

## LES BONNES QUESTIONS DE BOERHAAVE



*Ce puissant génie, l'honneur de son pays, de sa profession et de son siècle, a répandu la lumière sur toutes les sciences dont il s'est occupé.*

Pierre-Joseph Macquer

**Hermann Boerhaave** représente certainement, parmi les grands chimistes du 18<sup>ième</sup> siècle, le plus injustement méconnu<sup>1</sup>. Il existe une raison à cela. Le Professeur de Leyde, comme on l'appelait de son temps, n'est pas l'homme d'une doctrine ou d'un système (comme le furent Lémery et Stahl par exemple). Durant toute sa carrière sa démarche restera modeste, prudente et d'une infinie bonne foi : il observe et s'interroge. Comme Boyle, c'est un chimiste sceptique, persuadé que la chimie se situe au début de son évolution, qu'elle n'est pas encore écrite, que tout ou presque reste à faire.

La qualité de son enseignement justifie son succès immense à travers toute l'Europe, fortifié encore par la parution en 1732 de ses *Eléments de Chimie*, comprenant cinq parties<sup>2</sup> :

- le traité du Feu
- le traité de l'Air
- le traité de l'Eau
- le traité de la Terre
- le traité des Menstrues

c'est à dire les quatre éléments d'Aristote, plus les menstrues<sup>3</sup>.

Le traité du Feu apparaît de loin comme le plus intéressant, mais aussi comme le plus délicat à interpréter

pour un esprit habitué au vocabulaire rigoureux de la chimie moderne. En effet, du temps de Boerhaave, le terme “feu” pouvait recouvrir 3 notions :

- celle du phénomène de combustion
- celle de chaleur
- celle de température

ce qui contraint un lecteur d’aujourd’hui à se demander à toute occasion : “de quoi parle-t-on?”, sans toujours apercevoir la réponse. Pour tout arranger, quand un chimiste de 1730 parle de chaleur, il évoque en fait et presque toujours la température !

Toutefois, ne sourions pas trop vite. Par un bel été, lorsqu’il fait 35°C, qui ne s’écrie : “quelle chaleur !”, ce qui, du point de vue scientifique, est une bourde. L’exclamation exacte serait “quelle température !” En effet, fondamentalement, chaleur et température n’ont pas grand’chose à voir. Par exemple, si l’on cherche à faire fondre le maximum de glace à 0°C, mieux vaut prendre 1m<sup>3</sup> d’eau à 1°C qu’un litre à 100°C, parce que dans ces conditions, l’eau froide à 1°C fournit plus de chaleur que l’eau chaude à 100°C (et même 10 fois plus).

En 1950 l’expression de l’énergie cinétique ( $1/2mv^2$ ) était encore fréquemment enseignée sous le nom de théorème des “forces” vives, et l’on pouvait ouvrir tel manuel de chimie en tombant sur un chapitre au titre à vous couper le souffle : *L’hypothèse atomique*. Conclusion : restons modestes.

Malgré tout, un vrai dilemme demeure de nos jours :

- soit conserver le mot *feu* sans autre précision, au risque d’égarer le lecteur.
- soit le “traduire” en employant au cas par cas les notions modernes de combustion, chaleur et

température, mais alors les subtils raisonnements de Boerhaave peuvent apparaître grossiers ou même sans fondement.

Aussi ai-je préféré adopter une position médiane en conservant le mot *feu* tout en l'affectant, si nécessaire, d'une couleur indicative :

- Feu (en vert) pour la combustion
- Feu (en rouge) pour la chaleur
- Feu (en bleu) pour la température

Il ne peut être question de développer ici un quelconque système de Boerhaave puisque, précisément, celui-ci s'est toujours bien gardé de s'égarer dans des suppositions plus ou moins hasardeuses, préférant pour chaque sujet, en s'appuyant sur les faits, suggérer à ses étudiants quelques pistes de réflexion et d'interrogation. On trouvera seulement ci-après, à titre d'exemples, quelques questions et quelques éléments de réponse qui agitaient l'esprit du grand savant hollandais aux alentours des années 1720 – 1730.

Pour en terminer avec ces préliminaires, il est utile d'observer que Boerhaave n'a que 15 ans de moins que Lémery tout en étant le presque exact contemporain de Stahl :

- Nicolas Lémery.....1645 – 1715
- Georg-Ernest Stahl.....1660 – 1734
- Hermann Boerhaave.....1668 – 1738

## 1 – D'OÙ PROVIENT L'ACTION CHIMIQUE ?

Il s'agit de la question préliminaire et incontournable pour tous les chimistes du 18<sup>ième</sup> siècle qui se veulent rationnels, et aucun n'a pu s'y dérober. Sans se faire le chantre de la théorie atomique, Boerhaave

constate que la structure corpusculaire de la matière représente l'hypothèse la plus compatible avec les faits observés.

La mixtion (la réaction) ne peut dès lors s'opérer que par le rapprochement puis la jonction des particules concernées et Boerhaave sera amené à développer très largement cette nécessité expérimentale lors de l'étude des menstrues, qui fera l'objet de la question suivante, centrée sur les "dissolutions". Précisons que ce mouvement ne saurait concerner l'ensemble du milieu réactionnel, comme celui d'un liquide s'écoulant dans un tuyau par exemple, mais s'applique aux particules elles-mêmes, prises les unes par rapport aux autres. Attention toutefois : si le mouvement est nécessaire, il n'est pas suffisant. Boerhaave le souligne avec force, la chimie échappe à une interprétation purement physique et mécanique. Pour comprendre la mixtion, il faut faire intervenir une "qualité spécifique" des particules considérées, ce que l'on appellera un peu plus tard l'affinité.

Toutefois, parvenu à ce stade de sa réflexion, l'expérience concrète fait totalement défaut à Boerhaave. Alors, fidèle à sa méthode, il ne veut pas aller plus loin, c'est-à-dire échafauder des hypothèses. Il lui suffit de préciser à ses étudiants que : « toute la chimie se réduit donc à joindre et à séparer ; il n'y a pas une troisième chose qu'elle puisse faire. »

## **2 - POURQUOI LES CORPS DISSOUS NE PRÉCIPITENT-ILS PAS ?**

Au début du 18<sup>ième</sup> siècle, on appelait encore *menstrue* tout liquide ayant le pouvoir de transformer un solide en liquide. L'opération s'appelait dissolution. Ainsi :

- L'eau dissout le sel de mer : c'est un menstrue.

- Le vitriol (acide sulfurique) dissout la limaille de fer : c'est un menstrue.

Le phénomène apparaissait comme très étrange et pour l'expliquer on attribuait aux menstrues une propriété : l'*acrimonie rongeante*. Oui, mais... la térébenthine, liquide doux, qui ne brûle pas la peau, dépourvu apparemment de toute acrimonie, dissout la cire, alors que le terrible vitriol en est incapable<sup>4</sup>.

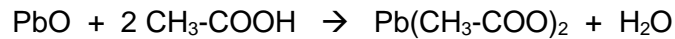
Pour essayer d'y voir un peu plus clair, Boerhaave, discute un exemple expérimental : la dissolution d'un morceau d'or dans de l'eau régale (mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique). Le menstrue divise le morceau d'or à tel point qu'il semble former quelque chose de nouveau, tant la jonction menstrue/or apparaît intime. A cet égard, il ne peut s'agir d'une vraie division même très fine de l'or, telle que l'opérerait un moyen mécanique quel qu'il soit, car dans cette hypothèse, et aussi fines que puissent être les particules d'or en définitive obtenues, elles finiraient par sédimenter tant leur densité par rapport à celle de l'eau régale est grande. Or rien de tel n'est observé. Au contraire, la solution obtenue apparaît comme une liqueur claire, simple, uniforme, stable et en aucun cas comme une suspension d'or dans le menstrue.

Dans le style un peu lyrique caractéristique de son époque, Boerhaave analyse le problème avec lucidité : « Cela prouve clairement, ce me semble, qu'il y a entre chaque particule d'or et chaque particule d'eau régale une vertu qui fait qu'elles s'aiment, s'unissent et se retiennent réciproquement. » Ainsi pour lui, et contrairement à une idée alors très répandue, l'action de l'eau régale sur l'or ne relève pas d'une action purement physique, mais d'une action chimique (ce qui est, on le sait depuis, vrai).

Boerhaave va plus loin encore. L'or n'est pas détruit en raison de sa dissolution par l'eau régale puisqu'on peut l'en séparer. Dès lors il semble logique de penser que chaque particule élémentaire du métal n'était pas engagée dans sa totalité avec le menstrue, mais plus vraisemblablement par sa seule périphérie : « Les métaux les plus parfaits, l'or, l'argent, le mercure, lorsqu'ils sont corrodés et réduits en liqueur pure par les acides qui les dissolvent, nous paraissent changés dans toutes leurs parties ; et cependant, si on les sépare de leurs dissolvants, ce qui se fait aisément, on a des parcelles métalliques qui, réunies par la fusion, donnent précisément le même métal qu'auparavant, soit par la quantité, soit par la qualité. Cela prouve que ces menstrues n'ont point agi sur la nature intime de ces particules métalliques et qu'ils n'ont fait que s'unir étroitement à leurs superficies extérieures. »

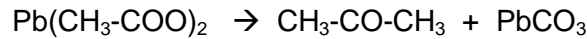
Si l'on veut bien considérer que la liaison chimique ne met en jeu que la périphérie électronique des atomes, on doit rendre hommage à cette riche intuition.

Mais comme Boerhaave reste d'une honnêteté foncière avec les faits, il ne néglige pas de signaler une expérience qui lui paraît étrange et même contradictoire. En faisant réagir de la chaux de plomb avec du vinaigre *aussi fort que possible*, il obtient ce que l'on appelait alors du sucre de Saturne. De nos jours on écrirait cette réaction :



Or cette composition, le sucre de Saturne (acétate de plomb), « distillée dans une cornue avec un feu violent, ne donnera pas de l'esprit de vinaigre mais une liqueur singulière qui sera inflammable. »

Cette liqueur singulière et inflammable, obtenue par Boerhaave selon un procédé similaire à celui de la réaction de Piria<sup>5</sup>, est en fait de l'acétone :



En définitive, Boerhaave examine de façon remarquable la problématique de la "dissolution" des métaux par les acides : « ...lorsqu'on voit que les particules dissoutes restent adhérentes et mêlées universellement avec celles du menstrue, quoiqu'elles diffèrent assez considérablement en pesanteur, alors il faut croire qu'une force mécanique universelle, qui concourt ordinairement à ces sortes d'opérations, a contribué, à la vérité, à cette solution, mais que, cependant, elle est due surtout à une propriété particulière qui a lieu dans le dissolvant à l'égard du corps dissous et, dans ce dernier, à l'égard du dissolvant. Cette propriété fait que les éléments de l'un sont attirés par ceux de l'autre, et séparés par là de la masse qu'ils composent. Après cette séparation ils se joignent ensemble et forment une infinité de nouvelles espèces de corps. »

### 3 – QUELLE EST LA NATURE DU FEU ?

Comme nous l'avons vu lors des préliminaires, au début du 18<sup>ième</sup> siècle, le mot *feu* englobait le phénomène de combustion, la chaleur et la température. Très opportunément Boerhaave considère que la combustion doit être mise à part (nous la rencontrerons lors de la question n°4) ; toutefois il ne fait pas la différence entre chaleur et température et se demande quelle est la nature du **feu**. Lourde tâche. Il se retrouve face à deux hypothèses possibles :

- Soit le feu constitue un élément qui entre dans la composition des corps chimiques.
- Soit il représente un phénomène physique comme la lumière, la pesanteur ou le mouvement.

Le Professeur de Leyde ne cache pas son embarras dans sa recherche d'une marque certaine du feu : « Quoi donc, cette merveilleuse cause ne produit-elle aucun effet qui soit inséparable d'elle, qui soit le même et en tout temps et partout, sans jamais varier dans quelque objet que ce soit ? » Aussi essaye-t-il d'oublier tout ce qu'il a appris sur le feu et se pose la question suivante : « Lorsque l'on dit "il y a du feu" qu'entend-on exactement ? »

D'abord, soyons assurés que l'on ne peut faire aucun crédit à nos sens. Selon les circonstances ou même les personnes, un même corps sera réputé être chaud ou froid c'est-à-dire, à l'époque, plus ou moins chargé de feu. Ne peut-on néanmoins trouver une caractéristique ou un moyen de mesure objectif qui nous renseigne sûrement sur la quantité de feu ? Or tout le monde s'accorde à reconnaître que le feu provoque la dilatation des corps, notamment celle des liquides et des vapeurs.

Aussi Boerhaave croit avoir trouvé avec le thermomètre l'instrument de mesure idéal, capable de le renseigner sur la quantité de feu contenue dans les corps puisque, précisément, son indication ne fait que rendre compte de la dilatation d'un liquide enfermé dans un tube clos.

Grâce à cet instrument, il réalise une découverte majeure : au repos, le feu se répartit uniformément dans tous les corps (ce que nous appelons maintenant l'équilibre thermique) alors qu'on pensait, à son époque, qu'il existait des "aimants du feu" (par exemple, si l'hiver on se trouve bien au chaud sous une couette, c'est que la

plume est un aimant du feu). Par ailleurs il lui est désormais possible de proposer une définition du feu : « J'entendrai par feu, précise Boerhaave, cette chose qui, quoique inconnue d'ailleurs, a en soi la propriété de pénétrer tous les corps tant solides que fluides et de les dilater par là, de façon qu'ils occupent un plus grand espace qu'auparavant. Je ne me rappelle pas qu'il y ait aucun être dans le monde qui ait ces deux propriétés, excepté celui que tous les hommes appellent feu ; et il n'est jamais présent dans aucun corps sans y produire ces deux effets ; plus il augmente, plus la dilatation des corps est grande ; or voilà une marque qui suffit en physique pour distinguer des corps particuliers ; et même on n'en a aucune d'une autre espèce, quoi que puissent dire certains philosophes oisifs prévenus en faveur de leurs subtiles spéculations. »

La citation complète méritait d'être donnée, y compris pour la pierre expédiée discrètement à la fin dans le jardin de Stahl (*in coda venenum*). Soulignons aussi l'expression "des corps particuliers". Elle est fondamentale puisqu'elle incline à considérer que le feu constitue un corps particulier, ce que Lavoisier appellera plus tard le calorique, dans le droit fil des réflexions de Boerhaave.

Reste une énigme de taille que Boerhaave ne peut (et ne veut) éviter. Certes le feu est très vraisemblablement de la matière (un corps particulier comme il dit) ; mais alors comment et pourquoi le frottement génère-t-il du feu ? Ce frottement, simple phénomène physique, peut-il créer de la matière ex nihilo ?

Ainsi, même s'il penche fortement vers l'existence d'un feu-matière, le grand chimiste hollandais ne pourra jamais définitivement trancher concernant son

interrogation initiale : « Le feu est-il un corps ou un phénomène, une substance ou un accident ? »

Il ne faudrait surtout pas croire que l'on soit revenu au point de départ. D'une part les considérations ingénieuses de Boerhaave ont permis (et vont permettre) de faire avancer notablement l'état de la question ; d'autre part son recours au thermomètre est un véritable trait de génie qui préfigure la thermochimie de Lavoisier et même celle de Berthelot.

#### 4 – POURQUOI L'ALCOOL ÉTEINT-IL LE FEU ?

Nous avons vu que Boerhaave met clairement à part le feu-combustion qui constitue à ses yeux un phénomène, un instrument. Stahl, par exemple, ne fait pas ce distinguo puisqu'il affirme que *la chaleur est un feu très divisé*.

Toutefois le chimiste hollandais demeure fidèle au postulat de son époque selon lequel le feu décompose, le feu détruit, le feu ne saurait accomplir ou représenter une mixtion ; toute autre proposition apparaîtrait comme extravagante.

Certes, mais le feu ne brûle pas tout : l'eau, les sels, par exemple, restent insensibles à ses flammes. Il faut donc envisager que les corps combustibles renferment un principe particulier, l'aliment du feu. Cet aliment du feu, quel est-il ? Pour parvenir à le mettre en évidence, Boerhaave opère sur un combustible idéal qui brûle sans donner de résidu : l'alcool (esprit de vin). Il observe qu'en plaçant au-dessus du feu d'alcool une cloche de verre froide, il recueille de l'eau par condensation. D'où vient-elle ? De l'aliment du feu ? Mais alors, pourquoi la combustion du soufre, qui lui aussi brûle totalement, n'en

donne-t-elle pas ? Boerhaave se range à l'hypothèse la plus raisonnable : l'alcool est constitué d'une association d'eau et d'aliment du feu, association détruite par la combustion.

Avec son honnêteté habituelle, le Professeur, qui n'a jamais succombé aux charmes du système de Stahl, lequel lui paraît (et pour cause) insuffisamment établi et justifié par l'expérience, nous confie sa perplexité : « Quant à moi, j'avoue que, fatigué de toutes les peines que j'ai prises pour cela, il y a longtemps que je n'ai rien désiré avec plus d'ardeur que de connaître la vraie nature de ce qu'il y a de véritablement inflammable dans l'alcool, parce que j'avais en cette liqueur une matière parfaitement inflammable : mes expériences m'avaient même appris depuis longtemps que les autres corps ne sont inflammables qu'autant qu'ils ont de cet alcool ou de quelque autre matière qui lui est très semblable en subtilité ; et que cette matière subtile en étant séparée, la matière épaisse qui reste n'est plus inflammable. Je me réjouissais donc dans l'espérance que si une fois je pouvais connaître cela dans l'alcool, je comprendrais aisément comment le feu peut être nourri par les autres corps combustibles ; mais quel ne fut pas mon étonnement lorsque je vis que l'alcool était converti par la flamme en une espèce de vapeur où je ne retrouvais plus ce même alcool après qu'il avait brûlé, et que tout ce qui me restait n'était que de l'eau pure ! Je reconnais donc qu'il y a ici des bornes au-delà desquelles il ne m'a pas été permis d'aller. »

Pourtant, sans peut-être bien s'en rendre compte, Boerhaave va plus loin que ces bornes en réalisant l'expérience suivante : il prend une braise en combustion (donc du feu) et la plonge rapidement dans un vase rempli d'alcool. Aussitôt elle s'éteint, au même titre que si elle

avait été plongée dans de l'eau. Que fait donc cet aliment du feu dont est supposé regorger l'alcool ? Si son rôle est d'alimenter le feu, pourquoi ne fait-il pas son boulot ?

Qu'on le veuille ou non, nous voici ramenés au rôle de l'air que Boerhaave ne peut éluder : « Il paraît clairement par cette expérience, qu'un feu ardent ne peut enflammer la plus combustible des matières connues, si ce n'est dans la superficie qui est contiguë à l'air ; et qu'au contraire, il s'éteint lorsqu'on l'enfonce tout entier dans la substance de cette matière inflammable, sans qu'il ait aucune communication avec l'air qui est autour. C'est là un phénomène très remarquable auquel on n'a presque pas fait attention. » Quarante ans plus tard, un certain Lavoisier ne restera pas "inattentif" à ce "phénomène très remarquable".

Enfin, pour terminer, mais sans épuiser le sujet, une question prégnante demeure : que devient l'aliment du feu lors de la combustion ? Une hypothèse séduisante voudrait qu'il se transforme en chaleur ; mais qui le prouve ? Écoutons Boerhaave lui-même. « Si nous réfléchissons attentivement sur tout ce qui a été démontré et rapporté jusqu'à présent, nous ne trouverons rien qui nous convainque qu'une matière combustible exposée à l'action du feu puisse se transformer en feu. J'ai cherché, j'ai examiné tous les arguments qui semblent le prouver, mais aucun ne m'a paru concluant ! »

Décidément, le feu n'est pas un phénomène simple.

## 5 – QUELLE EST LA COMPOSITION DE L'AIR ?

Au début du 18<sup>ième</sup> siècle, le statut de l'air demeurait encore, pour la plupart des chimistes,

extrêmement flou. Pour certains même, ce n'était qu'un liquide aux propriétés un peu bizarres, un liquide compressible et subtil en quelque sorte.

Boerhaave se voit très rapidement confronté à cette question : comment caractériser l'air ? Or, ce qui expérimentalement le frappe le plus, concerne sa résistance au mouvement. Aussi propose-t-il cette définition : « Par air, nous entendons ce fluide qui n'est presque sensible qu'autant qu'il se manifeste par la résistance qu'il oppose aux corps qui se meuvent rapidement dans les endroits où il est, ou par la grande vitesse avec laquelle il heurte contre les corps qui sont au repos en produisant du vent, ou un bruit qui agit sur l'organe de l'ouïe. »

Avec une définition aussi physique de l'air, le chimiste reste forcément sur sa faim et ne peut se retenir de poser la question qui lui brûle les lèvres : « Oui, mais...quelle est la composition chimique de l'air ? » Il est intéressant d'observer à quel point Boerhaave aborde la réponse sous un angle "écologique" ; l'air est un milieu profondément pollué dans lequel on trouve vraiment de tout : du feu, de l'eau, de la fumée, des particules végétales et animales, des semences, des exhalaisons de cadavres, des minéraux, des sels... Il convient de s'arrêter car, comme le précise Boerhaave : « nous ne connaissons presque aucune espèce de corps dont il n'y ait quelques particules qui voltigent dans l'air, sans en excepter même l'or, qui est pourtant le moins volatil des corps. » Et, pour lui, ces particules "voltigeuses" font partie intégrante de l'air, de sorte que « l'on ne trouve pas dans tout le monde un fluide qui soit composé d'un plus grand nombre de parties hétérogènes. »

Néanmoins, tous ces "polluants" doivent avoir une base, un support. Aussi Boerhaave fait appel à un "élément aérien" qui demeure très mystérieux. Il n'est

même pas certain qu'il présente une pesanteur. Tout ce que l'on peut affirmer c'est qu'il est moins subtil que le feu puisque, contrairement à celui-ci, il ne passe pas au travers des parois des récipients (verre ou autre). Possède-t-il au moins des propriétés chimiques ? Bien que la position de Boerhaave soit nuancée, il incline fortement vers une réponse négative : « Je suis porté à croire qu'il y a dans la Nature deux fluides dont les éléments ne s'unissent pas les uns avec les autres, et ne forment jamais avec d'autres corps une seule masse homogène ; que ces deux fluides sont l'air et le feu. » Si certaines propriétés chimiques de l'air devaient exister, elles ne sauraient être attribuées qu'à ses composants inélastiques.

Et pourtant...cette position est mise à mal par une observation bien connue à cette époque et que Boerhaave n'a garde d'oublier : « Avant de quitter l'examen des différents corpuscules et des diverses propriétés qui sont dans l'air, il faut encore remarquer qu'il contient quelque chose de tout à fait salutaire ou nécessaire à la vie des animaux et des plantes. »

En effet, les constatations à cet égard se présentent de façon surabondante. En l'absence prolongée de l'air, les plantes et les animaux (y compris les poissons) meurent ; les graines ne peuvent germer ; le feu lui-même s'éteint. Boerhaave le sait et ne peut que s'en étonner, tout en appelant de ses vœux le chimiste improbable et providentiel capable d'élucider ces mystères : « Tout cela nous prouve donc qu'il y a dans l'air quelque vertu cachée que nous ne pouvons pas connaître par le moyen de ses autres propriétés dont il a été question. Sendivogius a prétendu qu'il y avait dans l'air un aliment propre à conserver la vie ; d'autres chimistes ont dit la même chose. Mais on ignore ce que c'est que cet

aliment, comment il agit et quels sont proprement ses effets. Heureux qui pourra dissiper cette ignorance. Quant à moi tout ce que je puis dire se borne à proposer cette question : Cet aliment ne consiste-t-il pas dans la seule partie élastique de l'air ? »

## 6 – Y A-T-IL DE LA TERRE DANS LES MÉTAUX ?

De nos jours une telle question semble plutôt déplacée. En 1730 elle était loin de l'être car la tradition voulait que l'on associe directement les propriétés des corps à leur composition chimique. Par exemple, comme nous l'avons vu, tous les combustibles contiennent le même "aliment du feu", tous les airs (ou gaz) le même élément aérien, mais aussi, pour beaucoup, tous les métaux du mercure et tous les liquides de l'eau.

A cette époque où la nomenclature des corps demeurait encore très imprécise, et parfois totalement incorrecte, on distinguait d'une part les fixes et d'autre part les volatils. Ainsi, la plupart des métaux font preuve d'une fixité incontestable, dont il convient dès lors de déterminer l'origine.

Or, précisément, parmi les quatre éléments d'Aristote, la terre résiste à toute distillation et mérite de symboliser et de conférer la fixité ; donc, si les métaux sont fixes, c'est qu'ils contiennent de la terre. C.Q.F.D. Ainsi Stahl, l'un des partisans de cette théorie, après avoir observé que les métaux présentent de la fixité, de la densité, de la sécheresse et sont susceptibles d'être calcinés, annonce qu'ils se composent de deux terres et du phlogistique :

Métal = terre vitrifiable + terre mercurielle + phlogistique

Au passage, on peut s'étonner de constater à quel point les chimistes, pourtant à la recherche fébrile des éléments, se sont donné du mal pour essayer d'établir le caractère composé des métaux.

Quant à lui, Boerhaave se garde bien de succomber à ces démonstrations expéditives dans lesquelles l'expérience tient si peu de place. Toujours pragmatique, il se contente de poser cette question simple : « Avez-vous vu de la terre dans les métaux ? » Certains chimistes ont répondu affirmativement en prétendant que le produit obtenu par calcination des métaux n'est autre que de la terre. Cette pirouette est loin de convaincre Boerhaave : « A mon avis, ce qu'ils tirent des métaux n'a pas les caractères de la véritable terre et l'on ne doit pas lui en donner le nom, si l'on veut parler exactement. » Il préfère conduire ses propres expériences en utilisant du mercure. Certes, il lui arrive d'obtenir des produits (en fait des oxydes) doués d'une incontestable fixité, mais cette seule constatation ne suffit pas, pour lui, à en faire de la terre : « Il est aisé de se convaincre que le mercure est un protégé<sup>6</sup> qui peut revêtir mille formes différentes, toujours nouvelles, et en imposer ainsi à ceux qui ne sont pas sur leurs gardes, quoique cependant il reste toujours le même. »

Ce que Boerhaave vient d'écrire pour le mercure peut être facilement étendu à presque tous les métaux, qui donnent effectivement des chaux métalliques par calcination, mais sans que ces chaux puissent être assimilées à de la terre. D'abord à chaque métal correspond une chaux bien particulière (et non une terre en général) ; ensuite à partir de chacune d'elles, il est possible de récupérer le métal correspondant, par une manipulation simple. Aussi, comme le dit Boerhaave, « quiconque se croirait autorisé à prendre ces

chaux pour de la terre élémentaire, serait fondé à soutenir qu'il peut convertir, à volonté, cette terre en métal, sans beaucoup de peine. » Proposition peu cohérente en effet.

Ainsi, la conclusion coule de source : les métaux ne contiennent pas de terre. Toutefois, comme Boerhaave est passé à côté du phénomène d'oxydation, il est conduit à considérer toute chaux métallique comme une "autre forme" du métal lui-même, ce qu'il appelle un protée.

Il est intéressant de noter à cet égard qu'il se conforte dans cette conviction en observant que les chaux métalliques possèdent souvent des vertus thérapeutiques très proches de celles des métaux correspondants. Sa réputation de médecin éclipsait presque, il est vrai, celle qu'il avait acquise en chimie.

### **UN MOT POUR LA FIN**

Les six questions ci-dessus ne représentent qu'un échantillon des contributions de Boerhaave aux débats qui agitaient la chimie au début du 18<sup>ième</sup> siècle. Elles permettent néanmoins de constater que les pistes de réflexion ainsi dégagées se sont montrées d'une fécondité prodigieuse, qui déterminera en grande partie l'évolution de la chimie jusqu'à la fin du siècle et même au-delà.

Un historien un peu "provoc" pourrait même se permettre cette question, certainement sacrilège, mais pas forcément incongrue : Lavoisier a-t-il "inventé" la chimie moderne ou s'est-il contenté de répondre avec brio aux bonnes questions de Boerhaave ?

## NOTES

1. Pour la plupart des chimistes du 18<sup>ième</sup> siècle, une documentation relativement abondante et facilement accessible existe, notamment sur le net. Rien de tel en ce qui concerne Boerhaave. Mis à part les textes du professeur hollandais eux-mêmes, seul, à ma connaissance, l'ouvrage d'Hélène Metzger : *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, auquel je dois beaucoup, apporte un éclairage complet et intelligent sur son œuvre.
2. En fait des notes de cours circulaient dès 1724.
3. Un menstrue (mot masculin) désignait tout liquide capable de liquéfier un solide.
4. La science a toujours eu le chic, quand elle coince, d'utiliser des mots qui ne veulent rien dire. Ici la dissolution est attribuée à une "propriété dissolvante".
5. Raffaëlle Piria (1815 – 1910). Il fut le maître de Cannizzaro. La réaction qui porte son nom consiste à opérer une thermolyse de l'acétate de calcium, pour obtenir de l'acétone (du latin *acetum* = vinaigre).
6. Du nom du dieu marin Protée, qui pouvait changer de forme à volonté.