

forme (maxillaires, os de la voûte du crâne, etc.), elle est toujours mince parce qu'elle est envahie par l'os (*ossification par envahissement*, Ch. Robin), à mesure qu'elle-même envahit le tissu lamineux qui la touche (1). Il en est encore ainsi à la surface des os du tronc qui ont été précédés d'un cartilage de même forme dès que l'os arrive près de leur périchondre et tant que dure leur accroissement après la naissance. La substance fondamentale de ce cartilage ne constitue que de très-minces cloisons entre ces cellules. Plusieurs auteurs nient son existence. Cette couche est molle et légèrement jaunâtre à l'état frais. Elle se détache aisément de l'os sous forme de bandes ou

(1) C'est ce cartilage, qu'en raison de son rôle dans l'évolution normale et pathologique, j'ai appelé *cartilage d'envahissement* (Ch. Robin, *Compt. rend. et Mém. de la Soc. de biol.*, 1850, p. 431), et qui a reçu depuis le nom de *couche ostéogène* (Ollier, 1863); ce sont les cellules de ses chondroplastiques qu'appellent *ostéoblastes* (Gegenbauer, 1864), et *cellules jeunes* ou *embryonnaires des os, cellules indifférentes conjonctives* (Stieda) les auteurs qui considèrent cette couche comme formée de cellules simplement juxtaposées entre elles et à l'os, et représentant des ostéoplastes préformés qui peu après sont englobés par la substance osseuse propre et dont s'irradient ensuite les canalicules anastomotiques. Stieda les appelle même *ostéoplastes* (1872) et considère le noyau et le protoplasma qui reste autour comme formant seuls le *corpuscule osseux*. Toutefois j'avais méconnu la présence de ces cellules dans cette couche d'envahissement, que je décrivais comme formée de chondroplastiques ne contenant qu'un liquide, sans corps cellulaire nucléé ou en d'autres points un noyau seulement (voy. p. 365). Les fibres lamineuses du périoste ou périchondriques si l'on veut, adhèrent naturellement à cette couche cellulaire qui les sépare de l'os et qui prend leur place progressivement en même temps que celles-ci se reforment au delà à mesure que l'ossification les envahit. Elles sont parallèles à la surface de l'os examiné, ou quelques-unes s'en détachent en rayonnant plus ou moins obliquement; mais l'action des réactifs sur les tissus frais montre que le cartilage et le tissu lamineux ne sont pas de même nature quelles que soient les dispositions morphologiques (voy. p. 364). Quel que soit le degré de prédominance de la masse représentée par les noyaux, puis par les cellules sur la substance fondamentale ou intercellulaire, quelle que soit la minceur des portions de celles-ci qui séparent les cavités ou chondroplastiques les uns des autres (et même surtout alors), jamais le tissu cartilagineux ne ressemble au tissu connectif et ne s'en rapproche même sur les poissons et les céphalopodes, contrairement à ce qu'avance Gegenbauer (*Anatomie comparée*, 1873, p. 37). Jamais on ne voit cette substance se développer à la manière de ce que fait le tissu connectif; de plus, quand elle passe à l'état strié ou fibrillaire, il n'est pas vrai qu'elle soit changée en tissu cellulaire ou connectif (voy. Ch. Robin, art. CARTILAGE, Diction. encyclop. des sc. méd. Paris, 1871, p. 716). D'autre part, en présence des différences qui séparent chimiquement le tissu lamineux du cartilage (voy. p. 35, et *loc. cit.*, p. 718, et art. LAMINEUX, 1867, p. 233 et 239), ce n'est pas sans étonnement que l'on voit encore des auteurs (Gegenbauer) dire que sous ce rapport ces deux tissus ne diffèrent pas et qu'à divers points de vue il y a une étroite affinité entre eux.

plaques cellulaires. Ses chondroplastiques n'ont guère que 0^{mm},012 à 0^{mm},020 de largeur, c'est-à-dire un diamètre en général au moins de moitié plus petit que celui des cavités de la plupart des autres cartilages; en outre ils sont bien plus rapprochés les uns des autres. Ils sont à peu près d'égal diamètre en tout sens souvent un peu anguleux. Ces chondroplastiques renferment, soit seulement un noyau, soit le plus souvent une cellule finement grenue ayant la forme polyédrique du chondroplaste qu'elle remplit; son noyau est ovoïde, régulier, relativement assez gros.

Les nodules ou petites masses cartilagineuses, tantôt molles, tantôt dures des cartilages en voie de régénération et celles qu'on trouve dispersées au milieu des faisceaux dans certaines tumeurs fibreuses, périostiques ou autres, sont souvent remarquables aussi par ce fait, que les chondroplastiques très-petits ne renfermant qu'un noyau sphérique ou ovoïde ne sont séparés les uns des autres que par fort peu de substance fondamentale (voy. p. 365). Il résulte de là qu'il faut parfois l'emploi d'un fort grossissement pour ne pas confondre ces portions cartilagineuses avec de simples amas de noyaux embryoplastiques au milieu des faisceaux de fibres entrecroisées. Le séjour dans l'acide acétique qui attaque celles-ci et non le tissu cartilagineux facilite beaucoup cet examen.

ARTICLE III. — GÉNÉRATION CELLULAIRE DES OS ET DE LA MOELLE OSSEUSE.

La génération du tissu osseux n'est en aucun cas une métamorphose en cellules osseuses et en matière fondamentale des cellules de provenance vitelline (voy. p. 293). Partout il apparaît à une époque où ces cellules n'existent plus depuis longtemps. Qu'il naisse au sein du cartilage, des tissus fibreux, lamineux embryonnaire ou adulte, toujours il se substitue à ces tissus de telle sorte qu'il ne reste plus de traces de leur constitution primitive, même au point de vue de la composition immédiate. Ce qu'il y a surtout de remarquable, c'est que ce fait est encore plus tranché lorsque l'os se substitue au cartilage (*ossification par substitution*, Ch. Robin, 1850) que lorsqu'il remplace le tissu fibreux. L'osséine est en effet semblable

ou très-analogue à la *geline* ou substance organique fondamentale des fibres du tissu lamineux, tandis qu'elle diffère absolument, chimiquement parlant, de la *cartilagine* ou *chondrogène* (voy. p. 35) qu'elle remplace quand l'os vient se substituer au cartilage.

Dans tous les cas, il y a production de la substance fondamentale (osséine 30, phosphate de chaux 57, carbonates calcaires 8, etc.) entraînant la disparition des éléments des tissus, soit lamineux, soit cartilagineux, suivant les cas, et circonscrivant peu à peu des cavités; dès l'époque de la délimitation de celles-ci on peut mettre à découvert des cellules qui diffèrent de celles des tissus précédents sans qu'on puisse suivre les phases de leur genèse (sauf le cas indiqué page 374, en note) en raison de l'opacité de la substance propre, opacité plus grande lors de la formation qu'elle ne l'est peu après.

Le début de tout *point d'ossification* qui naît au sein d'un cartilage préexistant, soit vers le centre, soit vers la superficie de celui-ci, selon qu'il s'agit d'os courts ou d'os longs, a lieu à peu près de la même manière, qui est la suivante (1).

Dans l'endroit, large de quelques dixièmes de millimètre,

(1) Voy. Ch. Robin, *Sur le siège du premier point d'ossification des os longs* (Journal d'anat. et de physiol., 1864, p. 577 et planches). Notons ici un fait important que nul auteur ne signale. C'est que ces cellules qui, dans les cartilages en voie d'ossification, sont devenues sphéroïdales, larges de 0^{mm},03 à 0^{mm},05, transparentes, parsemées de quelques granules graisseux, sont pourvues d'une cavité distincte de la paroi et ne sont plus une masse aussi dense au centre qu'à la périphérie. Cette dernière est directement apercevable dans les chondroplastes. Sa cavité est décelée par le mouvement brownien que présentent les fins granules graisseux flottant dans son contenu liquide, hyalin, à côté de leur noyau. Ce dernier est sphérique, non grenu, sans nucléole généralement et pâle; il est au sein de la cellule ou adhérent à la face interne de la paroi. Toutes ces particularités peuvent être constatées avant l'action de l'eau. L'ammoniaque dissout rapidement le noyau et laisse les granules se mouvoir; mais au bout de quelques minutes elle les fait se rassembler en un noyau immobile sur un point de la circonférence de la cellule, sans dissoudre celle-ci non plus que celles qui n'ont pas de paroi propre. Ces dernières peuvent se trouver dans un même chondroplaste à côté de celles qui sont vésiculeuses. L'amas grenu grisâtre, plus ou moins hérissé de fins prolongements (voy. p. 372) qui, dans leur masse, remplace le noyau sphérique des autres, n'est pas dissous par l'ammoniaque, mais seulement plus ou moins pâli et lentement. Les coupes très-minces, en vidant de leurs cellules les chondroplastes des cartilages d'ossification, montrent que beaucoup de cellules rapprochées en groupes arrondis, etc., simulant un seul chondroplaste volumineux à cellules multiples, se trouvent contenues dans autant de cavités très-rapprochées, séparées les unes des autres par de très-minces cloisons de la substance fondamentale.

où la substance osseuse propre ou fondamentale va paraître bientôt, les chondroplastes perdent leur forme étroite et allongée, anguleuse ou non, dite embryonnaire ou fœtale. Ils deviennent ovoïdes ou arrondis, bien plus larges, à cellules bien développées, nettes, souvent multiples, parfois comprimées réciproquement. Quelquefois aussi ce sont plusieurs chondroplastes à une seule cellule qui sont réunis en groupes de quatre à huit, séparés par une très-mince bande de substance fondamentale hyaline; de sorte que le premier coup d'œil fait croire à l'existence d'un grand chondroplaste à cellules multiples. Les chondroplastes devenus arrondis ou les groupes qu'ils forment se disposent généralement, mais non toujours en séries parallèles entre elles ou irradiées à partir du centre du cartilage, avec une mince bande de substance cartilagineuse fondamentale généralement hyaline, parfois très-finement striée.

Le point d'ossification débute par la production de groupes de granulations phosphatiques disposés sous forme de traînées dans ces bandes de substance fondamentale, vers leur milieu. En se réunissant et devenant cohérents, ces granules de substance osseuse fondamentale constituent bientôt des lamelles continues entre les chondroplastes qu'elles circonscrivent; lamelles qui sur la coupe qui leur est parallèle se présentent sous forme de minces trabécules entrecroisées et se joignant ensemble sous des angles divers. Dans les aréoles circonscrites (dont la coupe transversale a un aspect très-élégant), on reconnaît encore les chondroplastes et leurs cellules n'ayant guère diminué de diamètre, d'autant plus irrégulières et plus grenues qu'on les examine plus près du centre de chaque point d'ossification. On reconnaît ces cellules, soit directement sur des coupes fraîches, soit sur des pièces traitées par les acides minéraux étendus.

Le tissu osseux reste ainsi aréolaire à aréoles larges en moyenne de 40 millièmes de millimètre circonscrivant de toutes parts les chondroplastes; les acides en dissolvant les sels calcaires gonflent la substance organique qui reste après leur action et déterminent la production d'une couche hyaline sinueuse, épaisse d'un centième de millimètre, bordant la face interne des aréoles. Ce n'est qu'à l'époque où le *point d'ossification* déjà blanchâtre et opaque offre un diamètre d'un milli-

mètre et parfois plus, que vers son centre ces aréoles réduites alors à un diamètre de 18 à 25 millièmes de millimètre, prennent les caractères d'ostéoplastes avec cavité pleine de liquide et noyau; en même temps les canalicules radiés anastomotiques commencent à se développer autour d'eux (1).

Un tissu osseux semblable (dit *ostéoïde* par quelques auteurs, *spongoïde* par Broca, 1852), c'est-à-dire aréolaire et dont les ostéoplastes n'ont pas encore de canalicules radiés, dépasse toujours, sur une épaisseur d'un quart à un demi-millimètre, la partie osseuse bien formée, pendant toute la durée de l'ossification des cartilages du squelette de l'enfant (2).

Les lames de ce tissu osseux, qui ont déjà pris la place de la substance fondamentale du cartilage, mais ne se sont pas encore substituées aux cavités et à leur contenu cellulaire qu'elles circonscrivent, ont des contours peu réguliers; elles sont généralement grenues et par suite peu transparentes sous le microscope. Aussi sur les coupes portant à la fois sur le cartilage non ossifié, sur la portion aréolaire ou *ostéoïde* et sur l'os parfait, la partie ostéoïde est plus opaque que la portion à ostéoplastes radiés qui lui fait suite. Ce peu de transpa-

(1) Tant que le tissu osseux d'un point d'ossification est à l'état aréolaire, celui-ci diminue notablement de volume lors de la dessiccation du cartilage qui le renferme, parfois de moitié ou environ.

(2) En d'autres termes, ce n'est qu'à un tiers ou à un demi-millimètre et plus, en dedans de la périphérie du point d'ossification des os précédés d'un cartilage de même forme, que se voient des ostéoplastes déjà pourvus de canalicules radiés (Ch. Robin, *Sur les cavités caractéristiques des os*. Compt. rend. et Mém. de la Soc. de biol. Paris, 1856, in-8, p. 493). Dans diverses productions osseuses morbides et dans les os de beaucoup de poissons, les ostéoplastes restent pendant toute la durée de leur existence à l'état de cellules sans canalicules anastomotiques périphériques. J'ai montré dans le travail cité ici que la glycérine permet de prouver que les cellules osseuses sont des cellules à cavité contenant un liquide, et non des corps cellulaires pleins. Dans les animaux mêmes où les cellules manquent de canalicules le contact de la glycérine cause en effet le dégagement des gaz en dissolution dans ce liquide ou protoplasma; il prend la place de ce dernier, le chasse, s'étend jusque dans les canalicules lorsqu'il y en a, et permet de les mettre nettement en évidence sur les os frais. On peut constater que les cellules osseuses sont creuses un peu avant l'époque où vont se développer leurs canalicules radiés chez l'homme, etc.; que dès leur origine elles diffèrent par ce fait des cellules du cartilage voisin et de celles du tissu cellulaire qui ne présentent rien de semblable. Sur une indication de Doyères, j'ai attribué à Serres le mot *ostéoplasme* dont je m'étais servi dans mes communications sur l'ostéogénie (*Soc. de biologie*, 1850, p. 120) pour désigner les *corpuscules osseux* qu'alors je croyais être non cellulaires; mais je n'ai jamais pu retrouver ce terme dans les écrits de ces auteurs antérieurs aux miens.

rence de la superficie des points d'ossification est même une des causes qui la rendent difficiles ces études ostéogéniques.

Sur des coupes de ce genre on trouve ainsi successivement le cartilage transparent avec ses chondroplastés en séries; puis, dans sa substance fondamentale se voient plus près de l'os les traînées parallèles, granuleuses, à bords plus ou moins nets, du dépôt phosphatique qui, au delà s'anastomosent transversalement par des traînées semblables, circonscrivant encore les chondroplastés; on arrive ainsi à la couche de tissu osseux aréolaire ou *ostéoïde* peu transparente décrite plus haut (1); celle-ci conduit au tissu osseux proprement dit ou parfait, à ostéoplastes bien limités, déjà pourvus de canalicules radiés, et plus transparent que le tissu *ostéoïde*, qui est en continuité avec lui. Dans les points d'ossification déjà vasculaires et volumineux, ce tissu osseux plus transparent, bien constitué, forme une mince couche de tissu compacte, épaisse de 1 à 2 dixièmes de millimètre, selon les os dont il s'agit; derrière elle on retombe, si l'on peut dire ainsi, dans un tissu osseux, qui est du tissu spongieux, c'est-à-dire dans lequel les cavités médullaires ne sont pas closes de toutes parts, communiquent ensemble et sont pleines de moelle. Les cellules médullaires naissent à mesure qu'a lieu la résorption de la substance osseuse compacte précédente, que remplacent ainsi ces alvéoles pleines de moelle dès l'origine. Les lames ou trabécules qui séparent celles-ci sont dures et transparentes comme celles de l'os parfait, surtout au contact de la glycérine; elles contiennent des

(1) Il faut noter toutefois que ces prolongements phosphatiques, empiétant sur le cartilage d'ossification dont ils englobent encore les chondroplastés dans les élégants alvéoles qu'ils limitent, n'ont pas, autour des points osseux des os courts et épiphysaires cet état grenu (qui rend leurs bords plus ou moins mal limités) aussi marqué qu'aux bouts des diaphyses. D'une part, ils sont plus épais, homogènes et par suite plus transparents, à bords nettement limités et de leurs faces latérales s'élèvent des mamelons ou tubercules réfractant fortement la lumière, qui en s'allongeant forment eux-mêmes des cloisons. D'autre part ces prolongements sont plus courts, après la naissance surtout; en sorte qu'en partant de leur extrémité, qui en général est mousse, on arrive plus vite au tissu osseux bien formé, tout à fait compacte et derrière lui aux trabécules ou lames limitant les alvéoles pleines de moelle du tissu devenu spongieux; en d'autres termes, la couche *ostéoïde* est alors plus mince que dans les périodes antérieures. Quelques modernes ont, sans en dire la raison, changé l'emploi du mot *ostéoïde* et lui font désigner: 1° les uns diverses incrustations calcaires; 2° les autres la surface transparente des colonnettes du tissu spongieux naissant.