



musée des arts et métiers

L E S C A R N E T S

## ANTOINE LAURENT LAVOISIER



En apprenant aux chimistes l'usage de la balance, du thermomètre, du baromètre et du calorimètre [...] Lavoisier leur a ouvert des routes inconnues qui conduisent sûrement à la vérité.

Pasteur, « *Eloge de Lavoisier* », 1836

1743-1794

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

L E S H O M M E S

## Antoine Laurent Lavoisier



La maquette du laboratoire de chimie de madame de Genlis, 1783, inv. 131.

### ■ Les premiers « chimistes »

La chimie étudie la constitution intime des corps, leurs transformations et leurs propriétés. La constitution intime n'est que tardivement connue mais les pratiques liées à la transformation des corps apparaissent tôt dans l'histoire de l'humanité. Les métaux — cuivre, or, argent, fer, étain, antimoine, mercure, plomb — sont fabriqués depuis plus de 3000 ans. Les arts chimiques de la poterie, du verre, des émaux, de la teinture remontent à l'Antiquité. Les Egyptiens fabriquent du savon, du plâtre, du soufre. Les Chinois font des feux d'artifice avec un mélange de salpêtre, de carbone et de soufre.

### ■ Les doctrines

Le premier, Démocrite (460-370 av. J.-C.) pense que les corps sont formés d'atomes. Mais, pour Empédocle (490-435 av. J.-C.) puis Aristote (384-322 av. J.-C.), toute matière provient de la combinaison, en proportions variées, de quatre éléments : le feu, l'air, l'eau, la terre. Aristote définit aussi quatre propriétés : le chaud, le froid, l'humide et le sec. Ses conceptions garderont force de lois, sous des formes diverses et parfois contradictoires, jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle.

### ■ La quête alchimique

L'alchimie est une pratique souvent secrète et dangereuse, sœur de la magie ; florissante au Moyen Age, ses débuts remontaient au III<sup>e</sup> siècle avant J.-C. Il ne s'agit plus de fabriquer des matériaux mais la pierre philosophale pour obtenir de l'or à partir de métaux communs. C'est aussi une quête spirituelle, la pierre philosophale purifie et illumine le corps et l'âme de l'alchimiste et l'infusion alcoolique de cette pierre est un élixir d'éternelle jeunesse.

### ■ Alchimistes d'Orient et d'Occident

Le mot alchimie vient de l'arabe et, jusqu'au XII<sup>e</sup> siècle, les plus grands alchimistes et parmi eux, Geber, sont arabes. Savants et docteurs latins vont s'initier à cette science nouvelle. Certains sont célèbres, tels : au XII<sup>e</sup> siècle Albert le Grand, dominicain allemand ; Roger Bacon physicien, astronome et médecin ; saint Thomas d'Aquin, théologien célèbre ; et au XIII<sup>e</sup> siècle, Nicolas Flamel, grand alchimiste ou charlatan ? Ils ne trouvent pas la pierre philosophale mais savent préparer : alcool, ammoniac, acides sulfurique et nitrique, certains oxydes et sulfures métalliques ...

### ■ Vers une nouvelle chimie

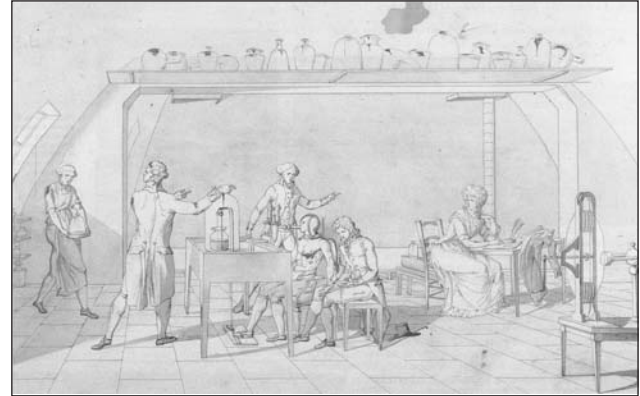
Au XVI<sup>e</sup> siècle Paracelse est alchimiste, professeur et médecin renommé ; Bernard Palissy, célèbre pour ses recherches sur l'émail, est aussi professeur de chimie. Les techniques expérimentales se sont affinées, les connaissances pratiques enrichies, mais la théorie n'a pas évolué : chimistes et alchimistes s'appuient toujours sur les idées d'Aristote. La nomenclature reste confuse, un corps obtenu de deux façons différentes porte deux noms, et un même nom, tel alcali, peut désigner des corps différents. Au XVII<sup>e</sup> siècle, le grand chimiste anglais Robert Boyle distingue les mélanges des combinaisons, il s'élève contre les partisans d'Aristote et précise : « un élément est ce qui est indécomposable ». Au XVIII<sup>e</sup> siècle, la théorie du phlogistique de Stahl pose l'existence d'un principe inflammable le phlogistique, qui a parfois une masse négative ! Avec Lavoisier et ses collaborateurs, on va assister à la naissance d'une nouvelle chimie.

*Antoine Laurent Lavoisier*

Portrait d'Antoine Laurent Lavoisier et de sa femme, tableau de David, 1788, inv. 20772.

### ■ Une enfance endeuillée

Antoine Laurent Lavoisier naît à Paris le 26 août 1743 ; son père, Jean-Antoine Lavoisier, est procureur au Parlement de Paris ; sa mère, Emilie Punctis, est la fille d'un riche avocat. Il a deux ans à la naissance de sa sœur, un an plus tard leur mère meurt. Les deux enfants sont élevés par leur jeune tante Constance, sa sœur meurt à l'âge de 15 ans.



Lavoisier dans son laboratoire de l'Arsenal, dessin de Madame Lavoisier.

### ■ Un goût très vif pour les sciences

Les études d'Antoine se déroulent au Collège Mazarin, actuel Institut de France. Élève brillant, il obtient, en 1760, le second prix du « Discours français » au Concours Général. Il est séduit par les idées du philosophe Condillac sur le langage. Il assiste aux leçons de mathématiques et d'astronomie de Nicolas de la Caille. A 18 ans, il termine ses études secondaires.

Sur les conseils de son père, il s'inscrit en Droit, passe sa licence trois ans plus tard, est reçu avocat. Mais, passionné par les sciences, «...il veut les connaître toutes avant de se fixer ».

Il étudie la météorologie, suit les cours de physique expérimentale de Jean Nollet, s'initie à la botanique avec Bernard de Jussieu, assiste aux séances de chimie de Guillaume Rouelle.

En 1766, il présente deux mémoires à la prestigieuse Académie Royale des Sciences : l'un, sur *l'éclairage d'une grande ville, la nuit* ; l'autre sur *le gypse et le gâchage du plâtre*.

Il accompagne un ami de son père, Jean-Etienne Guettard, minéralogiste et académicien, dans un périple dans l'Est de la France pour dresser un bilan des ressources minières.

## Antoine Laurent Lavoisier

### ■ L'année de ses vingt-cinq ans

En 1768, à 25 ans, grâce à sa fortune et aux relations de son père, il entre à la Ferme générale. C'est une compagnie privée chargée de collecter les impôts indirects : la gabelle ou impôt sur le sel, les taxes sur le tabac et les alcools et les droits d'octroi. Cette fonction lui assurera une très grande aisance financière.

La même année, le 18 mai, il devient adjoint-chimiste à l'Académie des sciences. Il gravira tous les échelons de la hiérarchie et sera, durant 25 ans, l'un des membres les plus actifs.

Deux des volets complémentaires de sa réussite sont en place : il sera grand financier et savant.

### ■ Muse et épouse à la fois...

En 1771, il se marie avec la fille d'un Fermier général : Marie-Anne Paulze, âgée de treize ans.

Ils s'installent à l'Arsenal, près du canal Saint-Denis. Tous les lundis, ils reçoivent à dîner des académiciens ou des savants étrangers. Maîtresse de maison brillante, Marie-Anne suit de très près les travaux de son mari, participe aux discussions qui animent ses dîners. Elle étudie l'anglais, traduit des livres de chimie, prend des cours de dessin, s'initie à la gravure et illustre les treize planches du *Traité de chimie* de Lavoisier.

### ■ Une vie si bien organisée

A la Ferme générale, Lavoisier est un administrateur efficace : il combat les fraudes, modernise les ateliers de fabrication du tabac.

En 1772, il est nommé par Turgot, directeur de la Régie des poudres et salpêtres. Il améliore la production de salpêtre, augmente les recettes de l'Etat... et sa fortune personnelle.

Entre 1778 et 1780, il acquiert plusieurs propriétés situées près de Blois, gère son domaine où il passe deux mois par an.

Son emploi du temps est inflexible : lever au petit jour, laboratoire de 6 à 8 heures, fonctions administratives ou académiques dans la journée, retour au laboratoire de 19 à 22 heures ; le samedi, « ce jour était le jour du bonheur » dira madame Lavoisier, est consacré à la chimie.

En 1785, il est nommé directeur de l'Académie des sciences.

### ■ Dans la tourmente de la révolution

Lavoisier est élu, en 1787, député du Tiers-Etat, à l'Assemblée de l'Orléanais. Il souligne le caractère injuste de la corvée, s'élève contre les privilèges de la noblesse. Membre de la Société des amis des Noirs, il veut abolir l'esclavage.

Mais il est Fermier général et, pour renforcer les contrôles sur les droits d'entrée dans Paris, il a fait construire, en 1785, un mur d'octroi autour de la ville ; grand propriétaire terrien, il s'est indigné des ravages causés par le bétail errant des paysans sans-terre.

Impopulaire, malmené par Marat qui dénonce les « mandarins » de l'Académie, il est rejeté par le Tiers-Etat ; noble depuis 1775, il devient député-suppléant dans l'ordre de la noblesse.

En avril 1791, il est commissaire de la Trésorerie nationale.

Il présente à l'assemblée législative le bilan des finances de l'État, ce bilan pessimiste déplaît, il quitte la Trésorerie en février 1792.

Le 8 août 1793, la Convention supprime toutes les Académies. Le gouvernement révolutionnaire accuse les fermiers généraux de fraude. Arrêté le 28 novembre 1793, Lavoisier présente une défense argumentée, en vain ! Il est guillotiné le 8 mai 1794. Sa femme parvint à récupérer ses écrits et ses biens confisqués et fit publier ses *Mémoires de chimie*.

*Antoine Laurent Lavoisier*

En vingt-cinq ans d'activité, Lavoisier embrasse de multiples carrières : chimiste et l'un des plus grands, expert scientifique, administrateur, contrôleur des finances, banquier et agronome.

**LA RÉVOLUTION CHIMIQUE**

■ **Le phlogistique disparaît, l'air et l'eau livrent leurs secrets**

Pour Georg Ernest Stahl (1660-1734), les réactions de combustions ou de calcination sont dues à une libération de « phlogistique » contenu dans les combustibles et les métaux ; au contraire, pour obtenir un métal à partir de son minerai, il faut chauffer et lui apporter du phlogistique.

Dès 1772, Lavoisier réalise diverses combustions : celles du soufre, du phosphore, de l'étain. Il calcine l'étain dans un vase clos, en présence d'air, mesure les masses avec soin : la masse totale n'a pas changé, celle du solide a augmenté. En 1774, Priestley a obtenu de « l'air déphlogistiqué » en chauffant de l'oxyde mercurique. Lavoisier refait l'expérience, obtient les mêmes résultats.

Il interprète toutes ces réactions : l'air est un mélange de deux gaz : l'air déphlogistiqué, l'oxygène et la mofette, l'azote. Il reconstitue l'air par le mélange de ces deux gaz. L'air n'est pas un élément et ce n'est pas le mystérieux phlogistique mais l'oxygène de l'air qui intervient dans toutes ces réactions.

En 1781, en faisant brûler du diamant, il établit la composition du gaz carbonique.

Il pense qu'en brûlant « l'air inflammable », l'hydrogène, isolé en 1766 par Cavendish, doit produire un acide. Il fait construire deux grands gazomètres contenant l'un de l'hydrogène, l'autre de l'oxygène. Il réalise cette expérience le 24 juin 1783 et obtient ... de l'eau !

Avec Jean-Baptiste Meusnier, il présente un mémoire à l'Académie sur la fabrication de l'hydrogène obtenu en faisant passer de l'eau dans le canon d'un fusil chauffé au rouge. L'eau n'est pas un élément.

Il écrit : « ... il y a égale quantité de matière avant et après l'opération. » Ce n'est pas une vérité nouvelle, la balance était utilisée avant lui. L'originalité novatrice de Lavoisier réside dans la réalisation d'expériences de qualité avec des appareils de conception ingénieuse d'une très grande précision et l'interprétation globale cohérente qu'il en donne.



*Ballon utilisé pour la synthèse de l'eau, 1786, inv. 7548.*

■ **Les débuts de la calorimétrie**

Avec Laplace, il conçoit les premiers calorimètres, effectue les premières mesures de chaleur de réaction et détermine les valeurs de chaleurs spécifiques de certains corps (air, oxygène).



*Calorimètre original de Lavoisier, vers 1780, inv. 752.*

## Antoine Laurent Lavoisier

### ■ La nouvelle nomenclature

Le safran de Mars, le vitriol de Chypre, l'esprit de Vénus... Guyton de Morveau avait réfléchi à une nouvelle nomenclature ; elle voit le jour après les travaux de Lavoisier sur l'air et l'eau, elle est l'œuvre de Guyton de Morveau, Lavoisier, Fourcroy et Berthollet. Elle se fonde sur la distinction entre corps simples et corps composés et se veut avant tout rationnelle. La structure du cours de chimie change : au lieu d'être une somme de monographies, l'étude présente une organisation logique, avec trois noms créés pour les corps étudiés par Lavoisier : oxygène, hydrogène, azote. Lavoisier propose des suffixes en -ate, -ite, -ique pour les corps de même nature. Il utilise cette nomenclature dans son *Traité élémentaire de chimie* qui obtient un franc succès.

Une nouvelle chimie est née, le phlogistique et la théorie d'Aristote appartiennent au passé.

### ■ Autres travaux scientifiques

Lavoisier participe à la Commission des poids et mesures de l'Assemblée. Il détermine, avec Haüy, la valeur de l'unité de « poids » : le grave. Ils opèrent par double pesée avec la balance de Fortin la précision obtenue est de 1/ 20 000. Il réfléchit aux relations entre le monde minéral et le monde vivant, conçoit le rôle nutritif de l'air et du sol, et arrive à la notion de cycles.

Avec Marc Seguin, il étudie la respiration et la transpiration. Ils montrent que la chaleur animale résulte de combustions faisant intervenir le carbone et l'hydrogène

Il perfectionne les procédés de raffinage du salpêtre. Son élève Eleuthère Irénée Dupont de Nemours installe, en Amérique, une poudrerie promise à un bel avenir. Précurseur de la mécanisation, Lavoisier suggère de construire des éoliennes pour actionner les moulins à poudre mus à la main.

### ■ L'hygiène et la santé

Académicien, il s'intéresse aux problèmes de pollution de l'air et de l'eau, à la réforme des prisons et à la reconstruction des hôpitaux parisiens. Quatre points sont essentiels : la propreté, l'eau en abondance, une bonne circulation d'air, des règles d'hygiène.

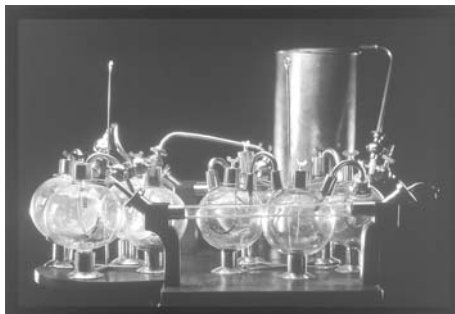
### ■ L'économie

Le 15 mars 1791, il présente à l'Assemblée un *Mémoire sur la richesse territoriale de la France*. On y trouve des tableaux détaillés concernant la répartition de la population, le cheptel, la consommation de céréales, de viande et de vin, la surface des cultures. Ce travail novateur est précurseur de la statistique moderne.

Dans tous ces domaines, Lavoisier excelle. Ses secrets résident dans des mesures bien prises, des bilans tenus à jour, un langage précis.



Grande balance de Fortin, 1788, inv. 19887.

*Antoine Laurent Lavoisier*DES OBJETS DE LAVOISIER DANS  
LA COLLECTION DU MUSÉE

Appareil pour l'étude de la combustion des huiles de Fortin, 1788, inv. 7549.



Baromètre à double colonne de Mégnié, 1779, inv. 19949.



Gazomètre de Mégnié le jeune, 1787, inv. 7547.

Lors de la confiscation de ses biens en 1794, on fit l'inventaire de 13 000 appareils de chimie et 250 instruments de physique : une fortune. Les objets les plus représentatifs de son laboratoire de l' Arsenal sont au Musée des arts et métiers. Par la qualité des échanges qu'il eut avec ses ingénieurs - fabricants et les investissements qu'il fit, l'apport de Lavoisier à l'évolution de l'instrument scientifique est considérable.

### ■ Collections

- Gazomètres de Mégnié le jeune, 1787, inv. 7547-1.
- Ballon de Lavoisier et Meusnier, 786, inv. 7548.
- Balance de Mégnié, 1750-1800, inv. 19885.
- Petite balance de Megnié ( pesée 600g, précision 5 mg), 1750-1800, inv. 19886.
- Grande balance de Fortin ( pesée 10 kg, précision 25 mg), 1788, inv. 19887.
- Calorimètre de Lavoisier et Laplace, 1750-1800, inv. 7520.
- Aréomètre à plateaux, inv. 19957.
- Appareil pour l'étude de la combustion des huiles de Fortin, 1788, inv. 7549.
- Thermomètre à mercure de Mossy, inv. 19914.
- Baromètre à 2 colonnes de Fortin, 1779, inv. 19949.

### POUR EN SAVOIR PLUS

« Les pères fondateurs de la science : Lavoisier », *Les cahiers de science et vie*, hors série n°14, 1993

« Le Laboratoire de Lavoisier », Musée des arts et métiers, *La Revue*, n°6, mars 1994

*Il y a 200 ans Lavoisier*, Académie des sciences, Lavoisier Tec et doc, 1995

Bernadette Bensaude et Annie-Claude Martin, *Dans le laboratoire de Lavoisier*, Nathan, Musée des arts et métiers, 1993

Robert Massain, *Chimie et chimistes*, Magnard, avril 1982

Jean-Pierre Poirier, *Antoine Laurent de Lavoisier*, éditions Pygmalion, 1993

Sites sur Internet :

<http://histoirechimie.free.fr/lien/LAVOISIER.htm>

<http://historyofchimie.free.fr/Comite-Lavoisier/html>

<http://moro.imss.fi.it/lavoisier>

Les collections du Musée des arts et Métiers sont aussi consultables sur Internet.

Adresse électronique :

<http://www.arts-et-metiers.net>

## Antoine Laurent Lavoisier

## ■ Peser des gaz : ce n'est pas si simple

Il faut : un pèse-lettre (1), des ballons de baudruche (2), un petit cordonnet (3).

Pesez les ballons de baudruche et le cordonnet.

1 litre d'air a une masse de 1,3 gramme environ à la température et la pression ambiantes.

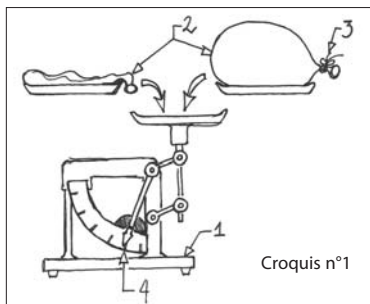
Gonflez vos ballons, attachez-les au pèse-lettres (4) à l'aide du cordonnet.

Avez-vous pesé l'air contenu dans vos ballons ?

Pas du tout ! Pourquoi ? À cause d'Archimède

ou plutôt de la poussée d'Archimède qui s'exerce sur

les ballons gonflés et est égale au poids de l'air dans les ballons.



## ■ Fabriquer du dioxyde de carbone (gaz carbonique)

N'utilisez pas de diamant ! Il vous faut : une petite bouteille en plastique (5), du carbonate de sodium que vous trouvez chez le pharmacien, du vinaigre d'alcool, un verre doseur, une petite cuillère, un entonnoir, un ballon de baudruche.

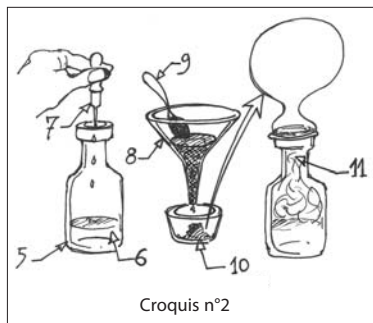
Versez 50 ml de vinaigre (6) et quelques gouttes de jus de chou rouge (7) (voir expérience suivante) dans la bouteille.

Puis, à l'aide de l'entonnoir (8) et de la petite cuillère (9), faites tomber 5 g environ de carbonate de sodium (10) au fond du ballon de baudruche.

Ajustez celui-ci sur l'encolure de la bouteille puis faites tomber le carbonate de sodium dans le vinaigre. Observez (11).

Si vous disposez d'une balance sensible au gramme, vous pouvez peser avant et après la réaction. Rien ne se perd, rien ne se crée : la différence vous donne le poids du volume de gaz formé.

Vous pouvez faire la même expérience avec 10 ml et 100 ml de vinaigre et la même masse de carbonate de sodium, sans oublier le jus de chou.

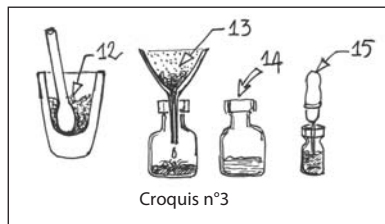


## ■ D'un autre usage du chou rouge

Lorsque Lavoisier a réalisé la synthèse de l'eau, il croyait obtenir un acide. Pour reconnaître les acides les chimistes utilisaient des indicateurs colorés : sirop de violette ou de bleuets, liqueur de tournesol qui n'ont pas la même couleur en milieu acide et en milieu basique. Nous pouvons utiliser du jus de chou rouge ; il est rouge en milieu acide et bleu ou vert jaunâtre en milieu basique.

Faites broyer, par un adulte, 4 à 5 feuilles de chou rouge (12) pour obtenir environ 10 ml de jus. Filtré ce jus à l'aide d'un filtre à café (13). Diluez-le avec un même volume d'eau (14). Versez dans un petit flacon muni d'un compte-gouttes (15).

Vous pouvez tester le caractère acide ou basique du vinaigre, du coca, du jus de citron ou d'orange, de l'aspirine, du carbonate de sodium dissous dans l'eau... en versant quelques gouttes de votre indicateur dans un pot de yaourt contenant le liquide à tester.



- Rédaction : Jacqueline Burger
- Schémas et pédagogie : Serge Picard
- Coordination : Claudette Balpe
- Impression : Alphagraph
- Photos : Studio Photo CNAM ; JC Wetzel, Musée des Arts et métiers - CNAM Photo Pascal Faligot / Seventh Square
- Musée des arts et métiers Service éducatif 292, rue Saint-Martin — 75003 Paris

ISBN : 2-908207-88-5