



Tania Louis

La folle histoire des virus

La folle histoire des virus

Dans la même collection

L'histoire secrète des fleurs, François Parcy, 2019.

Pourquoi la Terre est ronde, Alain Riazuelo, 2019.

Pourquoi le Soleil brille, Roland Lehoucq, 2020.

Comment pensent les animaux, Loïc Bollache, 2020.

Tania Louis

La folle histoire des virus

COMMENT A-T-ON SU

Collection dirigée par
Étienne Klein



Prolongez l'expérience avec la newsletter de Cogito
sur www.humensciences.com

« Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des paragraphes 2 et 3 de l'article L122-5, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, sous réserve du nom de l'auteur et de la source, que "les analyses et les courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information", toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans consentement de l'auteur ou de ses ayants droit, est illicite (art. L122-4). Toute représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, notamment par téléchargement ou sortie imprimante, constituera donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. »

ISBN: 978-2-3793-1195-6

Dépôt légal: octobre 2020

© Éditions humenSciences / Humensis, 2020
170 bis, boulevard du Montparnasse, 75014 Paris
Tél.: 01 55 42 84 00
www.humensciences.com

METTRE LE MONDE EN BOÎTES

OEil, nez, oreille, langue, mais aussi antenne, pétale, statolithe, ampoule de Lorenzini, fossette sensorielle, corpuscule de Pacini, nocicepteur, soie, ocelle, ommatidie, ligne latérale, et jusqu'au flagelle de certaines bactéries*, la diversité des organes sensoriels des êtres vivant sur notre planète est surprenante. En dresser une liste exhaustive serait voué à l'échec.

* Les antennes de certains arthropodes (insectes, crustacés et mille-pattes) détectent des signaux chimiques et sont parfois impliquées dans le sens du toucher. Les pétales des fleurs peuvent être des organes sensoriels: une étude publiée en juillet 2019 a montré que celles de la plante *Oenothera drummondii* détectent les vibrations produites par certains insectes dans l'air. Les statolithes sont des structures impliquées dans la perception de la gravité, permettant notamment aux racines de pousser vers le bas. Les ampoules de Lorenzini des poissons cartilagineux, dont les requins et les raies, sont sensibles aux champs électromagnétiques et aux variations de température. Cela leur permet de repérer des proies dissimulées dans le sable ou l'obscurité et de s'orienter.

Nous sommes loin de tous les connaître, sans même parler de les comprendre, et leur hétérogénéité les rend déjà difficiles à classifier. Certains sont des molécules uniques, ne mesurant même pas un millième de millimètre, d'autres des assemblages de différents types de cellules pouvant atteindre plusieurs centimètres. Peut-on aujourd'hui affirmer qu'on connaît le fonctionnement « de l'œil » alors qu'il existe de nombreux types d'yeux très différents les uns des autres et qu'en 2019 une étude sur des poissons abyssaux suggérait l'existence d'un système jusqu'alors inconnu, qui leur permet de distinguer des couleurs dans l'obscurité ?

Certains serpents perçoivent le rayonnement infrarouge émis par leurs proies grâce à leurs fossettes sensorielles. Les corpuscules de Pacini sont des terminaisons nerveuses qu'on trouve notamment dans la peau humaine. Ils détectent les vibrations et la pression et jouent un rôle clé dans notre sens du toucher. Le terme « nocicepteur » désigne tous les récepteurs de la douleur. Les soies des insectes sont des poils présents à la surface de leurs corps, impliqués dans la perception de signaux mécaniques et parfois chimiques. Les ocelles sont des yeux simples retrouvés chez de nombreux animaux et qui détectent généralement les variations de l'intensité lumineuse. Les ommatidies sont les récepteurs à la lumière qui composent les yeux à facettes de certains insectes et crustacés. La ligne latérale est un organe des poissons et de certains amphibiens qui perçoit les mouvements de l'eau. Les flagelles des bactéries sont des sortes de filaments leur permettant de se déplacer et peuvent également agir comme des capteurs sensoriels détectant les surfaces colonisables.

Mais cette incroyable variété ne doit pas faire oublier que ces organes sensoriels ont tous la même fonction : permettre à l'être qui les porte d'appréhender son environnement. Ce qui est pour le moins utile, qu'il s'agisse d'éviter des prédateurs, repérer des proies ou trouver des partenaires avec lesquels se reproduire.

Ainsi, à leur façon et à leur niveau, tous les êtres vivants perçoivent le milieu qui les entoure. Et nous, humains, avons poussé cette observation un cran plus loin.

Impossible d'affirmer avec certitude que nous sommes les seuls à le faire, mais depuis plusieurs millénaires, non contents de discerner le monde, nous tentons de le décrire et de le comprendre. Aussi bien à notre échelle qu'à d'autres, beaucoup plus petites et beaucoup plus grandes que nous.

Quel que soit le domaine concerné, de la géologie à la chimie en passant par l'astrophysique, une étape semble essentielle dans notre façon d'analyser notre environnement : nous essayons de classer les éléments que nous observons en fonction de leurs ressemblances et de leurs différences. Autrement dit nous tentons de mettre le monde dans des boîtes, sur lesquelles nous collons des étiquettes. Et nous nous

débrouillons pour adapter la taille et le nom de ces boîtes à l'évolution de nos connaissances.

Cette démarche a des avantages et des inconvénients. Car si elle constitue souvent une bonne entrée en matière, sa pertinence finale varie énormément selon le sujet étudié. Ce serait en tout cas une erreur de la mépriser : on lui doit plusieurs belles découvertes qui ont marqué l'histoire des sciences. La plus notable étant sans doute le tableau périodique des éléments chimiques.

Le succès des chimistes

On trouve aujourd'hui ce tableau dans la plupart des classes et des laboratoires de chimie. Présenté en format paysage, il contient 18 colonnes et 7 lignes, pour certaines entrecoupées de trous, plus 2 lignes généralement placées sous le reste du tableau. Dans chacune de ses 118 cases sont mentionnés un symbole d'une ou deux lettres, un nom et au moins deux nombres, qui sont autant de façons de désigner un élément chimique.

L'ensemble est impressionnant et peut difficilement être lu sans avoir un minimum de formation en chimie. Mais ce document réussit la prouesse de présenter la totalité des éléments chimiques actuellement connus, sous une forme permettant à qui

sait la lire d'avoir en un seul coup d'œil une idée des propriétés de chacun d'entre eux.

Pour mesurer l'ampleur de cet exploit, rappelons-nous que l'ensemble de la matière qui nous entoure et nous constitue est composée d'éléments chimiques. De l'air que nous respirons aux lointaines étoiles en passant par nos propres cerveaux.

On peut considérer ces éléments chimiques comme autant de sortes de « grains de matière ». Ils existent sous des formes isolées, qu'on appelle des atomes, et s'assemblent dans des structures regroupant plusieurs grains de matière, qui peuvent être différents ou identiques, et qu'on appelle des molécules. Certaines ne contiennent que deux atomes, d'autres plusieurs milliards.

Quelle que soit la façon dont ils sont agencés pour la former, l'intégralité de la matière de notre Univers est composée d'un nombre fini d'éléments chimiques. Et l'ensemble des éléments chimiques connus est décrit dans un tableau qui tient sur une page et peut être lu facilement par un chimiste.

Cet exemple de classification est déjà impressionnant si on s'arrête là. Mais il le devient encore plus si on ajoute qu'à l'époque où ce tableau a été proposé, on ne connaissait qu'une soixantaine d'éléments chimiques, on n'avait aucune idée de leur structure

interne et on se basait sur une donnée mesurée de façon très imprécise.

Les chimistes du XIX^e siècle ont pourtant défini des boîtes pour ranger les composants de la matière qui, au fil des découvertes faites depuis, se sont révélées particulièrement bien adaptées pour décrire la réalité. Gros coup de chance ou prouesse méthodologique? Sans doute un peu des deux.

La recherche est un travail d'équipe

Pour comprendre cet exploit, remontons un peu le temps. La classification périodique des éléments que nous utilisons aujourd'hui découle de celle proposée par le chimiste russe Dmitri Mendeleïev en 1869, qui s'appuie elle-même sur les travaux menés par d'autres personnes avant lui.

C'est à mon avis le constat le plus fréquent et le plus important lorsqu'on s'intéresse à l'histoire des sciences: une découverte n'est jamais faite par une seule personne. Même si certaines notions sont fermement associées à un nom dans notre culture générale (la relativité d'Einstein, les lois de Newton, la poussée d'Archimède...), la progression des connaissances est toujours un travail collectif. Le nom qui passe à la postérité est généralement celui de la personne qui a mis la dernière touche à

la démonstration. Si on compare l'accumulation de savoirs à la construction d'une maison, on retient souvent le nom de la personne qui s'est occupée des peintures, en oubliant qu'avant elle, il a fallu que d'autres dessinent les plans puis construisent les fondations et les murs*.

Dans le cas du tableau périodique des éléments, on peut même considérer qu'il est associé uniquement au nom de celui qui a fini de peindre le salon alors que dans la chambre d'à côté, un autre artisan, son travail à peine achevé, rinçait encore ses pinceaux.

En Europe, la notion d'atomes (du grec *atomos*, « qu'on ne peut couper ») remonte au V^e siècle avant notre ère, au cours duquel les philosophes grecs Leucippe et Démocrite ont développé l'idée d'un univers composé à la fois de matière et de vide. La matière devant nécessairement être formée de petites unités indivisibles et indestructibles pour éviter qu'elle ne soit peu à peu annihilée.

Il faudra attendre le début du XIX^e siècle pour que les scientifiques commencent à utiliser le terme

* Je ne pourrais moi-même pas citer toutes les personnes impliquées dans la construction de chacune des connaissances évoquées dans ce livre. Je m'en excuse d'avance ; gardez cette remarque en tête pendant votre lecture.

d'atome dans son sens actuel. On le doit à John Dalton, un enseignant anglais qui a donné son nom au daltonisme, dont il souffrait lui-même et qu'il est le premier à avoir décrit. Il s'intéressait à la météorologie, ce qui l'a amené à étudier les gaz. Et à affiner dans les années 1800 une théorie atomique qui décrit la matière comme composée de petites particules indivisibles, les atomes, dont il existe différents types, chacun étant caractérisé par sa taille, sa masse et d'autres propriétés. Il précise également que les atomes peuvent s'associer pour former des molécules, mais suppose initialement, en se trompant, qu'une molécule composée de deux types d'atomes doit forcément en contenir un de chaque.

Les travaux de John Dalton ont ainsi modernisé la notion d'atome. Ils posent également la première pierre de la classification des éléments chimiques, en associant à chacun d'eux une valeur numérique: sa masse.

Les masses des atomes sont minuscules. Pour les exprimer en kilogramme, il faudrait écrire des nombres de type 0,000... avec plus de vingt zéros après la virgule avant d'arriver à un autre chiffre. Autant dire qu'au début du XIX^e siècle, il n'était pas question de purifier des atomes et de simplement les poser sur une balance pour mesurer leur masse (aujourd'hui

non plus d'ailleurs, on utilise des appareils bien plus complexes).

John Dalton a contourné le problème en imaginant une astuce qui a été adoptée rapidement par ses contemporains: au lieu d'essayer d'évaluer la masse de chaque atome en kilogramme, il a considéré que le plus petit atome connu, l'hydrogène, avait une masse de 1 et a comparé la masse des autres atomes à celle de l'hydrogène.

En faisant réagir différents éléments chimiques avec de l'hydrogène et en mesurant les masses des molécules obtenues, on pouvait en théorie estimer les masses relatives des éléments chimiques par rapport à celle de l'hydrogène. Ça restait quand même plus facile à dire qu'à faire, car la composition atomique des molécules obtenues n'était pas connue et qu'il fallait la deviner! Le premier calcul de masse atomique de l'oxygène était d'ailleurs faux car il se basait sur la formation d'une molécule d'eau considérée comme contenant un atome d'oxygène pour un atome d'hydrogène, alors qu'elle contient en réalité un atome d'oxygène pour deux atomes d'hydrogène*.

Il a fallu plusieurs décennies et le travail de nombreux chimistes, notamment l'Italien Stanislao

* D'où le 2 dans la formule H_2O .

Cannizzaro, pour affiner les mesures des masses atomiques.

Parallèlement, d'autres ont commencé à utiliser cette nouvelle grandeur en la comparant avec les informations dont ils disposaient déjà: les propriétés physiques et chimiques des différents éléments. L'Allemand Johann Döbereiner a ainsi repéré à partir de 1817 des groupes de trois éléments chimiques, les triades, qui partagent des propriétés proches et dont les masses atomiques sont liées par un rapport mathématique simple: une est la moyenne des deux autres. L'idée d'un lien entre les propriétés des éléments et leurs masses commence à émerger.

C'est un géologue français, Alexandre-Émile de Chancourtois, qui propose la première classification périodique des éléments, c'est-à-dire une classification au sein de laquelle un motif se répète à intervalles réguliers. Il la publie en 1862, soit sept ans avant Mendeleïev, mais elle passe inaperçue... Il faut dire que cette classification, baptisée «vis tellurique», prend la forme d'une spirale dessinée sur un cylindre. Un agencement d'autant plus difficile à visualiser que, suite à une erreur de l'éditeur, l'article qui le présentait ne contenait pas de schéma!

On y retrouve cependant les grands principes des classifications à venir: les éléments chimiques

sont rangés par masse atomique croissante et ceux qui ont des propriétés similaires sont alignés sur la même verticale.

D'autres classifications périodiques seront proposées dans les années suivantes, notamment par John Newlands, William Odling et Gustavus Hinrichs. Finalement, en 1868, le chimiste allemand Julius Lothar Meyer publie une version mise à jour de sa classification de 1864. Ou en tout cas l'envoie à un éditeur. Elle ne sera finalement publiée qu'en 1870, après celle de Dmitri Mendeleïev. Les deux étant très similaires, cela a donné lieu à une controverse sur la paternité de *la* classification périodique des éléments qui n'a jamais réellement pris fin, même si la postérité ne retient aujourd'hui que le nom de Mendeleïev.

Les classifications de Meyer et de Mendeleïev posaient en tout cas les bases du système qu'on utilise encore : les éléments chimiques sont classés par ordre croissant d'une de leur caractéristique physique (à l'époque leur masse atomique), les retours à la ligne périodiques permettent d'aligner* des éléments qui partagent les mêmes propriétés chimiques, et les éléments proches dans le tableau, même placés sur

* Aujourd'hui dans une même colonne, mais le tableau a connu des basculements.

des lignes ou des colonnes différentes, partagent suffisamment de caractéristiques pour pouvoir être regroupés dans des familles spécifiques.

Dmitri Mendeleïev et certains de ses contemporains avaient dû faire plusieurs ajustements judicieux pour que cela fonctionne, comme inverser la position de certains éléments chimiques malgré leurs masses atomiques pour qu'ils soient alignés avec ceux qui partagent les mêmes propriétés. Ou laisser des cases vides en supposant l'existence d'éléments encore inconnus qui viendraient les remplir.

Ces intuitions expliquent en partie la robustesse de ces classifications établies à une époque où l'existence même des atomes n'était pas encore démontrée: les chercheurs avaient conscience de ne connaître qu'en partie la réalité qu'ils essayaient de décrire et ont prévu de l'espace pour les découvertes à venir.

La première d'entre elles ébranlait pourtant le fondement de la théorie atomique de Dalton, à l'origine de la mesure des masses atomiques et donc de la classification des éléments chimiques: les atomes ne sont pas des particules indivisibles.

Des données et des suppositions

Les électrons ont été découverts en 1897 par le physicien anglais Joseph John Thomson. En 1909, Ernest

Rutherford, son ancien élève, a supervisé une expérience qui l'a conduit à décrire les atomes comme constitués d'électrons qui tournent autour d'un noyau... Dont on s'est finalement aperçu qu'il est lui-même composé de deux éléments, les protons (découverts en 1919) et les neutrons (découverts en 1932), qui sont eux-mêmes des assemblages de particules élémentaires finalement indivisibles : des quarks.

Mais ces avancées n'ont pas ébranlé la classification périodique des éléments, au contraire : elles ont permis de l'affiner et de comprendre l'origine de certaines de ses caractéristiques !

Le classement des éléments chimiques par masse atomique ne fonctionnait pas très bien. Henry Moseley, jeune physicien britannique, a démontré qu'il faut en fait les ranger en fonction du nombre de protons contenus dans leurs noyaux. Ces résultats, obtenus juste avant le début de la Première Guerre mondiale, annonçaient une carrière prometteuse. Mais, ayant choisi de se battre pour son pays, Moseley est mort en 1915, à seulement 27 ans. Il aura quand même eu le temps de repenser la classification périodique des éléments !

En rangeant ces derniers par nombre de protons croissant, l'ordre est parfaitement cohérent avec les propriétés chimiques et il n'y a plus besoin de faire

d'inversion. Cela permet également de déterminer précisément le nombre de cases du tableau : une pour chaque nombre possible de protons, de 1 pour l'hydrogène à 118 pour l'oganesson. Les plus gros éléments de la classification périodique n'ont été observés qu'après avoir été synthétisés artificiellement et sont très instables ; peut-être qu'il existe des éléments qui contiennent plus de 118 protons et qu'il faudra ajouter une ligne au tableau, mais on n'en a pas rencontré pour l'instant.

Enfin, sans rentrer dans les détails, l'organisation surprenante des colonnes de la classification périodique des éléments*, initialement liée à la volonté d'aligner ceux possédant les mêmes propriétés chimiques, s'explique par la façon dont les électrons s'organisent autour des noyaux des atomes. Qui est elle-même à l'origine d'une partie de leurs propriétés chimiques.

La classification périodique des éléments est une construction impressionnante et intéressante, mais son histoire l'est encore plus. D'une part parce qu'elle est assez caractéristique de la façon dont les connaissances scientifiques progressent : collectivement, en

* 2 colonnes pour la première ligne, 8 colonnes pour les lignes 2 et 3, 18 colonnes pour les lignes 4 et 5 et 32 colonnes pour les lignes 6 et 7.