

§ 4. — DÉVELOPPEMENT DES OS.

Les phénomènes relatifs au développement des os ont été rattachés à trois périodes ou trois états successifs : l'état cellulaire, l'état cartilagineux, l'état osseux.

A l'état *cellulaire*, les os sont constitués par les cellules qui forment primitivement tout le corps de l'embryon. Dans cette première période, rien ne les distingue des organes voisins.

L'état *cartilagineux* est caractérisé par l'apparition d'un élément nouveau, la substance amorphe, qui vient se surajouter aux cellules embryonnaires, pour les relier entre elles et en faire un seul groupe. — Cet élément nouveau se dépose simultanément dans les diverses pièces du squelette et dans toutes les parties du même os. A dater de ce moment, les os présentent un aspect et une consistance qui ne permettent plus de les confondre avec les organes environnants.

Un grand nombre d'auteurs ont admis que tous passaient par cet état intermédiaire à l'état cellulaire et à l'état osseux. Mais quelques os font manifestement exception à la loi générale : pour eux la période cartilagineuse n'existe pas ; ils passent immédiatement de l'état cellulaire à l'état osseux.

L'état *osseux* est le résultat de la substitution de la substance fondamentale osseuse à la substance amorphe du cartilage. Dans les os qui ont pour point de départ le tissu conjonctif la substance fondamentale osseuse se dépose dans l'épaisseur de ce tissu en s'irradiant de leur partie centrale vers leurs bords. — Dans l'un et l'autre cas, les molécules osseuses occupent les espaces intercellulaires qu'elles envahissent peu à peu et remplissent bientôt complètement.

Nous étudierons successivement : le mode d'évolution du tissu osseux dans les cartilages, dans la couche profonde du périoste et dans le tissu conjonctif. Nous suivrons ensuite la marche de l'ossification dans les divers os. Puis nous verrons quels sont les phénomènes dont ceux-ci deviennent le siège après leur complet développement.

A. — Mode d'évolution de la substance osseuse dans les cartilages.

Pour prendre une notion exacte de ce mode d'évolution, il importe de connaître la structure des cartilages, et les modifications qu'ils éprouvent au moment où le travail de l'ossification commence. On peut suivre alors ce travail pas à pas, et l'on voit naître avec la substance fondamentale les ostéoplastes et les cellules étoilées des os.

1° *Développement et structure des cartilages.* — Les cartilages dans l'embryon sont formés principalement par des cellules, et accessoirement par une substance amorphe, homogène, blanche, élastique et résistante, dans laquelle elles sont disséminées sans ordre. Mais peu à peu la substance amorphe, *substance fondamentale* des cartilages, augmente de quantité. Vers le quatrième ou cinquième mois de la vie fœtale, sa masse égale celle des cellules. Elle devient ensuite prédominante, de telle sorte qu'à la naissance elle forme à peu près les deux tiers du cartilage. A mesure que celui-ci se développe, les cellules et la substance intercellulaire s'accroissent au point que chez l'adulte les premières sont huit ou dix fois plus nombreuses que chez le nouveau-né.

Les cellules des cartilages sont ovoïdes ou irrégulièrement arrondies. Chacune d'elles est dépourvue d'enveloppe ; elles se composent d'un protoplasma granuleux et d'un noyau sphérique. — La cavité dans laquelle ces cellules nues se trouvent logées présente des parois unies, elle nous est déjà connue, c'est la *capsule de cartilage, chondroplaste* de quelques auteurs. A ces éléments se joignent des capillaires sanguins qu'on retrouve dans tous les cartilages d'ossification, mais qui font défaut dans les cartilages permanents.

2° *Modifications qui précèdent l'ossification.* — Le travail de l'ossification ne s'empare pas à la fois de toutes les parties du cartilage. Il débute par un point qui répond au centre de celui-ci. Dans ce point où tout se prépare pour la transformation osseuse, la substance fondamentale du cartilage devient jaunâtre, demi-transparente, moins homogène ; les cellules qu'elle contient s'accroissent et deviennent l'origine de cellules nouvelles, résultant de leur bipartition. Chaque cellule donne ainsi naissance à vingt, vingt-cinq ou trente cellules plus petites qui, dans les os courts et les os larges, se disposent en séries rayonnantes, et, dans les os longs, en séries parallèles au grand axe de la diaphyse. Mais cette multiplication des cellules n'a lieu que dans le point où vont se déposer les premières molécules osseuses, et autour des points d'ossification, dans une étendue qui n'excède pas un millimètre.

3° *Ossification de la substance fondamentale des cartilages.* — Lorsque cette substance s'est ainsi modifiée, on ne tarde pas à voir apparaître dans la partie qui est le siège de ces modifications, un point central plus sombre que les points environnants, offrant un aspect granuleux, et constitué par le dépôt des premières molécules osseuses. Ce dépôt se prolonge d'abord entre les séries de cellules sous la forme de saillies conoïdes, puis entre celles-ci sous la forme de cloisons.

Pendant que ce travail s'accomplit, la substance amorphe du cartilage est résorbée, et les granulations osseuses prennent sa place. Il y a donc substitution de la substance fondamentale des os à la substance fonda-

mentale du cartilage. Cette substitution est démontrée par les différences très caractérisées qui distinguent la gélatine de la chondrine, ainsi que nous l'avons précédemment constaté. A mesure que le dépôt granulé s'avance, la substance osseuse devient plus dense, plus dure, plus homogène; sous cet aspect, on peut la désigner, avec quelques auteurs, sous le nom de *substance ostéide*, ou avec Ch. Robin, sous celui de *substance préosseuse*; elle précède le véritable tissu osseux, mais n'en possède pas encore les attributs distinctifs.

4° *Naissance des ostéoplastes et des cellules étoilées.* — La substance préosseuse, envahissant de proche en proche la substance fondamentale du cartilage, se rapproche progressivement des capsules et des cellules qu'elles contiennent. Ces capsules sont envahies à leur tour; leurs parois se couvrent d'aspérités, et en même temps leur diamètre diminue. Ainsi transformées et réduites dans leurs dimensions, les capsules du cartilage ont été considérées autrefois comme autant d'ostéoplastes. Mais des faits précis et concluants tendent de plus en plus à réfuter cette opinion. Parmi ceux-ci, je mentionnerai les suivants: 1° le nombre des ostéoplastes est infiniment supérieur à celui des chondroplastés, quelle que soit la prolifération de ces derniers; 2° les ostéoplastes sont des cavités étoilées très compliquées et non de simples excavations de forme irrégulièrement arrondie; 3° et enfin ils contiennent des cellules étoilées aussi, et non des cellules ordinaires.

Pour comprendre toute l'importance de ces objections, poursuivons l'étude de l'ossification dans les os précédés d'un cartilage. Pendant que les capsules cartilagineuses prolifèrent et se disposent en séries longitudinales ou rayonnantes, on voit se produire aux deux extrémités de chacune de ces séries des phénomènes bien différents. Celle de ces extrémités qui se trouve entourée de toutes parts par la substance préosseuse se compose de larges capsules auxquelles succèdent des capsules de plus en plus petites, lesquelles, en se superposant, forment une sorte de cône ou de pyramide. Celles qui répondent à la base du cône ne tardent pas à communiquer entre elles, les minces cloisons qui les séparent étant résorbées sur un point d'abord, puis peu à peu d'une manière complète. Elles se transforment bientôt en une cavité unique, irrégulière, que remplissent les cellules provenant des chondroplastés détruits. Ces cellules se multiplient à leur tour par voie de bipartition, et en même temps elles émettent des prolongements qui les transforment en cellules étoilées.

Que deviennent alors ces nouvelles cellules? Celles qui répondent aux parois de l'excavation s'entourent d'une enveloppe osseuse qui en reproduit la forme: ainsi s'explique la production des canalicules osseux. Celles qui sont plus rapprochées du centre de l'excavation se comportent

de même; elles forment une seconde rangée ou plutôt une seconde lamelle parallèle à la première; à celle-ci succèdent une troisième, puis une quatrième lamelle, etc. Les cellules centrales, en se transformant en un simple épithélium, donnent naissance à un capillaire sanguin; et celui-ci, uni aux lamelles concentriques qui en forment les parois, constitue un système de Havers. Tels sont les phénomènes qui se produisent à la base des séries longitudinales et radiées. Pendant qu'ils s'accomplissent, les capsules du cartilage continuent de proliférer à l'extrémité opposée. Ainsi, à la base de chaque série, les capsules se détruisent; leur contenu persiste, se multiplie, passe à l'état de cellule étoilée; ces cellules s'entourent d'ostéoplastes; les ostéoplastes se disposent en séries circulaires; les lamelles forment des couches concentriques; puis un capillaire apparaît et les relie en un seul système. Au sommet des séries, les phénomènes qui se montrent sont beaucoup plus simples; on ne voit que des capsules en voie de prolifération, qui se superposent en décroissant de volume et qui subiront plus tard le sort des plus grandes, ou capsules de première génération.

Il n'est donc plus possible de considérer aujourd'hui les ostéoplastes comme des chondroplastés ossifiés. Les ostéoplastes sont des cavités nouvelles; les cellules étoilées qu'ils contiennent sont des cellules nouvelles aussi. Du cartilage, en résumé, il ne reste rien; après l'ossification, substance fondamentale, capsules, cellules primitives, tout a disparu. Les cellules primitives ne sont plus représentées que par des cellules de quatrième, sixième ou dixième génération, qui remplissent les espaces médullaires. Parmi ces dernières, celles qui se trouvent en rapport avec les parois des excavations osseuses se transforment en cellules étoilées, et s'entourent d'un ostéoplaste: c'est à ces cellules nouvelles, provenant par descendance des anciennes, que Gegenbaur, et avec lui toute l'école allemande, appliquent aujourd'hui la dénomination de *cellules ostéogènes*; elles sont appelées aussi *ostéoblastes*.

5° *Formation des aréoles du tissu spongieux, de la moelle fœtale et des vaisseaux.* — Les aréoles du tissu spongieux sont le résultat de la résorption partielle du tissu osseux. Elles peuvent se combler en partie, et même en totalité, lorsqu'elles sont remplies de cellules ostéogènes. Mais elles persistent indéfiniment si elles contiennent de simples cellules ordinaires, lesquelles représentent alors la moelle rouge ou fœtale. A l'intérieur des canaux médullaires les médullocelles et les myéloplaxes sécrètent une substance amorphe, dans l'épaisseur de laquelle se développent des faisceaux conjonctifs. A la moelle fœtale s'ajoutent aussi des vaisseaux sanguins. Ces vaisseaux existent déjà dans les cartilages d'ossification, mais sous la forme de canaux isolés, simples ou bifides, se terminant en culs-de-sac. Au moment de l'ossification,

ils s'étendent, s'élargissent et s'anastomosent en se prolongeant soit dans la substance préosseuse, soit dans les espaces médullaires. Ils prennent une part importante à la formation de ces espaces et de la moelle; mais leur rôle, jusqu'à présent, n'a pas encore été bien défini.

B. — Mode d'évolution de la substance osseuse dans la couche profonde du périoste.

Nous avons vu que pendant la période de formation et de croissance des os, il existe sur la couche profonde ou adhérente du périoste un tissu conjonctif embryonnaire en voie continue de rénovation. C'est aux dépens de ce tissu composé de minces faisceaux, de cellules et d'une certaine quantité de substance amorphe, que l'os s'accroît en épaisseur. Les faisceaux, en se développant et s'allongeant, formeront les fibres perforantes ou fibres de Sharpey. Les cellules, en se multipliant par voie de bipartition, prendront la forme étoilée. La substance amorphe, en se pénétrant de molécules osseuses, donnera naissance à des travées de substance ostéide.

Cette couche conjonctive profonde du périoste n'est donc pas simplement adhérente. Elle se continue en réalité avec le tissu osseux sous-jacent. La continuité est établie par un tissu d'abord mou, creusé d'aréoles à contour irrégulier; ces aréoles se remplissent de cellules de troisième ou quatrième génération, qui prennent la forme étoilée et qui jouent le rôle de cellules ostéogènes. Elles se comportent comme les cellules ostéogènes ou les ostéoblastes accumulées dans les excavations qui se produisent à la base des séries longitudinales des os longs. Les unes s'entourent d'ostéoplastes et produisent des lamelles concentriques à diamètre décroissant. Les autres, aplaties et juxtaposées, constituent un épithélium, c'est-à-dire un capillaire sanguin. Chaque aréole, en un mot, devient le point de départ d'un petit système de Havers, dont le vaisseau se continue avec l'un des capillaires de l'enveloppe fibreuse.

Ce mode d'évolution des couches osseuses sous-périostiques ne diffère pas en réalité de celui qui a pour siège les cartilages. Ici la substance fondamentale disparaît, et le tissu osseux se constitue, non aux dépens des cellules qu'elle contenait, mais aux dépens de cellules nouvelles, succédant aux cellules primitives. Sous le périoste il se forme, non aux dépens des cellules périostiques, mais aux dépens de leur descendance. La substance amorphe de l'un et l'autre côté disparaît. Du cartilage il ne reste rien; de la couche conjonctive embryonnaire du périoste il reste les fibres perforantes. Des deux côtés la production du tissu osseux est caractérisée par quatre principaux phénomènes: 1° par la prolifération excessive des cellules primordiales; 2° par l'existence temporaire

du tissu osseux ostéide; 3° par la forme étoilée que prennent les cellules de nouvelle génération; 4° et enfin par le dépôt autour de ces cellules d'une substance osseuse définitive.

C. — Mode d'évolution de la substance osseuse dans le tissu conjonctif embryonnaire.

Quelques os ne sont pas précédés par un cartilage: tels sont ceux qui forment la voûte du crâne: le frontal, les pariétaux, les grandes ailes du sphénoïde, l'écaïlle des temporaux et la partie postéro-supérieure de l'occipital. A ceux-ci j'avais cru devoir ajouter autrefois les os de la face, les clavicules et les côtes. Mais tous ces os sont d'abord cartilagineux. M. Hervé m'a montré de très belles préparations sur lesquelles j'ai pu constater que les os de la face, comme tous ceux du tronc, sont cartilagineux à leur naissance. Quant aux côtes, j'ai pu voir sur une série de préparations de M. Mathias-Duval qu'elles offrent aussi une période cartilagineuse. Seuls les os de la voûte du crâne feraient donc exception; seuls ils sont primitivement osseux.

Le crâne dans son développement se présente sous trois états bien différents: il est d'abord membraneux, puis cartilagineux à sa base et membraneux supérieurement, et enfin osseux dans toutes ses parties.

Le crâne membraneux est composé de faisceaux de tissu conjonctif, de cellules arrondies et d'une substance amorphe. Les granulations calcaires se déposent dans la substance amorphe, autour et dans l'épaisseur des faisceaux. On voit apparaître alors un point ossiforme, lequel se prolonge en rayonnant sous l'aspect d'aiguilles ou de travées qui s'unissent pour former un réseau mince et délicat. Dans les mailles du réseau se trouvent les cellules et, un peu plus tard, des capillaires sanguins. Les cellules, en se multipliant par voie de bipartition successive, s'échelonnent en séries linéaires autour des travées; elles se pressent les unes contre les autres, prennent des facettes et des angles; puis ceux-ci s'allongent peu à peu, en sorte que chacune de ces cellules de nouvelle génération ne tarde pas à offrir une configuration étoilée qui s'accuse ensuite de plus en plus.

A dater de ce moment l'évolution des os du crâne devint plus active et plus rapide. Le réseau ossiforme se rapproche peu à peu des bords de l'os correspondant. Pendant qu'il s'étend en surface, la prolifération et la transformation des cellules continuent; chacune d'elles s'entoure d'une couche osseuse qui sera un ostéoplaste. Les vaisseaux qui sont plus développés favorisent la substitution du tissu osseux au tissu ostéide. C'est alors aussi que l'os commence à s'épaissir: de nouvelles couches s'ajoutent à la première, ou plutôt se superposent à celle-ci. Ces couches nou-

velles émanent du périoste et de la dure-mère. Elles se forment par un processus qui rappelle celui des couches sous-périostiques des os longs. Ces phénomènes concomitants poursuivant leur marche progressive, les deux tables des os de la voûte recouvrent la couche spongieuse qui avait paru la première ; mais à la naissance et surtout du côté de la dure-mère, c'est la seule encore qui existe. L'ordre d'évolution des trois couches pour ces os est donc le suivant : d'abord la couche diploïque, puis la table externe, et ensuite la table interne.

Tel est le mode d'évolution de la substance osseuse ; suivons maintenant cette substance dans son accroissement, et voyons comment les os se développent.

D. — Marche de l'ossification dans les divers os.

L'ossification débute par le centre des os. Ces points centraux, ou *points d'ossification primitifs*, s'étendent, vers les extrémités des os longs, la circonférence des os larges, et la périphérie des os courts. Ils forment par leur accroissement la plus grande partie de l'os. Quelquefois même un seul point suffit pour le développement de celui-ci ; c'est ce qui a lieu pour le pariétal, les petits os de la face, tous les os du carpe et presque tous ceux du tarse.

D'autres naissent par deux points d'ossification primitifs, comme le frontal ; ou par trois, comme le temporal et l'os iliaque ; ou par quatre comme le cubitus et le tibia ; d'autres par cinq, comme l'occipital ; ou par un plus grand nombre, comme le sphénoïde.

Mais ces points primitifs, malgré l'extension considérable qu'ils prennent, ne suffisent pas toujours pour la production de l'os. On voit naître alors vers les extrémités ou à la périphérie du cartilage, d'autres points qui, en se portant à la rencontre des précédents, complètent l'œuvre que ceux-ci avaient commencée. Ces points complémentaires sont connus sous le terme générique d'*épiphysses*.

Pour suivre l'ossification dans ses progrès, nous avons donc à déterminer : 1° le nombre des points primitifs et l'époque de leur apparition ; 2° celui des points complémentaires ; 3° l'âge auquel s'opère la fusion successive des uns et des autres.

Cette étude laisse encore beaucoup à désirer. Elle soulève des doutes que les efforts persévérants d'un grand nombre d'auteurs n'ont pu entièrement dissiper, et qui tiennent en grande partie au nombre trop limité des observations. Il ne suffit pas, en effet, d'avoir sous les yeux toute la série des âges, il faut encore avoir à sa disposition plusieurs individus du même âge. Dans ce but, j'ai préparé pour le musée Orfila 76 sque-

lettes, en voie de développement, dont l'âge, pour chacun d'eux, a été exactement déterminé. Tous les détails dans lesquels je vais entrer, et ceux que j'exposerai en décrivant les os en particulier, ont été observés sur cette collection, que j'ai mis plusieurs années à rassembler.

Les points d'ossification se développent à des époques très différentes, ainsi que le démontre l'énumération suivante :

Le premier point qu'on observe est toujours celui de la clavicule, qui existe déjà à la fin du premier mois de la vie intra-utérine.

Du 30^e au 40^e jour, naissent ceux de la mâchoire inférieure, du corps de l'humérus, des os de l'avant-bras, du fémur, du tibia.

Du 40^e au 45^e, paraissent les arcades orbitaires du frontal, les six dernières côtes et le corps du péroné. — Du 45^e au 50^e, les six côtes supérieures. — Du 50^e au 55^e, le tiers moyen de l'occipital et l'omoplate.

A la fin du 2^e mois, le maxillaire supérieur, les lames des vertèbres cervicales et l'ilion.

De 2 à 2 mois 1/2, les condyles de l'occipital, son apophyse basilaire, son angle supérieur ; la portion écailleuse du temporal ; le corps des vertèbres dorsales ; les métacarpiens et les métatarsiens.

De 2 mois 1/2 à 3, le pariétal, le sphénoïde, les os du nez, le malaire, les palatins, les phalanges de la main.

De 3 à 3 mois 1/2, le corps des vertèbres lombaires, le sacrum, la tubérosité de l'ischion, les phalanges du pied.

De 3 mois 1/2 à 4, la portion pierreuse du temporal, le corps des vertèbres cervicales, l'apophyse odontoïde.

De 4 à 5 mois, les parties latérales de l'ethmoïde, le cercle tympanal, le pubis. — De 5 à 6 mois, le sternum, le calcaneum.

A la naissance, l'extrémité inférieure du fémur, l'extrémité supérieure du tibia, l'astragale.

A 1 an, le corps de l'atlas, l'extrémité supérieure de l'humérus, le grand os, l'os crochu, l'extrémité supérieure du fémur, le cuboïde.

Par l'énumération qui précède et qu'il serait aussi aride qu'inutile de poursuivre, on peut voir qu'aucun ordre ne préside à l'apparition des points primitifs et complémentaires. L'état osseux, sous ce rapport, diffère beaucoup de l'état cartilagineux. Dans celui-ci tout est rapide et régulier ; à peine la substance fondamentale a-t-elle paru dans une des pièces du squelette, qu'elle se montre dans les autres. Dans la période osseuse, au contraire, on ne trouve qu'irrégularités, que désordre apparent : dresser le tableau de tous les points d'ossification dans l'ordre où ils se succèdent, c'est rappeler en quelque sorte l'image du chaos.

Quelques auteurs n'ont pas désespéré cependant de découvrir la loi qui tient l'ossification sous sa dépendance et qui en règle la marche. — Les uns ont invoqué la précocité des fonctions : ils ont fait remarquer le

développement rapide de la mâchoire intérieure et celui des côtes. Mais la clavicule précède ces os; l'humérus, le cubitus, le radius, le fémur, le tibia, se montrent presque en même temps et ils n'entrent en fonctions que très tardivement. — D'autres ont cru pouvoir admettre que l'ossification est d'autant plus prompte que les os sont plus rapprochés du centre circulatoire. Les côtes et la clavicule semblaient plaider en faveur de cette opinion; mais le sternum qui recouvre le cœur et qui devrait se développer le premier est précédé par les os des extrémités.

On peut dire, d'une manière générale, que les os sont d'autant plus précoces dans leur apparition, qu'ils seront plus longs à parcourir les différentes phases de leur développement.

Le nombre des points primitifs constants est de 308 et celui des points complémentaires de 271. Pendant la durée de l'ostéogénie, on n'observe donc pas moins de 579 centres d'ossification. Dans cette énumération ne rentrent ni les points supplémentaires, ni les os sésamoïdes autres que la rotule, ni les os wormiens, dont le chiffre total peut s'élever jusqu'à 25.

Tous ces centres, dans chacune des parties du squelette, s'étendent, se rapprochent peu à peu et finissent par se souder pour constituer l'os dans lequel ils ont pris naissance.

A quelle époque s'opère la soudure des points primitifs? et à quel âge les points complémentaires se soudent-ils aux précédents? L'observation atteste que sous ce double point de vue les os diffèrent beaucoup les uns des autres; elle nous montre aussi que la marche de l'ossification dans le même os diffère suivant les individus. Trois faits généraux, cependant, se dégagent de toutes ces variétés :

1° Lorsqu'un os se développe par plusieurs points d'ossification primitifs, comme l'os coxal et toutes les vertèbres, ceux-ci se soudent avant que les points complémentaires se montrent.

2° Lorsque l'os se forme par un seul point primitif et deux ou plusieurs points complémentaires, ces derniers apparaissent d'autant plus tôt qu'ils prennent une part plus importante à la production de l'os : l'épiphyse inférieure du fémur et celle du radius naissent toujours avant la supérieure; l'épiphyse supérieure du tibia et celle de l'humérus, plus volumineuses que l'inférieure, naissent avant celle-ci; c'est encore pour la même raison que les épiphyses du corps des vertèbres naissent avant celles des apophyses épineuses et transverses.

3° Dans les os, très nombreux, qui ont pour origine un seul point primitif et un seul point complémentaire, la précocité des épiphyses est en raison de leur volume latif; ainsi les épiphyses des métacarpiens et des métatarsiens, qui sont relativement volumineuses, se forment avant celle des côtes, des clavicules, des apophyses épineuses, etc., qui toutes présentent au contraire un volume relatif extrêmement minime.

Entre l'époque à laquelle se produisent les épiphyses et celle à laquelle elles se soudent, on remarque souvent une sorte de contraste. En général, elles se soudent d'autant plus lentement qu'elles sont plus précoces, d'autant plus rapidement qu'elles sont plus tardives. Ainsi l'extrémité inférieure du fémur et l'extrémité supérieure du tibia, qu'on peut déjà distinguer à la naissance, ne se réunissent que de vingt à vingt-cinq ans. Cette rapide fusion des épiphyses tardives est surtout remarquable pour celles des côtes, des apophyses épineuses, de la clavicule, etc.

Dans un travail important présenté en 1819 à l'Académie des sciences, Serres a cru pouvoir rattacher à trois lois principales tous les faits relatifs au développement des os ou à l'ostéogénie.

D'après la *loi de symétrie*, tout os médian est d'abord double. Ses deux moitiés en se développant se rapprochent, puis se réunissent l'une à l'autre. Au début de l'ossification, il existe, en effet, deux frontaux, deux maxillaires inférieurs; je montrerai qu'il existe aussi deux vomers, deux sphénoïdes, deux ethmoïdes, deux atlas, deux apophyses odontoïdes; toutes les apophyses épineuses des vertèbres sont également doubles. Des faits nombreux viennent donc confirmer cette loi. Cependant il faut reconnaître qu'elle présente de nombreuses exceptions; ainsi le corps des vertèbres naît par un point unique et médian; il en est de même pour le tiers moyen de l'occipital et pour son apophyse basilaire.

D'après la *loi des éminences*, toute saillie osseuse a pour origine un point d'ossification qui lui est propre. Ici encore les faits confirmatifs se présentent en grand nombre. Ils sont même plus nombreux que ne le pensent la plupart des auteurs. Quelques apophyses, cependant, échappent à la loi: tels sont les apophyses zygomatiques et mastoïdes, les condyles du fémur, la malléole interne, etc.

D'après la *loi des cavités*, toute excavation est formée par la conjugaison de deux ou de plusieurs pièces; ainsi se forme la cavité cotyloïde et la cavité glénoïde de l'omoplate; tel est également le mode de formation de la fosse ptérygoïde, du sinus maxillaire, du sinus sphénoïdal, etc. Le trou des vertèbres résulte de la conjugaison de leurs trois points primitifs; le trou optique, le trou condyloïdien antérieur, le conduit vidien, etc., ont une origine analogue. On ne peut donc contester à cette loi un caractère très réel de généralité. Comme les précédentes, toutefois, elle comporte beaucoup d'exceptions, parmi lesquelles je citerai seulement le trou grand rond, le trou ovale, le conduit auditif interne, le conduit dentaire inférieur, le canal médullaire des os longs, leur conduit nourricier, etc.

La marche de l'ossification présente quelques différences, suivant qu'on l'étudie dans les os longs, les os larges et les os courts.