

Institut royal des Sciences
naturelles de Belgique

BULLETIN

Tome XXIX, n° 27.

Bruxelles, avril 1953.

Koninklijk Belgisch Instituut
voor Natuurwetenschappen

MEDEDELINGEN

Deel XXIX, n° 27.

Brussel, April 1953.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE LA STRUCTURE PNEUMATIQUE DU CRÂNE
CHEZ LES OISEAUX,

par René VERHEYEN (Bruxelles).

INTRODUCTION.

L'embryologie et l'histologie ont montré que le crâne de l'oiseau est composé de trois parties distinctes et que l'ossification du *neuro-* et du *splanchnocranium* d'une part, et celle du *dermatocranium* de l'autre, ne s'effectue pas selon le même processus. Cette dernière partie en effet ne se forme pas après résorption d'une matière cartilagineuse, mais se développe dans le mésenchyme du tissu cutané entourant la voûte cérébrale et la face. Les os de membrane apparaissent avant que le chondrocrâne ne s'ossifie, mais ils sont les derniers à acquérir leur forme définitive (cf. J. PASTEELS, 1950).

Une particularité intéressante du squelette de l'oiseau est la légèreté des os due au remplacement des masses médullaires et même osseuses à l'intérieur de la plupart des parties squelettiques par des espaces remplis d'air. Ceux-ci peuvent se trouver en communication soit avec le système pneumatique pulmo-trachéen, soit avec le système pneumatique cervico-céphalique, soit encore avec l'un et l'autre, ce qui constitue toutefois un cas plutôt rare.

La structure pneumatique du crâne de l'oiseau porte les traces de la composition mixte de cette partie du squelette. En effet, grâce aux divers sacs aériens issus de la cavité tym-

panale, le chondrocrâne se trouve pneumatisé à son stade cartilagineux. Par contre la structure pneumatique du dermatocrâne se réalisera au détriment du diploé des os dermiques, par suite de l'évagination entre les deux tables osseuses de divers diverticules envoyés par le sac aérien sous-orbitaire qui, lui-même, se trouve en communication, d'un côté, avec la cavité tympanale et, de l'autre, avec les fosses pré-orbitaires ou avec les voies nasales. Le système pneumatique cervico-céphalique s'emplit d'air pendant l'expiration : la glotte s'applique sans doute sur la fente sphéno-palatine et il se gonfle ainsi d'air expiré (C. L. NITZSCH, 1811; F. BIGNON, 1889).

La structure pneumatique du squelette de l'oiseau a été l'objet, de la part des anciens anatomistes, de nombreuses études dont les résultats ont été résumés (G. POUCHET et M. BEAUREGARD, 1889) et complétés par F. BIGNON (1889) et G. ROCHÉ (1891). Depuis lors, le sujet ne semble plus avoir retenu l'attention particulière des anatomistes puisque les quelques notes, relatives à la structure pneumatique du crâne de l'oiseau, qui ont encore paru dans la bibliographie moderne, ont pour auteurs des systématiciens. Pourtant le sujet n'est pas épuisé puisque nous sommes encore très imparfaitement renseignés sur le degré de pneumatisation du crâne dans les différentes familles systématiques, ainsi que sur le temps qui s'écoule entre le début et la fin du processus de pneumatisation du crâne au cours de la vie post-embryonnaire (cf. NERO, 1951).

Ces deux problèmes constituent l'objet de la présente étude.

Faisons le point des investigations entreprises dans ces domaines. Après C. L. NITZSCH (1811), J. DWIGHT (1900) a signalé que la pneumatisation de la voûte crânienne se fait progressivement chez les *Passeres* et que cette particularité peut être mise à contribution pour distinguer les oiseaux jeunes des adultes quand les différences dans le plumage s'avèrent insuffisantes. Au sortir du nid, le jeune a les os de la tête sur le point de se souder. A ce moment, ceux de la voûte crânienne sont très minces et plus ou moins transparents. Mais graduellement ils deviendront plus épais et plus opaques. Il suffit de fendiller le crâne d'un jeune sujet pour voir que les parties transparentes sont constituées d'une lame simple et les plus opaques de deux tables osseuses reliées par des trabécules déliés, tapissés par un périoste mince, faiblement vascularisé. Ces derniers se distinguent aisément à l'œil nu et se présentent soit comme de petits points blanchâtres sur fond gris ou rosé, soit comme des points noirs sur fond blanc, selon que la source

lumineuse, indispensable à l'examen, est placée au-dessus du crâne ou au-dessous de celui-ci. L'espace compris entre les deux tables osseuses est rempli d'air. Sa formation est due à des sacs aériens qui, par leur évagination dans la lame unique et par le refoulement partiel du diploé, parviennent à la « cliver » en deux. Ce processus marche de pair avec une vascularisation qui se développe au pourtour des sacs aériens. La fin de la pneumatisation du crâne coïncide avec la résorption des vaisseaux sanguins.

Quant à la durée que prend la pneumatisation graduelle du crâne chez les *Passeres* de l'État de New-York, J. DWIGHT (1900) s'exprime en ces termes : « The progressive ossification is scarcely perceptible in any species before the end of October, and seems to be completed in the frontal bones about two months later. The migrants that press further south seldom show more than the beginning of the process. Many of our winter visitors arrive with skulls incompletely ossified : *Eremophila alpestris* being one of the earliest (early in December), and *Spizella monticola* one of the latest (early in January) to complete the ossification. These dates are approximate. »

J. P. CHAPIN (1917) signale que ses investigations relatives à la pneumatisation progressive de la voûte crânienne chez les oiseaux africains, corroborent celles de J. DWIGHT (1900). Toutefois chez trois genres de Plocéidés africains *Hypochera*, *Vidua* et *Steganura* : « I have never found a single example where the skull had reached the stage of ossification with a complete double layer of bone, which characterizes practically every mature Oscine bird. There is always a large clear area in the frontal region which remains through life. » Plus récemment (1949) le même auteur signale qu'il a trouvé « the immature condition of the skull throughout life » également chez le genre *Salpornis* (Certhiidés), probablement aussi chez *Anthoscopus* (Paridés) et *Sitta europaea* (Sittidés) ainsi que chez les *Geospiza* (Fringillidés).

G. M. N. WHITE (1948) confirme les observations de J. P. CHAPIN (1949) relatives aux genres *Anthoscopus*, *Salpornis* et *Vidua*.

Restent les observations de Th. T. et E. B. McCABE (1933) qui se rapportent au Bec-croisé *Loxia curvirostra bendirei* et celles de A. H. MILLER (1946) relatives aux *Furnariidæ*. Les deux auteurs signalent que le « double layered state of the skull » ne se produit qu'incomplètement chez les sujets adultes examinés.

De son côté, R. W. NERO (1951) a limité ses recherches aux Moineaux domestiques, *Passer domesticus* (L.), dont il a examiné un nombre considérable de crânes provenant de sujets bagués jeunes au nid. Ses recherches lui ont permis de constater que la pneumatisation du dermatocrâne se fait jour chez cette espèce à l'âge de 23 jours et qu'elle est terminée de 181 à 221 jours après la naissance de l'individu.

Pour terminer, citons J. G. HARRISON (1949) : « Ornithologists often note down the amount of pneumatisation of the skull and have used this as a rough indication of the age of the bird. But there is a good deal of variation in the time taken for different species to reach this criterion of maturity and some never do reach it ». L'auteur ne s'est pas limité à l'examen des crânes appartenant à des espèces de l'ordre des Passereaux, mais il a étendu ses recherches également aux *Non-Passeres*. Il en est résulté que le crâne est incomplètement pneumatisé chez *Apus apus* (L.), *Alcedo atthis ispida* L., *Sterna albifrons* PALLAS, *Sterna macrura* NAUMANN, *Accipiter nisus* (L.), *Falco columbarius aesalon* TUNSTALL, ainsi que chez différentes espèces appartenant à la famille des *Limicolæ* à l'exception des « Curlews, Oystercatchers and a Jack Snipe ».

Un contrôle superficiel des résultats obtenus par C.L. NITZSCH (1811) et J. G. HARRISON (1949) nous a permis de constater que les auteurs se sont trompés à propos de diverses espèces, ce qui nous a incité à passer en revue tous les crânes d'oiseaux paléarctiques et africains faisant partie des collections ostéologiques de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.

Procédé. — Il suffit de placer une source lumineuse assez puissante (une lampe de 60 W) sous le crâne et de l'examiner à l'aide d'une loupe (grossissement $\times 12$) pour faire apparaître par transparence les parties squelettiques pneumatisées. Aucune étiquette d'origine ne mentionnant l'âge de l'oiseau ou le genre de plumage que celui-ci portait au moment de la macération, il se conçoit que la date de la récolte ne pouvait point manquer et que le sexe de l'oiseau devait être établi par des taxidermistes expérimentés.

Dans la plupart des cas, le crâne d'oiseaux fraîchement sortis du nid nous a manqué, de sorte que nous n'avons pas pu suivre la progression de la pneumatisation de la voûte crânienne chez toutes les espèces examinées.

Le squelette du jeune oiseau diffère nettement de celui de l'adulte. Les différences observées permettent avantagement

de distinguer les individus jeunes des plus âgés au cas où la pneumatisation du crâne s'effectue à un rythme rapide. En effet, les lames osseuses qui entrent dans la composition du sternum et du bassin, mais surtout dans celles du palais, sont distinctement moins opaques chez les jeunes sujets que chez les adultes. Il convient toutefois de remarquer que ces critères ne sautent effectivement aux yeux que si l'on a acquis une certaine pratique dans ce domaine d'investigations. La vascularisation du crâne permet ensuite de déterminer aisément que la pneumatisation est en cours; sa résorption graduelle est le signe que le processus s'est terminé tout récemment.

L'étude présente porte sur la structure pneumatique d'une partie du dermatocrâne, notamment sur celle des os frontaux, pariétaux et lacrymaux, ainsi que sur celle du complexe occipital et opisthotique. Chez différentes espèces, principalement celles de l'ordre des *Passeres*, la progression de la structure pneumatique, dans d'autres parties du crâne, a été contrôlée surtout dans le quadratum, les ptérygoïdes, le septum inter-orbital, l'ethmoïde et l'angulaire. Toutefois, les observations n'ont pas apporté d'éléments nouveaux puisque la plupart de ces os appartiennent au chondrocrâne.

Cas général. — Comme il a été dit précédemment, des sacs aériens minuscules, issus de la cavité tympanale et des fosses nasales ou pré-orbitaires, envahissent progressivement les espaces créés par la résorption du cartilage chondrocranien, tandis qu'ils refoulent le diploé des os de membrane là où la substance osseuse a déjà été élaborée. Les premiers indices de pneumatisation se rencontrent invariablement autour de l'opisthotique, d'où elle envahit graduellement l'alisphénoïde ainsi que le complexe occipital.

Le diverticule du sac aérien, qui se dirige vers le trou occipital, bifurque à proximité de celui-ci; la branche inférieure contourne le *foramen magnum* et entre en contact avec celle venant du côté opposé (cf. F. BIGXON, 1889). La communication est simple dans la région du basioccipital, mais complexe dans celle du supraoccipital où les branches supérieures se rencontrent. En effet, chaque diverticule y forme cinq branches distinctes qui, en communiquant avec celles venant du côté opposé, forment quatre îlots qui resteront temporairement apneumatiques. Cette particularité a été observée chez les jeunes des espèces *Pyrrhula pyrrhula* (L.), *Phylloscopus trochilus* (L.), *Parus major* (L.), *P. caeruleus* L., *Sturnus vulgaris* L., *Motacilla*

flava (L.), *Turdus ericetorum* TURTON, *Lanius excubitor* L., *Troglodytes troglodytes* (L.), *Hirundo rustica* L., *Dendrocopos major* (L.), *D. minor* (L.) et *Laniarius ferrugineus* (GMELIN).

Il est très intéressant de constater que ces quatre flots semblent correspondre aux quatre ébauches vertébrales qui, d'après G. R. DE BEER et E. J. W. BARRINGTON (1934), ont participé à la formation du complexe occipital chez les oiseaux (cf. aussi O. SLABY, 1951). A ce stade, la pneumatisation commence au niveau des fosses nasales. Le sac aérien nasal pénètre progressivement dans la partie des os frontaux située entre les orbites et longe ces dernières jusqu'au processus post-frontal, ce qui constitue le terme de son expansion. Entretemps le diverticule aérien, formé par le confluent des deux branches occipitales supérieures, s'engage en forme de pointe dans l'interpariétal et dans la suture médiane des os pariétaux. Au stade suivant, le restant des pariétaux et des frontaux sera progressivement pneumatiqué de l'arrière vers l'avant du crâne (cf. R. W. NERO, 1951). Dans la plupart des cas, la pointe formée par les deux branches occipitales supérieures devance la progression pour s'arrêter là où le diverticule nasal bifurque pour former les branches sourcilières. Il est remarquable que les pourtours de tous les diverticules aériens, partis de la cavité tympanale, finissent par se résorber au contact l'un de l'autre pour former ainsi un sac aérien unique (cf. F. BIGNON, 1889).

Par contre, quand le sac aérien tympanal et le diverticule nasal se rencontrent, leurs zones de contact demeurent nettement visibles. Il y a lieu d'en conclure que la pneumatisation du dermatocrâne est l'œuvre de deux systèmes pneumatiques (nasal et tympanal) différents qui, chez bon nombre d'espèces, parviendront à maintenir leur individualité intacte.

Cas particuliers. — Différentes aberrations peuvent se produire :

- 1° chaque branche sourcilière du diverticule aérien nasal forme une excroissance digitiforme (chez nombre d'espèces appartenant aux *Passeres*) ;
- 2° après avoir bifurqué, le diverticule nasal continue à progresser sur le front à la rencontre du diverticule occipital (p. ex. chez *Turdus torquatus*) ;
- 3° la branche occipitale retarde sa progression et n'avance pas en pointe le long de la suture médiane des frontaux. Il s'ensuit que, temporairement, une « fenêtre » apneumatique unique se formera, qui s'étendra sur les deux

frontaux (p. ex. chez *Motacilla flava*, *Anthus pratensis*, *Phylloscopus trochilus*, *Ph. collybita*, *Sylvia atricapilla*, *Dendrocopos major*, *D. minor*, *Picus viridis*);

- 4° le processus de la pneumatisation peut s'arrêter pendant quelque temps et reprendre plus tard dans la saison;
- 5° la structure pneumatique du dermatocrâne n'est pas complète; des endroits apneumatiques, généralement de faible étendue, persistent chez l'adulte. On les observe surtout dans la zone d'influence tympanale (dans les frontaux au pourtour des orbites), mais parfois aussi dans les pariétaux et plus rarement dans la zone d'influence nasale);
- 6° la pneumatisation peut se limiter au chondrocrâne ou à la zone d'influence nasale;
- 7° le crâne peut être entièrement apneumatique.

RÉSULTATS.

A. — La voûte crânienne est complètement pneumatisée :

Corvidés. — *Corvus corone* L. : 5 squelettes examinés. Un crâne (du 28-V) montre encore dans les frontaux deux petites taches apneumatiques (fenêtres) auréolées d'un réseau sanguin. En Belgique, les jeunes Corneilles noires naissent depuis le début de mai jusqu'à la fin de juin. Chez cet individu, la pneumatisation n'était donc pas encore terminée à l'âge d'un an environ (maximum probable : 13-14 mois).

Corvus cornix L. : 2 squelettes examinés.

Corvus frugilegus L. : 4 squelettes examinés.

Colæus monedula (L.) : 6 squelettes examinés. Un crâne (du 3-V) présente encore deux taches apneumatiques assez étendues dans les os frontaux, tandis qu'un autre (du 19-IX) vient déjà de terminer la pneumatisation de cette zone. En Belgique, les jeunes Choucas naissent au cours des mois de mai et de juin. Il en résulte que, chez certains, la pneumatisation du dermatocrâne n'est pas encore terminée à l'âge d'un an environ (durée probable : de 5 à 12 mois).

Pica pica (L.) : 40 squelettes examinés. Un crâne apneumatique (du 2-VI) montre encore distinctement la plupart des sutures. Quatre crânes juvéniles (respectivement du 28-VIII, du 3, du 7 et du 15-IX) ont récemment terminé leur pneumatisation. Par contre, de petites « fenêtres » frontales apneumatiques auréolées étaient encore présentes chez deux individus, respectivement le 3 et le 13-V et chez quatre autres la résorption du réseau sanguin touchait à sa fin, respectivement le 1^{er} avril, le 13 mai, le 16 et le 25 juillet. En Belgique, de jeunes Pies sont trouvées au nid depuis la mi-avril jusqu'en juillet, rarement plus tôt ou plus tard. La pneumatisation complète demande par conséquent de 4 à 12 mois environ.

Sturnidés. — *Sturnus vulgaris* L. : 36 squelettes examinés. Chez un crâne (du 28-V) la région entourant la capsule auriculaire possède un réseau sanguin et chez un autre (du 10-VI) ce même réseau est observé dans la zone d'influence nasale, ainsi que dans l'alisphénoïde et le complexe occipital. Depuis juillet jusqu'à la fin d'octobre, la pointe du diverticule occipital a progressé jusqu'à la jonction des branches sourcilières. La pneumatisation a gagné les pariétaux sur toute leur étendue, depuis août jusqu'en novembre, et les frontaux depuis novembre jusqu'en janvier. Dans notre pays, la naissance des Étourneaux se situe de mai à juillet. La pneumatisation du dermatocrâne demande donc environ six mois.

Lamprocolius chalybeus (HEMPRICH & EHRENBERG) : 1 squelette examiné.

Oriolidés. — *Oriolus oriolus* (L.) : 9 squelettes examinés. Un jeune, récolté le 3 août et un autre à la date exceptionnelle du 25 octobre, ont tous deux la plus grande partie des os frontaux, située au-dessus du niveau des orbites, apneumatiques.

Oriolus auratus notatus PETERS : 1 squelette examiné.

Fringillidés. — *Coccothraustes coccothraustes* (L.) : 10 squelettes examinés. Sept mâles et femelles ont le crâne entièrement pneumatisé. Deux autres, récoltés le 26-X et le 22-XI, se trouvent encore dans un stade de pneumatisation peu avancé. En effet, la plus grande partie des pariétaux et des frontaux (à l'exception de la ligne de suture médiane) sont encore apneumatiques. Les mâles adultes, qui se reconnaissent en outre à leurs *lineae temporales* très développées, ont les tables osseuses de la voûte crânienne très épaisses, ce qui forme un sérieux obstacle à l'examen par mirage. Un crâne pareil était tellement opaque qu'aucune trace de structure pneumatique n'était plus visible.

Chloris chloris (L.) : 34 squelettes examinés, dont la moitié proviennent de sujets juvéniles récoltés depuis le 28 août jusqu'au 8 octobre. Ces derniers présentent tous les stades intermédiaires entre le commencement et la fin du processus de pneumatisation. Parmi quelques individus capturés à la date du 28-IX, il y en avait un qui possédait un crâne très récemment pneumatisé. Puisque les jeunes Verdiers au nid sont trouvés en Belgique depuis mai jusqu'en août, les grands écarts observés dans le développement de la structure pneumatique sont aisément expliqués. Chez le Verdier, la pneumatisation complète de la voûte crânienne demande environ 5 mois.

Carduelis carduelis (L.) : 17 squelettes examinés. Mêmes remarques que pour le Verdier. Chez le Chardonneret la pneumatisation complète du crâne nécessite environ 5 mois.

Carduelis spinus (L.) : 12 squelettes examinés. D'après notre matériel, la pneumatisation de la voûte crânienne se termine chez le Tarin en novembre-décembre.

Carduelis cannabina (L.) : 32 squelettes examinés. Le matériel comprend 28 spécimens juvéniles recueillis du 1^{er} au 18 octobre. Ils présentent tous les stades intermédiaires entre le commencement et la fin du processus de la pneumatisation. Chez la Linotte, la durée de celui-ci demande environ 5 mois.

Serinus canarius (L.) : 1 squelette examiné.

Serinus atrogularis lvenarum WHITE : 1 squelette examiné.

Pyrrhula pyrrhula (L.) : 13 squelettes examinés, dont 7 appartenant à de jeunes individus capturés depuis le 26 août au 28 janvier. Le rythme de progression de la structure pneumatique montre beaucoup de similitude avec celui des espèces du genre *Carduelis*. Aussi, chez le Bouvreuil, la pneumatisation complète nécessite environ 5 mois.

Fringilla caelebs L. : 24 squelettes examinés. Un crâne (du 17-VII) se trouve au stade final du processus de la pneumatisation; pour d'autres sujets, celui-ci ne s'achève qu'en décembre. Puisqu'en Belgique on peut trouver de jeunes Pinsons au nid depuis la fin d'avril jusqu'en août, on peut admettre qu'il faut environ 4 mois pour que la pneumatisation soit terminée.

Plocéidés. — *Passer domesticus* (L.) : 11 squelettes examinés. Un crâne (du 20-X) se trouve à un stade primitif de pneumatisation, tandis qu'un autre (du 18-XII) a encore la plus grande partie des frontaux apneumatiques. Il nous a semblé que l'achèvement du processus de pneumatisation de ce dernier exemplaire devait se situer vers la fin du mois de janvier, que pour la plupart des Moineaux domestiques il a lieu depuis octobre jusqu'en décembre et que le processus entier nécessite environ 6 mois (cf. R.W. NERO, 1951).

Passer montanus (L.) : 17 squelettes examinés, dont 12 appartenant à des sujets juvéniles capturés du 1^{er} au 16 octobre. Onze de ces derniers avaient encore une faible partie des pariétaux et la plus grande partie des os frontaux apneumatiques. Chez un seul, la zone frontale apneumatique était plus réduite. Nous estimons que la pneumatisation de la voûte crânienne chez le Friquet se termine en novembre-décembre et que le processus entier demande environ 6 mois.

Diatropura progne (BODDAERT) : 2 squelettes examinés.

Symplectes bicolor (VIEILLOT) : 5 squelettes examinés.

Emberizidés. — *Emberiza calandra* L. : 4 squelettes examinés.

Emberiza citrinella L. : 25 squelettes examinés, dont 19 appartenant à de jeunes individus capturés depuis le 12 août jusqu'au 11 novembre. Au cours de cette période, la plupart des crânes se trouvaient encore dans les premiers stades de la pneumatisation, tandis que chez deux autres, respectivement du 12 et du 25-VIII, le processus allait se terminer incessamment. Puisqu'en Belgique les jeunes Bruants jaunes au nid sont trouvés depuis la mi-avril jusqu'en août, il est probable que la pneumatisation de la voûte crânienne se termine entre août et janvier, donc après 4 à 5 mois.

Emberiza flaviventris (STEPHENS) : 1 squelette examiné.

Plectrophenax nivalis (L.) : 1 squelette examiné.

Alaudidés. — *Galerida cristata* (L.) : 1 squelette examiné.

Lullula arborea (L.) : 10 squelettes examinés, appartenant à des sujets adultes et juvéniles capturés entre le 5 septembre et le 15 octo-

bre. A cette date, toutes les Alouettes lulu ont terminé la pneumatisation de leur voûte crânienne. Puisque les jeunes au nid de cette espèce peuvent être trouvés depuis avril jusqu'en juin, le processus de la pneumatisation demanderait de 4 à 5 mois seulement.

Alauda arvensis L. : 7 squelettes examinés, dont trois (du 1-X, du 9-X et du 1-XI) appartenant à des sujets juvéniles. Tous trois montrent des réseaux sanguins en voie de résorption.

Eremophila alpestris (L.), *Mirafra angolensis* BOCAGE, *Mirafra rufocinnamomea* (SALVADORI), *Calandrella brachydactyla* (LEISLER) : 1 squelette de chaque espèce examiné.

Motacillidés. — *Anthus campestris* (L.) : 1 squelette examiné (sujet juvénile, capturé le 25 août). A cette date, une partie de ses frontaux était encore apneumatique. Le processus de pneumatisation allait vraisemblablement se terminer au cours du mois de septembre.

Anthus trivialis (L.) : 11 squelettes examinés, dont 8 appartenant à des sujets jeunes capturés entre le 23 août et le 13 octobre. Dans un crâne (du 23-VIII), la fin du processus de la pneumatisation était proche. Dans les autres, une large « fenêtre » couvrait encore la plus grande partie des frontaux. Sur notre territoire on peut s'attendre à trouver de jeunes Pipits des arbres au nid depuis mai jusqu'en juillet. Il s'ensuit que la pneumatisation complète de la voûte crânienne demande de 4 à 5 mois.

Anthus pratensis (L.) : 11 squelettes examinés, dont 6 provenant de sujets juvéniles capturés le 9 octobre. Pour ce qui concerne la structure pneumatique de la voûte crânienne, il est à remarquer que la variation n'était guère importante parmi les oiseaux capturés à la date susmentionnée et que les dimensions de la « fenêtre » se rapprochent sensiblement de celles de la tache apneumatique qu'on rencontre chez *Anthus trivialis* (L.) au mois de septembre. Puisque des couvées de jeunes Pipits des prés peuvent être trouvées en Belgique depuis la fin d'avril jusqu'en juillet-août, donc plus tardivement que celles du Pipit des arbres, il se pourrait que les oiseaux capturés le 9 octobre proviennent des dernières couvées. La pneumatisation serait complètement achevée à l'âge de 4 à 5 mois.

Anthus lineiventris SUNDEVALL et *Anthus leucophrys* VIEILLOT : 1 squelette de chaque espèce examiné.

Motacilla flava L. : 31 squelettes examinés, dont deux seulement appartenant à des sujets adultes. Les autres proviennent d'oiseaux capturés entre le 28 juillet et le 27 septembre. Cette collection permet d'observer les différents stades de progression de la structure pneumatique. Celle-ci est complètement achevée après 4 ou 5 mois.

Motacilla alba L. : 2 squelettes examinés provenant d'oiseaux juvéniles. Un crâne (du 17-VIII) se trouve dans un stade de pneumatisation comparable à celui d'une Bergeronnette jaune recueillie à la même date. Par contre, l'autre (du 9-X) manifeste un retard d'un mois environ. La différence peut être attribuée au fait que la période de la reproduction de la Bergeronnette grise est plus longue que celle de la Bergeronnette jaune.

Motacilla cinerea TUNSTALL et *Macronyx fülleborni* REICHENOW : 2 squelettes de chaque espèce examinés.

Pycnonotidés. — *Andropadus virens* CASSIN, *Chlorocichla flaviventris* (SMITH), *Phyllastrephus fischeri* (REICHENOW), *Pycnonotus tricolor* (HARTLAUB) et *Nicator chloris* (VALENCIENNES) : 7 squelettes examinés.

Certhiidés. — *Certhia brachydactyla* L. : 2 squelettes examinés, dont un provenant d'un sujet jeune (du 22-VIII) qui montre le début de la pneumatisation de la région nasale des frontaux et la fin de celle du complexe occipital.

Nectariniidés. — *Chalcomitra senegalensis* (L.) et *Cinnyris leucogaster* VIEILLOT : 7 squelettes examinés.

Zosteropidés. — *Zosterops virens* SUNDEVALL : 1 squelette examiné.

Paridés. — *Parus major* L. : 18 squelettes examinés (13 sujets juvéniles recueillis depuis le 2 juin jusqu'au 4 novembre). Les crânes présentent tous les stades intermédiaires entre le début et l'achèvement de la pneumatisation. Le matériel se prête admirablement à en suivre la progression de mois en mois. Pour les couvées de Mésange charbonnière, élevées en mai et au début de juin, elle se termine fin octobre-début de novembre, donc à l'âge de 6 mois environ.

Parus caruleus L. : 8 squelettes examinés, dont 5 provenant de sujets juvéniles. La pneumatisation de la voûte crânienne semble aussi se terminer vers la fin-octobre, début de novembre.

Parus atricapillus L. : 5 squelettes examinés.

Parus rufiventris BOCAGE : 1 squelette examiné.

Egithalos caudatus (L.) : 2 squelettes examinés. Un crâne (du 16-X) a encore une large partie des frontaux apneumatique.

Laniidés. — *Lanius excubitor* L. : 7 squelettes examinés. Deux crânes (du 5 et du 20-VI) ne présentent aucune trace de pneumatisation. Trois autres (du 11-IX, du 11 et 24-X) avaient le complexe occipital, l'alisphénoïde, ainsi que les zones nasale et orbitale pneumatisés. Enfin un crâne (du 4-II) présente une structure complètement pneumatisée et la régression du réseau sanguin. Le processus de la pneumatisation chez la Pie-grièche grise s'étend donc sur une période de 6 à 7 mois.

Lanius collurio L. : 4 squelettes examinés, dont 2 provenant de Pies-grièches écorcheurs juvéniles recueillies en juin. Chez ces dernières, la pneumatisation du crâne est déjà parvenue au stade auquel se trouvent les jeunes Pies-grièches grises en septembre-octobre.

Il semble donc que le processus soit ici plus rapide que chez la Pie-grièche grise.

Laniarius ferrugineus (GMELIN), *Chlorophoneus nigrifrons* (REICHENOW), *Tchagra senegala* (L.), *Antichromus minutus* (HARTLAUB) : 1 squelette de chaque espèce examiné.

Prionopidés. — *Prionops retzii* WAHLBERG : 3 squelettes examinés.

Muscicapidés. — *Bombycilla garrulus* (L.) : 4 squelettes examinés. Dans un crâne (du 26-I), la pneumatisation venait de se terminer.

Batis molitor (HAHN & KÜSTER) : 1 squelette examiné.

Muscicapa striata (PALLAS) : 6 squelettes examinés.

Sylviidés. — *Phylloscopus collybita* (L.) : 13 squelettes examinés, dont 3 appartenant à des sujets juvéniles. Un de ces derniers (du 18-VI) se trouve au premier stade de la pneumatisation; un autre (du 23-VII) a encore la plus grande partie des frontaux apneumatique. Par rapport au précédent, un troisième (du 5-X) ne montre que des progrès limités. Il est probable que ce dernier n'est donc pas du même âge que les deux autres. Les couvées de Pouillot véloce se rencontrent en effet depuis mai jusqu'en juillet. Nous estimons que la pneumatisation chez cette espèce se termine quand l'oiseau est âgé de 4 à 5 mois.

Phylloscopus trochilus (L.) : 16 squelettes examinés, parmi lesquels il y en avait 2 qui appartiennent à des Pouillots chantres jeunes. Les dates et la durée de la progression de la structure pneumatique de la voûte crânienne correspondent à celles du Pouillot véloce.

Hippolais icterina (VIEILLOT) : 8 squelettes examinés, dont deux crânes de sujets juvéniles qui possèdent encore, respectivement le 17 et le 28-VII, deux petites « fenêtres » apneumatiques sur les frontaux. Il s'ensuit que, chez cette espèce, la pneumatisation de la voûte crânienne demande un temps minimum de 2 mois environ.

Sylvia borin (BODDAERT) : 5 squelettes examinés.

Sylvia atricapilla (L.) : 15 squelettes examinés, dont la plupart appartiennent à des sujets juvéniles, qui montrent les différentes phases de la pneumatisation graduelle du crâne. Elle se termine en septembre-octobre pour les oiseaux des premières couvées de l'année, donc quand ils ont atteint l'âge de 4 à 5 mois.

Sylvia communis LATHAM : 24 squelettes examinés. Un crâne achevait sa pneumatisation au cours du mois de septembre.

Sylvia curruca (L.) : 1 squelette examiné.

Cisticola natalensis (SMITH) : 2 squelettes examinés.

Timaliidés. — *Turdoides jardinei* (SMITH) : 1 squelette examiné.

Turdidés. — *Turdus pilaris* L. : 3 squelettes examinés.

Turdus viscivorus L. : 2 squelettes juvéniles ont été examinés. Capturés le 1^{er} novembre, les deux oiseaux présentent encore une large « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal.

Turdus ericetorum TURTON : 3 squelettes examinés. Un crâne (du 28-VII) montre le commencement de la pneumatisation.

Turdus musicus L. : 1 squelette examiné. A la date du 10-IX, le crâne possède encore une large « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal.

Turdus torquatus L. : 1 squelette examiné. Le crâne (du 21-X) se trouve dans la même phase de pneumatisation que celui de la Grive mauvis au 10-IX.

Turdus merula L. : 17 squelettes examinés, dont 1 appartenant à un sujet juvénile qui, capturé le 23-X, montre encore une large « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal.

Myrmecocichla nigra (VIEILLOT) : 4 squelettes examinés.

Monticola angolensis SOUSA, *Oenanthe oenanthe* (L.), *Cossypha bocagei* FINSCH & HARTL. et *Oenanthe pileata* (GMELIN) : 6 squelettes examinés.

Saxicola torquata (L.) : 2 squelettes examinés, dont un appartenant à un sujet juvénile. Au 22-VIII, son crâne possédait encore une petite « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal.

Phoenicurus phoenicurus (L.) et *Cercomela familiaris* (STEPHENS) : 5 squelettes examinés.

Phoenicurus ochrurus (L.) : 5 squelettes examinés. Deux jeunes (respectivement du 11 et du 22-VIII) montrent une large « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal, tandis qu'un troisième avait encore une petite zone apneumatique au niveau des sourcilières.

Erithacus rubecula (L.) : 5 squelettes examinés. Un crâne (du 29-VI) se trouve dans le premier stade de pneumatisation, un autre (du 8-IX) montre encore une large « fenêtre » apneumatique frontale et un dernier (du 26-X) avait terminé la pneumatisation de la voûte crânienne depuis quelque temps. Les couvées de Rouges-gorges étant trouvées en Belgique depuis mai jusqu'en juillet, il se pourrait que la pneumatisation du crâne se termine à l'âge de 4 à 5 mois.

Prunellidés. — *Prunella modularis* (L.) : 8 squelettes examinés.

Troglodytidés. — *Troglodytes troglodytes* (L.) : 2 squelettes examinés. Un crâne (du 25-V) se trouve au premier stade de la pneumatisation crânienne.

Hirundinidés. — *Hirundo rustica* L. : 2 squelettes examinés. Un crâne (du 18-IX) se trouve au premier stade de la pneumatisation.

Upupidés. — *Upupa epops* L. : 2 squelettes examinés, provenant d'un couple d'oiseaux récolté le 27 avril. Le mâle présente sur chaque frontal deux petites « fenêtres » apneumatiques auréolées, la femelle une seule. Chez la Huppe, la pneumatisation de la voûte crânienne peut donc se terminer après le retour à la résidence d'été. Le processus aurait donc nécessité chez ces deux spécimens une dizaine de mois.

Musophagidés. — *Musophaga rossæ* GOULD : 3 squelettes examinés.

Bucérotidés. — *Tockus albiterminatus* (BÜTTIKOFER) et *Bucorvus leadbeateri* (VIGORS) : 6 squelettes examinés.

Picidés. — *Campethera bennettii* (SMITH) : 1 squelette examiné.

Capitonidés. — *Stactolæma anchietæ* (BOCAGE) et *Melanobucco minor* (CUVIER) : 6 squelettes examinés.

Indicatoridés. — *Indicator indicator* (L.) : 3 squelettes examinés.

Méropidés. — *Melittophagus pusillus* (MÜLLER) et *M. variegatus* (VIEILLOT) : 2 squelettes examinés.

Strigidés. — *Athene vidua* (L.), *Strix aluco* L., *Asio otus* (L.), *Asio flammeus* (PONTOPPIDAN), *Otus leucotis* (TEMMINCK) : 15 squelettes examinés, dont 7 appartenant à des sujets juvéniles.

Tytonidés. — *Tyto alba* (SCOPOLI) : 8 squelettes examinés.

Accipitridés. — *Accipiter nisus* (L.) : 27 squelettes examinés. Un sujet bagué à Chaa/Brabant septentrional-Pays-Bas, le 8-VII-1947, et trouvé mort à Bruxelles/Belgique, le 18-II-1948, avait la voûte crânienne entièrement pneumatisée. Les repères squelettiques juvéniles de cet exemplaire ainsi que la présence du réseau sanguin dans le dermatocrâne nous ont permis de trouver parmi notre matériel encore bien d'autres individus chez lesquels le processus de la pneumatisation était déjà terminé. Ce fut notamment le cas pour 7 oiseaux recueillis respectivement le 8, le 22, le 27, le 29 octobre, le 17 et le 20 novembre. Quatre autres avaient encore de très petites « fenêtres » frontales apneumatiques aux dates des 17, 22, 28 octobre et du 20 novembre. Un oiseau (du 26-VII) récemment sorti du nid montre un crâne au premier stade de sa pneumatisation, mais il est intéressant de signaler que les lacrymaux se trouvent déjà pneumatisés avant la partie orbitale des frontaux. En outre, il y a encore parmi notre matériel trois crânes remarquables qui, aux dates des 2 juin, 26 juillet et 2 août, possèdent encore des « fenêtres » apneumatiques assez étendues sur les frontaux. Les dates de récolte et l'examen des autres parties du squelette montrent qu'il s'agit ici de sujets nés l'année précédente. Les « fenêtres » étant auréolées, nous estimons que ces individus devaient terminer la pneumatisation de leur voûte crânienne de juillet à octobre. Il s'agit d'un oiseau mâle (capturé le 6-VI) et de deux femelles. Il en résulte que chez l'Épervier, le processus de la pneumatisation crânienne peut durer de 4 à 16 mois.

Accipiter orampensis GURNEY : 1 squelette examiné.

Accipiter gentilis (L.) : 2 squelettes examinés.

Ægyptiidés. — *Necrosyrtes monachus* (TEMMINCK) : 1 squelette examiné.

Falconidés. — *Falco tinnunculus* L. : 14 squelettes examinés, dont 9 qui appartiennent à des sujets juvéniles. Sept d'entre eux présentent de la fin-septembre à la mi-octobre une « fenêtre » apneumatique auréolée, de dimensions variables, sur chaque frontal. Chez les deux autres, par contre, la « fenêtre » avait une superficie qui ne dépassait pas 2 mm². Ils avaient été capturés l'un le 14 no-

vembre et l'autre le 30 mars. Nous pouvons donc estimer que chez la Crécerelle la pneumatisation arrive à son terme entre novembre et avril, et nécessite par conséquent de 4 à 10 mois.

Falco columbarius aesalon TUNSTALL : 3 squelettes examinés. Le crâne d'un Emerillon (du 6-X) est entièrement pneumatisé. Chez les deux autres, capturés le 6 octobre et le 20 mars, les crânes présentent sur chaque frontal une « fenêtre » apneumatique auréolée. Il n'est pas exclu que, chez l'Emerillon, la pneumatisation suive le même cours que chez la Crécerelle.

Columbidés. — *Turtur chalcospilos* (WAGLER) : 1 squelette examiné.

Numididés. — *Numida meleagris* (L.) : 5 squelettes examinés. Il convient de remarquer que les lacrymaux ne semblent pas participer à la pneumatisation.

Laridés. — *Larus canus* L. : 10 squelettes examinés. Certains crânes de sujets juvéniles, chez lesquels le processus de la pneumatisation touche presque à sa fin, présentent encore deux petites « fenêtres » apneumatiques sur chaque frontal. A ce stade, les crânes ressemblent à ceux de la Mouette rieuse (*Larus ridibundus* L.). Dans certains crânes, entièrement aérifères, les anciennes limites de ces « fenêtres » sont encore parfaitement visibles, ce qui peut témoigner d'un temps d'arrêt au cours de la pneumatisation.

Rissa tridactyla (L.) : 2 squelettes examinés. Un crâne (du 5-III) montre encore une large « fenêtre » sur chaque frontal, ainsi qu'une autre, plus petite, impaire.

B. — La pneumatisation de la voûte crânienne est incomplète.

Corvidés. — *Garrulus glandarius* (L.) : 20 squelettes examinés. Tous les crânes présentent une large zone apneumatique dans chaque frontal. Certaines de ces « fenêtres » étaient encore auréolées d'un réseau sanguin aux dates du 15 septembre, du 16 octobre, du 2, du 6 et du 29 novembre, du 18 décembre et du 9 mars. La « fenêtre » n'affecte pas une forme particulière. Souvent elle présente l'aspect d'un protozoaire à pseudopodes. Les couvées de jeunes Geais sont trouvées en Belgique depuis mai jusqu'en juillet. Il en résulte que la pneumatisation partielle du crâne de cette espèce demande de 4 à 8 mois. Il est à remarquer qu'avec l'âge, le frontal s'épaissit considérablement.

Sittidés. — *Sitta europæa* L. : Un crâne, provenant d'une femelle adulte (du 7-VII), a la plus grande partie des pariétaux et des frontaux apneumatiques et non auréolés.

Aquilidés. — *Buteo buteo* (L.) : 10 squelettes examinés présentent tous les mêmes caractéristiques crâniennes. Il y a notamment une « fenêtre » apneumatique ovalaire dans chaque frontal. Elle peut être auréolée d'un réseau sanguin dans les crânes transparents des oiseaux juvéniles (de fin août à la mi-janvier) mais il fait défaut dans les crânes à tables osseuses épaisses, où la « fenêtre »

présente la même forme. Le matériel n'est pas assez varié pour permettre d'évaluer la durée que prend la pneumatisation du crâne, mais un oiseau (du 26-X) montre, en plus de la « fenêtre » ovulaire, une autre très petite et auréolée, qui fait défaut sur l'autre frontal où le réseau sanguin, à la même place, était entré dans une phase de régression. Cette observation permet de fixer la durée du processus de pneumatisation chez certaines Buses à 5 mois environ.

Milvus migrans tenebrosus GRANT et M. PRAED : 4 squelettes examinés. Le crâne présente sur chaque frontal une « fenêtre » apneumatique du même type que celle qu'on trouve chez *Buteo buteo* (L.).

Gypohierax angolensis (GMELIN) : 1 squelette examiné. Il s'agit d'un sujet adulte. Le crâne présente les mêmes « fenêtres » apneumatiques qu'on retrouve chez *Buteo buteo* et *Milvus migrans*.

Cuculidés. — *Cuculus canorus* L. : 9 squelettes examinés. Deux crânes de Coucoux juvéniles (du 2-VII et du 18-VII) montrent le début de la pneumatisation. Les autres se rapportent à des oiseaux capturés depuis le 27 avril au 6 juin. Cinq d'entre eux possèdent une « fenêtre » apneumatique de forme ovulaire sur chaque frontal. Chez les deux autres par contre, la zone apneumatique était plus grande et auréolée d'un réseau sanguin (le 30-IV et le 26-V). Il en résulte que, chez certains Coucoux, le processus de la pneumatisation partielle dure de 10 à 11 mois.

Picidés. — *Dendrocopos major* (L.) : 11 squelettes examinés. Dans un crâne (du 25-VIII) il n'y a pas encore trace de structure pneumatique. Chez les Pics épeiches adultes, celle-ci affecte la partie interorbitale des frontaux, le complexe occipital, ainsi qu'une partie des pariétaux et des frontaux. Avec l'âge, la voûte crânienne s'épaissit considérablement. En nous basant sur les dates de récolte, la progression de la pneumatisation semble s'arrêter vers la fin de la première année civile.

Dendrocopos minor (L.) : 2 squelettes examinés. La zone apneumatique s'étend sur une grande partie des pariétaux et des frontaux.

Picus viridis L. : 3 squelettes examinés. Comme chez *Dendrocopos major* (L.).

Mesopicos griseocephalus (BODDAERT) : 3 squelettes examinés. La structure pneumatique paraît se limiter au complexe occipital, à la partie supérieure de la suture médiane des frontaux, aux lacrymaux, ainsi qu'à la partie interorbitaire des frontaux.

Micropodidés. — *Apus apus* (L.) : 2 squelettes examinés, provenant d'individus récoltés le 18 mai et le 27 juillet. Ils montrent sur chaque frontal une « fenêtre » apneumatique de forme particulière et non auréolée.

Ardéidés. — *Ardea cinerea* L. : Dans un crâne examiné, la structure pneumatique se limite à la zone interorbitaire des frontaux et aux sourcilières.

Botauridés. — *Ixobrychus minutus* (L.) : 2 squelettes d'oiseaux adultes examinés. Structure pneumatique du crâne comme pour *Ardea cinerea* L.

Ciconiidés. — *Anastomus lamelligerus* TEMMINCK et *Sphenorhynchus abdimii* (LICHTENSTEIN): 3 squelettes examinés. A l'état adulte, une « fenêtre » apneumatique, de forme ovale, persiste sur chaque frontal.

Columbidés. — *Treron australis salvadorii* (DUBOIS), *Columba arquatrix* TEMM. & KNIP et *Streptopelia semitorquata* (RÜPPELL) : 5 squelettes d'oiseaux adultes examinés. Leurs crânes montrent sur chaque frontal une zone réniforme apneumatique.

Phasianidés. — *Francolinus albogularis* HARTLAUB, *Francolinus squamatus* CASSIN et *Pternistis afer* (MÜLLER) : 4 squelettes d'oiseaux adultes examinés. Les trois espèces présentent une « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal.

Otitidés. — *Neotis denhami* (CHILDREN): le crâne d'un sujet mâle adulte montre une petite « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal.

Rallidés. — *Rallus aquaticus* L. : 4 squelettes examinés, dont deux appartenant à des oiseaux âgés. Ces derniers présentent sur chaque frontal une grande « fenêtre » apneumatique.

Porzana porzana (L.) : 2 squelettes examinés. Ils proviennent d'oiseaux récoltés le 7 et le 14 avril. La « fenêtre » apneumatique ressemble à celle du Râle d'eau, mais les sourcilières sont entièrement pneumatisées.

Gallinula chloropus (L.) : 4 squelettes examinés, récoltés du 22 novembre au 2 avril. La « fenêtre » apneumatique ressemble à celle de l'espèce précédente.

Fulica atra L. : 4 squelettes examinés. Un crâne (du 29-VIII) montre le début de la pneumatisation (complexe occipital, alisphe-noïde, partie latérale des pariétaux, interpariétal). Deux autres présentent sur chaque frontal une « fenêtre » auréolée.

Porphyrio madagascariensis (LATHAM) : 4 squelettes examinés. Une zone apneumatique de forme ovale persiste à l'état adulte sur chaque frontal.

Anseres. — *Anas platyrhynchos* L., *A. undulata* DUBOIS : 3 squelettes examinés : la structure pneumatique se limite à la partie interorbitaire des frontaux (à l'exclusion des sourcilières), à l'opisthotique, le squamosal, l'exoccipital, le basisphénoïde, le processus basiptyergoïdien et à une partie des pariétaux limitant le supraoccipital apneumatique.

Alopochen aegyptiacus (L.), *Plectropterus gambensis* (L.), *Anser fabalis* (LATHAM), *Dendrocygna fulva* (GMELIN) et *D. viduata* (L.) : 14 squelettes examinés. Pneumaticité cranienne comme chez les espèces citées précédemment, en outre les sourcilières sont pneumatiques.

Cygnus olor (GMELIN), *C. cygnus* (L.) et *C. bewickii* YARRELL : Comme pour *Alopochen aegyptiacus* mais avec le supraoccipital et une grande partie des frontaux pneumatiques. Trois « fenêtres » apneumatiques sur chaque frontal.

Limicolés. — *Vanellus vanellus* (L.): 22 squelettes examinés. Nombreux sont les crânes qui possèdent une « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal. Quand le réseau sanguin a disparu, ces fenêtres présentent une forme typique. Lorsqu'elles sont auréolées, leur superficie est généralement plus grande. Ces dernières s'observent encore assez couramment en novembre et décembre, parfois jusqu'en mars. Le processus de la pneumatisation partielle chez le Vanneau peut donc s'achever vers l'âge de 6 à 11 mois.

Charadrius hiaticula L., *Charadrius dubius* L., *Leucopolijs alexandrinus* (L.), *Squatarola squatarola* (L.), *Pluvialis apricarius* (L.), *Tringa totanus* (L.), *T. erythropus* (PALLAS), *Actitis hypoleucos* (L.), *Tringa ocropus* L., *Arenaria interpres* (L.), *Calidris ferruginea* PONTOPPIDAN, *Calidris alpina* (L.), *C. minuta* (LEISLER), *Phalaropus fulicarius* (L.), *Tringa glareola* (L.): 40 squelettes examinés. Les crânes de ces oiseaux possèdent une « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal. Elle est relativement plus grande que chez le Vanneau. Pour différents spécimens, la pneumatisation n'était pas encore achevée lors de la migration de printemps. Ce fut notamment le cas pour un *Tringa totanus* (du 11-IV), d'un *T. ocropus* (du 13-IV) et d'un *Charadrius hiaticula* (du 23-V) dont la « fenêtre » apneumatique était encore auréolée.

Scolopacidés. — *Capella gallinago* (L.): 5 squelettes examinés. Les crânes présentent quatre petites « fenêtres » apneumatiques, dont deux sur les frontaux et deux sur les pariétaux.

Limnocyptes minimus (BRÜNNICH): 1 squelette examiné. Le crâne possède une petite « fenêtre » apneumatique sur chaque frontal.

Chez *Recurvirostra avosetta* L., *Numenius arquata* (L.) et *Scolopax rusticola* L. la structure pneumatique semble limitée au complexe occipital et à la région nasale des frontaux.

Laridés. — *Larus argentatus* L., *Larus ridibundus* L. et *Larus marinus* L.: 13 squelettes examinés. Les crânes des oiseaux adultes présentent deux petites « fenêtres » apneumatiques sur chaque frontal.

C. — Le dermatocrâne est apneumatique.

Chez les Macreuses, *Melanitta nigra* (L.) et *M. fusca* (L.) le dermatocrâne est entièrement apneumatique; chez l'Eider *Somateria mollissima* (L.) le quadratum et la région limitrophe ainsi qu'une partie des nasaux sont pneumatisés; chez le Grèbe castagneux, *Poliiocephalus ruficollis* (PALLAS), enfin, la structure pneumatique du crâne se limite au quadratum, à l'opisthotique ainsi qu'au *basitemporale*.

D. — La structure pneumatique de la voûte crânienne est douteuse.

L'épaisseur des tables osseuses de la voûte crânienne constitue parfois un obstacle sérieux à l'examen par transparence. Ainsi,

par exemple, tandis que chez les sujets jeunes des espèces *Coccothraustes coccothraustes* (L.), *Milvus migrans* (L.) et *Porphyrio madagascariensis* (LATHAM) on peut nettement distinguer une structure partiellement pneumatisée; chez les adultes, par contre, elle est à peine perceptible. Quand l'opacité s'accroît, la pneumatisation ne peut plus être démontrée suivant le procédé par mirage, comme en témoignent les deux jeunes *Haliëtor africanus* (GMELIN) qui montrent distinctement un crâne partiellement pneumatisé, tandis que chez les adultes, elle semble faire complètement défaut.

Les cas douteux se rapportent donc aux espèces dont nous n'avons pas pu examiner les crânes des individus jeunes. Ainsi par exemple, la pneumatisation du dermatocrâne semble faire défaut chez les espèces *Anhinga rufa* LACÉPÈDE et DAUDIN, *Casmerodius albus* (L.), *Limosa limosa* (L.), *Hæmatopus ostralegus* L., *Podiceps cristatus* (L.), *Colymbus stellatus* PONTOPPIDAN et *Pandion haliaëtus* (L.).

Il aurait été facile de vérifier l'existence ou l'absence du diploé dans les os dermiques de la voûte crânienne de ces oiseaux en les cassant, mais eu égard à la rareté de pièces bien étiquetées dans les collections, il était logique de remettre la solution à une autre occasion.

DISCUSSION.

1°. — Il semble établi que, dans chaque groupe naturel composé d'oiseaux apparentés, la pneumatisation de la voûte crânienne atteint un même niveau de développement. Cette règle se vérifie pour tous les groupes d'espèces que nous avons étudiés et qui se distinguent par une structure partielle pneumatisée. La forme de la « fenêtre » apneumatique pourrait ainsi caractériser un groupe d'oiseaux appartenant à un genre ou à une famille systématique et par conséquent utilement servir de critère taxonomique dans la systématique (cf. les Sittidés, les Picidés, les Rallidés, les Anseres, les Limicolés, les Scolopacidés et les Aquilidés traités dans la présente note, ainsi que les observations de J. P. CHAPIN (1949), de G. M. N. WHITE (1948) et de A. H. MILLER (1946) relatées dans l'introduction). Dans une étude récente (R. VERHEYEN, 1953) relative à l'ostéologie du Vautour d'Angola, *Gypohierax angolensis* (GMELIN), nous avons montré que cet oiseau appartient au groupe composé par les Buses et les Milans, et qu'il ne s'agit nullement d'un Vautour du groupe des *Ægyptiidés*. Le degré de pneumatisation du crâne de cette espèce constitue un argument de plus en faveur de notre point de vue. En outre, il y a lieu de retenir que la famille des Indicatoridés et celle des Capitonidés possèdent un dermatocrâne entièrement pneumatisé. Il en résulte qu'au moins quant à ce caractère, ces deux familles

sont plus proches l'une de l'autre qu'elles ne le sont des Picidés, dont le genre *Campethera* seul semble disposer d'un crâne entièrement pneumatique. La structure complètement pneumatiquée, par contre, offre moins d'intérêt pour le systématicien puisqu'elle n'est pas associée à quelque « pattern », à moins qu'on veuille prendre en considération le rythme de progression du processus de la pneumatisation crânienne. Rappelons-nous, par exemple, que celle-ci s'effectue plus rapidement chez les représentants du genre *Fringilla* que chez les autres Fringillidés et Plocidés examinés, ainsi que chez les oiseaux insectivores par rapport aux granivores parmi les *Passeres* (cf. R. VERHEYEN, 1953).

Il est apparu que la plus grande partie des *Passeres* est caractérisée par une structure complètement pneumatiquée de la voûte crânienne. Cette règle est infirmée par quelques exceptions relevées parmi les Corvidés (le cas du Geai *Garrulus glandarius*), les Fringillidés (le genre *Geospiza*), les Plocidés (les genres *Vidua*, *Steganura*, *Hypochera*), les Paridés (le genre *Anthoscopus*), les Sittidés (le genre *Sitta*) et les Certhiidés (le genre *Salpornis*) comme il ressort des informations de G. M. N. WHITE (1948) et de J. P. CHAPIN (1949).

En 1811, le problème de la structure pneumatiquée du crâne des oiseaux a été posé par C. L. NITZSCH. Cet auteur signale que les Vautours, les Aigles, les Faucons, les Hiboux, les Perroquets, le Calaos, les Toucans, les Corbeaux, les Loriots, les Huppes, les Engoulevents, le Fou de Bassan, les Cigognes, les Pélicans, les Pigeons, les Grives et de nombreux Passereaux de petite taille possèdent un crâne entièrement pneumatiquée et que chez les Foulques (*Fulica*), les Sternes et les Mouettes, les Hirondelles (il s'agit vraisemblablement du genre *Apus*), les Etourneaux (*Sturnus*), certaines parties de la voûte crânienne demeurent apneumatiquées. La présente étude confirme la plupart des résultats obtenus par C. L. NITZSCH. Certaines de ses généralisations toutefois, sont entachées d'erreur, notamment en ce qui concerne le groupe des Aigles, des Cigognes et des Etourneaux. Signalons enfin que J. G. HARRISON (1949), tout en ignorant la contribution apportée par C. L. NITZSCH à l'ostéologie comparée, découvre la pneumatiquée partielle du crâne chez diverses espèces de non-*Passeres*, notamment chez *Apus apus* (L.), *Alcedo atthis ispida* L., ainsi que chez diverses Sternes et Limicolés. Il s'est trompé toutefois sur le cas d'*Accipiter nisus* (L.) et sur celui de *Falco columbarius asalon* TUNSTALL.

2°. — La structure pneumatique du crâne ne se développe qu'avec l'âge; elle s'installe dans le dermatocrâne quand toutes les sutures se trouvent oblitérées, donc à partir du moment où la croissance des os est terminée et où les jeunes ont quitté le nid (sauf chez les *Striges* où elle semble déjà arrivée à un stade très avancé de développement quand les jeunes prennent leur envol).

La durée du processus de la pneumatisation crânienne est sujette à des variations relativement importantes parmi les individus appartenant à une même espèce (Corvidés, Falconidés, Accipitridés, Cuculidés, Limicolés, p. ex.). Nous inclinons à croire que l'hiver, mais aussi la migration, avec leurs périodes de privation alimentaire, peuvent provoquer un arrêt temporaire de la pneumatisation dans les cas où, chez les individus à pneumatisation crânienne retardée, les autres parties du squelette présentent corrélativement des signes de faiblesse manifestes.

Ce retard semble avoir des répercussions directes sur le comportement sexuel au cours de la première saison de nidification. Il est en effet notoire que, parmi les Corvidés et les Accipitridés, certains jeunes sujets nichent plus tardivement que leurs aînés ou même ne le font que l'année suivante, ce qui semble se produire aussi chez le Coucou (*Cuculus canorus* L.) comme une série de dissections l'a montré (R. VERHEYEN, 1950). Il n'est donc pas exclu que la défaillance sexuelle chez certains jeunes sujets d'espèces de grande et de moyenne taille marche de pair avec un retard considérable dans la pneumatisation du crâne (et dans l'ossification d'autres parties du squelette).

3°. — Exception faite du Contrefaisant, *Hippolais icterina* (VIEILLOT), chez lequel la pneumatisation du crâne est achevée à l'âge de 2 mois environ, pour nombre d'autres espèces elle ne se termine normalement que 4 à 5 mois après la naissance. C'est le cas notamment pour les insectivores parmi les Passereaux (*Erithacus*, *Sylvia*, *Phylloscopus*, *Motacilla*, *Anthus*, *Lullula*) ainsi que pour les Emberizidés, le genre *Fringilla*, la Pie (*Pica pica*), le Choucas (*Colæus monedula*), la Crécerelle (*Falco tinnunculus*) et l'Epervier (*Accipiter nisus*). Puisque la plupart de ces espèces sont migratrices, il est intéressant de noter que les sujets des dernières couvées de l'année ou ceux qui proviennent des pontes tardives ou de remplacement

(Epervier, Crécerelle) entament la migration avec un crâne incomplètement pneumatisé.

Précédemment nous avons suggéré que certaines phases de la migration pourraient entraîner un retard dans le processus de la pneumatisation du crâne, mais comme nous venons de le démontrer, l'impulsion de départ ne semble être nullement affectée par ce retard. Aussi voyons-nous dès septembre-octobre affluer vers notre pays quantité de jeunes Merles à plastron (*Turdus torquatus*), Grives mauvis et litorne (*T. musicus* et *T. pilaris*), Bergeronnettes jaunes (*Motacilla flava*), Pipits des prés (*Anthus pratensis*), e. a., dont le crâne n'est que très imparfaitement pneumatisé (cf. J. DWIGHT, 1900).

4°. — La pneumatisation complète ou partielle du crâne est-elle avantageuse à l'espèce ? En d'autres termes : constitue-t-elle un cas d'adaptation ?

Les oiseaux qui possèdent un crâne pneumatisé se caractérisent par un métabolisme basal élevé. L'air qui circule entre les deux tables osseuses des os dermiques peut être considéré comme un isolant, d'une part contre le surchauffement dû à la chaleur solaire et de l'autre contre la perte de chaleur corporelle. L'air de ces espaces pneumatiques est renouvelé au cours de l'expiration. Il a donc exactement la température du corps. Ce qui constitue un réel avantage puisqu'au cours du vol à hautes altitudes ou bien aux endroits où des oscillations assez importantes dans la température atmosphérique se produisent couramment, les yeux très volumineux se refroidissent rapidement, exposant le cerveau de l'oiseau à des variations de température brusques et mortelles.

Les os dermiques pneumatiques présentent en outre l'avantage de mieux résister aux vibrations et de mieux amortir les secousses que les lames épaisses qui manquent de souplesse. Aussi la plupart des espèces arboricoles (donc celles qui, au cours de leurs évolutions aériennes, peuvent se cogner la tête contre divers obstacles) possèdent-elles un crâne pneumatique tandis que celles qui vivent sur l'eau ou qui évitent les terrains boisés ont un dermatocrâne incomplètement pneumatisé. Les Pécidés et les Sittidés, avec leur crâne partiellement apneumatique, n'échappent pas à cette règle puisque, chez ces oiseaux, le crâne doit être adapté à supporter en outre des secousses produites par la percussion du bec sur un objet dur (cf. J. P. CHAPIN, 1949).

Enfin la structure pneumatique des os du crâne augmente légèrement le volume de la tête, en plus forte mesure chez les *Striges*, où cette particularité peut être mise en rapport avec le volume des yeux, puisque ces derniers constituent aux variations de température une surface très importante.

On constate en effet que le sac aérien le plus important de la tête est situé dans la partie inférieure des orbites, là donc où la protection contre la déperdition de chaleur sans lui se trouverait la moins assurée.

5°. — L'origine des sacs aériens pourrait être recherchée dans la structure des os amédullaires qui comprennent chez les oiseaux des espaces pneumatiques tapissés d'un mince périoste. La réduction progressive de l'ossature cranienne au cours de l'histoire phylogénétique de l'oiseau ne semble pas avoir affecté de manière sensible la structure du périoste de ces espaces aërifères. Ceux-ci, tout en conservant leur capacité initiale, ont vraisemblablement donné lieu aux sacs aériens qu'on trouve à l'extérieur des parties squelettiques du crâne actuellement très réduites.

RÉSUMÉ.

La structure pneumatique du crâne chez les oiseaux et le système pneumatique cervico-céphalique ont été étudiés par les anciens anatomistes (C. L. NITZSCH, 1811 et F. BIGNON, 1889). Plus récemment J. DWIGHT (1900), Th. T. et E. B. McCABE (1933), A. H. MILLER (1946), G. M. N. WHITE (1948), J. P. CHAPIN (1917 et 1949), J. G. HARRISON (1949) et R. W. NERO (1951) ont encore publié quelques informations complémentaires.

La présente note comporte un contrôle des résultats déjà acquis, un exposé relatif aux nouvelles investigations et au processus de la pneumatisation graduelle du dermatocrâne au cours de la vie post-embryonnaire, des estimations concernant la durée du processus, ainsi que des considérations sur la valeur taxonomique de la structure pneumatique.

Il est apparu que la pneumatisation en cours n'entrave aucunement la migration, qu'elle peut s'arrêter temporairement et qu'elle constitue un indice de l'immaturité sexuelle.

Il a été suggéré que la structure pneumatique de l'ossature cranienne présente divers avantages et que le sac infra-orbitaire résulterait d'une adaptation du périoste des réservoirs pneumatiques après réduction ou résorption de la matière osseuse de certaines parties du crâne.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

- BIGNON, F., 1889, *Contribution à l'étude de la pneumacité chez les oiseaux.* (Mém. Soc. Zool. France, T. II, p. 260, Paris.)
- CHAPIN, J. P., 1917, *The Classification of the Weaver-Birds.* (Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., vol. 37, p. 243.)
- , 1949, *Pneumatisation of the Skull in Birds.* (The Ibis, vol. 91.)
- DE BEER, G. R. et BARRINGTON, E. J. W., 1934, *The Segmentation and Chondrofication of the Skull of the Duck.* (Phil. Transact. Roy. Soc. London, Ser. B., vol. 223.)
- DWIGHT, J., 1900, *The Sequence of Plumages and Moults of the Passerine Birds of New-York.* (Ann. N. Y. Acad. Sc., vol. XIII, n° 1, pp. 73-360.)
- HARRISON, J. G., 1949, *Some developmental Peculiarities in the Skulls of Birds and Bats.* (Bull. Brit. Orn. Cl., vol. 69, n° 7.)
- McCABE, Th. T. et E. B., 1933, *Notes on the Anatomy and breeding Habits of Crossbills.* (The Condor, p. 136.)
- MILLER, A. H., 1946, *A method of determinating the age of live Passerine Birds.* (Bird Banding, p. 33, XVII.)
- NERO, R. W., 1951, *Pattern and Rate of cranial « Ossification » in the House-Sparrow.* (The Wilson Bull., 63, pp. 84-88.)
- NITZSCH, Chr. L., 1811, *Osteografische Beiträge zur Naturgeschichte der Vögel.* (Leipzig.)
- PASTEELS, J., 1950, dans *Traité de Zoologie.* Direct. P. P. GRASSÉ. T. XV. Oiseaux. (Edit. Masson, Paris.)
- POUCHET, G. et BEAUREGARD, M., 1889, *Traité d'ostéologie comparée.* (Paris.)
- ROCHÉ, G., 1891, *Contribution à l'étude de l'anatomie comparée des réservoirs aériens d'origine pulmonaire chez les Oiseaux.* (Ann. Sc. Nat. Zool. Paléont. Paris, T. XI.)
- SLABY, O., 1951, *On the Chondrofication of the primordial Cranium of the Blackbird (Turdus merula L.).* (Sylvia, pp. 103-121, XIII.)
- VERHEYEN, R., 1950, *La mue du Coucou d'Europe.* (Le Gerfaut, 40, pp. 212-231.)
- , 1953, *Exploration du Parc National de l'Upemba. Mission G. F. de Witte. Oiseaux.* (Publ. Inst. Parcs Nat. Congo belge, Bruxelles.)
- WHITE, G. M. N., 1948, *Skull ossification in certain Passeriformes.* (The Ibis, p. 329, vol. 90.)

INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE.