

Contribution historique de deux manuels d'enseignement à la construction de la science chimique

Marie Terrien* docteur ès sciences, professeur agrégé, Josette Fournier** professeur

Summary : *Historical contribution of two textbooks to the building of the chemical science*

*Textbooks' authors don't only summarize results from research. They also compare facts and theories. They classify, organize and sort. They link elements together. Macquer writes his *Éléments de Chymie-Théorique* in 1749 and *Éléments de Chymie-Pratique* in 1751. Both textbooks display Macquer's clear intention to structure and organize the knowledge in chemistry from his time. Macquer always tries to be consistent. He makes choices and applies a method. Lavoisier works the same way in his *Traité Élémentaire de Chimie* written in 1789. He organizes, puts a structure and systematizes. Through their work both authors contributed to the building of the chemical science. To explain this major role, three reasons can be proposed : manuals have an impact on research activities because they are a basis of knowledge for researchers, they are source of ideas and they provide a program for new researches, they are a very good way to spread a new method or theory.*

Mots clés : *Macquer (1718-1784), Lavoisier (1743-1794), manuels, histoire, chimie.*

Key-words : *Macquer (1718-1784), Lavoisier (1743-1794), textbooks, history, chemistry.*

Dans la préface au *Traité des Matières Colorantes* de Léon Lefèvre (1890), Édouard Grimaux, professeur de chimie à l'École polytechnique, écrit : « Les progrès réalisés dans les usines et qui ont leur origine dans des travaux de science pure, influent à leur tour sur la

marche de celle-ci. C'est grâce à la technique industrielle que les laboratoires sont aujourd'hui pourvus à bon marché des matières premières nécessaires aux recherches... Cette alliance nécessaire de l'usine et du laboratoire, qui se remarque surtout dans la production des dérivés du goudron de houille, est aujourd'hui indiscutable. Chaque partie contractante, pour ainsi dire, reconnaît ce qu'elle doit à son alliée, et l'heure est passée où l'on se regardait

de part et d'autre avec un dédain mal dissimulé. L'étude des matières colorantes artificielles a non seulement permis de découvrir des espèces nouvelles, mais encore des fonctions chimiques inconnues jusque-là ; elle a ainsi contribué au développement des théories générales de la chimie et à leur diffusion » [1].

L'idée développée ici par Grimaux est aujourd'hui couramment admise : le couple industrie/recherche fait progresser la science. Pourrait-on tenir un dis-

* Département de chimie, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 64000 Pau.

** Université d'Angers, 49000 Angers.
Tél./Fax : 02.41.48.34.17.

Note de la rédaction

Un rapporteur avait signalé le point suivant :

« A aucun moment n'est évoquée la posture épistémologique très différente de Macquer ardent propagandiste de la théorie du phlogistique et de Lavoisier pourfendeur et finalement liquidateur de la même théorie ; la lecture de l'article semble même indiquer qu'il y a une grande proximité dans les programmes, la structure et les choix des deux ouvrages ».

La réponse des auteurs est la suivante :

« Concernant les positions épistémologiques différentes de Macquer et Lavoisier, une fois rappelées, elles n'ont aucune influence sur notre démonstration que leurs ouvrages sont également structurés et ordonnés selon une conviction qu'ils souhaitent faire partager à des esprits ouverts à l'apprentissage. Bien que leurs convictions diffèrent, il y a en effet une grande proximité dans leurs démarches : classer, hiérarchiser, ordonner, interpréter, faire ressortir une cohérence en choisissant parmi une multitude de faits ceux qui se prêtent à leur objectif respectif ».

Il est apparu à la rédaction de souligner ces deux visions différentes, de manière à inciter les lecteurs à une réflexion sur ce sujet.

cours semblable au sujet des relations entre l'enseignement et la recherche ? Selon une opinion prévalant dans les milieux universitaires, la recherche est une activité plus importante, plus noble que l'enseignement. Et pour la société tout entière, c'est le chercheur qui fait avancer la « science » dans son laboratoire. Le système de promotion universitaire fondé sur les publications de recherche favorise cette opinion. L'enseignement est considéré comme une activité moins prestigieuse, sinon moins méritante. L'enseignant ne produit rien, il emprunte les résultats d'autrui. La recherche rehausse la qualité de l'enseignement, tout le monde le conçoit. Réciproquement l'activité d'enseignement apporte-t-elle quelque chose à la recherche ? Les instruments didactiques influent-ils sur les vues, le langage ou les orientations des chercheurs ?

Nous distinguerons ici trois types d'ouvrages imprimés, dictionnaires, actes de colloque ou productions collectives faisant le tour d'un sujet sans le souci d'une progression dans la succession des chapitres, et manuels dont les intentions didactiques sont déclarées. Nous nous intéresserons aux derniers en retenant principalement ceux qui ne sont pas écrits sur un programme officiel imposé à l'auteur. La rédaction d'un tel manuel est une activité d'enseignement. Notre conviction est que partant des résultats produits par la recherche, qui sont dispersés et sans rapport d'ordre autre que chronologique entre eux, l'auteur d'un manuel les rassemble, les confronte et les hiérarchise ; il contribue ainsi, non pas à accroître le volume des connaissances, mais à construire la science. Pour appuyer cette thèse, sans doute irritante pour les chercheurs, nous nous intéressons ici à deux ouvrages écrits respectivement par Macquer (1718-1784) et par Lavoisier (1743-1794). Les deux auteurs sont des chimistes de la seconde moitié du XVIII^e siècle. Le choix d'exemples historiques s'impose puisqu'il permet, seul, d'évaluer les effets qui en ont résulté sur l'orientation de la chimie. Les études générales nombreuses sur le Siècle des Lumières [2], et les deux cents ans écoulés qui font se contracter le temps, pourraient laisser croire que ces manuels ont vu le jour à des époques d'exception : émergence de la première théorie chi-

mique cohérente (phlogistique) pour l'un, révolution chimique pour l'autre. En réalité, ce furent des changements bien lents, étalés sur des décennies et acceptés malaisément par les contemporains. Leur apparition et leur fécondité ne furent pas plus fulgurantes que l'émergence de la chimie moléculaire au siècle suivant, d'où est sortie la synthèse organique, des chimies macromoléculaire et supramoléculaire qui animent les développements actuels de la biologie, et de la chimie des mélanges déjà en œuvre dans l'industrie et qui reste en partie à théoriser. Macquer a écrit deux traités de chimie et un dictionnaire qui eurent un grand succès, mais on ne lui attribue aucune découverte remarquable. Il est considéré comme étant le premier à avoir écrit un ouvrage de chimie et non un livre pour apothicaires. De Lavoisier, nous avons examiné le *Traité Élémentaire de Chimie*. Lavoisier construit son ouvrage autour de l'oxygène et de l'analyse élémentaire. La nouvelle nomenclature est son outil. Les deux auteurs ont fait l'objet de biographies connues et disponibles que nous citons.

Macquer :
Les Éléments
de Chymie-Théorique (1749)
et
les Éléments
de Chymie-Pratique (1751)

Les *Éléments de Chymie-Théorique* paraissent en 1749. C'est un volume de 350 pages, illustré de trois planches représentant les instruments de chimie et d'une reproduction de la table des affinités de Geoffroy. Les *Éléments de Chymie-Pratique* sont publiés en 1751 en deux volumes comprenant plus de 900 pages. Il y a une nouvelle édition des *Éléments de Chymie-Théorique* en 1753, puis une réédition complète des deux ouvrages en 1756.

Macquer écrit ces manuels élémentaires à peine âgé de trente ans. Les manuels sont en général écrits par des enseignants, mais l'expérience d'enseignement de Macquer ne commence qu'en 1751 quand il est nommé professeur de pharmacie à la Faculté de Médecine pour un an [3]. En outre, les

ouvrages les plus marquants n'émanent pas toujours d'orateurs brillants et vice-versa. Macquer n'a pas laissé, comme Fourcroy, le souvenir d'un maître enthousiasmant, mais la rigueur des descriptions expérimentales dans les ouvrages du second était déjà contestée de son vivant [4].

La publication des *Éléments de Chymie-Théorique* vient combler une lacune dans la littérature francophone. En effet, le *Cours de Chymie* de Nicolas Lémery n'a pas été imprimé depuis 1730 et l'anonyme *Nouveau Cours de Chymie* (en général attribué à J.B. Sénac) depuis 1737 ; le *Traité de Chimie* de Lefebvre a connu sa dernière édition en 1751. Le *Nouveau Cours de Chymie* inclut un exposé sur la théorie phlogistique, qui est enseignée par Rouelle dans les années 1740, mais ce manuel n'est plus disponible, alors que Rouelle donne encore des cours de chimie au Jardin du Roy. Pour Hannaway, la chimie émerge « *as an integral and distinctive discipline around the turn of the seventeenth century* ». Cela se manifeste « *in the appearance of numerous specialized textbooks in chemistry which purported to teach this subject as a distinctive art* » [5]. Nous n'avons dénombré que 11 manuels de chimie en langue française dont la première édition est antérieure à 1749 [6].

Dans les *Éléments de Chymie*, Macquer construit un système. Nous allons montrer qu'il s'impose un ordre et un programme bien identifié, qu'il fait des choix qui confortent l'unité de l'ouvrage et qu'il se réfère à un modèle unique d'interprétation dans le cadre de la théorie de Stahl (phlogistique) et de l'existence de tables d'affinités. Macquer contribue par cet ouvrage à donner à la chimie un statut de science autonome. Son enseignement expérimental n'est pas la simple compilation de démonstrations spectaculaires, ni celle de préparations médicamenteuses, il est ordonné et un plan de formation transparait.

Son programme est fondé sur l'analyse

« *Séparer les différentes substances qui entrent dans la combinaison d'un corps, les examiner chacune en particulier, reconnoître leurs propriétés & leurs analogies, les décomposer encore elles-mêmes, si cela est possible, les comparer*

& les combiner avec d'autres substances, les réunir & les rejoindre de nouveau ensemble, pour faire reparoître le premier mixte avec toutes ses propriétés ; ou par des mélanges différemment combinés, produire de nouveaux corps composés, dont la nature même ne nous a pas donné de modèle ; c'est-là l'objet & le but principal de la Chymie » [CT, 1]. A l'instar de ses contemporains, pour Macquer, l'objet de la chimie est d'abord de réduire la nature à des « principes », d'analyser (attention, on est loin de penser en terme d'analyse centésimale qui repose sur un autre modèle plus tardif).

Il distingue rigoureusement les principes (à prouver) des protocoles expérimentaux

Macquer écrit deux livres. *Les Élémens de Chymie-Théorique* présentent les principes. *Les Élémens de Chymie-Pratique* sont « un Livre de pratique, qui doit contenir la manière de faire les principales opérations chimiques ; celles qui servent de modèle à toutes les autres, & qui sont les preuves des vérités fondamentales énoncées dans la théorie » [CP, I, ij].

Il choisit un ordre de complexité croissante

L'ordre d'exposition des connaissances est important pour Macquer. Les avant-propos sont presque entièrement consacrés à justifier ses choix. *Les Élémens de Chymie-Théorique* vont « Du simple au composé » : c'est l'ordre pédagogique. Macquer s'impose de « ne supposer aucune connoissance chimique dans mon Lecteur ; de le conduire des vérités les plus simples & qui supposent le moins de connoissances, aux vérités les plus composées qui en demandent davantage » [CT, xvj]. Dans le premier chapitre des *Élémens de Chymie-Théorique*, on trouve la définition et la présentation des éléments : air, eau, terre, feu. Les chapitres suivants présentent « des substances qui en sont immédiatement composées, & après eux sont les plus simples, telles sont les matières salines » [CT, xvij]. Puis Macquer considère les différentes substances composées dans un ordre qu'il pense être de complexité croissante : minéral, végétal, animal. C'est un ordre nouveau : « je ne connois aucun livre de Chymie qui soit fait sur ce plan » [CT, xvij]. Dans les *Élémens de Chymie-Pratique*,

l'ordre est celui de l'analyse. C'est l'ordre expérimental : celui dans lequel sont extraites les substances simples des substances composées. « Presque toutes ces opérations étant des analyses & des décompositions, il n'y avoit point à balancer sur l'ordre qu'il falloit observer, il est évident que c'est celui de l'analyse même » [CP, I, ij].

Il fait des choix pour une science nouvelle

Au milieu du XVIII^e siècle, la chimie n'est pas encore distinguée de la médecine et de la pharmacie. Macquer a d'abord fait des études de médecine. Etre chimiste n'est pas un métier. Macquer expose la chimie pour la première fois, comme une science indépendante de la médecine et de la pharmacie. Contrairement aux apothicaires intéressés par les recettes qui permettent de préparer des « médicaments », Macquer se présente en chimiste intéressé par les composantes ultimes de la matière : « Comme notre intention n'est point de donner uniquement la description des préparations chimiques qui servent ordinairement de médicamens ; mais que notre objet demande que nous parlions particulièrement de celles qui peuvent donner des connoissances sur les propriétés fondamentales des corps, le procédé que nous avons donné nous a paru préférable, à cause que l'action de l'Esprit de Nitre sur l'Esprit-de-vin y est plus forte et plus marquée » [CP, II, 243]. Macquer distingue aussi la chimie de l'alchimie : une « Science occulte & mystérieuse » avec un langage « obscur & inintelligible » basée sur un principe « dénué de toute certitude » et « fondé sur aucune observation » [CT, xj], et il établit une différence entre la science chimique et les arts chimiques « On peut en quelque sorte comparer à présent la Chymie à la Géométrie ; (...) elles sont toutes deux le fondement des Arts utiles & même nécessaires à la Société » [CT, xij].

Dans les limites qu'il a définies, Macquer choisit de ne présenter « que des principes fondamentaux » [CP, I, j]. Les expériences sont choisies pour décrire une réaction typique d'une classe ou pour illustrer un point théorique : « j'ai supprimé tous les détails accessoires » [CP, I, ix]. Les procédés décrits sont ceux « qui peuvent se pratiquer

commodément dans les laboratoires, j'ai choisi ceux des essais en petit » [CP, I, vij]. Ces choix font l'unité de l'ouvrage. L'accueil des *Élémens de Chymie-Pratique* par l'Académie Royale des Sciences montre que cette méthode est appréciée : « On a pû remarquer qu'il ne donne ici qu'une seule opération de chaque espèce, mais il a choisi avec soin celle qui présente le plus de singularités remarquables. S'il n'a pas eu en vûe d'enseigner tous les procédés chimiques, il a du moins voulu en exposer tous les principes, & la manière de les appliquer : avec ce secours, un Artiste intelligent sera toujours en état non seulement de réussir dans toutes les opérations connues, mais encore de pouvoir en imaginer de nouvelles, & même de rectifier les procédés ou mal décrits, ou chargés d'une obscurité souvent produite par l'ignorance & quelquefois par l'envie de pouvoir se donner pour auteur d'une découverte, en se réservant cependant son secret. Tous ces mystères affectés disparaissent nécessairement devant une théorie lumineuse & des essais choisis de l'application des principes à la pratique. Il seroit à souhaiter que tous ceux qui ont écrit de la Chymie, eussent travaillé d'aussi bonne foi aux progrès de cette Science, & au bien qui en peut revenir à la Société » [7].

Il retient une méthode d'apprentissage expérimentale

Macquer reproche à ses prédécesseurs de n'avoir proposé aux apprenants que « de vains raisonnemens » [CT, j]. Selon lui, il n'y a pas « d'autre moyen d'approfondir les merveilles de la Nature, que l'usage de leurs sens, c'est-à-dire l'expérience » [CT, j]. Macquer conçoit la chimie et son enseignement comme expérimentaux. Il ne faut pas cependant penser que les chimistes qui l'ont précédé ont négligé les expériences. Ainsi Lémery affirme dans son *Cours de Chymie* : « Je ne me préoccupe d'aucune opinion qu'elle ne soit fondée sur l'expérience » [8]. On retrouve toujours dans les expériences de Macquer la même organisation : protocole opératoire ; interprétation théorique ; précautions à prendre et risques encourus ; identification des sous-produits ; purification du produit obtenu ; variantes de la manipulation. Ces expé-

riences de laboratoire, parfaitement décrites, sont reproductibles. Le matériel à utiliser est précisé avec les détails nécessaires. S'il n'indique ni température ou pression, ni masses de réactifs ou de produits, ni dimensions de récipient, ni la durée de la préparation, Macquer note les proportions : « *Mettez ce Sel décrépité dans une cornue de verre tubulée, dont les deux tiers demeurent vuides... Versez ensuite par le trou supérieur de la cornue environ un tiers du poids de votre Sel, d'Huile de Vitriol bien concentrée* » [CP, I, 102]. Il est donc aujourd'hui possible de refaire ces expériences dans la mesure où les réactifs sont disponibles [9].

L'expérience fait jaillir la cohérence d'un système

Dans l'expérience « *Combiner l'Esprit-de-vin avec l'Acide vitriolique* », Macquer confronte le modèle aux résultats, aux propriétés des substances, et à d'autres expériences... Chaque fois, il fait constater à ses lecteurs la cohérence de l'ensemble : « *Les propriétés qui caractérisent l'Ether, s'accordent très-bien avec ce que nous avons dit de sa nature, & de la manière dont il est produit* » [CP, II, 230]. « *Les expériences par lesquelles il [Hellot] opère toutes ces merveilles, s'accordent très-bien avec ce que nous avons dit jusqu'à présent sur la décomposition de l'Esprit-de-vin par l'Acide vitriolique* » [CP, II, 232]. Macquer suggère même de changer le nom de l'huile douce de vitriol. Le nom n'est pas en accord avec son interprétation : « *Ce nom est assez impropre, parce qu'il pourroit faire présumer, comme l'ont cru mal à propos quelques Chymistes, qu'elle tire son origine de l'Acide vitriolique, au lieu qu'elle vient uniquement de l'Esprit-de-vin, ainsi que nous l'avons prouvé* » [CP, II, 235].

La chimie est un assemblage de faits, qui ont des liaisons et qui sont réciproquement les causes et les effets les uns des autres. Ce sont ces liens qui définissent une science pour Macquer [10]. Dans ses ouvrages, il a ce souci constant d'établir un système. Il écrit : la chimie a mérité « *véritablement le nom de Science* » lorsqu'elle a eu « *ses principes & ses règles fondés sur de solides expériences & des raisonnemens conséquens* » [CT, xij].

Lavoisier : Le Traité Élémentaire de Chimie (1789)

Lavoisier a 25 ans de moins que Macquer. Il écrit, dit-il, un manuel pour les « *commençans* ». Tout comme Macquer, il a un programme, il suit un ordre, il fait des choix, il utilise une théorie interprétative.

Son programme est aussi fondé sur l'analyse

« *La chimie, en soumettant à des expériences les différents corps de la nature, a pour objet de les décomposer (...). Elle marche donc vers son but et vers sa perfection en divisant, subdivisant, et resubdivisant encore et nous ignorons quel sera le terme de ses succès* » [TE, I, 193-4]. Tout est ici organisé autour de l'analyse élémentaire. Le but de Lavoisier est de réduire la diversité à un petit nombre de « *modèles* », les « *éléments* ».

L'oxygène est le pivot de la chimie

Le *Traité* est divisé en trois parties. Dans la première partie, Lavoisier présente « *l'ensemble de la doctrine que j'ai adoptée* » [DP, xxix]. En 17 chapitres, il fait une revue organisée des résultats obtenus depuis dix ans sur l'étude des gaz et la théorie antiphlogistique. « *La seconde partie est principalement formée des tableaux de la nomenclature des sels neutres... elle ne présente qu'un abrégé très-concis de résultats extraits de différents ouvrages* » [DP, xxix]. Lavoisier expose ici les combinaisons des acides avec les bases et la formation des sels neutres. Ces tableaux sont une suite logique de la nomenclature chimique, présentation initiale du traité. Pour Daumas, « *il n'était pas procédé plus efficace pour faire comprendre à un public élargi l'équilibre et l'universalité du nouveau système chimique* » [11]. L'oxygène est le fil conducteur et le pivot de la nouvelle chimie. La troisième partie consiste en « *une description très détaillée de toutes les opérations relatives à la chimie moderne...* » [DP, xxix]. Elles sont classées par « *analogie* ». Lavoisier commence par les techniques de déterminations quan-

titatives : pesée, gazométrie, calorimétrie. Ces trois premiers chapitres de méthodologie sont nouveaux dans un ouvrage de cette nature. Les deux chapitres suivants sont consacrés à des opérations habituelles. Puis, deux chapitres sont réservés à la description des appareils commandés par Lavoisier. Le dernier chapitre traite des fourneaux et des chalumeaux. A la fin de l'ouvrage, 13 planches, signées par Madame Lavoisier, offrent des représentations de ces matériels. Chacune des parties livre une sorte de tableau général et ordonné du savoir chimique sous un point de vue particulier : la doctrine, la langue, les techniques [12].

Il s'impose un ordre déductif

Lavoisier s'est, dit-il, « *vu forcé d'y suivre un ordre qui diffère essentiellement de celui qui a été adopté jusqu'à présent dans les ouvrages de Chimie* » [DP, vij], car « *c'est en effet un défaut commun à tous les cours & à tous les traités de Chimie, de supposer dès les premiers pas des connoissances que l'Élève ou le Lecteur ne doivent acquérir que dans les leçons subséquentes* » [DP, xj]. Il propose de progresser « *du connu vers l'inconnu* » [DP, xj], c'est-à-dire de l'élémentaire vers le complexe. Il s'est imposé dit-il, « *de ne déduire aucune conséquence qui ne dérive immédiatement des expériences et des observations et d'enchaîner les faits et les vérités chimiques dans l'ordre le plus propre à faciliter l'intelligence aux commençants* » [DP, xj]. Les mathématiques, science déductive, servent de modèle : « *C'est un principe bien constant, & dont la généralité est bien reconnue dans les mathématiques, comme dans tous les genres de connoissances, que nous ne pouvons procéder pour nous instruire que du connu à l'inconnu* » [DP, vij]. Dans les faits, l'ouvrage, divisé en trois parties indépendantes, ne suit pas vraiment cette logique du simple au complexe. Selon Lavoisier lui-même, seule la première partie est conforme à son principe : « *C'est à elle seule que j'ai cherché à donner la forme vraiment élémentaire* » [DP, xxix]. Dans le chapitre III *Analyse de l'air de l'atmosphère*, c'est même la voie inverse qu'il emprunte. Il va du complexe à l'élémentaire, de l'air à ses constituants. En réalité, c'est la

seconde partie qui respecte le plus cet ordre analytique. La nomenclature constitue un moyen d'ordonner les substances du simple au compliqué. Elle repose sur la même idée : on donne aux corps simples une dénomination exacte, on définit les corps composés en combinant les noms des corps simples les constituant. Bensaude-Vincent y voit un compromis entre une progression linéaire du simple au complexe et la volonté de couvrir toute la discipline [13].

Ses choix visent à faire table rase de ce qui l'a précédé

Une des difficultés rencontrées par Lavoisier est de déterminer les connaissances *élémentaires*. Dans tout enseignement il faut introduire les connaissances nouvelles relativement à celles que l'auditoire est censé connaître, et faire une part raisonnable aux unes et aux autres. Mais Lavoisier se veut fondateur, il lui faut donc réduire toutes les références à un savoir antérieur. Quand il prétend s'adresser à des « *commençans* », il faut comprendre qu'il vise des chimistes décidés à ignorer leur passé, plutôt que de vrais débutants. Ainsi dans un projet, il note sous le titre *Des substances métalliques* : « *supprimer tous les détails sur les mines... réserver ces détails pour un traité particulier. Suppose des connaissances de chimie plus étendues* ». Il abandonne les « *arts* » comme la docimasia, la teinture, l'analyse des eaux minérales... Il élimine aussi divers sujets susceptibles de débats comme les affinités, les éléments ou l'histoire.

Lavoisier ordonne les connaissances chimiques récentes, sa méthode est l'analyse. Si on définit une science comme un ensemble ordonné de lois, de méthodes, de principes, de techniques, c'est dans ce document destiné à l'enseignement que Lavoisier, par son travail de classement, fait de la chimie une science.

L'influence des manuels de Macquer et Lavoisier

Les deux manuels que nous venons d'examiner ont eu un impact considérable et ont sans nul doute contribué au développement de la chimie. Pourtant,

les traités de Macquer n'intégraient aucun résultat nouveau de recherche et le traité de Lavoisier ne faisait que reprendre des résultats, certes récents, mais déjà publiés, sans additions d'importance. Il s'agissait donc véritablement d'outils qu'ils destinaient à l'enseignement. Comment expliquer que ces manuels d'enseignement aient eu un rôle aussi déterminant dans le développement de la science chimique ?

A la suite de Kuhn [14] et Bachelard [15], il est d'usage de considérer que la plupart des traités d'enseignement sont étrangers aux moments proprement révolutionnaires de la science. Ce seraient de simples expressions figées et dogmatiques de la « *science normale* ». Kuhn déplore que le livre scolaire n'ait aucun rapport avec le processus historique de production des connaissances, alors que Bachelard, au contraire, voit dans cette distance le signe positif d'un âge où la science est régularisée, codifiée. Tous les deux s'accordent cependant sur le caractère non créatif du manuel ou de l'école. Les traités seraient des instruments de reproduction, mais non de production du savoir. La créativité s'opposerait à l'instruction, synonyme de dressage. Les manuels seraient des instruments de normalisation et de stabilisation de la science. Les ouvrages de Macquer paraissent précisément à un moment où la théorie de Stahl semble stabilisée, et cependant l'auteur ne fait pas que compiler des résultats scientifiques. On pourrait penser que le *Traité* de Lavoisier paraît, lui, dans un moment révolutionnaire. En réalité, la « *révolution chimique* » n'est pas consommée, l'ouvrage est une plaidoirie pour la réaliser, c'est en ce sens que Chevreul [16] situe Lavoisier à la clôture d'une époque de la chimie plutôt qu'au début de la suivante. Sans méconnaître les qualités de Lavoisier, nous adoptons aussi ce point de vue de Chevreul : « *...un homme ne fonde pas une science ; celle-ci, à une époque quelconque, est toujours l'œuvre de plusieurs, et de plusieurs qui ont vécu à des époques différentes* ».

Pour l'un et l'autre des auteurs que nous avons sélectionnés, l'écriture d'un manuel ne consiste pas seulement à collectionner des faits scientifiques. Ils font des choix sur le thème, la méthode,

le modèle, le mode de diffusion (discours, calcul, pratique)... Ils ont des intentions. Ils organisent, classent, privilégient, hiérarchisent, choisissent les connaissances. Ils établissent un fil conducteur dans une multitude de faits isolés et de points de vue parcellaires pour faire apparaître une progression et une cohérence. C'est la mise en place d'un « *système* » et c'est ce nouvel assemblage des connaissances qui permet alors aux chercheurs d'avancer. Dans un compte rendu du *Traité Élémentaire de Chimie* pour la Société Royale d'Agriculture, Fourcroy et Cadet de Vaux l'ont bien compris : « *Ce traité peut servir à l'étude de la Chimie par la méthode et l'Ordre qui y règnent. Quant au chimiste déjà familiarisé avec la science, il y trouvera les faits réunis et classés. Ainsi que de grandes vues sur le système de notre atmosphère, de la végétation, de l'animalisation, ce qui offre une vaste carrière à ses recherches* » [TE, II, (605-6)].

Quelques fonctions de manuels d'enseignement

Les manuels d'enseignement, tels que ceux que nous avons examinés, influent sur les activités de recherche de trois manières au moins que nous allons récapituler : ils offrent une nouvelle base de connaissances et d'interprétations pour les chercheurs, ils sont une éventuelle source de questions à résoudre, ils peuvent être utilisés comme un moyen de faire accepter une nouvelle méthode ou doctrine.

Une nouvelle base de connaissances et d'interprétations pour les chercheurs

La mise en ordre des connaissances est vitale pour l'avancée de la science. Condorcet, ancien élève de Macquer, rend témoignage au professeur, quelques mois après la mort de Macquer, en sa qualité de secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences : « *M. Macquer est le premier qui ait donné des éléments de chimie où l'on trouve la même clarté, la même méthode qui régnait déjà dans les*

autres branches de la physique. (...) Elle parut, dans les ouvrages de M. Macquer, une science simple, fondée sur les faits, procédant par des opérations dont une sage méthode prescrivait tous les détails, utile à tous les besoins de la vie humaine, et liée au système général de nos connaissances. Ainsi ses éléments contribuèrent à répandre le goût de la chimie, en montrant combien il était facile de l'apprendre » [17]. Pour Thomson, « *methodical arrangement was a merit still unknown to the elementary chemical books, especially in France (...) Macquer was the first French chemist who gave to an elementary treatise the same clearness, simplicity, and method, which is to be found in the other branches of science. This was no small merit, and undoubtedly contributed considerably to the rapid improvement of the science which so speedily followed* » [18].

Kuhn résume : « *Quand le chercheur individuel peut considérer un paradigme comme acquis, il n'a plus besoin, dans ses travaux majeurs, de tout édifier en partant des premiers principes et en justifiant l'usage de chaque nouveau concept introduit. Il peut laisser cela à l'auteur de manuels. Pourvu donc qu'il existe un manuel, le chercheur peut commencer ses recherches là où s'arrête le manuel...* » [14, p. 41].

Une source de questions et un programme pour la recherche

Par ses classements, l'auteur de manuel recense les données manquantes et provoque les chercheurs à « *remplir les cases vides* ». Ce faisant, il contribue à la construction de la science elle-même. Ainsi, l'utilisation de la nomenclature dans le *Traité Élémentaire de Chimie* suggère une nouvelle méthode de recherche avec des orientations. Les réactions se déduisent des noms. L'analyse sémantique est employée comme équivalent à l'analyse chimique. Les tableaux sont des instruments de prévision de nouvelles expériences [19]. « *Pendant que ses contemporains fondaient ces disciplines en isolant et en identifiant les nouveaux composés organiques, Lavoisier leur fournissait le moyen de les analyser. Le progrès de la chimie organique pendant les 50 années suivantes reposera*

autant sur sa contribution que sur la leur » [20]. La découverte du gallium après la publication du tableau périodique par Mendeleev dans un manuel d'enseignement et celle de l'acide propanoïque et des anhydrides d'acides après la parution du *Traité* de Gerhardt sont d'autres exemples.

Un moyen de faire accepter une nouvelle méthode ou doctrine aux lecteurs

Chez Macquer comme chez Lavoisier, l'expérience a un rôle central : « *ne déduire aucune conséquence qui ne dérive immédiatement des expériences & des observations* » [DP, xj]. C'est une idée qui est martelée dans leurs discours, mais aussi dans la façon même dont les manuels sont écrits. Le manuel n'est pas limité dans sa longueur, ni contraint dans son expression à une prudence excessive, ni même, on le voit avec Lavoisier, à l'objectivité en faisant place aux points de vue opposés. L'auteur peut décrire avec toute l'étendue et la clarté nécessaires de nouvelles interprétations, le lecteur est alors fortement poussé à adhérer aux méthodes ou doctrines présentées. Le *Traité Élémentaire de Chimie* est le moyen pour Lavoisier d'imprimer ses idées dans les esprits. Tous ceux qui veulent lire son traité écrit dans la nouvelle nomenclature doivent penser dans les termes de sa théorie : toutes les combinaisons de l'oxygène avec les métaux sont appelées oxydes ; les acides sont composés d'un « *radical* » spécifique à chacun et d'un « *principe* » porteur d'acidité l'oxygène (générateur d'acide), constituant commun à tous les acides.

Le manuel est un moyen de communication très efficace d'une théorie non seulement parce qu'il a moins de contraintes qu'un article dans sa longueur, mais aussi, alors que les publications savantes ne s'adressent qu'à des pairs, et les dictionnaires au grand public, parce que les manuels sont destinés, eux, à des esprits ouverts à l'apprentissage, chimistes débutants ou confirmés. Macquer écrit ses *Éléments* pour « *les Commencans* » afin de donner « *une teinture & une idée juste d'une Science* » et « *fixer dans la mémoire les vérités les plus essentielles, qui, sans ce secours, pourroient s'y confondre avec d'autres, ou être*

oubliées » [CT, xv]. Le *Traité* de Lavoisier s'adresse aussi aux « *commencans* ». Dans une lettre de Williamson à Gerhardt, le 16 août 1851, on peut lire : « *Je vois dans vos formules de l'avenir, mais je rencontre tous les jours de nouvelles preuves de l'impossibilité de faire adopter des changements quelconques aux chimistes établis dans leur notation. On ne réussira certainement qu'en agissant sur des esprits non gâtés, c'est-à-dire sur des commençants, et pour cela, c'est un Traité de chimie qu'il nous faut plutôt que ces mémoires qui s'adressent à des chimistes faits. (...) C'est surtout cela qui manque pour bien établir vos importantes conceptions dans le public* » [21]. Bensaude-Vincent, dans son commentaire de la *Méthode de Nomenclature Chimique*, rappelle les joutes qui ont précédé l'adoption du système de nomenclature des chimistes français : « *Cette polémique acharnée durant plusieurs années a certes permis d'étendre le réseau des chimistes européens favorables au groupe des réformateurs, mais la victoire de la nomenclature passe par un autre canal, les traités destinés à la formation des générations futures. Le Traité élémentaire de Lavoisier joue à cet égard un rôle stratégique et il n'est pas le seul organe de diffusion de la nouvelle nomenclature. En 1789, Fourcroy, professeur au Jardin du Roy, fait paraître une troisième édition de ses Éléments d'histoire naturelle et de chimie rédigée dans la nouvelle nomenclature et Chaptal, professeur à l'école de médecine de Montpellier, tout à fait favorable à la doctrine lavoisienne, achève ses Éléments de chimie qui paraissent en 1790. Or, ces traités de professeurs ont autant de succès sur le marché éditorial que celui de Lavoisier. De plus, comme l'enseignement de la chimie se développe un peu partout en Europe à la fin du XVIII^e siècle, les traductions de ces traités seront un relais privilégié pour une adoption progressive mais générale de la nomenclature réformée* [22].

Comme Macquer et Lavoisier, l'auteur de manuel jouit donc du grand pouvoir de faire progresser et d'orienter la recherche, pour autant qu'il ait une conviction à faire partager. Des choix faits peuvent avoir aussi induit des abandons qu'il est permis de regretter ;

ainsi Gerhardt a contribué par son *Traité* à distinguer la chimie organique de la chimie biologique et à limiter la première à la synthèse : « Nous éviterons une semblable confusion, pour n'appliquer le nom de chimie organique qu'à cette partie de la science humaine qui s'occupe de métamorphoser les substances organiques avec d'autres substances », tandis que Lavoisier détournait les chimistes français de la thermodynamique chimique. Il est arrivé que, bien médiatisées ou venant de personnages puissants, de « fausses » idées ou des erreurs de langage prennent le pas sur des définitions plus correctement établies. On peut dire, par exemple dans le cas de Lavoisier, que le rôle central qu'il a voulu reconnaître à l'oxygène n'était pas justifié.

L'idée qu'un manuel soit efficace pour faire avancer la science n'est pas forcément partagée par tous : Loschmidt traduisit des vues innovantes sur la constitution des composés aromatiques dans un manuel d'enseignement quatre ans avant Kekule (également dans un manuel), or Anschütz qui fit rééditer l'ouvrage avec des notes, écrit : « *If these views had been published in a well-known chemical journal, they would really have created a great deal of stir and would have added substantially to the development of chemistry* ». Noe et Bader, qui rapportent ce texte, font cependant ce commentaire : « *Perhaps Anschütz did not ask himself a key question : where could Loschmidt have published his work in 1861 ?* » [23]. En effet, quelle rédaction d'un périodique de recherche aurait-elle eu l'audace de publier ce qui n'était encore qu'hypothèse à démontrer ?

Conclusion

Macquer, vers la fin de sa vie, écrit : « *Les Ouvrages élémentaires sont sans contredit, les plus difficiles à bien faire, & cependant les plus utiles* » [24].

La rédaction d'un manuel exige de l'auteur un travail de systématisation. Lavoisier et Macquer nous offrent deux exemples de mise en place de systèmes. Le *Traité de Mendeleev*, également destiné à l'enseignement, est un autre exemple : « *En abordant la composi-*

tion d'un ouvrage capital de chimie, Mendeleev se rendit compte qu'il devait faire face à une tâche grandiose (...), c'est-à-dire trouver un point de départ pour la systématisation des connaissances chimiques, trouver une classification des éléments » [25]. Gerhardt introduit un nouveau classement en chimie organique (séries et types) dans un *Précis*, puis un *Traité* qu'il destine à des apprenants.

Nous fondant sur ces exemples, historiques donc singuliers, ce qui ne signifie pas qu'ils furent exceptionnels, nous pouvons penser que le manuel a été un outil bien adapté pour établir un nouveau système : public d'apprenants, contraintes d'expression réduites... Il n'est donc pas étonnant que les principes de classement les plus audacieux et les plus féconds soient parus d'abord dans des manuels. Ceux-ci ont permis à de nouvelles idées d'émerger et à de nouvelles méthodes ou doctrines d'être acceptées.

Les manuels ne sont pas les seuls exemples d'outils d'enseignement qui ont fait « avancer » la science. Les « modèles moléculaires », construits dans les années 1860 par Hofmann pour des besoins d'enseignement, ont eu et conservent, dans l'avancée des recherches, une fonction reconnue par tous [26].

Notes et références

Les références des citations de Macquer et Lavoisier sont notées avec la convention : CT pour *Éléments de Chimie-Théorique* (2^e éd., 1753, 1 tome), CP pour *Éléments de Chimie-Pratique* (1751, 2 tomes), TE pour *Traité Élémentaire de Chimie* (réimpression de 1965, Culture et civilisation : Bruxelles, 2 tomes) et DP pour *Discours préliminaire du Traité*. Les numéros de tomes et de pages suivent.

- [1] Lefèvre L., *Traité des matières colorantes*, G. Masson, Paris, 1890, Préface.
- [2] Dupront A., *Qu'est-ce que les Lumières ?*, Gallimard, 1996.
- [3] Ahlers W.C., thèse de doctorat de troisième cycle, École Pratique des Hautes Études, Paris, 1969 ; Viel C., Janus, 1986-1990, 73, p. 1-27.
- [4] *Observations sur l'ouvrage du citoyen Fourcroy... intitulé : Système des connaissances chimiques*, par Don Louis Proust, extraites et traduites de l'espagnol par Bourbon-Busset et revues par le citoyen Morellot, professeur en l'École gratuite de pharmacie, Paris, 1802.

- [5] Hannaway O., *The chemists and the world. The didactic origins of chemistry*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1975, p. ix.
- [6] Cole W.A., *Chemical Literature, 1700-1860*, Mansell, Londres, 1988 ; Terrien M., thèse de doctorat, Université d'Angers, Angers, 1998.
- [7] *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 1751 (1755), 84-146, cité par Ahlers, 1969, p. 84.
- [8] Lémery N., *Cours de chymie*, 8^e éd., E. Michallet, Paris, 1696, Préface, p. iij.
- [9] Terrien M., thèse de doctorat, Université d'Angers, Angers, 1998.
- [10] Yoschida A., *Mémoire de l'École Pratique des Hautes Études*, Paris, 1974, p. 14.
- [11] Daumas M., *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, Presses Universitaires de France, Paris, 1955, p. 105.
- [12] Poirier J.P., *Lavoisier*, Édition Pygmalion/Gérard Watelet, Paris, 1993.
- [13] Bensaude-Vincent B., *Lavoisier. Mémoires d'une révolution*, Flammarion, Paris, 1993, p. 305.
- [14] Kuhn T.S., *La structure des révolutions scientifiques*, 2^e éd., Flammarion, Paris, 1983, Paris.
- [15] Bachelard G., *La formation des révolutions scientifiques*, Vrin, Paris, 1938 (réédition 1972).
- [16] Chevreul M.E., *Histoire des connaissances chimiques*, Gide et Guérin éd., Paris, 1866.
- [17] Condorcet, *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 1784, 20-30, in *Œuvres de Condorcet*, Firmin-Didot, Paris, 1847, 2, p. 125-138.
- [18] Thomson T., *The history of chemistry*, Londres, 1830, 1, p. 298.
- [19] Roberts L., *Setting the table*, University of Pennsylvania, Philadelphia, 1991 ; *Œuvres de Lavoisier*, sous la direction de Dumas et Grimaux, Imprimerie Nationale, Paris, 1864-1893, 5, p. 360-1.
- [20] Holmes F.L., *Lavoisier and the chemistry of life*, University of Wisconsin Press, Madison, 1985, p. 409.
- [21] Lettre de Williamson à Gerhardt, le 16 août 1851, cité par Grimaux E., Gerhardt C., *Charles Gerhardt, sa vie, son œuvre, sa correspondance, 1816-1856*, Masson & Cie, Paris, 1900, p. 220.
- [22] Bensaude-Vincent B., *Introduction à la Méthode de Nomenclature Chimique de Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet, Fourcroy*, Édition du Seuil, Paris, 1994, p. 54-55.
- [23] *Kekule Riddle*, Wotiz J.H. Ed., 1993, p. 222.
- [24] *Journal des Sçavans*, 1742, 402, cité par Ahlers, 1969, p. 81.
- [25] Pissarjevski O., *Mendeleev*, Éditions en langues étrangères, Moscou, 1955.
- [26] Hofmann A.W., *Sur la force de combinaison des atomes*, Bureau du journal Les Mondes et Gauthier-Villars, Paris, 1868.