

MÉLANGES SCIENTIFIQUES

ET

LITTÉRAIRES

PAR

J.-B. BIOT

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET DE L'ACADÉMIE FRANÇAISE,
MEMBRE LIBRE DE L'ACADÉMIE DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES.

TOME DEUXIÈME



PARIS

MICHEL LÉVY FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS

RUE VIVIENNE, 2 BIS

1858

Tredaction et reproduction réservées.

RECHERCHES CHIMIQUES

SUR

LA RESPIRATION DES ANIMAUX

PAR MM. V. REGNAULT ET J. REISET.

(Extrait du *Journal des Savants*, août, septembre^{oct.} et novembre 1849.)

I

On a quelquefois reproché à notre journal de ne pas tenir ses lecteurs assez au courant du mouvement d'idées, qui s'opère incessamment dans les sciences physiques et mathématiques. On voudrait, par exemple, y trouver habituellement l'analyse, ou tout au moins le résumé général, des mémoires les plus importants qui paraissent dans les journaux scientifiques, et dans les publications des académies. Il semble que ce seraient là des sujets d'articles d'un intérêt toujours nouveau, toujours divers. Mais ceux qui nous font cette objection, ou qui nous témoignent ce désir, ne voient probablement pas assez la difficulté de cette tâche, le peu de moyens que nous aurions pour l'accomplir, et,

d'ordinaire, sa parfaite inutilité. Un travail scientifique n'est presque jamais que l'extension, vers l'inconnu, d'une suite d'idées antérieurement acquises. La connaissance intime de ces antécédents est indispensable, pour apprécier la portée des découvertes nouvelles que l'auteur vient d'y ajouter. Vous ne pouvez en montrer la valeur, qu'en marquant le point d'où il part, et celui où il arrive. Si vous le faites en langage technique, vous serez inintelligible pour la généralité des lecteurs. Si vous voulez, pour eux, vous restreindre au langage vulgaire, vous ne pourrez leur donner le plus souvent que des aperçus vagues, qu'ils croiront saisir, mais qui ne laisseront en effet dans leur esprit que des traces indécises, mêlées d'erreurs, pour le moins autant que de vérités. Ainsi, en fin de compte, ennui ou déception, vous avez le choix. Cela n'excite guère à traiter de pareils sujets, dans un journal spécialement littéraire, tel que le nôtre. Pourtant, quelques cas rares peuvent nous en donner l'obligation. Par exemple, lorsqu'une découverte brillante, inattendue, attire, occupe l'attention publique, il faut bien se risquer à dire, avec tous les ménagements nécessaires, en quoi elle la mérite, ce que l'on doit justement y admirer, et tâcher ainsi de transformer, en une estime durable, un engouement qui pourrait n'être que passager. Par une fortune inverse, si, dans un recueil scientifique spécial, inconnu à la généralité du public, il vient à paraître un travail qui tire une grande importance de la nature du sujet, des résultats qu'il renferme, des méthodes inventées pour les obtenir ; si, en outre, ces méthodes ouvrent plusieurs voies nouvelles de recherches utiles et fécondes, qu'elles peuvent également servir à explorer, ce sera aussi un devoir pour nous de le prendre où il est, pour mettre au grand jour sa valeur et sa portée. Le mémoire qui fera l'objet du présent article m'a paru réunir éminemment toutes les conditions que je viens d'énumérer. Car il offre, je crois, un exemple complet, et un parfait modèle, de l'art avec lequel les questions expérimentales doivent être aujourd'hui envisagées.

traitées, et résolues. Voilà, surtout, ce que je me propose d'y faire remarquer.

Les premières notions justes et précises que l'on ait eues sur la respiration des animaux, et sur les modifications qu'elle produit dans l'air où ils séjournent, sont dues à Lavoisier. Sans doute, avant lui, on avait constaté un grand nombre de faits qui sont des conséquences de cet acte. Ainsi, on avait reconnu bien anciennement que les animaux ne peuvent vivre qu'un temps limité, dans une quantité donnée d'air atmosphérique. Bientôt ils y languissent, ils s'y assoupissent. Ce sommeil, d'abord paisible, est bientôt suivi d'une grande agitation. La respiration devient pénible et précipitée; enfin l'animal meurt dans des mouvements convulsifs. Ces accidents se succèdent avec une rapidité d'autant plus grande, que le volume d'air, où les animaux sont renfermés, est moindre relativement à leur volume propre; étant toutefois plus lents, ou plus prompts à s'accomplir, selon le genre d'organisation et la vigueur des individus. On savait encore que l'air, ainsi modifié par la respiration d'un animal, devient impropre à entretenir la vie et la combustion. Priestley avait reconnu que cette impropriété lui était commune avec plusieurs autres substances aériformes, distinctes entre elles. Il l'avait communiquée à l'air atmosphérique ordinaire, en y introduisant, sous des cloches de verre renversées, plongeant dans l'eau, une autre espèce d'air, que nous appelons aujourd'hui *le deutoxyde d'azote* et qu'il appelait *l'air nitreux*, lequel réduisait le volume de l'air ordinaire dans une proportion à peu près constante; comme s'il en retirait, ou s'il y détruisait la portion spécialement respirable. Toute naturelle que fût cette induction, elle ne semble pas s'être présentée immédiatement à Priestley; car il ne chercha point alors à isoler le principe gazeux que l'air nitreux faisait disparaître, et qui aurait possédé une propriété si importante. Lui, et ensuite Scheele, le trouvèrent quelques années plus tard, par d'autres voies, sans y être conduits par les faits précédents. Ils réussirent

à extraire de plusieurs préparations chimiques, un air éminemment apte à être respiré, entretenant la combustion avec une grande splendeur, et qui était totalement, ou presque totalement absorbé, ou réduit par l'air nitreux. C'est ce que l'on a nommé depuis *air vital*, ou *gaz oxygène*. Priestley l'appela *air déphlogistiqué*, Scheele *air du feu*, l'un et l'autre d'après des idées préconçues. C'étaient là de grands faits, mais presque tous complexes, qu'il fallait décomposer, séparer nettement les uns des autres, pour en tirer des conséquences justes. Car, par exemple, l'analogie que présentaient la respiration et la combustion de modifier toutes deux l'air commun, en sorte qu'il devint impropre à ces deux actes, cette analogie, disons-nous, n'était pas simple ; puisque les deux opérations pouvaient bien donner naissance à des produits divers, intervenant dans le résultat final, et lui communiquant une qualité commune, avec d'autres différentes, comme cela arrivait effectivement. Ce fut Lavoisier qui débrouilla ce chaos. Son esprit logique comprit qu'il y avait là deux questions distinctes, dont la résolution devait être successive. Il commença par celle qui s'appliquait à des matières inertes. Il analysa donc premièrement l'air atmosphérique dans son état naturel, en lui faisant subir des épreuves purement physiques et chimiques, dont les produits constants, identiques, pussent être rigoureusement mesurés, définis, pesés. Quand il eut ainsi établi la constitution propre de cet air, composé de gaz oxygène, et d'un gaz non respirable qu'il appela l'*azote*, il se mit à étudier les modifications que la respiration des animaux produisait sur ce mélange déjà connu. Cette rectitude de jugement qui lui fit attaquer successivement ces deux questions, dans l'ordre de leur dépendance logique, Lavoisier l'a portée dans tous ses travaux ; et ce fut une des causes les plus efficaces de leur succès. L'application en paraîtra sans doute ici très-naturelle et très-simple ; mais apparemment cela n'était pas simple alors, puisque personne n'avait songé à procéder comme lui.

Un des plus grands services que Lavoisier ait rendus à la chimie, c'est de l'avoir ainsi amenée dans la voie d'investigation raisonnée, qui seule convient aux sciences positives. Un autre, non moins grand, c'est d'y avoir introduit comme élément de recherches, les conditions rigoureuses de mesures et de poids, qui sont le seul fondement assuré des études physiques ; conditions jusque-là généralement négligées par ses prédécesseurs et par ses contemporains, même les plus habiles, si l'on excepte Cavendish, et peut-être Black. Comme exemple de cette importante innovation, je mettrai ici en parallèle deux travaux d'une grande valeur, et presque de même époque : le mémoire de Lavoisier sur l'oxydation de l'étain, publié dans le recueil de l'Académie des sciences pour 1774 ; et celui de Priestley sur les différentes espèces d'air, inséré aux Transactions philosophiques de 1772, lequel lui mérita la médaille de Copley, la plus haute distinction que la Société royale de Londres puisse décerner. Le mémoire de Priestley est une mine de faits nouveaux, heureusement aperçus, curieusement saisis. Entre autres choses remarquables, on y trouve la découverte du nouveau gaz qu'il nomma *l'air nitreux*, et que l'on sait aujourd'hui être le deuxième degré de combinaison, de la portion non respirable de l'air atmosphérique appelée maintenant *l'azote*, avec la portion spécialement respirable que nous appelons *l'air vital*, ou l'oxygène. Lorsque cet air nitreux, autrement le deutoxyde d'azote, est introduit dans un volume d'air atmosphérique, défini, enfermé sous une cloche ou dans un tube de verre, dont l'orifice plonge dans l'eau, il se combine immédiatement avec l'oxygène de cet air ; et le produit est un liquide acide que l'eau absorbe ; de sorte que le volume d'air atmosphérique sur lequel on opère, se trouve diminué de presque tout l'espace que son oxygène occupait. Cela offre donc un moyen de connaître, au moins fort approximativement, la proportion de ce principe qu'il renferme, et que renfermerait tout autre mélange analogue dans lequel l'oxygène serait plus ou

moins abondant. Priestley vit tous ces phénomènes ; il en reconnut les particularités les plus apparentes ; il en saisit l'utile application , pour évaluer ce qu'il appelait la *pureté de l'air* ; et il créa ainsi les premiers procédés de l'eudiométrie, sans savoir, au juste, ni comment, ni sur quoi ils agissaient. Il fit encore, dans ce même mémoire, une multitude d'essais et de tentatives expérimentales sur les propriétés de deux autres gaz qui étaient déjà connus depuis longtemps, sous la dénomination d'*air fixe*, et d'*air inflammable*. Ce sont ceux que nous appelons l'*acide carbonique* et l'*hydrogène*. Maintenant, si vous cherchez à saisir la connexion d'idées, le fil abstrait qui a dirigé ces investigations, vous le trouvez continuellement disjoint, rompu, ou plutôt il n'y en a pas. L'auteur lui-même le dit, et se félicite de s'être toujours conduit d'après l'inspiration du moment ; car c'est un trait commun à tous les expérimentateurs dépourvus de méthode, qu'ils se glorifient de n'en point avoir. Mais, par une conséquence inévitable de cette confiance dans l'imprévu, les faits sont presque toujours sans liaison, incomplètement observés, inexactement définis. Le vrai et le faux arrivent ensemble ; et il est bien rare que la vérité se présente sans avoir pour compagne l'erreur. C'est une étude curieuse et instructive, que de lire aujourd'hui un pareil travail, avec les connaissances que nous possédons. Quand on y aperçoit si clairement, si évidemment, les faux pas continuels d'un esprit inventif, lancé sans guide à travers les faits, on comprend mieux la reconnaissance que l'on doit à ceux qui, en coordonnant la science, nous ont rendu facile de découvrir ces fautes, et de nous en préserver.

Lavoisier se montre tout autre, dès ses premiers travaux. Ses erreurs, car il s'est trompé comme tout le monde, ne furent, même à ces origines, que quelques interprétations trop promptes, plus tard quelques généralisations trop éloignées. Mais jamais l'incertain ne le séduit, ni ne l'attire. Il marche toujours à un but prévu et défini. Ainsi, dans le mémoire que je veux prendre pour

exemple, il s'était proposé de résoudre une question simple et unique, mais capitale. La plupart des métaux, quand on les chauffe fortement à l'air libre, perdent leur éclat; et, si l'opération est suffisamment prolongée, ils finissent par se convertir en poudres d'apparence terreuse, dont les couleurs varient selon la nature du métal, comme aussi avec le degré de chaleur qu'on leur a fait subir. Ces produits, d'après leur aspect, étaient appelés anciennement des *chaux métalliques*. Nous les nommons aujourd'hui des *oxydes*. Comme le besoin de les confectionner se présente sans cesse dans les arts, surtout pour l'étain et le plomb, le hasard avait fait remarquer qu'ils pèsent plus que la masse de métal employée à les former. Dans la théorie chimique qui fut longtemps le plus en vogue, ce résultat de l'ignition des métaux, était attribué à un principe invisible, insaisissable, appelé le *phlogistique*, c'est-à-dire l'*inflammable* par excellence; parce qu'on le considérait comme étant la cause spécialement déterminante de toute inflammation. Les métaux contenaient ce phlogistique en abondance; il s'en séparait, et s'échappait dans l'acte de leur ignition, laissant pour résidu la masse terreuse qui constituait leur essence propre. Puisque cette masse pesait plus que le métal même, il fallait que le phlogistique combiné à un corps eût la propriété d'affaiblir son poids propre, et de lui communiquer une légèreté relative. Une pareille attribution est contraire aux lois de la statique universelle. Mais la chimie ne s'était pas encore astreinte aux conditions que ces lois imposent; elle n'employait pas la balance pour contrôler les conséquences de ses spéculations. Lavoisier comprit la nécessité de les soumettre à cette épreuve; et il s'appliqua d'abord à constater ainsi toutes les particularités statiques, dont la manifestation devait être attachée, comme caractère phénoménal, à l'acte de calcination des métaux. Dans ce dessein, il fit l'expérience suivante: Il moula quelques petits cylindres d'étain, dont il détermina le poids avec des balances excessivement précises; aussi précises que celles dont on

se sert pour l'essai des monnaies d'or. Ces cylindres furent introduits dans une cornue de verre mince, à long col, lequel fut ensuite tiré et effilé à la flamme d'une lampe d'émailleur, jusqu'à n'avoir plus, à son orifice, que les dimensions d'un tube capillaire. Cet orifice restant ouvert, la cornue fut pesée aux mêmes balances, avec l'étain qu'elle contenait; et on nota le poids total que je nomme P_1 . Comme on se proposait de la chauffer fortement, on ne la ferma pas d'abord, de crainte que l'expansion de l'air intérieur ne la fit éclater; mais on fit sortir un peu de cet air à une douce chaleur, après quoi on fondit soudainement la pointe du col par un dard de feu, ce qui la ferma hermétiquement. Quand tout le système fut refroidi, Lavoisier le pesa, le pesa deux fois à trois jours de distance, pour constater avec la dernière exactitude son poids définitif, que j'appellerai P_2 . Il le trouva tant soit peu moindre que le poids primitif P_1 . Cela était tout simple, puisqu'il en avait fait sortir un peu d'air. La cornue ainsi scellée, et pesée, fut présentée de nouveau par sa panse à un feu de charbon, d'abord de loin, puis d'un peu plus près, jusqu'à ce qu'enfin l'étain renfermé entrât en fusion; et on le maintint dans cet état pendant plusieurs heures. On vit alors progressivement la surface du métal se ternir, se couvrir d'une pellicule noirâtre, que la moindre agitation désagrégeait, et divisait en une matière pulvérulente qui descendait au fond du métal liquide, se montrant ainsi spécifiquement plus lourde que lui. C'était donc évidemment de la chaux d'étain, qui s'était formée sans l'accession d'aucune substance matérielle, extérieure à la cornue. Au bout de trois heures, le progrès de la calcination s'arrêta, quoiqu'une forte portion de l'étain conservât encore son aspect et son éclat métallique, inaltérés. Jugeant donc que l'opération ne pouvait pas aller plus loin, on retira la cornue du feu; puis, après qu'elle fut complètement refroidie, Lavoisier la pesa minutieusement, à plusieurs reprises, *sans l'ouvrir*, avec tout ce qu'elle renfermait. Ce poids total, se trouva encore identiquement égal à P_2 , comme

avant la calcination. Ainsi, le changement d'une portion de l'étain en chaux, s'était effectué par une modification des substances pondérables renfermées dans la cornue, sans aucune mutation de leur poids total, conséquemment, sans dégagement ni accession d'aucun principe qui eût modifié la somme des efforts exercés par la pesanteur terrestre sur leur ensemble. Il restait à prouver que ces efforts n'avaient pas été modifiés individuellement, de manière à devenir plus énergiques sur la chaux formée, et d'autant moins énergique sur l'air restant. Tout invraisemblable que fût, en soi, cette égalité de répartition, Lavoisier en détruisit encore la possibilité hypothétique. Il cassa le bec de sa cornue ; l'air extérieur y rentra avec un sifflement aigu, annonçant qu'il s'y était fait un vide partiel. Ce vide rempli, le système total fut pesé de nouveau avec les fragments du bec. Son poids se trouva plus fort que le poids primitif P_1 , de la cornue ouverte, avec l'étain non calciné ; et l'augmentation fut exactement égale à l'excès de poids que présenta l'étain plus sa chaux, recueillis ensuite ensemble. Ces épreuves anéantissaient le phlogistique, en le montrant inutile, et contraire aux faits statiques. Lavoisier, guidé par des expériences très-ingénieuses de Bayen, reproduisit cette démonstration avec des caractères encore plus décisifs, en la répétant sur le mercure, qui a la propriété de se calciner lorsqu'il est chauffé dans l'air à une certaine température, et de se revivifier à l'état de métal, à une température plus haute ; ce qui étant effectué de même, en vaisseaux clos, sans aucune modification du poids total du système, prouve invinciblement, par épreuve et par contre-épreuve, que ces phénomènes s'opèrent entre les seuls éléments matériels du métal et de l'air, sans aucune intervention étrangère d'autres principes pondérables. Toutefois, j'ai préféré prendre ici comme exemple l'expérience sur l'étain, pour plusieurs motifs. D'abord, par sa date, elle appartenait à l'époque pour laquelle je voulais établir mon parallèle ; puis, dans les ouvrages de chimie où je l'ai vue mentionnée, les

détails les plus décisifs de la démonstration qu'elle était destinée à établir, m'ont paru être trop incomplètement signalés, parfois entièrement omis. Enfin, l'histoire de la physique nous offre un trait, qui est singulièrement propre à faire comprendre combien ces détails ont d'importance logique; et comment l'omission d'un seul d'entre eux, lorsqu'il est essentiel pour la continuité du raisonnement, peut faire passer toutes vos déductions, de la vérité à l'erreur. Boyle avait fait la même expérience que Lavoisier sur la calcination de l'étain, et aussi du plomb. Il avait opéré comme lui, en pesant le métal, et en l'introduisant dans une cornue de verre à bec allongé, scellé ensuite à la lampe. Il y avait également vu la calcination s'opérer, sans l'intervention de l'air extérieur. Il avait constaté que cet air était rentré avec sifflement dans la cornue, quand il eut cassé la pointe de son col; ce qui prouvait qu'un vide partiel s'y était opéré. Enfin, il avait de même recueilli la chaux qui s'était produite; et, en la réunissant au reste du métal non altéré, il avait trouvé que la somme des deux pesait plus que le métal primitif. Mais il ne s'était pas avisé de peser la cornue scellée, avec son contenu, *avant et après la calcination*, ce qui aurait prouvé la constance du poids total à ces deux époques; et, par suite, l'accomplissement de l'opération, indépendamment de tout accès ou départ de matières étrangères. C'était là le point capital qu'il fallait constater. N'y ayant pas songé, il ne vit que l'augmentation de poids; et, rien ne lui montrant d'où elle venait, il l'attribua à la pénétration de la matière du feu à travers le verre. Cela lui fournit le sujet d'une dissertation spéciale, qu'il intitula, en mauvais latin de physique : *De permeabilitate vitri à flamma*. Comment fit-il cette faute, qui, par l'omission d'un seul élément de mesure, donna des issues si diverses à deux tentatives, d'ailleurs identiques dans le choix des appareils et la série des procédés ? cela est facile à comprendre. Boyle ne voulait que faire une expérience, sans but défini. Lavoisier voulait établir les données nécessaires pour résoudre une question scienti-

fique, dont il s'était posé à l'avance, dans son esprit, toutes les conditions. Le premier était un manipulateur habile, le dernier un expérimentateur philosophe.

Je ne puis quitter cette époque mémorable, sans discuter ici une allégation qui a eu beaucoup de retentissement dans l'histoire de la science chimique, d'autant qu'elle me semble très-loin de mériter l'importance qu'on lui a donnée. Il ne s'agit rien moins que d'enlever à Lavoisier, et aux chimistes modernes, la découverte fondamentale de la combinaison des métaux avec un des éléments de l'air atmosphérique, pour la reporter aux premières années du xvii^e siècle, et en faire honneur à un médecin français de ce temps, appelé Jean Rey. Lorsqu'un fait nouveau, considérable, fécond en conséquences, vient à se produire dans le monde scientifique, accompagné de preuves qui en établissent la certitude, et d'applications qui en découvrent la portée, c'est une habitude naturelle aux esprits contemporains que de rechercher curieusement s'il n'en existe pas d'anciennes traces. S'ils en trouvent, même d'indécises, ils les saisissent, et les ravivent pour ainsi dire, avec une facilité de conviction remplie d'indulgence. Ce travail critique est fort méritant, quand il est équitable. Car il est toujours à propos de rendre justice aux inventeurs méconnus. Mais, en se reportant au point de vue où ils s'étaient placés, en attribuant aux expressions dont ils se sont servis, le sens qu'on y attachait de leur temps ; en donnant à leurs idées toute l'étendue qu'ils avaient pu eux-mêmes vouloir embrasser ; il faut ensuite appliquer à leurs productions les règles immuables de la discussion scientifique. On devra donc y faire une juste différence entre les assertions et les preuves, entre les aperçus et les vérités établies ; car il n'y aurait ni utilité, ni équité, ni philosophie, à admettre d'un auteur ancien, comme démontré, ce qu'on refuserait comme hypothétique d'un contemporain. Si l'on apprécie le livre de Jean Rey, d'après ces règles, le compte est facile ; et, pour que chacun puisse en juger, je rapporte ici en note le texte

du court passage, qu'il présente lui-même comme résumant toute sa doctrine⁴. Ce passage, de peu de lignes, a fait sa célébrité. Si on le prend seul, en le détachant du reste du livre, et qu'on interprète l'unique phrase qui le compose, en attribuant aux mots la signification scientifique dont nos connaissances actuelles nous permettent de les revêtir, on pourra prétendre que l'auteur a envisagé effectivement le phénomène de la calcination des métaux sous son point de vue véritable, puisqu'il dit formellement que le *surcroît de poids* qu'ils acquièrent dans cette circonstance, *leur vient de l'air*. Mais, entrons dans les détails, et cherchons quelle idée il attache à cette adjonction de l'air ; à quel mode d'action physique il l'attribue ; comment il la conçoit ; par quelles preuves il la démontre ou la constate. Car tout cet examen est indispensable, pour apprécier équitablement la part qui lui revient dans ce que nous savons aujourd'hui. D'abord, quant à des preuves absolues, il n'en donne pas, et sa manière de procéder l'en dispense. Ayant énoncé sa proposition, dans le passage que j'ai cité, il discute les diverses explications hypothétiques admises de son temps ; et, n'en trouvant aucune bonne, il conclut que la sienne est la seule vraie. Or ce genre d'argumentation n'est nullement démonstratif, dans les sciences physiques. Car, sans sortir de l'exemple que lui-même nous fournit, une autre explication aurait pu surgir qui lui aurait paru plus acceptable, ne fût-ce que le *phlogistique* de Stahl. Alors il nous faut examiner les

⁴ Voici ce passage qui a fait, à lui seul, la fortune du livre : « A cette demande donc (*pourquoi l'étain augmente de poids dans la calcination*), je responds et soutiens glorieusement que ce surcroît de poids vient de l'air, qui, dans le vase, a été espesai, appesanti, et rendu aucunement adhésif, par la véhémence et longuement continuée chaleur du fourneau, lequel air se mesle avec la chaux (à ce aydant l'agitation fréquente), et s'attache à ses menues parties ; non autrement que l'eau appesantit le sable que vous jettex et agitez dans icelle, par l'amoitir, et adhérer au moindre de ses grains. » *Essais* de Jean Rey, docteur en médecine, édition de 1777, p. 66. Ce passage est entièrement marqué de guillemets dans l'original, comme résumant toute la doctrine de l'auteur.

considérations *à priori* qui l'ont conduit à l'idée qu'il adopte, et voir comment il en conçoit l'application. Il les présente par ordre, préalablement à son résumé, dans des chapitres distincts, qu'il appelle *Essais*, comme Montaigne; et l'on y peut suivre tout le fil de ses raisonnements. Dans le premier, il pose en principe que la pesanteur agit sur toutes les substances matérielles, avec des énergies inégales, ce qui leur donne des poids relatifs divers : celui du feu est le moindre de tous. Au chapitre iv, il veut prouver que l'air et le feu sont pesants, et *se meuvent naturellement en bas*; ce qu'il conclut, non d'expériences, mais de considérations métaphysiques puisées dans son imagination. Aux chapitres xi, xii, xiii et xiv, il expose les conséquences qu'il tire de ces prémisses. Selon lui, le feu, par sa chaleur; *peut épaissir les corps homogènes*, en forçant leurs parties les plus subtiles à s'élever, et à se séparer des plus grossières, qui retombent en bas. Il voit bien qu'il y a contradiction, à supposer l'homogénéité accompagnée de dissemblance. On le lui a objecté. Mais il déclare ne point s'en rapporter aux paroles des philosophes; et l'expérience lui montre que cette association peut exister, *par accident*. En cette façon, dit-il, le feu peut épaissir l'eau et l'air, convertissant certaines parties de l'une en vapeurs plus légères, et certaines parties de l'autre en un air plus rare. Quant à l'épaississement de ce qui reste, on comprend qu'il n'en donne pas de preuves physiques, puisque le fait est imaginaire. Mais il le conclut de son argumentation, et cela lui suffit. Alors, l'application de ces principes au phénomène de la calcination des métaux est fort simple. La chaleur du fourneau dans lequel le métal est placé, soulève les parties les plus subtiles de l'air ambiant; les autres, séparées de celles-là s'épaississent en un air plus lourd, lequel, dit-il, s'insinue entre les parties de la chaux métallique, comme l'eau entre les grains d'une masse de sable; et il y adhère de même, *parce qu'il est devenu aucunement adhésif*. Ce *parce que* est péremptoire. Voilà toute la doctrine de Jean Rey. Je ne la renforce ni ne

l'affaiblis ; je ne l'améliore ni ne la gêne ; je me borne à la résumer fidèlement. Peut-on prétendre, avec quelque raison, qu'il y a là, je ne dis pas une vue distincte, mais seulement un aperçu juste du phénomène ? Y trouve-t-on le moindre indice de ce qui constitue le fait réel et en décide l'accomplissement : un certain degré d'élévation de la température, mettant le métal, et l'un des éléments de l'air atmosphérique, dans un état de relation nouveau, tel, qu'au lieu de continuer à exister séparés, avec leur constitution propre, l'élément gazeux devenu solide se réunit aux particules du métal ; et s'y attache si fortement qu'on ne peut plus l'en séparer que par une violence plus expansive du feu, ou par l'intermédiaire de quelque corps, qui exerce sur lui une faculté d'appropriation encore plus puissante ? Voilà la doctrine moderne, qui est seulement l'expression pure des faits observés. Quel rapport a-t-elle avec celle de Jean Rey ! Une vérité, qui contenait le germe de beaucoup d'autres, s'était présentée à son esprit. Il n'a pas su la pénétrer, et il l'a rattachée à des erreurs. Elle lui découvrait un seul trait, mais principal, d'un phénomène complexe. Il n'a pas soupçonné cette complication ; et il s'est arrêté à l'entrée des découvertes, dont ce premier trait de lumière lui ouvrait la route. De cette mine si riche, il ne tire qu'une vaine spéculation, pareille à celles des philosophes grecs. Aux hypothèses que l'on avait imaginées pour rendre raison du même fait, il en ajoute une qui a un point de vrai ; et il l'établit sur des idées complètement fausses, sans spécifier ses conséquences, ni les vérifier par aucune épreuve expérimentale. Si l'on admet que cela suffise pour lui attribuer la notion claire et distincte du phénomène, telle que je viens de l'exposer, on pourra, aussi bien, trouver le germe de toutes les découvertes scientifiques des modernes, et ces découvertes elles-mêmes, dans le traité de Plutarque *Περὶ τῶν ἀρεσκόντων τοῖς φιλοσόφοις*, *Sur les opinions des philosophes*. Mais ces opinions, je dirai plus volontiers ces fantaisies philosophiques, ne font rien découvrir. Le vrai, quand on l'y ren-

contre, vous apparaît tout aussi incertain et chanceux, que le faux. Ce sont des billets de loterie dont on ne sait la valeur qu'après le tirage.

L'ouvrage de Jean Rey date de 1630. Lorsqu'il fut réimprimé en 1777, au fort du triomphe de la nouvelle chimie, l'obscurité dans laquelle il était resté jusque-là, se changea en une grande lumière. Sa réapparition eut l'éclat d'un météore. Le vent de l'opinion souffla si puissamment en sa faveur, que ceux-là même qui avaient le plus de droit aux palmes que l'on décernait à l'auteur de ce livre, se virent contraints de lui en concéder la plus belle part, celle de premier inventeur. Ainsi Bayen qui, avant Lavoisier, avait fait l'importante expérience de l'oxydation et de la désoxydation du mercure, à des températures inégales, sans autre agent que la chaleur, Payen signa une déclaration, qui est imprimée en tête de l'édition nouvelle, par laquelle il reconnaît formellement ce titre de priorité. Il est vrai que l'hypothèque qu'il donnait, portait sur le domaine de Lavoisier, non sur le sien. Enfin, Lavoisier lui-même daigna exprimer, dans ses mémoires, le regret de n'avoir pas connu le livre de Jean Rey assez à temps pour le mentionner, en publiant ses propres découvertes. Le fait d'antériorité se trouva ainsi établi, sans contradicteur. Ouvrez tous les traités de chimie qui ont paru depuis cette époque, ceux, du moins, qui contiennent des indications historiques : vous y trouverez invariablement Jean Rey, présenté comme le précurseur de la nouvelle chimie. Voilà d'imposantes autorités, et fort nombreuses. On me trouvera sans doute bien hardi de contester une opinion devenue si générale. Mais la critique philosophique a des droits imprescriptibles ; rien ne peut lui enlever le privilège de sa devise : *nullius in verba*. Usant donc de la liberté qu'elle me permet, je dirai aux chimistes et aux physiciens de mon temps : Relisez l'ouvrage de Jean Rey, consciencieusement, attentivement, d'un bout à l'autre, comme je l'ai lu moi-même. Examinez ses raisonnements et pesez ses conclusions. Puis, dé-

cidez s'il mérite la place qu'on lui a donnée depuis 1777, ou celle que je lui assigne aujourd'hui.

Quand Lavoisier eut établi la théorie générale de la combustion, et qu'il l'eut appliquée aux principaux cas de combinaisons inorganiques qu'elle embrasse, il entreprit de l'étendre aux phénomènes analogues qui s'opèrent par la respiration des animaux. En effet, dans cet acte des organes vivants, de même que dans les résultats de combustions purement chimiques, il y a de l'oxygène absorbé, du gaz acide carbonique produit, et de la chaleur dégagée. Le rapprochement de ces circonstances était trop frappant pour n'avoir pas été aperçu aussitôt que l'on eut découvert les propriétés spéciales des différentes espèces d'air. Mais les caractères propres du phénomène de la combustion, la nature de ses produits, les diverses formes qu'il affecte, étaient alors trop incomplètement connus, et trop imparfaitement compris, pour que la similitude de ses effets les plus apparents avec ceux de la respiration, pût être admise comme une identité dont il n'y avait plus qu'à développer les conséquences. L'étendue des découvertes de Lavoisier avait donné à son esprit une portée de vues, qui lui permettait de reconnaître les caractères d'une simple généralisation, évidente et certaine, où d'autres que lui auraient seulement aperçu des rapports douteux et interrompus. Il entra donc dans ce sujet avec ardeur, et ne cessa plus d'en faire une de ses occupations constantes. Car il avait reconnu bientôt que les expériences ainsi effectuées, avec des appareils vivants, présentent des difficultés spéciales, et d'un tout autre ordre que celles qui se font sur des substances inertes, avec des appareils mécaniques. L'animal placé dans un volume restreint d'air atmosphérique, ne diminue pas seulement la qualité vitale de cet air, en lui enlevant progressivement, par la respiration, l'oxygène qui s'y trouve contenu ; il le vicie encore par expiration, en y introduisant du gaz acide carbonique qu'il forme. Car on a lieu de présumer que la présence de ce gaz, apporte un obstacle spécial à

la combustion, comme aussi à l'absorption de l'oxygène par les organes. L'animal enfermé éprouve ainsi plus de peine à respirer, à mesure que son séjour se prolonge. Il passe bientôt de l'état sain à l'état maladif ; il s'agite, se tourmente, et finit par mourir dans des convulsions. Ce progrès de malaise et de souffrances, ne laisse donc voir que des effets produits durant l'exercice de fonctions profondément troublées, dans un état de l'animal qui est hors de nature, et tout autre que son état habituel. Lavoisier reconnut bien ces inconvénients, et tâcha de les atténuer, ou de les éluder ; sans entreprendre, peut-être sans espérer, qu'il fût possible d'y remédier par des procédés directs. Pour cela, il fallait imaginer des dispositions d'appareils, telles que le gaz oxygène y fût restitué progressivement à mesure qu'il est absorbé dans l'aspiration, et l'acide carbonique enlevé à mesure qu'il est dégagé dans l'acte inverse ; en sorte que l'animal se trouve toujours dans une atmosphère naturelle, de composition à peu près constante. Il y aurait une grande difficulté de plus à obtenir ce résultat, si le gaz azote, qui est mélangé avec l'oxygène dans l'air atmosphérique dont il forme en volume les 79 centièmes, était aussi modifié dans sa quantité, ou dans sa nature, par la respiration animale. Mais, heureusement, il n'en est que très-peu diminué ou augmenté ; et, comme il n'est pas nuisible par lui-même, les petites différences de proportion qui peuvent y survenir, n'ont pas d'inconvénient pathologique.

Ces limites restreintes de variation du volume de l'azote, dans la respiration, avaient été aperçues par Lavoisier. Depuis, on avait contesté fortement ce fait. Les nouvelles expériences de MM. Regnault et Reiset le mettent hors de doute. On n'a donc à se préoccuper essentiellement que d'entretenir la constance de proportion du gaz oxygène, et l'anéantissement de l'acide carbonique dans l'atmosphère artificielle. Mais cela est encore très-difficile, ou du moins on doit le croire. Car, bien que les auteurs du nouveau travail y aient réussi, par des combinaisons d'appareils très-simples, et très-sûres, tous leurs prédécesseurs y avaient échoué,

ou n'avaient échappé à cette difficulté qu'en sacrifiant d'autres conditions non moins importantes. Au temps de Lavoisier, cela était à peine possible. On connaissait trop imparfaitement la statique des gaz, les lois de leur expansibilité, de leur compressibilité, de leur mélange entre eux et avec les vapeurs. On n'avait pas encore assez perfectionné les appareils physiques, pour en obtenir aisément des indications précises ; on n'était pas encore assez familiarisé avec leur manœuvre : on n'avait pas appris à les associer dans des combinaisons, où ils se correspondent, et concourent simultanément pour établir tous les éléments d'un même fait. Des difficultés d'une autre nature s'opposaient aussi à ce que l'on obtint alors des déterminations complètement exactes, dans ce genre de recherches. On était loin de connaître assez bien les artifices de chimie et de physique, par lesquels on parvient aujourd'hui à séparer les gaz les uns des autres, à reconnaître leurs caractères propres, à les définir individuellement, et à constater leur présence, ainsi que leurs moindres proportions, dans les mélanges les plus complexes. Enfin, un dernier obstacle aux expériences qui ont pour objet la respiration des animaux, c'est qu'un seul expérimentateur ne peut pas matériellement suffire aux manipulations qu'elles exigent. Il y faut une seule tête, et beaucoup de bras. Lavoisier, dans les siennes, ne manqua pas de coopérateurs que son illustration personnelle, et le noble emploi d'une grande fortune, attiraient facilement autour de lui. En première ligne on distingue Laplace, qui, sans doute, a pu lui être très-utile par la communication de ses idées, et l'assistance de ses calculs, mais fort peu, ou nullement, pour l'organisation des appareils, et les détails manuels des opérations. Un autre fut Séguin, expérimentateur adroit, intelligent et actif, qui n'était pas encore tombé dans les travers où il se jeta bientôt, quand il fut devenu millionnaire. Des jeunes gens zélés, dirigés par lui, servaient d'aides ; et plusieurs se sont fait depuis un nom dans les sciences, Vauquelin par exemple. Mais les événements qui

survinrent mirent fin à cette grande étude scientifique. Les dernières années que Lavoisier put y consacrer furent pleines de troubles ; et lui-même fut mené à l'échafaud, sans avoir pu obtenir le répit qu'il demandait, pour la continuer. Dans ces infortunes publiques et privées qui vinrent l'assaillir, au milieu de recherches rendues si difficiles par les moyens d'exploration imparfaits que lui fournissaient les procédés physiques et chimiques de son temps, on conçoit que Lavoisier n'a pas pu résoudre complètement, dans tous ses détails, une question aussi vaste que celle de la respiration des animaux. Mais il posa toutes les bases principales de cette solution, suppléant par des généralisations presque toujours justes, aux particularités des phénomènes que l'imperfection de ses appareils l'empêchait de saisir. Ainsi, il soupçonna que la respiration n'a pas seulement pour effet de brûler une portion de la matière carbonneuse contenue dans les organes animaux, mais de brûler aussi une portion de l'hydrogène contenue dans le sang, d'en former de l'eau, et, par ces deux combustions, d'entretenir la chaleur propre qui est nécessaire à la vie. L'induction, plutôt que l'expérience, lui fit encore reconnaître que la quantité de l'azote, contenu dans l'air où l'animal respire, demeure sensiblement constante. Il constata que l'absorption de l'oxygène et la production de l'acide carbonique, varient pour le même individu ; devenant plus grandes pendant la digestion, et s'accroissant encore dans l'état de mouvement et d'agitation. D'après la vue générale qu'il donne de ces faits, la machine animale est gouvernée par trois régulateurs principaux : la RESPIRATION, qui brûle de l'hydrogène et du carbone, d'où résulte une émission interne de chaleur ; la TRANSPIRATION, qui prévient l'accumulation indéfinie de cette chaleur, en la dépensant à mesure pour former les vapeurs qu'elle émet, et qu'elle rend plus ou moins abondantes, selon qu'il devient occasionnellement nécessaire d'abaisser ou d'élever la température propre. Enfin la DIGESTION, qui rend au sang ce

qu'il a perdu par la respiration et la transpiration. Le concours de ces trois actes, et leur balancement mutuel entretiennent ainsi l'être vivant dans un état perpétuel d'équilibre mobile, dont la variabilité lui permet de maintenir instinctivement son existence, dans toutes les mutations de circonstances physiques auxquelles il se trouve naturellement exposé. Ces grandes vues de Lavoisier ont dû être modifiées dans quelques détails. Mais l'ensemble est reconnu vrai, encore aujourd'hui.

Dans un autre article je tâcherai de caractériser brièvement les diverses tentatives expérimentales, qu'on a entreprises sur ce sujet depuis Lavoisier, jusqu'au mémoire que je veux spécialement présenter à l'attention de nos lecteurs. Mais je me hâterai d'arriver à celui-ci, qui me semble le seul où la question ait été traitée comme elle devait l'être, avec une complète intelligence de ses conditions ; en y faisant concourir un ensemble d'appareils si judicieusement combinés, des procédés d'observation si exacts, des méthodes d'analyses chimiques si précises, tout cela fournissant des applications si nombreuses, que Lavoisier lui-même n'aurait pas su, je crois, mieux faire aujourd'hui. C'est le plus bel éloge que je puisse donner à ce travail ; et l'on verra qu'il est mérité.

II

Depuis les travaux de Lavoisier, jusqu'au mémoire dont nous allons rendre compte, les expérimentateurs qui avaient porté leurs recherches sur la respiration des animaux, s'étaient attachés

à étudier les particularités de ce phénomène qui leur paraissaient encore indécises, plutôt qu'à reprendre la question dans son ensemble. La plupart ne se trouvaient pas en position de le faire ; et ceux qui l'auraient pu, se seraient difficilement dévoués à une si longue tâche. Alors, dans ce sujet complexe, chacun choisissait le point qui convenait le mieux à ses connaissances et à ses moyens de travail. Mais il est très-difficile de décomposer ainsi les problèmes dans lesquels l'organisation des êtres vivants intervient, sans altérer les rapports des données naturelles qui y concourent ; et sans s'exposer à en fausser les effets communs, par l'omission de celles que l'on a cru pouvoir négliger. C'est ce qui est trop souvent arrivé, quand on a voulu étudier le phénomène de la respiration. Sauf un petit nombre d'exceptions fort récentes, les physiologistes qui s'en sont occupés, ont, en général, apporté trop peu d'exactitude dans leurs déterminations physiques et chimiques ; de leur côté, les physiciens et les chimistes n'ont pas toujours tenu assez de compte des circonstances physiologiques. Plusieurs sembleraient avoir accordé une confiance presque absolue à leurs procédés d'analyse et au mécanisme de leurs appareils, sans en discuter les erreurs. Des hommes très-habiles n'ont pas échappé à ces préoccupations trop exclusives ; et, comme exemples de leurs influences contraires, je citerai Edwards et Dulong. Le premier, médecin de profession, s'était beaucoup occupé de l'économie animale. C'était un observateur intelligent, patient, et, ce qu'il n'est pas inutile d'ajouter, très-sincère. Il avait porté ses investigations sur une multitude de sujets divers, peut-être trop divers. Cette disposition à ne pas savoir se restreindre, lui a fait publier un ouvrage, d'ailleurs fort remarquable, qu'il a intitulé : *De l'influence des agents physiques sur la vie*, sujet beaucoup trop vaste pour être embrassé dans un seul volume, je dirai même pour être complètement accessible à un homme isolé. On trouve dans ce livre un grand nombre de recherches et d'expériences sur la respiration des ani-

maux, toutes ayant pour but des questions fort méthodiquement posées, dont la solution aurait eu beaucoup d'intérêt. Mais les appareils font défaut à l'observateur. Edwards enferme ses animaux sous des cloches dont la capacité ne dépasse guère un litre ou un litre et demi. Cela l'oblige à les prendre toujours très-petits et à ne les laisser que très-peu de temps dans un volume d'air aussi restreint, pour que leur respiration puisse être supposée s'y accomplir à peu près comme dans l'air libre. Alors, par une conséquence évidente, les changements qu'ils produisent dans la composition de leur atmosphère artificielle sont nécessairement très-faibles ; et cela, joint à la petitesse du volume, rend l'appréciation exacte de ces changements fort chanceuse, ou même tout à fait impossible. Ajoutez que les fonctions animales n'ont pas l'invariabilité d'une mécanique. Elles s'accroissent occasionnellement, ou se ralentissent, par une multitude de causes diverses ; et ce qu'elles ont de régulier, ne peut se découvrir que par des compensations. Si vous les mesurez d'après des effets de peu de durée, opérés dans des circonstances insolites, vous risquez de prendre fort souvent l'exception pour la règle. Cela n'a pu manquer d'arriver bien des fois à Edwards ; et, par ce motif, ainsi que par l'incorrection inévitable de ses analyses chimiques, les résultats de ses expériences n'ont rien de certain. Dulong, beaucoup plus exercé au maniement des appareils physiques, et à l'usage des procédés de la chimie, avait dû se méfier bien davantage de ces causes d'erreur. Il avait adopté, pour ses expériences, des dispositions qui pouvaient paraître y obvier, au moins en partie. Son but principal était de mesurer la quantité de chaleur qu'un animal vivant dégage dans un temps donné, et de la comparer à celle que produirait la combustion du volume d'oxygène qu'il absorbe par sa respiration, dans le même temps, pour savoir si cette dernière est égale à l'autre, en sorte qu'elle suffise à entretenir la température propre, comme Lavoisier l'avait supposé. Pour apprécier la chaleur émise par l'animal, la

cloche remplie d'air atmosphérique, où sa respiration s'opérait, était suspendue dans un appareil fermé, que l'on appelle *le calorimètre à eau*. C'est une boîte de métal à parois minces, formant une double enveloppe remplie à l'intérieur d'une quantité d'eau distillée dont le poids est connu, et dans laquelle plongent des thermomètres très-sensibles qui indiquent à chaque instant sa température. On note le degré qu'ils marquent quand on introduit l'animal; et leur élévation finale au-dessus de ce degré, quand on le retire, donne, par un calcul connu, la mesure de la quantité absolue de chaleur transmise à la masse entière de l'eau ainsi que des enveloppes, pendant son séjour. Mais il faut lui fournir l'air dont il a besoin, et connaître à chaque instant, ce qu'il reçoit, ce qu'il absorbe, ce qu'il dégage. Pour cela, Dulong faisait traverser la cloche par un courant d'air atmosphérique continu, sortant d'un premier gazomètre gradué qui en forçait l'introduction, et aspiré à sa sortie par un autre qui le recueillait à mesure; en sorte que sa vitesse de transport fût toujours uniforme. Le premier de ces appareils faisait connaître le volume d'air naturel qui était fourni à l'animal dans un temps donné; le second, le volume de l'air qui avait été ultérieurement modifié par sa respiration. L'analyse chimique de ce dernier indiquait sa composition actuelle. Comparant alors les quantités d'oxygène, d'azote, d'acide carbonique, qui avaient été fournies et celles des mêmes gaz qui avaient été recueillies, on déterminait, par différence ce qui avait été consommé, ou dégagé, ou transmis sans altération. Ce mode d'expérience n'a pas l'inconvénient de faire respirer l'animal dans une atmosphère restreinte, et, spéculativement, il semble irréprochable; mais il est bien loin de l'être dans la réalité. D'abord, les gazomètres de Dulong étaient mus par l'eau; et, dans celui qui servait à l'introduction, l'air atmosphérique se trouvait en complet contact avec ce liquide. Cela avait peu d'inconvénient, parce que la proportion d'acide carbonique naturellement contenue dans cet air, et que l'eau pourrait lui

enlever, est si petite que l'on peut la négliger sans grande erreur. Mais il en est tout autrement pour le gazomètre de sortie, où l'air arrive chargé d'une quantité d'acide carbonique, qui est un des produits les plus abondants de la respiration. Aussi Dulong avait-il cherché à y préserver cet air du contact de l'eau ; et l'artifice qu'il avait imaginé pour l'en garantir était peut-être moins imparfait que d'autres employés depuis au même usage. Toutefois on peut très-légitimement douter que son efficacité fût absolue ; et il est fort à croire qu'une portion plus ou moins notable de l'acide carbonique émis était absorbée par l'eau du second gazomètre. Mais un autre principe d'erreur, plus intime et plus général, est inhérent à la méthode même.

Pour que l'animal ne vicie pas l'air qu'on lui donne, au point d'en être incommodé, il faut que chaque portion qui lui arrive ne s'arrête autour de lui que très-peu de temps, et n'en reçoive ainsi que des altérations très-faibles, qui se retrouveront, au même degré de petitesse, dans l'air recueilli. Suivons les conséquences de ce fait. Quand l'expérience sera terminée, on devra analyser cet air et constater sa composition finale. Pour cela on prend un petit échantillon de son volume total, et l'on détermine directement les proportions d'oxygène, ainsi que d'acide carbonique, qu'il contient. L'azote se conclut par complément. Cette opération peut être considérée comme tout à fait exacte quand on l'applique à l'air naturel du premier gazomètre, parce que, si l'on néglige les quelques millièmes d'acide carbonique qui s'y trouvent occasionnellement mêlés, les proportions d'oxygène et d'azote qui le composent ont été déterminées mille fois, et reconnues sensiblement constantes. Il n'en est plus ainsi pour un air où l'acide carbonique se trouve mêlé aux deux autres gaz dans une petite proportion que l'on a besoin de connaître, et qu'il est essentiel de déterminer très-exactement. L'analyse chimique d'un pareil mélange est fort délicate à effectuer, même aujourd'hui ; et, à l'époque où Dulong faisait ses

expériences, elle prêtait encore à de bien plus graves erreurs, les procédés eudiométriques étant alors fort éloignés de la précision qu'on leur a donnée depuis. Or ces erreurs, qui paraîtraient ne s'élever qu'à des petites fractions, peut-être à des millièmes, ou à des dix-millièmes de litre, dans l'échantillon analysé, acquièrent une influence énorme quand elles se transportent dans l'estimation absolue de l'air recueilli; car elles s'y agrandissent dans le rapport de son volume total, au volume de l'échantillon analysé; et ainsi les quantités absolues des trois gaz, que l'on suppose constituer ce volume total, peuvent se trouver grandement fausses. Alors, quand on retranche de celles-ci, les quantités absolues de même espèce qui composent le volume d'air primitif, lesquelles, pour deux surtout, leur sont presque égales, les petites différences qui pourraient y avoir été produites par la respiration de l'animal, se présenteront accompagnées des erreurs agrandies que je viens de signaler; et les effets réels que l'on voulait mesurer, ne sont plus reconnaissables dans ce mélange. Aussi les physiciens les plus habiles, qui ont employé ce mode d'expérimentation, se sont-ils vus conduits, malgré tous leurs soins, à des résultats, non pas seulement différents, mais totalement contradictoires. Les uns trouvaient que l'animal qui respire fixe de l'oxygène, d'autres qu'il en dégage; ceux-ci qu'il absorbe de l'azote, ceux-là qu'il en exhale. Ces discordances étaient inévitables, et on aurait pu les prévoir. Pour cela il aurait fallu, au préalable, soumettre le procédé d'expérimentation à une épreuve théorique, dont l'usage ne s'est pas encore introduit dans la physique, mais qui est continuellement appliquée dans l'astronomie. Lorsqu'un résultat, dont l'appréciation est délicate, doit se conclure de données lointaines, on représente ces données par des lettres, auxquelles on ajoute comme auxiliaires de petites erreurs, figurées de même symboliquement. On conduit ensuite ces expressions générales, à travers toute la série des raisonnements et des opérations, d'où le résultat désiré doit se déduire;

et l'on forme ainsi, en symboles, son expression complète, dans laquelle les données primitives se montrent, avec tous les effets accessoires qui proviennent, tant de leurs erreurs propres que de celles qui ont pu éventuellement s'y joindre sur la route. Par les proportions que toutes ces erreurs ont acquises, on voit d'un coup d'œil si leur ensemble, peut ou ne peut pas vicier notablement le résultat que l'on veut établir; et selon que la méthode de déduction en ressort assurée ou périlleuse, on l'adopte, ou on la rejette sans hésitation. Si Dulong, et les physiciens qui ont opéré comme lui, avaient préalablement soumis leur procédé à cette épreuve mathématique, ils n'auraient pas pris la peine de le réaliser. Des erreurs à peine appréciables dans l'analyse chimique, y acquièrent une influence finale si grande, que les quantités d'oxygène dégagé ou fixé, d'azote exhalé ou absorbé, peuvent être capricieusement changées du simple au double, ou prendre des valeurs apparentes de sens opposés. Voilà ce qui a causé tant de discordances entre les expérimentateurs qui ont suivi cette méthode. On pourra facilement s'en convaincre si l'on veut bien jeter les yeux sur une note, qui sera placée à la suite de ces articles, et dans laquelle je lui ai appliqué le genre d'épreuve que je viens d'exposer ¹. Cet exemple de calcul, quoique particulier, pourra encore être utile dans d'autres occasions.

Ayant rappelé dans les pages précédentes ce qu'on savait et ce qu'on ne savait pas, sur le phénomène de la respiration, j'arrive au mémoire de MM. Regnault et Reiset. Ici la science expérimentale se montre dans une phase de progrès toute nouvelle. La physique, la chimie, la mécanique, concourent également à la servir. Sa marche n'est plus hésitante, et embarrassée d'erreurs. La question naturelle qu'il s'agit de résoudre, est envisagée dans toute son étendue; et elle est attaquée directement sous tous ses aspects, avec une perfection d'appareils, une précision de pro-

¹ La note mathématique a été supprimée dans cette réimpression. J. B.

cédés, une richesse d'expériences, que l'on n'avait jamais vues aussi habilement réunies. Ce travail a duré cinq ou six années. Il a été pénible, dispendieux, et il a exigé des auxiliaires nombreux, animés d'une bonne volonté persévérante. Ce sont là des conditions si étranges, dans les habitudes scientifiques de notre temps, qu'il est nécessaire d'expliquer comment elles ont pu être remplies.

L'initiative est venue de M. Reiset, par l'inspiration de M. Regnault, son ami. Jouissant d'une fortune indépendante, M. Reiset, chose rare en France, a le goût des sciences expérimentales; et, chose plus rare encore, il en a aussi le talent. Parmi les recherches qu'on lui doit, je rappellerai seulement la découverte remarquable d'un composé défini de platine et d'ammoniaque, où ces deux corps de constitutions si dissemblables, sont joints par une affinité réciproque tellement puissante, qu'ils entrent ensemble dans une multitude de combinaisons avec les acides, en conservant toutes les qualités d'un alcali simple. M. Reiset a établi dans sa résidence un cabinet de physique et un laboratoire de chimie, deux éléments de travail que l'on ne doit plus aujourd'hui séparer, parce que les deux sciences auxquelles ils sont particulièrement consacrés ne sauraient désormais marcher l'une sans l'autre. Il avait entendu M. Regnault, dans ses cours, exposer les recherches des physiciens sur la chaleur animale, et sur les phénomènes de la respiration; en montrer les défauts regrettables, tracer le plan qu'il faudrait suivre pour obtenir des résultats plus assurés, et signaler le grand intérêt qu'offrirait une pareille étude ainsi dirigée. Encouragé par ces considérations, M. Reiset se résolut à l'entreprendre, avec les conseils de M. Regnault et son concours personnel; ce qui complétait toutes les conditions de succès; car personne ne sait aussi bien que lui inventer et combiner des systèmes d'appareils propres à résoudre les questions scientifiques qu'il s'est posées. Dans le plan d'abord adopté, chaque animal, avant d'être soumis à l'expérimentation, devait

être nourri pendant une semaine avec des aliments dosés, pesés, analysés; et l'on aurait aussi analysé ses sécrétions alvines. Il aurait été maintenu à ce régime pendant qu'on étudiait sa respiration, l'arrangement des appareils permettant de l'y retenir assez longtemps pour que la continuité de son alimentation y fût possible et souvent nécessaire. Enfin, il aurait été encore soumis aux mêmes conditions hygiéniques et aux mêmes déterminations chimiques, après qu'on l'en aurait retiré. On devait connaître ainsi la nature et les proportions des produits de toutes sortes, gazeux, liquides et solides, qui sont exhalés, fixés ou expulsés, pendant l'acte de la respiration. Malheureusement, le collaborateur qui devait faire cette partie du travail, fut appelé pour un service médical, dans un département éloigné; de sorte que l'on dut se borner à la seule étude des produits gazeux. Ces produits appartiennent à trois ordres de fonctions distinctes : la respiration pulmonaire, la respiration cutanée, et l'exhalation ou l'absorption par le canal intestinal. La seconde est beaucoup moins active que la première dans les animaux à sang chaud. Elle est au contraire aussi énergique, et parfois prédominante, dans les animaux à sang froid : par exemple dans les grenouilles, qui continuent à vivre pendant plusieurs jours privées de poumons, en respirant par la peau; ou dans les salamandres, qui vivent pendant des mois après qu'on leur a coupé la tête, et que la plaie s'est cicatrisée. Les auteurs du mémoire ont étudié séparément ces trois ordres de phénomènes, autant qu'il le fallait pour en apprécier les proportions relatives dans les diverses classes d'animaux qu'ils soumettaient à leurs expériences. Mais ils se sont attachés spécialement à en mesurer les effets simultanés, et la résultante totale, qu'ils ont désignée par le terme générique de *perspiration*, adopté dans la physiologie moderne pour cet usage. J'avoue, à leur détriment, que l'Académie donne à ce mot une signification beaucoup plus restreinte; lui attribuant pour emploi de désigner la transpiration *insensible*, laquelle sans

doute, avec ce caractère spécifique, doit être quelque chose qui échappe aux poids et aux mesures du physicien. Mais on peut bien permettre aux savants de donner à leurs termes techniques le sens pour lequel ils les ont intentionnellement composés, plutôt que tout autre qui serait assigné par des personnes étrangères aux applications qui les nécessitent. Comme aussi, en général, dans leurs écrits, ayant pour obligation principale, et presque unique, d'être toujours clairs, précis, et d'épargner à la pensée toute hésitation, toute fatigue d'interprétation inutile, il y aurait quelques motifs de leur pardonner s'ils évitent les honneurs des longues périodes; et s'ils se résignent même quelquefois à couper leurs phrases par des signes de disjonction, de suspension, de repos, dont l'emploi pourrait paraître superflu, exagéré ou fautif, aux régulateurs du beau langage, qui n'ont pas à se préoccuper de ces misères-là. Que ceci soit dit, au besoin, pour notre excuse.

Il y a beaucoup de questions scientifiques dont la solution, maintenant possible, n'aurait pas seulement un grand intérêt abstrait, mais serait encore éminemment profitable à la société en général. Celle qui nous occupe ici est du nombre, et ses applications seraient même des plus immédiates, assertion qui semblera peut-être étrange et que l'on verra bientôt être d'une exacte vérité. Malheureusement, par un défaut trop réel, quoique peu compris, de notre organisation scientifique, ces questions qu'il serait si essentiel de mettre à l'étude, ne sont que très-rarement et très-exceptionnellement accessibles, à ceux qui pourraient les résoudre. Il y faut un concours d'auxiliaires qu'ils n'ont pas les moyens de réunir; une application presque exclusive, et de longue durée, que les devoirs de profession qui les font vivre, leur ôtent la liberté d'y consacrer; enfin des dépenses d'argent hors de leur portée. Demander à un savant qu'il entreprenne de pareils travaux, c'est une bonne intention absolument inutile, si on ne le met en état de remplir ces trois conditions. Ici, la diffi-

culté d'argent fut en grande partie levée par M. Reiset. Le zèle individuel, et quelques économies de laboratoire, firent le reste. M. Reiset avait pourvu à tous les frais de construction des appareils. Les premières expériences furent faites, loin de Paris, dans sa résidence, avec le concours de M. Regnault. Suivant une règle que cet habile physicien s'est toujours prescrite, elles eurent pendant longtemps pour objet d'étudier toutes les parties de la question isolément, avant d'aborder l'ensemble; et d'apprécier l'exactitude ou les erreurs de tous les procédés, avant de les faire servir simultanément à des résultats définitifs. Le peu de mois que M. Regnault pouvait passer hors de Paris, fut consacré durant deux années à ces épreuves préparatoires. Mais étant bientôt rappelé par ses cours, il ne pouvait plus y intervenir que par correspondance. De son côté, M. Reiset se trouvait souvent forcé de les interrompre pour remplir des devoirs de position impossibles à éluder; car la fortune a aussi ses exigences. Malgré le zèle des deux collaborateurs, le travail serait devenu évidemment interminable, s'il avait dû être continué dans ces conditions. En conséquence, on décida d'un commun accord qu'il serait mieux de transporter les appareils à Paris, et de les établir en permanence au collège de France dans le laboratoire de M. Regnault, qui, les ayant ainsi à sa portée, pourrait compléter plus aisément l'ensemble des expériences projetées, auxquelles M. Reiset viendrait concourir quand il serait libre. Tout le monde a pu effectivement les y voir pendant plusieurs années, marchant sans relâche, la nuit comme le jour, sous la direction de M. Regnault, avec le secours d'auxiliaires zélés, sorte de volontaires de la science, étrangers, français, venant apprendre l'art d'observer aux leçons d'un si habile maître, ou fixés près de lui par l'affection. Un d'eux surtout, libre et indépendant de position comme de caractère, s'est dévoué ainsi depuis nombre d'années, à l'aider dans ses travaux par pur attachement, avec une constance qui ne s'est jamais démentie; et avec une abnégation

si entière, que, sauf une fois, dans une occasion différente, il n'a pas même voulu consentir que M. Regnault le nommât comme l'ayant si efficacement assisté. Je ne le nommerai donc pas non plus, craignant de lui déplaire; mais rien ne m'empêchera d'exprimer ici l'estime que son mérite et ses qualités personnelles m'ont inspirée.

Toutes les circonstances que je viens de mentionner ont été nécessaires pour que le travail dont je vais rendre compte, pût être entrepris et exécuté, comme il l'a été. Il n'est devenu possible que par leur rapprochement et leur concours. J'aurais donc fait sentir trop imparfaitement sa valeur si je les avais omises, puisque j'aurais passé sous silence ce qu'il y a eu de moins apparent pour tout le monde, quoique non pas de moins réel, dans les difficultés de son accomplissement et les conditions de son succès. Je n'ai plus maintenant qu'à le décrire comme il a été conçu, c'est-à-dire comme une œuvre d'intelligence dégagée des obstacles matériels.

La méthode d'expérimentation est directe, et toute nouvelle. L'animal séjourne pendant très-longtemps, souvent plusieurs jours, dans un volume d'air limité, dont la composition est ramenée constamment à l'état naturel par le jeu même des appareils. L'oxygène qu'il consomme lui est restitué aussitôt qu'il l'aspire; et l'acide carbonique lui est enlevé aussitôt qu'il le dégage; l'un et l'autre en doses qui s'apprécient rigoureusement. L'azote seul reste en totalité, mais contenu; et sa quantité, naturellement diminuée ou accrue dans des proportions toujours fort restreintes, se mesure par l'analyse chimique à la fin de l'expérience. L'ensemble de ces dispositions réalise évidemment les conditions les plus favorables, et les plus sûres, pour déterminer exactement toutes les particularités de l'action que l'animal exerce sur l'atmosphère artificielle qui l'environne. Car la durée de son séjour lui fait consommer une grande quantité d'oxygène, et dégager une grande quantité d'acide carbonique; comme aussi, les faibles

quantités d'azote qui peuvent être exhalées ou absorbées, s'accumulant dans un espace restreint, y deviennent finalement assez manifestes pour que l'analyse chimique puisse très-bien les apprécier.

Tous ces effets simultanés s'accomplissent d'eux-mêmes, sans que l'observateur s'en occupe. Ils sont opérés par un système d'appareils physiques et mécaniques, dont les pièces se correspondent, et marchent ensemble avec la régularité d'une horloge, comme les organes d'un être vivant. C'est une faculté propre à M. Regnault que de savoir disposer ainsi des agents matériels pour leur faire exécuter ses conceptions ; en sorte qu'après avoir réglé dans sa pensée le plan des opérations qui lui sont nécessaires, il leur distribue leur travail et les laisse agir. Je ne saurais ici décrire tous les détails de ces artifices. Il faut les voir dans son mémoire et les suivre sur les figures qu'il en a données ; mais je tâcherai, du moins, d'en indiquer l'intention et d'en montrer l'effet général. On comprendra facilement le but des mesures de précautions occasionnelles que je ne ferai qu'énoncer.

Pour cela, je supposerai que nous allons faire nous-mêmes une expérience sur quelqu'un des animaux ainsi étudiés, en le prenant parmi ceux dont le volume a été le plus fort : ce sera, si l'on veut, un chien, une poule, une marmotte. La cloche de verre dans laquelle on les enferme, a une capacité d'environ quarante-cinq litres. Sa base est scellée sur un disque de fonte, qui supporte une plaque de tôle percée d'un grand nombre de trous. Cette plaque est recouverte de tringles en bois, formant un plancher sur lequel reposera l'animal. Une ouverture centrale sert à l'introduire, et se bouche ensuite hermétiquement. Toutes les surfaces métalliques, en contact avec le gaz intérieur, sont peintes au minium, pour empêcher qu'elles n'absorbent l'oxygène. La cloche est complètement mouillée d'eau en dedans ; et, au dehors, elle est entourée d'un large cylindre en verre, rempli d'eau que l'on maintient à une température constante et connue. Avant d'introduire

l'animal, on le pèse avec la provision d'aliments qu'on veut lui donner; et l'on considère le volume de la masse totale comme égal à celui d'un même poids d'eau. C'est la seule appréciation approximative que l'on se permette dans tout le cours de l'expérience, et nous verrons dans un moment qu'elle ne peut comporter qu'une minime erreur. On ferme ensuite l'ouverture d'introduction. Pendant ces manœuvres, toute communication entre les appareils chimiques et l'intérieur de la cloche est interdite; il faut donc renouveler continuellement l'air qu'elle renferme, pour qu'il se trouve dans l'état naturel quand on voudra les ouvrir. Pour cela, on fait jouer sans relâche une forte machine pneumatique, laquelle aspire l'air naturel d'un côté, tandis qu'on le laisse rentrer de l'autre; ce qui entretient dans l'intérieur un courant très-vif, qu'on ne fait cesser qu'au moment précis où l'on ouvre les conduits des appareils. C'est alors que l'expérience commence. On note l'heure, ainsi que la température, la force élastique et l'état hygrométrique de l'air intérieur, qui sont indiqués à cet instant comme à tout autre par des instruments appropriés; après quoi, l'expérience marche toute seule pendant le temps qu'on lui a prescrit. L'animal se tient debout ou couché, éveillé ou endormi, à sa volonté : il mange, il boit et accomplit toutes ses fonctions naturelles, sans aucun inconvénient apparent quelconque, supposé que le mécanisme des appareils continue de les mouvoir comme on l'a voulu.

Pour entretenir cette continuité d'effets, il faut que ces appareils lui restituent précisément la quantité d'oxygène qu'il consomme, et lui enlèvent plus soigneusement encore la quantité d'acide carbonique qu'il exhale. Ces deux opérations doivent s'accomplir, et s'accomplissent en effet, simultanément; mais je ne puis les décrire que l'une après l'autre.

La quantité d'oxygène fournie dans chaque expérience a toujours été fort grande. Elle a varié de 65 à 450 litres. Les volumes d'air naturel qui en contiendraient de pareilles, seraient à ceux-

là dans le rapport de 400 à 24. Ce serait donc 309 litres dans le premier cas, 714 dans le second. Mais ici, leur dépense graduée s'emploie à renouveler une atmosphère restreinte dont le volume n'égale pas 45 litres; de sorte que le volume d'oxygène qu'il y faut conserver est toujours moindre que 40 litres. Voilà pourquoi ces provisions suffisent pour la maintenir à l'état naturel pendant si longtemps; de sorte que l'animal y respire exactement comme dans l'air libre.

L'oxygène est préparé et épuré par les moyens chimiques les plus exacts. On l'approvisionne dans de grands ballons en verre de forme ovoïde, qui communiquent individuellement avec l'intérieur de la cloche par des conduits que l'on peut ouvrir et fermer à volonté. Ces récipients sont rétrécis, par le haut et par le bas, en cols allongés, sur lesquels on marque au diamant des traits qui servent de repères, pour déterminer avec la dernière précision la capacité comprise entre eux. Le gaz y est introduit en déplaçant une dissolution saturée de chlorure de calcium, dont on les a préalablement remplis, après avoir constaté que ce liquide n'exerce qu'un pouvoir absorbant très-faible, soit sur le gaz oxygène pur, soit sur l'air atmosphérique¹. L'écoulement du gaz, lorsqu'il devient nécessaire, est provoqué par l'introduction d'une solution de même nature, descendant d'un petit appareil hydraulique dont le niveau est rendu sensiblement constant. Tout cela est réglé de manière que le gaz des ballons soit toujours maintenu dans un état d'élasticité quelque peu supérieur à celui de l'air ambiant, ou plutôt de l'air dans lequel l'animal respire. Pour le lui fournir, on ne le transmet pas directement sous sa cloche, cela serait trop brusque; mais on le fait passer d'abord par un tube recourbé, dont l'orifice plonge au fond d'un petit

¹ On avait préalablement mesuré, par des expériences directes, la tension de la vapeur aqueuse émise par ce liquide, aux températures où l'on opérait; et l'on en tenait compte dans le calcul des volumes du gaz contenu dans les ballons, ou transmis à l'animal.

flacon laveur contenant une couche liquide, haute de quelques centimètres, qui est formée par une solution de potasse caustique¹. Un autre tube, partant de la cloche qui contient l'animal, aboutit au sommet du même flacon. Alors, à mesure que l'oxygène de la cloche se trouve consommé, le volume d'acide carbonique qu'il a pu engendrer étant absorbé en même temps, le gaz oxygène du ballon, devenu relativement plus élastique, sort par le bout du tube en bulles qui montent à travers la petite couche liquide, et vont remplir le vide partiel qui s'était formé. Par cet artifice, c'est pour ainsi dire l'animal lui-même qui, à chaque instant, appelle, attire dans sa cloche, la dose précise d'oxygène dont il a besoin. La rapidité du dégagement des bulles répond à la fréquence de ses aspirations; et souvent on pourrait compter les unes par les autres.

Il me reste à dire, comment l'acide carbonique est absorbé. Les expérimentateurs qui avaient eu besoin d'opérer cette absorption pour des recherches analogues, avaient espéré y réussir en mettant l'air de la cloche en communication, par de larges surfaces, avec une masse d'eau chargée de potasse caustique, dans laquelle le gaz acide devait venir se condenser. Mais cette disposition n'est pas suffisamment efficace. Les couches superficielles du liquide, une fois saturées d'acide, abritent les inférieures contre le contact du gaz; et les portions de la masse gazeuse qui confinent à la surface liquide, ayant une fois perdu leur acide, ne le reprennent ensuite que très-lentement par diffusion, pour le lui transmettre. C'est pourquoi, dans cette manière d'opérer, l'absorption, d'abord assez vive, s'affaiblit par degrés, et devient bientôt insuffisante pour compenser l'exhalation. L'animal se trouve ainsi dans un air qui se vicie de plus en plus, à mesure que l'expérience se

¹ Le choix de ce liquide avait pour but d'enlever au gaz oxygène que l'on extrayait du chlorate de potasse, les dernières traces de chlore qui auraient pu échapper aux purifications chimiques qu'on lui avait fait préalablement subir, et qui auraient affecté les organes respiratoires de l'animal.

prolonge; et il finirait par y périr. MM. Regnault et Reiset ont rencontré les mêmes inconvénients dans une série d'expériences préliminaires, où ils avaient employé ce mode d'absorption par des surfaces fixes, tout en connaissant son imperfection. Mais l'emploi qu'ils en faisaient alors suffisait pour leur but, qui était seulement de constater que l'exhalation et l'absorption de l'azote sont toujours restreintes dans d'étroites limites, comparativement aux autres produits de la respiration. S'étant bien convaincus qu'il en était ainsi, par l'expérience, ils se trouvèrent autorisés à établir leurs appareils définitifs, en vue de cette condition constante du fait naturel.

Mais il fallait introduire dans ces appareils quelque nouveau principe d'action, qui leur donnât le pouvoir d'absorber plus complètement et plus rapidement l'acide carbonique. M. Regnault l'avait trouvé d'avance. Dans les sciences expérimentales, quand un effet que l'on veut produire est empêché par des causes purement mécaniques, dont l'existence et les caractères peuvent être discernés, on est toujours assuré de les détruire, par leurs contraires. Ici, l'empêchement venait du manque du contact intime, entre le gaz, et le liquide qui devait l'absorber. Il fallait donc leur imprimer à tous deux un mouvement intestin, qui ramenât sans cesse de nouveaux contacts, entre des parties toujours différentes. Cette nécessité une fois constatée, M. Regnault y pourvut par un mécanisme, si parfaitement simple, qu'à le voir, on croirait que l'idée aurait dû en venir à tout le monde. Mais, en fait, la simplicité n'est presque jamais qu'un résultat de combinaison. Pour arriver à cette idée-là, il fallait trois choses : un sentiment juste de la difficulté physique ; une pratique intelligente des procédés mécaniques ; l'esprit d'invention, qui en fait voir l'aptitude propre au besoin présent.

Le moyen auquel M. Regnault a eu recours est très-aisé à comprendre. On prend deux vaisseaux de verre cylindriques, égaux, pouvant contenir chacun, environ trois litres. Ils sont

rétrécis en cols, à leurs deux extrémités, comme ceux qu'on appelle des *allonges*, dans les laboratoires. Je les désignerai individuellement par les lettres A et B. Plaçons-les l'un à côté de l'autre, dans une situation verticale, à une même hauteur. Puis, joignons leurs orifices inférieurs par un canal de communication flexible, deux ou trois fois plus long que la hauteur des cylindres, ayant ses parois en caoutchouc de l'espèce qu'on appelle *vulcanisé*, qui est complètement imperméable aux liquides et aux gaz et qui possède la propriété de conserver une flexibilité parfaite, même à de basses températures. C'est dans ce vase composé, à fond flexible, que l'on verse la solution de potasse qui doit absorber l'acide carbonique ; et le mouvement relatif d'ascension ou de descente, que l'on imprime alternativement aux deux cylindres, est l'artifice qui le force à venir successivement s'y condenser. Pour cela, l'orifice supérieur du cylindre A est mis en communication par un tube flexible, avec le haut de la cloche qui contient l'animal ; et l'orifice supérieur du cylindre B, est mis en communication également flexible, avec le bas. Ceci établi, élevons A relativement à B ; A se videra par la descente du liquide, qui passera dans B par le canal de communication ; et l'air supérieur de la cloche, étant aspiré par ce vide, une portion viendra remplir A, dont les parois intérieures seront encore mouillées du liquide absorbant. Cette portion y déposera par conséquent son acide carbonique ; et l'absorption deviendra encore plus énergique, comme plus assurée, si l'on a placé dans A quelques tubes de verre, non fermés, qui, se trouvant également mouillés par la solution potassique, agrandiront les surfaces de contact. Maintenant abaissons A, et élevons B. Il se produira un effet inverse. Le liquide absorbant quittera B, et viendra remplir A. L'air que A avait aspiré se trouvera donc refoulé dans le haut de la cloche où il rentrera dépouillé de son acide carbonique. Mais en même temps, B devenu vide aspirera une portion équivalente de l'air inférieur, qui déposera de même son acide carbonique au contact

de ses parois mouillées de potasse. En répétant ces alternatives de montée et de descente, les mêmes effets se reproduiront toujours; et, si on les rend continues, ils s'opéreront sur des portions toujours nouvelles de l'air et du liquide, qui s'en trouveront l'un et l'autre incessamment remués. Cette continuité serait sans doute fort pénible à entretenir, si l'on opérait ainsi manuellement. Mais un mouvement alternatif régulier est facile à produire par les moyens mécaniques. On l'opère ici à l'aide d'une machine à volant, mue par un poids, à peu près comme un tournebroche. On y attache les deux cylindres absorbants par des châssis en fer, et l'on s'en remet à elle pour les manœuvrer. Dans les expériences que nous décrivons, le poids moteur était de 200 kilogrammes. Sa course s'étendait depuis le haut des bâtiments du Collège de France, jusque sur le sol. La machine marchait pendant quinze heures sans avoir besoin d'être remontée. Quand on regardait ces appareils, agissant ainsi par eux-mêmes, et répétant leurs pulsations en parfait accord, d'un côté pour fournir de l'oxygène à l'animal, de l'autre pour lui enlever l'acide carbonique, comme s'ils avaient compris, et partagé, toutes les exigences de sa respiration, cela semblait former un seul être vivant que l'expérimentateur aurait animé.

Une heure avant que la provision d'oxygène ne soit épuisée, on se prépare à terminer l'expérience. On fait alors passer sous la cloche tout ce qui restait d'oxygène dans le dernier ballon d'approvisionnement au-dessous du trait supérieur qui limite sa capacité; puis on ferme le robinet de communication. Cette introduction forcée amène dans la cloche un excès d'oxygène. On le laisse consommer par l'animal, jusqu'à ce que l'air intérieur soit revenu aux mêmes conditions précises de pression et de température, où il se trouvait en commençant. La vapeur humide que l'animal a exhalée, n'a rien changé à la force élastique de son atmosphère, parce que, avant de l'introduire, les parois intérieures de la cloche avaient été complètement mouillées d'eau,

ce qui avait aussi l'avantage de ne pas lui donner un air trop sec à respirer. Quand l'atmosphère artificielle se trouve ainsi exactement ramenée à l'état prescrit, on y fait une prise d'air pour l'analyse chimique, avec des alternatives d'aspiration et de restitution, qui assurent que la partie extraite a bien les qualités moyennes de l'ensemble. Alors on ferme l'appareil absorbant ; on retire l'animal ; on le pèse de nouveau pour connaître ce qu'il a pu perdre ou gagner en poids ; et l'expérience est terminée. Il ne reste plus qu'à mettre en œuvre les données qu'elle a fournies.

Occupons-nous d'abord de l'air recueilli dans l'atmosphère finale. On ne suppose point qu'il soit uniquement composé d'oxygène, d'acide carbonique et d'azote. On y cherche les plus petites traces de tous les autres gaz que l'animal a pu dégager. M. Regnault avait fait depuis longtemps une étude profonde des procédés eudiométriques. Il a rassemblé ici tous les résultats de cet important travail. Il discute les anciens procédés, montre leur insuffisance, découvre leurs erreurs, et fait connaître les méthodes incomparablement plus exactes auxquelles il a été conduit. Un appareil physique admirablement combiné suffit à toutes les opérations qu'elles exigent. C'est celui que l'on a vu, depuis des années, en service continu dans son laboratoire. La manœuvre en est prompte et sûre ; la précision admirable. Il se prête à l'analyse des plus petites quantités de gaz. On ne devrait plus en voir d'autre dans les laboratoires. Malheureusement la physique et le calcul sont encore des hôtes trop étrangers, et presque incommodes, dans ces lieux-là. Il leur faudra du temps pour s'y propager.

Toutes les analyses de gaz, rapportées dans le mémoire que nous examinons, ayant été faites par ces procédés perfectionnés, elles ne peuvent être affectées que de très-petites erreurs. On reconnaîtra tout à l'heure le fruit de ces soins. Mais auparavant il faut voir comment on obtient les autres données qui concourent avec ces analyses dans les résultats.

La quantité totale d'oxygène qui a été fournie à l'animal, est connue avec une complète exactitude, par la mesure du volume de ce gaz qui s'est écoulé, entre les repères fixes des ballons où on l'avait approvisionné. La quantité totale d'acide carbonique, dont la condensation s'est opérée dans les vases absorbants, se détermine d'une manière non moins précise. Pour cela on prépare d'avance la solution aqueuse de potasse caustique de laquelle on fera usage. Ce qu'elle peut contenir d'acide carbonique, et elle en contient toujours, est alors apprécié avec la dernière exactitude par des procédés d'analyse que M. Regnault décrit en détail. On pèse ensuite le système des vases absorbants vides avec leur canal inférieur de communication déjà fixé. Cela se fait avec des balances très-sensibles, même étant chargées de poids aussi lourds. On y verse alors une quantité de solution potassique à peu près égale à la moitié de leur volume; et, pesant le tout ensemble, on connaît par différence le poids de la solution que l'on a introduite. La même opération répétée à la fin de l'expérience donne de même le poids de cette solution accru par l'acide carbonique et la vapeur aqueuse, qui s'y sont condensés. On l'analyse de nouveau avec les mêmes soins, pour connaître le poids total d'acide carbonique qui s'y trouve; et retranchant celui qu'elle contenait primitivement, on en conclut le poids du même acide qui est venu s'y absorber. La précision que M. Regnault a donnée à ces opérations est telle que leurs erreurs sont presque inappréciables.

Ces détails, sans doute, sont minutieux, longs, et pénibles à exécuter. Il faut y apporter beaucoup de zèle, d'habileté, de persévérance. C'est, au plus haut point, le *labor improbus*. Mais les vérités physiques ne s'obtiennent qu'à ce prix. Tout ce qui n'a pas ces caractères n'est que vanité, fumée, illusion.

Il va nous être maintenant bien facile de voir que des expériences pareilles donnent des résultats certains. Considérons d'abord l'oxygène. La quantité sortie des ballons qui le fournissent

est connue directement par son volume. Il faut y ajouter ce qui reste de ce gaz dans la cloche quand on termine l'expérience. L'analyse chimique la donne, en centièmes du volume de l'échantillon analysé, et l'on ne peut pas se tromper d'un de ces centièmes. Supposons-le pourtant. Le volume total de l'atmosphère artificielle est moindre que 45 litres, puisque ce nombre exprime la capacité de la cloche et de ses appendices, d'où il faut déduire le volume de l'animal. Si elle était composée comme l'atmosphère naturelle, l'oxygène y entrerait pour les $\frac{21}{100}$, ce qui ferait moins de 10 litres; et comme le dispositif des appareils tend à maintenir toujours fort approximativement cette identité, que confirme d'ailleurs l'analyse finale, supposer 10 litres d'oxygène, ce serait trop. Mais exagérons encore jusque-là. Si l'on se trompe de $\frac{1}{100}$ sur cette appréciation, l'erreur absolue sera $\frac{1}{10}$ de litre. Or, pendant la durée entière de chaque expérience, il y a de 65 à 150 litres d'oxygène fourni. L'erreur supposée ne fera donc pas $\frac{1}{650}$ ou $\frac{1}{1500}$ de tout l'oxygène employé. Elle sera donc presque insignifiante malgré toutes nos exagérations; et en réalité elle est toujours beaucoup moindre.

Un raisonnement tout semblable montrera que l'erreur que l'on peut commettre sur l'appréciation de l'acide carbonique exhalé, est aussi petite, ou même plus petite encore. Cela tient à la même cause : à la petitesse du poids de ce gaz qui reste dans la cloche, comparativement à la totalité de ce qui se condense dans les vases absorbants. Ce calcul est si facile à faire sur les nombres rapportés dans le mémoire, qu'il suffit de l'indiquer.

Il nous reste enfin à connaître le volume de l'azote contenu dans la cloche à la fin de l'expérience. On le conclut, par différence, en retranchant du volume total d'air qu'elle renferme, les volumes absolus de tous les autres gaz que l'analyse chimique y a fait découvrir. L'évaluation de ce volume total offre une difficulté, qui s'est déjà présentée au commencement de l'expérience.

Pour l'obtenir, il faut retrancher de la capacité de la cloche et de ses appendices, l'espace qui est occupé par l'animal et par les aliments que l'on a enfermés avec lui. Mais de pareils objets ne se prêtent pas à une mesure géométrique. On admet donc, par estime, que leur volume est égal à celui d'une masse d'eau de même poids; on le suppose en outre invariable pendant la durée de l'expérience, n'y ayant plus alors que déplacement de matière. Ce sont là évidemment des évaluations approximatives dont il faut se contenter, par l'impossibilité où l'on est d'en avoir de rigoureuses. Toutefois, il est aisé de voir qu'elles ne peuvent donner lieu, en définitive, qu'à une très-petite erreur: d'abord, comme étant par elles-mêmes très-peu fautives; puis, comme entrant à titre de constantes, au commencement et à la fin de l'expérience, dans le calcul du volume d'air que la cloche contient. En effet: c'est la différence finale de ces volumes qui montre si la quantité absolue de l'azote est devenue plus grande ou moindre; ainsi l'erreur que l'on pourrait commettre sur cette différence, serait égale aux variations de l'azote, non pas dans le volume imparfaitement évalué des aliments et de l'animal, mais seulement dans l'excès ou le défaut de cette évaluation. Or l'extrême petitesse des variations de l'azote est mise en complète évidence par le mode d'expérimentation, où ce gaz reste entièrement contenu dans des vases clos, puisqu'on l'y trouve en quantité absolue presque égale, au commencement et à la fin de chaque expérience. Elles seraient donc inappréciables, étant appliquées à des volumes aussi petits que peuvent l'être ceux qui correspondent aux incertitudes de l'évaluation approximative. D'une autre part, on a vu quelles quantités considérables d'oxygène et d'acide carbonique sont consommées ou exhalées, pendant que ces faibles variations de l'azote s'opèrent. Le rapport de celles-ci aux deux autres ne peut donc jamais dépasser une très-petite fraction, contrairement à ce que des expériences moins bien conçues avaient fait croire. Ce fait, tant débattu, ressort aujourd'hui

incontestablement de celles que nous venons de discuter ; et elles en fixent toutes les particularités véritables.

La même méthode d'expérimentation a été employée avec un égal avantage, pour étudier la respiration des animaux de moindre dimension, tels que les petits oiseaux, les petits batraciens, les insectes, même des chrysalides. Seulement on leur arrange des appareils proportionnés à leur taille, et à leurs besoins. Ainsi, les quantités absolues d'oxygène qu'il fallait leur fournir étant peu considérables, et lentement consommées, l'observateur les en approvisionnait directement, par intervalles, de manière que la force élastique de leur atmosphère se maintint à peu près constante, à mesure que l'acide carbonique lui était enlevé. L'absorption de cet acide, quoique toujours aussi nécessaire, n'exigeait plus de grands vases absorbants. Elle s'effectuait tout aussi bien, et par les mêmes principes, au moyen d'un petit instrument composé de deux boules de verre égales, et communiquant l'une à l'autre, qui contenaient la solution de potasse. Elles étaient retenues d'un côté par un fil, passant sur une petite poulie et tiré par un poids ; tandis qu'un second fil, attaché à la machine à volant, les tirait de l'autre, et les élevait ou les abaissait tour à tour par un mouvement oscillatoire, tout en faisant marcher les grands appareils. C'était toujours le même jeu, le même mécanisme, appliqué à de plus petits objets et opérant avec une égale précision.

Voilà l'ensemble des procédés ingénieux et sûrs, que MM. Regnault et Reiset ont inventés pour analyser le phénomène de la respiration des animaux. On peut dire, avec justice, que ce problème de physiologie physique est aujourd'hui résolu rigoureusement, pour la première fois. Je n'aurai plus qu'à exposer les résultats généraux de cette grande étude, dans un dernier article, qui sera aussi aisé à écrire que celui-ci a été difficile, et aussi clair qu'il est abstrait. Je m'excuserai de la multitude des détails techniques dont je l'ai hérissé, par l'utilité que je leur suppose, et

que j'en espère. Les travaux dont j'ai rendu compte m'ont paru présenter trois phases distinctes : d'abord les expériences de Lavoisier, établissant toutes les circonstances générales du phénomène; puis, des recherches subséquentes, n'ayant donné sur ses particularités secondaires que des résultats incomplets, vagues, douteux, ou faux; enfin le travail actuel, où les plus importantes de ces particularités sont toutes fixées en nombres précis, inattaquables, et sont, en outre, déterminées par des méthodes qui peuvent faire découvrir, avec la même sûreté, toutes les autres. Voilà sous quel aspect cette partie de l'histoire de la physique m'a paru se résumer; et j'ai dû le dire. Mais, pour exprimer sans imprudence un jugement, si favorable d'une part, et de l'autre si sévère, il fallait articuler des preuves. C'est ce que j'ai fait; et je crois les avoir données irrécusables. Il n'était pas moins essentiel de montrer, surtout maintenant, combien de pareils travaux ont de mérite; combien ils ont demandé d'intelligence; combien ils ont coûté de peine, d'efforts et de temps. Ceux-là seuls sont durables, et vraiment utiles. Malheureusement, le courage méditatif et persévérant, qui les fait entreprendre et exécuter, est devenu bien rare, dans nos habitudes scientifiques. On veut jouir vite de la renommée, n'importe comment acquise. Le travail d'hier se publie aujourd'hui; peut-être il durera demain; c'est assez. Mais, à ce jeu-là on apporte beaucoup de menue monnaie, et peu de pièces d'or. Quand une se rencontre, il faut bien la signaler comme de bon aloi.

III

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. Le 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 accommode 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'ali-

ments ; 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 nature, 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, inté-

rieur 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 bélements 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 du 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 carbo-

nique 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 guère 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 classes, 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'omets 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 $\frac{1}{100}$ 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 pulmonaire 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 beau-

coup 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'autres; 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'environne, 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, et 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'endormirent 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 40 et 45°. 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 descendit 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 42°. Aucun artifice ne put les décider, ou les contraindre, à s'endormir.

Venant aux marmottes endormies, j'interviendrais 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^m 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 42°. 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 41°, 2 ; celle de l'espace où on la place, 40°. 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°, 4,

tandis qu'elle n'était que $41^{\circ},2$, au commencement de l'expérience, conséquemment aussi pendant la phase de sommeil. Elle s'était donc accrue de $40^{\circ},9$ en trois quarts d'heure, par l'accélération du mouvement respiratoire, et surpassait déjà de $42^{\circ},4$ 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 trouva 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 j'en 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 ca-

vité 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 fournisse tout au moins à l'art de guérir des diagnostics précieux, aujourd'hui complètement ignorés. Que manquerait-il donc pour une 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, vous soit 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, donneraient à de simples particuliers l'occasion ainsi que la possibilité de s'illustrer, eux et leur patrie, en créant des *institutions expérimentales*, où l'on exécuterait les travaux d'ensemble dont l'étendue, la durée, le prix, rendent désormais la réalisation presque impossible, partout ailleurs. 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 folies.