

## L'influence de P.J. Macquer sur les chimistes français de son temps\*

par Claude VIEL  
Faculté de Pharmacie de Tours

---

Après avoir brièvement resitué Macquer, nous nous efforcerons de dégager l'influence qu'il exerça sur les chimistes français de son époque, à l'aube de la naissance de la «chimie moderne».

### 1. PIERRE JOSEPH MACQUER (1718-1784)

Pierre Joseph Macquer, par l'importance et l'impact que son œuvre et ses écrits ont eu auprès de la communauté scientifique française et étrangère de son époque, occupe dans l'histoire des Sciences une place de choix parmi les chimistes français du XVIII<sup>e</sup> siècle.

Médecin de formation, élève du célèbre chimiste Guillaume François Rouelle (Rouelle l'aîné), Macquer enseigna la Chimie au Jardin du Roi, et la Pharmacie à la Faculté de Médecine. Remarquable professeur, il exposait les faits avec clarté et précision. Parallèlement à son enseignement, il rédigea des ouvrages qui firent autorité et référence, en particulier ses «**Éléments de chymie théorique**», ses «**Éléments de chymie pratique**» et plus encore peut-être son «**Dictionnaire de chymie**», monument, le premier du genre qui embrasse en une synthèse précise et systématique toutes les connaissances de la chimie de l'époque.

C'est assez dire le succès qu'il obtint auprès des chimistes français et étrangers. C'est ainsi que Guyton-Morveau, correspondant de Macquer auprès de l'Académie des Sciences lui écrivait en 1778 : «J'ai reçu, mon cher Monsieur, le beau présent que vous avez la bonté de me faire des trois premiers volumes de votre dictionnaire... ce grand code chymique qui sera à jamais un précieux monument des progrès de notre siècle dans cette Science et un guide assuré pour conduire qui voudra

---

\* (Conférence présentée lors de la «Journée Macquer» du 9 septembre 1990).

avancer dans cette carrière». Brongniart, Professeur au Collège de Pharmacie, écrivait en 1788 : «Je n'oublierai pas certainement le Dictionnaire de M. Macquer, chymiste aussi modeste qu'éclairé ; ses ouvrages respirent la bonne doctrine et son honnêteté. J'invite les Amateurs à le consulter ; tous les articles qui le composent peuvent être regardés comme des résumés complets de ce qu'il est indispensable de savoir en Chymie ; ils indiquent les opérations faites, et montrent le chemin des tentatives à faire. Ma voix est trop faible pour célébrer dignement un aussi grand chymiste».

Berthollet, parlant de la première édition, disait que ce dictionnaire était le meilleur ouvrage qu'on ait écrit sur la chimie, la seconde édition, considérablement augmentée et révisée, n'ayant pas à ses yeux la même clarté d'idées. Ne disait-il pas à Chevreul qui rapporte ses propos, que Macquer «sentait qu'une chimie nouvelle était prochaine, et que, dès lors, l'incertitude se faisait sentir sur beaucoup de points considérés comme certains dans la première édition».

Macquer était également un expérimentateur habile dont les recherches ont porté sur de nombreux sujets variés, tant dans les domaines de la chimie fondamentale qu'appliquée.

Membre de l'Académie des Sciences, il était très souvent chargé, avec certains de ses collègues, d'établir des rapports sur des travaux présentés par les chercheurs étrangers à cette Compagnie, et également sur des questions d'intérêt immédiat, ce qui l'obligeait nécessairement à procéder à la mise en œuvre d'expériences dans des domaines divers, plus ou moins éloignés de ses propres recherches. C'est ainsi que l'on relève son nom associé à ceux de Baumé, avec qui il eut une longue collaboration de seize ans dans le cadre d'un cours public de chimie qu'ils avaient ouvert en commun, de Cadet et de Lavoisier, entre autres.

Louis XV l'avait par ailleurs chargé de la direction de la manufacture de porcelaine de Sèvres, ainsi que de celle des teintures à la manufacture des Gobelins.

Ainsi qu'il ressort de ce bref rappel, Macquer était bien un chimiste de tout premier plan, bénéficiant d'une renommée et d'un prestige incontestables, ayant une influence certaine sur les chimistes, jeunes ou moins jeunes, de son temps. C'était un personnage incontournable et, comme l'a écrit Berthelot, «l'un des représentants les plus illustres et les plus intelligents de la chimie d'alors». Comme l'a souligné

Condorcet «la chimie était avant lui une science isolée, presque une opération dangereuse où on risquait de compromettre sa santé, sa fortune, et sa raison... Personne avant lui ne l'avait considérée [la chimie] comme indépendante des arts de guérir et de préparer des médicaments».

## 2. INFLUENCE DE MACQUER

C'est à travers les grandes conceptions qui constituaient les fondements théoriques de la chimie pré-lavoisienne que nous nous proposons maintenant de mettre en évidence l'influence qu'a eu Macquer sur les chimistes français, qui furent directement ou non ses élèves, et dont la plupart ont laissé un nom dans l'Histoire des Sciences. Il s'agira plus spécialement de Berthollet, Fourcroy, Guyton-Morveau, Lavoisier, également du mathématicien et physicien Monge qui s'intéressa aussi à la chimie.

Trois grands problèmes ont dominé la chimie du XVIII<sup>e</sup> siècle : le phlogistique, la causticité et l'affinité. Seuls les deux premiers points retiendront notre attention dans cette présentation parce qu'ayant été solutionnés du vivant de Macquer, alors que la question des affinités chimiques trouva son aboutissement dans les mémorables travaux de Berthollet, consignés dans leur forme définitive dans l'«**Essai de statique chimique**» qu'il publia en 1803, vingt ans après la mort de Macquer.

## LE PHLOGISTIQUE

La notion de phlogistique proposée par le chimiste allemand Stahl en 1717 a constitué assurément la clé de voûte de la chimie du XVIII<sup>e</sup> siècle, cette théorie rassemblant en une explication simple et cohérente bien qu'inexacte, les principaux faits chimiques, bien disparates auparavant. C'est ainsi que Thénard, dans son «**Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique**» paru en 1815, écrit à ce propos, hommage étant auparavant rendu à Lavoisier : «[la théorie du phlogistique] fait beaucoup d'honneur à Stahl qui en est l'auteur ; et l'on serait tenté de dire que cette grande erreur mérite d'être mise au rang des grandes découvertes, parce que d'une part, elle a servi de lien aux faits épars dont se composait alors la chimie, et qu'elle lui a donné le caractère d'une véritable science ; et parce que de l'autre, si Stahl, au lieu de faire dégager le phlogistique des corps combustibles, l'avait fait

absorber par ces corps, le phlogistique n'aurait été autre chose que l'oxigène».

Résumons maintenant brièvement la théorie du phlogistique et son évolution.

D'après Stahl, les corps combustibles refferment un principe- élément particulier, le phlogistique, qui quitte le produit en ignition sous forme de feu et se dissipe dans l'air.

Par suite, la combustion des corps est le passage du feu combiné (phlogistique) au feu libre, et plus un corps brûle facilement, plus il est riche en phlogistique. Cette matière du feu se dissipe avec flamme, chaleur et lumière. Tous les corps combustibles, en dernière analyse, sont donc formés de phlogistique associé à une quantité d'un autre élément qui varie suivant les espèces. Par ailleurs, une des propriétés fondamentales du phlogistique est la possibilité d'être transmis d'un corps à un autre lors d'une réaction chimique.

Ainsi, le charbon, les huiles et les graisses, le soufre, le phosphore, par exemple, sont les plus riches en phlogistique et par suite, les plus aptes à communiquer ce principe inflammable aux corps qui en manquent, comme les «terres de métaux», ou «chaux métalliques» (oxydes métalliques), substances unies au phlogistique dans les métaux. En effet, les métaux sont formés de phlogistique et d'une «chaux métallique» propre à chacun d'eux ; aussi, lorsqu'on chauffe un métal, il y a départ de son phlogistique et sa «chaux» reste, d'où le nom de **calcination** (latin *calcis*, chaux) donné à cette opération. Si on veut rendre à cette «chaux» les propriétés qui caractérisent le métal dont elle est issue, il suffit de lui restituer son phlogistique en la chauffant avec des substances riches en phlogistique, comme le charbon ou les graisses ; c'est la **réduction**, opération de **synthèse**, puisque la chaux reprend son phlogistique.

C'est comme on le voit, une théorie générale, simple, homogène qu'avait émis Stahl alors que l'on n'avait aucune connaissance précise des gaz. Cependant, cette théorie était en contradiction avec les lois pondérales : la calcination des métaux, qui perdaient dès lors leur phlogistique, conduisait à une «chaux métallique» de poids plus élevé, et les phlogisticiens n'ignoraient en rien l'usage de la balance ! Ils expliquaient le fait en admettant que le phlogistique avait un caractère impondérable, ou même était plus léger que l'air, opinion développée

par Guyton-Morveau dans ses «**Digressions académiques**», et que Macquer relate, sceptique, dans la seconde édition de son **Dictionnaire** : «Une [théorie] des plus ingénieuses, écrit-il, est celle dans laquelle on regarde le feu et le phlogistique, comme une matière sans pesanteur, ou même comme possédant la propriété opposée à la pesanteur. Cette idée a été développée, appuyée de preuves, et présentée par M. Morveau («Savant, dit Macquer, qui a vraiment le génie de la Physique et de la Chymie»), d'une manière très propre à faire impression sur les meilleurs esprits. Mais il est aisé de sentir combien il est difficile d'arriver jusqu'à l'évidence et à la démonstration dans une matière encore aussi peu connue que celle-ci». Ainsi, les corps pesaient davantage après avoir perdu leur phlogistique.

Après la découverte de l'hydrogène (air inflammable), de l'azote (air phlogistiqué) et de l'oxygène (air déphlogistiqué), fluides élastiques qui paraissaient avoir des liens avec le phlogistique, les chimistes apportèrent de nombreuses modifications à la doctrine de Stahl et, vers 1770, on ne savait plus très bien ce qu'était le phlogistique, si c'était ou non la matière du feu, et chaque chimiste s'en faisait une idée propre. A titre d'exemple, Macquer, très certainement suite à ses expériences réalisées en 1772 (certaines avec Lavoisier, Cadet, Brisson) avec les «verres ardents» admet que le phlogistique est la lumière fixée, Baumé que c'est une substance composée formée par l'union directe du feu élémentaire avec une matière très simple encore inconnue, Scheele que la chaleur, le feu et la lumière sont des combinaisons impondérables entre l'air et le phlogistique, etc.

La découverte de l'oxygène est une des étapes majeures de la chimie car elle entraînera la ruine de la théorie du phlogistique et remettra totalement en cause, grâce aux travaux de Lavoisier, la théorie des quatre éléments : terre, eau, air et feu.

Priestley, vers 1770, chauffant de l'oxyde rouge de mercure au moyen d'une lentille, constate un dégagement gazeux qui entretient de façon très vive la flamme d'une bougie, et ce gaz, qu'il appelle «air déphlogistiqué», permet à une souris de vivre plus longtemps que dans le même volume d'air ordinaire. Par suite, il admet que l'air ordinaire n'est que partiellement saturé de phlogistique et est donc formé par un mélange «d'air déphlogistiqué» (oxygène) et «d'air phlogistiqué» (azote). Il n'entrevoit pas nettement la portée de sa découverte.

A partir de 1771, Lavoisier entreprend ses expériences célèbres sur le rôle de l'air dans les réactions de combustion. Procédant à la réduction de la litharge (oxyde de plomb) en vase clos, il remarque un grand dégagement «d'air» au moment du passage de la «chaux» au métal. De même, reprenant à la base le vieux problème de la calcination des métaux de manière systématique, en opérant dans des récipients scellés et pesés avant et après expérience, il montre que la réaction cesse dès que la partie fixable de l'air a disparu, que l'air se trouve diminué d'environ un vingtième et que le poids du métal a augmenté d'autant.

En 1774, mis au courant par Priestley de ses expériences sur «l'air déphlogistique», Lavoisier prouve que c'est ce même gaz qui se combine aux métaux lorsqu'on les calcine, et qu'il entretient bien la respiration. Deux ans après (1776), il prouve la justesse de ses vues dans la célèbre expérience de **l'analyse de l'air par calcination du mercure**, publiée en 1777 : il forme d'abord, par chauffage en vase clos et en présence d'air, de l'oxyde rouge de mercure, montre la diminution de la quantité d'air pendant l'opération, précise qu'il reste une «mofette résiduaire» (azote), pèse l'oxyde, qu'il décompose ensuite par chauffage en mercure et en «air vital» («air déphlogistique de Priestley») (oxygène), qu'il caractérise, puis recompose l'air atmosphérique en mélangeant «l'air vital» et la «mofette résiduaire». Aucun doute ne peut subsister, c'est bien l'air vital, et non le phlogistique, vue de l'esprit, qui intervient lors de la calcination des métaux et qui explique leur augmentation de poids lors de leur transformation en «chaux métalliques». C'est en 1777 que Lavoisier donna à «l'air vital» le nom d'oxigine, devenu plus tard oxigène (oxygène) (du grec : j'engendre les acides), parce qu'il pensait à tort que c'était un constituant de tous les acides et un élément indispensable à l'acidité.

Comme nous venons de le voir, la théorie de Stahl était séduisante car elle présentait le grand intérêt de constituer la première théorie chimique unificatrice des nombreux faits épars observés, en admettant la présence d'un seul principe inflammable, le phlogistique, dans tous les corps combustibles. Toutefois, le chimiste allemand avait élaboré sa doctrine sans s'occuper des relations pondérales et du rôle de l'air qui, jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, a été considéré comme un élément indécomposable. Jusqu'à ce que le botaniste anglais S. Hales invente en 1719 la cuve à eau pour recueillir et manipuler les gaz, ceux-ci passèrent inaperçus et il était donc parfaitement plausible d'admettre avec Stahl l'existence du dégagement du phlogistique lors de la

calcination des métaux en «chaux métalliques», ou sa réintroduction comme principe réducteur dans les corps («chaux métalliques») qui en avaient été privés. De fait, le phlogistique avait donc une action opposée à celle de l'oxygène.

Lorsque Cavendish isola l'hydrogène en 1766, on pensa qu'il avait réussi à isoler le phlogistique, ce gaz étant un réducteur efficace pour certaines «chaux métalliques». Puis vint entre 1771 et 1774 l'isolement des principaux gaz par Priestley : oxygène, azote, ammoniac, chlorure d'hydrogène, dioxyde de soufre, protoxyde et dioxyde d'azote, découvertes qui ont conduit à l'essor de la chimie pneumatique et à la décadence de la théorie de Stahl. Celle-ci fut définitivement ruinée par Lavoisier lorsqu'à l'analyse de l'air il ajouta celle de l'eau, lorsqu'il démontra que toute combustion dans l'air résulte d'une oxydation et est un phénomène, non de soustraction comme le veut la théorie du phlogistique, mais d'addition comme le prouve l'augmentation du poids de tous les corps qui brûlent, enfin lorsqu'il exposa sa théorie des acides\* en montrant là-encore le rôle fondamental de l'oxygène.

Ayant résumé les concepts de la théorie du phlogistique et les expériences qui la mirent à bas, voyons maintenant rapidement les conceptions de Macquer et celles de quelques chimistes célèbres qui, plus ou moins tardivement, se rallièrent aux vues de Lavoisier.

Macquer fut en France, avec Rouelle et Baumé, un des propagateurs de la doctrine du phlogistique.

Dans la première édition de son **Dictionnaire** parue en 1766, Macquer affermit plus encore ses convictions sur le phlogistique qu'il ne l'avait fait dans les différentes éditions de ses «**Éléments de chimie théorique**» dont la dernière en date est de 1756. C'est ainsi que dans le «**Discours préliminaire sur l'origine et les progrès de la chimie**», qui sert d'introduction aux éditions du «**Dictionnaire**», il écrit : «Bien différente de ces systèmes qu'enfante l'imagination sans l'aveu de la nature, et que l'expérience détruit, la théorie de Stahl est le guide le plus sûr qu'on puisse prendre pour se conduire dans les recherches chimiques ; et les nombreuses expériences que l'on fait chaque jour, loin de la détruire, deviennent, au contraire, autant de nouvelles preuves qui la confirment».

---

\* Il s'agissait des oxacides.

Pour lui, et en accord avec Stahl, «le phlogistique doit être regardé comme le feu élémentaire, combiné et devenu un des principes des corps combustibles». Comme preuve certaine de l'existence du phlogistique, il cite la combustion et la calcination des métaux : «...on peut, en comparant les propriétés des métaux avec celles de leurs chaux, acquérir des preuves démonstratives de plusieurs des propriétés essentielles du phlogistique...».

Par ailleurs, ses interrogations concernant l'air qui disparaît dans un récipient lors de la combustion lui permettront d'accepter sans difficulté les expériences de Lavoisier sur la fixation de l'air dans les métaux lors de la calcination : «...il est toujours très certain, écrit-il, que le concours de l'air est indispensablement nécessaire pour entretenir la combustion des corps...» «...l'air qui disparaît est-il entraîné dans une nouvelle combinaison avec le principe inflammable de la matière embrasée, et forme-t-il avec lui un nouveau composé ? Si cela est, quel peut être ce composé ? Que devient-il ? ou bien l'air lui-même sert-il d'aliment nécessaire à la flamme ? est-il décomposé par l'acte de la combustion ? Si la chose est ainsi, l'air n'est donc pas un corps simple : de quelle nature sont ses principes ? que deviennent-ils ?».

**La seconde édition du Dictionnaire** est intéressante aussi à examiner car publiée en 1778, alors que Lavoisier avait réalisé ses expériences mémorables.

Le plus grand changement entre la première édition et la seconde est que Macquer a identifié le phlogistique à la lumière, qu'il a adopté la théorie de la chaleur considérée en tant que vibration des parties des corps et non comme une substance propre, qu'il a accepté le fait que l'air est fixé dans les «chaux métalliques» lors de la calcination des métaux mais, fidèle à la théorie du phlogistique, il adopte l'explication selon laquelle, si l'air est nécessaire à la combustion, c'est qu'il est nécessaire qu'une partie de l'air se fixe à la place du phlogistique, qui ainsi pourra se dégager lors de la réaction. Par suite, la théorie de Stahl était toujours parfaitement valable à ses yeux et il n'était point besoin d'admettre comme le faisait Guyton-Morveau une pesanteur négative pour le phlogistique.

Puis Macquer en arrive à ces lignes écrites en 1774 par Buffon dans son «**Introduction à l'Histoire des Minéraux**» : «Le fameux phlogistique des chymistes (être de leur **méthode** plutôt que de la Nature) n'est pas un principe simple et identique, comme ils nous le présentent ; c'est

un composé, un produit de l'alliage, un résultat de la combinaison de deux éléments de l'air et du feu fixés dans les corps. Sans nous arrêter donc sur les idées obscures et incomplètes que pourrait nous fournir la considération de cet être précaire, tenons-nous-en à celle de nos quatre éléments réels, auxquels les Chymistes, avec tous leurs nouveaux principes, seront toujours forcés de revenir ultérieurement». Irrité, Macquer écrit : «Voilà un arrêt qui, de la part dont il vient, serait certainement une flétrissure éclatante pour tous les Physiciens qui se sont occupés de la Chymie, depuis le renouvellement des Sciences, s'il était mérité, et qu'il eut été prononcé en connaissance de cause. Je sais très bien qu'il ne peut faire aucune impression sur ceux qui se donnent la peine d'étudier sérieusement la Chymie, qui entendent véritablement cette science... mais je sais aussi que le nombre de ces vrais Chymistes est très petit, tandis que celui des Lecteurs des ouvrages de l'illustre Auteur... est très grand, et il est certain que ces derniers qui composent presque tout le public, et qui ne connaissent la Chymie que de nom, ne peuvent manquer de prendre des idées conformes à celles de ce célèbre Écrivain, dont l'autorité est d'un si grand poids ; et comme il en résulterait nécessairement une impression défavorable, et d'autant plus nuisible au progrès de la Science, qu'elle serait presque générale, je crois qu'il est absolument indispensable de justifier notre Chymie moderne de ces imputations si peu méritées... Je vais donc réfuter l'opinion d'un grand homme que j'honore ! cette réflexion a presque arrêté ma plume...». C'est ainsi que, point par point, il réfute Buffon et justifie la théorie du phlogistique qu'il essaie de concilier au mieux avec les résultats de Lavoisier : «...aucune des propriétés du feu, connues jusqu'à présent, ne prouve que cet élément soit autre chose que la propre substance de la lumière écrit-il, puis plus loin, il ajoute :...il me paraît prouver au contraire par les faits, par tous les phénomènes de la combustion, et de la phlogistication, que l'air et le feu ne manquent jamais de s'exclure réciproquement de la combinaison des mêmes composés... L'opération dans laquelle le principe igné se sépare de la manière la plus sensible et la plus prompte, c'est la combustion : or, il est démontré par les faits... qu'aucune espèce de combustion ne peut se faire sans le concours et le contact de l'air extérieur... N'est-il pas manifeste par ces circonstances essentielles de la combustion, que le phlogistique ou le feu fixé dans le corps combustible, n'en est séparé que par l'action de l'air qui prend sa place à mesure que ce phlogistique se dégage et devient feu libre, et que par conséquent, l'air est ici l'intermédiaire décomposant, le vrai précipitant de la matière du feu ?».

Macquer était donc, comme nous venons de le voir, un partisan convaincu de la théorie de Stahl, et c'est soulagé et un tant soit peu ironique, tant l'hypothèse de Lavoisier lui paraissait extravagante, qu'il écrivait le 15 janvier 1778, la lettre suivante à Guyton-Morveau : «M. Lavoisier m'effrayait depuis longtemps par une grande découverte qu'il réservait *in petto*, et qui n'allait pas moins qu'à renverser de fond en comble toute la théorie du phlogistique ou feu combiné : son air de confiance me faisait mourir de peur. Où en aurions-nous été avec notre vieille Chymie, s'il avait fallu rebâtir un édifice tout différent ? Pour moi, je vous avoue que j'aurais abandonné la partie. Heureusement M. Lavoisier vient de mettre sa découverte au jour, dans un Mémoire lu à la dernière Assemblée publique [de l'Académie des Sciences] ; et je vous assure que depuis ce temps j'ai un grand poids de moins sur l'estomac. Suivant M. Lavoisier, il n'y a point de matière du feu dans les corps combustibles ; elle n'est qu'une des parties constituantes de l'air ; c'est l'air et non ce que nous regardions comme corps combustible qui se décompose dans toute combustion ; son principe igné se dégage et produit les phénomènes de la combustion, et il ne reste plus que ce qu'il nomme la base de l'air, substance qu'il avoue lui être entièrement inconnue. Jugez si j'avais sujet d'avoir une si grande peur».

En 1782, l'opposition de Macquer à la théorie antiphlogistique devient moins vive : «La suite fera connaître laquelle des opinions modernes survivra enfin à la destruction de toutes les autres ; car tous les systèmes imaginables sur la nature des corps combustibles paraissent maintenant avoir été imaginés ; et à cause de leurs contrariétés, il n'y en aura qu'un enfin qui pourra subsister, après avoir fait écrouler tous les autres», écrit-il en 1782 dans le rapport qu'il publie sur les «**Leçons élémentaires d'Histoire Naturelle et de Chimie**» de Fourcroy. Et en 1786, dans «**l'Encyclopédie méthodique**», Guyton-Morveau de rappeler : «En 1783, [Macquer] me rappelait «l'idée absolument neuve» de M. Lavoisier sur la calcination des métaux, qu'en observant qu'«il lui avait déjà donné beaucoup de vraisemblance par un grand nombre de très belles expériences».

Voici donc quelles étaient les vues de Macquer quelque temps avant sa mort : il pressentait bien la naissance d'une chimie nouvelle !

Parlons maintenant de certains autres chimistes français.

Berthollet, en 1776, publiait un ouvrage « **Observations sur l'air** », qui rapporte à la fois les résultats de ses premières expériences

et ses interprétations d'observations et de digressions sur des sujets divers. Il s'y montre très phlogisticien et fidèle disciple de Macquer. A propos de la nature de l'air inflammable (hydrogène), il écrit : «Cet air inflammable n'est pas une espèce d'air particulière, un premier principe : c'est ce que le célèbre auteur du Dictionnaire de chymie [Macquer] appelle principe du second ordre : c'est probablement de l'air simple saturé de phlogistique avec excès ; mais jusqu'à ce qu'on ait une idée bien claire de sa composition, il faut le regarder comme un être simple... J'en dis autant de l'air fixe (dioxyde de carbone) qui paraît cependant plus composé et beaucoup plus éloigné de l'air simple que de l'air inflammable».

A propos de l'acide nitrique, il interprète l'action de cet acide sur un métal en faisant intervenir à la fois l'air et le phlogistique, suivant en cela Macquer : «...je crois qu'il se fait un échange, que le métal donne un peu de son phlogistique et prend l'air de l'acide nitreux (nitrique)». Il refuse également de considérer que l'air soit l'aliment du feu : «Les effets de l'air sont tout à fait différents de ceux du phlogistique et l'air qui a servi à la combustion, n'a point été l'aliment du feu, n'a point été converti en feu ni détruit, mais il s'est chargé du principe de l'inflammabilité qui s'est dégagé du corps en combustion ; il s'est combiné avec lui par une espèce de dissolution...»

Il défend avec vivacité la théorie du phlogistique des attaques dont elle commençait à faire l'objet, en particulier de celles de Buffon, et considère que la remise en cause des idées de Stahl est impensable : «La saine partie des chymistes depuis Stahl, cet homme qui créa la vraie Chymie et qui fut un des plus grands médecins, me paraît avoir du phlogistique une idée plus juste que l'auteur d'un ouvrage immortel [Buffon]».

Autre grand chimiste, **Fourcroy** a été aussi à ses débuts un phlogisticien convaincu, directement influencé par Macquer qui l'estimait au point de le désirer comme adjoint au «**Journal des Sçavans**» et comme son suppléant pour ses cours au Jardin du Roi. Ses idées, comme celles de Macquer et d'autres ont évolué, et en 1784 il penche pour la double décomposition : «l'air chasse le phlogistique des métaux et s'unit à eux : «Tous les phénomènes de la combustion, de la calcination, de la respiration, écrit-il, présentant une altération manifeste de l'air qui y a été employé, M. Priestley et M. Macquer ont pensé que le phlogistique dégagé des corps combustibles s'unissait à une partie de l'air ; tandis qu'une portion de ce dernier se fixait dans la substance

brûlante, de sorte qu'il y a dans tous ces phénomènes une double décomposition, tant de la part du corps combustible, que [de] celle de l'air nécessaire à la composition.» Il généralise ces vues à la combustion des métaux, du soufre, à la décomposition de l'eau par le feu porté au rouge, à la transformation de l'acide nitrique en bioxyde d'azote.

Nous avons déjà parlé de Guyton-Morveau et de sa conception de la densité négative du phlogistique. Très longtemps, celui-ci a soutenu contre Lavoisier la théorie du phlogistique, mais le grand chimiste avait pour Guyton, comme pour Macquer du reste, la plus haute estime. C'est ainsi que lui envoyant ses **«Opuscules physiques et chimiques»**, il lui annonçait le 19 janvier 1774 qu'il serait sans doute conduit à réfuter la théorie du phlogistique : «...mais en osant attaquer votre opinion écrit-il, je déclarerai toujours que vos **“Digressions académiques”** portent partout l'empreinte du génie d'observation et qu'on y trouve la suite la plus intéressante et la plus exacte qui existe sur la calcination des métaux».

Le grand géomètre et physicien Monge s'est aussi intéressé quelque peu à la chimie. Le 8 juin 1779, il écrivait à Lavoisier une longue lettre où il est question de phlogistique et dans laquelle, suite à la parution de la seconde édition du **«Dictionnaire de chymie»** de Macquer il manifeste des conceptions qui sont très éloignées de celles de Lavoisier qui ne fait plus intervenir depuis quatre ans le phlogistique dans les réactions chimiques, et qui sont même en retard sur celles de Macquer qui ne suit pourtant pas Lavoisier dans l'évolution des théories. Monge aussi considère que Macquer est un grand chimiste : «Je vous demanderai maintenant la permission de discuter avec vous un passage de la nouvelle édition de M. Macquer. On ne peut pas avoir plus de vénération que je n'en ai pour ce grand homme, il a traité avec la plus grande sagesse une science où il est bien facile d'en manquer et je crois qu'il a bien mérité le nom de Chymiste philosophe. Je m'en veux et je m'en prends à mon ignorance de n'être pas d'accord avec lui sur un article ; c'est au mot Phosphore pierreux, où il dit «que la lumière excitée par le choc ou le frottement de deux pierres du genre vitrifiable n'est ni la matière électrique, ni un dégagement du phlogistique de ces corps, mais uniquement celle qui est répandue partout... Il me semblerait que toutes les circonstances qui accompagnent le phénomène prouvent qu'il est dû au dégagement du phlogistique contenu dans les pierres», et Monge de développer longuement ses conceptions à ce sujet.

Comme il ressort à la lecture de sa «**Chymie expérimentale et raisonnée**» publiée en 1773 et de ses «**Opuscules chimiques**» parus en 1798, Baumé, lui, a toujours été fidèle à la théorie du phlogistique, combattant avec obstination les théories de la nouvelle chimie, n'acceptant jamais la nouvelle nomenclature, ne se ralliant à aucune des idées de ceux qu'il appelait les «rénovateurs en chymie ou les Docteurs modernes». A propos de Chaptal, nous n'avons trouvé aucune indication qui nous ait permis de savoir si Macquer avait eu sur lui une quelconque influence, Macquer n'apparaissant pas parmi ceux des chimistes cités dans le **Discours préliminaire** de ses «**Éléments de chymie**» parus en première édition en 1790.

### LA CAUSTICITÉ

Un autre point qui préoccupa les chimistes du XVIII<sup>e</sup> siècle fut la recherche de la cause de la causticité, celle-ci étant définie par la propriété qu'ont les acides minéraux, les alcalis et certains sels métalliques, comme la chaux vive et le sublimé corrosif (chlorure mercurique), d'attaquer, de corroder et de détruire les tissus animaux et végétaux, et de réagir le plus souvent avec effervescence et chaleur avec les composés minéraux.

Vers 1757, alors qu'il avait caractérisé et identifié le gaz carbonique, Joseph Black montra que son union avec les alcalis entraîne la perte de leur causticité. Mais le bien fondé de cette constatation fut mis en doute quelques années après, en 1764, lorsque le chimiste allemand Friedrich Meyer proposa une théorie qui se voulait générale et qui attribuait la cause de la causticité à la présence de l'*acidum pingue*, ou *causticum*, principe élément qui était à la causticité ce que le phlogistique était à la combustion.

D'autres chimistes, dont Baumé, rapprochant les effets destructeurs du feu dans la combustion et ceux des substances caustiques, admirèrent que les uns et les autres étaient sous la dépendance d'un seul et même élément, le phlogistique.

Les discussions étaient vives entre partisans de la théorie de Meyer, adversaires de la chimie pneumatique, et leurs contradicteurs. C'est ce qui explique que Macquer, considérant à juste titre la causticité comme un des phénomènes les plus importants de la chimie, lui ait consacré 41 pages dans la seconde édition de son **Dictionnaire**, parue en 1778, contre 2 dans la première édition, datée de 1766.

Après avoir analysé et critiqué les différentes théories proposées, et rejeté l'*acidum pingue* de Meyer, il expose sa propre théorie selon laquelle l'élément du feu, même s'il «possède la causticité dans le degré le plus éminent» et doit contribuer «directement et par sa propre causticité à celle de certains corps» ne peut néanmoins être considéré comme la cause unique du phénomène car «la causticité n'est autre chose que l'effet de la force avec laquelle les parties des caustiques tendent à s'unir aux parties des autres corps».

Adoptant les vues de Black sur la perte de causticité des alcalis sous l'influence du gaz carbonique de l'air, il écrit encore : «cette découverte, une des plus importantes qui aient été faites depuis qu'on cultive la chymie, renvoie bien loin, comme il est aisé de le sentir, et les particules ignées, et le *causticum*, et le feu pur ou presque pur, aussi a-t-elle déplu souverainement à tous ceux des chymistes qui se servaient si commodément de la matière du feu pour expliquer les phénomènes de causticité».

C'est dans une tradition très newtonienne qu'il précise, généralisant ses vues : «Je crois pouvoir conclure de ces différentes réflexions et observations, que la causticité, l'action dissolvante, la saveur, toute action, en un mot, d'une substance matérielle quelconque sur une autre, n'est que l'effet général avec lequel toutes les parties de la matière tendent à se joindre et à s'appliquer les unes aux autres avec toute l'intimité que peuvent leur permettre, leur masse, leur figure, le voisinage ou l'interposition des molécules d'une substance d'espèce différente, et autres circonstances de ce genre». Puis d'ajouter quelques pages plus loin : «Je prévois bien toutes les objections qu'on pourra faire contre une pareille théorie, mais d'un autre côté j'aurai atteint mon but, et suffisamment développé mon idée si les physiiciens qui sentent toute la simplicité et la généralité de la Philosophie de Newton, trouvent que j'en ai fait une application raisonnable aux phénomènes chymiques de la causticité, des dissolutions, combinaisons et autres de cette nature, qui, comme je l'ai dit, constituent, à proprement parler, toute Science de la Chymie».

Deux ans environ après l'article de Macquer, entre décembre 1779 et août 1780, Berthollet lut à l'Académie des Sciences **quatre mémoires** sur la causticité et, dans le Recueil des mémoires de cette Compagnie pour 1780, on trouve un «**Essai sur la cause de la causticité des sels et des précipités métalliques**», dans lequel il adopte les vues de Macquer, avec toutefois certaines restrictions : «Personne ne me paraît

avoir si bien développé que M. Macquer, le principe de l'action des caustiques ; c'est un effet qu'ils font pour se combiner, une tendance, une suite de leurs affinités et je lui fais hommage de mes idées si elles ont quelque chose de lumineux ; mais cet illustre chimiste s'est contenté d'indiquer, sur cet objet, la marche de la nature et je m'éloignerai de lui dans l'application qu'il a fait des principes qu'il a établis». Comme Macquer auquel il se réfère souvent, Berthollet admet plusieurs causes à la causticité et s'intéressant plus spécialement à celle des sels métalliques et des acides concentrés, il l'attribue à l'absence de phlogistique dans ces composés et, par suite de leur affinité pour celui-ci, à la tendance qu'ils ont à le prendre aux substances qui en contiennent. Le rapport que firent Macquer et Lavoisier sur ces travaux fut très favorable, mais bien que les expériences décrites pour appuyer cette théorie furent regardées comme «assez concluantes» par Lavoisier, il n'en émit pas moins une opinion réservée sur leur interprétation : «Quoique la théorie de M. Berthollet soit très ingénieuse, quoiqu'elle paraisse satisfaire à l'explication du plus grand nombre des phénomènes, enfin quoiqu'elle se lie parfaitement avec la théorie de Stahl, nous ne la regardons pas comme démontrée ; le phlogistique est un élément dont on a abusé dans ces derniers temps pour expliquer tout».

Le deuxième «Essais sur la causticité...» de Berthollet, paru seulement en 1784, montre que l'auteur est resté fidèle à sa théorie et à l'utilisation du phlogistique pour expliquer les faits. Il n'abandonnera en effet la théorie de Stahl qu'en août 1785.

En conclusion, nous avons essayé à travers cet exposé de dégager l'influence de Macquer sur les principaux chimistes français de son époque. Si Macquer a toujours été fidèle à la théorie du phlogistique, l'adaptant en fonction de l'évolution des connaissances, et sans qu'il se soit rallié aux théories de Lavoisier avec qui, au demeurant, il était en excellents termes, il sentait néanmoins une évolution certaine de la chimie, sans pressentir toutefois le bouleversement qui allait s'opérer et emporter la théorie de Stahl.

S'il n'était pas mort en 1784, il n'est pas exclu que le temps venant, il ne se soit pas rallié lui aussi aux théories de Lavoisier. N'oublions pas que Berthollet ne s'est rallié qu'en 1785, Fourcroy fin 86, Guyton vers 87-88, Black en 90, Kirwan et Klaproth en 92. Par contre, Baumé, Bergman, Scheele, Priestley et Cavendish ne s'y rallièrent point.

**BIBLIOGRAPHIE SOMMAIR**

- BERTHELOT (M.) - *La révolution chimique - Lavoisier* ; F. Alcan, Paris, 1890.
- BRONGNIART (A.L.) - *Tableau analytique des combinaisons et des décompositions de différentes substances, ou procédés de Chymie pour servir à l'intelligence de cette Science* ; P. Fr. Gueffier, Paris, 1778.
- FRIC (R.) - *Oeuvres de Lavoisier - Correspondance*, Fasc. I : 1763-1769, Albin Michel, Paris, 1955 ; Fasc. II : 1770-1775, *ibid.*, 1957 ; Fasc. III : 1776-1783, *ibid.*, 1964.
- HOEFER (F.) - *Histoire de la chimie*, Firmin Didot, Paris, 1866-1869 (2<sup>e</sup> éd.), tome II (réimpression : Gutenberg Reprint, Paris, 1980).
- KERSAINT (G.) - *Antoine François de Fourcroy (1755-1809) - Sa vie et son œuvre*, Éditions du Muséum, Paris, 1966.
- LOCKEMANN (G.) - *Histoire de la chimie* ; Dunod, Paris, 1962.
- MACQUER (P.J.) - *Éléments de chymie théorique* ; J. Th. Herissant, Paris, 1749 (1<sup>ère</sup> éd.) ; 1753 (2<sup>e</sup> éd.).
- MACQUER (P.J.) - *Éléments de chymie pratique* ; J. Th. Herissant, Paris, 1751 (1<sup>ère</sup> éd.) ; 1756 (2<sup>e</sup> éd.).
- MACQUER (P.J.) - *Dictionnaire de chymie* ; Lacombe, Paris, 1766 (1<sup>ère</sup> éd.) ; P. Fr. Didot, Paris, 1778 (2<sup>e</sup> éd.) (voir plus spécialement : *discours préliminaire* et articles *affinité, air, causticité, chaux métalliques, gas* (divers), *métaux, phlogistique*).
- MASSIN (A.) - *Chimie et chimistes* ; Magnard, Paris, 1982 (5<sup>e</sup> éd.).
- METZGER (H.) - *La chimie*, in : M. E. Cavaignac : *Histoire du Monde*, tome XIII : *La civilisation européenne moderne* ; E. de Boccard, Paris 1930.
- SADOUN-GOUPIL (M.) - *Le chimiste Claude-Louis Berthollet (1748-1822) - Sa vie - son œuvre* ; J. Vrin, Paris, 1977.
- VIEL (C.) - Pierre-Joseph Macquer, *Janus*, 1986-1990, 73, 1-27.
- VIEL (C.) - *Guyton-Morveau, père de la nomenclature chimique (1737-1816)* ; Actes du colloque : «Lavoisier, ses collaborateurs, et la Révolution chimique» ; École Polytechnique, Palaiseau, (sous presse).
- VIEL (C.), SELLERET (R.) - Un habitant illustre de Gressy au XVIII<sup>e</sup> siècle : le chimiste Pierre-Joseph Macquer, *Revue d'Histoire et d'Art de la Brie et du Pays de Meaux*, 1985, 36, 41-62.

TABLEAU SYNCHRONIQUE\*

Principaux repères dans la vie et les travaux de P.J. Macquer	Sciences et Techniques
1718 (9 octobre) - Naissance à Paris.	<p>1718 - E. Halley - Mise en évidence du mouvement des étoiles. - E.F. Geoffroy (dit l'Ainé) - Premières tables d'affinités chimiques.</p> <p>1721 - G. Berkeley - Publication du <i>Traité du mouvement</i>.</p> <p>1727 - S. Hales - Publication de la <i>Statique des végétaux</i>.</p> <p>1728 - J. Bradley - Preuve expérimentale de la rotation de la terre autour du soleil.</p> <p>1729 - S. Gray - Remarque que des corps sont conducteurs ou isolants de l'électricité.</p> <p>1730 - A. de Moivre et J. Stirling - Précisent les principes du calcul des probabilités. - Réaumur - Réalisation du thermomètre gradué à l'alcool.</p> <p>1732 - H. Boerhaave - <i>Elementa chymicae</i> (base d'une chimie organique).</p> <p>1733 - S. Hales - Recherches sur la mesure de la tension artérielle.</p> <p>1734-1742 - Réaumur - <i>Histoire des insectes</i>.</p> <p>1735 - G. Brandt - Isole le cobalt. - A. Darby - Mise au point de la métallurgie au charbon. - C. von Linné - Publication du <i>Système de la nature</i> (nouvelle classification des plantes). - Découverte du platine en Colombie.</p>

Principaux repères dans la vie et les travaux de P.J. Macquer	Sciences et Techniques
<p>1742 - Docteur-régent de la Faculté de Médecine de Paris.</p> <p>1745 - Adjoint-chimiste à l'Académie des Sciences.</p> <p>1746 - Découverte des arséniates, dont le sel de Macquer (arséniate neutre de potassium).</p> <p>1747-1778 - Travaux sur la nature du gypse.</p>	<p>1736 - J. Harrison - Réalise un chronomètre de marine pour la détermination de la longitude. - L. Euler - Publication du <i>Traité de mécanique générale</i>.</p> <p>1737 - A. Clairault - Détermination du degré du méridien terrestre en Laponie.</p> <p>1738 - J. de Vaucanson - Construction de son premier automate : <i>le Joueur de flûte</i>. - D. Bernoulli - Publication du <i>Traité d'hydrodynamique</i>. - Cassini, Maraldi, de Thury, La Caille - Mesure de la vitesse du son. - Voltaire - Publication des <i>Éléments de la philosophie de Newton</i>.</p> <p>1740 - C. Bonnet - Parthénogénèse des pucerons.</p> <p>1742 - A. Celsius - Crée l'échelle thermométrique centésimale.</p> <p>1743 - d'Alembert - <i>Traité de dynamique</i>.</p> <p>1744 - F. Cassini (Cassini II) - Mise en chantier de la carte topographique de la France à partir de la triangulation géodésique.</p> <p>1745 - E. J. von Kleist - Découverte fortuite de la <i>bouteille de Leyde</i>, condensateur électrique.</p> <p>1747 - B. Franklin - Début de ses recherches sur l'électricité. - A. S. Marggraf - Obtention du sucre de betterave à l'état solide.</p>

- 
- 1748 - Mariage avec Barbe Thérèse Le Roux.  
 1749-1752 - Études sur le bleu de Prusse.  
 1749 - Parution des *Éléments de Chymie théorique*.
- 1751 - Professeur de Pharmacie à la Faculté de Médecine de Paris.  
 - Parution des *Éléments de Chymie pratique*.
- 1752 - Composition du bleu de Prusse.
- 1757 - Associé-chimiste à l'Académie des Sciences.  
 - Avec Antoine Baumé (apothicaire et chimiste), ouvre un cours privé de chimie.
- 1758 - Macquer et Baumé étudient le platine connu depuis 1748 en Europe.
- 
- 1748 - L. Euler - Publication de l'*Introduction à l'analyse des infiniments petits*.  
 - Buffon - Publication des trois premiers volumes de son *Histoire Naturelle*.
- 1750 - J. de Vaucanson - Construction du premier métier à tisser.  
 - N. L. La Caille - Inventaire du ciel austral lors d'une expédition au Cap de Bonne Espérance.
- 1751-1772 - Diderot et d'Alembert - Publication de l'*Encyclopédie*.
- 1752 - M. Lomonossov - Publication de l'*Introduction à la vraie Chymie physique*.  
 - Réaumur - Expériences sur la digestion.
- 1755 - L. Euler - Publication des *Institutions de calcul différentiel*.  
 - J. Black - Découverte du dioxyde de carbone.
- 1756 - Messance - Publication de *Recherche sur la population*, annonce la Science démographique.
- 1758 - Dr. F. Quesnay - Publication du *Tableau économique*, premier ouvrage de Science économique.  
 - H.L. Duhamel du Monceau - *La Physique des arbres* (physiologie végétale).

Principaux repères dans la vie et les travaux de P.J. Macquer	Sciences et Techniques
<p>1763 - Premières expériences réalisées sur le caoutchouc. - Description très exacte des procédés de teinture sur soie.</p> <p>1766 - Commissaire du Conseil pour les teintures à la Manufacture des Gobelins et chimiste de la Manufacture royale de porcelaine de Sèvres. - Parution du <i>Dictionnaire de Chymie</i> (1<sup>re</sup> édition sans nom d'auteur).</p> <p>1768 - Mise au point de la teinture à la cochenille par mordantage.</p> <p>1769 - Mémoire (pli cacheté) sur la porcelaine dure et présentation à l'Académie des Sciences de pièces de cette porcelaine fabriquée pour la première fois par la manufacture de Sèvres.</p>	<p>1760 - J. H. Lambert - Énoncé de la loi fondamentale de la photométrie. - H. L. Duhamel du Monceau - Publication de son ouvrage : Des semis et des plantations des arbres et de leur culture, marque d'un intérêt nouveau pour l'agronomie. - J. Black - Commence ses études sur la calorimétrie.</p> <p>1763 - M. Adanson - Publication de l'ouvrage <i>Familles de plantes</i> (met l'accent sur la continuité des formes végétales).</p> <p>1766 - H. Cavendish - Identification de l'hydrogène et première analyse de l'air. - L. A. Bougainville - Début d'un voyage de trois ans autour du monde.</p> <p>1767 - J. Hargreaves - Mise au point de la première machine à filer le coton. - J. Priestley - Publication de son <i>Histoire de l'électricité</i>. - J. Watt - Fait breveter sa machine à vapeur.</p> <p>1768 - J. Cook - Début du premier voyage dans les mers du Sud. L. Euler - Publication des <i>Institutions de calcul intégral</i>. L. Spallanzani - Etudes sur la régénération des organismes.</p> <p>1769 - R. Arkwright - Construction d'une machine semi-automatique à filer le coton.</p>

- 1770 - Enseigne la chimie au Jardin du Roi, en remplacement de Bourdelin malade.
- 1772 - Pensionnaire à l'Académie des Sciences.
- 1772-1774 - Suite d'expériences mettant à profit les hautes températures développées avec les «verres ardents» (certaines en collaboration avec Montigny, Cadet, Lavoisier et Brisson).
- 1773 - Sous-directeur de l'Académie des Sciences.
- 1774 - Directeur de l'Académie des Sciences.
- 1776 - Membre de la Société Royale de Médecine.  
- Avec Sigaud de La Fond constate la formation d'eau lors de la combustion de l'hydrogène, mais ne tire aucune conséquence du fait observé.
- 1777 - Professeur de chimie titulaire au Jardin du Roi (actuel Muséum National d'Histoire Naturelle), en remplacement de Bourdelin, décédé.
- 1771 - L. A. Bougainville - Publication du *Voyage autour du Monde*.  
- G. Monge - Invention de la géométrie analytique.
- 1771-1772 - C. W. Scheele - Découverte (non publiée) de l'oxygène.
- 1772 - A. L. Lavoisier - Toute combustion dans l'air résulte d'une oxydation.  
- J. Priestley - Découverte de l'azote et du protoxyde d'azote.
- 1774 - J. Priestley - Découverte de l'oxygène.  
- C. W. Scheele - Découverte du chlore et de l'acide formique.  
- A. L. Lavoisier - *Opuscules physiques et chimiques*.
- 1776 - Watt et Boulton - Construction de la première machine à vapeur commerciale.  
- C. W. Scheele et T. Bergmann (indépendamment) - découverte de l'acide urique.
- 1777 - A. L. Lavoisier - Analyse de l'air par calcination du mercure en vase clos.  
- C. W. Scheele - *Traité de l'Air et du Feu*.

Principaux repères dans la vie et les travaux de P. J. Macquer	Sciences et Techniques
<p>1778 - Seconde édition du <i>Dictionnaire de chymie</i>.</p>	<p>1778 - Buffon - Publication des <i>Époques de la Nature</i>, étude des époques géologiques de la Terre.</p> <p>1779 - S. Crompton - Mise au point d'unc machinc à filer le coton, la <i>mule-jenny</i>.</p> <p>1780 - L. Spallanzani - Étude sur la fécondation des batraciens.</p> <p>1781 - W. Herschel - Découverte de la planète Uranus.</p> <p>1783 - Cavendish et Lavoisier (indépendamment) - Composition de l'eau.</p> <p>- J. B. Romé de l'Isle - Loi de la constance des angles des cristaux.</p> <p>- Ascensions des frères Montgolfier, et de Pilâtre de Rozier et du marquis d'Arlandes en ballon à air chaud.</p> <p>1783-1785 - Lavoisier - Chaleur animale.</p> <p>1784 - R. J. Haiüy - <i>Structure des cristaux</i>.</p>
<p>1784 - (15 février) - Décès à Paris.</p>	
<p>(*) Établi en particulier à partir des éléments suivants : <i>Chronologie de l'Histoire mondiale</i>, Sélection du Reader's Digest, Paris, 1978 ; <i>Le grand Robert des noms propres</i>, Éditions Le Robert, Paris, 1988 ; M. Daumas (sous la direction de) : <i>Histoire de la Science</i> (Encyclopédie de la Pléiade), Gallimard, Paris, 1957 ; G. Lockemann : <i>Histoire de la Chimie</i>, Dunod, Paris, 1962 ; P. Rousseau : <i>Histoire de la Science</i>, A. Fayard, Paris, 1945, et : <i>Histoire des Techniques</i>, A. Fayard, Paris, 1956 ; C. Viel : Pierre-Joseph Macquer, <i>Janus</i>, 1986-1990, 73, 1-27.</p>	