

Séance du 8 mars 2021

Séminaire interne « Dogmatisme et discernement »

Le Phlogistique

Philippe VIALLEFONT

Académie des Sciences et Lettres de Montpellier
Professeur honoraire à l'université Montpellier 2

Pour retrouver les autres conférences de ce séminaire : dans la page d'accueil (<https://www.ac-sciences-lettres-montpellier.fr>), cliquer sur "Rechercher un document", et dans la fenêtre qui s'affiche, entrez le mot-clé : SEM2021

MOTS CLÉS

SEM2021, Histoire, contexte, Becher, Stahl, oxygène, Lavoisier.

RÉSUMÉ

Après avoir rappelé les conceptions de la matière depuis l'antiquité, la théorie du phlogistique et des phlogistons interprétant au XVII^e siècle le phénomène de la combustion est présenté. Les apports et les insuffisances de cette théorie sont mis en évidence et ont conduit à la théorie du calorique dans un premier temps puis, après la découverte de l'oxygène, à la théorie de la combustion par Lavoisier ouvrant la voie à la chimie moderne.

Nota : À cause du confinement sanitaire dû à la Covid 19, cette présentation a été faite en visio-conférence.

Je commence par cette phrase issue de l'ouvrage daté de 1830 de M. Villemain, membre de l'Académie française, ayant pour titre « Mélanges historiques et littéraires » à propos de l'éloge de Montesquieu : « *L'esprit humain s'emploie d'abord à maintenir les croyances ; plus tard son activité le porte à les combattre* ». L'histoire du phlogistique en est un exemple.

1. Introduction

Lorsque notre président a proposé comme sujet « *Dogmatisme et Discernement* » m'est venue immédiatement à l'esprit l'idée du Phlogistique. Pourquoi ? Il me semble que le phlogistique sonne la fin du Moyen Âge en chimie, Moyen Âge caractérisé depuis 2000 ans par la théorie des quatre éléments ce qui, compte tenu de la durée : 20 siècles, n'est pas loin de devenir un dogme repris par la théologie qui était la reine des Sciences.

Après la conception et le rejet du phlogistique, l'évolution des connaissances est allée très vite jusqu' à la révolution quantique. D'une façon générale science, philosophie et médecine, qui ne faisaient qu'un, se sont séparées au XVIII^e avec l'apparition de la méthode expérimentale et Lavoisier.

Peut-être, pour parler de ce sujet situé bien souvent en dehors de mes compétences « Dogme et Discernement », y-a-t-il lieu de définir ces termes : Le dogmatisme est une attitude philosophique qui s'oppose au scepticisme, il est la propension à donner à ses principes un caractère affirmatif, impérieux, péremptoire n'admettant pas la discussion. Il suppose donc une vérité non étayée qui rejette le doute et la critique. Les quatre éléments répondent peu ou prou à ces critères.

Pour le « discernement » le Larousse nous dit que c'est l'action de discerner, de distinguer, de discriminer ; personnellement je préfère, pour un meilleur discernement vis-à-vis de la notion de dogme, m'appuyer sur les synonymes : compréhension, clairvoyance, entendement.

2. Le contexte :

Pour traiter le sujet il me semble nécessaire de remonter à la philosophie grecque :

Au départ il y a le feu, son existence est prouvée depuis la nuit des temps, sa domestication remonterait à un million d'années, cendres, poteries, briques d'argiles en sont la preuve. Cette domestication a donné lieu, parmi d'autres, au mythe de Prométhée.

Revenons simplement à 2500 ans en arrière au VI^e siècle avant notre ère, chez les Grecs. Déjà les philosophes de l'École de Milet disputent, ils recherchent la substance primordiale dont toutes les autres sont issues. Pour Thales (VI^e siècle avant notre ère) tout découle de l'eau, tandis que pour son élève, Anaximandre, tout vient d'un principe abstrait l'apeiron (l'illimité). Anaximène, pour sa part, prétend que c'est l'air qui est à la base de tout l'univers. Nous voyons apparaître ici l'air, une matière ressentie mais non visible et non palpable, et les principes abstraits.

Au V^e siècle on peut citer Héraclite pour lequel le feu est à l'origine de tout : tout vient du feu, tout y retourne. Pour Parménide ce n'est pas une seule substance mais deux qui forment la matière : le feu, certes, mais aussi la terre. Enfin Pythagore met en avant le rôle des chiffres : à l'origine est le nombre, il joue le rôle de substance primordiale.

Vers 450 avant notre ère ce sont des matérialistes qui vont proposer ce qui va être la croyance pendant 20 siècles : d'une part, Anaxagore pour qui, à l'origine, il existe des particules matérielles différentes selon la substance, d'autre part, Empédocle qui introduit pour sa part quatre substances, quatre racines : l'air, le feu, l'eau et la terre. De la combinaison de ces éléments résulte la matière, ces combinaisons étant régies par l'Amour conçu comme l'amitié qui unit et la Haine qui sépare ce qui n'est pas sans rappeler le Yen et le Yang chinois. L'évolution des idées précédentes amène avec Leucippe aux théories atomistes essentiellement défendues par Démocrite : pour eux il existe deux principes : les atomes et le vide. Les atomes sont des particules matérielles en perpétuel mouvement et à la base de tourbillons, ils sont en nombre illimité et se distinguent par la taille et la forme. Ils peuvent s'assembler sous différentes séquences AB étant différent de BA. Il s'agit d'un matérialisme mécanique qui conduit aux différentes matières. L'âme elle-même est constituée d'atomes subtils. Épicure et Lucrèce reprendront avec des nuances l'explication de cette formation de la matière. Viennent ensuite Platon et Aristote, deux penseurs qui pendant des siècles vont influencer la pensée de la chimie. Platon place à l'origine de la matière les triangles rectangles équilatéraux. Leurs dispositions reprennent la théorie des quatre éléments : le tétraèdre conduit au feu, le cube à la terre, l'octaèdre à l'air et enfin l'icosaèdre à l'eau.

Il y a là une certaine conception mathématique qui rejoint la base de l'alchimie car il suffit de changer les triangles de place et on passe d'un élément à l'autre, la matière étant unique à la base. Pour Aristote les choses sont plus complexes, la mathématique est absente mais les sensations sont des éléments essentiels et, reprenant toujours la théorie des quatre éléments, il lie la matière initiale avec le chaud et le sec, cette union est représentative du feu, la même matière avec le chaud et l'humide conduit à l'air, si on est en présence de froid sec nous sommes en présence de terre tandis que le froid humide représente l'eau. Hippocrate puis Galien adopteront cette théorie qui devient la théorie des quatre humeurs. Aristote rejette la théorie atomiste : la matière est continue, le vide n'existe pas, tout en admettant l'idée de particules toujours animées de mouvements. Il ajoute un cinquième élément l'éther, constituant du monde céleste, dans lequel les étoiles et d'une façon générale les astres se déplacent.

De la même façon le stoïcien Zénon (300 av JC) rejette la notion de vide et la notion d'atomes, il propose que la matière elle-même soit accompagnée d'un représentant d'un esprit universel « le pneuma » (l'esprit) qui parfois est assimilé dans une interprétation matérialiste à un gaz !

De cette pensée stoïcienne est née la base de l'alchimie, elle est en effet confrontée à l'affaiblissement de la philosophie grecque qui se tourne vers le mysticisme et l'astrologie tandis que la pensée arabo-musulmane se répand. Les hommes veulent alors renouveler les processus primaires de création de la nature et se tournent vers l'obtention d'or ou de matières précieuses. La recherche du Graal est lancée, elle va durer avec des évolutions vers le mysticisme durant plus de 20 siècles, faisant de la pensée des quatre éléments une vérité non démontrée, un véritable dogme, même si l'alchimie s'en éloigne quelque peu.

Cette longue introduction avait pour but de montrer comment et pourquoi ce concept aristotélicien des quatre éléments a duré aussi longtemps et correspond à la définition du dogme mais aussi montrer la présence, à côté des substances matérielles, de fluides tel l'éther insaisissable et impondérable ou encore le Pneuma. Nous allons retrouver ces fluides avec une conception proche dans le phlogistique. Enfin, elle a pour but de nous rappeler le contexte dans lequel le phlogistique va être imaginé. De plus, il faut se rappeler que Sciences et Médecine ne faisait qu'un et surtout que médecin et chimiste étaient souvent la même personne.

3. Naissance et développement

Pour en parler faisons un saut jusque vers 1530, Paracelse ajoute trois substances aux quatre éléments : le sel, le soufre et le mercure. Pour cet auteur, le but de l'alchimie est de préparer pour leur usage médical des produits naturels Certains chimistes à cette époque remettent en cause le scolastique et le système, sans succès car les autorités, en particuliers ecclésiastiques, s'y opposent. À cette période nous trouvons Johann Joachim Becher, (1635-1682) professeur de médecine à Mayence et chimiste de qualité qui a beaucoup voyagé. Il est en particulier l'auteur du « gaz philosophique » extrait du goudron de houille en vue de l'éclairage. Sa conception de la matière comporte la transmutation des métaux la rattachant ainsi à l'alchimie tandis qu'un solvant universel l'alkahest dissout la matière et laisse un résidu formé d'atomes. L'alkahest est une hypothétique substance alchimique. Le mot, inventé par Paracelse pour désigner une mystérieuse médecine pour le foie, fut repris par Jean-Baptiste van Helmont qui en fait le dissolvant universel capable de ramener tout corps à sa matière première (la *materia prima* des alchimistes).

Becher, chimiste, interprète aussi l'augmentation de poids d'un métal lors de la calcination par l'addition de particules pondérables provenant du feu et traversant les parois du récipient. Pour lui toutes les substances sont terreuses et contiennent terre et eau, il reprend la théorie de Paracelse qui ajoute aux quatre éléments d'Aristote trois types de terre.

- La terra prima ou terra lapida responsable de l'état solide,
- La terra secunda ou terra pinguis qui est combustible (Charbon, soufre),
- La terra tercia ou terra mercuriatis qui est liquide (le mercure).

Pour lui, tout corps combustible doit contenir en lui-même le principe inflammable : le phlogistique. Un métal n'est qu'un mélange dans des proportions qui lui sont propres de terra prima et de phlogistique. Si on chauffe il y a séparation des deux, le phlogistique s'échappe et on obtient un résidu qui correspond pour nous à l'oxyde du métal, à une cendre. Une chose importante, car inconnue à cette époque, cette transformation est réversible : en présence de charbon (phlogistique presque pur puisqu'il brûle en laissant peu de résidu) on récupère le métal.

Par ailleurs Becher fait l'hypothèse que tout corps combustible est composé de terra secunda et d'un fluide libéré lors de la combustion, fluide, le phlogistique, qui ne peut être isolé et qui est responsable de la flamme, de la lumière et de la chaleur dues aux mouvements des particules de phlogistique de même que l'incandescence. Plus tard, l'état d'esprit ayant évolué avec les Lumières, à la suite des idées de Becher reprises en grande partie par Rouelle, les philosophes se sont intéressés à la chimie, ils y voyaient la possibilité d'étudier la nature et de mettre en place une philosophie expérimentale, ainsi en est-il de Diderot et de Rousseau.

Stahl (1660-1734), rejetant les théories mécaniques, cherchera à isoler le fluide phlogistique. Pour lui, il n'y a que deux éléments la terre et l'eau qui sont accompagnés des éléments d'Aristote : l'eau, la terre, l'air et le feu réduits ici au rôle d'instruments à côté de ce qu'il appelle Phlogiston, considérant que l'on doit donner à ce fluide insaisissable un nom rappelant la matière inflammable donc les propriétés qu'il présente. Ces phlogistons sont récupérés dans la nature par les êtres vivants du règne végétal aussi bien qu'animal et dans une moindre mesure par le règne minéral. Ils sont responsables de la couleur et de l'odeur des matériaux.

Cette théorie du phlogistique fait connaître à la chimie un premier bond. En effet un métal peut être soumis au feu, subir une transformation due au départ du phlogistique qu'il contient, mais cette réaction devient réversible si le produit transformé est chauffé en présence d'une substance riche en phlogistons (charbon de bois par exemple), c'est ce que de nos jours on appelle une réaction d'oxydo-réduction ; de plus et c'est pour l'époque une petite révolution : calcination et combustion sont issues du même phénomène et ne font qu'un.

Pour Stahl l'air ne joue aucun rôle dans la combustion sauf sur le plan mécanique, enfin le phlogiston étant capable de passer d'une substance à une autre, s'écoulant des corps chauds vers les corps froids jusqu'à ce qu'ils soient au même degré de densité de phlogiston, on comprend pourquoi le feu peut se transmettre. Leur présence, entre ou dans les molécules, explique par leur nombre et leur dilatation les phénomènes de changement d'état : fusion, ébullition ou encore passage à l'état gazeux. De plus, il y a conservation de la chaleur ce qui conduit à la conservation de l'énergie et par là à la thermodynamique. On voit ainsi l'importance de ce transfert de chaleur et de son interprétation.

Cette vue des choses a pu être reprise par Cavendish qui, faisant agir un acide sur un métal, a obtenu un gaz très inflammable. Hélas ! Ce n'était pas le phlogiston à l'état pur mais simplement ce que nous connaissons sous le nom d'hydrogène.

C'est ainsi que, dans « la critique de la raison pure », Kant a mis sur le même plan la loi sur la chute des graves de Galilée, les travaux sur le vide de Torricelli et les travaux de Stahl, ce qui montre la réputation acquise par ce personnage, auteur de beaucoup d'autres réalisations qui sortent de notre sujet sauf une.

Il considère que le vivant ne peut dériver de phénomènes mécaniques donc qu'il y a dans la vie plus que les lois de la physico-chimie. Il propose, par analogie avec le fluide phlogistique, la notion de fluide vital ou force vitale inséparable de la vie. Je n'insiste pas sur cet aspect de son œuvre trop connue de l'École montpelliéraine de médecine et dont il y a ici des spécialistes. Il rejette l'animisme car dans sa conception la pensée est subordonnée à la vie. Il oppose les animaux à l'Homme car leur comportement provient uniquement de la matière, donc d'un processus mécanique et non de l'esprit. Il s'oppose ainsi à Descartes qui fait de l'Homme un objet certes infiniment complexe mais obéissant aux lois de la matière inanimée.

Plus tard Claude Bernard réfutera ce vitalisme qui est résistant aux méthodes expérimentales.

Je ne saurais quitter ce rappel des savants qui ont à des degrés divers eu à connaître du phlogistique, d'une part Rouelle (1703-1770) qui encouragea une philosophie empiriste ou encore son élève Venel, d'autre part, montpelliérain bien connu de notre Académie puisque plusieurs communications lui ont été consacrées et qu'il était membre de la Société Royale des Sciences. Sa notoriété est telle qu'il a rédigé pas moins de 673 articles pour l'Encyclopédie. Il fut le professeur d'Antoine Lavoisier.

4. La contestation, l'oxygène, Lavoisier

L'année 1828 demeure une date dans l'histoire du vitalisme et par là dans celle du phlogistique, elle est due à la chimie : Wöhler réussit la synthèse de l'urée dans son laboratoire par l'action du gaz carbonique sur l'ammoniaque montrant que ce composé issu de la vie peut être obtenu à partir de données mécanistiques, ce qui évidemment porte un coup à la théorie du vitalisme. Les travaux de Pasteur finirent par porter le coup fatal à cette théorie sous sa forme scientifique cependant que pour certains l'aspect spirituel persiste.

Ce n'est pas seulement les auteurs précédents qui ont eu raison du phlogistique, la théorie en elle-même porte le germe de son obsolescence : comment expliquer que lors de la combustion ou de la calcination le départ des phlogistons amène une augmentation de poids. Différentes explications ont été fournies à l'époque, aucune n'a été satisfaisante.

A suivi, sans grand succès semble-t-il, la notion de frigorique, fluide inverse du phlogiston.

La théorie du phlogistique a alors donné naissance (1770) avec Lavoisier à une nouvelle théorie : la théorie du calorique.

Je suis allé chercher la définition du calorique dans le cours des sciences physiques pour les élèves des deux années de philosophie d'un de mes ancêtres en 1846, date où cette théorie proche au départ du phlogistique avait commencé à prendre naissance mais sans être développée : « *On a donné le nom de calorique à un fluide élastique, impondérable, éminemment subtil qui pénètre tous les corps avec la plus grande facilité et qu'on suppose être la cause de tous les phénomènes de la chaleur* ».

Partant de cette définition un certain nombre de conséquences sont apparues à Lavoisier.

Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) est le fils d'un riche avocat. Il fait des études de droit, avant de se tourner vers les sciences, d'abord en tant que géologue et

minéralogiste. Il établit ensuite un laboratoire de chimie. En 1768, il entre à la Ferme générale, une compagnie privée qui collecte les impôts pour la couronne. Cette situation lui assure des revenus privés qui lui permettent de financer ses recherches : la science devient de plus en plus spécialisée, et les instruments qui doivent être précis sont coûteux. C'est notamment le cas de ceux sur lesquels les succès de Lavoisier s'appuient en particulier la balance.

En 1772, il pratique des expériences sur la combustion d'échantillons de phosphore et de soufre : il découvre que leur masse augmente lorsqu'on les chauffe fortement en présence d'air. Il met également à jour que la litharge (oxyde de plomb [II], un minerai de plomb), chauffée en présence de charbon de bois, est réduite en plomb avec une diminution de masse et un dégagement gazeux. Lavoisier appelle cette expérience « l'une des plus intéressantes découvertes depuis l'époque de Stahl », bien que des observations semblables aient été faites 20 ans plus tôt. Cette découverte s'oppose à la doctrine du phlogistique selon laquelle la réduction d'un minerai en plomb impliquerait un gain de masse, et non une perte. Elle amène alors Lavoisier à détruire le mythe du phlogistique.

En 1774, Lavoisier apprend de Priestley la découverte de « l'air déphlogistiqué » (en fait l'oxygène). En pratiquant ses propres expériences avec ce nouveau gaz, il comprend rapidement qu'il se trouve en présence du principe sous-jacent à la combustion, à la réduction, à la respiration et à l'acidité. Comme Priestley, Lavoisier démontre que ce nouvel air forme la fraction de l'atmosphère qui permet la vie des animaux, ce qui le conduit à le baptiser initialement « air éminemment respirable ». Lavoisier montre aussi que la combustion et la respiration le transforment tous les deux en cet air fixe identifié par Joseph Black. En 1777, Lavoisier présente une nouvelle « théorie générale de la combustion » (pour remplacer le phlogistique) ainsi que son nouveau principe de combustion : l'oxygène. Ses recherches sur les trois acides inorganiques courants, l'acide nitrique, l'acide phosphorique et le vitriol (acide sulfurique), ainsi que sur l'acide oxalique (nouvellement isolé à partir de sources organiques) montrent que l'oxygène est présent dans les quatre. Une observation qui amène Lavoisier à proposer : « *Je désignerai dorénavant l'air déphlogistiqué ou air éminemment respirable [. . .] par le nom de principe acidifiant, ou, si l'on aime mieux la même signification sous un mot grec, par celui de principe oxygène* » « Oxygène » veut en effet dire « source d'acide » en grec.

Désormais la combustion, la respiration et la corrosion impliquent une addition d'oxygène. La réduction, à l'inverse, implique une perte d'oxygène. L'air fixe est une combinaison de charbon et d'oxygène. Quand Lavoisier apprend comment produire de l'eau en brûlant de l'hydrogène dans de l'oxygène, il est en mesure de montrer que l'eau n'est pas simplement de l'air « déphlogistiqué » comme Cavendish l'avait affirmé auparavant, mais un composé. Il contient de l'hydrogène (baptisé ainsi par Lavoisier, du grec « source d'eau ») et de l'oxygène.

Au-delà des découvertes des composants de l'air et de l'eau, de l'état de la matière, les contributions de Lavoisier à la révolution chimique sont à la fois techniques, expérimentales et épistémologiques. Lavoisier a établi l'utilisation cohérente de l'équilibre chimique, utilisé ses recherches sur l'oxygène, il a développé une nouvelle nomenclature chimique. Précurseur de la stœchiométrie, il a surtout traduit des réactions dans les équations chimiques qui respectent la loi de conservation de la matière, donnant à celle-ci une solide assise expérimentale. Je ne développerai évidemment pas tous ces aspects. Je déplorerai que le Fermier général collecteur d'impôts qu'il était parallèlement à son action de chimiste et qui lui permettait les dépenses faites pour la science, ait été décapité le 8 mai 1794. Il avait 51 ans.

Toutefois la théorie des quatre éléments s'est maintenue encore quelque temps. Dans le « nouvel abrégé des Sciences et des Arts » de M. Barthelemi de 1808, utilisé par

un arrière arrière grand-père au collège de Saint Flour, à la question « Quels sont les éléments ? » il est répondu : il y en a quatre : la terre, l'eau, l'air et le feu.

Je terminerai en disant que le phlogistique n'est plus de nos jours que de l'histoire. Il représente cependant un point de rupture qui ne peut être ignoré pour la conception des processus naturels qui aujourd'hui nous semblent évidents.

Je voudrais ajouter pour finir une remarque, certains font un rapprochement un peu osé entre phlogiston et atome dans sa conception actuelle : comme le phlogiston particule matérielle et fluide subtil l'atome n'est-il pas onde et corpuscule. Question : Nos ancêtres auraient-ils eu le don de discernement, de divination? On peut se poser la question !

RÉFÉRENCES

Cet exposé est largement inspiré de l'ouvrage de Claude Lécaille ayant pour titre « L'Aventure de la Chimie jusqu'à Lavoisier » et de divers articles issus de Wikipédia relatifs essentiellement aux différents savants cités et à leurs travaux.