculaires interviennent dans l'ouverture de l'angle du pied. Les tendons des muscles fléchisseurs des doigts ont un trajet particulier, ainsi, la flexion du genou et du pied produisent passivement une flexion des doigts. Cela permet aux oiseaux de tenir passivement sur un perchoir s'ils sont accroupis et donc de dormir sur un perchoir sans perte d'énergie.

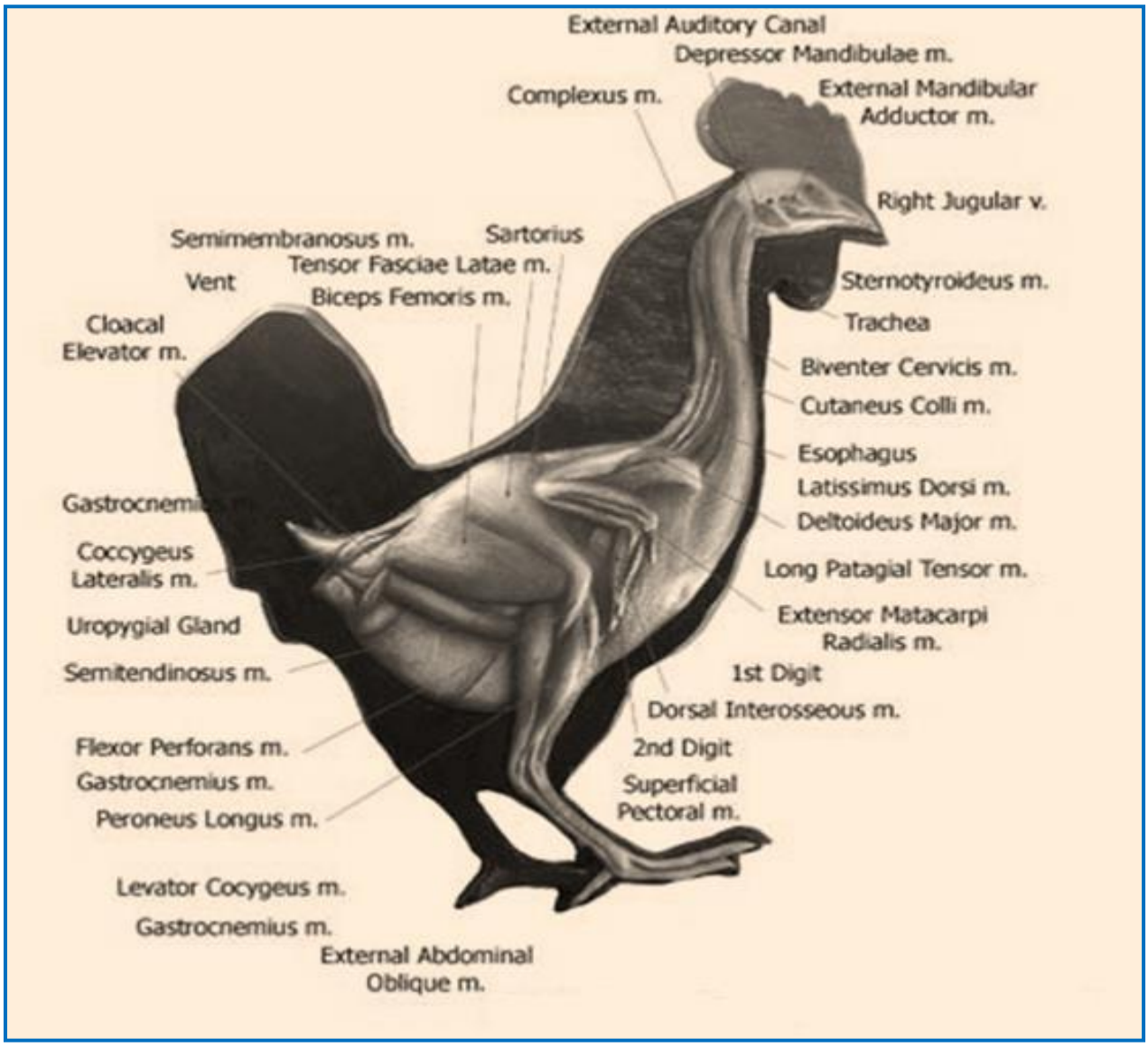


Figure 2. Muscles de la poule (CYRUS H., JOEL C J., 1977).

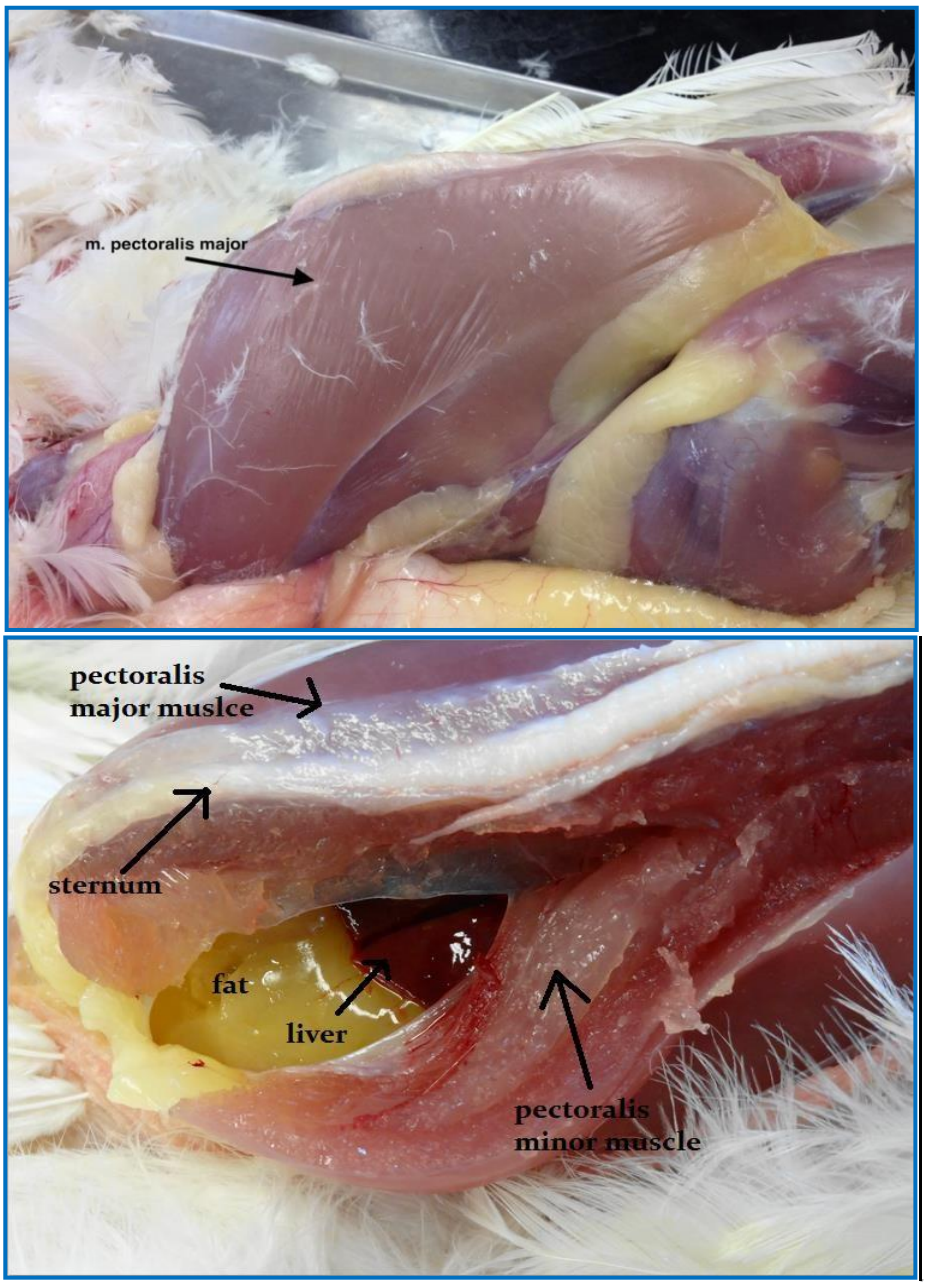


Photo1. Muscle pectoral de la poule (JOHN Mclelland., 1991).

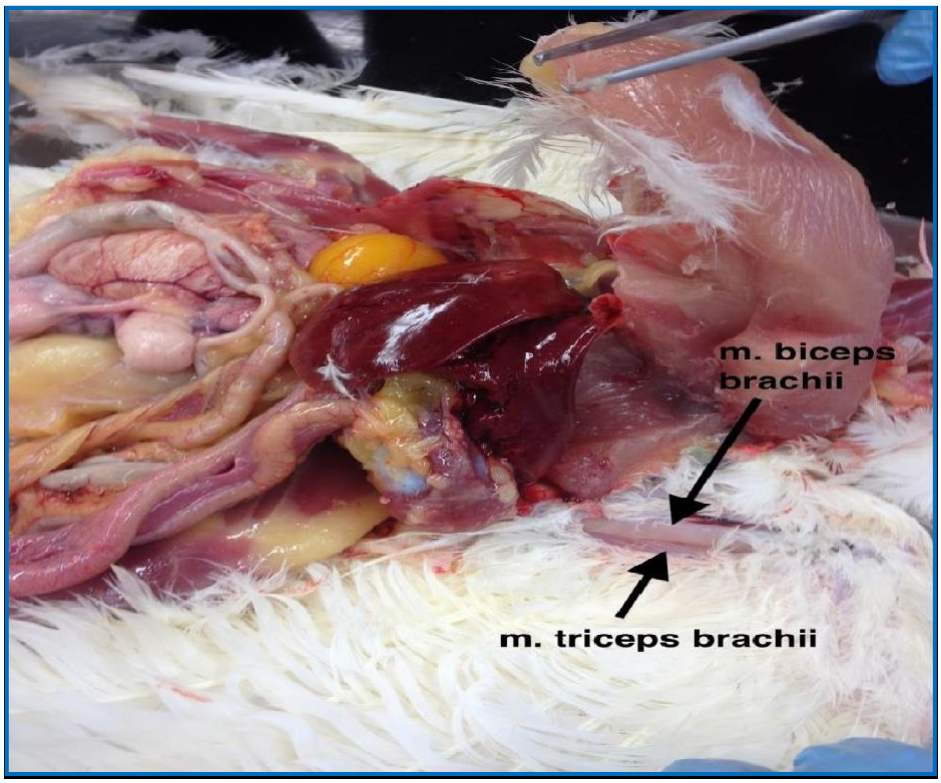


Photo2. Muscles du bras chez la poule (JOHN Mclelland., 1991).

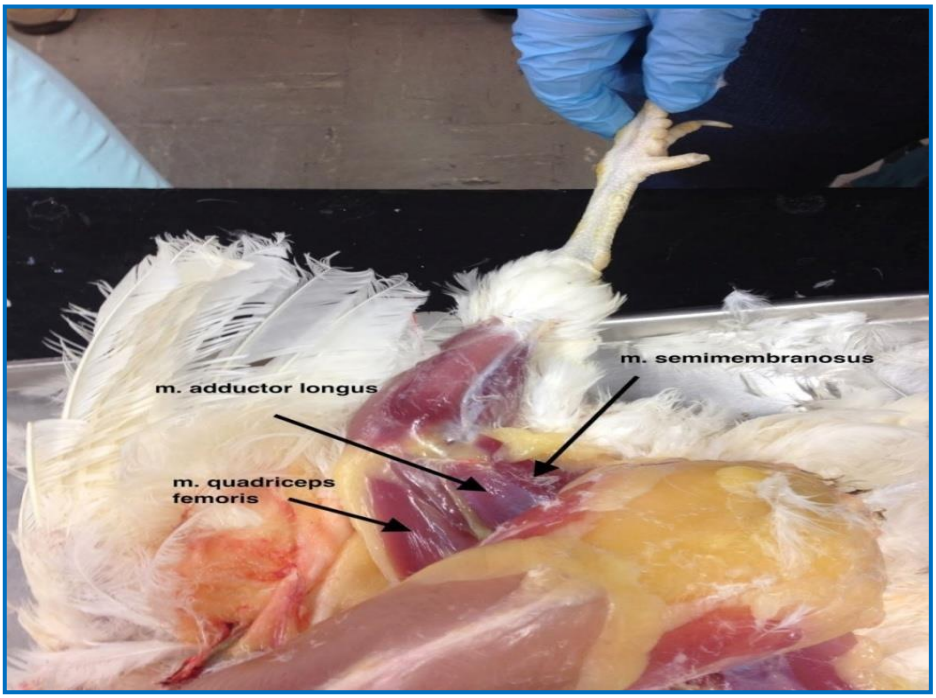


Photo3. Muscles de la cuisse chez la poule (JOHN Mclelland., 1991).

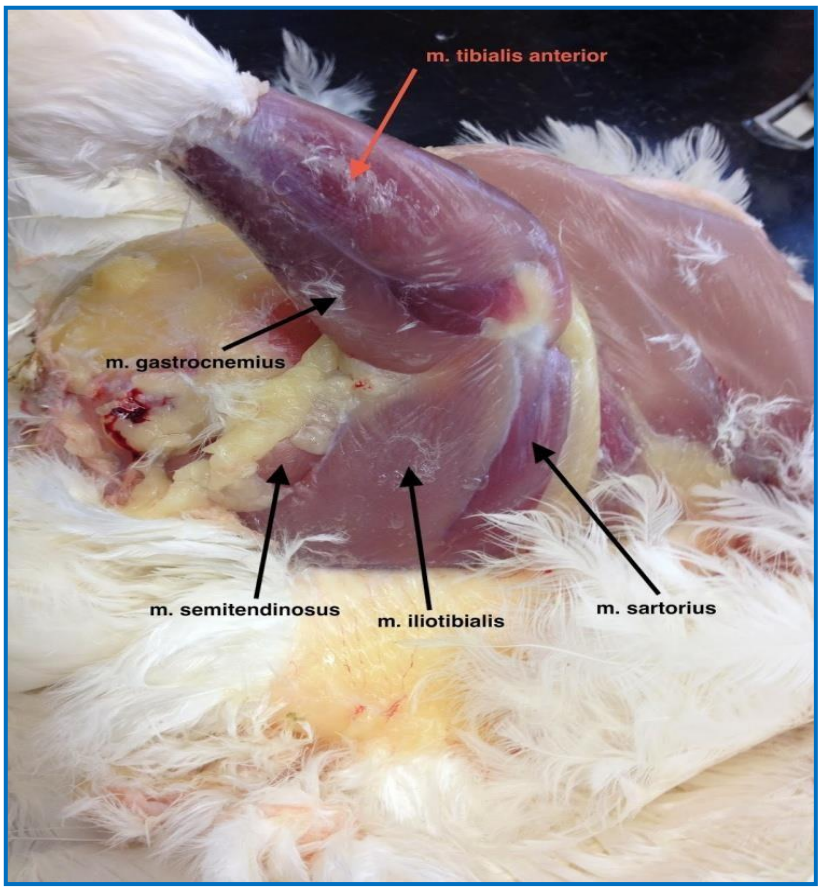


Photo 4. Muscles de la cuisse et de la jambe chez la poule (JOHN Mclelland., 1991).

REFERENCES

1. BELL, DJ, AND FREEMAN, BM (1971). *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl, Vol. 2*, Academic Press, London, UK.
2. BORSIER V., 2007. *Anatomie des viscères des oiseaux de basse-cour*. Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes : Faculté de Médecine.
3. BRADLEY, OC (1960). *The Structure of the Fowl*, A & C Black, London, UK.
4. BRUGERE-PICOUX JEANNE ET VAILLANCOURT JEAN-PIERRE, 2015. Zoonoses aviaires. Dans : *Manuel de pathologie aviaire*. 2ème édition. Paris : AFAS. pp. 576-581.
5. BRUGERE-PICOUX JEANNE, 1988. Les maladies à tropisme respiratoire majeur. Dans : *L'aviculture française*. Paris : ITSV. pp. 501-516.
6. CHATELAIN E., 1986. *Anatomie des volailles*. Laboratoire d'anatomie de l'ENVL.
7. CONSTANTIN A., 1988. Le système immunitaire chez les oiseaux. Dans : *L'aviculture française*. Paris : ITSV. pp. 455-475.
8. CYRUS HELMI* AND JOEL CRACRAFT J. 1977. Anat. 123, 3, pp. 615-635 615 With 9 figures Printed in Great Britain The growth patterns of three hindlimb muscles in the chicken Department of Anatomy, University of Illinois at the Medical Center, Chicago.
9. DINGLE, JG (1991) *ANIMAL anatomy and Physiology 11(P); Study Book*, DEC, USQ, Toowoomba, Australia.
10. DINGLE, JG (1991) *ANIMAL anatomy and Physiology 11(P); Study Book*, DEC, USQ, Toowoomba, Australia.
11. DONELEY, BOB, 2016. *Avian Medicine and Surgery in Practice: Companion and Aviary Birds*. Second Edition. S.l. : CRC Press. ISBN 978-1-4822-6019-9.
12. EDUCATIONALMODEL.COM (PHOTOGRAPHER). 2007. Chicken Cock Showing Muscular System Veterinary Chart (For Veterinarian, Student, and Professional User) Cards – Print, January 1.
13. FEDDE M. R. Anatomy and physiology of the avian respiratory system. In: Symp. Respiratoiy Diseases of Chickens and Turkeys, American Association of A vian Pathologists. pp. 1-5. 1994.
14. FEDDE M. R. Anatomy and physiology of the avian respiratory system. In: Symp. respiratoiy Diseases of Chickens and Turkeys, American Association of A vian Pathologists. pp. 1-5. 1994.

15. FEDDE M. Ralationship of Structure and Function of the Avian Respiratory systepl to Disease Susceptibility. Poultry Science. Poult. Sci. 77 (1998) 1130-1138. 1998.
16. GIL CANO F. RAMÍREZ ZARZOSA G., LÓPEZ ALBORS O., AYALA FLORENCIANO Mª D, R. LATORRE REVIRIEGO, MARTÍNEZ GOMARIZ F., ARENCIBIA ESPINOSA A. *, . SÁNCHEZ COLLADO C, RIVERO SANTANA M. *, ORENES HERNÁNDEZ M. AND VAZQUEZ AUTÓN JMª. INTERACTIVE AVIAN ANATOMY: FUNCTIONAL AND CLINICAL ASPECTS. www.um.es/anatvet.

17. GINGERICH ERIC ET SHAW DANIEL, 2015. REPRODUCTIVE DISEASE. DANS : *BACKYARD poultry medicine and surgery. A guide for veterinary practitioners*. Ames, Iowa : Wiley Blackwell. pp. 169-180.
18. GREENACRE, CHERYL B ET MORISHITA, TERESA Y, 2015. *Backyard poultry medicine and surgery : a guide for veterinary practitioners*. John Wiley & Sons, Inc. S.l. : John Wiley & Sons, Inc.
19. GUERIN JEAN-LUC & BOISSIEU CYRIL. L'autopsie en pathologie aviaire. 1ère Partie : Protocole d'autopsie et anatomie des volailles.
20. GUERIN JEAN-LUC, BALLOY DOMINIQUE ET VILLATE DIDIER, 2016. *Maladies des volailles*. 3ème édition. Paris : Éditions France Agricole.
21. GUÉRIN, JEAN-LUC, 2018. *MALADIES DES VOLAILLES / JEAN-LUC GUERIN, DOMINIQUE BALLOY, CHARLES FACON... [ET AL.]*. 4e édition. Paris : Éditions France Agricole. Agriproduction élevage avicole. ISBN 978-2-85557-513-1. R.01.16-GUE-M, 636.5
22. *JACQUIE JACOB, UNIVERSITY OF KENTUCKY).* AVIAN DIGESTIVE SYSTEM. https://poultry.extension.org/articles/poultry-anatomy/avian-digestive-system/
23. JOHANNES G. WITTIG AND ANDREA MÜNSTERBERG. The Chicken as a Model Organism to Study Heart Development. School of Biological Sciences, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, United Kingdom.. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology 2022.
24. JOHN MCLELLAND., 1991. A COLOR ATLAS OF AVIAN ANATOMY. Department of preclinical Veterinary Sciences University of Edinburgh (Scotland).
25. JOUANNEAU FRANÇOISE, 1974. *Anatomie comparée de l'estomac, du foie, du pancréas et de la rate chez la poule (Gallus gallus L.) et la pintade (Numida meleagris L.)*. Thèse de doctorat vétérinaire. Créteil : Alfort : Faculté de Médecine, Créteil. T 8998.

26. JULIE GAUTHIER AND ROB LUDLOW UPDATED: 06-21-2021 FROM The Book: Chicken Health For Dummies.
27. KHAMAS WAEL, RUTLLANT-LABEAGA JOSEP ET GREENACRE CHERYL B., 2015. Physical examination, anatomy, and physiology. Dans : *Backyard poultry medicine and surgery. A guide for veterinary practitioners*. Ames, Iowa : Wiley Blackwell. pp. 95-116.
28. KOCH T. 1973. Anatomy of the Chicken and Domestic Birds, Iowa State University Press, Ames, Iowa.
29. KÖNIG HORST ERICH, KORBEL RÜDIGER ET LIEBICH HANS-GEORG, 2016. *Avian anatomy. Textbook and colour atlas*. 2nd edition. Sheffield : 5m Publishing.
30. LUCAS, A. M AND P. R. STETTENHEIM. 1972. Avian Anatomy. Agriculture Handbook 362. US Dept. og Agric., Washington, DC.
31. MAKSOUD A, IBRAHIM A, HUSSEIN M, HAMDY A (2019). The Gross Anatomy of the Syrinx of Adult Male Domestic Fowl (*Gallus gallus domesticus*). OSP J Vet Res Med. 1: VRM-1-101
32. MC CRACKEN THOMAS O., KAINER ROBERT A., SPUGEON THOMAS L. ET LE SUEUR-ALMSNI FLORENCE, 2017. *Atlas d'anatomie des animaux de rente. Les fondamentaux*. Paris : Editions MED'COM.
33. MCLELLAND 1. Anatomy of the lung and air sacs. In: King, A.S. & McLelland, J. (eds.): Form and Function in Birds, VoL 4: 221-279.1989.
34. MCLELLAND, JOHN, 1990. *A colour Atlas of Avian Anatomy*. S.l.: Wolfe Publishing Ltd. ISBN 0-7234-1575-7.
35. PÉTER LŐW., KINGA MOLNÁR., GYÖRGY KRISKA., 2016. Atlas of Animal Anatomy and Histology. Springer International Publishing Switzerland.
36. REESE S., DALAMANI G., AND KASPERS B., 2006. The avian lung-associated immune system: à review. Vet. Res. 311-3242006.
37. SAUVEUR B., 1988. REPRODUCTION DES VOLAILLES ET PRODUCTION D'OEUFS. PARIS (FRA) : INRA. ED., 1 VOL., 449 P.
38. SAUVEUR B., 1992. Adaptation des apports alimentaires aux variations journalières des besoins en calcium et phosphore de la poule. *Productions animales*. 1992. Vol. 5, n° 1, PP. 19-28.
39. SCHEID P, PIIPER J. 1989. Respiratory mechanics and air flow in birds. In: King, A.S. & McLelland,1. (eds.): Form and Function in Birds, Vol. 4: 369-388. 1989.
40. STORER, TI, STEBBINS, RC, NYBAKKEN, JW AND USINGER, RL (1976). *Elements of Zoology*, 4th Ed, McGraw Hill, New York, USA.

41. VILLATE. D 2001.- L'appareil digestif, pages 27-38. - In : Les maladies des volailles. Edition : INRA.
42. WILSON, BW (ED) (1980). *Birds*, Freeman, San Francisco, USA.
43. YVES NYS., NICOLAS GUYOT. Egg formation and chemistry parame; August 2011. In book: Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products (pp.83-132).