

JOURNAL DES SAVANTS.

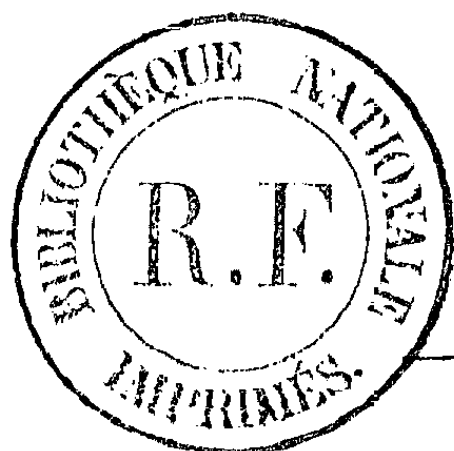
ANNÉE 1849.



PARIS.
IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC XLIX.

JOURNAL DES SAVANTS.



OCTOBRE 1849.

RECHERCHES CHIMIQUES sur la respiration des animaux de diverses classes, par MM. V. Regnault et J. Reiset.

(Extrait des *Annales de chimie et de physique*, cahiers de juillet et août 1849.)

TROISIÈME ET DERNIER ARTICLE.

Une des propriétés les plus admirables de l'organisme des êtres vivants, c'est l'aptitude qu'on lui voit à modifier, entre des limites très-étendues, le jeu de ses rouages, sans qu'ils cessent de marcher ensemble, et de concourir efficacement à l'effet commun qu'ils sont chargés de produire. C'est là ce qui fait que la vie persiste, et se maintient, sous les influences continuellement changeantes des agents physiques extérieurs. La respiration, comme toutes les autres fonctions animales, non-seulement continue à s'opérer dans des circonstances physiques très-diverses, mais encore elle s'y prête, et s'y acccommode à l'instant même; s'accélé rant ou se retardant, selon la salubrité ou l'insalubrité, la rareté ou l'abondance de l'atmosphère respirée; et encore, selon qu'il devient nécessaire d'entretenir à l'intérieur, une effervescence de réactions chimiques, plus ou moins vive. L'activité de la respiration varie même, avec les impressions instinctives que l'animal éprouve, soit qu'elles agissent en cela comme cause première, soit que l'effet se trouve déterminé par les mouvements qu'elles excitent. Lavoisier avait reconnu quelques-unes de ces correspondances, et il les avait signalées. Mais elles se sont manifestées avec beaucoup plus d'extension et d'évidence dans les expériences de MM. Regnault et Reiset, dont la longue durée amenait des mutations d'état, plus nombreuses et plus dissemblables. Ils

les ont soigneusement remarquées et décrites dans leurs observations. Ils se sont même attachés à les faire naître, par la diversité des circonstances dans lesquelles leurs appareils permettaient de placer l'animal; tantôt variant la composition de l'atmosphère qu'ils lui faisaient respirer, tantôt lui donnant ou ne lui donnant pas d'aliments durant sa réclusion. Ils ont ainsi étudié les effets de ces conditions hygiéniques différentes ou contraires, comme on ne l'avait jamais fait ni même pu entreprendre avant eux.

Tous les animaux ne se prêtent pas également à ces épreuves. L'homme peut bien, avec quelque apparence de raison, se dire leur maître, surtout quand il les tient enfermés. Mais il n'a, même alors, sur eux, qu'une sorte d'autorité négative. Car, à la vérité, il les forcera bien de jeûner s'il ne leur donne pas d'aliments; mais il ne saurait les contraindre à manger eux-mêmes ceux qu'il leur présente, s'ils ne le veulent pas. Or il en est dont la détermination sur cet article est invincible; ils mourront plutôt que de céder. Leur maître raisonneur se trouve donc alors réduit à les étudier, dans les conditions où ils veulent bien se mettre. C'est ce que les auteurs du mémoire ont fait, en désignant cette contrariété de circonstances, par la distinction philosophique d'état *d'alimentation* ou *d'inanition*. Ils se sont en outre donné l'avantage de mettre successivement, quand ils l'ont pu, le même animal dans l'un de ces états et dans l'autre; quoique, à son goût, le premier lui parût beaucoup meilleur que le second.

Ces signes de bon ou de mauvais vouloir de l'animal sont en rapport avec ce que l'on serait tenté d'appeler ses habitudes morales. Par exemple, les chiens et les lapins semblent d'abord quelque peu étonnés de se voir clos et emprisonnés avec leur pitance. Pourtant ils se résignent, bonnes bêtes; et un mets savoureux paraît n'avoir rien perdu pour eux de son prix. Le chat au contraire, cauteleux et méfiant, ne touche jamais aux aliments qu'on a enfermés avec lui: la crainte les corrompt. Les canards, bien que grands mangeurs et peu timides de leur naturel, se conduisent de même, du moins étant seuls. Mais probablement leur motif est autre. Manger leur paraît triste, sans compagnon; et ils y répugnent jusqu'à se laisser mourir de faim. M. Regnault a connu trop tard cette particularité de leur caractère. Il aurait pu en faire vivre une paire en liberté pendant quelques jours. Renfermés ensuite de compagnie dans son appareil, ils y auraient pris de grand cœur leur repas. Faute de cette connaissance, ils n'ont pu être étudiés que dans leur état de jeûne volontaire, ou après une alimentation forcée. Les poules ont fait voir une autre singularité. Enfermées seules

avec de l'eau et du grain, elles ne semblent nullement gênées. Elles mangent, boivent et pondent comme à l'ordinaire; mais elles mangent leurs œufs en totalité, intérieur et coquille. Cela rappelle un trait du même genre, mais plus dénaturé encore, que l'on dit avoir été observé à la Nouvelle-Galles du Sud, sur les brebis. Cette contrée est sujette à des sécheresses si complètes, et parfois si excessivement prolongées, que l'eau y manque tout à fait pendant des mois. On a vu alors les brebis, n'ayant pas de lait, étrangler elles-mêmes leurs agneaux qui venaient de naître. Serait-ce, dans les deux cas, une prévision instinctive, découragée de mettre au jour des êtres qui ne peuvent vivre dans les conditions où ils seraient placés, prévisions que les bêlements et les exigences inutiles des agneaux exalteraient dans les brebis, jusqu'à la rage? Ou n'y aurait-il là qu'un sentiment aveugle de conservation propre, qui pousserait l'animal à dévorer les produits de son corps, pour y chercher les matériaux devenus indispensables à son existence?

Toutes ces diversités de circonstances influent sur l'acte de la respiration. Il faut, par conséquent, y rattacher les résultats qu'on observe, pour en tirer des conséquences justes, et pour séparer ce qu'ils offrent d'occasionnel de ce qui appartient aux lois générales. Mais ce partage ne pouvait se faire que dans un système d'expérimentation assez étendu, et en même temps assez exact, pour que les moindres détails des phénomènes puissent y être aperçus, suivis, appréciés. Celui que MM. Regnault et Reiset avaient adopté rendait sensibles jusqu'aux effets des accidents et des caprices individuels. Même, comme cela est ordinaire dans les études expérimentales, l'observation de ces effets occasionnels leur a souvent découvert les traits les plus caractéristiques des phénomènes généraux.

Ces phénomènes se produisent, à des degrés divers, dans toutes les classes d'animaux; mais il convient de les étudier d'abord dans les animaux à sang chaud, où ils se manifestent avec le plus d'évidence. C'est ce qu'ont fait les auteurs du mémoire. Je vais donc procéder comme eux, en disposant toutefois leurs résultats dans l'ordre qui me semblera le plus favorable pour en montrer les relations et les conséquences, condition qui le fera souvent différer de celui qu'ils ont dû suivre pour les découvrir.

Considérons d'abord les variations que subit le volume de l'azote contenu dans l'atmosphère artificielle où l'animal respire. Les auteurs du mémoire en ont présenté le résumé général, pour ce qui concerne les animaux à sang chaud, dans une série de propositions que je vais rapporter, en les abrégeant au besoin.

1° Lorsque ces animaux sont soumis à leur régime alimentaire habituel, ils exhalent *toujours* de l'azote; mais la proportion de ce gaz exhalé se montre constamment très-petite; elle ne s'élève jamais à $\frac{2}{100}$ du poids de tout l'oxygène consommé, et le plus souvent elle est moindre que $\frac{1}{100}$.

2° Dans l'état d'inanition, il y a *souvent* absorption d'azote. Elle s'opère entre des amplitudes de proportions aussi petites que celles de l'exhalation, dans le cas précédent. Elle a été presque habituelle pour les oiseaux qui étaient tenus à l'inanition; elle a été très-rare, pour les mammifères.

3° Des oiseaux malades ont encore absorbé de l'azote, même dans l'état d'alimentation. Ce phénomène a continué aussi de s'opérer pendant quelque temps chez des oiseaux, qui, après avoir été soumis à l'inanition, avaient été mis à un régime d'alimentation insolite; par exemple, à la viande au lieu de grain.

4° Ces alternatives d'exhalation et d'absorption de l'azote, par un même animal soumis à des régimes divers, sembleraient favorables à l'idée d'Edwards : que ces deux phénomènes ont toujours lieu simultanément, mais que l'expérience fait seulement connaître la résultante variable, et toujours fort petite, de leurs effets opposés, lesquels alors pourraient être individuellement beaucoup plus considérables qu'elle ne les accuse.

Dans les expériences sur les animaux à sang froid, de très-petites quantités d'azote ont paru aussi être occasionnellement dégagées ou absorbées. Mais la respiration de ceux que l'on a pu étudier s'est trouvée si peu active, que ces quantités étaient de l'ordre des erreurs auxquelles les observations étaient sujettes. En sorte que le fait peut être seulement soupçonné.

Nous avons maintenant à discuter deux phénomènes d'une grande importance : La formation de l'acide carbonique, et la consommation de l'oxygène. Pour comprendre en quoi leur importance consiste, il suffit de se rappeler les relations chimiques qu'ont entre elles ces deux substances, et comment elles interviennent dans l'acte de la respiration.

L'acide carbonique est une combinaison du charbon pur, appelé en chimie le carbone, avec l'oxygène. Quand le charbon solide brûle dans l'oxygène gazeux, le volume de gaz acide carbonique qui se forme est sensiblement égal à celui de l'oxygène primitif; et en même temps, il se dégage une grande quantité de chaleur. Ces deux faits, découverts par Lavoisier, vont recevoir ici une de leurs plus belles applications. Seulement, comme l'identité de volume qu'il avait reconnue, n'est qu'approximative, il ne faut pas établir les raisonnements sur cette donnée.

imparfaite, mais sur la composition exacte de l'acide carbonique, telle qu'on la connaît aujourd'hui.

Lorsqu'un animal qui respire, exhale de l'acide carbonique dans une atmosphère qui n'en contenait pas primitivement, il est clair que le carbone a dû être fourni par sa substance même, dont une portion correspondante s'est combinée, dans les organes, avec l'oxygène aspiré. Il s'opère donc là une combustion interne, de laquelle le produit est ensuite exhalé, ce qui nécessite un dégagement proportionné de chaleur. Voilà par conséquent une des sources, sinon la seule, de la chaleur animale; et c'est encore une conséquence que Lavoisier avait très-hardiment déduite; on pourrait dire trop hardiment, parce qu'il lui avait attribué une généralité exclusive qu'elle n'a pas. Ce fait constaté, une autre question se présente. Lorsque nous fournissons à un animal une certaine quantité d'oxygène, qu'il consomme par sa respiration, tout cet oxygène est-il employé à former l'acide carbonique qu'il exhale? ou quelque portion serait-elle absorbée par des combinaisons de nature différente, dont les produits pourraient être, soit exhalés de même, soit fixés à l'intérieur? Lavoisier croyait à cette absorption partielle; et il supposait que la portion de l'oxygène ainsi consumée, était employée à brûler l'hydrogène contenu dans le sang, pour former de l'eau. C'était là une induction séduisante, mais dépourvue de preuves; et même, le dédoublement de l'oxygène qui lui servait de base, ne pouvait s'inférer des expériences de Lavoisier qu'avec beaucoup de doute, à cause des incertitudes qu'elles présentaient, sur les quantités absolues, tant d'oxygène fourni, que d'acide carbonique formé. Celles que l'on avait entreprises après lui pour décider ce point de fait, n'étaient guères plus concluantes sous ces deux rapports. Les unes disaient oui, les autres non, presque avec d'égales probabilités. La question se trouve résolue dans le mémoire dont nous avons rendu compte; et la manière dont elle y est préparée la rend très-simple, quoiqu'elle en ressorte beaucoup plus générale qu'on ne le croyait.

En effet, reprenons les données que nous y voyons établies. Nous connaissons, *rigoureusement* le poids absolu de l'oxygène sec qui a été consommé par un animal dans un temps donné. Nous connaissons, *non moins rigoureusement*, le poids d'acide carbonique sec qu'il a exhalé dans le même temps. Ce dernier contient un poids d'oxygène calculable. Comparons-le au poids total de l'oxygène consommé. S'il est moindre, le reste a été absorbé dans d'autres produits; s'il est plus grand, il y a eu de l'oxygène exhalé; s'il est égal, il ne s'est opéré ni absorption, ni dégagement. La déduction est nette et claire. Il suffit

que le mot *rigoureusement* puisse être employé, à bon droit, dans ses deux prémisses. Toute la difficulté était là. Elle n'existe plus.

Maintenant voici le résumé de plus de cent expériences, sur les animaux de toutes classes. Dans le très-grand nombre des cas la totalité de l'oxygène consommé ne se retrouve pas dans l'acide carbonique. La portion complémentaire est donc employée à d'autres combinaisons. M. Regnault présente de ce fait une raison très-plausible : c'est que l'acte de la digestion donne naissance à beaucoup de produits plus oxydés que les aliments. Il faut bien alors que l'oxygène nécessaire pour les former soit fourni par la respiration. S'il en est ainsi, la quantité d'oxygène fixée devra varier avec le mode d'alimentation. C'est en effet ce que les expériences montrent; et la différence n'est pas seulement sensible entre des animaux de diverses classes¹, mais dans la même classe, et pour un même individu, quand la nature des aliments est changée. La plus grande absorption d'oxygène a lieu quand les animaux sont nourris à la viande; elle est moindre quand ils sont nourris de légumes; moindre encore quand ils sont nourris de pain ou de grains. Dans ce dernier cas, elle peut devenir nulle, quelquefois même se changer en exhalation. Les animaux soumis à une diète absolue absorbent toujours de l'oxygène; et, à peu près, comme s'ils étaient nourris à la viande. En effet; dans ce cas, le carbone qu'ils fournissent à la respiration ne peut venir que de leur propre substance. Cet acte s'accomplit donc alors chez eux, comme s'ils étaient carnivores, fussent-ils des oiseaux, dont le grain est l'élément naturel. Dans ce résumé concis, j'ometts nécessairement une infinité de détails curieux, pour ne m'attacher qu'aux résultats généraux, et je me trouverai astreint à la même gêne dans ce qui va suivre. J'ai d'ailleurs à peine besoin d'avertir que tous les faits, tous les rapprochements qu'on y trouvera, sont propres aux auteurs du mémoire. Je me borne à les condenser, pour y prendre les éléments des discussions qu'ils ont établies; et je commencerai par les suivre ainsi dans la recherche des causes qui maintiennent la température propre des êtres vivants.

Que la combustion interne du carbone qui sert à former l'acide carbonique exhalé, soit une des sources de la chaleur animale, on n'en peut douter. Ce fait ne se découvre pas seulement, comme étant une conséquence nécessaire du dégagement de chaleur qui s'opère toujours quand le charbon brûle. Il se manifeste encore dans les variations que la respiration subit, selon que les circonstances l'exigent, pour entretenir la constance de la température propre. C'est ce que les auteurs du mémoire ont établi par des expériences spéciales; soit en élevant ou en abaissant la

température de l'espace dans lequel ils renfermaient les animaux ; soit en les faisant respirer dans une atmosphère artificiellement surchargée d'oxygène, ou dont l'azote était remplacé en très-grande partie par de l'hydrogène. Toujours ils ont vu l'organisme s'adapter à ces mutations. Ainsi, pour un même animal, la respiration devient plus abondante quand la température du milieu ambiant est plus basse ; ou, quand l'azote de son atmosphère artificielle est remplacé par de l'hydrogène, dont le pouvoir refroidissant relatif est beaucoup plus considérable. Cette substitution n'a d'ailleurs aucun inconvénient, pourvu que l'oxygène ne manque pas ; et il se consomme seulement un peu plus de ce gaz. C'est pour cela encore que les animaux de même classe consomment, dans un temps donné, une quantité d'oxygène d'autant plus grande, relativement à leur masse, qu'ils sont plus petits ; la déperdition de la chaleur, par leur surface externe, étant proportionnellement beaucoup plus considérable chez les petits que chez les gros. Par exemple, la consommation de l'oxygène pour cent grammes de substance, est dix fois plus forte chez les moineaux que chez les poules. Mais, en reconnaissant la réalité de l'effet calorifique opéré par la respiration, il ne faut pas supposer qu'il soit le seul de ce genre qui s'opère dans l'organisme des animaux. Leur estomac est un laboratoire de chimie en continuelle activité. Pendant que s'accomplit en eux ce miracle de tous les jours, la digestion, les matières qui constituent leurs aliments subissent une multitude d'élaborations chimiques. Elles se désagrègent, se liquéfient, se décomposent, puis se groupent en produits nouveaux, qui, charriés par des routes certaines, vont se distribuer dans toutes les parties du système à leurs places propres, ou sont expulsés comme devenus inutiles. Ces transformations, et ces assimilations de substances, qui s'opèrent dans les organes, ne peuvent s'accomplir sans donner lieu à des dégagements et à des absorptions de chaleur, qui concourent, pour constituer la température propre, avec la combustion incessante de carbone que décèle l'exhalation de l'acide carbonique. Cette température n'est donc pas l'effet simple d'une cause unique comme Lavoisier le supposait, et comme on l'avait cru d'après lui. Elle est la résultante complexe d'une multitude d'effets, dont l'accomplissement est trop variable et trop caché pour que l'on puisse les apprécier isolément. Ils changent pour un même animal avec le mode d'alimentation, dans les alternatives de mouvement ou de repos, et aux diverses phases de la digestion, même régulière. Ils se dénaturent entièrement si elle se trouble. Un chien avait servi à plusieurs expériences, sans accident. Une fois, ayant mangé trop gloutonnement, il fut pris d'indigestion sous la cloche ; il vomit

ses aliments, les avala de nouveau, les vomit une seconde fois, les ravalait encore, après quoi il resta en expérience durant dix-huit heures sans apparence de malaise. Il y eut une très-faible exhalation d'azote, une abondante consommation d'oxygène pour former de l'acide carbonique; mais, par extraordinaire on trouva dans la cloche près de deux litres d'hydrogène qui avaient été exhalés. Dans une digestion régulière, cet hydrogène aurait été brûlé intérieurement pour former de l'eau ou d'autres produits; et ces opérations auraient donné lieu à un développement de chaleur interne tout différent de l'exhalation à l'état de gaz. Les auteurs du Mémoire ont établi très-judicieusement toutes ces distinctions.

Nous avons vu que leur manière d'opérer faisait connaître la nature et la quantité des gaz absorbés ou dégagés, dans un temps donné, par un animal, en vertu de toutes les actions qu'il exerce sur l'atmosphère qui l'environne; mais sans distribuer le résultat général entre les diverses parties de l'organisme qui concourent à le produire. Cette subdivision a été l'objet d'expériences spéciales, qui ont été effectuées séparément sur les animaux à sang chaud et à sang froid, dans lesquels ces deux particularités de leur constitution indiquent déjà que les proportions du partage doivent être fort différentes, ou même inverses. Elles ont été en effet trouvées telles. La conclusion générale se résume dans l'énoncé suivant: chez les mammifères et les oiseaux, la quantité d'acide carbonique qui se forme au contact du corps et qui se dégage par le canal intestinal, est toujours très-petite; elle s'élève rarement à $\frac{1}{50}$ de celle qui est fournie par la respiration pulmonaire. Il ne se dégage par les mêmes voies que des traces d'ammoniaque, et des quantités excessivement petites de gaz sulfurés. En somme, dans les animaux à sang chaud, la respiration pulmonaire prédomine tellement sur les causes secondaires d'exhalation et d'absorption qui l'accompagnent, que toutes les particularités qui la caractérisent, peuvent se conclure des observations faites sur la perspiration totale, comme si elle y était seule active. Au contraire, dans les animaux à sang froid, c'est la respiration cutanée qui prédomine, et à un degré tel, que, par exemple, des grenouilles auxquelles on avait enlevé les poumons continuèrent de respirer pendant plusieurs jours à peu près avec la même activité, absorbant et dégageant les mêmes gaz, à peu près en même proportion, comme aussi en quantités absolues à peu près pareilles. Toutefois, les conséquences de cette expérience, s'appliquent seulement aux conditions dans lesquelles elle a été faite. Car les observations d'Edwards rendent très-présumable que, chez ces animaux, la respiration pulmo-

naire et la respiration cutanée, ont des énergies relatives variables, dont les rapports changent aux différentes époques de leur vie, et avec les saisons. La respiration des vers de terre a été trouvée à peu près pareille à celle des grenouilles, dans toutes ses particularités d'absorption et d'exhalation. Celle des insectes, par exemple des hannetons et des vers à soie, s'est montrée relativement beaucoup plus active. La consommation d'oxygène, pour un poids égal de ces animaux, a été presque aussi grande que dans les mammifères. Cela s'explique naturellement par la grande quantité de nourriture qu'ils prennent. La vivacité de la combustion interne qui doit correspondre à cette grande quantité d'oxygène consommé, ne fait toutefois que maintenir ces animaux dans un état de température, qui dépasse de très-peu celle du milieu ambiant. La raison de ce résultat est encore très-évidente. Le corps de ces petits êtres présente à l'action réfrigérante de l'air une superficie considérable, relativement à sa masse, et une peau toujours humectée. Ces deux circonstances déterminent une déperdition rapide de leur chaleur propre, qui est compensée par le grand développement de ce principe qui s'opère en eux. L'intensité absolue de ces effets contraires se trouve ainsi être une loi nécessaire de leur existence; une condition de leur possibilité. Tous les êtres organisés ont ainsi en eux leurs moyens propres de vie, aussi nombreux, aussi multipliés dans les variations de leur mécanisme, que les étoiles du ciel. Et encore n'en apercevons nous que ce qui paraît au dehors; le plus merveilleux nous est caché. Qui a jamais pu comprendre les actions chimiques des membranes vivantes, la cause des mouvements volontaires et involontaires, que dis-je, le vol d'une mouche, les jeux d'un papillon? Quand notre entendement peut tout au plus arriver jusqu'à reconnaître les dispositions extérieures de l'organisme, et à saisir les relations intentionnelles qu'ont entre elles quelques-unes des pièces qui le composent, il y aurait, ce me semble, une contradiction logique, à ne pas voir au fond de cet ensemble, le principe intelligent lui-même, ayant tout ordonné, et réglé. Pour moi, je veux du moins avoir la philosophie de mon ignorance, à défaut d'autre; et je dis, tout bonnement, avec Voltaire :

...J'ai, sur la nature, encor quelque scrupule;
L'univers m'embarrasse; et je ne puis songer
Que cette horloge existe, et n'ait point d'horloger.

Je retourne à notre sujet. L'étude des phénomènes de la respiration telle que je viens de la présenter, se résume dans cette conclusion générale. Tout animal qui respire modifie chimiquement l'air qui l'en-

vironne, et en est chimiquement modifié. La nature de ces réactions est pareille pour toutes les classes d'animaux; mais les proportions de leurs effets varient considérablement d'une classe à une autre. Elles varient encore, quoique beaucoup moins, dans chaque classe pour des individus divers, et aussi pour un même individu, selon leur état hygiénique. Parmi les nombreuses expériences, rapportées dans le mémoire que j'analyse, je n'ai pris jusqu'à présent que celles qui m'ont paru le mieux convenir pour donner de l'ensemble du phénomène cette idée précise. Mais, maintenant, que j'espère y être parvenu, je vais extraire du même travail une recherche des plus curieuses, et des plus nouvelles, dont le lecteur comprendra sans aucune peine l'intérêt et la portée.

Beaucoup d'animaux, durant le cours de leur vie, éprouvent des mutations de forme et de constitution intérieure, qui les font passer par les modes d'existence les plus divers. La grenouille, par exemple, dans son jeune âge, est revêtue de l'enveloppe d'un poisson; elle en a l'apparence et vit uniquement dans les eaux où elle ne se nourrit que d'herbes. Alors, sa respiration s'opère comme celle des poissons, en extrayant l'air contenu dans l'eau, à l'aide d'organes extérieurs que l'on appelle des branchies, et en l'absorbant aussi par toute la surface du corps, à travers la peau qui le recouvre. Plus tard, ces branchies se flétrissent, rentrent sous la peau; la queue qui servait de nageoire rentre aussi à l'intérieur et disparaît; les intestins se raccourcissent; enfin l'animal, sorti de cette première phase, devient une grenouille complète, un être amphibie carnivore, ayant des poumons intérieurs qui aspirent directement l'air atmosphérique, en même temps que la peau l'absorbe encore; ayant aussi des bras et des jambes, au moyen desquels il plonge et nage, comme l'homme, si plutôt ce dernier, ne s'instruit dans cet art par son exemple. D'autres êtres éprouvent des mutations encore plus variées. Ainsi le papillon léger, aux ailes brillantes, a rampé d'abord sous la forme d'une chenille, tout enveloppé d'une peau qui cachait ses ailes, se nourrissant de feuilles avec une avidité dévorante, et respirant par des trous, ou stigmates, percés à la surface de son corps. Après avoir grossi sous cette forme, il s'est ramassé sur lui-même en une masse oblongue, arrondie comme une fève, et totalement dépourvue de membres extérieurs. Néanmoins, dans cet état, au moyen des mouvements qu'il se donne, il parvient à se tirer de son étui qu'il rejette au loin, et demeure suspendu à quelques brins de soie qu'il avait préalablement attachés pour cet usage, à un objet fixe. Le voilà devenu ce qu'on appelle vulgairement une *chrysalide*, et plus justement une

momie. Dès lors il reste ainsi en repos, et comme endormi, pendant un temps fixé, ressemblant à un corps inerte. Pourtant il vit, il respire à travers son enveloppe. Il a même le sentiment de son existence; car si on le touche, il se remue et se tortille autant qu'il le peut, pour échapper à cet indice de danger. Quand cette momie vient de se former, et qu'elle s'est mise au repos, ouvrez-la : vous n'y trouverez qu'une pulpe grasseuse, contenant les débris des anciens vaisseaux intérieurs, sans apparence de parties distinctes. Mais, peu à peu, cette pulpe subit une élaboration interne, qui en sépare les ingrédients, les distribue, les conduit à des places marquées, où ils s'agglutinent et se recomposent en organes nouveaux, ceux du papillon, lesquels s'arrangent dans le cadre de ses formes que l'on voyait déjà tracé sur la surface de la momie. Celui-ci, une fois complet, perce son tombeau, en sort, sèche ses ailes, s'envole dans les airs, et reprend une respiration active. Il ne s'alimente plus que du suc des fleurs, ou ne prend aucune nourriture. En peu de jours, il s'accouple, se reproduit et meurt. Ici nous pourrions bien nous adresser des questions difficiles. L'animal qui traverse ces diverses phases d'existence, a-t-il la conscience du passage, et se souvient-il de les avoir parcourues? Dans cette pulpe de la momie, qui ressent le contact des corps étrangers, il y a donc un *moi*? Où réside-t-il? Est-il dans quelques parties ou dans l'ensemble? De plus habiles se sont fait de pareilles questions sans les résoudre : et saint Augustin, entre autres, a humilié son grand esprit à chercher en vain comment le *moi* se partage, et où il réside, dans les tronçons vivants d'un ver de terre qu'on a coupé. Je ne me hasarderai point dans ces mystères, et je n'ai voulu rappeler les faits précédents que pour montrer comment la faculté de la respiration des animaux se modifie quand ils passent à des existences diverses.

Mais il en est d'autres parmi eux, chez lesquels des modifications aussi considérables s'opèrent périodiquement, durant toute leur vie, dans un même mode d'existence, et à des époques réglées. Ce sont les animaux qu'on appelle *dormeurs*. Il y avait un très-grand intérêt à savoir comment leur respiration, toujours pulmonaire, se modifie pendant ces léthargies périodiques; si elle a seulement un autre degré d'activité, ou si elle change de nature; si elle varie seulement dans la quantité, ou aussi dans la qualité de ses produits. Une circonstance heureuse a permis cette exploration. M. le professeur Sacc, de Neufchâtel, s'était procuré quatre marmottes, qui avaient été trouvées dans le canton d'Unterwalden. Il les conserva vivantes en les nourrissant avec de l'herbe, du trèfle, et des feuilles de choux. A la fin d'octobre 1846 elles s'endor-

mirent toutes, et ne se réveillèrent complètement qu'au commencement d'avril 1847, quoiqu'elles fussent placées dans une chambre bien éclairée, dont la température se soutenait toujours entre 10 et 15°. Elles restèrent ensuite très-éveillées et très-vives, jusqu'au mois de novembre 1847. Alors M. Sacc entreprit sur elles une suite de recherches régulières, ayant pour but d'observer les phases continues ou intermittentes de leur léthargie, soit totale, soit partielle, et d'étudier les circonstances extérieures qui pouvaient déterminer les alternatives de ces deux états. En conséquence, il se mit à tenir un registre exact de leur vie animale, où il marquait toutes ses particularités; les pesant aussi fréquemment, et notant avec soin le degré de leur température propre. Après avoir continué ces observations jusqu'au mois de février 1848, M. Sacc jugea qu'il serait nécessaire de les compléter par l'étude de la respiration de ces animaux; et il était sur le point d'exécuter ce projet, quand il apprit que M. Regnault se livrait depuis plusieurs années à des recherches du même genre, entreprises sous un point de vue plus général, avec un système d'appareils d'une perfection admirable. Alors, par un trait de dévouement scientifique, auquel je ne donnerai pas le nom d'abnégation, qui en exprimerait mal le motif et la noblesse, M. Sacc écrivit à M. Regnault qu'il lui envoyait immédiatement ses quatre animaux et son journal, en mettant le tout à sa disposition. Les marmottes, emballées dans une caisse avec du foin, furent en effet expédiées de Neuchâtel le 21 février 1848, par la malle-poste, et elles arrivèrent à Paris pendant les fameuses journées. La caisse fut déposée dans les magasins, d'où on ne put la retirer que huit jours après. Toutes les quatre furent trouvées éveillées; et, pendant les premiers jours, elles ne touchèrent point aux aliments qu'on leur donna. Un peu plus tard, la température s'étant abaissée, deux d'entre elles, que je nommerai C et D, s'endormirent; les deux autres, que j'appellerai A et B, restèrent très-vives, commencèrent à manger et ne s'engourdirent plus, quoique la température descendît souvent jusqu'à 4°. On les sépara des deux endormies, afin de suivre chaque couple par des observations distinctes. Pour présenter les résultats de cette étude dans l'ordre le plus simple, je rapporterai d'abord les expériences que l'on fit sur elles, quoique l'on se fût empressé avec raison de commencer par les deux autres.

La respiration des marmottes éveillées, A et B fut trouvée comparable à celle des lapins qui prennent à peu près la même nourriture. Elles exhalèrent comme eux de l'azote, en proportion encore très-faible, mais plus que triple. Elles consommèrent aussi un peu plus d'oxygène,

dont elles absorbèrent une proportion notablement plus forte. Leur température propre se soutenait à 33° ou 34°, quoique celle du milieu qui les entourait ne fût qu'à 12°. Aucun artifice ne put les décider, ou les contraindre, à s'endormir.

Venant aux marmottes endormies, j'intervertirai aussi leur histoire pour la faire mieux comprendre. Une fois la marmotte C fut placée en plein sommeil dans la cloche, et y resta 117^h 45' sans se réveiller. La température du milieu ambiant était de 8°; celle de l'animal, quand on le retira, toujours endormi, n'était que de 12°. Il n'avait donné aucun signe de mouvement, pendant la durée de l'expérience; à peine, de temps à autre, croyait-on apercevoir quelque indice d'aspiration ou d'expiration. La vie semblait comme suspendue, mais elle se ranima bientôt quand l'animal eut été retiré de la cloche et réchauffé.

Cet état complet de torpeur et de froid se trouva correspondre à une consommation d'oxygène excessivement faible, environ $\frac{1}{30}$ de celle qu'exigeaient les marmottes éveillées. Un peu moins de la moitié de cet oxygène seulement se retrouva dans l'acide carbonique exhalé. Le reste avait donc été fixé à l'intérieur dans des combinaisons non gazeuses, ou peut-être employé partiellement à former de l'eau, dont une portion très-petite aurait pu ressortir par la transpiration, puisque la température de l'animal surpassait seulement de 4° celle de l'atmosphère environnante, qui était toujours saturée de ce liquide. Il y eut aussi une très-notable absorption d'azote. Le poids de ce gaz absorbé, joint à celui de l'oxygène consommé, faisait en somme 13^g,314; d'une autre part, le poids de l'acide carbonique exhalé fut trouvé de 7^g,174; ce qui donne un excès de 6^g,140 pour l'absorption. Déduisez de là, si vous voulez, quelque petite fraction, pour tenir compte de la faible quantité d'eau qui a pu être emportée au dehors par la transpiration. Pendant toute la durée de l'expérience l'animal n'a rendu ni excrément ni urine. Donc il avait dû augmenter de poids, *en dormant*. La conséquence est incontestable. Aussi M. Sacc avait-il plusieurs fois remarqué ce fait, toujours sur des marmottes plus ou moins endormies, et quand il n'y avait pas eu de déjections émises. On en voit maintenant la cause. Dans ces circonstances, les marmottes réalisent complètement le proverbe : *Qui dort dîne*.

Peu de jours après l'expérience que je viens de rapporter, la même marmotte C est remise sous la cloche, encore endormie, mais moins profondément que la première fois. On aperçoit par intervalle des mouvements d'inspiration et d'expiration; elle entr'ouvre les yeux quand on la touche. Sa température propre était alors de 11°,2; celle de l'es-

pace où on la place, 10°. Pendant 76 heures, elle y demeura endormie. Sa respiration était alors si peu active que, dans cette première phase de son séjour, il y eut à peine 12 grammes d'oxygène consommé. Mais alors l'animal sortit de son sommeil; non pas, comme dans le réveil naturel, par une gradation lente et reposée, mais par une transition involontaire, prompte et pénible, qui la ramenait à d'autres conditions de vie. On reconnut d'abord des mouvements plus étendus et plus rapides d'aspiration et d'expiration; puis la marmotte ouvrit les yeux, et se mit à trembler de toute la partie antérieure de son corps. Elle ressentait éveillée, l'impression du froid qu'elle ne sentait pas endormie. Sa respiration devint alors très-active. En moins de trois quarts d'heure, elle consumma 6 grammes d'oxygène, la moitié de ce qui lui avait suffi pendant les 76 heures de son sommeil. On se hâta de terminer l'expérience, pour séparer autant que possible les effets produits dans ces deux états. Quand la marmotte fut retirée de la cloche, elle était fort méchante, et cherchait à mordre ceux qui l'approchaient. Mais elle ne pouvait pas courir, parce que son train de derrière était encore engourdi. Sa température propre était alors de 22°,1, tandis qu'elle n'était que 11°,2 au commencement de l'expérience, conséquemment aussi pendant la phase de sommeil. Elle s'était donc accrue de 10°,9 en trois quarts d'heure, par l'accélération du mouvement respiratoire; et surpassait déjà de 12°,1 celle de l'espace ambiant. La marmotte étant devenue libre, sa température continua de s'élever; et, cinq heures après, on la trouva de 32° à 33° comme chez les autres.

Je n'ai pas encore parlé de la marmotte D, l'une des deux qui s'étaient remises dans l'état de sommeil, quelques jours après leur arrivée. Son histoire n'est pas longue, mais elle a été terminée par un accident des plus curieux et des plus instructifs. On l'avait mise sous une cloche avec la marmotte C, toutes deux profondément endormies. Elles y restèrent pendant huit jours dans cet état de torpeur, n'ayant consommé jusque-là qu'une très-petite quantité d'oxygène, proportionnée à la lenteur de leur respiration. Le soir du huitième jour, le ballon qui fournissait ce gaz, en contenait encore une quantité suffisante pour entretenir la respiration des deux animaux pendant deux jours, à juger par ce qui en avait été consommé jusqu'alors. Mais c'était la première expérience. On n'avait pas prévu ce qui arriva. Pendant la nuit, en l'absence des observateurs, la marmotte D se réveilla. Sa respiration dut devenir très-active; la quantité d'oxygène qu'elle avait à sa disposition fut sans doute bientôt consommée; et, le lendemain, on la trouve morte par asphyxie. La marmotte C qui était

demeurée endormie, ne fut retirée de la cloche que cinq ou six heures après cet accident. Elle avait séjourné, pendant tout ce temps, dans la même atmosphère qui avait asphyxié sa compagne; et néanmoins elle n'en avait ressenti aucun mal; car ayant été portée devant le feu, elle ne tarda pas à se réveiller, et à courir dans la chambre avec sa vivacité ordinaire. Ceci montre donc d'abord que les conditions d'existence ne sont pas les mêmes pour les marmottes éveillées, et pour les marmottes engourdies. Les premières s'asphyxient comme les autres mammifères, dans une atmosphère pauvre en oxygène, où elles pourraient séjourner longtemps si elles étaient à l'état de torpeur. On voit aussi qu'elles ne peuvent pas se mettre dans cet état par leur volonté seule, pour continuer de vivre dans une atmosphère où elles se sentent périr. M. Regnault n'a pas manqué de signaler ces curieuses déductions, et je ne fais que les transcrire.

Elles découvrent avec évidence combien ce champ de recherches serait fécond s'il était exploré. C'est ce motif, autant que la nouveauté des résultats, qui m'a fait rapporter en détail les expériences qui précèdent. Quel beau sujet de travail pour un physicien et un physiologiste, qui s'accorderaient à y consacrer du temps! Les méthodes d'expérimentation sont trouvées, la voie est ouverte, le succès certain; il n'y a plus qu'à suivre. Comparez seulement ces premiers faits à tout ce que Buffon a écrit sur les animaux dormeurs. Quel roman faux et présomptueux, d'une part; quelle vérité simple et assurée de l'autre! Tel a été Buffon dans une grande partie de ses ouvrages, dans ceux que l'on a, peut-être, le plus admirés! Mais, s'il avait eu la patience de scruter intimement les détails de la nature, il n'aurait probablement pas eu la témérité, ou le courage, d'embrasser cette masse immense d'idées générales qu'il a remuées; et le vaste cadre qu'il a laissé à remplir serait à créer.

Au reste, le système de procédés et d'appareils que M. Regnault a inventés pour étudier le phénomène de la respiration, s'appliquerait avec un succès non moins certain, à une recherche bien plus importante que toutes celles qu'il a pu faire; et il a su aussi bien le voir, que le dire. Les grands effets physiologiques, obtenus depuis quelques années par l'inhalation de l'éther et du chloroforme, ont montré avec quelle rapidité l'absorption s'opère par les voies aériennes. On en peut induire, avec une grande vraisemblance, que l'action des médicaments transmis par ces voies, sous forme de gaz, serait beaucoup plus immédiate et plus active que leur injection, à l'état solide ou liquide, dans la cavité de l'estomac, où ils sont nécessairement soumis à l'action des organes

digestifs, qui peuvent les décomposer en totalité ou partiellement, peut-être les combattre; et au moins ne leur permettre de s'introduire dans le reste de l'économie vivante, qu'à travers des filières, où on ne peut plus les suivre ni savoir ce qu'ils deviennent. Il ne serait pas improbable que des substances gazeuses, administrées pendant un certain temps, à très-petites doses, devinssent heureusement efficaces dans le traitement de beaucoup de maladies, qui résistent jusqu'à présent à tous les remèdes, la pulmonie, par exemple. Or, pour réaliser ces épreuves avec sûreté, sans aucun péril, que faudrait-il faire? Il faudrait seulement construire des appareils d'une dimension assez grande pour que l'on pût y étudier la respiration de l'homme, comme on a étudié celle des animaux. Cela serait tout aussi praticable; il n'y souffrirait pas plus qu'ils n'y ont souffert, quand on leur fournissait l'oxygène en quantité suffisante; et l'on pourrait même lui ménager la liberté d'en sortir à volonté. Un individu sain, ou malade, pourrait y rester ainsi, à son gré, pendant des heures, assis, debout, couché, comme il lui plairait. On étudierait les produits de sa respiration, avec ou sans aliments; on reconnaîtrait ceux qui l'altèrent ou qui la régularisent. Quand on aurait bien déterminé la nature de ces effets, dans l'état de santé, on étudierait de même des individus souffrants. On essayerait, avec prudence, les médicaments gazeux que l'on présumerait pouvoir leur être utilement appliqués, en commençant par les leur administrer à très-petites doses, puis s'arrêtant ou passant à de plus grandes, selon le succès. On ne peut douter qu'une pareille étude, longtemps suivie, ne fournît tout au moins à l'art de guérir des diagnostics précieux, aujourd'hui complètement ignorés. Que manquait-il donc pour si belle entreprise, et quelles difficultés pourraient s'opposer à ce qu'on la réalisât immédiatement? Il y en a deux : l'argent et les hommes; et malheureusement toutes deux sont à peu près insurmontables de nos jours, surtout la dernière. La dépense de confection des appareils ne serait pas très-grande; mais il faudrait aussi pourvoir à la production des gaz qui devraient les alimenter pendant des années; car un pareil travail ne produira ses fruits qu'étant continué très-longtemps, avec une application constante, comme une véritable spécialité. On devrait nécessairement y attacher un certain nombre d'aides, exercés aux manipulations physiques et chimiques, ayant aussi des connaissances de physiologie, lesquels seraient dirigés par un homme supérieur, entièrement dévoué à cette étude, et déterminé à en faire son occupation unique, presque le but de sa vie. Vous ne pouvez vous attendre qu'un pareil concours, qui devrait être si exclusif et si

durable, soit vous spontanément offert par des personnes de quelque valeur, si vous ne leur donnez les moyens de vivre sans autre travail; et si elles n'y trouvent un avenir. Ce serait toute une institution à créer. Mais je suppose ces obstacles levés par quelque combinaison hardie et généreuse. Je crains bien, hélas! que vous ne puissiez réussir, aujourd'hui ni de longtemps, à faire une telle chose, au moins dans notre Europe : on n'y est pas assez sûr de l'avenir. On n'y trouve plus assez de paix, de liberté, de tranquillité d'esprit, pour de longs travaux. Le courage moral peut encore les faire continuer quand ils sont entrepris; mais l'espoir manque pour les entreprendre. Dirai-je au prix de quels tourments d'âme, ceux dont je viens de rendre compte, ont été achevés! C'était dans les journées de juin. Nous étions là, au collège de France, trois familles, dont les chefs n'ont vécu que pour les sciences. Durant deux jours et deux nuits, nous y restâmes enfermés, entourés de feu et de mitraille, attendant l'incendie ou le pillage. Pendant ces tristes heures, M. Regnault complétait ses analyses; et, privé de ses aides, il exécutait seul une de ses dernières expériences sur les animaux. Un de nous s'efforçait à poursuivre des études d'astronomie; un autre de mathématiques. Chacun tâchait de se soustraire à l'idée du présent, et déplorait l'abaissement de l'avenir. Personne n'aurait la folie d'entreprendre aujourd'hui un travail pareil à celui que M. Regnault vient de finir; et lui, moins que personne, parce qu'il en connaît mieux les conditions. Cherchez d'autres pays en Europe: vous trouverez encore, dans quelques-uns, plus de sécurité matérielle; mais nulle part le repos d'esprit, ce repos qui est le principe vital des grands travaux de la pensée. En ce moment, les États-Unis d'Amérique semblent jouir, presque seuls, de ce bien suprême. L'esprit des sciences s'y est transporté; elles y sont accueillies, recherchées. Une multitude de grandes fortunes acquises par le commerce, et l'impossibilité du luxe extérieur, offrent des conditions favorables à leur établissement. Puissent les Américains appliquer leur activité à cette tâche glorieuse, et rendre ainsi aux sciences la virilité que ne peut plus leur donner l'Europe vieillie! Chez nous, l'amour du bruit et l'éclat du forum, leur enlèvent déjà les intelligences les plus brillantes qui auraient pu les servir. Sans doute, elles se verront ainsi de plus en plus abandonnées; et le petit nombre d'esprits d'élite, qui conserveront assez de force pour résister à cet entraînement, auront beaucoup à faire, s'ils les empêchent de s'éteindre. En attendant, continuons de produire force journaux, des feuilletons, des romans, des drames; battons-nous dans les rues, souillons le théâtre; et disons toujours que nous sommes

la nation la plus éclairée de l'Univers! Voilà ce que nous prêchent les nouveaux docteurs qui ont entrepris de régénérer le monde. Mais, si l'on juge de la gloire qu'ils nous promettent, par le profit qu'ils nous ont déjà valu, la France ne manquera pas de motifs pour défendre son antique civilisation contre la barbarie où ils voudraient la conduire; et, Dieu aidant, elle saura se préserver de la décadence où l'entraîneraient ces honteuses folies¹.

BIOT.

HISTOIRE DE LA CHIMIE depuis les temps les plus reculés jusqu'à notre époque, par le docteur Ferd. Hoëfer.

CINQUIÈME ARTICLE.

II^e SECTION.

Du XIII^e siècle jusqu'au commencement du XVI^e.

Cette période que nous allons parcourir, dit le docteur Hoëfer, est l'âge d'or de la chimie des idéalistes, en d'autres termes de l'alchimie. Sans vouloir établir une discussion sur les mots, nous ne pouvons nous dispenser, d'après les opinions que nous exposerons ailleurs, de prévenir les conséquences qui résulteraient pour nos lecteurs du silence que nous garderions maintenant sur l'emploi comme synonymes des deux expressions *chimie des idéalistes* et *alchimie*; sans remonter aux motifs qui ont conduit l'auteur à les considérer comme telles, nous nous contenterons de faire observer que la première expression semblerait indiquer, dans l'esprit de ceux qui s'occupaient de la science ainsi appelée, la pensée d'un système rationnel des connaissances chimiques les plus générales; l'expression de *chimie des idéalistes* signifierait donc, suivant nous, ce qu'il y a de transcendant, et par là même ce qui s'éloigne le plus de l'application,

¹ Dans l'article précédent, page 523, j'ai dit que le gaz oxygène destiné à entretenir la respiration des animaux soumis aux expériences était approvisionné dans des ballons, où il s'introduisait en déplaçant une solution de *chlorure de sodium*, vulgairement de sel marin. Ce liquide est, en effet, celui que l'on emploie généralement dans les laboratoires pour recueillir les gaz notablement solubles dans l'eau. Mais, comme application au gaz oxygène en particulier, une solution saturée de *chlorure de calcium* était bien préférable, parce qu'elle absorbe beaucoup moins de ce gaz que l'autre. Aussi est-ce réellement une pareille solution que les auteurs du mémoire ont employée, après lui avoir reconnu cette propriété spéciale.