

nes qui ont lieu dans les cas de cyanose, où la persistance du trou de Botal, celle du trou ovale, l'étranglement de l'artère pulmonaire, etc., obligent les deux sangs de se mêler ensemble, ou ne permettent pas au sang artériel de se former complètement. Les sujets atteints de cette anomalie sont incapables de grands efforts musculaires. Chez les Reptiles, l'influence du sang sur les nerfs et les muscles est moins nécessaire pour l'accomplissement des mouvemens volontaires. Les Grenouilles conservent l'influence de la volonté sur leurs muscles après qu'on leur a enlevé le cœur; elles meuvent même volontairement leurs membres amputés jusqu'aux nerfs exclusivement. J'ai trouvé les muscles d'un de ces animaux irritables encore après que j'eus chassé tout le sang des vaisseaux au moyen d'un courant d'eau poussé par les artères et revenant par les veines.

#### II. Influence des nerfs.

Il faut bien distinguer l'action par laquelle les nerfs sollicitent les muscles à se mouvoir, de l'influence qu'ils exercent sur la conservation de leur aptitude à se contracter. Haller considérait la contractilité des muscles comme une propriété vitale à eux propre et indépendante des nerfs. Fontana, Sœmerring, Bichat et autres, l'ont imité en cela. Ce grand physiologiste enseignait que tous les stimulus qui agissent sur les muscles provoquent leur faculté contractile, qu'ils n'ont pas besoin de l'intermédiaire des nerfs pour les influencer, et que le stimulus nerveux n'est qu'une des nombreuses causes qui ont le pouvoir d'exercer sur eux une action excitante. Les preuves assignées par lui et par ses successeurs sont depuis long-temps ébranlées. Le cœur ne se meut pas indépendamment de toute influence nerveuse, et ses nerfs ne sont point, comme on le croyait jadis, insensibles aux irritations du dehors. Il se comporte exactement de même que d'autres muscles dépendans du grand sympathique. Le galvanisme

n'est pas le seul agent qui le détermine à se contracter; car Humboldt et Burdach sont parvenus à en changer les battemens par des irritations dirigées sur les nerfs cardiaques. C'est au ganglion coeliaque que, d'après mes expériences, on voit le mieux ressortir l'influence motrice du grand sympathique sur les muscles organiques. Si, après avoir ouvert le ventre d'un Lapin, on attend le moment où les mouvemens péristaltiques, d'abord exaspérés par l'impression de l'air, commencent à se ralentir, et qu'alors on touche le ganglion coeliaque avec de la potasse caustique, on voit survenir, au bout de quelques secondes, des mouvemens péristaltiques fort énergiques. L'opinion émise dans ces derniers temps par Scarpa, que le grand sympathique n'a aucune connexion avec les racines antérieures ou motrices des nerfs spinaux, non plus qu'avec les nerfs cérébraux moteurs, est suffisamment réfutée aussi par mes propres recherches, ainsi que par celles de Wutzer, de Retzius et de Mayer. De tout cela, il ne résulte toutefois qu'une seule chose, c'est que les nerfs du cœur sont tout aussi conducteurs de l'influence motrice que ceux d'autres muscles, et la question de savoir s'ils sont nécessaires pour le maintien de la contractilité de l'organe, n'en demeure pas moins sans solution.

D'autres physiologistes, comme Whytt, A. Monro, Prochaska, Legallois, Reil, se sont élevés contre la doctrine de Haller, et ont soutenu que la force motrice dépend du conflit avec les nerfs. Dans ce cas, la contractilité des muscles différerait essentiellement de celle des végétaux, qui, sans nul concours de nerfs, est excitée immédiatement par les stimulans extérieurs. Ces physiologistes se fondent sur ce que les nerfs, quand on les irrite, déterminent le mouvement des muscles, que les narcotiques, dont l'action porte de préférence sur les nerfs, annihilent la contractilité musculaire, et que la destruction du cerveau et de la moelle épinière diminue cette propriété. Il faut cependant avouer que ces preuves ne sont

point concluantes. Les muscles demeurent irritables, après la destruction du cerveau et de la moelle épinière, aussi longtemps que leur irritabilité survit à la mort générale, et l'empoisonnement d'un animal par les narcotiques n'anéantit que l'influence du cerveau et de la moelle épinière sur les muscles. L'irritabilité des nerfs et des muscles est si peu abolie chez les Grenouilles, après cet empoisonnement, que c'est précisément sur eux qu'il m'a été possible d'observer le plus longtemps les phénomènes auxquels donne lieu leur mise en contact avec des irritans.

Treviranus a pris un terme moyen. Entraîné par l'analogie des plantes, qui possèdent leur irritabilité par l'influence de la lumière, mais qui sont cependant encore excitables par d'autres stimulans, il croit que les nerfs sont la condition de l'irritabilité musculaire, mais que tous les irritans n'ont pas besoin de leur intermédiaire pour agir sur les muscles.

Tiedemann pense (1), avec Haller, que la faculté de se contracter est une puissance toute spéciale, inhérente aux muscles, mais que son maintien dépend de la nutrition et de l'influence nerveuse, et il enseigne que les nerfs, outre qu'ils servent de conducteurs aux irritans pour déterminer la contraction musculaire, doivent encore fournir aux muscles une condition essentielle à la manifestation de leur mode propre de vitalité. Cette condition consiste en ce que les nerfs musculaires communiquent aux muscles l'aptitude à être affectés par les stimulans, ou en ce que les excitations qui sollicitent les muscles agissent d'abord sur les nerfs, et ne provoquent la contraction que comme conséquence de cette action primitive. La question embrasse donc deux problèmes totalement différens : 1° les nerfs sont-ils nécessaires pour que l'aptitude des muscles à se contracter subsiste, en tant que propriété

(1) *Traité de physiologie de l'homme*, trad. par A.-J.-L. Jourdan, Paris, 1834, t. II. p. 779.

vitale propre à ces organes, et cette propriété se trouve-t-elle anéantie après la destruction de l'influence nerveuse? 2° les nerfs sont-ils les conducteurs à travers lesquels tous les irritans agissent sur les muscles, et les irritations dirigées en apparence sur les muscles seulement n'ont-elles d'efficacité qu'en raison des branches nerveuses qui se répandent dans ces organes? On peut répondre affirmativement à la première de ces deux questions, sans que la même réponse soit faite à la seconde; mais il est impossible d'accorder le second point et de nier le premier.

I. Les nerfs sont-ils nécessaires pour que les muscles conservent leur aptitude à se contracter sous l'influence des irritations, comme propriété vitale qui les caractérise? Nysten avait observé qu'après une attaque d'apoplexie, les muscles, malgré la paralysie cérébrale, se contractent encore quand on les irrite avec l'électricité, et Wilson, s'appuyant sur Brodie, prétendait plus encore, qu'un nerf dont la communication avec le cerveau et la moelle épinière est interrompue, conserve pendant long-temps la faculté de recevoir les stimulans pour l'excitation du mouvement volontaire (1). J'avais quelques raisons de présumer que cette durée de réceptivité est très-limitée quand le nerf ne se reproduit pas. Plusieurs expériences que j'ai faites avec Sticker ont répandu du jour sur ce sujet (2). Le nerf sciatique fut coupé sur deux Lapins et un Chien, et la réunion des bouts empêchée par l'excision d'un grand lambeau. Deux mois et trois semaines après l'opération, on observa, chez le premier Lapin, que la partie inférieure du muscle, excitée par le galvanisme d'une simple paire de plaques, ne déterminait pas la moindre trace de convulsions dans les muscles de la jambe et de la patte; mais les muscles avaient totalement perdu aussi leur aptitude

(1) *Philos. Trans.*, 1833, p. 62.

(2) MULLER, *Archiv*, 1834, p. 202.

à ressentir l'action de la simple paire de plaques et les irritations mécaniques, tandis que cette faculté subsistait, sans nulle altération, dans le nerf de la cuisse saine et les muscles auxquels il se distribuait. Chez le Chien, au bout de deux mois et demi, la partie inférieure du nerf coupé était insensible à l'électricité de la chaîne simple et aux irritations mécaniques; mais les muscles auxquels elle aboutissait montraient quelques légères traces de contraction quand on les irritait mécaniquement; les mêmes irritations, portées sur les nerfs ou sur les muscles seulement de la patte saine, donnaient lieu aux contractions les plus violentes. Sur le second Lapin, le nerf avait perdu, au bout de cinq semaines, toute sensibilité au galvanisme, aux irritations mécaniques et à l'action de la potasse caustique; il n'y avait non plus aucun vestige de contractilité dans les muscles de ce côté, tandis que ceux du côté opposé se contractaient avec vigueur. Ces expériences démontrent donc, non seulement que le pouvoir en vertu duquel les nerfs déterminent les muscles à agir, est aboli après la destruction de toute communication entre eux et les parties centrales du système nerveux, mais encore que les muscles eux-mêmes perdent leur irritabilité après une si longue paralysie des nerfs. Cependant elles auraient donné un résultat plus décisif, si, au lieu d'une simple paire de plaques, on avait employé une petite pile galvanique pour essayer l'irritabilité des nerfs et des muscles. Alors seulement il eût été possible de distinguer avec précision si la puissance des muscles était complètement éteinte dans deux des cas. Cependant les expériences prouvent d'une manière assez claire que l'irritabilité des muscles ne survit pas long-temps à la perte de celle des nerfs.

2. Les nerfs sont-ils seulement les conducteurs à travers lesquels toutes les irritations passent pour arriver jusqu'aux muscles ?

Les argumens suivans démontrent que les choses se passent ainsi.

a. Les irritations qui, appliquées aux muscles eux-mêmes, les déterminent à se mouvoir, sont les mêmes qui, portées sur les nerfs, excitent les muscles à se contracter. A la vérité, j'ai observé souvent une différence, consistant en ce que les acides minéraux et l'alcool, mis en contact avec les nerfs, ne provoquaient point de convulsions, tandis qu'ils en déterminaient lorsqu'on les appliquait aux muscles eux-mêmes. Mais cette différence paraît ne point être constante. Humboldt a occasioné un mouvement tremblotant dans les muscles par l'alcool, le chlore, l'arsenic blanc et même des sels métalliques appliqués sur les nerfs. Bischoff et Windischmann ont vu aussi quelquefois les acides minéraux, mis en contact avec les nerfs des Grenouilles, faire naître des convulsions.

b. Les substances qui enlèvent aux muscles leur irritabilité, détruisent aussi celle des nerfs. Quoique les narcotiques, quand ils pénètrent dans le torrent de la circulation, et tuent par atteinte portée au cerveau et à la moelle épinière, n'abolissent pas immédiatement l'irritabilité des muscles et des nerfs, puisque ces organes, chez les Grenouilles ainsi mises à mort, demeurent encore pendant long-temps irritables, cependant l'application locale des narcotiques sur les nerfs et les muscles entraîne la perte de l'irritabilité dans tous les points de ces parties avec lesquels la substance entre en contact. Des nerfs plongés dans une dissolution d'opium, perdent l'irritabilité dans toute la partie immergée, tandis qu'ils la conservent entre celle-ci et le muscle. Traités de même, les muscles sont frappés de mort dans toute l'étendue mise en rapport avec la liqueur opiacée. Cette identité d'action des narcotiques sur les nerfs et sur les muscles rend probable que c'est en anéantissant l'irritabilité des nerfs musculaires qu'ils détruisent l'aptitude des muscles à ressentir l'influence des stimulus.

c. Humboldt extirpa les nerfs de parties musculuses, jusqu'aux plus petites branches, sur la partie supérieure de cuisses de Grenouilles, ou sur des nageoires de Poissons; ces organes ne furent plus sensibles ensuite à l'irritation galvanique.

d. Des décharges électriques violentes, soit sur les muscles, soit sur les nerfs seulement, détruisent très-prompement, au dire de Tiedemann, la faculté qu'ont les muscles de se contracter par l'influence des irritations du dehors.

e. On peut également citer ici la différence que j'ai observée dans la manière dont les nerfs sensitifs et moteurs, irrités galvaniquement et mécaniquement, se comportent à l'égard des muscles qui reçoivent d'eux des ramifications. Je n'ai pu exciter de convulsions ni dans les muscles de la langue par le nerf lingual, ni dans ceux du museau par le nerf sous-orbitaire. On voit donc que la seule influence nerveuse, en général, n'égale pas les autres irritations sous le point de vue de l'excitation des contractions musculaires, et qu'il faut, pour déterminer cet effet, celle toute spéciale d'une classe particulière de nerfs.

f. Enfin, l'extinction de l'irritabilité des muscles après la paralysie prolongée de leurs nerfs coupés, dont on a empêché la reproduction, démontre aussi, et peut-être plus péremptoirement qu'aucune autre preuve, que l'intégrité des nerfs qui se répandent dans les muscles est nécessaire à l'excitation de ceux-ci, et que les muscles ne sont point accessibles par eux-mêmes aux irritations. Quelque positif que semble être ce résultat, la faculté de se contracter ne peut néanmoins être qu'une propriété inhérente aux muscles, et Tiedemann fait remarquer avec raison que les nerfs vivans ne sauraient leur communiquer une force qu'ils n'auraient point par eux-mêmes. Mais l'aptitude à se contracter, inhérente aux muscles, suppose le concours des nerfs pour sa manifestation, et la décharge d'un agent impondérable, partant des nerfs, est tout

aussi nécessaire pour déterminer les fibres primitives des muscles à rapprocher leurs parties, petites et grandes, les unes des autres, que cette attraction l'est pour opérer le raccourcissement. J'ai déjà dit, dans le chapitre précédent, quelles sont les espèces d'attraction qui ont lieu dans les muscles imprégnés de l'agent nerveux. Mais ce qui donne le mieux une idée de la force avec laquelle l'attraction doit s'exercer entre les angles des fibres musculaires courbées, c'est l'aptitude qu'ont les muscles vivans, dans l'état de contraction, à résister à la plus grande distension, tandis qu'après la mort, lorsque leurs molécules ont perdu ce pouvoir de s'attirer, ils se déchirent avec une extrême facilité.

Nous ne savons encore rien de la manière dont s'exerce le conflit entre les nerfs et les muscles pendant la contraction. Prevost et Dumas (1) disent avoir observé que les ramifications déliées des nerfs marchent en travers sur les faisceaux des fibres musculaires, et cela précisément aux endroits où, quand celles-ci se contractent, correspondent les angles de leurs flexions en zigzag, de manière que les parties du muscle sur lesquelles passent les nerfs seraient les points vers lesquels les autres se trouveraient attirées, et qui aussi s'attireraient réciproquement. Ils croient encore avoir remarqué que les nerfs forment des anses de cette manière, et que les fibres nerveuses descendent d'un côté dans ces anses, pour remonter de l'autre dans le tronc. Schwann a examiné la manière dont les nerfs se comportent dans les muscles; il a employé pour cela les muscles latéraux du ventre de la Grenouille; là, en effet, il est possible d'obtenir une couche musculaire tellement mince qu'avec un grossissement de quatre cent cinquante diamètres, on a encore assez de lumière pour distinguer tout avec netteté. Mais un grossissement de cent diamètres est suffisant. Voici ce que Schwann a observé: Le

(1) MAGENDIE, *Journal*, t. III.

tronc nerveux qui pénètre dans le muscle envoie de nombreux faisceaux, qui ne tardent pas à se diviser en d'autres plus petits, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'ils se trouvent réduits aux fibres primitives. Dans leur trajet, les faisceaux et même la plupart des fibres primitives isolées s'accollent fréquemment à d'autres faisceaux, et surtout à ceux qui suivent la même direction, parfois cependant aussi à d'autres qui marchent en sens inverse. Cette circonstance n'a pas permis de décider s'il y a réellement quelques fibres qui, décrivant une anse, retournent dans le tronc. L'adnexion des fibres et des faisceaux est si fréquente, qu'elle donne au muscle l'apparence d'être entrelacé dans un réseau fort irrégulier de nerfs; mais les filamens nerveux qui constituent ce réseau n'ont point de position déterminée par rapport aux faisceaux musculaires. Schwann a quelquefois observé la disposition suivante : Un faisceau nerveux contenant peu de fibres primitives, quatre par exemple, marchait en travers sur les faisceaux musculaires ; une fibre nerveuse primitive s'en détachait d'abord, à angle droit, entre deux des plus minces faisceaux musculaires ; puis une seconde passait, également à angle droit, entre le second des faisceaux musculaires précédens et un troisième situé tout à côté ; une troisième entre ce troisième et un quatrième voisin, et il n'y avait que la quatrième fibre nerveuse restante qui s'unît avec les autres faisceaux nerveux. Chacune des fibres isolées marchait alors parallèlement aux faisceaux musculaires dans une certaine étendue, puis disparaissait, sans qu'il fût possible de dire ce qu'elle devenait. Il serait possible qu'elle se divisât en filets beaucoup plus grêles, qui s'unissent ensemble en manière de réseau. Du moins Schwann a-t-il remarqué cette disposition dans une partie non musculieuse pourvue par le nerf grand sympathique, dans le mésentère de la Grenouille et du *Bufoigneus*. Les fibres qui forment ici le réseau sont infiniment plus déliées que les fibres primitives ordinaires. Ce

qui prouve qu'elles étaient réellement nerveuses, c'est leur ressemblance avec les fibres plus grosses d'où elles émanaient : mais ces fibres plus fortes du mésentère, même lorsqu'elles avaient le volume des fibres primitives ordinaires, laissaient apercevoir des traces confuses de texture fibreuse dans leur intérieur, absolument comme si les filets très-grêles qu'elles fournissent étaient déjà préformés en elles. Ici on se demande si cette structure élémentaire si délicate des fibres nerveuses n'a commencé qu'à leurs extrémités périphériques, puisqu'on n'aperçoit rien de semblable dans les fibres nerveuses primitives ordinaires, telles qu'on les observe en examinant un nerf quelconque au microscope.

La théorie du mouvement musculaire par Prevost et Dumas repose sur le fait observé par ces physiciens que les fibres nerveuses coupent transversalement les faisceaux musculaires, là où se trouvent les angles des flexions en zigzag, et sur la supposition que les anses obliques de ces fibres s'attirent réciproquement, d'où résulte le raccourcissement des fibres musculaires. Déjà, en essayant de répéter les observations de Prevost et Dumas sur de petits faisceaux musculaires vivans, on voit que, pour ce qui concerne la coïncidence de fibres nerveuses transversales avec les angles de flexion des fibres musculaires, ce n'est point aux fibres primitives des nerfs qu'il faut songer, mais seulement à des faisceaux entiers de fibres nerveuses. Car il n'y a pas possibilité d'apercevoir les fibres primitives des nerfs sur un faisceau musculaire assez volumineux pour qu'on puisse y déterminer des contractions en l'irritant : on ne parvient à les poursuivre dans les muscles qu'en coupant la substance musculaire par tranches extrêmement minces, qu'on examine au microscope composé. En outre, les figures données par Prevost et Dumas prouvent clairement qu'ils n'ont fait usage que de la loupe. Leur théorie ne part donc point de l'action réciproque ou du conflit des élémens des muscles et de la substance nerveuse. Ils suppo-