

verrons du reste qu'un certain nombre d'appareils ont été spécialement construits dans ce but.

5° *Mouvements des articulations contiguës.* — BONNET, dans un travail fort intéressant, a fait remarquer que l'on produisait toujours des déplacements assez notables, en imprimant des mouvements aux articulations directement en contact avec les fragments d'une fracture.

6° *Élasticité de la peau.* — Les auteurs ont rangé parmi les causes qui peuvent favoriser le déplacement, l'élasticité spéciale de la peau. Sans nier l'influence de ce facteur, nous sommes portés à croire que seul il aurait une importance assez minime, mais toutes ces causes s'ajoutent entre elles, se prêtant ainsi un mutuel et fâcheux concours.

#### § 4. — Du cal. — Mécanisme de formation

**Bibliographie.** — DUHAMEL, *Mém. de l'Ac. roy. des sciences*, 1741-1743. — DUPUYTREN, *Leçons de clinique chirurgicale*, t. II, p. 47, 1839. — CRUVEILHIER, *Traité d'anatomie pathologique*, t. I<sup>er</sup>, p. 88. — HOWSHIP, *Med. Chir. Transact.*, 1819, t. IX, p. 143. — FLOURENS, *Théorie expérimentale de la formation des os*, 1847. — CORNIL et RANVIER, *Traité d'anatomie pathologique*, 1881. — OLLIER, *Traité de la régénération des os*, 1867, t. I<sup>er</sup>, p. 200. — HOFMOKL, *Wien. med. Jahrbuch*, 1874. — J. WOLF, in *Arch. de Langenbeck*, t. XIV. — LOSSEN, *Arch. de Virchow*, t. LV, 1872. — H. MAAS, in *Arch. de Langenbeck*, t. XX, 1876 (Bibliogr.). — RIGAL et VIGNAL, in *Arch. de physiologie*, 1881.  
Thèses de Paris. — 1823, BIZET. — 1842, LAMBRON. — 1865, RANVIER.

**Définition.** — Lorsqu'une fracture se consolide, la réunion des fragments s'opère par l'intermédiaire d'un tissu osseux de nouvelle formation, véritable cicatrice osseuse, auquel on a donné le nom de *cal*.

**Historique.** — Plusieurs théories ont été successivement émises pour expliquer l'origine et la formation du cal.

1° HIPPOCRATE et ses successeurs, considérant la moelle comme chargée de la nutrition de l'os, lui attribuaient la formation du cal. GALIEN pense que le sang distribue aux différents organes un suc nourricier, doué suivant les cas de propriétés spéciales; ce suc nourricier épanché entre les fragments favorise la réunion par sa glutination. Cette théorie fut plus tard remise en honneur par AMBR. PARÉ, SCULTET, HALLER, etc.

2° La deuxième hypothèse est due à DUHAMEL (1739-1757). Pour cet auteur la formation du cal serait sous la dépendance du périoste, dans la couche interne duquel il localise les fonctions ostéogéniques. Il admettait en outre, dans quelques cas, l'intervention du périoste interne ou *membrane médullaire*. Les assertions de DUHAMEL sont attaquées par DETHLIEF, HALLER, BORDENAVE, CAMPER; ces auteurs, revenant en partie aux idées anciennes, voient dans la formation du cal les transformations diverses d'un suc organique qui se change en cartilage, puis en os.

3° HUNTER rejette complètement les opinions précédentes. Ce chirurgien reconnaît au sang une propriété vitale spéciale qui en fait, suivant son expres-

sion, une véritable *chair coulante*; c'est le sang épanché des vaisseaux rompus qui s'organise, se transforme en cartilage, puis ensuite s'ossifie. Cette théorie est défendue par MACDONALD, JOHN HOWSHIP, ROBIN, etc.

4° BICHAT, au commencement du siècle, réagit contre les idées de l'auteur anglais; essayant d'interpréter les données de la clinique et de réunir, en les conciliant, les opinions de DUHAMEL, HALLER, BORDENAVE; cet auteur pense que le cal est formé par des bourgeons charnus qui se développant à la surface des fragments divisés, se transforment en cartilage et en tissu osseux. Cette manière de voir est admise par BONN et LARREY.

5° La chirurgie sur ce point était donc entrée dans une nouvelle voie; c'était à l'observation clinique que l'on demandait l'interprétation des phénomènes. DUPUYTREN analyse dogmatiquement les diverses périodes du développement du cal et établit que la réunion des fragments s'obtient par la formation de deux cal successifs, dont le premier, *cal provisoire*, a pour but unique de favoriser l'apparition du second, *cal définitif*. Périoste, tissu médullaire, parfois même les parties molles voisines concourent à la formation du cal provisoire qui demande trente ou quarante jours pour son développement. Puis, dans la suite, ce cal est repris peu à peu par absorption; à la longue, par la soudure, la réunion intime des deux surfaces de la fracture; s'établit le cal définitif, il n'est jamais complètement développé avant dix ou douze mois.

6° VILLERME et BRESCHET, absolument éclectiques, pensent que le cal prend naissance de diverses manières, suivant les circonstances et le genre de lésions; tantôt il est dû à un épanchement qui n'est plus le suc nourricier, mais la *lymphe plastique* de HUNTER, laquelle se vascularise, puis s'organise (fractures simples); tantôt des bourgeons charnus se développent, s'ossifient et s'organisent ensuite (fractures compliquées).

Bientôt on revient à l'expérimentation. Signalons dans ce sens les travaux de CRUVEILHIER qui reconnaît au périoste et aux parties molles environnantes une action importante; il n'admet qu'un cal volumineux et spongieux qui se réduit ensuite. HEINE tire de ses expériences (1837) des conclusions analogues; l'os, le périoste et les parties molles interviennent dans le processus réparateur. RANVIER (1865) établit une distinction inexacte entre les cals cartilagineux des fractures simples et les cals osseux d'emblée des fractures compliquées.

Enfin, nos connaissances actuelles sont le résultat des belles recherches expérimentales d'OLLIER (1867), de FELTZ, de RIGAL et VIGNAL en France, des travaux de BUSCH, LOSSEN, MAAS en Allemagne, et l'on peut dire qu'en dehors de quelques points de détails la question est aujourd'hui connue. L'un de nous a pu étudier avec KIENER le processus de réparation dont nous allons exposer l'évolution macroscopique et histologique.

Les détails dans lesquels nous sommes entrés à propos des considérations générales nous permettent d'abrégé les descriptions. En effet, le mécanisme de la réparation des fractures est identique à celui des plaies osseuses qui intéressent le périoste, l'os et la moelle. Entre la plaie simple et la fracture, il n'y a qu'une question de degré; la fracture intéresse toute la circonférence tandis que la plaie osseuse n'en intéresse qu'une partie. Sur les figures 78 et 79

les deux lésions sont représentées côte à côte; l'une est la coupe verticale d'une plaie osseuse, l'autre celle d'un cal régulier à la période d'ossification. N'est-il pas évident que la seconde n'est que le double de la première, et que l'on y retrouve les mêmes altérations?

Nous décrirons d'abord le mécanisme du cal dans les fractures simples,



Fig. 78.  
Figure schématique. Coupe verticale au niveau de la plaie d'une dia-physe.

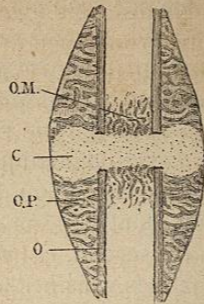


Fig. 79.  
Figure schématique représentant un cal d'une fracture simple. Coupe verticale.  
O, os ancien, — OM, ossification de la moelle, — OP, ossification périostique formant la virole externe, — C, cartilage en voie d'ossification.

dont les fragments sont coaptés, et nous diviserons en quatre périodes les transformations successives du cal.

**A. Première période, hémorragique et exsudative.** — Dans tout foyer de fracture récent on trouve du sang, en partie fluide, en partie coagulé, dans lequel baignent les extrémités osseuses; il décolle le périoste à une hauteur variable, infiltre tous les tissus ambiants (ecchymoses). A ce sang extravasé provenant de la moelle, de l'os et du périoste par le fait de la rupture des capillaires, s'ajoutent, dès les premiers jours, une exsudation très marquée de liquide (lympe plastique des auteurs) et une diapédèse active de leucocytes. Aussi le périoste se gonfle-t-il beaucoup; ses fibres feutrées se dissocient, les éléments cellulaires se tuméfient. Cette première phase préparatoire n'offre qu'un intérêt médiocre; sa durée est d'autant plus courte que les sujets sont plus jeunes, les os plus petits.

**Deuxième période, embryonnaire et cartilagineuse.** — De toutes les parties de l'os, ce sont le périoste et la moelle qui, dans les premières périodes, jouent le rôle prépondérant; ce n'est pas à dire que le tissu compact reste indifférent, mais l'ostéite raréfiante est lente à se produire. Le périoste et la moelle réagissent avec une intensité proportionnelle au degré d'irritation et à leur vitalité propre, plus active dans le jeune âge que chez le vieillard; ils fournissent les matériaux nécessaires à la production du cal. C'est surtout le périoste qui prolifère le plus activement. Les parties molles du voisinage, les muscles eux-mêmes contribuent à produire le gonflement considérable que l'on perçoit au bout de quelques jours et dont la dureté augmente peu à peu.

L'étude histologique du cal à cette période montre qu'il est formé presque exclusivement par du tissu embryonnaire, tissu de granulation, et par des masses cartilagineuses parfaitement reconnaissables. Le tissu embryonnaire résultant de la prolifération de la couche ostéogénique du périoste et de celle de la moelle donne naissance à ce tissu cartilagineux. Vers la fin de la première période, les deux extrémités osseuses baignent, en quelque sorte, dans une gangue cartilagineuse; les extravasats sanguins qui existaient à la fin de la période précédente ont à peu près complètement disparu, et il ne reste que des amas de pigment disposés çà et là.

**Troisième période. Formation du cal osseux provisoire.** — Cette période est caractérisée par la formation d'un tissu osseux nouveau: 1° dans le cartilage sous-périostique; 2° dans le canal médullaire. Le processus d'après lequel se fait l'ossification périostique est le même que dans l'ossification normale, c'est-à-dire que des bourgeons vasculaires venant du périoste et de la surface de l'os pénètrent la masse cartilagineuse perpendiculairement au grand axe de l'os, et que le dépôt osseux se forme autour des cellules cartilagineuses devenues corpuscules osseux. Chaque vaisseau du périoste va à la rencontre du bourgeon vasculaire émané de la surface et ainsi apparaît autour de cet axe un véritable manteau osseux. L'ensemble de ces bourgeons et des travées osseuses qui les séparent constitue l'os rayonné périostique que nous avons décrit. Sa formation est plus avancée sur les parties les plus éloignées du foyer de la fracture. De même, l'ossification s'effectue en dernier lieu, au point où le cal est le plus volumineux; toujours l'ossification est commencée aux confins du foyer alors que le périoste produit encore du cartilage et des fibres de Sharpey à la partie moyenne. Cette période, très variable suivant le volume de l'os, dure du quinzième au quarantième jour en moyenne.

**Quatrième période. Cal définitif. Régression du cal provisoire.** — La durée de cette dernière période est indéfinie. Le cal provisoire, volumineux, poreux, très vasculaire, fait place à un cal plus petit, plus compact et plus dur qui soude intimement les extrémités osseuses divisées. Nous devons à VOLKMANN les premières recherches sur le mode de résorption du cal provisoire; il consiste dans une ostéite lente, à la fois raréfiante à la périphérie, condensante vers le centre, qui remanie complètement la formation osseuse périostique et inter-fragmentaire. La présence des cellules à myéloplaxes à la périphérie du cal a été constatée, c'est un des arguments qui ont fait considérer ces éléments comme des agents destructeurs de l'os dans l'ostéite raréfiante. Malgré les recherches de VOLKMANN, de LOSSEN, le processus singulier qui transforme le cal provisoire en cal définitif reste encore obscur. Une partie des matériaux apportés primitivement est reprise; la structure du cal se transforme insensiblement. Le fait le plus curieux est assurément la production de systèmes de Havers qui n'ont, il est vrai, jamais la régularité des systèmes normaux, mais qui diffèrent complètement de l'os alvéolaire rayonné, dont nous avons signalé l'existence à la période précédente.

LOSSEN, dont les recherches faites sur des coupes usées sont contestables, pense qu'il se produit dans le cal provisoire une ostéite raréfiante chronique ayant pour conséquence l'agrandissement des canaux médullaires de première

formation, la destruction des trabécules osseuses, et, d'autre part, une néoformation de canaux vasculaires. Simultanément se développe une ostéite ossifiante qui produit incessamment de l'os nouveau aux dépens de la moelle et constitue ainsi à elle seule l'os permanent, le cal définitif.

C'est encore à cette période que l'ossification médullaire disparaît en partie, de telle sorte que la continuité de la moelle est rétablie. Dans l'espace interfragmentaire, l'ossification persiste et, au bout d'un certain temps, il est impossible, si la coaptation a été assez exacte, de reconnaître le trait de fracture primitif. Peu à peu les portions saillantes du cal disparaissent à tel point qu'il est parfois difficile d'affirmer l'existence d'une ancienne fracture.

Tel est le mécanisme de la réparation dans une fracture sans déplacement; les choses se passent un peu différemment dans une fracture avec chevauchement. Souvent les fragments parallèles ou croisés en X se soudent par leurs parties latérales à la façon de deux bâtons de cire à cacheter. Le mécanisme de la formation du cal, en pareil cas, devient extrêmement simple, parce que le travail est exclusivement périostique; il se fait au moyen d'un cal en pont ou en sautoir qui soude les deux bouts divisés (OLLIER). Un véritable manchon réunit les deux os accolés; pendant ce temps les extrémités fracturées, éloignées l'une de l'autre, se cicatrisent isolément, s'arrondissent, et la cavité médullaire s'obture. Plus tard, le cal provisoire intermédiaire aux deux os se raréfie, on a de cette façon au même niveau trois cavités médullaires, celles des deux fragments de l'ancien os et celle du cal. Sans doute les parois qui les séparent, atteintes de raréfaction, deviennent plus poreuses, mais jamais la réunion de ces trois cavités n'est complète; cependant le fait est donné comme la règle par beaucoup d'auteurs.

*Formation du cal dans les os spongieux et les os plats.* — Les lois qui président au mécanisme du cal dans les fractures simples des diaphyses régissent également la formation du cal des os spongieux, qu'il s'agisse d'épiphyse ou d'os courts. Le périoste joue encore le rôle principal dans la réparation, mais ses propriétés ostéogéniques sont souvent moins actives, ou bien le cal est plus irrégulier, comme on le voit après la fracture de certains os courts. Quant aux os plats, leur mode de consolidation diffère sensiblement de celui que nous avons exposé, et les propriétés du périoste semblent extrêmement faibles. Ainsi, au crâne la soudure se fait au moyen d'un cal inter-fragmentaire, sorte de ciment dans la production duquel le périoste n'intervient pas; l'omoplate et l'os iliaque ne donnent également pas lieu à des cals bien volumineux. Cette différence entre les os plats et les autres os tient en partie à leur origine première fibreuse, en partie aussi, suivant la remarque de BERGMANN, à l'absence du déplacement qui ne vient pas surexciter les propriétés ostéogéniques du périoste.

*Consolidation des fractures exposées.* — Contrairement aux opinions émises par la plupart des auteurs, le mécanisme de la réparation des fractures avec plaie est le même que celui des fractures simples, si des accidents septiques ne tendent pas à entraver le travail de la consolidation. Il se produit également une prolifération active de tous les éléments constitutifs de l'os qui sont le siège d'une congestion active très intense. Le travail d'exsudation est

beaucoup plus général, plus marqué que dans les fractures simples et les parties molles y participent également. Il en résulte la formation d'un tissu embryonnaire qui, partout où l'irritation n'est pas excessive, subit les mêmes transformations que dans le cal ordinaire. C'est dans les points exposés seulement qu'une partie de ces matériaux se détruit, pendant que l'autre s'organise pour former des bourgeons charnus qui prennent naissance dans la moelle, le tissu osseux, le périoste. S'il n'y a pas d'esquilles ou de corps étrangers à éliminer, si les fragments osseux ne sont pas nécrosés, ces bourgeons charnus aboutissent à la formation d'un tissu de cicatrice, au-dessous

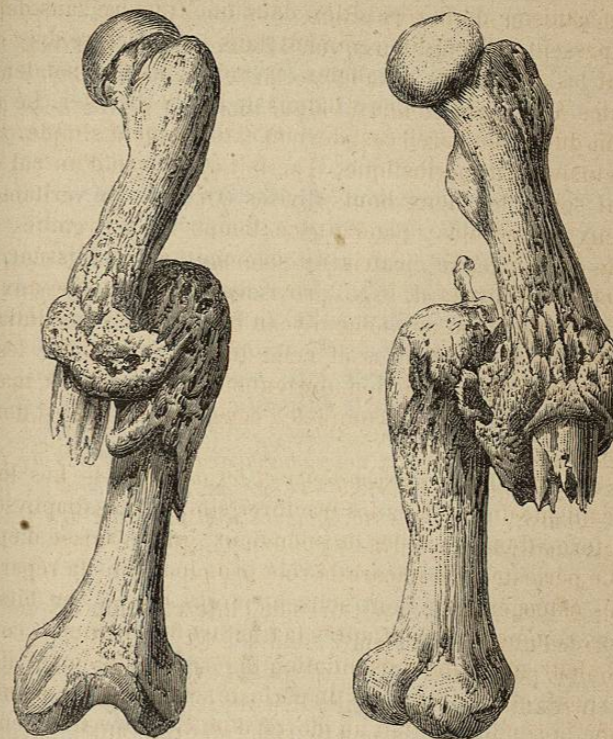


Fig. 80. — Fracture du fémur par coup de feu. — Nécrose de l'un des fragments. — Chevauchement. Consolidation des fragments au moyen de jetées périostiques en sautoir. (Musée du Val-de-Grâce.)

duquel le cal évolue comme nous l'avons décrit. Si, au contraire, des esquilles nécrosées, adhérentes ou non, entretiennent la suppuration, le travail réparateur est sensiblement gêné, retardé, irrégulier, mais il ne s'en effectue pas moins et il suffit de jeter un coup d'œil sur les pièces des musées pour s'en convaincre. On y voit que le cal est bien périostique comme dans les fractures simples quoique exubérant; des fragments périostiques égarés dans les muscles donnent naissance à des productions anormales. Ici encore on peut constater entre les fragments qui chevauchent et dont les extrémités sont nécrosées des

sautoirs périostiques ; la figure 80 en est un beau spécimen ; elle représente le fémur d'un blessé de la guerre de 1870 qui a succombé par suite d'obstruction intestinale deux ans après sa blessure.

En présence de ces faits, nous ne saurions accepter l'opinion de RIGAL et VIGNAL, qui admettent avec RANVIER que « sur les bords des lacunes creusées par l'ostéite dans les fragments, le nouvel os se forme par une sorte de cristallisation qui, se produisant au sein des bourgeons charnus, en transforme les cellules, les unes en cellules osseuses, d'autres en cellules médullaires ». Nous n'avons rien vu de semblable dans nos expériences et nous pensons avec MAAS que le mécanisme du cal est le même dans toutes les fractures.

Bien différente est la marche du processus quand tout le foyer de la fracture suppure, parce qu'alors il s'agit d'une véritable complication du cal, d'où résulte une perturbation du travail ; et si la consolidation ne se fait pas, cela tient à ce que les éléments qui concourent à la réparation ont perdu leurs propriétés.

#### § 5. — Symptômes et diagnostic des fractures

**Bibliographie.** — ROUX, *Consid. gén. et prat. sur les fract.*, in *Gaz. méd. de Paris*, 1833. — MASLIEURAT-LAGEMARD, *Crépit. commémoyen de diagn. dans les mal. chir.*, in *Gaz. méd. de Paris*, 1846. — SALMON, *Th. de Paris*, 1845. — JARJAVAY, *Diagnostic des fract. qui pénètrent dans les articul.*, in *Journ. des conn. méd.*, août 1851. — BROCA, *Remarques sur les fract. spir et les régén. osseuses*, in *Gaz. hebd.*, 1859. — RIZET, *Emploi du massage pour le diagnostic de certaines fractures*, in *Gaz. méd. de Paris*, 1865. — ST-GERMAIN, *Observ. de fract. compliquées*, in *Gaz. des Hôp.*, 1873. — COSKERY, *Quelques notes sur quarante-trois cas de fractures*, in *New-York Med. Journal*, avril 1878. — CAMERON, *Leçons sur les fractures*, in *Glasgow Med. Journ.*, 1878. — VÊTU, *Diagnostic et pronostic des fractures compliquées*, *Th. de Paris*, 1878.

Les symptômes des fractures sont tirés de l'interrogation du malade ou des assistants, puis de l'examen du membre blessé.

Le malade ou les personnes qui se trouvaient avec lui au moment du traumatisme peuvent donner au chirurgien des renseignements intéressants sur les circonstances dans lesquelles a eu lieu l'accident. Ils affirment parfois avoir très nettement entendu un bruit de craquement, qui résulterait de la rupture brusque de l'os. — L'ensemble des données que l'on peut ainsi recueillir constitue les *commémoratifs*. Sans mettre aucunement en doute la bonne foi du malade et des témoins, le chirurgien ne doit pas attacher à ces différents signes une importance trop grande ; les circonstances mêmes de l'accident, la surprise, la frayeur, les cris du blessé, empêchent souvent les souvenirs d'être très exacts ; aussi, sans négliger entièrement des documents susceptibles d'avoir leur utilité, est-il prudent de ne pas trop se hâter pour en tirer des conclusions.

Les signes fournis par l'examen du membre blessé doivent être divisés en deux groupes : signes subjectifs et signes objectifs.

a. *Signes subjectifs.* — Encore appelés signes rationnels, ces symptômes

sont : 1° la douleur ; 2° l'impuissance du membre ; 3° l'état des parties molles.

1° *Douleur.* — Dans les fractures absolument comme dans les plaies, l'intensité de la douleur dépend de la sensibilité du sujet et des circonstances dans lesquelles il se trouve. Au moment de la rupture d'un os, les blessés accusent tous avoir éprouvé une violente douleur qui se calme peu à peu et fait place à des souffrances beaucoup moins vives. On voit, dans certains cas, la douleur persister avec une grande intensité au niveau même du point où l'os est fracturé ; il est facile du reste de la faire renaître par l'exploration. Lorsqu'il soupçonne l'existence d'une fracture, le chirurgien promène la pulpe des doigts le long de l'os suspect, en ayant soin de presser légèrement sur ce parcours, presque toujours il trouve un point au niveau duquel la pression réveille une souffrance des plus vives ; en recommençant ces manœuvres la douleur se produira constamment au même point. Ce symptôme *douleur à la pression* a une haute importance : bien manifeste, il permet à lui seul dans maintes occasions d'affirmer la présence d'une fracture.

En quelques circonstances où la fracture s'accompagne d'une notable contusion, l'état des parties molles rend impossible ce genre d'exploration, et il est peu commode de reconnaître ce qui appartient à la contusion et ce qui est propre à la fracture ; toute exploration devient difficile, même dangereuse. Dans ces cas, il est encore possible de réveiller la douleur d'une autre façon et de tirer de ce symptôme des conclusions décisives. Supposons une contusion violente de l'épaule, toute la région est tuméfiée, empâtée, la recherche des symptômes principaux serait pour le malade une source de tourments ; si le chirurgien soupçonne l'existence d'une fracture du col chirurgical de l'humérus, par exemple, il place une main à plat sur l'épaule malade, l'autre sous le coude blessé, puis exerce une légère pression ; s'il y a une fracture, ces manœuvres occasionneront la pénétration des fragments engrenés l'un dans l'autre, immédiatement le malade accusera une violente douleur ; ce signe caractéristique permet d'affirmer la fracture. VERNEUIL ne manque jamais, dans les cas du genre de celui dont nous venons de parler, d'attirer l'attention de ses élèves sur l'importance de ce symptôme auquel il attache la plus grande valeur.

2° *Impuissance du membre.* — Théoriquement, un membre dont le squelette se trouve fracturé devrait être impropre à l'accomplissement de ses fonctions physiologiques ; parfois cependant, grâce à l'engrènement des fragments, les mouvements normaux continuent à être possibles, aussi l'impuissance du membre ne constitue-t-elle qu'un symptôme accessoire, on la rencontre du reste dans d'autres affections, contusion des os, entorse, etc.

3° *État des parties molles.* — Du côté des parties molles peuvent se produire une série de signes qui ont encore leur importance. La région devient le siège d'un gonflement qui apparaît avec d'autant plus de rapidité que les lésions sont plus graves. C'est à tort que l'on a voulu faire jouer à ce gonflement un rôle dans l'étude des fractures, il ne caractérise en rien la solution de continuité des os ; d'ordinaire même il sert à la masquer.

On peut encore trouver réunis plusieurs des signes de la contusion, éraillures, meurtrissures des téguments, ecchymoses. Les altérations des tégu-