

Les atomes de nos vies

Anja Røyne

Les atomes de nos vies

Fer, potassium, cuivre...
Les surprenants pouvoirs des éléments
du tableau périodique

Traduit du norvégien par Hélène Hervieu

DUNOD

Copyright © Anja Røyne 2018

L'édition originale de cet ouvrage a été publiée en 2018
sous le titre *Menneskets grunnstoffer. Byggekløssene vi og verden
er laget av.* (Kagge Forlag).

Printed in agreement with Stilton Literary Agency.
Imprimé avec l'accord de Stilton Literary Agency.

This translation has been published
with the financial support of NORLA.
Cette traduction a été publiée avec l'aide financière de NORLA.



Direction artistique: Nicolas Wiel
Couverture: d'après Terese Moe Leiner (Kagge Forlag)

© Dunod, 2022
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-082832-6

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), 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, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Prologue

NOTRE FANTASTIQUE ET CATASTROPHIQUE RELATION À LA PLANÈTE

Vous et moi faisons partie de la vie qui un jour a émergé sur notre planète. Notre corps est constitué d'atomes qui se sont formés en même temps que l'Univers. À mesure que mes enfants grandissent, c'est avec des matières premières issues de la terre, de l'eau, des roches et de l'air que leurs corps se développent. Un jour, dans le futur, les atomes de mon corps deviendront des arbres, des glaciers et du granit.

Mais nous ne sommes pas seulement de simples corps. Les vêtements que je porte, la maison où j'habite et le couteau dont je me sers pour couper le pain sont tout aussi importants que mes doigts. Sans mines et bulldozers pour produire des engrais artificiels et de la nourriture, nous ne serions probablement pas là.

Tous nos objets et les matériaux qui les composent jouent leur partition dans ce que nous, humains, avons

construit ensemble : notre civilisation. Et j'aime la civilisation. J'adore vivre dans une maison bien chauffée et visiter de nouveaux endroits. J'ai du mal aujourd'hui à imaginer une existence sans l'accès à toutes sortes de connaissances grâce à quelques lettres tapées sur un clavier, même si j'ai grandi avec des dictionnaires dans la bibliothèque et des lettres manuscrites dans la boîte aux lettres.

Chaque jour, on construit de nouvelles fenêtres, de nouveaux téléphones portables et de nouveaux êtres humains. C'est incroyable que ce soit possible. Mais d'où viennent les matières premières de toutes ces choses, nourriture ou êtres vivants ? Notre planète connaîtra-t-elle un jour une pénurie de ces éléments qui fera que tout s'arrêtera ?

Nous débattons beaucoup de l'environnement. De l'impact de notre consommation sur l'eau, la terre et l'air. Nous discutons des espèces qui meurent au même rythme que lorsque la chute d'une énorme météorite a entraîné l'extinction de tous les dinosaures. De l'océan qui se remplit de tant de déchets qu'il n'y aura bientôt plus de place pour les poissons. Et surtout, nous nous inquiétons du pétrole et du charbon que nous brûlons dans des centrales électriques et des voitures, et qui sont en passe de changer le climat, rendant de nombreuses zones sur Terre inhabitables dans un avenir proche.

Le débat sur la dégradation de l'environnement me donne souvent la sensation d'être impuissante. Quelle est ma place dans ce contexte ? Est-ce ma faute si les espèces s'éteignent ? Quel monde vais-je laisser à mes enfants ? Y a-t-il quelque chose que je puisse faire qui ne soulage pas seulement ma conscience, mais contribue réellement à ce que le monde évolue dans le bon sens ? J'ai écrit ce livre pour que vous et moi puissions parler de ce sujet : la manière dont nous fabriquons les choses, la nourriture

PROLOGUE

et, pour finir, nous-mêmes, a des conséquences à la fois extraordinaires et catastrophiques. Il faut d'abord savoir de quoi on parle avant de chercher des solutions qui auront un impact pour les générations à venir.

Chapitre 1

L'HISTOIRE DU MONDE ET DES ÉLÉMENTS EN SEPT JOURS

L'histoire des éléments remonte à la naissance de l'Univers. Cette histoire est longue, si longue que cela dépasse presque les limites de la compréhension humaine. Alors pour rendre les choses un peu plus faciles, je vais m'inspirer du mythe de la création dans la Genèse et raconter l'histoire du monde en sept jours.

Dans cette histoire, je réduirai un milliard d'années à une demi-journée, un million d'années à trois quarts de minute, et mille ans s'écouleront en quarante-quatre centièmes de seconde. L'Univers est né il y a 13,8 milliards d'années, mais dans ce récit, l'aube des temps s'est levée lorsque l'horloge a sonné minuit, dans la nuit du dimanche au lundi. Quand vous aurez lu ce chapitre, ce sera de nouveau dimanche soir et l'horloge sonnera de nouveau minuit.

Lundi: la naissance de l'Univers

Au commencement, il n'y avait ni temps ni espace. Comment et pourquoi tout se mit en place est compliqué à expliquer, mais nous savons que tout débuta par un moment de densité extrême à partir duquel intervint une première expansion, l'inflation cosmique. Cet instant initial – que nous connaissons sous le terme de « big bang » – dispersa de l'énergie dans l'Univers nouveau-né dans toutes les directions. Après ce début chaotique, le jeune Univers subit les lois de la nature que nous connaissons dans notre monde actuel.

De même que chez moi, la poussière s'accumule pour former des moutons (si on lui en laisse le temps!), l'énergie dans l'Univers finit peu à peu par s'agglutiner. Ces grumeaux, ou particules d'énergie, sont ce que nous appelons la *masse*: la matière, la substance, ce qui est tangible, ce qui constitue tout ce que l'on peut potentiellement toucher et palper dans l'Univers. Mon corps, mes biens et la planète sur laquelle nous vivons – absolument tout ce dont nous nous entourons est constitué d'atomes. Les atomes sont composés de trois types de particules: les protons, les neutrons et les électrons. Protons et neutrons sont étroitement liés dans le noyau de l'atome, et c'est le nombre de protons dans le noyau qui détermine la nature de l'élément constitué par l'atome. Si le noyau devait se débarrasser de quelques protons ou en recevoir de nouveaux, l'atome deviendrait un autre élément. Au point de départ, un atome aura autant d'électrons que de protons, mais les électrons tournent autour du noyau, sur une orbite, et peuvent être échangés entre atomes au cours de ce que nous appelons des *réactions chimiques*.

Protons, neutrons et électrons surgirent dans la soupe incandescente d'énergie et de masse qu'était le jeune Univers.

Protons et neutrons se collèrent et devinrent des noyaux atomiques dans les éléments hydrogène, hélium et lithium. Ces éléments – les plus petits et les plus légers – ont respectivement un, deux et trois protons dans leur noyau atomique. Aujourd'hui, l'hydrogène est un composant de base de l'eau et des molécules organiques qui constituent les êtres vivants. Ainsi, votre corps est composé de presque 10 % d'hydrogène, et à ce titre, vous venez tout droit de la naissance de l'Univers!

À minuit et seize secondes, l'Univers avait suffisamment refroidi pour que les électrons puissent s'attacher aux noyaux atomiques sans se détacher aussitôt. Alors pour la première fois, la lumière put se déplacer sans être arrêtée par les électrons brûlants. Peu après minuit, la lumière fut visible dans l'Univers – même si personne n'était là pour la voir.

Au cours des douze heures suivantes, la masse continua à s'agglutiner. D'énormes nuages d'atomes se formèrent et avant 3 h du matin, des amas de ces nuages devinrent les toutes premières galaxies. L'une de ces galaxies s'avéra être la Voie lactée, notre maison. Aujourd'hui, la Voie lactée n'est qu'une galaxie parmi les plus de deux mille milliards d'autres galaxies que compte l'Univers.

À 6 h du matin, certains nuages d'atomes étaient devenus si gros qu'ils s'effondrèrent sous leur propre poids. C'est ainsi qu'apparurent les premières étoiles. Dans l'une d'elles – un agglomérat de matière qui était considérablement plus gros que notre propre Soleil ne l'est aujourd'hui –, échouèrent des atomes d'hydrogène qui se transformèrent en oxygène, celui-là même que vous inspirez en ce moment précis.

Le poids de tous les atomes autour pressa ces atomes d'hydrogène les uns contre les autres avec une force gigantesque.

Dans un premier temps, cela eut pour effet de détacher les électrons des noyaux. Ensuite, la pression se fit si intense que cela provoqua la fusion des noyaux d'hydrogène qui formèrent de nouveaux noyaux d'hélium. Cette fusion libéra de grandes quantités d'énergie qui réchauffèrent la masse atomique, laquelle devint une étoile brillante. Le même processus intervient aujourd'hui dans notre Soleil; la lumière qui frappe vos yeux quand vous admirez la vue par la fenêtre vient des noyaux atomiques qui entrent en fusion à l'intérieur du Soleil.

Comme la plupart des noyaux d'hydrogène étaient devenus de l'hélium, la libération d'énergie à l'intérieur de l'étoile ralentit. Le centre de l'étoile n'eut plus assez de force pour résister à la pression de la matière environnante et s'effondra. Ainsi commença une nouvelle phase de la vie de l'étoile. L'effondrement força les noyaux d'hélium à se rapprocher si près les uns des autres qu'ils fusionnèrent au cours de nouvelles réactions. Trois noyaux d'hélium – comptant deux protons chacun – se transformèrent en un noyau doté de six protons – c'est-à-dire du carbone. Ensuite, le noyau de carbone fusionna de nouveau avec un noyau d'hélium et forma un noyau à huit protons: l'oxygène – ce noyau atomique se trouve en ce moment précis dans un atome d'oxygène à l'intérieur d'une cellule de globe rouge qui se dirige vers votre cerveau.

À l'intérieur de l'étoile, le processus de fusion des noyaux atomiques se poursuivit pour donner des éléments de plus en plus lourds. 86 % de votre corps est constitué de carbone, d'azote et d'oxygène, formés lors de cette phase. Sur Terre, la pression est trop basse pour fabriquer de tels éléments, aussi avons-nous la certitude que ces composants viennent bel et bien des étoiles. Nous sommes, chacun de nous, des êtres stellaires. De surcroît, le fer dans le sang,

le phosphore dans notre squelette et notre ADN, l'aluminium dans nos téléphones portables et le sel (sodium et chlore) que nous mettons sur la nourriture furent créés au cours de cette phase.

Au bout de quelques minutes de notre histoire qui s'étale sur une semaine, la vie de l'étoile s'acheva en une explosion spectaculaire, désormais connue sous le nom de *supernova*. Au cours de l'explosion, se formèrent des éléments encore plus lourds que le fer, dont le nickel, le cuivre et le zinc. Dans votre maison, les fils électriques sont faits d'un matériau provenant d'une supernova.

Les restes de l'explosion – la matière qui ne fut pas projetée dans l'espace – s'effondrèrent pour devenir une étoile à neutrons. Dans l'étoile à neutrons, tous les noyaux atomiques fusionnèrent pour former un agrégat massif de la taille d'une grande ville – d'environ quinze kilomètres de diamètre – et, en un sens, il s'agit vraiment d'un énorme noyau atomique, même si nous ne le considérons pas comme un élément. Il existe à peu près un milliard d'étoiles à neutrons rien que dans la Voie lactée, mais comme elles sont petites et froides par rapport aux autres étoiles, il n'est pas facile de les repérer.

Lorsque je pense à tout l'espace présent dans l'Univers et à la taille infime des étoiles à neutrons, je trouve que ce qui se passa ensuite paraît infiniment improbable. Pourtant, nous savons que cela a dû se produire. À un moment, lors des premiers jours de l'Univers, deux étoiles à neutrons sont entrées en collision. Cette collision a créé l'or, l'argent, le platine, l'uranium et une longue série d'autres éléments si lourds qu'ils ne peuvent naître qu'au cours d'événements aussi extrêmes. Ces éléments récemment formés furent projetés dans l'espace et se mélangèrent avec les nuages de poussières et d'atomes.

Ainsi naquirent les éléments au premier des sept jours. Des éléments continuent aujourd'hui encore à se créer dans l'Univers, puisque des étoiles naissent et meurent, explosent et entrent sans cesse en collision. Mais sur Terre, les éléments sont relativement constants. Ce n'est que par le biais de processus radioactifs (au cours desquels les noyaux instables d'uranium et d'autres éléments lourds se séparent parfois) que des éléments sont créés et détruits sur notre planète. Même en laboratoire, il est presque impossible de recréer les processus à l'œuvre à l'intérieur des étoiles. Nous avons des possibilités quasiment infinies de créer des matériaux en variant la manière dont nous assemblons les éléments, mais concernant les éléments eux-mêmes, nous devons faire avec ce que nous avons.

De mardi à jeudi : les étoiles naissent et meurent

L'Univers continua sur la même voie les trois jours suivants. Des étoiles naquirent et des étoiles moururent. Des supernovas envoyèrent des ondes de pression et des nuages de matière dans l'espace. Sachant qu'hydrogène et hélium fusionnaient constamment pour constituer de nouveaux éléments à l'intérieur des étoiles, la quantité totale d'hydrogène et d'hélium dans l'Univers diminua, tandis que la quantité d'éléments lourds augmenta.

Vendredi : la formation du Système solaire

À 16 h vendredi, une étoile mourut dans notre voisinage. L'onde de pression de la supernova comprima de la poussière et du gaz dans un nuage contenant l'oxygène que vous venez d'inspirer. Ceci déclencha une réaction en chaîne dans laquelle les agrégats de matière devinrent suffisamment

lourds pour attirer la poussière et le gaz aux alentours, et plus ils grossirent, plus ils absorbèrent l'espace autour d'eux. Trois quarts d'heure plus tard, le nuage était devenu une étoile, avec plusieurs planètes orbitant autour d'elle. Cette étoile, c'est notre Soleil – le centre de notre Système solaire.

Toutes les planètes orbitent autour d'une étoile. Plus la planète se situe près de l'étoile, plus elle est réchauffée par les radiations provenant des réactions nucléaires à l'intérieur de l'étoile. Dans notre Système solaire, les planètes les plus proches devinrent extrêmement chaudes. Aujourd'hui, les températures au sol y sont supérieures à 400 °C. En revanche, les planètes plus lointaines se refroidirent et malgré les rayons du Soleil, la température n'y dépasse jamais 0 °C. Quant aux planètes encore plus éloignées, ce sont des mondes gelés à environ – 185 °C.

Mais pour une seule planète, la distance par rapport au Soleil était juste celle qu'il fallait. Dans la zone habitable autour du Soleil, la température sur cette planète pouvait être suffisamment basse pour que l'eau ne s'évapore pas et en même temps suffisamment élevée pour qu'elle ne gèle pas. Cette planète, la Terre, deviendrait notre foyer.

Au début, toutefois, la Terre était incandescente – en réalité complètement liquide. Elle était aussi constamment bombardée par des météorites plus ou moins grosses. Une ou plusieurs de ces pierres la frappèrent avec une telle force que la matière projetée après la collision s'agglutina en orbite autour d'elle, devenant la Lune.

Tandis que notre planète refroidissait progressivement dans l'espace glacial, des éléments lourds tels le fer, l'or et l'uranium s'enfoncèrent jusqu'au milieu du globe liquide. Les éléments plus légers, dont le silicium et les ingrédients principaux de votre corps – carbone, oxygène, hydrogène

et azote – demeurèrent à l'extrême limite de la surface, finissant par former une croûte solide de roche siliceuse, avec une atmosphère gazeuse tout autour.

Dans cette première atmosphère, se formèrent des molécules, des groupes d'atomes dans lesquels deux atomes d'hydrogène se lièrent avec un atome d'oxygène, créant ainsi l'eau. À 18 h 30, la température était devenue suffisamment basse pour que les molécules d'eau présentes dans l'atmosphère s'agglutinent et forment des gouttes. Quand celles-ci devinrent suffisamment grosses et lourdes, elles tombèrent en pluie à la surface et créèrent la première mer chaude.

Dans les profondeurs de la mer, un phénomène presque magique se produisit. Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène se lièrent à de grosses molécules ainsi qu'à de plus petites quantités de soufre, d'azote et de phosphore. À un moment donné, certaines de ces molécules développèrent une structure qui leur permit de se dupliquer, en amenant des éléments situés à proximité à s'accrocher exactement de la même manière. Ceci constitue la base de la vie. Quand ces molécules passèrent-elles du stade de système chimique complexe à celui de quelque chose de vivant? La vie a-t-elle surgi en un lieu, une fois, ou bien s'est-elle implantée sur Terre après d'innombrables tentatives? Pour l'instant, les chercheurs n'ont pas de réponse claire sur le sujet, mais nous sommes la preuve que la vie a réussi.

Nous, humains, ne pourrions jamais profiter des métaux qui s'enfoncèrent au cœur de la planète: ils sont tout simplement enfouis beaucoup trop profondément. Par bonheur, il se produisit à partir de 22 h le vendredi un événement qui s'avérerait déterminant pour le développement de notre société: le restant de la soirée, la Terre subit un véritable bombardement de météorites. Les chercheurs ne savent pas vraiment pourquoi. Selon une théorie, les plus

grandes planètes auraient ajusté leurs orbites et ainsi perturbé le déplacement d'autres matériaux dans le Système solaire. Quoi qu'il en soit, le métal contenu dans ces météorites frappa toute la croûte terrestre, sans atteindre le centre de la Terre car l'écorce terrestre était devenue plus solide. Ce sont ces métaux que nous utilisons aujourd'hui pour fabriquer des voitures et des fourchettes.

Environ une demi-heure avant minuit, l'écorce de la Terre commença à se fissurer et à bouger. Celle-ci est toujours constituée de plaques qui flottent autour du manteau terrestre, formant un océan de roches visqueuses. Ici, en surface, il fait désormais si froid que lorsque la roche en fusion suinte à travers les failles entre les plaques, elle se solidifie aussitôt et devient une nouvelle croûte terrestre. C'est pourquoi les plaques changent tout le temps de forme, étant donné qu'elles bougent les unes par rapport aux autres. Lorsque les continents sur deux plaques différentes entrent en collision, de grandes chaînes de montagnes se forment – comme l'Himalaya en ce moment même, puisque l'Inde pousse vers l'Asie par le sud. En beaucoup d'endroits, une plaque avec des fonds marins minces se glisse sous la croûte continentale plus épaisse d'une autre plaque. C'est ce qui se produit aujourd'hui le long de la côte pacifique d'Amérique du Sud. Ailleurs, les plaques terrestres se frottent les unes contre les autres, bord à bord. Si elles restent coincées, cela peut déclencher d'importants tremblements de terre quand enfin elles glissent de nouveau, concassant des roches et laissant de vastes réseaux de failles se propager à travers les roches-mères.

La danse des plaques terrestres est connue sous l'appellation *tectonique des plaques*. Dans notre Système solaire, la Terre est l'unique planète à disposer d'une telle surface active. Il n'est pas facile de savoir pourquoi seules les croûtes terrestres dansent, mais sans cela, la Terre aurait été

une planète morte. La tectonique des plaques constitue la ligne d'assemblage et la force motrice de la Terre à l'origine de tout ce qui fait de notre planète un endroit aussi passionnant. Ce mouvement recycle les matériaux terrestres en faisant remonter à la surface tout ce qui a été charrié dans la mer par l'eau et le vent, et qui est resté enfoui au fond des océans pendant des millions d'années. Il crée des failles dans la croûte terrestre, par lesquelles l'eau en mouvement peut faire remonter des éléments des profondeurs. Aujourd'hui, c'est dans les vestiges de ces failles que nous exploitons l'or et d'autres métaux.

Samedi : les débuts de la vie

Le bombardement de l'écorce terrestre dura jusqu'à environ 00 h 45 samedi matin. Ensuite, les choses se calmèrent. Avant 5 h 30 du matin, la Terre avait développé son propre champ magnétique : un bouclier invisible empêchant les particules les plus riches en énergie et les plus nocives émises par le Soleil de l'atteindre. Sans cette protection, il nous aurait fallu nous terrer dans des grottes souterraines pour survivre.

À peu près au même moment que le champ magnétique, les premiers organismes unicellulaires firent leur apparition.

En réalité, les organismes vivants ne sont rien d'autre que de petites machines utilisant l'énergie présente dans leur environnement pour se dupliquer. Ces organismes peuvent, bien sûr, avoir plusieurs autres fonctions : enregistrer ce qui se passe autour d'eux, se déplacer ou communiquer entre eux. Tandis que nos corps tirent leur énergie de la nourriture que nous mangeons, les chercheurs pensent que les toutes premières créatures vivantes de la Terre recueillaient l'énergie dont elles avaient besoin dans des composants chimiques dans