

ment sur le périoste, qui s'amincit à ce niveau; exemple : le brachial antérieur sur l'humérus, le court péronier latéral, les extenseurs des orteils, les jambiers, le poplité, sur les os de la jambe, etc.

Quelques gros *vaisseaux* rares, tels que l'aorte et la veine cave inférieure, passent sur le périoste au niveau des vertèbres. Ils en sont séparés par du tissu cellulaire. C'est dans la plupart des points où le périoste est en rapport avec de gros vaisseaux que l'on peut sentir les pulsations artérielles; exemples : l'artère faciale sur le maxillaire inférieur, l'artère fémorale sur l'éminence ilio-pectinée et sur le tiers inférieur du fémur, l'artère tibiale antérieure à la partie inférieure de la face externe du tibia.

Le périoste pénètre dans l'*oreille interne* et se continue sur la face interne de la lame des contours et du limaçon, sur la face interne du vestibule et des canaux demi-circulaires. Il s'applique aussi sur la face interne du tympan secondaire de Scarpa, qui ferme la fenêtre ronde. Le périoste de l'oreille interne est très-mince; rosé chez le fœtus, blanc chez l'adulte, il exhale le liquide de Cotugno, ou périlymphe. Le point de continuité entre le périoste de l'oreille interne et le périoste extra-crânien est l'aqueduc du limaçon. D'après Kölliker, il se transformerait sur tous ces points en substance conjonctive réticulée.

Le périoste présente peu de rapports avec la *peau*. Une seule région est dans ce cas : c'est la face interne du tibia, où dans toute son étendue, excepté au tiers supérieur et au tiers inférieur, elle est séparée de la peau seulement par une couche mince de tissu cellulaire. Aux extrémités des troisièmes phalanges, le périoste se confond avec le derme de la peau.

Dans les cavités de la face, les *muqueuses* sont extrêmement adhérentes au périoste, avec lequel leur derme se confond. C'est ce qui leur a fait donner le nom de *fibro-muqueuses*. Dans ces régions, le périoste adhère plus à la muqueuse qu'à l'os; exemples : fosses nasales, voûte palatine, caisse du tympan, gencives. Il faut excepter la voûte du pharynx, où le périoste, bien que très-adhérent à la muqueuse, est aussi très-adhérent à l'os.

Dans certaines régions, le périoste mérite quelques considérations. Nous avons vu les particularités qu'il présente : 1° aux extrémités des os longs; 2° au col du fémur; 3° à la surface basilaire de l'occipital; 4° à la voûte palatine et aux gencives; 5° aux fosses nasales; 6° dans l'oreille interne. Sur les os larges et sur les os courts, il se comporte comme sur les os longs, cessant d'exister au niveau des surfaces articulaires et affectant de nombreux rapports avec les divers tissus, surtout avec le tissu fibreux. Mais au *crâne* et à la *colonne vertébrale*, il présente quelques particularités intéressantes. A la voûte du crâne, le périoste ou périocrâne, au lieu de

cesser au niveau des articulations, contracte une adhérence intime avec le cartilage sutural, qui adhère intimement aussi à la dure-mère. A la base du crâne et à l'extérieur de la colonne vertébrale, le périoste se comporte comme sur les autres points du squelette; mais au niveau des trous de la base du crâne, il pénètre pour se continuer avec la dure-mère crânienne, comme il se continue à la voûte à travers les sutures, de sorte qu'on pourrait considérer ces deux membranes comme deux feuillets entre lesquels se seraient développés les os du crâne. La dure-mère est donc considérée avec raison comme un périoste interne, puisque la surface interne de ces os n'est pas pourvue d'une deuxième membrane fibreuse, que la dure-mère la tapisse dans tous les points, et qu'enfin l'expérience démontre que la dure-mère est douée des mêmes propriétés que le périoste. Il est vrai que ces propriétés ne sont pas aussi énergiques que celles du périoste, mais elles existent évidemment, et seraient-elles encore plus faibles, on ne pourrait lui refuser le nom de *périoste*. Nous verrons bientôt que le périoste du crâne diffère aussi du reste du périoste, au point de vue physiologique. Au niveau des trous de conjugaison, le périoste des vertèbres pénètre dans le canal rachidien pour en tapisser toute la surface.

**Structure.** — Le périoste est composé : 1° d'un *tissu propre* qui a des propriétés spéciales (il exhale un blastème particulier dans lequel doit se développer la substance osseuse); 2° de *vaisseaux*; 3° de *nerfs*.

**Tissu propre.** — Il est formé de deux éléments : la fibre de tissu conjonctif et la fibre élastique. Ces deux éléments ne forment pas deux couches distinctes, comme le prétendent certains auteurs, et l'on ne saurait trop s'élever contre ces abus de divisions des membranes en plusieurs couches, lorsqu'elles n'existent réellement pas. Ce qu'on peut dire, c'est que la fibre de tissu conjonctif est plus abondante à la face superficielle du périoste, tandis que la fibre élastique prédomine dans les parties profondes; mais quant à la séparation de ces deux couches en membranes distinctes, elle est impossible.

Les fibres de tissu conjonctif situées dans la *couche superficielle* du périoste forment un tissu feutré; ces fibres, isolées et fasciculées, affectent une direction longitudinale dans les os longs; c'est entre elles qu'on trouve quelques cellules adipeuses; c'est encore dans cette couche que les vaisseaux et les nerfs du périoste se divisent, pour se porter ensuite dans l'os en traversant les couches profondes.

A la face profonde de la couche élastique du périoste, on trouve une mince couche, molle, blanc jaunâtre, appelée par Ollier *blas-*



tème sous-périostal (tissu d'ossification de Kölliker). Très-mince chez l'adulte, cette couche se présente dans tout son développement pendant la période d'accroissement des os. Elle est plus adhérente à l'os qu'au périoste, car elle ne suit pas cette membrane lorsqu'on l'arrache. Le blastème sous-périostal représente les couches profondes du périoste au moment où elles se transforment en substance osseuse. Sa structure comprend : des cellules, une substance intercellulaire et des vaisseaux. Les cellules dites *sous-périostales* ont une grande analogie avec les cellules médullaires, ou ostéoblastes, qui donnent naissance à l'os dans le cartilage : les unes ont un ou deux noyaux ; elles sont arrondies ou allongées, et mesurent en moyenne de 45 à 30  $\mu$  ; les autres, qui ne sont qu'une agglomération des premières, forment des plaques plus ou moins larges, à plusieurs noyaux, *myéloplaxes* de Robin. Dans les points qui avoisinent la substance osseuse, quelques-unes de ces cellules prennent la forme étoilée, car, ainsi que nous le verrons, elles constituent plus tard les cellules osseuses, tandis que les autres forment des éléments de moelle. La *substance intercellulaire* a beaucoup d'analogie avec un jeune tissu conjonctif dont les fibrilles ne sont pas encore bien distinctes<sup>1</sup> ; si on l'enlève, on voit que la surface osseuse est pleine d'aspérités irrégulières, formées par de la nouvelle substance osseuse. Les *vaisseaux* qu'on y rencontre sont toujours de nouvelle formation ; ils résultent de la fusion des cellules médullaires ; ils se forment par conséquent d'une manière incessante, et, une fois formés, ils se mettent en communication avec ceux du périoste proprement dit et avec ceux de l'os lui-même.

La *face profonde* du périoste renferme une grande quantité de fibres élastiques ; les unes sont libres, fines, mais la plupart s'anastomosent et donnent naissance à des réseaux élastiques serrés ; quelques-unes représentent même de véritables membranes élastiques superposées, sans mélange de tissu conjonctif. Cette couche élastique, réunie au blastème sous-périostal dont il va être question, constitue ce qu'Ollier appelle la *couche ostéogène* du périoste.

**Vaisseaux.** — Les *artères* du périoste sont nombreuses ; elles se répandent dans la couche extérieure de tissu conjonctif, où elles forment un réseau serré, à mailles polygonales, dont les capillaires ont en moyenne 10 à 12  $\mu$ . De ce réseau les vaisseaux se portent vers l'os, traversent perpendiculairement la couche élastique, et pénètrent dans les petits trous de la surface osseuse, qui ne sont

1. Dans quelques cas, les fibrilles se distinguent comme dans le tissu fibreux. A ceux qui voudraient nier l'existence de ces fibrilles, on pourrait répondre en montrant les fibres perforantes de Sharpey, qui ne sont que des filaments ossifiés de tissu conjonctif. (Kölliker.)

autre chose que les embouchures des canaux de Havers. Les *veines* du périoste sont plus nombreuses ; il y a ordinairement deux veinules pour une artériole. Les *lymphatiques* n'y ont pas été démontrés.

**Nerfs.** — Ils sont assez nombreux. Indépendamment de ceux qui traversent le périoste pour se rendre dans l'épaisseur de l'os, on trouve des nerfs périostiques proprement dits. Ils se détachent des nerfs destinés aux os et se portent sur le périoste, où ils cheminent en se divisant ; ils finissent par se résoudre en extrémités libres (Kölliker, sur l'os coxal de l'homme ; J.-N. Czermak, sur l'os frontal du chien). Les ramifications nerveuses siègent dans la couche superficielle ou conjonctive du périoste ; elles paraissent plus nombreuses dans le périoste des extrémités articulaires des os longs, coude, genou, cou-de-pied.

**Fonctions.** — Le tissu du périoste fournit un liquide qui forme l'os. Cette propriété est des plus évidentes pendant la période d'accroissement des os. Elle se manifeste dans la cicatrisation des fractures, dans la formation du nouvel os après l'évidement. Enfin, expérimentalement, Ollier a démontré péremptoirement les propriétés du périoste.

Les expériences d'Ollier<sup>1</sup> démontrent que le périoste porte en lui-même la propriété de régénérer le tissu osseux, car il a pu, par des transplantations de fragments de périoste, produire des os artificiels non-seulement dans les tissus du même animal, mais encore dans les tissus mous d'une espèce différente (du chien au lapin). Il a pris des lambeaux du périoste sur un animal mort depuis une heure, et après les avoir greffés sur un autre animal de la même espèce, il a vu se reproduire un os présentant la forme du lambeau périostique, et des vaisseaux s'y développer. Ces expériences ont été faites dans la crête des coqs, sous la peau du crâne et de l'aîne du lapin, et sur le cabiai, le poulet, le pigeon.

Ollier a expérimenté aussi sur la dure-mère. Il a fait des transplantations de cette membrane, comme il l'avait fait pour le périoste, et il a remarqué qu'elle donnait naissance à de petits os parfaitement constitués et possédant les caractères anatomiques de la substance osseuse. Cette propriété de la dure-mère diminuerait avec l'âge. De plus, la surface externe seule de cette membrane serait douée de la propriété de régénérer le tissu osseux, de sorte que la surface externe de la dure-mère devrait seule être considérée comme périoste. Les cloisons de la dure-mère, comme la faux du cerveau et la tente du cervelet, ne sont pas susceptibles de s'ossifier par la transplantation.

1. Académie des sciences et *Gazette hebdomadaire* 1858-59-60.



Bien que le périoste serve à la formation du tissu osseux, il ne faudrait pas croire qu'un décollement, même étendu, de cette membrane entraîne nécessairement la mort de l'os. J.-L. Petit et Ténon s'étaient élevés dès le XVIII<sup>e</sup> siècle contre cette pratique erronée qui consistait à recouvrir de topiques irritants les surfaces osseuses dénudées, dans le but d'en hâter la mortification, persuadé qu'on était que les os dénudés devaient inévitablement être frappés de mort.

Le périoste externe du crâne, de même que la dure-mère ou périoste interne, a une force de réparation beaucoup moins grande qu'ailleurs. L'absence de cal, dans la plupart des fractures de la base du crâne, le démontre. J.-L. Petit et Ténon dans le siècle dernier, Velpeau et Richet de nos jours, ont insisté sur ce point et ont fait voir que, dans les réparations osseuses du crâne, la surface de la plaie de l'os fournit plus de matériaux que les membranes elles-mêmes, comme cela s'observe après l'opération du trépan.

**Développement.** — Il n'est pas possible de préciser l'époque d'apparition du périoste. Les premiers éléments se montrent probablement dès le second mois; les os sont cartilagineux, ils sont recouverts d'une couche de tissu conjonctif mou dont la substance intercellulaire se transforme rapidement en fibrilles, pendant que les corpuscules deviennent fusiformes, puis étoilés.

Les cellules de la couche du blastème sous-périostal tirent leur origine de la face profonde du périoste, probablement par prolifération des corpuscules de tissu conjonctif.

Tant que les os sont cartilagineux, le périoste porte le nom de périchondre; plus tard, le changement de nom n'entraîne aucune modification dans la structure de la membrane. A partir du cinquième mois, on voit dans les parties profondes de la couche conjonctive une condensation de la substance intercellulaire sous forme de filaments: ce sont des fibres élastiques fines qui se constituent. Dans les derniers mois de la vie fœtale, ces fibres grossissent, s'anastomosent pour former les réseaux élastiques, et un certain nombre d'entre elles se soudent par leurs bords pour former des lamelles élastiques. Les vaisseaux et les nerfs se développent sur place de bonne heure; ils envoient même des rameaux dans le cartilage avant la formation des dépôts osseux.

#### Moelle des os.

La moelle des os, *substance médullaire*, est cette matière molle qui remplit le canal médullaire des os longs et toutes les aréoles de la substance spongieuse. On trouve aussi des éléments de la moelle

dans les principaux canaux vasculaires de la substance osseuse, et à la surface des os au-dessous du périoste.

La moelle est en contact direct avec les parois du canal médullaire et les cloisons de la substance spongieuse. Elle se présente sous deux aspects différents: elle est jaune ou rouge. La *moelle jaune*, qu'on pourrait encore appeler *graisseuse*, se rencontre dans le canal médullaire des os longs; la *moelle rouge* occupe principalement les aréoles de la substance spongieuse, c'est-à-dire les os courts, les os plats et les extrémités des os longs.

**Éléments de la moelle.** — La moelle se compose de cellules médullaires et de cellules grasses, traversées par quelques filaments de tissu conjonctif, et recevant des vaisseaux et des nerfs. On trouve un peu de matière amorphe et des gouttelettes grasses entre ces éléments.

**Cellules médullaires.** — Le dernier mot n'est pas dit sur ces cellules. Si l'on considère leur développement, leur origine, on voit qu'elles procèdent toutes de jeunes cellules arrondies, résultant de la multiplication des cellules cartilagineuses dans les cartilages en voie d'ossification. Nous appelons cellules médullaires toutes celles que l'on trouve dans la moelle en dehors des vésicules grasses et des corpuscules du tissu conjonctif; les médullocelles et les myéloplaxes, dont nous allons parler, sont par conséquent des cellules médullaires.

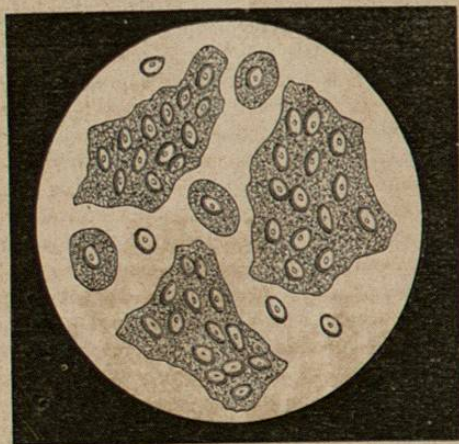


FIG. 173. — Médullocelles et plaques à noyaux multiples de la moelle. On y voit trois myéloplaxes, trois médullocelles à cellule et quatre noyaux libres.



Robin a signalé ces deux éléments anatomiques caractéristiques de la moelle; il leur a donné les noms de médullocelles et de myéloplaxes.

Les *médullocelles* se montrent, dit-il, sous forme de noyaux ou de cellules. Cet élément existe surtout dans les aréoles de la substance spongieuse des os. La variété *noyau libre* serait constituée par des noyaux arrondis, de la dimension d'un globule rouge du sang, granuleux, généralement sans nucléole et insoluble dans l'eau et dans l'acide acétique. La variété *cellule* est représentée par une cellule à masse un peu granuleuse, de 12 à 15  $\mu$ , contenant un noyau semblable aux précédents; elle pâlit sous l'influence de l'acide acétique.

Les *myéloplaxes* de Robin, *plaques à noyaux multiples* des autres auteurs, sont des éléments aplatis, de forme variée, quelquefois polyédriques, à bords irréguliers, composés d'une masse finement granuleuse, parsemée de noyaux ovoïdes (jusqu'à trente) de 7 à 10  $\mu$  chacun. Ces éléments se rencontrent aussi dans les aréoles de la substance spongieuse des os, rarement dans le canal médullaire. On les trouve surtout adhérents aux parois osseuses. Ils ont de 30 à 60  $\mu$  et jusqu'à 400  $\mu$ .



FIG. 174. — Deux masses de protoplasma contenant des noyaux multiples (myéloplaxes de Robin).

1. Cellule en voie de séparation de la masse de protoplasma. — 2. Séparation plus avancée. — 3, 4, 5. Cellules prêtes à se détacher et n'étant plus retenues que par un pédicule étroit.

On est en droit de se demander si ces deux éléments sont différents, ou s'ils ne représentent que deux formes d'un même élément. Cette dernière supposition nous paraît conforme à l'étude des faits. Robin ne donne aucun caractère chimique qui permette de les distinguer. Les seules différences seraient les suivantes: 1<sup>o</sup> leurs noyaux, de même dimension d'ailleurs, seraient arrondis dans les médullocelles et ovoïdes dans les myéloplaxes; 2<sup>o</sup> l'élément serait arrondi dans l'un et aplati dans l'autre.

La question serait-elle jugée par les tumeurs à médullocelles et par les tumeurs à myéloplaxes, qui peuvent se montrer formées de l'un ou l'autre de ces éléments?

Nous ferons observer: 1<sup>o</sup> que ces éléments ont à peu près le

même siège; 2<sup>o</sup> qu'il est démontré aujourd'hui que les myéloplaxes se segmentent fréquemment pour donner naissance à des cellules plus petites et arrondies; 3<sup>o</sup> que leurs réactions ne diffèrent pas; 4<sup>o</sup> que les tumeurs à myéloplaxes renferment le plus souvent quelques médullocelles, et *vice versa*.

Nous ne sommes pas le seul à porter un tel jugement. Kölliker (page 292, 2<sup>e</sup> fascicule, 2<sup>e</sup> édition française) écrit: « Je ne ferai que signaler, relativement aux cellules à noyaux multiples, dont le développement peut facilement être rapporté aux cellules à noyau unique, que ces cellules se transforment aussi en cellules osseuses. » Cornil et Ranvier s'expriment d'une manière analogue (page 7, *Manuel d'histologie pathologique*): « Les cellules à noyaux multiples que l'on rencontre à côté d'elles (cellules à noyau unique)... offrent les mêmes propriétés générales; la substance protoplasmique qui les forme possède exactement les mêmes réactions. »

Nous admettrons donc que les médullocelles et les myéloplaxes constituent le même élément, la *cellule de la moelle*, *cellule médullaire*, sous deux aspects différents: 1<sup>o</sup> sous forme de cellules plus ou moins arrondies; 2<sup>o</sup> sous forme de *plaques à noyaux multiples* représentant une masse de protoplasma avec noyau, pouvant donner naissance par bourgeonnement aux cellules arrondies.

*Cellules graisseuses.* — Elles sont nombreuses dans la moelle jaune; elles ne sont pas réunies en masses ou lobules, et leur structure ne diffère pas de celle des cellules du tissu adipeux.

*Tissu conjonctif.* — Il est peu abondant; c'est un tissu conjonctif lâche, avec quelques corpuscules de tissu conjonctif, mais sans fibres élastiques. On le trouve surtout à la surface de la moelle dans le corps des os longs; quelques filaments traversent la substance médullaire pour former un réseau très-lâche; il n'existe pas dans la moelle qui remplit les aréoles de la substance spongieuse. Les corpuscules du tissu conjonctif sont étoilés et s'anastomosent par leurs prolongements<sup>1</sup>.

*Vaisseaux.* — L'*artère nourricière*, dans les os longs, arrivée dans le canal médullaire, se bifurque, et chacune des divisions va s'anastomoser aux extrémités de l'os avec les vaisseaux de second ordre. Toutes ces artères, se divisant et se subdivisant, forment un réseau vasculaire extrêmement riche, situé en partie entre la substance osseuse et la moelle; les vaisseaux arrivent à la moelle avec leurs trois tuniques, après avoir abandonné quelques fins capillaires à la substance osseuse. Ils forment un réseau capillaire dont

1. Selon Robin, le tissu conjonctif ferait défaut dans la moelle.



les mailles polygonales ont les angles arrondis. Les mailles ont deux ou trois fois le diamètre des capillaires. Les *lymphatiques* ne sont pas connus.

*Nerfs.* — Les *nerfs* de la moelle accompagnent l'artère nourricière de l'os. Ils pénètrent dans le canal médullaire et se divisent comme l'artère nourricière, dont ils suivent les branches. Ils disparaissent dès que les artères, en pénétrant dans la substance médullaire, se dépouillent des fibres musculaires. Ces nerfs sont plutôt destinés à la paroi vasculaire qu'à la moelle elle-même.

La *matière amorphe* qui réunit ces éléments est rougeâtre et demi-transparente; elle est très-granuleuse, surtout après la mort.

On trouve aussi dans la moelle des *gouttelettes graisseuses* indépendantes des cellules graisseuses. On les rencontre dans les cas où l'on a la certitude qu'elles ne viennent pas de cellules déchirées. C'est là une sorte d'huile de moelle.

**Variétés de moelle.** — Nous avons dit, au commencement de cet article, qu'il y a une *moelle jaune* et une *moelle rouge*. Robin distingue la moelle fœtale, la moelle gélatiniforme et la moelle adipeuse. Ces diverses dénominations prouvent que la moelle peut varier quant à ses propriétés physiques et à sa structure; cependant on peut les réduire aux deux premières variétés.

En effet, la variété *gélatiniforme* peut être éliminée, attendu qu'elle représente une moelle altérée par de longues maladies; on l'appelle encore la moelle des convalescents. Voici ses caractères: elle est molle, rosée, demi-transparente; elle renferme beaucoup de matière amorphe et de cellules médullaires, presque pas de cellules graisseuses.

La moelle jaune ne diffère pas de la moelle *adipeuse*. Elle se montre presque exclusivement dans le canal médullaire des os longs; elle est plus répandue chez les vieillards, et elle remplit les vides de la substance spongieuse dans la raréfaction des os. Caractères: elle renferme beaucoup de vésicules graisseuses, peu de vaisseaux et peu de cellules médullaires; c'est l'élément graisseux presque pur (96 pour 100 de graisse) [Berzélius].

La moelle *fœtale* ou *sanguine* est la moelle rouge; elle se trouve dans les aréoles de la substance spongieuse. Caractères: elle est presque dépourvue de vésicules graisseuses, contient de la matière amorphe et une grande quantité de cellules médullaires; elle est très-vasculaire (75 pour 100 d'eau) [Berzélius].

**Fonctions.** — La moelle remplit les vides qui se produisent dans la substance osseuse; elle remplace les parties osseuses qui sont résorbées par suite de raréfaction.

La moelle est un *organe hématopoiétique*, disent deux savants

qui se disputent la propriété de cette découverte, Bizzozero et Neumann<sup>1</sup>.

Il résulterait de nombreux travaux publiés dans ces dernières années (Recueils italiens et allemands) par ces deux professeurs, que les cellules de la moelle sont formées d'un protoplasma contractile présentant des mouvements amiboïdes énergiques (moelle rouge des gallinacées et des grenouilles, Bizzozero). A côté de ces cellules, on rencontrerait des corpuscules rouges à un noyau, de même dimension que les globules rouges du sang. De plus, entre ces deux types de cellules, on trouverait une foule de formes intermédiaires dont l'existence serait expliquée par une transformation probable des éléments incolores et contractiles en globules rouges. De ce qui précède, Neumann conclut qu'il se produit dans la moelle des os une transformation active et continue des cellules incolores en globules rouges.

Pour expliquer la pénétration de ces globules dans les vaisseaux sanguins et compléter leur théorie, Bizzozero et Neumann disent qu'il se passe un phénomène inverse de celui que Cohnheim a signalé dans l'inflammation pour la formation du pus: par leurs mouvements amiboïdes, les cellules médullaires colorées, incolores ou intermédiaires, pénétreraient dans les vaisseaux sanguins de dehors en dedans, à travers la paroi des capillaires.

Il faudrait donc, d'après les auteurs que nous venons de citer, placer la moelle des os au nombre des organes hématopoiétiques, au même titre que les glandes vasculaires sanguines.

Selon Dubuisson-Christôt, de Lyon, la principale fonction de la moelle serait d'opérer la résorption de la substance osseuse.

**Développement.** — Les premiers rudiments de la moelle se montrent dès le commencement du travail d'ossification; ils forment cette matière molle contenue dans les boyaux du cartilage déjà calcifié. C'est dans la clavicule, vers le 60<sup>e</sup> ou le 65<sup>e</sup> jour, qu'on rencontrerait les premiers éléments (Robin). Dès l'origine, la moelle est rougeâtre et composée uniquement d'une substance liquide, remplie de jeunes cellules arrondies, rougeâtres elles-mêmes, à noyau très-apparent et à protoplasma granuleux, dérivant de la multiplication des cellules de cartilage. Ces cellules prennent des directions différentes: les unes se transforment en cellules osseuses, les autres en éléments définitifs de la moelle<sup>2</sup>. Peu de temps après,

1. *Gazz. med. Lambarde*, 1868. *Archiv. der Heilkunde*, 1868.

2. Celles que l'on rencontre sous le périoste et dans les canaux de Havers superficiels tirent leur origine des cellules du blastème sous-périostal.



il se forme sur place des vaisseaux dont le nombre s'accroît rapidement. Plus tard, les nerfs \* et les cellules adipeuses se développent. Les nerfs se montrent dans les derniers mois de la vie fœtale; quant aux cellules graisseuses, elles sont rares à la naissance et se multiplient peu à peu.

Chez les oiseaux, la plupart des os contiennent de l'air au lieu de moelle, à partir de l'évolution complète de ces animaux. Pendant leur développement, tous les os sont remplis de moelle.

#### FORMATION DES OS.

Le tissu osseux, avant d'être constitué, passe en général par deux phases que depuis longtemps on a appelées l'état muqueux et l'état cartilagineux. L'état osseux est l'ossification proprement dite.

##### § I. — État muqueux.

L'état muqueux des os est pour ainsi dire un état nul; on veut dire par l'état muqueux que le squelette n'existe pas, et que les parties qui doivent se cartilaginifier, puis s'ossifier, participent de l'état général de l'embryon, qui a une consistance molle, mu-

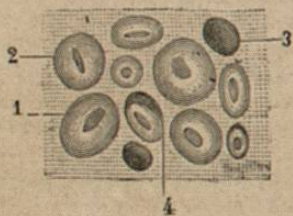


FIG. 175. — Cellules de cartilage embryonnaire avec substance intercellulaire.

1, 2. Cellules sans enveloppe (protoblastes), avec contenu et noyau transparents. — 3. Cellule à contenu opaque sans noyau visible. — 4. Cellule transparente avec un reste de protoplasma opaque en haut.

queuse. En effet, si l'on examine les éléments de l'embryon dans les points où le cartilage doit se former, on constate qu'il existe seulement des cellules embryonnaires n'ayant aucun des caractères de la substance cartilagineuse.

##### § II. — État cartilagineux.

L'état cartilagineux correspond à cette période où, à la place des os, on trouve des cartilages ayant la forme de l'os futur. Ces organes

1. Pour apercevoir ces nerfs chez le fœtus, ce qui est plus facile que chez l'adulte, il suffit de faire tomber sur la moelle un filet d'eau, qui entraîne toutes les parties molles.

cartilagineux sont pleins, c'est-à-dire qu'il n'existe pas d'espaces médullaires; ils offrent, du reste, toutes leurs parties: ainsi, les os longs sont pourvus de la diaphyse, des épiphyses, des apophyses, etc.; de plus, ils sont revêtus d'une membrane, le *périchondre*, qui prendra plus tard le nom de *périoste*. Tous les os ne passent pas par l'état cartilagineux; tels sont: la voûte du crâne, comprenant la portion écailleuse de l'occipital, l'aile interne de l'apophyse ptérygoïde, le cercle tympanal et tous les os de la face. Les autres pièces du squelette sont souvent soulevées entre elles pendant l'état cartilagineux: tous les os du bassin ne forment qu'une pièce; il en est de même des côtes et du sternum, qui sont réunis, ainsi que des os de la base du crâne; mais la colonne vertébrale et les membres sont formés d'autant de pièces cartilagineuses séparées qu'il y aura d'os.

Au moment où l'état cartilagineux va se dessiner, on constate une modification des cellules embryonnaires, qui revêtent les caractères des cellules cartilagineuses. Par leur réunion, elles forment un tissu peu consistant; chaque cellule s'entoure d'une fine membrane, *capsule de cartilage*; un peu plus tard, il se développe entre les capsules une substance fondamentale transparente. Le cartilage grandit, non-seulement par l'addition de cette substance fondamentale, mais aussi par la prolifération des cellules.

La *corde dorsale* correspond à la période cartilagineuse du squelette 1.

1. C'est un cordon cartilagineux renflé à sa partie supérieure, qui correspond à l'apophyse basilaire de l'occipital, et effilé à son extrémité inférieure, qui s'étend jusqu'au centre de la dernière vertèbre coccygienne. La corde dorsale est constituée par une enveloppe et un contenu. L'enveloppe est un étui membraneux d'une extrême minceur, homogène et élastique. Dans cet étui on trouve un liquide et des cellules; le liquide est visqueux, les cellules sont trois ou quatre fois plus grandes que les cellules embryonnaires (Robin); elles sont polyédriques, transparentes, finement granuleuses; elles ont un noyau clair, sphérique, un nucléole petit et brillant.

L'eau gonfle les cellules, qui doublent de volume en s'arrondissant, et dissout leurs granulations.

Les cellules de la corde dorsale apparaissent immédiatement après les cellules embryonnaires. On les voit apparaître et se grouper en ligne dans l'axe de la tache embryonnaire; puis on voit l'enveloppe se former. C'est autour de la corde dorsale que naissent les disques intervertébraux, les vertèbres, la base du crâne, le sacrum et le coccyx; elle se renfle au niveau des disques intervertébraux; c'est elle qui formera plus tard la partie liquide qu'on trouve au centre de ces disques.

Au niveau des vertèbres, l'ossification du corps vertébral détermine l'atrophie de la corde dorsale, tandis qu'au niveau des disques, après



## § III. — État osseux.

L'ossification, *état osseux*, commence au moment où apparaissent les premières incrustations calcaires du cartilage, et se continue jusqu'à une période avancée de la vie. Tous les os, nous l'avons vu, ne sont pas précédés par du cartilage; aussi étudierons-nous les différents modes d'ossification: 1° dans le cartilage; 2° dans le tissu conjonctif.

## A. — Ossification dans le cartilage.

Lorsque l'ossification du cartilage a lieu, elle ne se fait pas dans toute la substance cartilagineuse en même temps; elle se produit dans des points isolés où, dès son apparition, elle donne lieu à des *points d'ossification*. Ces points d'ossification se montrent d'abord sous forme de taches sombres dans le cartilage; si on les divise, on voit que ces taches sont formées par un dépôt de substance rougeâtre que le scalpel traverse avec facilité.

Une fois formés, les points osseux s'étendent insensiblement et finissent par se réunir, par se souder aux points voisins du même os.

L'ossification, les cellules se modifient; elles forment de petits amas grisâtres, se creusent peu à peu de petites cavités qui se remplissent de gouttelettes rosées ou jaunâtres, solubles dans l'eau, ce qui prouve qu'elles ne sont pas graisseuses.

1. Les points d'ossification qui se montrent les premiers occupent presque toujours la partie centrale de l'os, d'où ils s'étendent pour en former la totalité, ou du moins une grande partie: on les nomme *points primitifs*. Dans beaucoup d'os, ces derniers ne suffisent pas à leur développement total; on voit alors se développer, sur des parties plus ou moins éloignées du centre de l'os, des points d'ossification qui complètent la forme de l'organe: on les appelle *points complémentaires* ou *épiphyes*.

Le premier point d'ossification qui se montre chez l'embryon est celui de la clavicule (à la fin du premier mois); viennent ensuite ceux du maxillaire inférieur et du corps des trois grands os longs des deux membres (du trentième au quarantième jour).

La réunion des divers points osseux varie avec les divers os du squelette; elle est complète lorsque l'extrémité inférieure du fémur se réunit au corps de cet os, c'est-à-dire vers l'âge de vingt-cinq ans.

Les points d'ossification, tant primitifs que complémentaires, au nombre de 579 (Sappey), diffèrent beaucoup dans la manière dont ils se soudent. Cependant, d'après Sappey, on sait que:

1° Un os développé par plusieurs points d'ossification primitifs ne

**1° Formation des points osseux.** — La formation des points osseux résulte des phénomènes suivants, qui se produisent dans la substance cartilagineuse: l'incrustation de la substance intercellulaire par des sels calcaires, la prolifération des cellules du cartilage, la production des vaisseaux.

*a. Incrustation calcaire.* — De petits grains de sels de chaux se montrent dans la substance fondamentale du cartilage et en même temps dans les capsules de cartilage; ces grumeaux sont d'abord disséminés, mais bientôt ils forment des masses serrées et compactes. Cette incrustation s'étend vers les parties voisines, qu'elle envahit à leur tour. Au moment où elle va recevoir le dépôt calcaire, la substance cartilagineuse prend une couleur jaunâtre, elle devient striée et d'apparence fibreuse.

*b. Prolifération cellulaire.* — Les cellules contenues dans les cavités du cartilage sont soumises dans le même point à un mouvement nutritif considérable; elles se segmentent, elles prolifèrent; chaque nouvelle cellule s'entoure d'une capsule secondaire.

Les cellules nouvellement formées augmentent de volume et refou-

présentent de points complémentaires qu'après la soudure complète des premiers;

2° Les points complémentaires d'un os apparaissent d'autant plus vite qu'ils prennent une part plus importante à sa formation; exemples: épiphyse inférieure du fémur, épiphyses supérieures du tibia et de l'humérus, épiphyses des corps vertébraux;

3° Dans les os très-nombreux qui ont pour origine un seul point primitif et un seul point complémentaire, l'apparition de ce dernier est d'autant plus précoce qu'il aura un volume plus grand; exemples: métacarpien, métatarsien et phalange.

En général, les épiphyses précoces se soudent lentement au reste de l'os, tandis que celles qui se montrent tardivement se soudent très-vite.

Serres a établi des lois sur le mode de réunion des points osseux. Quoiqu'elles présentent de très-nombreuses exceptions, il faut reconnaître qu'elles possèdent un caractère certain de généralité.

1° *Loi des éminences.* — Toute saillie osseuse prend naissance par un point d'ossification propre, excepté: apophyses mastoïde, zygomatique, etc.

2° *Loi de symétrie.* — Cette loi souffre peu d'exceptions. Tout os médian et impair est formé de deux moitiés qui se réunissent sur la ligne médiane; exemple: frontal, etc.

3° *Loi des cavités.* — Toute excavation osseuse est formée par la conjugaison de deux ou plusieurs points d'ossification; exemples: cavités cotyloïde de l'os coxal, glénoïde de l'omoplate, fosse ptérygoïde, trou vertébral, trous optique, condylien antérieur, vidien, etc.



lent la capsule-mère ou primitive, qui s'agrandit. Il résulte de cet agrandissement que plusieurs cavités finissent par communiquer entre elles pour former ce que nous appellerons plus tard des *boyaux* ou *alvéoles*.

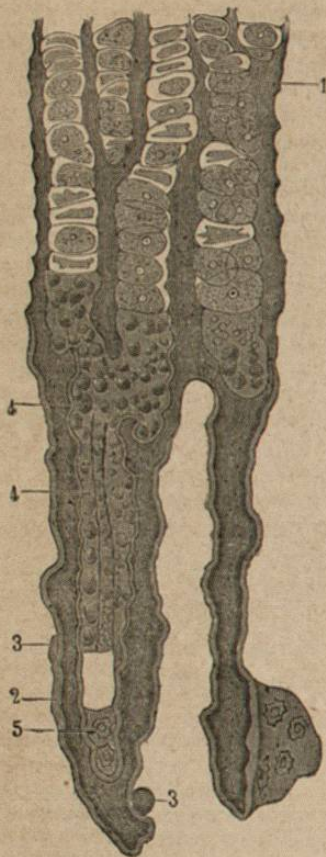


FIG. 176. — Section longitudinale du point d'ossification du corps d'un métatarsien chez l'embryon du veau, d'après H. Müller.

1. Substance fondamentale du cartilage avec ses cellules. — 2. Substance osseuse. — 3, 3. Cellules médullaires en voie de transformation osseuse. — 4, 4. Moelle au milieu de laquelle on voit un vaisseau qui se forme. — 5. Corpuscule osseux presque complètement développé.

Ce travail très-actif de génération précède toujours l'incrustation calcaire, de sorte que sur les limites des points d'ossification on trouve de grandes cavités et de grosses cellules cartilagineuses, dans une étendue assez petite, qui ne dépasse pas 4 millimètre.

c. *Production des vaisseaux.* — Plus ou moins longtemps avant

l'ossification, les cartilages deviennent vasculaires<sup>1</sup>, les vaisseaux partent du péri-chondre et pénètrent dans la substance cartilagineuse creusée de petits canaux, *canaux vasculaires du cartilage*. On sait que les parois de ces canaux sont limitées par de petites cellules de cartilage, mais on ne connaît pas la manière dont se fait la circulation dans les vaisseaux. Les canaux et les vaisseaux qui y sont contenus résultent du ramollissement de la substance cartilagineuse avec multiplication des cellules; celles-ci, par leur prolifération, donnent naissance aux parois des vaisseaux et aux globules sanguins. Ces vaisseaux sanguins servent à l'accroissement du cartilage, et leur apparition hâte toujours l'ossification. Ils s'anastomosent plus tard avec ceux qui se développent sur place dans la substance médullaire<sup>2</sup>.

2° *Formation du tissu osseux.* — Les phénomènes précédents préparent la transformation du cartilage, mais ils ne la constituent pas. Il faut donc examiner comment se forment la substance fondamentale, les ostéoplastes et les canaux de Havers.

Au moment où l'incrustation calcaire de la substance fondamentale s'est montrée, immédiatement après la prolifération si féconde des cellules cartilagineuses, un phénomène nouveau se produit : les *capsules cartilagineuses* se dissolvent; en même temps *une partie de la substance interstitielle incrustée est résorbée*, et la *prolifération des cellules se continue*<sup>3</sup>. Celles-ci changent alors de caractères : elles sont arrondies, molles, et renferment toujours un noyau; elles ressemblent aux cellules embryonnaires<sup>4</sup>, dont elles présentent parfois les mouvements amiboïdes.

Ces cellules jouent un rôle considérable par leur destination multiple : une partie se transforme en *cellules osseuses*, une autre

1. Ce qui ne veut pas dire qu'un cartilage ne peut pas s'ossifier sans vaisseaux, car cela se voit pour le premier point osseux du corps des os longs.

2. Selon Robin, les cartilages ne se vascularisent que vers la dixième ou la onzième semaine après que la substance osseuse a commencé à se substituer au cartilage.

3. Ce phénomène de dissolution des capsules et de formation des boyaux est facile à observer sur les limites de l'ossification, aux deux extrémités d'une diaphyse.

4. Indépendamment de ces cellules arrondies et isolées, on observe certains éléments aplatis, formés de protoplasma et contenant plusieurs noyaux : *cellules à noyaux multiples*, *myéloplaxes* de Robin. On considère généralement ces éléments comme une fusion de plusieurs cellules; l'ossification peut les envahir et donner naissance à de gros éléments spéciaux anfractueux, désignés par Kölliker sous le nom de *cellules osseuses composées*.



donne naissance aux cellules de la moelle; une autre partie, enfin, forme par des transformations rapides les autres éléments de la moelle et de l'os, vaisseaux, nerfs, etc. Sous l'influence de la prolifération, une certaine quantité de cavités de cartilage se confondent et donnent naissance à des espaces anfractueux, caverneux.



FIG. 177. — Section longitudinale du point d'ossification de l'extrémité d'une phalange de veau, d'après H. Müller.

1. Cartilage avec sa substance fondamentale, ses cavités contenant des cellules cartilagineuses en prolifération. — 2, 2. Espaces médullaires, boyaux séparés par des cloisons calcifiées. — 3, 3. Espaces renfermant des cellules médullaires et devant communiquer plus tard avec les précédents. — 4. Un grand espace médullaire. — 5, 5. Vaste espace médullaire ou boyau anfractueux. — 6. Restes de capsules de cartilage remplis de cellules osseuses et entourés de substance osseuse.

Résumons. Il n'y a plus de tissu cartilagineux, celui-ci étant détruit, mais il n'y a pas encore de tissu osseux. Le cartilage est transformé en une substance dure, calcifiée, dans laquelle on trouve des cavités anfractueuses. Ces cavités, dites *boyaux* ou *alvéoles*,

1. Espaces médullaires primitifs de Kölliker.

sont remplies de jeunes cellules qui donnent naissance plus tard à la moelle<sup>1</sup>, et séparées par des cloisons calcaires irrégulières et anfractueuses. Cornil et Ranvier appellent cette substance *tissu ossiforme*. Voyons maintenant se former les éléments de la substance osseuse.

Une partie des jeunes cellules contenues dans les grandes cavités anfractueuses dont nous venons de parler vient s'appliquer contre les parois des cavités<sup>2</sup>; elles y forment une couche assez régulière et prennent une forme polyédrique par suite de la pression qu'elles exercent les unes sur les autres<sup>3</sup>. Il se produit autour des cellules, probablement par exhalation de ces éléments, une substance in-

1. Ces nouvelles cellules constituent ce que quelques auteurs, Kölliker, etc., appellent moelle osseuse primitive, moelle fœtale, moelle formatrice.

2. Les cellules qui résultent de la prolifération active des cellules du cartilage, et qui remplissent les boyaux ou lacunes de la substance qui nous occupe, se divisent donc en deux parties bien distinctes : les unes donnent naissance aux éléments de la moelle, et les autres s'appliquent, en modifiant leur forme, contre les parois de ces boyaux, pour donner naissance à la substance osseuse; ces cellules sont désignées sous le nom d'*ostéoblastes* par Gegenbauer, qui en a fait une étude approfondie.



FIG. 178. — Ostéoblastes du pariétal d'un embryon humain de treize semaines (Gegenbauer).

1. Trabécules osseuses au milieu desquelles on voit les cellules osseuses résultant de la transformation des ostéoblastes. — 2, 2. Couches d'ostéoblastes.

3. La disposition de ces cellules varie selon les circonstances. Quand l'ossification a lieu dans une direction déterminée, comme cela se voit dans la diaphyse des os longs, les cellules forment des boyaux longitudinaux, entre lesquels la substance fondamentale s'incruste de sels. Dans les os courts, au contraire, et dans les points osseux des épiphyses, l'ossification se propageant irrégulièrement dans tous les sens, le groupement des cellules est accidenté, et les boyaux sont tortueux, de manière à présenter des lacunes sans direction déterminée (fig. 179).