

Bernard, Claude. - De l'influence de deux ordres de nerfs qui déterminent les variations de couleur du sang veineux dans les organes glandulaires.

In : Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, Vol. 47, pp. 393-400

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 SEPTEMBRE 1858.

PRÉSIDENCE DE M. DESPRETZ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la quantité d'oxygène que contient le sang veineux des organes glandulaires, à l'état de fonction et à l'état de repos; et sur l'emploi de l'oxyde de carbone pour déterminer les proportions d'oxygène du sang; par M. CLAUDE BERNARD.*

« Dans une communication faite à l'Académie le 28 février de cette année, j'ai fait voir qu'à l'état normal ou physiologique (1) le sang veineux des glandes est rutilant quand ces organes expulsent le produit de leur sécrétion, et qu'il est noir quand ces mêmes glandes n'expulsent rien et sont dites à l'état de repos. Dans une autre communication faite le 9 août der-

(1) Dans l'état physiologique, l'excitation du nerf sécréteur est toujours accompagnée par une accélération de la circulation et par une coloration rouge du sang veineux. Ces phénomènes sont d'autant plus marqués, que l'organe glandulaire est plus petit et qu'il est plus indépendant par la disposition de ses vaisseaux de la circulation des organes voisins. Je ne connais aucune glande où le phénomène soit aussi visible que dans la glande sous-maxillaire du chien, qui remplit toutes ces conditions. Mais pour qu'on ne se méprenne pas sur la subordination de ces divers phénomènes, je ferai remarquer que tout ce que j'ai dit prouve clairement que cette coloration rouge du sang veineux est une conséquence de l'action du nerf qui accélère la circulation et non une cause de la sécrétion, puisqu'on la constate après la section du grand sympathique sans qu'il y ait sécrétion. De telle sorte que si l'on met un obstacle à l'écoule-

nier, j'ai indiqué par quel mécanisme physiologique deux ordres de nerfs tiennent sous leur dépendance les variations de couleur qui surviennent dans le sang veineux glandulaire (1). Aujourd'hui je désire examiner les modifications chimiques du sang qui sont en rapport avec ses changements de coloration dans une même veine.

» Mais je dois m'empresser de dire qu'il ne s'agit pas ici d'une analyse chimique du sang. Dans cet examen des sangs veineux glandulaires, il ne sera question que de la détermination relative de l'oxygène, qui est le gaz auquel on a toujours attribué la couleur rutilante du sang. Et encore ne me serais-je pas permis cet empiétement sur les attributions des chimistes, si je n'avais été amené par des considérations entièrement physiologiques, comme on va le voir, à employer un nouveau moyen très-simple pour la détermination de l'oxygène dans le sang.

» Il y a environ dix ans que je fis sur l'empoisonnement des animaux par l'oxyde de carbone des expériences que j'ai répétées depuis dans mes cours au Collège de France en 1853 et 1856 (2). Or en étudiant l'action toxique

ment du sang par la veine glandulaire, en même temps qu'on excite le nerf sécréteur, la sécrétion peut encore s'opérer quoique le sang retardé accidentellement dans sa marche ne puisse pas couler rouge. Dans certaines glandes volumineuses, comme dans la parotide du cheval, le sang se renouvelle plus difficilement en totalité dans la glande à cause de son volume et à cause aussi de la communication des veines glandulaires avec les veines musculaires voisines qui fournissent un sang excessivement noir dans les mouvements de mastication de l'animal. Aussi n'aurait-ce jamais été sur cette glande que le phénomène eût pu être découvert, quoiqu'il existe, mais masqué par les circonstances que je viens d'indiquer. En faisant ainsi la part de la cause et de l'effet, on voit que l'action physiologique essentielle du nerf sécréteur est d'accélérer la circulation et de rendre le sang veineux rouge quand l'accélération est aussi intense que possible, et il n'y a aucune raison de trouver des contradictions dans les effets moins marqués du phénomène qui sont le résultat de circonstances tout à fait secondaires.

(1) Depuis lors j'ai poursuivi mes recherches sur les nerfs qui accélèrent ou retardent la circulation capillaire, et j'ai reconnu que ces deux ordres de nerfs ne se rencontrent pas seulement dans les glandes, mais qu'ils existent dans d'autres parties du corps. J'ai constaté particulièrement chez le chien que des filets du rameau mylo-hyoïdien du nerf maxillaire inférieur de la cinquième paire accélèrent la circulation dans les vaisseaux de la face. Je donnerai ultérieurement ces expériences en m'occupant successivement des phénomènes des circulations locales qui sont encore si peu connus.

(2) *Notes of M. Bernard's lectures on the blood; with an appendix by Walter F. Atlee, M. D.* Philadelphia, 1854, p. 19 à 22. — *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses*: Paris, 1857.

de l'oxyde de carbone sur le sang chez l'animal vivant, j'ai été amené à trouver que ce gaz empoisonne rapidement les animaux parce qu'il déplace instantanément l'oxygène des globules du sang et ne peut plus ultérieurement être déplacé par l'oxygène de l'air. D'où il suit que les globules du sang en quelque sorte paralysés sont devenus impropres à absorber l'oxygène et circulent comme des corps inertes sans pouvoir désormais entretenir la vie. Si tous les globules sanguins sont atteints par une quantité d'oxyde de carbone suffisante pour déplacer tout leur oxygène, la mort est presque instantanée, et la vie ne peut plus être rappelée par l'insufflation artificielle ; si une partie du sang a échappé à l'action délétère, la mort peut être plus tardive, etc.

» En un mot, j'ai considéré l'action si éminemment toxique de l'oxyde de carbone comme la conséquence de sa très-grande affinité pour la matière des globules sanguins. En effet, l'oxyde de carbone a plus d'affinité pour les globules du sang que l'oxygène, puisque l'oxyde de carbone déplace rapidement l'oxygène, tandis que l'oxygène est incapable de déplacer à son tour l'oxyde de carbone.

» C'est cette singulière propriété toxique de l'oxyde de carbone, dont je crois avoir le premier reconnu le mécanisme, qui m'a conduit tout naturellement à employer ce gaz pour déplacer l'oxygène du sang. Ce moyen offre sur les anciens procédés l'avantage d'être très-rapide et plus rigoureux, parce que, par l'action toxique même que l'oxyde de carbone a fait éprouver au sang, se trouvent éliminées les causes de disparition de l'oxygène pendant la durée de l'opération.

» Depuis deux ans j'ai employé ce procédé pour un grand nombre de recherches, et l'hiver dernier, au Collège de France, dans mon cours qui a eu pour sujet principal l'étude du sang, j'ai développé publiquement les avantages de ce moyen d'analyse, en l'appuyant par des expériences nombreuses, qui ont été exécutées par M. Leconte, et qui étaient instituées pour la détermination de la quantité relative d'oxygène dans les sangs des différents organes du corps.

» Voici en quelques mots comment j'opère. J'aspire le sang des vaisseaux au moyen d'une seringue graduée, et je le fais passer rapidement, à l'aide d'une canule en fer recourbée, dans un tube de verre gradué placé sur le mercure et contenant préalablement le gaz oxyde de carbone. J'obtiens ainsi le sang à l'abri du contact avec l'air (*loc. cit.*, p. 166). Aussitôt que le sang est introduit, j'agite fortement, de manière à opérer le mélange et à empêcher la coagulation. Je maintiens le contact de l'oxyde de carbone et

du sang pendant une heure ou deux à une température de 30 à 40 degrés, et en ayant soin d'agiter le sang, pendant ce temps, à deux ou trois reprises différentes. Le volume total du gaz ne change pas ordinairement, parce que l'oxyde de carbone déplace l'oxygène volume à volume (1). Sous l'influence de l'oxyde de carbone, on voit tous les sangs prendre une même teinte vermeille persistante, que j'ai signalée depuis bien longtemps comme caractérisant l'action de l'oxyde de carbone, aussi bien dans le sang des vaisseaux chez l'animal vivant que sur le sang traité en dehors du corps (2).

» J'emploie habituellement pour chaque expérience 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone pour 15 centimètres cubes de sang. Avec cette quantité de gaz tout l'oxygène du sang peut être déplacé : on peut en acquérir la preuve en faisant une nouvelle addition d'oxyde de carbone, et dans ce second lavage on ne trouve plus d'oxygène d'une manière sensible.

» Pour l'analyse du mélange gazeux dans lequel se trouve l'oxygène déplacé, on s'est servi des procédés habituellement en usage : l'acide carbonique a été dosé par la potasse, l'oxygène par l'acide pyrogallique, et le dosage de l'oxyde de carbone, quand on y a eu recours, a été fait au moyen de sa transformation en acide carbonique par l'étincelle électrique.

» Après ce préambule un peu long, mais que j'ai cru nécessaire, j'arrive à l'objet essentiel de ma communication, qui est de savoir si le sang veineux glandulaire rouge contient autant ou plus d'oxygène que le sang veineux glandulaire noir. J'ai pensé qu'il était nécessaire de poser ainsi la question. En effet, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne pouvait faire que deux hypothèses sur la cause de la coloration du sang veineux vermeil qui s'écoule de la glande en fonction avec une activité telle, qu'il est, ainsi que nous l'avons dit, animé de pulsations comme le sang artériel quand la sécrétion est très-intense. On pouvait penser que le sang vei-

(1) J'ai déjà signalé ce déplacement volume à volume de l'oxygène par l'oxyde de carbone (cours de 1856), page 184. Mais depuis j'ai vu, quand il y a beaucoup d'acide carbonique, qu'il y a une augmentation du volume total du gaz.

(2) Depuis que j'ai trouvé et que j'enseigne dans mes cours publics cette propriété que possède l'oxyde de carbone de rendre le sang rutilant d'une manière persistante, ainsi que son action spéciale toxique sur les globules sanguins, ces faits ont été depuis signalés d'après moi dans divers ouvrages. Je citerai particulièrement à ce sujet la publication de M. le Dr Atlee de Philadelphie, qui a suivi mon cours en 1853. Tout récemment, M. le Dr F. Hôppe a essayé d'utiliser, pour les recherches médico-légales, cette propriété de l'oxyde de carbone de rendre le sang rutilant d'une manière persistante. Voyez *Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie, etc.*; par R. Virchow, t. XI, p. 288, et t. XIII, p. 104; 1857-1858.

neux rouge est tout simplement du sang artériel qui a traversé les capillaires avec une rapidité si grande, qu'il n'a pas eu le temps de devenir veineux, c'est-à-dire de se dépouiller de son oxygène pour prendre à la place de l'acide carbonique. Mais on pouvait tout aussi bien admettre que le sang veineux rouge est du sang veineux ordinaire avec cette différence qu'il n'est pas resté noir parce que, s'étant formé au moment de la sécrétion, il s'est trouvé débarrassé par l'excrétion glandulaire de son acide carbonique qui, sans cette circonstance, l'aurait rendu noir, ainsi que cela a lieu quand la glande ne sécrète pas et que l'acide carbonique ne peut pas s'échapper. Cette dernière opinion acquérait un grand degré de vraisemblance par ce fait que tous les liquides sécrétés renferment une proportion considérable d'acide carbonique soit en dissolution, soit à l'état de combinaison. La quantité comparative d'oxygène contenue dans le sang à son entrée dans la glande et à la sortie de ce même organe était seule capable de décider de l'une ou l'autre des deux hypothèses : si en sortant de la glande le sang veineux rouge contient plus d'oxygène que le sang veineux noir et autant que le sang artériel, il est clair qu'il n'est pas devenu veineux. Si, au contraire, le sang veineux rouge donne moins d'oxygène que le sang artériel et dans une proportion égale à celle que renferme le sang veineux noir, on devra accepter la seconde opinion, à savoir que pendant la sécrétion le sang artériel devient veineux comme à l'ordinaire, avec cette particularité qu'il resterait rouge, parce qu'alors il se débarrasserait sur place de son acide carbonique au lieu de ne l'éliminer que plus tard dans l'organe pulmonaire.

» Voilà donc les termes du problème que je me suis proposé de résoudre ; voyons actuellement ce que l'expérience va nous apprendre.

» J'ai opéré sur le sang de la veine rénale, parce que le volume de l'organe permet d'obtenir avec facilité des quantités de sang suffisantes pour les analyses comparatives.

» Sur un chien vigoureux et en digestion, après avoir mis à découvert les vaisseaux rénaux du côté gauche avec les précautions convenables, j'ai aspiré rapidement et porté immédiatement en contact avec 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone (1) 15 centimètres cubes de sang de la veine ré-

(1) Cette aspiration rapide du sang de la veine rénale est assez difficile à opérer. Il faut éviter de lier la veine parce qu'aussitôt le sang veineux devient noir par l'obstacle à la circulation. C'est pour cela que je préfère pénétrer à droite par la veine cave et plonger la canule de la seringue jusque dans la veine rénale gauche dans laquelle la circulation ne se trouve pas interrompue.

nale, pendant que l'urine s'écoulait abondamment par l'uretère et que le sang veineux était presque aussi vermeil que celui de l'artère. Aussitôt après, une des nombreuses divisions de l'artère rénale à son entrée dans le rein a été coupée, et par son bout central j'ai aspiré 15 centimètres cubes de sang, que j'ai mis de même en contact avec une semblable quantité d'oxyde de carbone. Alors pour troubler la sécrétion urinaire, j'enlevai la capsule graisseuse du rein. L'urine cessa quelques instants après de couler par l'uretère et le sang de la veine devint noir comme le sang veineux de la veine cave. A ce moment, j'aspirai 15 centimètres cubes de ce sang veineux rénal noir, qui fut comme les deux autres mis en contact avec 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone. Après une heure de séjour dans une étuve à une température de 30 à 40 degrés, l'analyse des gaz en contact avec les trois espèces de sang précédemment désignées donna les résultats qui suivent pour les quantités d'oxygène qu'ils renfermaient, calculées pour 100 volumes de sang :

	Volumes d'oxygène.
1°. Pour le sang veineux rouge	17,26
2°. Pour le sang artériel	19,46
3°. Pour le sang veineux noir	6,40

» Dans une seconde expérience, on a trouvé 16 pour 100 d'oxygène dans le sang veineux rénal rouge, 17,44 dans le sang artériel aortique, et 6,44 dans le sang veineux de la veine cave.

» D'après ces expériences, on voit donc que le sang veineux rouge du rein (et il est présumable qu'il en est de même des autres sangs glandulaires) diffère du sang veineux ordinaire en ce qu'il ne s'est, pour ainsi dire, pas désoxydé. Ainsi se trouverait vérifiée notre première hypothèse, puisque ce sang a conservé les caractères du sang artériel. Toutefois, si cela est vrai pour les proportions d'oxygène qu'on y trouve, la proposition absolue ne serait pas exacte. En effet, ce sang veineux glandulaire rouge contient beaucoup moins de fibrine que le sang artériel; il renferme moins d'eau, parce qu'il a fourni celle de la sécrétion, et, de plus, ce sang veineux rouge se montre constamment plus altérable que le sang artériel; c'est-à-dire qu'il devient noir spontanément beaucoup plus vite quand il a été retiré des vaisseaux, etc. (1).

(1) On remarque ces mêmes propriétés dans le sang veineux de la tête quand on a préalablement coupé le grand sympathique dans la région moyenne du cou. Les expériences que j'ai faites à ce sujet, depuis 1852, ont montré qu'après la section du sympathique la circu-

» Quoi qu'il en soit, en nous en tenant pour le moment uniquement à l'objet de ma recherche actuelle, c'est-à-dire à ce qui concerne la proportion d'oxygène du sang veineux glandulaire, nous voyons ce fait bien singulier, que c'est précisément pendant leur fonction, c'est-à-dire pendant qu'elles sécrètent, que les glandes laissent passer le sang rouge sans le désoxyder, tandis que pendant qu'elles ne fonctionnent pas et n'expulsent aucun produit, le sang qui en sort est noir, privé, en grande partie, d'oxygène et chargé d'acide carbonique (1). Ici se présente de nouveau cette opposition entre le système glandulaire et le système musculaire, sur laquelle j'ai déjà souvent appelé l'attention. Dans les muscles, le sang veineux sort d'autant plus noir et d'autant plus désoxydé, que l'organe a fonctionné et s'est contracté plus énergiquement; dans les glandes, le sang sort d'autant plus rouge et d'autant moins oxydé, que l'organe a fonctionné, c'est-à-dire a sécrété avec plus d'intensité. Mais devons-nous considérer cette opposition dans les phénomènes apparents comme la preuve d'une différence radicale dans les procédés de nutrition et de fonctionnement des glandes et des muscles? En un mot, pouvons-nous dire que, tandis que les muscles consomment de l'oxygène en raison directe de leur activité fonctionnelle, c'est le contraire pour les glandes? ou bien ne devons-nous pas plutôt, en face de cette conclusion singulière, concevoir des doutes sur la justesse de notre manière de désigner les états fonctionnels des glandes? Ce serait là mon opinion, et je pense que ces recherches conduiront à faire interpréter autrement ce qu'on appelle état de repos et état fonctionnel des glandes, et à nous faire distinguer là un état d'activité chimique et un autre état d'activité purement mécanique. Je pourrais déjà apporter divers arguments en faveur de cette opinion; mais je m'arrêterai aux

l'opération s'accélère considérablement, la température augmente, le sang veineux devient rouge, la pression augmente. Si on vient à galvaniser le bout périphérique ou supérieur du sympathique, la circulation diminue d'intensité, les vaisseaux se resserrent et la température baisse en même temps que le sang devient très-noir. C'est particulièrement sur les chevaux où tous ces faits se présentent avec une grande évidence. Cette grande altérabilité du sang veineux rouge exige qu'on opère avec une grande célérité pour le mettre en contact avec l'oxyde de carbone qui l'empêche de devenir veineux et de se désoxyder par la formation de l'acide carbonique.

(1) Je ne veux pas examiner la question de quantité d'acide carbonique produit. Seulement je dirai qu'avec l'oxyde de carbone je n'ai jamais trouvé une quantité d'acide carbonique qui répondit à la quantité d'oxygène disparu. Ce qui indiquerait que peut-être dans le sang il y a quelque chose d'intermédiaire entre l'oxygène et l'acide carbonique.

faits très-nets que j'ai précédemment fait connaître, me bornant à signaler ce côté obscur de la question qui servira de point de départ pour des recherches ultérieures. »

OPTIQUE MINÉRALOGIQUE. — *Sur la duplication des images au travers des cristaux biréfringents à faces parallèles; Note de M. BABINET.*

« A l'occasion d'une assertion de *M. Haidinger* ainsi conçue : « Il serait » absurde de demander à un cristal doublement réfringent de séparer les » images, comme le spath d'Islande, par la transmission à travers deux » faces parallèles ou peu inclinées, » *M. Babinet*, après avoir démenti cette assertion qui vient de *Haüy*, indique le procédé d'observation suivant : Tendez sous le cristal, au moyen d'un peu de cire, un fil simple de cocon de soie, et regardez avec une loupe ce fil très-mince au travers du cristal biréfringent à faces parallèles. Si l'axe est oblique aux faces, le fil paraît double, et si l'axe est parallèle ou perpendiculaire aux faces du cristal, on obtient la duplication de l'image en obliquant la ligne de vision de manière que les rayons qui viennent à l'œil fassent intérieurement un angle sensible avec l'axe du cristal. Une plaque de cristal de roche de 1 à 2 centimètres d'épaisseur double parfaitement le fil de cocon, et chaque image est reconnue facilement comme polarisée. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Expériences faites au moyen de l'appareil d'incubation artificielle présenté à l'Académie dans la séance du 17 mai 1858; Note de M. SÉGUIER.*

« Messieurs,

» Vous avez accueilli avec trop de bienveillance l'appareil d'incubation artificielle que j'ai précédemment eu l'honneur de vous soumettre, pour que je ne regarde pas comme un devoir de vous faire connaître le résultat des expériences qu'il m'a permis de faire.

» J'ai la satisfaction de pouvoir vous dire que toutes mes prévisions se sont réalisées ; le succès a répondu à mon attente ; de nombreux œufs ont été couvés jusqu'à éclosion, et des familles entières de perdreaux ont été conduites jusqu'à l'âge adulte.

» Pour me placer dans les meilleures conditions de température, j'ai consulté les auteurs qui se sont occupés d'incubation artificielle ; j'ai pensé pourtant que l'enseignement le plus certain serait celui donné directement