

rentes dans des circonstances en apparence identiques.

Les expériences que je viens de vous citer ou dont je vous ai rendu témoins n'ont pas encore répondu à la question par laquelle nous demandions quelle était la limite que pouvait atteindre la diminution de l'oxygène dans un milieu destiné à entretenir la respiration. Elles nous auront cependant montré que cette limite ne saurait être déterminée rigoureusement, parce qu'elle varie dans des conditions physiologiques dont il faut toujours, avant tout, tenir compte. Elle ne nous a donné que des indications approximatives dans des cas déterminés, et fait voir qu'il fallait renoncer à obtenir d'autres indications que des indications individuelles se rapportant à des circonstances données, et combien il est difficile, à cause de toutes ces circonstances complexes, de soumettre au calcul de semblables questions. J'insisterai sur ces faits parce qu'on voit tous les jours appliquer à des phénomènes de cet ordre des calculs qui peuvent en imposer, mais qui en réalité n'offrent qu'une fausse exactitude, parce que la variabilité des conditions physiologiques y est complètement négligée et méconnue.

Dans la prochaine séance nous reviendrons encore sur ces résultats avant de passer aux effets sur l'organisme d'un milieu plus chargé d'oxygène que le milieu normal.

## SEPTIÈME LEÇON.

4 AVRIL 1856.

SOMMAIRE : De l'influence de l'habitude sur la tolérance d'un milieu vicié. — Tendances à l'équilibre entre l'organisme et le milieu où il se trouve placé. — Phénomènes généraux de l'asphyxie par l'air confiné. — Dépression de toutes les fonctions. — Abaissement de la température animale. — Diminution des sécrétions. — De l'oxygène en excès. — Excitation générale produite. — Acidification des urines chez les herbivores par un milieu oxygéné. — Asphyxie dans l'oxygène non renouvelé.

MESSIEURS,

Dans la dernière leçon, nous vous avons fait voir qu'un animal qui a en grande partie épuisé l'oxygène que lui offre une atmosphère confinée peut vivre dans des conditions qui font périr un animal bien portant. J'ai appelé votre attention sur ce phénomène constant, parce que, *à priori*, on pourrait croire que les choses ne doivent pas se passer ainsi, et qu'il n'est pas rare de voir avancer qu'un animal affaibli doit plus mal résister à l'influence délétère à laquelle il n'a à opposer qu'une force de résistance beaucoup moins considérable. Une nouvelle expérience que je vous rapporterai fournira de nouveaux faits dans le même sens, et conduisant aux mêmes conclusions.

*Expérience.* — Sous une cloche de 2 lit. 35 centil., pleine d'air atmosphérique, nous avons mis à quatre heures et demie : 1° un verdier bien portant ; 2° une linotte qui avait été à deux reprises soumise à des at-



mosphères viciées; 3° un deuxième verdier affaibli; car, après avoir subi pendant deux heures la respiration dans un air limité, il avait été retiré déjà malade. Ces animaux sont morts aux heures et dans l'ordre suivants :

- 1° à 5 heures 15 minutes le verdier sain ;
- 2° à 5 heures 30 minutes la linotte ;
- 3° à 5 heures 40 minutes le deuxième verdier affaibli et malade.

D'où il est facile de conclure que les animaux affaiblis ont moins besoin d'un air riche, et résistent plus longtemps à un air vicié.

L'analyse du mélange gazeux resté dans la cloche a donné :

Oxygène.....	6,3	dosé par l'acide pyrogallique.
Acide carbonique...	12,1	dosé par la potasse.
Azote .....	81,6	dosé par différence.

Au lieu de 1/5<sup>e</sup> d'oxygène que renferme normalement l'air, l'air vicié de la cloche n'en renfermait plus que 1/16<sup>e</sup>.

Voilà le fait brut; quelle en peut être l'explication? Je vous ai déjà indiqué qu'elle était dans la tendance qu'a l'organisme à se faire au milieu dans lequel il est placé. La condition dominante du nouveau milieu dans ce cas est l'appauvrissement de l'élément vital de l'air. La condition organique correspondante est une dépression de toutes les fonctions, ce qui rapproche alors l'oiseau d'un animal à sang froid. La respiration diminue d'activité, l'animal se refroidit, la circulation se ralentit, les sécrétions sont moins abondantes; l'animal qui vit ainsi consomme moins d'oxygène.

Cette espèce d'acclimatation se fait, suivant les circonstances, plus ou moins brusquement, et l'expérience démontre qu'elle est d'autant plus réelle et d'autant plus protectrice qu'elle a mis plus de temps à se faire, c'est-à-dire que le changement des conditions organiques a été moins brusque.

Si nous mettons par exemple un moineau sous une cloche d'un litre, un autre sous une cloche de 2 litres, un troisième sous une cloche de 3 litres, les phénomènes que nous offriront ces oiseaux ne seront pas en rapport directement proportionnel dans leur intensité ou dans le temps qu'ils mettront à se produire avec les capacités des cloches.

Ainsi l'oiseau qui, dans une cloche d'un litre, périt au bout d'une heure, ne succomberait qu'au bout de trois heures dans une cloche de 2 litres. Ce résultat tiendrait à ce que plus il y a d'air, plus l'animal soumis à l'expérience a de temps pour s'habituer à cet état de dépression fonctionnelle, et plus il peut, par conséquent, appauvrir son milieu avant de succomber.

Nous avons vu que l'oiseau qui a succombé le premier dans la cloche où nous avons mis les deux verdiers et la linotte, y est mort dans une atmosphère plus riche en oxygène que celle dans laquelle ont plus tard vécu les deux autres. Vous voyez par là, Messieurs, qu'il est impossible de déterminer d'une manière absolue la quantité d'oxygène nécessaire à un animal pour vivre.

Nous avons vu dans la dernière leçon qu'un moineau pouvait encore rester vivant dans une atmosphère de 2 litres, ne contenant plus que 3,5 p. 100 d'oxygène :



mais la proportion de ce gaz ne descend pas aussi bas dans une cloche d'un litre sans causer la mort. Au point de vue toxique, l'animal habitué est donc dans des conditions toutes nouvelles, et je répéterai encore que le caractère de l'habitude est lié à des circonstances trop diverses pour permettre de conclure d'une façon absolue. Rien que le temps qu'a mis à s'établir cette tolérance par l'habitude est un élément qui suffit à lui seul pour varier à l'infini les conditions dans lesquelles se produit le phénomène.

Maintenant pourquoi l'animal sain meurt-il donc dès qu'on l'introduit dans la cloche ? Parce qu'il arrive brusquement dans des conditions auxquelles il ne lui a pas été permis de se faire graduellement.

L'inverse pourrait aussi arriver, c'est-à-dire que l'animal pourrait mourir en passant brusquement des conditions morbides aux conditions physiologiques. Si, lorsque l'animal est arrivé à cet état d'abaissement de toutes les fonctions, on vient à enlever la cloche, il se retrouvera alors dans des conditions physiologiques ; mais il n'y est plus fait et il ne se rétablira que lorsqu'un séjour prolongé dans ce milieu lui aura permis de revenir graduellement aux habitudes organiques normales. M. de Sénarmont, à qui j'ai parlé de ces expériences, me citait des cas dans lesquels des mineurs descendant dans les galeries tombaient là où d'autres travaillaient encore, et il ajoutait que les mineurs asphyxiés pendant leur travail ne doivent pas toujours être brusquement enlevés, mais qu'il était souvent prudent de ne leur rendre que graduellement un air pur.

Voici une expérience qui, en vous rendant témoins du fait énoncé plus haut, vous montrera en même temps combien tout ce qui a rapport à ces phénomènes est sous une dépendance étroite de l'habitude organique.

*Expérience.* — Cette cloche A (fig. 5), mise sur le mercure, comme nous le faisons habituellement dans ces expériences, renferme un verdier qui s'y trouve depuis deux heures et demie et qui est déjà très-malade.

J'y introduis un autre oiseau que vous voyez se débattre dans des convulsions et tomber. Le nouveau venu est évidemment le plus malade et succomberait bien vite. Mais je lève la cloche et vous voyez presque

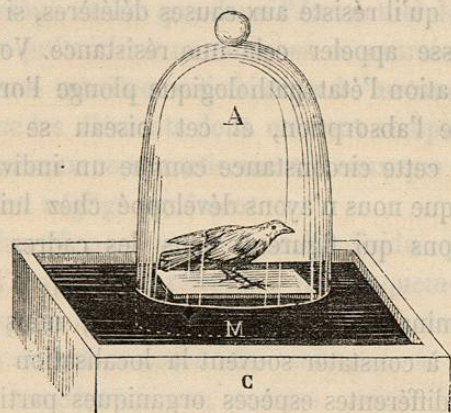


FIG. 5.

aussitôt se remettre et s'envoler l'oiseau récemment introduit et qui cependant paraissait presque mort ; tandis que la restitution du milieu physiologique ne paraît pas avoir encore amélioré sensiblement l'état de celui qui avait passé deux heures et demie dans la cloche et qui aurait pu sans mourir y rester peut-être



encore une demi-heure. Ce verdier reviendra cependant et s'envolera à son tour, mais ce ne sera qu'après un temps assez long.

Si maintenant, dans cet état, nous tentions sur cet animal affaibli et sur un autre animal sain et vigoureux une expérience comparative et que nous les empoisonnions tous deux, avec la strychnine par exemple, celui qui a séjourné pendant deux heures et demie sous la cloche serait empoisonné beaucoup plus lentement que l'autre. Il a été amené dans un état où il prend moins au milieu extérieur, et c'est par cette inaptitude à s'approprier par absorption les influences étrangères, qu'il résiste aux causes délétères, si tant est qu'on puisse appeler cela une résistance. Voilà dans quelle situation l'état pathologique plonge l'organisme vis-à-vis de l'absorption, et cet oiseau se comporterait dans cette circonstance comme un individu malade, bien que nous n'ayons développé chez lui aucune des affections qui figurent dans les cadres nosologiques.

En examinant l'action des poisons, nous aurons, Messieurs, à constater souvent la localisation de leurs effets sur différentes espèces organiques partiellement affaiblies. Mais ici il y a abaissement général; toute l'économie est affectée et partout de la même manière; quel que soit l'organe que l'on considère, on y trouve une diminution de l'énergie fonctionnelle.

Tout ce que nous avons dit précédemment prouve encore une fois de plus la complexité des phénomènes physiologiques et montre l'imprudence qu'il y a à vou-

loir les formuler en lois soumises au calcul. Il est cependant certain que des lois générales existent dans ces phénomènes, lois même qui doivent être susceptibles d'être exprimées par une formule; mais dans la pratique on ne doit pas la tenter pour aujourd'hui. Sans doute, il faut tendre vers l'exactitude, mais le moyen le plus sûr de s'en rapprocher est de bien se persuader que c'est là une limite idéale à laquelle on ne peut jamais prétendre atteindre. On ne doit aborder ces questions physiologiques qu'avec la circonspection que commande le sentiment d'une variété infinie, variété que dissimulent les prétentions à l'exactitude du calcul. Il faut surtout savoir que dans l'état actuel de la physiologie ces prétentions numériques ne sauraient s'appliquer d'une manière satisfaisante à aucune question, parce que les éléments dont on tient compte sont trop peu nombreux comparativement à ceux que l'on ignore et que l'on néglige forcément.

En résumé, nous voyons que l'individu qui absorbe moins d'oxygène se refroidit; réciproquement, toutes les fois qu'un animal se refroidit il tend à se rapprocher du fonctionnement des animaux à sang froid dont la température est, comme nous l'avons déjà indiqué, un obstacle à l'oxygénation du sang. Ce dernier fait prouve encore, comme nous l'avons déjà dit, qu'il y a dans l'absorption de l'oxygène par le sang autre chose qu'une simple dissolution.

La privation d'oxygène diminue les sécrétions d'une manière générale. Cette action se produit également sur certaines sécrétions particulières, notamment sur



la sécrétion sucrée du foie qu'elle interrompt. Ce n'est pas ici le lieu de nous arrêter sur ce fait plein d'intérêt à un autre point de vue et dont l'analyse détaillée trouvera mieux sa place dans l'exposé complet des considérations qui représentent l'ensemble de ces phénomènes.

Le système musculaire lui-même subit ce même affaissement fonctionnel et tend à se rapprocher des conditions qu'il présente chez les animaux à sang froid. Chez les grenouilles, par exemple, l'irritabilité musculaire dure pendant longtemps après la mort, tandis que chez un oiseau qu'on décapite dans les mêmes conditions, on ne la retrouve plus au bout d'un temps très-court. Eh bien, chez un oiseau tué lentement par la privation d'oxygène, l'irritabilité musculaire persistera plus longtemps.

*Expérience.* — Sous cette grosse cloche d'une capacité de 12 litres, nous avons mis avant la leçon un pigeon dont la température normale, prise en introduisant un thermomètre dans son cloaque, a été trouvée de 41°. Au bout de quatre heures, son malaise était extrême et il n'eût pu y vivre encore que très-peu de temps. On l'a retiré alors, et sa température, prise toujours en introduisant le thermomètre dans le cloaque, n'était plus que de 31°. Elle avait, par conséquent, baissé de 10°. L'animal vient d'être sacrifié et son foie, immédiatement enlevé, ne contenait plus de sucre.

Après avoir étudié les effets de l'appauvrissement d'une atmosphère, nous devons voir maintenant quelles

sont les conséquences de la présence d'un excès d'oxygène dans une atmosphère destinée à entretenir la vie.

On a dit autrefois que dans l'oxygène pur les animaux vivaient peu, et que ce gaz exerçait sur la muqueuse des voies respiratoires une action irritante qui développait assez rapidement une inflammation du parenchyme pulmonaire : l'oxygène employé dans ces essais n'était peut-être pas pur ; car dans les expériences faites plus tard on n'a pas remarqué d'accidents du côté du poumon. MM. Regnault et Reiset ont fait respirer des animaux dans des atmosphères artificielles très-oxygénées ; nous-même l'avons fait un certain nombre de fois, sans observer cette lésion.

Les animaux vivant dans l'oxygène présentent des phénomènes différents de ceux que nous avons vu se produire sous l'influence d'un milieu peu oxygéné. Vous savez que les oiseaux que nous avons mis dans des cloches pleines d'air n'ont paru d'abord nullement gênés, ce n'est que peu à peu que se manifestaient les symptômes qui trahissaient chez eux une diminution de l'énergie vitale. Si vous observez cet oiseau que nous mettons actuellement dans une cloche pleine d'oxygène, vous verrez que tout d'abord il y a excitation, et que l'animal présente une agitation très-grande.

Des expériences, dont je vous ai rappelé les résultats dans les leçons précédentes, ont établi que le sang mis en contact de l'oxygène pur en absorbe une plus grande proportion que lorsqu'on l'agite avec l'air atmosphérique. La même chose a lieu pour un animal vivant



placé dans une cloche pleine d'oxygène; il absorbe alors plus d'oxygène que lorsqu'il est dans l'air.

Aussi, lorsqu'un animal respire dans l'oxygène, ses lèvres deviennent vermeilles, le sang est plus rutilant et conserve partout les apparences du sang artériel, à tel point que la chair des oiseaux morts dans l'oxygène est plus rouge que celle de ceux qui meurent dans l'air. Soumis à cette influence les animaux à sang froid en sont, dit-on, surexcités au point de se rapprocher des animaux à sang chaud.

Quant aux animaux à sang chaud, l'excitation est le seul phénomène bien appréciable, leur chaleur ne m'a pas paru s'élever d'une manière bien sensible; cependant je ne pourrais affirmer que cela n'a pas lieu. Les animaux peuvent vivre plus longtemps dans l'oxygène lorsqu'on détruit l'acide carbonique à mesure de sa formation. La circulation est plus active, les sécrétions sont augmentées, les muscles se contractent avec énergie et doivent sans doute devenir, après la mort, plus rapidement insensibles aux excitations galvaniques.

Chez les lapins et chez les herbivores en général, les urines sont alcalines pendant la digestion. Si l'on vient, comme nous l'avons fait, à mettre un de ces animaux dans l'oxygène, il en résulte une modification dans les produits excrétés. Au bout d'un quart d'heure les urines commencent à changer de réaction, et au bout d'une heure elles sont devenues très-acides et contiennent beaucoup d'urée. Si on remet le lapin à l'air ordinaire, ses urines redeviennent rapidement alcalines.

Cette réaction acide des urines existe également chez

les mêmes animaux lorsqu'ils sont à jeun; et ils prennent alors, ainsi que nous le savons, relativement plus d'oxygène dans leur sang. Toutefois cette acidité des urines peut exister avec d'autres conditions respiratoires, car, en injectant un peu de graisse fondue dans les poumons d'un lapin, nous avons vu l'urine devenir rapidement acide et claire.

Nous n'avons pas constaté si chez les animaux morts par une asphyxie lente les urines deviennent acides.

Voici maintenant un moineau dont la vivacité a été sensiblement augmentée par son séjour dans une atmosphère d'oxygène; il finira par s'y habituer et avoir besoin, pour que ces fonctions continuent à s'exécuter, d'une quantité plus grande de ce gaz que celle qu'il prend dans l'air. Si alors on le remettait dans l'air, il n'y mourrait certainement pas; mais il pourrait succomber dans un milieu encore assez riche pour faire vivre un animal qui n'aurait pas été préalablement mis dans l'oxygène.

Vous savez que dans un milieu d'oxygène confiné, lorsqu'on n'enlève pas l'acide carbonique, l'animal finit par périr. Une nouvelle expérience va établir le fait en en faisant mieux ressortir les conditions.

*Expérience.* — Après avoir préparé de l'oxygène avec le chlorate de potasse additionné de chaux, afin d'avoir le gaz exempt de chlore, on en a rempli une cloche de 2 litres 350 de capacité déjà à moitié pleine d'air. Un pinson y fut introduit et il y succomba au bout de deux heures et demie. Une linotte alors introduite dans la cloche s'y trouvait très-gênée; mais au bout d'un quart d'heure elle vivait encore bien et on l'a retirée.



Un verdier, placé alors de même dans la cloche, y a été laissé environ dix minutes, au bout desquelles on l'a retiré vivant.

L'air de la cloche a été alors analysé : on a dosé l'acide carbonique par la potasse et l'oxygène par l'acide pyrogallique ; on y a trouvé :

Oxygène.....	39
Acide carbonique.....	13
Azote.....	48 dosé par différence.

400

Nous voyons ainsi que, en mettant les autres oiseaux dans l'atmosphère où était mort le premier verdier, ils n'y sont pas morts subitement, comme cela serait arrivé si l'on avait eu affaire à une atmosphère ordinaire viciée. Cela prouve ce que nous avons dit précédemment, c'est-à-dire que le premier verdier ayant été excité par une plus grande quantité d'oxygène, avait eu des exigences plus considérables que les autres animaux qui étaient dans une atmosphère moins riche en oxygène.

Toutefois, constatons que la linotte et le verdier seraient morts bien vite dans la cloche, et ce n'eût certainement pas été par défaut d'oxygène. Dans une des prochaines leçons, en étudiant la part d'action qui doit revenir à l'acide carbonique, nous vous rendrons compte des particularités qu'offre cette expérience intéressante. Mais, auparavant, nous devons étudier les effets de l'oxygène modifié, c'est-à-dire de l'ozone, pour compléter les considérations que nous voulions vous présenter sur les effets physiologiques généraux de l'oxygène.

## HUITIÈME LEÇON.

9 AVRIL 1856.

SOMMAIRE : La richesse en oxygène du milieu ambiant n'est pas la seule condition nécessaire à l'entretien de la vie. — Dans un milieu confiné, les animaux meurent tout autant par la présence de l'acide carbonique que par le défaut d'oxygène. — Cependant l'acide carbonique n'est pas vénéneux. — Expériences. — Mêlé en certaines proportions aux gaz respirables, l'acide carbonique fait mourir les animaux. — Expériences. — Du mécanisme de la mort par l'influence de l'acide carbonique. — De l'action topique locale et générale de l'acide carbonique.

MESSIEURS,

Nous devons examiner aujourd'hui quels pouvaient être les effets produits par la présence dans l'air de l'oxygène à l'état d'ozone. Mais il est dans la nature essentiellement expérimentale de ce cours d'être soumis à toutes les vicissitudes par lesquelles on peut être arrêté dans la pratique des recherches. Nous n'avons pu obtenir une quantité d'ozone suffisante pour en étudier les propriétés sur l'organisme ; force nous est donc d'ajourner ce sujet.

Des expériences faites dans la dernière leçon nous conduisent d'ailleurs à donner plus de développement à la question de l'action d'un milieu confiné sur laquelle elle jette un jour tout nouveau.

Nous vous avons fait voir qu'un animal placé dans un air confiné finit par y mourir ; qu'il y meurt