

tions de couches chitineuses. Ces deux modes pourtant ne forment que des cas particuliers, tandis que la réaction à l'aide de cellules amiboïdes et mobiles, qui s'agglomèrent autour du corps excitant et l'englobent ou l'enveloppent en entier, représente la règle générale, ne subissant que peu d'exceptions. La réaction de la part de ces cellules phagocytes s'opère par suite de la sensibilité de ces éléments, sans intervention du système nerveux ou vasculaire. Dans tous les cas rapportés ci-dessus les phagocytes se présentaient tantôt comme cellules mobiles du tissu conjonctif, tantôt comme des cellules de la cavité périveriscérale. Jusqu'à présent nous n'avons trouvé encore aucun exemple d'action phagocytaire de la part des globules du sang. Il est vrai que dans les cas examinés nous n'avons eu affaire qu'à des animaux privés d'éléments formés dans le sang. Les annélides qui possèdent des globules blancs circulant dans les vaisseaux sont assez rares, et encore la quantité de leurs leucocytes sanguins est elle très restreinte et de beaucoup inférieure à celle qui se trouve dans la cavité périveriscérale.

SIXIÈME LEÇON

SOMMAIRE. — *Arthropodes, Mollusques et Tuniciers*. — Leur système sanguin. — Phagocytes de ces invertébrés. — Rate des gastéropodes. — Réaction inflammatoire. — Diapédèse normale chez les ascidies. — Introduction des bactéries dans le corps des ascidies et des crustacés. — Maladie infectieuse des talitres. — Maladies des daphnies. — Introduction des bactéries dans le corps des insectes. — Épidémies chez les insectes.

Un grand nombre d'invertébrés possèdent des globules du sang en forme de cellules incolores qui circulent dans le liquide mis en mouvement par le cœur, toujours présent. Chez ces animaux — Arthropodes, Mollusques — auxquels on peut joindre encore les Tuniciers, la cavité vasculaire et la cavité générale du corps sont réunies en un tout entier. Chez les représentants inférieurs de ces types (nous faisons abstraction de quelques groupes sans trace d'un système vasculaire, comme beaucoup de Copépodes, d'Ostracodes et autres), nous trouvons comme seul organe du système sanguin un cœur en forme de sac ou de tube, ouvert à ses extrémités pour faire écouler le sang, et muni d'ouvertures latérales pour laisser

passer ce liquide dans le cœur. A cet organe central s'ajoutent d'abord une ou plusieurs artères principales qui aboutissent à un système de lacunes, dans lequel circule le sang avant de rentrer dans le cœur. Chez les Invertébrés plus développés, surtout chez les Mollusques, il s'ajoute encore un système veineux, quelquefois très développé, comme par exemple chez les Céphalopodes. Mais dans tous les cas sans exception, même lorsqu'il se forme un grand nombre de ramifications vasculaires, entre le système artériel et veineux existe un réseau de lacunes, restes d'une cavité générale, remplies de sang.

Les globules du sang sont représentés par des cellules incolores (à de rares exceptions près), possédant un seul ou, rarement, deux noyaux et un protoplasma capable de mouvements amiboïdes. Chez beaucoup d'invertébrés, ces globules ne sont constitués que par une seule espèce de cellules mobiles avec de rares granulations, tandis que chez certains autres, comme beaucoup d'insectes et de mollusques, il existe deux espèces de leucocytes : des leucocytes granuleux, avec un grand nombre de granulations grossières, et des leucocytes hyalins avec très peu ou pas de granules. C'est surtout cette dernière catégorie qui nous intéresse.

Les leucocytes des arthropodes, des mollusques et des tuniciers sont en général des cellules amiboïdes et phagocytaires, qui se distinguent des globules blancs des vertébrés par la présence d'un seul noyau rond ou ovale non lobé. Il n'existe point chez les invertébrés qui nous occupent de leucocytes polynucléaires,

comme on ne trouve point chez eux de système de vaisseaux capillaires entièrement clos.

Les leucocytes des trois types cités manifestent des fonctions phagocytaires très prononcées. C'est justement chez un représentant de ces invertébrés qu'on fit, en 1862, la première découverte de la propriété des leucocytes d'englober des corps étrangers. En injectant le mollusque *Thethys* avec de l'indigo, M. HÆCKEL (1) constata que les granules de cette couleur se retrouvèrent dans l'intérieur des globules sanguins. Les expériences avec plusieurs autres espèces animales prouvèrent qu'il s'agissait d'un fait d'une portée générale, ce qui a été confirmé depuis par plusieurs observateurs. Il est par conséquent tout à fait étonnant qu'un auteur tout récent, M. GRIESBACH (2), émette des doutes au sujet de la phagocytose des globules blancs des mollusques acéphales. N'ayant pu constater un englobement suffisant après des injections de poudre mélangée avec de l'eau, M. GRIESBACH pense que dans les conditions normales la phagocytose ne s'opère point chez les acéphales. Il est très probable que les résultats si peu satisfaisants de cet auteur sont dus à la dilution de la poudre colorée dans une trop grande quantité d'eau, qui a dû amener le gonflement des leucocytes. En procédant plus soigneusement, on peut facilement constater que chez les mollusques, comme chez tant d'autres animaux, les leucocytes englobent avidement les corps solides avec lesquels ils se trouvent en contact. Les mollus-

(1) *Die Radiolarien*, 1862, p. 104.

(2) *Archiv für mikroskop. Anatomie*, t. XXXVII, p. 86.

ques transparents, comme les Phylliroë, qu'on peut examiner directement au microscope à l'état vivant, se prêtent surtout à ces recherches.

Chez quelques mollusques gastéropodes, en dehors des globules blancs, il existe encore une forme particulière de phagocytes qui constituent une espèce de rate chez ces invertébrés. Cette découverte importante a été faite récemment par M. A. KOWALEWSKI (1), qui a prouvé que les corps solides injectés dans le sang des Pleurobranchæa et plusieurs autres genres (Philine, Gasteropteron, Doris) s'accumulent dans un organe particulier, découvert par M. DE LACAZE-DUTHIERS et décrit sous le nom de « glande indéterminée ». Les cellules de cette « rate » englobent et digèrent un grand nombre de corps étrangers (globules sanguins, grains de vitellus, corpuscules du lait), comme l'a parfaitement établi M. KOWALEWSKY.

Les phagocytes, si répandus chez les invertébrés qui font le sujet de cette leçon, réagissent vis-à-vis de toute sorte de lésions provoquées ou accidentelles chez ces animaux. Très souvent on rencontre des crustacés transparents comme les Daphnies ou les Branchipus, dont les parois présentent des taches brunes, provenant de morsures faites par d'autres individus. En dessous de ces eschares on trouve généralement un amas de leucocytes qui restent réunis à l'endroit lésé jusqu'à la guérison complète de la blessure (2). En produisant d'une façon délicate une faible lésion ar-

(1) *Mémoires de la Société des Naturalistes de la Nouvelle Russie*, t. XV, 1890 (en russe).

(2) La régénération très prompte de l'épiderme chez les arthropodes sert à la guérison très rapide de leurs plaies.

tificielle chez de semblables animaux, on voit sous le microscope les leucocytes se diriger et se fixer à l'endroit atteint. Un sujet commode pour ce genre d'expériences est fourni par les appendices caudaux des Argulus, chez lesquelles les leucocytes s'accumulent aussitôt après qu'on a pratiqué un traumatisme artificiel (fig. 38).

L'introduction de corps étrangers assez volumineux (par exemple de toutes sortes d'échardes) peut être facilement pratiquée avec des larves de divers coléoptères (hanne-ton, oryctes et autres), avec des mollusques, comme le Thethys ou Phylliroë et des ascidies (1). Dans tous les cas on voit un

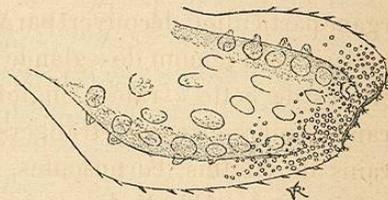


FIG. 38. — Appendice caudal d'Argulus en état d'inflammation.

grand nombre de leucocytes s'accumuler autour du corps étranger, englobant tous les petits fragments ou granules introduits, comme par exemple la poudre de carmin avec laquelle on frotte l'écharde.

Il se produit donc constamment une réaction phagocytaire qui se manifeste tantôt sous forme d'une infiltration leucocytaire autour du corps étranger, tantôt sous forme d'une capsule, composée d'une masse de leucocytes. Cette réaction exsudative et inflammatoire, accompagnée souvent d'une formation de cellules géantes n'a aucun rapport avec une diapédèse,

(1) Voir les *Arbeiten des zoologischen Inst. zu Wien*, 1883, t. V, p. 153.

par la simple raison que les arthropodes et mollusques ne possèdent qu'un système vasculaire incomplètement clos, et réuni avec la cavité générale du corps.

Chez les invertébrés il n'y a qu'un seul exemple de diapédèse, dont l'intérêt est tel que le cas mérite d'être relaté en particulier. Les ascidies sont recouvertes d'une tunique, placée en dehors de l'épiderme de l'animal. Composée d'une substance cellulosique, cette tunique, souvent très épaisse, renferme un très grand nombre de cellules amiboïdes munies d'appendices mobiles. Comme cette couche avec ses cellules se trouve en dehors de l'épiderme, on était toujours tenté de l'envisager comme une sécrétion cutanée, renfermant des cellules d'origine ectodermique. Les dernières recherches de M. A. KOWALEWSKI (1) ont démontré que cette théorie n'était point fondée, et qu'en réalité les cellules de la tunique des ascidies n'étaient autre chose que des leucocytes immigrés à travers les parois épidermiques de l'animal. Ces cellules, d'origine mésodermique, sont des phagocytes très actifs, capables d'englober toute sorte de corps solides, et entre autres des organes en voie d'atrophie. L'introduction d'échardes dans la tunique des ascidies provoque une agglomération de ces phagocytes, produisant ainsi une sorte d'infiltration de la tunique.

Nous voyons donc là un exemple où la diapédèse à travers les parois épidermiques se fait d'une façon

(1) *Mémoires de la Société des Naturalistes de Saint-Petersbourg*, novembre 1890 (en russe).

absolument normale et tout à fait indépendamment d'une inflammation. Cette dernière s'accomplit à l'aide des mêmes phagocytes se réunissant autour des corps étrangers.

M. LUBARSCH (1) a pu confirmer que les cellules mobiles de la tunique des ascidies s'accumulent en masse autour des corps étrangers introduits par piqure. Il a été moins heureux dans ses expériences avec des bacilles charbonneux, inoculés dans l'organisme des différentes ascidies. Les bactériidies, introduites dans la tunique, n'étaient englobées qu'en partie et cependant celles qui restaient en dehors des phagocytes présentaient des signes évidents de dégénérescence. M. LUBARSCH n'a pas examiné l'influence directe des parties liquides de la tunique sur les bactériidies, de sorte que ses expériences, du reste peu nombreuses, ne permettent aucune conclusion définitive. En les interprétant il ne faudrait pas perdre de vue qu'elles étaient exécutées au mois de mars, lorsque la température basse pouvait avoir une influence nuisible sur les leucocytes, et que la tunique des ascidies doit présenter en général un milieu très peu favorable pour le développement des bactériidies et la production de leurs toxines (2).

M. LUBARSCH (3) a fait aussi quelques expériences

(1) *Untersuchungen über die Ursachen der angeborenen und erworbenen Immunität*. Berlin, 1891, p. 75.

(2) Je dois rappeler ici que les ascidies composées comme les *Bothyllus*, présentent très souvent des phagocytes de leur tunique remplis de différentes bactéries. Et cela chez les animaux fraîchement recueillis dans la mer.

(3) *Untersuchungen über die Ursachen der angeborenen und erworbenen Immunität*. Berlin, 1891, p. 77.

analogues avec des « crustacés marins », sans obtenir de meilleurs résultats. Ces expériences n'ont été relatées que d'une façon très succincte, de sorte que leur critique devient impossible. Et cependant il existe un grand nombre de faits qui démontrent, de la façon la plus évidente, les propriétés phagocytaires très prononcées des leucocytes de différents crustacés.

MM. HERMANN et CANU (1) ont réussi à introduire dans la cavité du corps des Talitres un champignon parasite (voisin des Oidium) et à provoquer ainsi une maladie presque toujours mortelle pour ces crustacés. Le développement du parasite excite une réaction de la part de l'organisme, qui se manifeste par une phagocytose prononcée des leucocytes. « Au septième jour — disent les auteurs cités — le sang, limpide jusque-là, devient sensiblement opalescent et le trouble s'accroît pendant le huitième et le neuvième jour, à mesure que les parasites pullulent davantage. C'est aussi au cours de cette période que l'on observe une phagocytose des plus actives : en examinant à de forts grossissements le sang fixé à la vapeur osmique et coloré au picro-carmin, on voit les micro-organismes inclus dans les globules, en nombre variable (depuis un jusqu'à 20 et au delà) et subissant au sein du protoplasma les phases successives de la digestion intracellulaire ; ils y deviennent plus pâles, perdent leur réfringence et augmentent de volume, principalement par gonflement de leur membrane d'enveloppe ; finalement l'emplacement qu'ils occupaient n'est plus

(1) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1891, p. 646.

marqué que par une sorte de vacuole incolore qui conserve encore pendant quelque temps la forme allongée du parasite ». Outre les globules du sang, ce sont encore des cellules périartérielles qui accomplissent des fonctions phagocytaires, sans cependant être en état de digérer les champignons. Ces derniers finissent donc par triompher en amenant la mort du Talitre.

Ce même genre d'amphipodes nourrit comme pa-

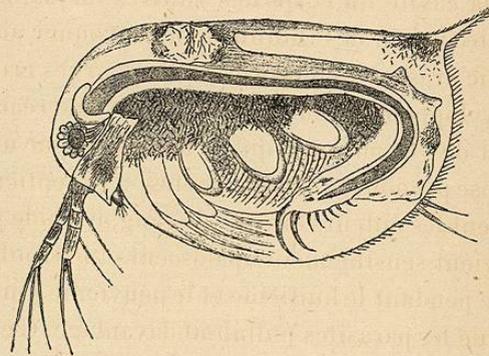


FIG. 39. — Daphnie, envahie par les Monospores.

rasites des bactéries lumineuses, fait découvert par MM. GIARD et BILLET (1).

Un grand nombre de crustacés sont sujets à différentes maladies infectieuses dont l'étude présente un grand intérêt au point de vue de la pathologie en général, et du problème de l'inflammation en particulier. Ce sont surtout les Daphnies qui sont commodes pour ce genre d'étude, aussi bien par la transparence et la petitesse de leur corps, que par la fréquence et

(1) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1891, p. 646.

la variété de leurs maladies. Parmi ces dernières on trouve des infections produites par des bactéries, des sporozoaires ou des saprolégnes. Mais la maladie infectieuse la plus intéressante est sûrement celle qui est provoquée par un champignon à bourgeonnement, (une sorte de levure, décrite sous le nom de *Monospora bicuspadata*) (1) et qui, atteignant la *Daphnia magna*, se trouve en abondance à Paris (bassin des reptiles du Jardin des Plantes) et dans ses environs.

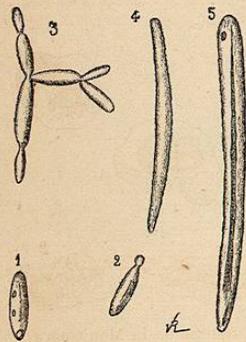


FIG. 40. — Différents stades de la *Monospora*.

1. Conidie jeune. — 2, 3. Conidie en voie de bourgeonnement. — 4. Conidie allongée. — 5. Spore.

Parmi les nombreux individus de ce crustacé, on rencontre des spécimens se distinguant par une teinte blanche laiteuse. Examinés sous le microscope, ces derniers présentent leur cavité générale presque entièrement remplie de petits corps en forme d'aiguilles très minces (fig. 39), accolées à la paroi du cœur ou flottant dans la cavité. Une étude plus approfondie démontre aussitôt qu'il s'agit ici de spores très effilées et logées dans l'intérieur d'une enveloppe (fig. 40,5). A côté des spores entièrement formées, on aperçoit des cellules allongées et des conidies ovales se reproduisant par bourgeonnement, d'une façon tout à fait semblable à des levures (fig. 40,1-4).

Une *Daphnie*, envahie par une masse de ces cham-

(1) *Archives de Virchow*, t. XCXVI, p. 177.

pignons, finit toujours par succomber, laissant un cadavre rempli de spores mûres. D'autres *Daphnies*, se nourrissant de toutes sortes de débris qu'elles trouvent au fond des eaux, avalent des spores en forme d'aiguille et s'infectent ainsi par les voies digestives. La spore, débarrassée de son enveloppe dans l'intestin, perce celui-ci et pénètre en partie ou totalement dans la cavité générale du corps du crustacé. Mais, à peine apparue en dehors

de la paroi intestinale, la spore subit l'attaque de la part des leucocytes, amenés par le courant sanguin. Ces cellules se fixent sur la spore, l'enveloppent par leur masse (en se soudant souvent en plasmodes) et lui font subir toute une série

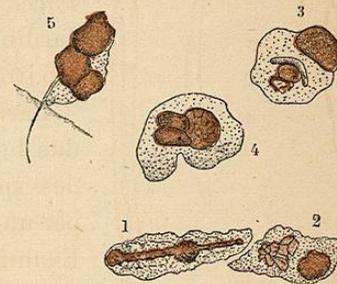


FIG. 41. — Spores de la *Monospora*, entourées par les leucocytes de la *Daphnie*.

de transformations remarquables. La spore, englobée par les leucocytes, perd d'abord la régularité de ses contours, devient sinueuse et se transforme finalement



FIG. 42. — Conidie allongée de la *Monospora* entourée par deux leucocytes.

en un amas de granulations brunâtres (fig. 41,1-4) dans lesquelles on ne pourrait point reconnaître la spore dégénérée, si on ne connaissait pas leur origine. La preuve de ce que cette dégénérescence est véritablement occasionnée par une influence phagocytaire est fournie par des spores, dont une moitié seulement est englobée par des leucocytes, tandis que l'autre reste fixée dans