



Les atomes de nos vies
Fer, potassium, cuivre...
Les surprenants pouvoirs des
éléments du tableau périodique

A. Røyne
272 p., 19,90 €
Dunod, 2022

L'ouvrage a reçu le prestigieux prix Brage, prix norvégien du meilleur livre de vulgarisation scientifique. L'auteure nous propose un parcours à travers des éléments du tableau périodique, des applications de la chimie dans la vie qui nous entoure, et ses propres réflexions sur la société dans laquelle nous vivons. Ce livre, au style alerte et souvent plein d'humour, s'adresse au grand public.

Il comporte dix chapitres. J'ai été séduit par l'originalité du premier chapitre qui s'inspire du Livre de la Genèse (premier ouvrage de la Bible) et brosse l'histoire du monde et des éléments en sept jours ! Il s'agit d'un changement d'échelle temporelle en réduisant le milliard d'années à une demi-journée, ce qui transforme un million d'années en 45 secondes. Si la naissance de l'Univers a sonné dans la nuit du dimanche au lundi, alors le dimanche suivant la vie apparaît sur la Terre et une demi-seconde avant minuit, c'est l'ère de la civilisation. Pour être plus clair dans les derniers instants, l'auteure propose de changer de nouveau d'échelle : la dernière demi-seconde correspond alors à un sprint de 500 mètres, ou autrement dit chaque mètre de la course correspond à un millième de seconde ou à vingt-trois ans de temps réel ; c'est là que l'agriculture s'est développée, et trois mètres avant l'arrivée, c'est le début de l'exploitation des sources d'énergie fossile. L'auteure se pose la question : dans un millénaire prochain (soit 40 mètres de plus ici...), « aurons-nous tous les éléments pour vivre ? ».

Le deuxième chapitre (20 pages !) traite de l'élément or. Pour expliquer que l'or est un minerai natif, l'auteure dit avec humour « que l'or est très content de ce qu'il a et c'est pourquoi il aime bien être avec d'autres atomes d'or et forme facilement un métal pur » ; c'est là une

pirouette très agréable pour présenter la liaison métallique !

Le chapitre 3 est consacré à l'élément fer. On apprend que le Groënland possède un gisement de fer natif ! L'explication de l'élaboration du fer forgé est très claire. C'est lui qui a été utilisé pour construire la tour Eiffel.

Le chapitre 4 traite du cuivre, de l'aluminium et du titane. Là, l'auteure fait une longue digression sur les hommes-machines ! La miniaturisation des machines est une bonne chose car elles consomment moins d'énergie pour fonctionner, et l'auteure insiste sur ces petites machines qui pourraient même puiser l'énergie qui se trouve à l'intérieur de notre corps pour fonctionner sans batteries devant être rechargées ! Ainsi nous deviendrons, selon l'auteure, « des cyborgs, une sorte d'hybride entre les êtres humains et les machines doués de capacités extraordinaires ».

Le chapitre 5 est consacré au calcium et silicium à travers l'usage des céramiques, des verres, du béton. Ce dernier exemple est très développé : nous y apprenons que les Minoens, peuple marin très important dans le monde de la Méditerranée orientale, semblent avoir été les premiers à fabriquer le ciment hydraulique : ils fabriquaient leur béton en mélangeant la pierre calcaire avec de la cendre volcanique. Ceci s'arrêta avec l'explosion de l'île de Santorin ; le procédé fut repris par les Romains et à la chute de l'Empire romain de nouveau abandonné, avant de retrouver tout son lustre avec le ciment de Portland.

L'élément carbone, et en particulier les polymères, sont traités au chapitre 6. Le caoutchouc naturel fait l'objet d'un paragraphe montrant le rôle épouvantable du roi Léopold III de Belgique. En effet, le caoutchouc était extrait à partir de plantes grimpantes qui poussaient librement mais cela demandait une nombreuse main d'œuvre et les Belges présents à cette époque eurent recours à des méthodes ignobles pour forcer la population congolaise à travailler pour eux, ce qui entraîna la mort d'au moins dix millions de personnes ! L'auteure ajoute à juste titre que « rares sont les personnes faisant des balades à vélo sur leurs pneus gonflables en caoutchouc à connaître les détails de ces atrocités ».

Le problème de la pollution des matières

plastiques est ensuite abordé avec les 400 millions de tonnes produites par an. J'ai bien apprécié le couplet sur « l'île poubelle d'Henderson », située dans le Pacifique au bord d'un vortex issu des forts courants marins et qui fait office de rassemblement pour tout ce qui est perdu et oublié... : le poids total des déchets a été estimé à plus de 17 tonnes sur les plages de l'île où seulement 2 millièmes étalent constitués d'autres déchets !

Le septième chapitre aborde les éléments azote, potassium et phosphore. J'ai apprécié l'analyse de l'auteure sur la disparition progressive de la surface de la mer Morte qui provient de stations de pompage construites dans les années 1970 pour l'irrigation et l'alimentation des villes, ce qui a entraîné une baisse de plus de 40 mètres du niveau d'eau par rapport à l'époque antérieure à ces travaux et favorisé l'évaporation, faisant apparaître un minéral, en particulier la carnallite, source de potassium local utilisé pour faire des engrais.

Par ailleurs, l'azote naturel de l'air n'est pas assimilable directement par les plantes. Mais on apprend qu'au tout début du XX^e siècle les Norvégiens Brikeland et Eyde, avec un éclair artificiel au laboratoire, obtenaient des molécules d'oxydes d'azote. Ce procédé fut industrialisé pour faire des engrais en raison du bas prix de l'énergie électrique produite par les nombreuses centrales hydrauliques locales. Ce procédé fut assez rapidement remplacé par le procédé Haber-Bosch.

Je me permets ici une réflexion personnelle : à l'heure actuelle, on essaie de fabriquer de l'ammoniac par voie électrochimique moins polluante !

Dans les trois derniers chapitres, l'auteure aborde le problème de l'énergie – « Sans énergie il ne se passe rien » –, et propose un « plan B » avec le réacteur nucléaire à fusion où pendant plus de cinq pages le sujet est traité, avec beaucoup de pédagogie, avec les procédés : d'abord ITER, où les ingénieurs espèrent contenir le plasma pendant au moins une demi-heure pour permettre la fusion nucléaire, puis le « stellarator » avec un plasma d'hydrogène à plus de 10 millions de degrés.

Le livre se termine par une très importante bibliographie (plus de 30 pages !)

chapitre par chapitre, mais avec des références facilement accessibles (livres, sites documentaires).

J'ai beaucoup aimé lire ce livre de vulgarisation de qualité, très original, qui intéressera beaucoup de lecteurs.

Jean-Pierre Foulon



Biorefinery: from biomass to chemicals and fuels
Towards circular economy (2nd ed)

M. Aresta, A. Dibenedetto,

F. Dumeignil (eds)

650 p., 133,95 €

De Gruyter, 2022

La seconde édition de l'ouvrage précédemment paru il y a dix ans s'est enrichie de plusieurs chapitres, mais pour ce qui concerne la conversion des huiles végétales ou quelques données économiques, il faudra se référer à la première édition. On appréciera que dans cette nouvelle édition les illustrations et photographies sont maintenant en couleur. L'ouvrage bénéficie d'une introduction par Maria Georgiadou qui est et a été le « project officer » de nombreux projets européens et qui connaît particulièrement bien le sujet.

Le chapitre sur la production de plantes oléagineuses et lignocellulosiques a été profondément revu et inclut les derniers résultats obtenus dans des projets européens tels que COSMOS, MAGIC et PANACEA. Le chapitre concernant la production de biomasse aquatique (micro- et macroalgues) a maintenant aussi une partie sur l'analyse de cycle de vie, qui sont malheureusement bien souvent trop rares dans le domaine. Le lecteur devra garder en tête que les modes de culture et les conditions de culture dépendent fortement de l'algue considérée. Bien souvent, des performances d'algues d'eau de mer sont attendues pour des algues d'eau douce, ou des performances sur des consortium de microalgues sont espérées pour des algues individuelles. Le mode de culture en biofilm décrit dans l'ouvrage est par exemple bien adapté au traitement final d'eaux usées, les microalgues collectées pouvant alors être vendues comme fertilisant naturel.

Les exemples de bioconversion sont illustrés dans un nouveau chapitre sur la base

de la conversion de glycérol en 1,3-propanediol et 1-butanol. Il s'agit donc d'un procédé différent/alternatif de celui de Dupont qui ne produit que du 1,3-propanediol ou de celui de Metabolic Explorer. Le chapitre illustre les synergies de la coproduction; cependant, bien souvent, les industriels cherchent à éviter les cas de figure de deux produits qui ont des marchés radicalement différents.

La conclusion du chapitre concernant le prétraitement de la biomasse lignocellulosique a été réorganisée pour prendre en compte les progrès des dix dernières années. Le chapitre sur la conversion catalytique des molécules plateformes dérivées de biomasse lignocellulosique en biocarburant a été profondément remanié. Les chimies décrites incluent les réactions de kétonisation et d'aldolisation, et d'hydrogénation en hydrocarbures.

La conversion de cellulose en lipides est abordée dans un nouveau chapitre. La conversion de sucres en lipides a été développée par des sociétés comme Solazymes par exemple, mais nécessite au moins trois tonnes de sucre par tonne d'huile. C'est donc une solution pertinente pour des huiles et acides gras à forte valeur ajoutée, comme des acides gras essentiels.

Le chapitre sur la valorisation de la lignine a été complètement revu et inclut maintenant une partie sur les fibres de carbone. C'est un axe de développement qui s'est effectivement beaucoup développé ces dix dernières années.

La gazéification de la biomasse a été beaucoup étudiée au cours de la précédente décennie. Assez logiquement, le chapitre correspondant est relativement identique à celui de la précédente édition. Par contre, le chapitre sur la conversion du gaz de synthèse en carburants et produits chimiques a été revu et complété avec les développements récents sur la purification du gaz de synthèse. Le chapitre sur la production de biogaz a été réorganisé et s'enrichit

d'une partie sur les équipements de laboratoire nécessaires pour la production de biogaz, ainsi que les réacteurs/fermenteurs industriels.

La catalyse homogène trouve aussi sa place dans cette édition, et le chapitre correspondant a été revu en profondeur. Les réactions exemplifiées incluent aussi bien des conversions de cellulose, d'huiles et acides gras, que des molécules plateformes. Le chapitre sur la conversion par catalyse hétérogène porte sur la conversion de biomasse en molécules plateformes, de terpènes, de polyols par oxydation ou réduction, d'esters d'acides gras par oxydation ou hydrogénation et sur la valorisation du glycérol.

La catalyse hybride combinant catalyse enzymatique et catalyse homogène ou hétérogène fait l'objet d'un nouveau chapitre dédié. L'industrie exploite déjà la catalyse enzymatique, par exemple pour la production d'acrylamide produit à partir d'acrylonitrile, lui-même obtenu par catalyse hétérogène par ammoxxydation du propylène. Mais la catalyse hybride consiste à combiner à un niveau plus profond les types de catalyse. Un exemple illustré dans le chapitre consiste en la fermentation couplée avec une électroréduction : la fermentation conduit à la formation d'acide muconique (un diacide linéaire à six atomes de carbone et deux insaturations), et la réduction conduit au diacide hexènedioïque. Ce diacide est un monomère prometteur qui pourrait être utilisé dans le même type d'applications que l'acide adipique.

La biomasse solide peut aussi être utilisée pour stabiliser des émulsions, comme illustré dans le chapitre 16. Un autre nouveau chapitre concerne les bioplastiques avec une vision focalisée sur des biopolyesters.

En conclusion, cette seconde édition complète assez bien la première, avec les développements de ces dix dernières années.

Jean-Luc Dubois

Bulletin de l'Union des professeurs de physique et de chimie (« Le Bup »)

La rédaction de *L'Actualité Chimique* a sélectionné pour vous les articles suivants :



N° 1047 (octobre 2022)

- Sécurité en travaux pratiques de chimie, par E. Antonot et P. Gutehrli.
- Intérêt de la méthode des ajouts dosés en spectroscopie UV-visible d'absorption et d'émission : application aux boissons Tonic (partie 4 : dosage de la quinine dans le Pink Tonic Schweppes®), par J. Piard et S. Sripathy.
- Détermination de la balance hydrophile lipophile critique (HLB critique) des émulsions huile dans l'eau (H/E) par conductimétrie, par L. Solé-Violan et B. Devallez.

• [Sommaires complets, résumés des articles et modalités d'achat sur www.udppc.asso.fr](http://www.udppc.asso.fr)