

Le capitaine Nemo utiliserait-il ces nouveaux matériaux issus des océans ?

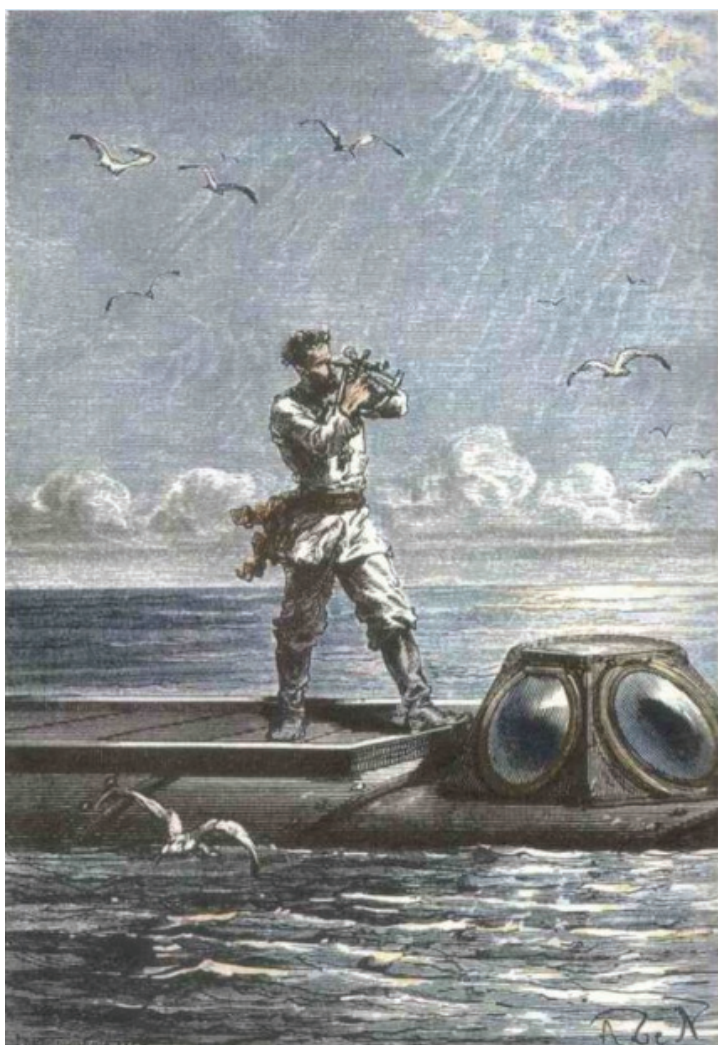
Résumé Partant d'un article scientifique récemment paru, et qui fait allusion au roman de Jules Verne *Vingt mille lieues sous les mers*, cet article présente brièvement la chimie des matériaux innovants issus des algues et comment le capitaine Nemo aurait pu les utiliser.

Mots-clés Jules Verne, matériaux, alginates, carraghénanes.

Abstract Literature and chemistry: would Captain Nemo use such ocean-originated materials?

Starting from a recent scientific paper referring to the famous novel *Twenty Thousand Leagues Under the Seas* by Jules Verne, the chemistry of algal-derived materials is briefly presented with their potential use by Captain Nemo.

Keywords Jules Verne, materials, alginates, carrageenans.



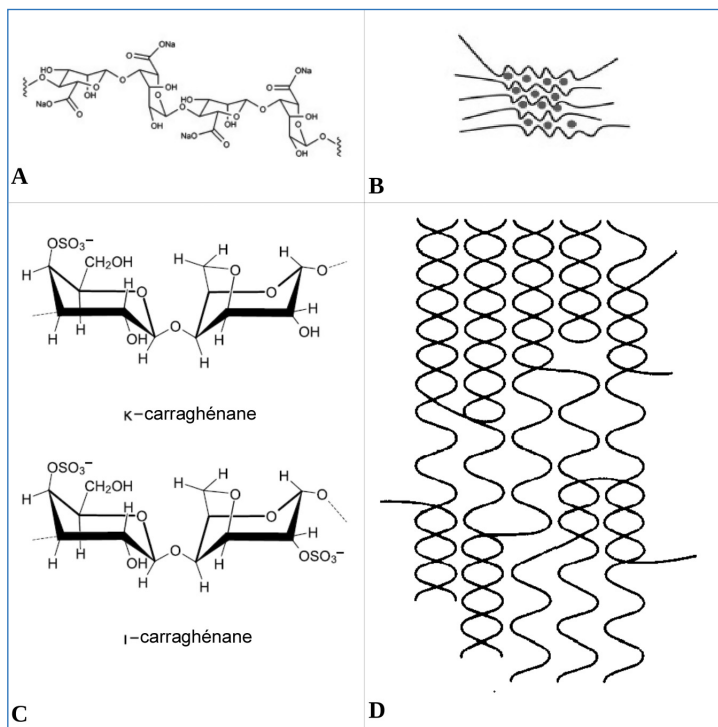
Le capitaine Nemo faisant le point; dessin d'Alphonse de Neuville, gravé par Hildibrand (20ML, I, xiv; LdP, p. 140).

Contrairement à ce que croyaient ses lecteurs du XIX^e siècle, Jules Verne n'avait pas de formation scientifique, mais seulement un goût prononcé pour la science, qu'il a mise en scène au long de ses *Voyages extraordinaires*. Toutefois, aujourd'hui encore, on fait appel à lui pour évoquer des découvertes inattendues [1].

C'est ainsi qu'on a pu lire, en janvier 2020, un article scientifique intitulé « 20,000 ligands under the sea: metal-organic supramolecules from the ocean » [2], dont les auteurs chinois ont volontairement et explicitement paraphrasé le titre d'un des plus célèbres romans de Jules Verne, *Vingt mille lieues sous les mers* [3], qui est traduit en anglais mot à mot comme *Twenty Thousand Leagues under the Seas* [4]. Nous avons donc ici un jeu de mots par allitération entre « leagues » et « ligands » qui, rappelons-le, correspond – à la fois en français et en anglais – à un terme de la chimie de coordination : un ligand est une espèce chimique dont les groupements fonctionnels permettent d'établir des liaisons avec un ou plusieurs ions métalliques centraux.

Le court article en question, qui est un « point de vue » (dans l'original : « matter of opinion »), commence par se référer au roman (qui a été publié il y a tout juste 150 ans !), dont il cite le passage où le capitaine Nemo explique à ses hôtes (ou plutôt ses prisonniers) : « *La mer est tout ! Elle couvre les sept dixièmes du globe terrestre. Son souffle est pur et sain. C'est l'immense désert où l'homme n'est jamais seul, car il sent frémir la vie à ses côtés. La mer n'est que le véhicule d'une surnaturelle et prodigieuse existence ; elle n'est que mouvement et amour ; c'est l'infini vivant [...]* » (20ML, I, x ; LdP, p. 103-104)⁽¹⁾. Mais aussitôt après cette incursion littéraire, les auteurs exposent les résultats de plusieurs études récentes mettant en œuvre un certain type de biopolymères d'origine marine : les alginates et les carraghénanes, substances extraites d'algues et connues des consommateurs comme des additifs épaississants dans l'industrie agroalimentaire.

En raison de la présence de groupes fonctionnels hydroxyle -OH, acide carboxylique -COOH ou sulfate -OSO₃⁻, ces molécules peuvent former des complexes avec des cations (surtout divalents), sous forme de gels avec des structures moléculaires tridimensionnelles originales, respectivement « en boîte à œufs » pour les alginates métalliques [5] et « en double hélice » pour les carraghénanes métalliques [6] (voir *figure*). En particulier, la complexation avec les ions Ca²⁺ permet de fabriquer des fibres textiles qui sont naturellement ignifugées (et, paraît-il, confortables) ; nous pouvons imaginer que le capitaine Nemo aurait pu s'en servir pour protéger son équipage en cas d'incendie dans le sous-marin *Nautilus*.



Formules moléculaires des alginate (A) et des carraghénanes (C), et schéma représentatif de leurs structures, respectivement « en boîte à œufs » (B) et « en double hélice » (D). Schéma (B) d'après X.Y. He *et al.*, *RSC Adv.*, 2016, 6, p. 114779 (© Royal Society of Chemistry, 2016); schéma (D) d'après R.P. Millane *et al.*, *Carbohydr. Res.*, 1988, 182, p. 1 (© Elsevier, 1988).

Par ailleurs, les auteurs de l'article évoquent la fabrication de supercondensateurs, à la fois très performants et peu dangereux, basés sur des polymères électrolytiques à base d'alginate de lithium. Ils évoquent aussi d'autres types de (nano)matériaux solides permettant le stockage de l'énergie et sa restitution, ou encore des catalyseurs métalliques atomiquement dispersés, ce qui augmente leur activité et leur stabilité.

Si ces matériaux innovants et performants en sont encore à leur état initial de développement, nul doute qu'ils auraient pu rendre de grands services au capitaine Nemo qui, avec ses compagnons, a pu observer « de vastes pans de rochers revêtus d'une splendide fourrure verte d'algues et de fucus » (20ML, II, IV ; LdP, p. 335), lui dont le sous-marin produisait une électricité qui « n'est pas celle de tout le monde » (20ML, I, XII ; LdP, p. 119) mais qu'il ne savait pas stocker !

Signalons également que divers types de matières plastiques ont été obtenues à partir de molécules extraites d'algues [7].

Revenons sur la chimie, qui est assez fréquente chez Jules Verne, comme cela a déjà été détaillé par Xavier Bataille et Lionel Dupuy dans cette revue [8]. En ce qui concerne le roman en question ici, plusieurs points méritaient des explications complémentaires. Ainsi, après avoir expliqué avoir « voulu ne demander qu'à la mer elle-même les moyens de produire [s]on électricité », Nemo précise qu'il utilise pour cela le sodium : « Mélangé avec le mercure, il forme un amalgame qui tient lieu

du zinc dans les éléments Bunzen. Le mercure ne s'use jamais. Le sodium seul se consomme, et la mer me le fournit elle-même. Je vous dirai, en outre, que les piles au sodium doivent être considérées comme les plus énergiques, et que leur force électro-motrice est double de celle des piles au zinc » (20ML, I, XII ; LdP, p. 119-120). Comme l'a analysé en détail William Jensen [9], les connaissances de Nemo (et de Verne) en électrochimie sont tout à fait exactes pour l'époque, et probablement dues au Français Antoine-César Becquerel (1788-1878), le grand-père d'Antoine-Henri Becquerel (1852-1908) qui mit en évidence la radioactivité. Pour obtenir alors ce si précieux sodium, Nemo précise : « Je ne l'extrais pas par la pile, et j'emploie tout simplement la chaleur du charbon de terre »⁽²⁾ (20ML, I, XII ; LdP, p. 120), une explication pas très détaillée, ni même crédible [10]. On constate donc que Jules Verne peut, encore et toujours, servir d'introduction à des domaines scientifiques divers et variés.

Notes et références

(1) Selon les conventions habituellement utilisées par les verniens, les citations du roman (abrégé en 20ML) sont repérées par la partie et le chapitre (en chiffres romains, respectivement de grande et de petite taille). De plus, j'indique la page dans la réédition du Livre de Poche (LdP).

(2) Ce « charbon de terre » dont parle Nemo, c'est la houille.

[1] Dumas O., Verne et la science, in *Jules Verne, Cent ans après (Colloque de Cerisy)*, J.-P. Picot, C. Robin (dir.), Terres de Brume, Rennes, 2005, p. 335-345.

[2] Lv C.X., Zhao X.L., Zhu Y., Xia Y.Z., Yang D.J., 20,000 Ligands under the sea: metal-organic supramolecules from the ocean, *Matter*, 2020, 2, p. 10.

[3] Verne J., *Vingt mille lieues sous les mers*, Hetzel, Paris, 1869-1870 ; réédition en Livre de Poche n° 2033, Hachette, 1986.

[4] Verne J., *The Extraordinary Journeys - Twenty Thousand Leagues under the Seas*, translated with an introduction and notes by William Butcher, Oxford University Press ; 1st ed., 1998 ; 2nd ed. revised, 2019.

[5] Yamamoto K., Yuguchi Y., Stokke B.T., Sikorski P., Bassett D.C., Local structure of Ca²⁺ alginate hydrogels gelled via competitive ligand exchange and measured by small angle X-ray scattering, *Gels*, 2019, 5, art. n° 3.

[6] Janaswamy S., Chandrasekaran R., Effect of calcium ions on the organization of iota-carrageenan helices: an X-ray investigation, *Carbohydr. Res.*, 2002, 337, p. 523.

[7] Zhang C.F., Show P.-L., Ho S.-H., Progress and perspective on algal plastics: a critical review, *Biores. Technol.*, 2019, 289, art. n° 121700.

[8] Bataille X., Dupuy L., La chimie extraordinaire de Jules Verne, *L'Act. Chim.*, 2007, 304, p. 30.

[9] Jensen W.B., Captain Nemo's battery: chemistry and the science fiction of Jules Verne, in *Culture of Chemistry - The Best Articles on the Human Side of 20th Century Chemistry from the Archives of the Chemical Intelligencer*, B. Hargittai, I. Hargittai (eds), Springer, 2015, p. 205-214.

[10] Scantimburgo M., Marucci E., L'extraction du sodium de l'eau de mer par le capitaine Nemo, *Bull. Soc. Jules Verne*, 1938, 10 (1^{ère} série), p. 15.

Jean-Claude BOLLINGER,

Professeur émérite en chimie de l'environnement à la Faculté des Sciences, Université de Limoges.

*jean-claude.bollinger@unilim.fr