

5.3 Les composés et les éléments

Examine la section surlignée de la figure 5.16. Le terme « composé » a la même racine que le terme « composer », qui signifie, entre autres, former par assemblage. Les **composés** sont des substances pures formées de deux ou de plusieurs éléments combinés chimiquement. On peut diviser les composés de nouveau en éléments par des moyens chimiques.

Que sont les éléments exactement? Dans cette section, tu verras comment nos connaissances des éléments ont évolué depuis les premières idées énoncées à ce sujet jusqu'aux idées que les scientifiques acceptent aujourd'hui.

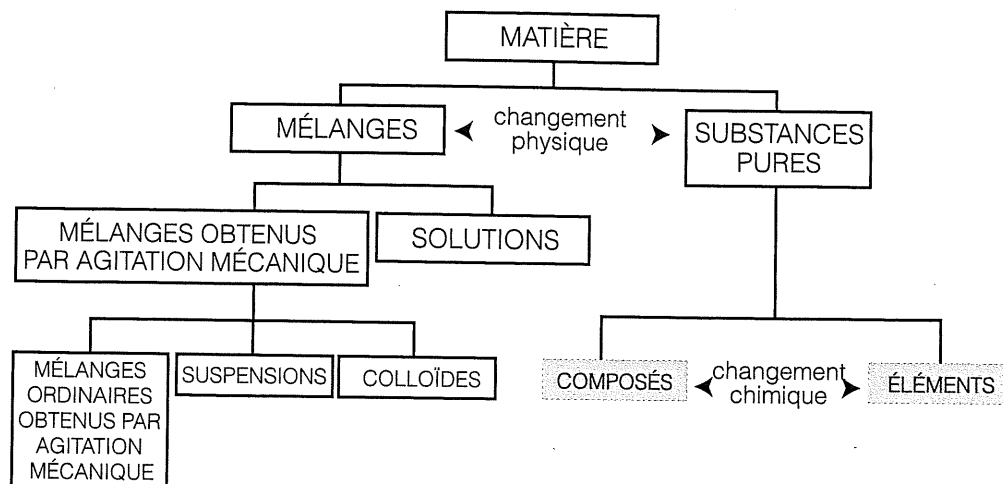


Figure 5.16 Jusqu'à présent, ton attention s'est portée sur l'aspect du tableau concernant les mélanges. Mais les chimistes savent aussi que les substances pures se répartissent en deux catégories : les éléments et les composés. D'après toi, que signifient la flèche et sa légende, entre les composés et les éléments ?

L'évolution de la perception des éléments

Il y a très longtemps, des érudits qu'on appelait les **philosophes** (des penseurs) se demandaient pourquoi la matière se conduisait comme elle le faisait. Les philosophes manipulaient la matière dans leur esprit, mais ils ne faisaient presque aucune recherche ni expérience pratique. La figure 5.17 indique ce que les anciens philosophes grecs pensaient de la matière.

En Europe, cette perception des éléments a duré jusqu'au début du XVII^e siècle, puisque la plupart des érudits croyaient encore que la sagesse venait de la pensée et non pas de l'expérimentation. Ces érudits croyaient aussi que seules les connaissances consignées par les anciens philosophes étaient valables et que ces connaissances « approuvées » ne pouvaient et ne devaient être remises en question.

Mais les philosophes n'étaient pas les seuls à avoir un avis sur la matière. Depuis des siècles, les **alchimistes** se livraient à des expériences pratiques sur la matière. Moitié pharmaciens, moitié mystiques, les alchimistes pratiquaient leur art dans toute l'Europe et au Moyen-Orient. Selon leur vision des éléments, les alchimistes étaient fermement convaincus que certains éléments pouvaient se transformer en d'autres éléments. Ils croyaient, en particulier, que les métaux « vils » (c'est-à-dire de faible valeur), comme le plomb, pouvaient se transformer en or. Les alchimistes ont mis au point plusieurs procédés fort utiles, comme la distillation, et ont vérifié les propriétés de plusieurs métaux. Mais leurs découvertes étaient gardées secrètes. Plusieurs alchimistes ont inventé leurs propres symboles et des codes secrets pour que personne ne puisse partager leurs découvertes.

Le savais-tu ?

On a utilisé l'or, l'argent, le cuivre, le fer et d'autres métaux pour fabriquer des bijoux et des outils, et pour décorer des poteries bien avant qu'on ait identifié ces métaux scientifiquement comme des éléments. Les technologies qu'on utilisait dans le passé étaient très perfectionnées.

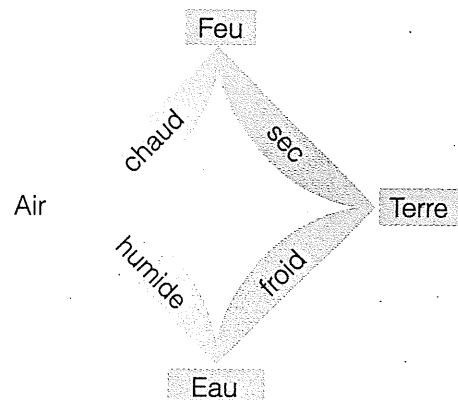


Figure 5.17 Selon la théorie des quatre éléments des Grecs, toute la matière se composait d'une combinaison de quatre éléments seulement. Ces quatre éléments pouvaient tout expliquer dans le monde physique.



ACTIVITÉ de recherche

Collectionne les éléments

Les alchimistes ont travaillé pendant des siècles pour comprendre les sept métaux que nous appelons aujourd'hui éléments, mais ils n'utilisaient pas le même terme que nous. Ces métaux sont l'or, l'argent, le cuivre, le mercure, le plomb, l'étain et le fer. Dans cette activité, tu découvriras beaucoup de choses sur ces éléments.

Ce que tu dois faire

1. Commence une « collection d'éléments » avec les sept métaux des alchimistes. Écris le nom de chaque élément sur une fiche ou choisis un autre moyen de consigner ce que tu as appris. Tu voudras peut-être utiliser un programme informatique.
 2. Utilise des ressources imprimées et électroniques pour faire des recherches sur ces éléments. Consigne l'information que tu trouves, notamment à quel moment chaque élément a
3. Chaque élève de la classe devra se choisir un autre élément. À la fin du module, tu devras présenter ton élément « spécial » en utilisant le moyen de ton choix, par exemple, une affiche, une présentation vidéo ou un exposé oral avec des photos.
 4. Ajoute des fiches pour les autres éléments que tu as découverts dans ce module.
 5. Si tu as besoin d'aide pour tes recherches, va à l'annexe B : Utiliser efficacement les ressources documentaires et Internet, à la page 560.

La perception actuelle des éléments a vu le jour au début du XVII^e siècle. Une nouvelle attitude par rapport aux connaissances commençait alors à émerger. Sir Francis Bacon (1561-1626) a fait une contribution très importante grâce à la façon dont il a utilisé une méthode scientifique pour découvrir le monde physique. En 1620, Bacon a publié un ouvrage où il avançait que la science devait s'appuyer sur des preuves expérimentales et non pas uniquement sur des hypothèses philosophiques.

Peu de temps après, Robert Boyle (1627-1691) a lui aussi fait une contribution importante quand il a exprimé son scepticisme face à la théorie des quatre éléments des anciens philosophes. En 1661, il a publié *The Sceptical Chymist* (Le chimiste sceptique), ouvrage dans lequel il décrivait les éléments comme de simples corps qui ne se mélangent pas. Boyle reconnaissait aussi que les éléments pouvaient se combiner pour former des composés. Mais Boyle n'a pas précisé les matériaux qui, d'après lui, étaient des éléments et les matériaux qui étaient des composés. Toutefois, sa description a été largement acceptée à l'époque et a jeté la base de notre définition moderne des éléments.

Les idées de Bacon sur la méthode scientifique et les idées de Boyle sur les éléments ont donné lieu à des recherches approfondies sur les éléments, recherches qui s'appuyaient sur cette nouvelle façon d'étudier la matière.

Le savais-tu ?

Robert Boyle a participé à la fondation de la Royal Society of London for the Advancement of Science. Depuis lors, la Royal Society a fait office de plaque tournante des connaissances. Il s'agit d'un endroit où les scientifiques peuvent partager leurs expériences et continuer à accumuler de nouvelles connaissances. Aujourd'hui, la Royal Society entreprend aussi des projets quand il y a un besoin spécial. Ainsi, on compte, au nombre des projets en cours, des méthodes de recherche pour réhabiliter des sections de la forêt tropicale humide qui ont été coupées ou brûlées.

L'élaboration d'une vision moderne des éléments

L'un des tests types que tu viens de découvrir permet de détecter un composé, le bioxyde de carbone, alors que les deux autres tests permettent de détecter des éléments. Un des côtés passionnants de l'histoire des éléments est la façon dont les scientifiques ont appris à décomposer la matière par des procédés chimiques ordinaires jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible de la décomposer en substance plus simples. De cette façon, les chimistes pouvaient déterminer si une substance était un élément ou un composé.

Au cours des XVII^e et XVIII^e siècles, les scientifiques ont décortiqué la matière. Ils ont chauffé, brûlé, mélangé et refroidit la matière. Antoine Lavoisier (1743-1794) était un pionnier dans le domaine. Il a défini les éléments comme des substances pures impossibles à décomposer en substances plus simples par un changement chimique. Il s'agit encore d'une partie de la définition que nous utilisons aujourd'hui. Lavoisier a identifié 23 substances pures connues comme des éléments.

Lavoisier mesurait très soigneusement la masse. C'était l'une de ses techniques les plus concluantes en tant qu'expérimentateur. Lavoisier mettait l'accent sur l'importance de mesurer la masse de toutes les substances comprises dans un changement chimique, ce qui est essentiel pour émettre des déductions

raisonnables en ce qui concerne les substances.

Au XIX^e siècle, on utilisait une nouvelle façon d'étudier la matière. Alessandro Volta venait d'inventer la pile voltaïque, dispositif que nous appelons maintenant une batterie. La pile voltaïque n'était pas aussi pratique que les piles sèches que nous connaissons aujourd'hui, mais elle fournissait déjà une source fiable de courant électrique. Presque immédiatement, les scientifiques ont commencé à utiliser ce nouvel outil, d'abord en faisant passer de l'électricité dans de l'eau.

Les scientifiques ont découvert qu'il se produisait de l'hydrogène et de l'oxygène à l'état gazeux lorsque le niveau de l'eau baissait légèrement. Ils en ont déduit qu'une partie de l'eau s'était décomposée en hydrogène et en oxygène.

Le chimiste anglais Humphry Davy (1778-1829) a fait des expériences pour savoir s'il était possible de décomposer des substances autres que de l'eau avec du courant électrique. Après avoir compris qu'il devait commencer avec un minéral à l'état liquide ou, tout au moins, avec une solution d'un minéral, il a réussi à isoler du potassium, du sodium, du magnésium, du calcium, du strontium et du barium en l'espace de deux ans, soit en 1806 et 1807. L'adjoint de Davy, Michael Faraday, a nommé cette méthode l'électrolyse.

Dans l'expérience 5-C, tu auras l'occasion de reprendre les observations de Lavoisier. Ensuite, dans l'expérience 5-D, tu utiliseras une source de courant électrique pour décomposer de l'eau, comme les scientifiques du XIX^e siècle.



Figure 5.18 Marie-Anne Lavoisier a été d'une aide inestimable pour les recherches de son mari. Elle lisait les articles scientifiques en anglais et traduisait les articles qui, d'après elle, intéresseraient son mari.



Figure 5.19 Le peroxyde d'hydrogène est un antiseptique. Il tue les bactéries dans une coupure. L'eau ne fait que nettoyer la coupure.

LIEN Terminologique

Tu as utilisé des composés, comme l'acide chlorhydrique et le bioxyde de carbone, dans certaines de tes expériences. Dresse la liste de toutes les substances qui, d'après ton travail dans ce chapitre, sont des composés. Essaie d'imaginer d'où vient leur nom. Par exemple, le bioxyde de carbone se compose probablement de carbone et d'oxygène, mais que signifie le préfixe « bi » ? (Indice : On appelle parfois l'eau oxyde de bihydrogène.) Jette tes idées sur papier et vérifie-les à mesure que tu en découvres plus sur le nom des composés.

Lavoisier a mis l'accent sur la mesure de la masse, ce qui a inspiré le scientifique français Joseph Proust (1754-1826). Ce dernier s'est livré à de nombreuses expériences pour diviser les composés en éléments et pour mesurer la masse de chaque élément. Après avoir testé plusieurs composés, Proust a commencé à constater des tendances. On appelle ces tendances la **loi des proportions définies** : les composés sont des substances pures qui contiennent deux ou plusieurs éléments combinés dans des proportions fixes (ou définies).

De l'eau pure, par exemple, contient toujours de l'hydrogène et de l'oxygène dans les proportions suivantes : 11 % d'hydrogène et 89 % d'oxygène, en masse. Ces proportions sont vraies quelle que soit la provenance de l'eau. Le peroxyde d'hydrogène, qui est très différent de l'eau, contient les deux mêmes éléments, mais dans des proportions différentes, soit 6 % d'hydrogène et 94 % d'oxygène. Ces proportions sont vraies pour tous les échantillons de peroxyde d'hydrogène.

Parce que les substances pures ont une composition constante, elles tendent aussi à avoir des propriétés constantes, qui ne varient pas. Nous pouvons donc identifier

une substance inconnue en mesurant une propriété et en comparant notre valeur aux valeurs connues. Par exemple, tu peux déterminer la masse volumique, ou encore le point de fusion d'un métal inconnu et comparer cette valeur à la valeur qu'on trouve dans un tableau scientifique, comme l'annexe D (page 564).

Aujourd'hui, en règle générale, il n'est plus nécessaire de séparer une substance pure pour l'identifier. De nombreux tests ont été mis au point pour identifier les substances inconnues, qu'il s'agisse de substances pures ou d'une partie d'un mélange. Tu connais déjà certains de ces tests, comme les tests de l'oxygène, de l'hydrogène et du bioxyde de carbone. Tu en découvriras plus sur d'autres tests plus loin dans ce module.

Vérifie ce que tu as compris

1. En quoi les activités des premiers philosophes étaient-elles différentes des activités des alchimistes ? Compare ces deux groupes aux scientifiques modernes.
2. Décris dans tes propres termes les deux lois dont on parle dans cette section.
3. Qu'est-ce que l'électrolyse ? Fais un croquis accompagné d'une légende représentant l'appareil dont tu as besoin pour procéder à l'électrolyse de l'eau.
4. **Mise en pratique** L'air contient du bioxyde de carbone, mais tu exhales plus de bioxyde de carbone que tu n'en inhales. Quel genre d'expérience mettrais-tu au point pour confirmer cet énoncé ?
5. **Réflexion critique** Pourquoi la publication des détails et des résultats des expériences est-elle une partie essentielle de la méthode expérimentale ? D'après toi, comment le développement du World Wide Web va-t-il se répercuter sur la publication des données scientifiques ? Les conséquences de ce développement seront-elles toutes favorables à la science ?

5.4 La théorie atomique: les faits et les lois chimiques

Au cours de tes études, tu as utilisé la théorie particulière de la matière pour expliquer tes observations sur la matière. Mais cette théorie ne peut expliquer tout ce que tu viens d'apprendre sur les substances pures. Par exemple, cette théorie ne peut expliquer ce qui se passe pendant l'électrolyse de l'eau. Les propriétés du composé, l'eau, sont différentes des propriétés des éléments qui le composent, c'est-à-dire l'hydrogène et l'oxygène. Par conséquent, les particules de l'eau doivent être très différentes des particules d'hydrogène et d'oxygène. Puisque la théorie particulière de la matière ne distingue pas les particules, nous avons besoin d'une théorie plus explicite. Dans sa théorie atomique, John Dalton (1766-1844) a élaboré un nouveau moyen de parler des faits et des lois chimiques, et d'expliquer ces faits et ces lois.

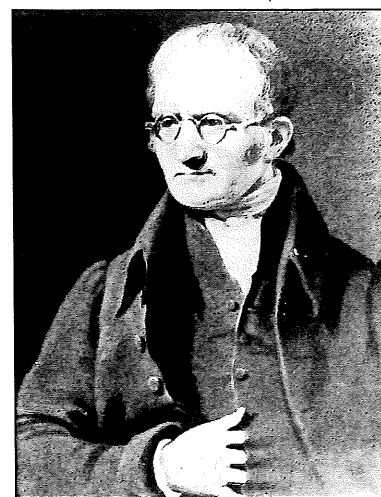


Figure 5.20 John Dalton

La théorie atomique de Dalton

- Toute matière se compose de petites particules qu'on appelle des atomes.
- Il est impossible de créer ou de détruire des atomes, ou encore de diviser des atomes en particules plus petites.
- La masse et la taille de tous les atomes d'un même élément sont identiques, mais leur masse et leur taille sont différentes de la masse et de la taille des atomes des autres éléments.
- Il se crée des composés quand les atomes de différents éléments se regroupent dans des proportions définies.

Comme tu peux le constater, la **théorie atomique de Dalton** s'appuie sur un modèle scientifique différent du modèle utilisé dans la théorie particulière. Le modèle de Dalton repose sur l'idée selon laquelle les éléments sont différents parce que leurs particules (les atomes) sont différentes. Le modèle de la théorie particulière n'utilise pas cette idée. La théorie de Dalton ouvre la voie à une définition plus précise du terme «élément». Tu devrais essayer de retenir la définition qui suit.

Un **élément** est une substance pure qui se compose d'un type de particules, ou **atomes**. Chaque élément a ses propriétés distinctes et ne peut être décomposé en substances plus simples par des changements chimiques.

La différence entre une loi et une théorie

En sciences, une *loi* n'explique rien. Elle se contente de *décrire* et de *résumer* ce qui se passe. Une *théorie* est une façon imaginative d'*expliquer pourquoi* un phénomène se produit. Quand tu expliques un phénomène, tu utilises des termes différents des termes que tu utiliserais pour décrire ce phénomène. En sciences, les termes utilisés dans les théories sont très longtemps discutés et critiqués. Les scientifiques ne ménagent aucun effort pour essayer de convaincre les autres scientifiques du bien-fondé de leur théorie.

Au cours de l'activité de recherche de la page suivante, tu auras l'occasion de vérifier comment la théorie atomique de Dalton permet d'expliquer les lois de la formation des composés découvertes par Lavoisier et Proust. Cette capacité de la théorie de Dalton d'expliquer les observations antérieures a rendu cette théorie très populaire chez les scientifiques de son époque.