pouvoir occulte des démons, des anges bons ou mauvais? Sommés de s'expliquer, ils ne pouvaient faire autrement que d'emprunter au spiritualisme mystique des doctrines qui nous semblent aujourd'hui bizarres. Les théories de l'alchimie sont aussi inhérentes à l'esprit de l'époque qui les a vues naître, que la science d'aujourd'hui est inséparable de l'esprit dominant de l'époque actuelle.

Nous ne nous arrêterons pas ici aux doctrines de la pierre philosophale, de l'élixir universel, de la transmutation des métaux, doctrines que les alchimistes ont empruntées aux disciples de l'art sacré. En parcourant l'histoire depuis le IX^e^ siècle jusqu'au XVI^e^, on est frappé tout d'abord de la stérilité de la science telle que nous la comprenons aujourd'hui. On dirait une époque de léthargie ou de malédiction. Cependant, en examinant les choses de plus près, on en découvre la raison. Non, l'esprit humain n'a jamais de repos; il observe, s'instruit en tout lieu, en tout temps. A l'époque dont nous parlons, l'alchimie avait de bonnes raisons pour ne pas produire en public le résultat des expériences; il lui en coûtait *la vie souvent*, presque toujours la liberté de ses adeptes.

Aujourd'hui, au contraire, une découverte provoque honneurs et distinctions.

De là le peu de progrès des sciences au moyen âge.

La caractéristique de l'alchimie est la patience. Jamais l'alchimiste ne fut découragé par l'insuccès. Si la mort prématurée l'enlevait, il laissait en héritage à son fils une expérience commencée; il n'est pas rare de voir celui-ci léguer, par testament, à son tour les secrets d'une expérience inachevée dont il avait hérité de son père.

Ces travaux d'alchimie étaient transmis, de père en fils, comme biens inaliénables. Qu'on se garde d'en rire : il y a, dans cette patience, dans cette obstination, quelque chose d'admirable qui est comme une garantie du succès final. Le temps est un des grands secrets de la nature; et tous les alchimistes le savaient bien : des produits impossibles à constituer au chimiste d'aujourd'hui dans le laboratoire, sont engendrés avec profusion par la nature, à la faveur de ses agents ordinaires, dont l'action se prolonge pendant des siècles qui ne comptent pas au cadran éternel.

Si les alchimistes étaient, dans leurs travaux, partis de meilleurs principes, ils seraient incontestablement arrivés à des résultats prodigieux, que n'atteindront probablement jamais les chimistes modernes, trop pressés de jouir du présent.

Il ne répugne nullement de croire qu'à cette époque, qui nous paraît si stérile, on connaissait nombre de faits considérés aujourd'hui comme découvertes modernes. Ainsi, il nous semble impossible que les alchimistes n'aient pas eu connaissance de l'hydrogène ou du gaz d'éclairage, eux qui manipulaient constamment des métaux en contact avec des *acides*, avec des matières organiques, etc. Mais celui qui aurait eu le courage de montrer au public un corps identique à l'air s'enflammant avec bruit au contact d'un corps incandescent, eût été infailliblement tenaillé, torturé, brûlé.

Si les physiciens et les chimistes nos contemporains eussent vécu aux XIII^e^ et XIV^e^ siècles, ils auraient gardé leur savoir pour eux, ou, comme les alchimistes, se seraient enfermés dans des formules symboliques et allégoriques.

La plus simple expérience d'un professeur de chimie contemporaine à son cours aurait fourni, à cette époque, ample matière à un procès de sorcellerie. Vainement l'alchimiste eût-il démontré le naturel de ses expériences : il n'en eût été reconnu que plus magicien. *Roger Bacon*, malgré son éloquente profession de foi sur l'inanité de la magie, n'échappa pas à la prison, où il passa la plus grande partie de sa vie.

Un des faits saillants qui émergent de la longue nuit du moyen âge, est l'interdiction de l'examen des causes matérielles. Il était permis à la philosophie scolastique de disserter sur le réalisme et le nominalisme, sur les universaux et les catégories d'Aristote. Mais l'usage de la raison et ses applications saines à l'observation de la nature étaient réservés à des temps meilleurs.

Le phénomène physique le plus simple était réputé produit par une cause invisible et fantastique, par un agent mystérieux, surnaturel.

Les sciences physiques étaient nommées *occultes* et la *chimie*, art *hermétique*, *science noire*, *alchimie*.

Dans cet état de choses, toute connaissance devait forcément rester stationnaire, sinon rétrograder. Le but de la Science ne pouvait être atteint, ce but qui consiste à expliquer dans leur ordre naturel les effets et les causes, ou plutôt les *effets d'autres effets* plus éloignés; car il n'y a qu'une cause unique, absolue et qui restera toujours en dehors du domaine de l'observation. Mais toute science, d'un autre côté, devient impossible, dès que l'homme cherche à franchir d'un seul coup la série infinie d'anneaux intermédiaires constituant la chaîne qui rattache ce

qui est à la causalité suprême : c'est ce qu'on faisait au moyen âge.

Jamais il n'y a eu, jamais il n'y aura d'équilibre entre l'esprit et la matière, comme s'il était de l'essence de ces deux forces de se montrer dans un état d'antagonisme permanent. Mais l'homme se compose de ces deux éléments; il a donc besoin de satisfaire l'un et l'autre, et non pas l'un à l'exclusion de l'autre.

Au moyen âge, l'esprit dominant trop exclusivement la matière, il devait en résulter de graves conflits et un grand préjudice pour la Science. Aujourd'hui, tout au contraire, il est à craindre que la balance ne penche trop du côté opposé.

Les erreurs qui en résulteraient ne seraient pas moins funestes, et pourtant l'équilibre stable est impossible, car il suppose l'immobilité de l'intelligence, avec l'immobilité du monde.

L'alchimie est la continuation de l'*art sacré*. De celui-ci on peut attribuer la connaissance aux prêtres de l'Égypte, aux initiés de *Thèbes* et de *Memphis* : c'est dans les temples que les prêtres le pratiquaient.

Les anciens, dans l'établissement de leurs croyances cosmogoniques et symboliques, étaient partis de quelques faits réels, naturels; mais rapidement ce petit nombre de faits fut enveloppé de tous les nuages des doctrines spéculatives et mystiques. Le laboratoire du temple *avait fourni le fait*, l'imagination du prêtre la *théorie*.

Voilà, selon nous, en partie, la source réelle de toute la sagesse hiéroglyphique des prêtres de l'Égypte.

Le chimiste agrège et désagrège, combine et décompose

les matières sur lesquelles il opère. L'initié de l'art sacré se persuadait de faire en petit ce que le *Démiurge* ou le Dieu créateur avait fait en grand. Et, aux yeux du vulgaire, le prêtre n'était pas seulement le représentant, mais en quelque sorte un abrégé de la Divinité.

Dans l'antiquité et même au moyen âge, toutes les connaissances étaient confondues et réunies sous la dénomination générale de *Philosophie*. Mais ce qui était facile il y a trois mille ans serait aujourd'hui impossible.

Effaçons un moment de notre mémoire toutes les découvertes faites pendant la période qui, du règne de Constantin, nous sépare de Théodose le Grand. Transportons-nous dans le laboratoire de *Zosime* ou d'un maître de l'art sacré.

1° On chauffe de l'eau ordinaire dans un vase ouvert. L'eau bout; elle forme des vapeurs et laisse au fond du vase une terre pulvérulente blanche. Conclusion : l'eau se change en air et en terre.

Supposons que nous n'ayons aucune connaissance des matières que l'eau tient en dissolution et qui, après la vaporisation, se déposent au fond du vase : qu'aurions-nous à objecter contre cette conclusion, qui a certainement prêté son appui à la théorie de la transmutation des éléments? il ne manquait plus que le feu pour que la transmutation fût complète.

2° On porte un fer rougi au feu sous une cloche maintenue sur une cuvette pleine d'eau : le volume d'eau diminue, une bougie portée sous la cloche allume aussitôt l'air qui s'y trouve. Conclusion : l'eau se change en feu. Cette conclusion était toute naturelle à une époque où l'on ne

savait pas encore que l'eau se compose de deux corps aériformes (*oxygène* et *hydrogène*) ; que l'un, l'oxygène, est absorbé par le fer pour produire l'oxyde de fer; que l'autre, l'hydrogène, s'échappe de la cloche, en prenant la place de l'air atmosphérique qui s'y trouve, et qu'enfin, c'est l'hydrogène qui s'allume au contact d'une flamme.

3° On brûle (calcine) du plomb ou tout autre métal (excepté l'or et l'argent) au contact de l'air; il perd aussitôt ses propriétés primitives et se transforme en substance pulvérulente, en une espèce de cendre ou de chaux. En reprenant ces cendres qui sont le résultat de la *mort du métal*, et en les chauffant dans un creuset avec des grains de froment, on voit le métal renaître et reprendre sa forme et ses propriétés primitives. Conclusion : le métal que le feu détruit est revivifié par les grains de froment et par l'action du feu. N'est-ce pas là le miracle de la résurrection sur une petite échelle? Il n'y avait rien à objecter contre cette conclusion, puisqu'on ignorait complètement le phénomène de l'oxydation et la réduction des oxydes au moyen du charbon ou d'un corps organique riche en carbone, tel que le sucre, la farine, les semences, etc. Les grains de froment étaient le symbole de la vie, et, par extension, celui de la résurrection et de la vie éternelle, non pas tant parce qu'ils servaient de nourriture à l'homme, que parce qu'ils étaient employés pour rendre la vie à ces métaux morts ou réduits en cendres.

4° On calcine du plomb argentifère dans des coupelles faites avec des os pulvérisés ou des cendres; le plomb se réduit en cendres, il disparaît dans la substance même de la coupelle; et, à la fin de l'opération, il reste au fond de la

coupelle un bouton d'*argent pur*, le plomb ayant disparu sans que l'opérateur sût pourquoi, ni comment. Quoi de plus naturel que de conclure à la transformation du plomb en argent? Les phénomènes si remarquables de l'*iris* et de l'*éclair*, que présente l'argent soumis à la coupellation, devaient singulièrement occuper l'imagination de l'artiste sacré.

5° On verse un acide fort sur du cuivre; le métal est attaqué et finit, au bout de quelques instants, par disparaître, en donnant naissance à une liqueur verte, aussi transparente que l'eau pure : en plongeant dans cette liqueur une lamelle de fer, on observe que le cuivre reparaît avec son aspect ordinaire, en même temps que le fer se dissout à son tour. Quoi de plus simple que cette conclusion : le fer se transforme en cuivre. Si, à la place de la dissolution de cuivre on avait employé une dissolution de plomb, d'argent, ou d'or, on aurait dit que ce fer s'était transformé en plomb, en argent ou en or.

Ainsi, la théorie de la transformation des métaux adoptée par les alchimistes, est fondée sur quelques faits mal interprétés. Du reste, cette théorie, considérée au point de vue de la science d'alors, n'est pas aussi irrationnelle qu'elle le paraît aujourd'hui.

Le point de départ de tout raisonnement était l'observation et l'imitation de la nature; les métaux étaient assimilés à de véritables êtres animés ayant, comme les végétaux et les animaux, leur vie propre; car la division des corps en organiques et inorganiques, division qui n'a d'ailleurs aucune valeur philosophique, est de date récente.

Que voit-on dans la nature? des transformations. Les

écrits des chimistes anciens sont pleins d'allusions mystiques et allégoriques sur la *germination*, la *génération*, la transformation de la graine en plante, de la fleur en fruit, etc. Faut-il donc les critiquer d'avoir établi la théorie de la transmutation sur un simple phénomène d'échange ou de substitution qu'on explique aujourd'hui, mais qu'il était impossible, à l'époque dont nous parlons, de comprendre d'une façon identique à la nôtre?

Mépriser la *théorie de la transmutation* est injuste et *anti-scientifique*; une simple considération devrait rendre l'homme réservé dans ses jugements. Si nous sommes à même d'apprécier les erreurs des premiers pionniers de la Science, c'est grâce aux travaux qu'ils accomplirent. De même ne faisons-nous pas chaque jour des théories auxquelles nous tenons probablement autant que les anciens aux leurs? Et pourtant, à moins que le monde ne finisse dans un délai presque immédiat, personne, nous le supposons du moins, n'a la prétention de croire que la Science contemporaine ait dit son dernier mot, et que les générations suivantes n'auront aucune erreur à rectifier, aucune théorie à redresser.

Si donc nous voulons juger nos prédécesseurs, il faut nous placer à leur point de vue et bien nous garder de les condamner. C'est avec ce principe que nous devons aborder l'histoire en général.

6° Les vapeurs d'arsenic blanchissent le cuivre : ce fait connu depuis longtemps avait donné naissance à une foule de théories obscures et d'énigmes mystiques sur le moyen de transformer le cuivre en argent. — Le soufre, qui attaque les métaux, les noircit et les transforme en des pro-

duits ordinairement noirs, pulvérulents, était un corps tout aussi mystérieux que l'arsenic ; c'est avec le soufre qu'on *coagulait* (solidifiait) le mercure.

7° Lorsqu'on fait tomber le mercure en pluie fine (en le passant à travers un linge serré) sur du soufre fondu on obtient une matière noire. Cette matière, chauffée dans des vaisseaux fermés, se volatilise sans s'altérer et se transforme en une belle *matière rouge*. On croirait à peine que ces deux corps sont identiques, si l'on ne savait pas qu'ils sont constitués exactement des mêmes éléments, de la même quantité de soufre, de la même quantité de mercure. Combien ce phénomène si étrange, qui nous paraît à nous-mêmes inexplicable (car le mot *Isomérie* n'explique rien), ne devait-il pas frapper l'imagination des chimistes anciens déjà si accessibles à ce qui paraissait merveilleux et surnaturel?

Le noir et le rouge n'étaient rien moins que les symboles des ténèbres et de la lumière, du bon et du mauvais principe ; et la réunion de ces deux principes représentait dans l'ordre moral l'Univers-Dieu. Cette idée panthéistique a sans doute beaucoup contribué à établir le fameux principe adopté par les alchimistes, que *tous les corps et principalement les métaux ont pour éléments le soufre et le mercure*.

8° Lorsqu'on analyse les substances organiques en les chauffant dans un appareil distillatoire, on obtient un résidu solide, des liquides qui passent à la distillation, et des *esprits* qui se dégagent; ces résultats venaient à l'appui de l'ancienne théorie, d'après laquelle *la terre*, *l'eau*, *l'air* et *le feu* formaient les *quatre éléments du monde*. Le

résidu solide (charbon) représentait *la terre* ; les liquides de la distillation représentaient *l'eau*, et les esprits *l'air*. Quant au feu, il était considéré tantôt comme un moyen de purification, tantôt comme l'âme ou le lien invisible de tous les corps.

Les expériences et les opérations que nous venons d'indiquer étaient connues depuis longtemps; les prêtres d'Isis et les initiés de l'art sacré devaient avoir journellement l'occasion de les faire dans les laboratoires de leurs temples. Mais gardons-nous de croire qu'ils les aient démontrées ainsi que le ferait un professeur de chimie moderne : tout s'enveloppait de mystère par leurs soins, et leur langage symbolique n'était compris que des initiés; il était défendu, sous peine de mort, de révéler les mystères aux profanes.

Les anciens ignoraient la pesanteur de l'air: cependant le vent, le soulèvement des vagues, etc., auraient dû faire soupçonner qu'il est un corps matériel.

Ce n'est qu'en 1643 que *Torricelli* prouva expérimentalement cette loi : qu'une colonne d'air, prise dans l'atmosphère, se met en équilibre avec une colonne d'un autre fluide qui a la même base. Les fontainiers savaient, depuis longtemps, que l'eau ne monte qu'à environ 32 pieds dans les pompes aspirantes, quelle que soit leur longueur. *Galilée* vit, le premier, dans ce phénomène, qu'on expliquait *par l'horreur du vide*, un simple fait d'équilibre. Afin de le prouver, Torricelli, son élève, démontra ce que le maître n'avait qu'entrevu ; pour cela, il fit couler du mercure dans un tube de verre d'environ 3 pieds de longueur (soit 80 à 90 centimètres), et qui était fermé her-

métiquement par un bout : lorsque le tube fut entièrement plein, il boucha l'orifice avec le doigt, et après l'avoir renversé dans un vase rempli de mercure, il ôta le doigt. Le tube ainsi plongé et ouvert par le bas se vida en partie, mais il resta une colonne de mercure d'environ 0 m. 76 de hauteur: le baromètre était inventé. En considérant maintenant que les colonnes de liquides, soutenues au-dessus de leur niveau diminuent de hauteur comme leurs densités augmentent; que la même cause qui soutient l'eau à 32 pieds, ne peut soutenir le mercure qu'à 28 pouces ou 76 centimètres; que d'ailleurs ces deux colonnes, différentes en longueur, sont égales en poids, puisque le poids du mercure est à celui de l'eau comme 13,598 est à 1,000, Torricelli fut forcé de reconnaître que la suspension de ces liquides est un fait d'équilibre, puisqu'elle concorde si exactement avec les lois de la statique. Il résulte donc de ce raisonnement que pour exercer des pressions égales, les colonnes liquides doivent avoir des hauteurs qui soient en raison inverse de la densité.

Mais il n'y a pas que l'air de pesant; tous les gaz connus possèdent la même propriété. On donnait autrefois aux gaz le nom générique de *fluides*, ainsi qu'à tous les corps dont les parties sont entièrement mobiles et ne sont pas maintenues par la *force de cohésion*. Les corps gazeux s'appelaient *fluides élastiques*. Enfin, à certaines substances non pondérables, telles que le *magnétisme*, l'*électricité*, était attribuée également cette dénomination, de même qu'à certains agents mal connus tels que le fluide nerveux.

Aujourd'hui la science a marché. On a réservé le nom de gaz aux fluides pondérables et élastiques, et on a conservé le nom de fluides à ces *forces impondérables* dont on constate les effets sans en définir la nature : nous avons nommé *l'électricité* et *le magnétisme* (fluide électrique, fluide magnétique) et le fluide nerveux.

Peut-on nier que ce soient des forces? non, car l'expérience prouve surabondamment qu'ils produisent ou tendent à produire le mouvement.

Les gaz sont des corps qui revêtent l'état aériforme.

Jadis encore, on les divisait en gaz *permanents* et en *non permanents*.

Mais cette division n'existe plus. Thilorier solidifia l'acide carbonique, Netterer, le protoxyde d'azote, et enfin, en 1877, Cailletet et Pictet liquéfièrent et même solidifièrent les six derniers gaz dits permanents : l'oxygène, l'hydrogène, le bioxyde d'azote, l'oxyde de carbone, l'hydrogène protocarburé, l'azote.

Plus la science fera de progrès, plus on verra se réduire le nombre des corps qu'on nomme simples, et qu'on pourra décomposer en leurs éléments. Quant à nous, nous croyons à l'unité de la matière, c'est-à-dire à un atome initial qui, combiné d'une certaine manière et sous l'influence de milieux appropriés, forme tous les corps composés connus ou à connaître.

Pour opérer les changements *d'état des gaz*, il faut mettre en usage l'action combinée du froid (60 à 100 degrés au-dessous de zéro), et d'une pression de 60 à 200, ou 300 atmosphères. Tous ces corps solidifiés bouillent et se vaporisent bien au-dessous de la température où l'eau se congèle [1].

1. Voir les remarquables travaux de Cailletet.

Le nom de gaz *non-permanents* a été donné par *Berzélius* aux gaz (vapeurs) qui se développent par l'ébullition des liquides. On peut aussi classer les gaz en bienfaisants et en délétères. Nous citerons parmi les gaz bienfaisants et en première ligne l'*oxygène*, qui nous est indispensable pour vivre, et le *protoxyde d'azote*, qui rend de si grands services aux chirurgiens pour anéantir la douleur.

CHAPITRE I

THÉORIE MOLÉCULAIRE DES GAZ

Les gaz. — Origine du mot « gaz ». — Opinion que s'en faisaient les alchimistes. — Leurs théories. — Leurs propriétés générales. — Loi de Gay-Lussac. — Leurs capacités calorifiques. — Hypothèse fondamentale de la théorie des gaz. — Démonstration de la loi de Mariotte. — Conséquences théoriques. — Vitesse moyenne des molécules gazeuses. — Rapport des forces vives de translation et de vibration. — Application à la chimie moléculaire. — Conséquences susceptibles de vérités expérimentales. — Conductibilité. — Frottement interne des gaz. — Conséquences et hypothèses accessoires. — Chemin moyen d'une molécule. — Nombre des molécules.

ORIGINE DU MOT « GAZ »

Opinion que s'en faisaient les alchimistes.

Nous empruntons à M. *Berthelot*, le savant membre de l'Institut, dont les cours sont si appréciés au Collège de France, les renseignements suivants, qui nous indiquent et l'origine du nom « gaz », et l'opinion que s'en faisaient les anciens chimistes.

« Les alchimistes n'avaient sur les gaz que des notions extrêmement vagues ; les uns les comparaient à des êtres libres, à des esprits susceptibles d'exercer une action personnelle et volontaire dans les phénomènes, et ils croyaient pouvoir solliciter ou conjurer leurs actions par des formules particulières; les autres les regardaient comme des substances impondérables.