

### CHAPITRE XIII.

#### DE LA DÉCOMPOSITION DES OXYDES VÉGÉTAUX PAR LA FERMENTATION VINEUSE.

Tout le monde sait comment se font le vin, le cidre, l'hydromel, et en général toutes les boissons fermentées spiritueuses. On exprime le jus des raisins et des pommes, on étend d'eau ce dernier ; on met la liqueur dans de grandes cuves, et on la tient dans un lieu dont la température soit au moins de 10 degrés du thermomètre de Réaumur. Bientôt il s'y excite un mouvement rapide de fermentation, des bulles d'air nombreuses viennent crever à la surface, et, quand la fermentation est à son plus haut période, la quantité de ces bulles est si grande, la quantité de gaz qui se dégage est si considérable, qu'on croirait que la liqueur est sur un brasier ardent qui y excite une violente ébullition. Le gaz qui se dégage est de l'acide carbonique, et, quand on le recueille avec soin, il est parfaitement pur et exempt du mélange de toute autre espèce d'air ou de gaz.

Le suc des raisins, de doux et de sucré qu'il était, se change, dans cette opération, en une liqueur vineuse, qui, lorsque la fermentation est complète, ne contient plus de sucre, et dont on peut retirer par distillation une liqueur inflammable, qui est connue dans le commerce et dans les arts sous le nom *d'esprit-de-vin*. On sent que, cette liqueur étant un résultat de la fermentation d'une matière sucrée quelconque suffisamment étendue d'eau, il aurait été contre les principes de notre nomenclature de la nommer plutôt esprit-de-vin qu'esprit de cidre, ou esprit de sucre fermenté. Nous avons donc été forcés d'adopter un nom plus général, et celui *d'alcool*, qui nous vient des Arabes, nous a paru propre à remplir notre objet.

Cette opération est une des plus frappantes et des plus extraordinaires de toutes celles que la chimie nous présente, et nous avons à

examiner d'où vient le gaz acide carbonique qui se dégage, d'où vient l'esprit inflammable qui se forme, et comment un corps doux, un oxyde végétal, peut se transformer ainsi en deux substances si différentes, dont l'une est combustible, l'autre éminemment incombustible. On voit que, pour arriver à la solution de ces deux questions, il fallait d'abord bien connaître l'analyse et la nature du corps susceptible de fermenter, et les produits de la fermentation ; car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications.

C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en chimie : on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on en retire par l'analyse. Ainsi, puisque du moût de raisin donne du gaz acide carbonique et de l'alcool, je puis dire que le moût de raisin  $\square$  acide carbonique + alcool. Il résulte de là qu'on peut parvenir de deux manières à éclaircir ce qui se passe dans la fermentation vineuse : la première, en déterminant bien la nature et les principes du corps fermentescible ; la seconde, en observant bien les produits qui en résultent par la fermentation, et il est évident que les connaissances que l'on peut acquérir sur l'un conduisent à des conséquences certaines sur la nature des autres, et réciproquement.

Il était important, d'après cela, que je m'attachasse à bien connaître les principes constituants du corps fermentescible. On conçoit que, pour y parvenir, je n'ai pas été chercher les sucres de fruits très-composés, et dont une analyse rigoureuse serait peut-être impossible. J'ai choisi, de tous les corps susceptibles de fermenter, le plus simple, le sucre, dont l'analyse est facile, et dont j'ai déjà précédemment fait connaître la nature. On se rappelle que cette substance est un véritable oxyde végétal, un oxyde à deux bases ; qu'il est composé d'hydrogène et de carbone porté à l'état d'oxyde par une certaine proportion d'oxygène, et que ces trois principes sont dans un état d'équilibre qu'une force très-légère

## OBSERVATIONS

SUR L'ACIDE LACTIQUE ET SUR LE TABLEAU DE SES COMBINAISONS.

M. Scheele est celui auquel nous devons les seules connaissances exactes que nous ayons sur l'acide lactique. Cet acide se rencontre dans le petit-lait, et il y est uni à un peu de terre. Pour l'obtenir on fait réduire par évaporation du petit-lait au huitième de son volume; on filtre pour bien séparer toute la partie caséuse; on ajoute de la chaux, qui s'empare de l'acide dont il est question et qu'on en dégage ensuite par l'addition de l'acide oxalique : on sait en effet que ce dernier acide forme avec la chaux un sel insoluble. Après que l'oxalate de chaux a été séparé par décantation, on évapore la liqueur jusqu'à consistance de miel; on ajoute de l'esprit-de-vin qui dissout l'acide, et on filtre pour en séparer le sucre de lait et les autres substances étrangères. Il ne reste plus ensuite, pour avoir l'acide lactique seul, que de chasser l'esprit-de-vin par évaporation ou par distillation.

Cet acide s'unit avec presque toutes les bases salifiables, et forme avec elles des sels incristallisables. Il paraît se rapprocher, à beaucoup d'égards, de l'acide acéteux.

le gaz éthéré ; celle de l'esprit-de-vin avec le calorique sera le gaz alcoolique ; nous aurons de même le gaz acide muriatique, le gaz ammoniac et ainsi de tous les autres. Je m'étendrai davantage sur cet article, quand il sera question de nommer les différentes bases.

On a vu que l'air de l'atmosphère était principalement composé de deux fluides aériformes ou gaz, l'un respirable, susceptible d'entretenir la vie des animaux, dans lequel les métaux se calcinent et les corps combustibles peuvent brûler ; l'autre, qui a des propriétés absolument opposées, que les animaux ne peuvent respirer, qui ne peut entretenir la combustion, etc. Nous avons donné à la base de la portion respirable de l'air le nom d'**oxygène**, en le dérivant de deux mots grecs *ὀξύς, acide, γένεσθαι, j'engendre*, parce qu'en effet une des propriétés les plus générales de cette base est de former des acides en se combinant avec la plupart des substances. Nous appellerons donc gaz **oxygène** la réunion de cette base avec le calorique. Sa pesanteur dans cet état est assez exactement d'un demi-grain poids de marc par pouce cube, ou d'une once et demie par pied cube, le tout à 10 degrés de température et à 28 pouces du baromètre.

Les propriétés chimiques de la partie non respirable de l'air de l'atmosphère n'étant pas encore très-bien connues, nous nous sommes contentés de déduire le nom de sa base de la propriété qu'a ce gaz de priver de la vie les animaux qui le respirent, nous l'avons donc nommé azote, de l' $\alpha$  privatif des Grecs, et de *ζωή, vie* ; ainsi la partie non respirable de l'air sera le gaz azotique. Sa pesanteur est de 1 once 2 gros 48 grains le pied cube, ou de 0 grain, 4444 le pouce cube.

Nous ne nous sommes pas dissimulé que ce nom présentait quelque chose d'extraordinaire ; mais c'est le sort de tous les noms nouveaux ; ce n'est que par l'usage qu'on se familiarise avec eux. Nous en avons d'ailleurs cherché longtemps un meilleur, sans qu'il nous ait été possible de le rencontrer ; nous avons été tentés d'abord de le nommer gaz alcaligène, parce qu'il est prouvé, par les expériences de M. Berthollet, comme on le verra dans la suite, que ce gaz entre dans la composition de l'alcali volatil ou ammoniaque ; mais, d'un autre côté,

Nous avons pris un petit vase de terre que nous avons fait sécher ; après l'avoir placé sur une balance et l'avoir taré fort exactement, nous y avons mis des charbons ardents, en soufflant dessus pour les entretenir rouges ; nous avons saisi l'instant où leur poids était d'une once, et nous les avons renfermés sur-le-champ dans une de nos machines ; leur combustion, dans l'intérieur de cette machine, a été entretenue au moyen d'un soufflet ; ils ont été consumés en 32 minutes : au commencement de l'expérience, le thermomètre extérieur était à 1 degré et demi, il est monté jusqu'à 2 degrés et demi pendant l'expérience ; la machine bien égouttée a fourni 6 livres 2 onces de glace fondue ; c'est le produit de la combustion d'une once de charbon.

Le thermomètre extérieur étant à 1 degré et demi, nous avons mis dans une de nos machines un cochon d'Inde dont la chaleur intérieure était d'environ 32 degrés, et, par conséquent, peu différente de celle du corps humain ; pour qu'il ne souffrit pas durant l'expérience, nous l'avons placé dans un petit panier garni de coton, et dont la température était à zéro ; l'animal est resté 5 heures 36 minutes dans la machine ; pendant cet intervalle, nous lui avons donné quatre ou cinq fois de nouvel air, au moyen d'un soufflet ; en le retirant, nous avons laissé le panier dans la machine, et nous avons attendu qu'il fût refroidi ; la machine bien égouttée a fourni 7 onces environ de glace fondue.

Dans une seconde expérience, le thermomètre extérieur étant encore à 1 degré et demi, le même cochon d'Inde est resté pendant 10 heures 36 minutes dans la machine, et l'air n'a été renouvelé que trois fois ; la machine a fourni 14 onces 5 gros de glace fondue ; l'animal n'a point paru souffrir dans ces expériences.

Suivant la première, la quantité de glace que peut fondre l'animal pendant 10 heures est de 12 onces 4 gros ; cette quantité, par la seconde expérience, est, dans le même intervalle, de 13 onces 6 gros 27 grains ; le milieu entre ces deux résultats est 13 onces 1 gros 13 grains et demi.

### ARTICLE III.

#### Examen des expériences précédentes, et réflexions sur la théorie de la chaleur.

Pour former une théorie complète de la chaleur, il faudrait avoir un thermomètre divisé proportionnellement aux quantités de chaleurs renfermées dans le fluide qui le compose, et qui pût mesurer tous les degrés possibles de température.

Il faudrait ensuite connaître la loi qui existe entre la chaleur des différentes substances et les degrés correspondants de ce thermomètre, de sorte qu'en prenant les nombres de ces degrés pour les abscisses d'une courbe, et les chaleurs correspondantes d'un corps pour ses ordonnées, on pût tracer la courbe qui passe par leurs extrémités. Si le corps est le fluide même qui forme le thermomètre, cette courbe sera une ligne droite, puisque le thermomètre est supposé indiquer, par ses divisions, la chaleur de ce fluide ; mais il est possible que les degrés de chaleur ne croissent pas proportionnellement dans les différents corps, et qu'ainsi la courbe précédente ne soit pas la même pour chacun d'eux.

Il serait, de plus, nécessaire de connaître les quantités absolues de chaleur renfermées dans les corps à une température donnée.

Enfin, il faudrait avoir les quantités de chaleur libre qui se forment ou qui se perdent dans les combinaisons et dans les décompositions.

Au moyen de ces données, on serait en état de résoudre tous les problèmes relatifs à la chaleur, dans les changements divers que les corps éprouvent par leur action les uns sur les autres ; mais ces données ne peuvent être que le résultat d'un nombre presque infini d'expériences très-déliées et faites à des degrés fort différents de tempé- [température]

## ALTÉRATIONS

### QU'ÉPROUVE L'AIR RESPIRÉ (1).

La chimie moderne nous a fait connaître qu'indépendamment de l'air que nous respirons il existe dans la nature beaucoup de fluides qui ont un grand rapport avec lui par leurs qualités apparentes. Comme l'air de l'atmosphère, ils sont transparents et sans couleur ; comme lui, ils sont dilatables, élastiques et compressibles ; comme lui, ils ont une transparence et une fluidité si parfaites, qu'ils échapperaient aux sens de la vue et du toucher, si la possibilité de les contenir dans des vaisseaux, et la résistance qu'ils apportent au mouvement des corps n'avertissaient de leur présence. Mais, si ces fluides ont une ressemblance trompeuse avec l'air de l'atmosphère par les qualités extérieures, et qu'on peut regarder comme physiques, ils en diffèrent essentiellement par leurs qualités chimiques : les uns ne sont autre chose que des acides ou des alcalis en vapeurs ; les autres sont des substances neutres, d'une nature très-singulière ; d'autres, enfin, sont encore absolument inconnus.

Des recherches plus approfondies sur la nature des fluides aériformes ont fait connaître que c'était au calorique qui entrait dans leur composition qu'ils devaient leur fluidité ; que toutes les substances volatiles, soit liquides, soit concrètes, étaient susceptibles de se vaporiser, de se fluidifier, à un certain degré de chaleur ; que le baromètre, par exemple, étant à vingt-huit pouces, c'est-à-dire à sa hauteur moyenne, l'eau prenait l'état aériforme à une chaleur de quatre-vingts degrés, l'alcool à soixante-six, l'éther à trente-deux, etc. que ces liquides, ainsi transformés en fluides, pouvaient être contenus sous des cloches ou

---

(1) *Recueil des mémoires de Lavoisier*, t. III p. 1 3. - Mémoire lu à la société de médecine en 1785. On y a fait depuis quelques changements. (*Note du Recueil.*)

réipients de verre, être transvasés de l'un dans l'autre, et se prêter à toutes les expériences qu'on peut faire sur l'air de l'atmosphère, sur l'air vital, et en général sur tous les fluides respirables.

L'état de fluidité n'est donc qu'une manière d'être des corps, et le mot fluide n'est qu'une expression générique, qui caractérise, non pas une espèce, mais une classe de corps.

Ces considérations générales pouvaient déjà porter à croire que l'air de l'atmosphère n'était point une substance simple, qu'il devait être, au contraire, un mélange de toutes les substances susceptibles de prendre l'état aériforme au degré de chaleur et de pression dans lequel nous vivons, et l'expérience a confirmé ce que l'analogie faisait supposer. La chimie moderne a osé entreprendre l'analyse de l'air de l'atmosphère, et elle est parvenue à reconnaître qu'il est composé de 25 parties environ d'un air éminemment propre à la respiration, et qu'on connaît aujourd'hui sous le nom d'air vital, et de 75 parties d'un fluide méphitique, absolument incapable d'entretenir la combustion des corps et la respiration des animaux. Ce fluide est connu, dans la nouvelle nomenclature, sous le nom de gaz azote. En parlant de cette proportion de 75 parties de gaz azote contre 25 d'air vital, on trouve, pour le nombre de pouces cubes de chacun des deux fluides dont le pied cube d'air atmosphérique est composé, les quantités suivantes :

Air vital : 432 pouces

Gaz azote : 1296 pouces

Total : 1728 pouces ou un pied cube.

Pour exprimer en poids ces mêmes quantités, je me suis assuré, par des expériences nombreuses, dont je rendrai compte ailleurs, que, le baromètre étant à 28 pouces, c'est-à-dire à sa hauteur moyenne, et le thermomètre de Réaumur à 10,

Le pied cube d'air atmosphérique pèse : 1 onces 3 gros 3 grains

d'air vital : 1 onces 4 gros 12 grains

de gaz azote : 1 onces 2 gros 48 grains



D'où il suit qu'un pied cube d'air atmosphérique est composé comme ci-après :

[Tableau non reproduit dans cette version]

De ces différentes substances qui entrent dans la composition de l'air de l'atmosphère, l'air vital est la seule qui soit essentielle au maintien de la respiration, le gaz azote n'y concourt en rien, si bien qu'on pourrait même substituer à ce gaz un autre fluide méphitique. Pourvu que ce fluide n'eût point de qualité irritante et délétère, pourvu qu'il ne fût mêlé avec l'air vital que dans la proportion de soixante et douze parties sur cent, il résulterait de cette combinaison un fluide aussi salubre, aussi respirable que l'air de l'atmosphère.

Telles sont les connaissances que la physique et la chimie peuvent donner à la médecine, sur la constitution de l'air que nous respirons. Mais quelles sont les altérations qui arrivent à ce même air dans les différentes circonstances de la vie ? Quelle est leur influence sur les organes de la respiration ? Quel désordre peut-il en résulter dans l'économie animale ? Quels sont les moyens de les prévenir ou d'y remédier ? C'est l'effet du travail que j'ai entrepris, et dont je rendrai successivement compte dans plusieurs mémoires.

C'est un fait bien anciennement reconnu que les animaux qui respirent ne peuvent vivre qu'un temps limité dans une quantité donnée d'air de l'atmosphère ; bientôt ils y languissent, ils s'y assoupissent ; ce sommeil, d'abord paisible, est suivi d'une grande agitation ; la respiration devient pénible et précipitée, et les animaux meurent dans des mouvements convulsifs. Ces accidents se succèdent plus ou moins rapidement, suivant que la quantité d'air dans laquelle les animaux sont renfermés est plus ou moins grande, relativement à leur volume et à celui de leur poumon ; la vigueur de l'animal contribue aussi à prolonger un peu plus longtemps son existence ; mais, en partant d'une

proportion commune, ou a observé qu'un homme ne pouvait pas subsister plus d'une heure dans un volume d'air de cinq pieds cubes.

Pour bien connaître le genre d'altération qui arrive à l'air, lorsqu'il a été respiré ainsi par les animaux, j'ai introduit un cochon d'Inde sous une cloche de cristal renversée sur du mercure ; elle contenait 248 pouces cubiques d'air vital. Je l'y ai laissé pendant une heure et un quart ; au bout de ce temps, je l'ai retiré de la même manière qu'il y avait été introduit, c'est-à-dire en le faisant passer par le mercure. Je ne me suis pas aperçu que ces deux passages l'eussent aucunement incommodé.

Pour rendre les comparaisons plus faciles, je supposerai que la quantité d'air vital dans lequel le cochon d'Inde a ainsi séjourné fût d'un pied cube ou de 1728 pouces cubiques, et je rapporterai, par calcul, les résultats à ce volume. Lorsque le cochon d'Inde a été retiré, de dessous la cloche, les 1728 pouces cubiques d'air vital se sont trouvés réduits à 1672  $\frac{3}{4}$  ; il y avait donc eu une diminution de volume de 55 pouces  $\frac{1}{4}$  ; il s'était formé en même temps 229 pouces  $\frac{1}{2}$  d'acide carbonique, ce dont je me suis assuré en introduisant de l'alcali caustique sous la cloche; enfin, les 1443 pouces  $\frac{1}{4}$  restant étaient encore de l'air vital fort pur.

En convertissant ces volumes en poids, on aura, pour les quantités d'air restantes sous la cloche, après que l'animal en a été retiré :

Air vital : 1 once 2 gros 10 grains  $\frac{2}{3}$   
Acide carbonique : 2 gros 15 grains  $\frac{1}{3}$   
Total : 1 once 4 gros 26 grains

L'air, dans cette expérience, a été diminué d'environ un trente-deuxième de son volume, mais il a augmenté de pesanteur absolue : d'où il résulte évidemment, 1° que l'air extrait quelque chose du poumon pendant l'acte de la respiration ; 2° que la substance extraite, combinée avec l'air vital, forme de l'acide carbonique ; or on sait qu'il n'y a que la matière charbonneuse qui ait cette propriété ; l'air, par l'acte

de la respiration, extrait donc du poumon une matière véritablement charbonneuse.

Mais il est à considérer que cette augmentation de poids, qui ne paraît être que de 13 grains  $\frac{2}{3}$ , est réellement beaucoup plus considérable qu'on ne la croirait d'abord : en effet, dans l'expérience que je viens de rapporter, il n'y a eu que 229 pouces  $\frac{1}{2}$  d'acide carbonique formé ; or, d'après les résultats très-exacts que j'ai discutés ailleurs, 100 parties d'acide carbonique en poids sont composées de 74 parties d'air vital et de 26 de charbon. Les 229 pouces  $\frac{1}{2}$ , d'acide carbonique obtenu contenaient donc :

Air vital : 117,90 grains

Charbon : 41,43 grains

Les 117grains,9 d'air vital reviennent, en pouces cubes, à 232 pouces  $\frac{2}{3}$ ,

Si donc il n'y avait eu d'air vital employé qu'à faire de l'acide carbonique, la quantité restante, après l'opération, aurait dû être de :  $1728 - 232 \frac{2}{3} = 1495 \frac{1}{3}$

Elle ne s'est trouvée que de :  $1443 \frac{1}{4}$

Déficit :  $52 \frac{1}{12}$

Il est donc évident qu'indépendamment de la portion d'air vital qui a été convertie en acide carbonique, une portion de celui qui est entré dans le poumon n'en est pas ressortie dans le même état; et il en résulte qu'il se passe de deux choses l'une dans l'acte de la respiration, ou qu'une portion d'air vital s'unit avec le sang, ou bien qu'elle se combine avec une portion d'hydrogène pour former de l'eau. Je discuterai, dans d'autres mémoires, les motifs qu'on peut alléguer en faveur de chacune de ces opinions; mais, en supposant, comme il y a quelque lieu de le croire, que la dernière soit préférable, il est aisé, d'après l'expérience ci-dessus, de déterminer la quantité d'eau qui se forme par la respiration, et la quantité d'hydrogène qui est extraite du poumon. En effet, puisque, pour former 100 parties d'eau, il faut employer

85 parties environ en poids d'air vital et 15 de gaz hydrogène, il en résulte qu'avec les 52 pouces  $\frac{1}{12}$ , d'air qui se sont trouvés manquer, il a dû se former 31 grains  $\frac{1}{9}$ , d'eau, et qu'il s'est dégagé du poumon du cochon d'Inde 4 grains  $\frac{2}{3}$ , d'hydrogène.

La même expérience, répétée dans l'air commun, donne des résultats analogues : diminution du volume de l'air ; augmentation de poids absolu ; formation d'acide carbonique et d'eau ; dégagement de matière charbonneuse et d'un peu d'hydrogène qui est enlevé du poumon par l'acte de la respiration ; mais le gaz azote qui reste, et qui se mêle avec l'acide carbonique et une portion d'air vital non consommée, complique le résultat. En conséquence, lorsqu'un pied cube d'air atmosphérique a été respiré autant qu'il le peut être, et que les animaux ne peuvent plus y demeurer sans courir le risque d'y perdre en quelques instants la vie, il est composé à peu près comme il suit, par chaque pied cube, je dis à peu près, car il se trouve de grandes variétés, surtout dans la quantité d'acide carbonique. Il contient :

Air vital : 173 pouces

Gaz acide carbonique : 200 pouces

Gaz azote : 1355 pouces

Total : 1728 pouces

Ce qui donne en poids :

Air vital : 1 gros 15 grains  $\frac{2}{3}$

Gaz acide carbonique : 1 gros 66 grains

Gaz azote : 1 once 26 grains

Total : 1 once 3 gros 35 grains  $\frac{2}{3}$

Je dois avertir que tous ces résultats ont été déterminés sur de l'air de la respiration, après qu'il avait été refroidi et qu'il avait déposé l'humidité surabondante dont il est chargé en sortant du poumon.

Dans l'expérience faite sur le cochon d'Inde renfermé dans de l'air vital, et que je viens de rapporter, je m'étais aperçu que cet animal

souffrait considérablement à la fin de l'expérience ; cependant on a vu qu'il n'y avait encore qu'une très-petite portion d'air qui fût viciée, c'est-à-dire convertie en acide carbonique, et qu'il restait beaucoup plus d'air vital qu'il n'en fallait pour constituer un air salubre ; cette circonstance avait déjà été observée par Priestley ; mais l'objet que je me suis proposé dans ce mémoire a exigé que je répétasse une partie de ses expériences. C'est toujours sur des cochons d'Inde que j'ai principalement opéré ; l'air vital que je leur faisais respirer était à peu près pur, et ne contenait que cinq à six parties de gaz azote sur cent. Quoique les animaux vécutent beaucoup plus longtemps dans un volume de cet air qu'ils ne l'auraient fait dans un pareil volume d'air atmosphérique, ils y périssaient cependant longtemps avant qu'il fût complètement vicié ; pour reconnaître la cause de ce phénomène, Bucquet, qui a bien voulu concourir à quelques-unes de mes expériences, a fait l'ouverture de plusieurs des cochons d'Inde qui y avaient été soumis et qui en avaient été les victimes.

Ils lui ont paru morts d'une fièvre ardente et d'une maladie inflammatoire. Leurs chairs, à l'inspection, étaient fort rouges ; le cœur était livide, gorgé de sang, surtout le ventricule et l'oreillette droits ; le poumon était très-flasque, niais très-rouge, même au dehors, et très-gorgé de sang.

Nous en avons conclu que l'air salubre consiste en une juste proportion entre l'air vital et le gaz azote, et qu'il est important, pour les animaux qui respirent, que cette proportion, qui est de 25 parties environ d'air vital sur 75 de gaz azote, ne varie pas beaucoup, ni en dessus ni en dessous ; mais, depuis, nous avons reconnu, Seguin et moi, qu'un air dans lequel il entre une beaucoup plus petite proportion d'air vital est encore respirable, et que les accidents que les animaux éprouvent, longtemps avant d'avoir consommé tout l'air vital contenu dans l'air qu'ils respirent, tiennent à la qualité irritante de l'acide carbonique qui se forme. Les expériences que nous rapporterons sur cet objet, dans la suite de ces mémoires, ne laisseront aucun doute à cet égard.

Puisque l'air de l'atmosphère ne peut entretenir que pendant un certain temps la vie des animaux qui le respirent, puisqu'il s'altère à mesure qu'il est respiré, on peut en conclure que la salubrité de l'air doit être plus ou moins diminuée dans les salles de spectacle, dans les lieux d'assemblées publiques, dans les salles des hôpitaux, dans tous les endroits où un grand nombre de personnes se rassemblent, surtout si l'air y circule lentement et difficilement.

Il m'a paru intéressant de déterminer jusqu'à quel point allait cette altération : pour y parvenir, j'ai choisi à l'hôpital général le dortoir le plus bas, celui où un plus grand nombre de personnes se trouvait rassemblé dans un espace étroit, enfin celui qui, sous ce point de vue, m'a paru le plus malsain ; je m'y suis transporté à la pointe du jour et avant l'heure où on en fait l'ouverture ; je m'y suis introduit à l'instant où la porte a été ouverte et j'ai recueilli deux flacons de l'air de cette salle, l'un pris dans le bas, c'est-à-dire jusqu'au niveau du plancher inférieur, l'autre dans la partie haute et le plus près que j'ai pu du plancher supérieur. Le premier de ces deux airs, celui qui avait été pris dans le bas, n'était que médiocrement altéré ; il s'est trouvé contenir, sur cent parties en volume :

Air vital : 23 parties  $\frac{1}{2}$

Gaz acide carbonique : 1 partie  $\frac{1}{2}$

Gaz azote : 75 parties

Total : 100 parties

L'air pris dans le haut de ce même dortoir avait souffert une altération beaucoup plus considérable, il contenait :

Air vital : 22 parties

Gaz acide carbonique : 3 parties

Gaz azote : 75 parties

Total : 100 parties

J'ai tenté de faire les mêmes épreuves sur l'air des salles de spec-[spectacle]

PREMIER MÉMOIRE  
SUR LA RESPIRATION DES ANIMAUX,  
PAR SEGUIN ET LAVOISIER (1).

La respiration est une des fonctions les plus importantes de l'économie animale, et, en général, elle ne peut être quelque temps suspendue sans que la mort en soit une suite inévitable. Cependant, jusqu'à ces derniers temps, on a complètement ignoré quel est son usage, quels sont ses effets ; et tout ce qui est relatif à la respiration était au nombre de ces secrets que la nature semblait s'être réservés.

Le retard de nos connaissances sur un objet aussi important tient à ce qu'il existe un enchaînement nécessaire dans la suite de nos idées, un ordre indispensable dans la marche de l'esprit humain ; à ce qu'il était impossible de rien savoir sur ce qui se passe dans la respiration avant d'avoir reconnu :

1° Que le calorique (matière de chaleur) est un principe constitutif des fluides (2), et que c'est à ce principe qu'ils doivent leur état d'expansibilité, leur élasticité, et plusieurs autres des propriétés que nous leur connaissons ;

2° Que l'air de l'atmosphère est un composé de deux fluides aériformes, savoir, d'un quart environ d'air vital, et de trois quarts de gaz azote ;

3° Que la base de l'air vital, l'oxygène, est un principe commun à tous les acides, et que c'est lui qui constitue leur acidité ;

4° Que le gaz acide carbonique (air fixe) est le résultat de la com- [combinaison]

---

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1789, p. 185.

(2) Sous ce nom générique nous comprenons les airs et les gaz.

binaison d'environ 72 parties en poids d'oxygène et de 28 parties de carbone (charbon pur).

5° Qu'il entre moins de calorique dans la composition d'un volume donné de gaz acide carbonique que dans un pareil volume d'air vital, et que c'est par cette raison qu'il se dégage du calorique pendant la combustion du carbone, c'est-à-dire pendant la conversion de l'air vital en acide carbonique par l'addition du carbone.

6° Enfin, que l'eau n'est point un élément, n'est point une substance simple, comme le croyaient les anciens, mais qu'elle est composée de 14,338 parties d'oxygène, et de 85,668 d'hydrogène (1).

M. Lavoisier, l'un de nous, a établi toutes ces vérités dans une suite de mémoires qui font partie du Recueil de l'Académie, et maintenant que ces vérités ont reçu la sanction du temps, qu'elles se trouvent confirmées par l'assentiment de presque tous les physiciens et chimistes de l'Europe, nous pouvons dire avec confiance qu'il n'en existe pas, en chimie, qui soient fondées sur des preuves plus évidentes.

Enfin il était impossible de soumettre à des expériences précises les effets de la respiration, avant qu'on eût acquis des moyens simples, faciles et expéditifs, de faire l'analyse de l'air ; et c'est un service que M. Seguin vient de rendre à la chimie (2).

Boyle, Hales, Black et Priestley sont les premiers qui se soient aperçus que la respiration exerce une action marquée sur l'air de l'atmosphère ; qu'elle en diminue le volume, qu'elle en change la nature, et qu'en un assez court intervalle de temps le fluide qui sert à cette fonction perd la propriété d'entretenir la vie des animaux.

Sans trop se rendre compte de ce qui se passait dans ce genre d'expériences, les chimistes sectateurs de la doctrine de Stahl essayèrent d'en expliquer les résultats ; ils y parvinrent avec cette facilité qu'on leur connaît, c'est-à-dire à l'aide de leur principe ordinaire, le phlogistique, qui, comme un Protée, peut se prêter à tout, et prendre toutes

---

(1) Nous nous servons ici du résultat indiqué par MM. Fourcroy, Seguin et Vauquelin, parce qu'il dérive d'une des expériences les plus exactes qui aient été faites en chimie.

(2) *Mémoire sur l'Eudiométrie*, Annales de chimie, t. IX, p. 293.



les couleurs, comme toutes les formes. Supposant donc que pendant la respiration il s'exhalait du poumon des animaux une certaine quantité de phlogistique, les disciples de Stahl admirent la phlogistication de l'air par la respiration, comme ils avaient admis la phlogistication par la combustion, par l'oxydation des métaux, etc. et, comme les produits de ces différentes opérations leur parurent identiques, ils y trouvèrent de nouveaux motifs de conclure que le phlogistique était un être identique dans les trois règnes de la nature.

Des expériences de comparaison, que M. Lavoisier entreprit bientôt après, lui firent connaître les principaux effets et les différents produits de la respiration, de la combustion, de l'oxydation, etc. et le mirent en état d'apprécier le degré d'analogie qui existe entre ces différentes opérations. Il fit voir que dans toutes il y a décomposition de l'air vital contenu dans l'air atmosphérique et dégagement d'une portion de son calorique spécifique, que dans toutes il reste, après le lavage dans l'alcali (alcali caustique), un résidu identique, le gaz azote, qui n'est point un produit de l'opération, mais qui est une partie constituante de l'air atmosphérique.

Il annonça ensuite en 1777 que la respiration est une combustion lente d'une portion de carbone que contient le sang, et que la chaleur animale est entretenue par la portion de calorique qui se dégage au moment de la conversion de l'air vital de l'atmosphère en gaz acide carbonique, comme il arrive dans toute combustion du carbone.

Les expériences que publièrent, en 1780, MM. de Laplace et Lavoisier (1), non-seulement confirmèrent ces énoncés, mais elles offrirent encore un résultat tout à fait inattendu, et dont il était impossible alors de sentir toute l'importance. Ces deux physiciens reconnurent qu'il se dégage des animaux, dans un temps donné, une quantité de calorique plus grande que celle qui devrait résulter de la quantité de gaz acide carbonique qui se forme dans un temps égal par la respiration.

Enfin, en 1785, M. Lavoisier crut pouvoir annoncer dans un mé- [mémoire]

---

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1780, page 355.

moire publié dans le Recueil de la Société de médecine, que très-probablement la respiration ne se borne pas à une combustion de carbone, mais qu'elle occasionne encore la combustion d'une partie de l'hydrogène contenu dans le sang, et conséquemment, que la respiration opère non-seulement une formation de gaz acide carbonique mais encore une formation d'eau, ce qui explique parfaitement bien le phénomène observé par MM. de Laplace et Lavoisier.

M. Seguin donna de nouveaux développements à cette théorie, et la confirma par de nouvelles expériences, dans un mémoire qu'il lut à la Société de médecine. Il y présenta un extrait des recherches de MM. Priestley, Crawford, Hamilton, etc. sur cet objet, et y exposa les conséquences qu'on pouvait en déduire.

Tel était l'ensemble de nos connaissances à l'instant où nous avons formé le plan d'un travail très-étendu sur presque toutes les parties de l'économie animale. Nous allons présenter, dans ce premier mémoire, les principaux résultats des expériences que nous avons faites sur la respiration.

En partant des connaissances acquises, et en nous réduisant à des idées simples, que chacun puisse facilement saisir, nous dirons d'abord, en général, que la respiration n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée, et que, sous ce point de vue, les animaux qui respirent sont de véritables corps combustibles qui brûlent et se consomment.

Dans la respiration, comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et le calorique ; mais, comme dans la respiration c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible, si les animaux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe, et l'animal périrait, comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture.

Les preuves de cette identité d'effets entre la respiration et la combustion se déduisent immédiatement de l'expérience. En effet, l'air qui

a servi à la respiration ne contient plus, à la sortie du poumon, la même quantité d'oxygène ; il renferme non-seulement du gaz acide carbonique, mais encore beaucoup plus d'eau qu'il n'en contenait avant l'inspiration. Or, comme l'air vital ne peut se convertir en acide carbonique que par une addition de carbone ; qu'il ne peut se convertir en eau que par une addition d'hydrogène ; que cette double combinaison ne peut s'opérer sans que l'air vital perde une partie de son calorique spécifique, il en résulte que l'effet de la respiration est d'extraire du sang une portion de carbone et d'hydrogène, et d'y déposer à la place une portion de son calorique spécifique, qui, pendant la circulation, se distribue avec le sang dans toutes les parties de l'économie animale, et entretient cette température à peu près constante qu'on observe dans tous les animaux qui respirent.

On dirait que cette analogie qui existe entre la combustion et la respiration n'avait point échappé aux poètes, on plutôt aux philosophes de l'antiquité, dont ils étaient les interprètes et les organes. Ce feu dérobé du ciel, ce flambeau de Prométhée, ne présente pas seulement une idée ingénieuse et poétique, c'est la peinture fidèle des opérations de la nature, du moins pour les animaux qui respirent : on peut donc dire, avec les anciens, que le flambeau de la vie s'allume au moment où l'enfant respire pour la première fois, et qu'il ne s'éteint qu'à sa mort.

En considérant des rapports si heureux, on serait quelquefois tenté de croire qu'en effet les anciens avaient pénétré plus avant que nous ne le pensons dans le sanctuaire des connaissances, et que la fable n'est véritablement qu'une allégorie, sous laquelle ils cachaient les grandes vérités de la médecine et de la physique.

Tout ce que nous avons à dire en ce moment sur la respiration n'est que le développement de l'idée principale que nous venons d'énoncer. Nous avons commencé ce mémoire par où, peut-être, nous aurions dû le finir, par la conséquence. Mais nous avons pensé qu'au risque même de nous répéter, il pourrait être utile d'offrir dès le commencement au lecteur le fil qui doit le conduire. Le voyageur est moins

quantités connues d'air vital celui qui est absorbé par la respiration de l'animal, ou plutôt qui est employé à former du gaz acide carbonique et de l'eau. On doit avoir également soin de renouveler l'alcali lorsqu'il approche d'être saturé d'acide carbonique.

On sait que la combustion, toutes choses égales d'ailleurs, est d'autant plus rapide que l'air dans lequel elle s'opère est plus pur. Ainsi, par exemple, il se consomme, dans un temps donné, beaucoup plus de charbon ou de tout autre combustible dans l'air vital que dans l'air de l'atmosphère. On avait toujours pensé qu'il en était de même de la respiration ; qu'elle devait s'accélérer dans l'air vital, et qu'alors il devait se dégager, soit dans le poumon, soit dans le cours de la circulation, une plus grande quantité de calorique. Mais l'expérience a détruit toutes ces opinions, qui n'étaient fondées que sur l'analogie. Soit que les animaux respirent dans l'air vital pur, soit qu'ils respirent dans ce même air, mélangé avec une proportion plus ou moins considérable d'azote, la quantité d'air vital qu'ils consomment est toujours la même, à de très-légères différences près. Il nous est arrivé plusieurs fois de tenir un cochon d'Inde pendant plusieurs jours, soit dans l'air vital pur, soit dans un mélange de quinze parties de gaz azote et d'une d'air vital, en entretenant constamment les mêmes proportions ; l'animal, dans les deux cas, est demeuré dans son état naturel ; sa respiration et sa circulation ne paraissaient pas sensiblement ni accélérées ni retardées ; sa chaleur était égale, et il avait seulement, lorsque la proportion du gaz azote devenait trop forte, un peu plus de disposition à l'assoupissement.

M. Lavoisier avait déjà annoncé que le gaz azote contenu dans l'atmosphère n'éprouvait aucun changement pendant la respiration, et qu'il ressortait du poumon en même quantité qu'il y était entré. Nous avons cru devoir constater ce fait par des expériences très-rigoureuses, et nous nous sommes assurés que réellement il n'y a ni dégagement ni absorption de gaz azote pendant la respiration.

Il y avait, d'après cela, lieu de présumer qu'on pouvait substituer au gaz azote qui entre dans la composition de l'air de l'atmosphère un

sujet à s'égarer lorsqu'il voit devant lui le terme auquel il se propose d'arriver.

C'est sur des cochons d'Inde que nous avons d'abord opéré. Ces animaux sont doux, la nature ne leur a donné aucun moyen de nuire. Ils sont d'une constitution robuste, faciles à nourrir ; ils supportent longtemps la faim et la soif ; enfin ils sont assez gros pour produire en très-peu de temps des altérations sensibles dans l'air qu'ils respirent.

La quantité d'air vital qu'ils consomment par heure est de 40 à 50 pouces cubiques, suivant leur force et leur grosseur ; mais, comme le gaz acide carbonique est pour eux, ainsi que pour presque tous les animaux, un poison mortel qu'ils ne peuvent respirer, même en médiocre quantité, sans éprouver des accidents funestes, il est nécessaire, pour continuer longtemps les expériences sur le même animal sans qu'il en souffre, d'absorber le gaz acide carbonique à mesure qu'il se forme. Pour remplir cet objet, nous commençons par faire passer sous une cloche de verre une quantité connue d'air vital ; nous y introduisons ensuite le cochon d'Inde en le faisant passer à travers l'eau ; dès qu'il était dans la cloche, nous le soulevions et nous le soutenions dans l'air qu'elle contenait, à l'aide d'une espèce de sébile en bois, montée sur trois pieds et recouverte d'une toile de crin ; les pieds de ce support étaient assez longs pour que l'animal fût soutenu à six ou huit pouces au-dessus de la surface de l'eau.

On conçoit que la sébile, en passant ainsi à travers l'eau, devait s'en remplir ; nous la vidions avec un siphon, après quoi nous y introduisions de l'alcali au moyen d'un entonnoir adapté à un tube recourbé. Ces opérations se font avec facilité quand on y est habitué.

Pour plus de sûreté, nous placions encore entre les trois pieds du support une capsule qui nageait sur la surface de l'eau, et que nous remplissions également d'alcali. Avec ces précautions, le gaz acide carbonique était aussitôt absorbé que formé, et l'animal n'était pas plus incommodé que s'il eût respiré dans l'air libre. Si l'expérience dure longtemps, plusieurs jours, par exemple, il faut remplacer par des

volume égal d'un gaz quelconque, pourvu qu'il ne fût ni acide ni alcali et qu'il n'eût aucune qualité nuisible. L'expérience a encore confirmé pleinement cette conjecture.

Nous avons essayé d'introduire des cochons d'Inde sous des cloches de verre remplies d'un mélange d'air vital et de gaz hydrogène pur, à peu près dans les proportions en volume qui existent entre l'air vital et le gaz azote dans l'air de l'atmosphère. Ils y ont demeuré longtemps sans paraître souffrir, et ce n'est qu'au bout de huit ou dix heures qu'ils ont donné des signes de malaise. Le gaz hydrogène n'a paru avoir éprouvé aucune diminution, et il est ressorti de leur poumon à peu près tel qu'il y était entré.

Nous répéterons une dernière fois que, dans toutes ces expériences, il est nécessaire d'absorber, au moyen de l'alcali, le gaz acide carbonique à mesure qu'il se forme ; qu'autrement l'animal périrait en peu de temps par suite de l'action irritante que le gaz acide carbonique exerce sur le poumon.

Ces premières expériences donnaient déjà des idées générales sur la respiration ; nous avons même entrevu qu'elle s'accélérait pendant la digestion, et que les animaux consommaient alors une plus grande quantité d'air. Nous avons également aperçu que le mouvement et l'agitation augmentaient encore ces effets ; mais nous étions loin encore du but que nous nous étions proposé d'atteindre, et d'ailleurs, après avoir opéré sur des animaux, nous désirions faire des applications plus particulières à ce qui se passe dans la respiration humaine.

Quelque pénibles, quelque désagréables, quelque dangereuses même que fussent les expériences auxquelles il fallait se livrer, M. Seguin a désiré qu'elles se fissent toutes sur lui-même. Nous les avons répétées un grand nombre de fois, et la précision des résultats a presque toujours été au delà de nos espérances. L'Académie a sous les yeux une partie des appareils dont nous nous sommes servis. Nous en donnerons la description détaillée dans un autre mémoire.

Il résulte des expériences auxquelles M. Seguin s'est soumis qu'un homme à jeun et dans un état de repos, et dans une température de

26 degrés de thermomètre à mercure, divisé en 80 parties, consomme par heure 1210 pouces d'air vital ; que cette consommation augmente par le froid, et que le même homme, également à jeun et en repos, mais dans une température de 12 degrés seulement, consomme par heure 1344 pouces d'air vital.

Pendant la digestion, cette consommation s'élève à 1800 ou 1900 pouces.

Le mouvement et l'exercice augmentent considérablement toutes ces proportions. M. Seguin étant à jeun et ayant élevé pendant un quart d'heure un poids de 15 livres à une hauteur de 613 pieds, sa consommation d'air pendant ce temps a été de 800 pouces, c'est-à-dire de 3200 pouces par heure.

Enfin, le même exercice fait pendant la digestion a porté à 4600 pouces par heure la quantité d'air vital consommé. Les efforts que M. Seguin avait faits dans cet intervalle équivalaient à l'élévation d'un poids de 15 livres à une hauteur de 650 pieds, pendant un quart d'heure.

Dans toutes ces expériences, la température du sang reste assez constamment la même, du moins à quelques fractions de degré près. Mais le nombre de pulsations des artères et celui des inspirations varient d'une manière très-remarquable. Nous sommes parvenus, à cet égard, à constater deux lois de la plus haute importance.

La première, c'est que l'augmentation du nombre des pulsations est assez exactement en raison directe de la somme des poids élevés à une hauteur déterminée, pourvu toutefois que la personne soumise aux expériences ne porte pas ses efforts trop près de la limite de ses forces, parce qu'alors elle est dans un état de souffrance, et sort de l'état naturel. La seconde, c'est que la quantité d'air vital consommé est, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque la personne ne respire qu'aussi souvent que le besoin l'exige, en raison composée des inspirations et des pulsations, c'est-à-dire en raison directe du produit des inspirations par les pulsations.

Nous ne parlons en ce moment que de rapports. On conçoit, en effet,

que la consommation absolue doit varier considérablement dans différents individus, suivant leur âge, leur état de vigueur et de santé, suivant qu'ils ont plus ou moins contracté l'habitude des travaux pénibles ; mais il n'est pas moins vrai qu'il existe pour chaque personne une loi qui ne se dément pas, lorsque les expériences sont faites dans les mêmes circonstances et à des intervalles de temps peu éloignés. Ces lois sont même assez constantes, pour qu'en appliquant un homme à un exercice pénible, et en observant l'accélération qui résulte dans le cours de la circulation, on puisse en conclure à quel poids, élevé à une hauteur déterminée, répond la somme des efforts qu'il a faits pendant le temps de l'expérience.

Ce genre d'observation conduit à comparer des emplois de forces entre lesquelles il semblerait n'exister aucun rapport. On peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces effets, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport, de les comparer avec ceux que fait l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu, sous la dénomination commune de *travail*, les efforts de l'esprit comme ceux du corps, le travail du cabinet et le travail du mercenaire.

Il résulte de tout ce que nous venons de dire, que la quantité d'air vital que consomment les différents individus est très-variable, et qu'elle n'est rigoureusement la même dans aucune circonstance de la vie, dans aucun instant de la journée. Cependant, si l'on veut avoir de cette consommation moyenne, ou, du moins, de la plus ordinaire, une idée facile à retenir, on peut l'évaluer à un pied cube ou 1728 pouces par heure ; ce qui revient, pour les vingt-quatre heures, à 24 pieds cubes, et, en poids, à 2 livres 1 once 1 gros. Nous donnerons, avec une grande exactitude, dans un prochain mémoire, les quantités d'acide carbonique et d'eau que cette quantité d'air forme dans le poumon ; en attendant,



nous supposons que cette quantité est de 2 livres 5 onces 4 gros d'acide carbonique, et de 5 gros 51 grains d'eau.

Mais, puisque l'acide carbonique est formé de 72 parties de gaz oxygène et de 28 de charbon ; puisque l'eau est composée de 85 parties d'oxygène et de 15 d'hydrogène ou gaz inflammable, enfin, puisqu'il se forme en vingt-quatre heures, par la respiration, 2 livres 5 onces 4 gros d'acide carbonique, il en résulte que la respiration enlève au sang, en vingt-quatre heures, 10 onces 4 gros de carbone et 1 once 5 gros 51 grains d'hydrogène.

Tant que nous n'avons considéré dans la respiration que la seule consommation de l'air, le sort du riche et celui du pauvre était le même ; car l'air appartient également à tous et ne coûte rien à personne ; l'homme de peine qui travaille davantage jouit même plus complètement de ce bienfait de la nature. Mais maintenant que l'expérience nous apprend que la respiration est une véritable combustion, qui consume à chaque instant une portion de la substance de l'individu ; que cette consommation est d'autant plus grande que la circulation et la respiration sont plus accélérées, qu'elle augmente à proportion que l'individu mène une vie plus laborieuse et plus active, une foule de considérations morales naissent comme d'elles-mêmes de ces résultats de la physique.

Par quelle fatalité arrive-t-il que l'homme pauvre, qui vit du travail de ses bras, qui est obligé de déployer pour sa subsistance tout ce que la nature lui a donné de forces, consomme plus que l'homme oisif, tandis que ce dernier a moins besoin de réparer ? Pourquoi, par un contraste choquant, l'homme riche jouit-il d'une abondance qui ne lui est pas physiquement nécessaire et qui semblait destinée pour l'homme laborieux ? Gardons-nous cependant de calomnier la nature, et de l'accuser des fautes qui tiennent sans doute à nos institutions sociales et qui peut-être en sont inséparables. Contentons-nous de bénir la philosophie et l'humanité, qui se réunissent pour nous promettre des institutions sages, qui tendront à rapprocher les fortunes de l'égalité, à augmenter le prix du travail, à lui assurer sa juste récompense, à