

# Littérature et chimie : Jules Verne, et la chimie au service de la respiration des astronautes

J.-C. Bollinger

L'enseignement de la chimie a ressenti, depuis quelques années, le besoin de renouveler ses méthodes pédagogiques, ses programmes, ses objectifs. Un excellent moyen semble la mise sur pied des Olympiades de la chimie, qui connaissent chaque année un franc succès ; plus particulièrement destinées à motiver les élèves du secondaire (et leurs enseignants) vis-à-vis de la chimie, elles bénéficient également du soutien des industriels, ce qui est certainement un bon signe. On a donc pris l'habitude, par exemple, de rechercher des exemples montrant les liens entre la chimie et la vie quotidienne, l'environnement ou la santé. On peut citer ici, au hasard, la comparaison de fibres textiles ou de matières plastiques d'usage courant, l'étude de produits d'entretien ou de jardinage (eau de Javel, détergents variés, engrais ou insecticides, etc.), le dosage du vinaigre, de l'aspirine, de la vitamine C ou de la caféine, dans des médicaments ou des boissons, ... [1].

Dans cet article, une autre approche est utilisée : on se propose de montrer comment la lecture d'un (double) roman d'aventures (de science-fiction ?), écrit par Jules Verne il y a plus de cent ans, permet d'aborder quelques réactions chimiques, non pas extraordinaires (comme les "Voyages" en question) mais tout à fait... terre-à-terre (*sic !*), et qui ont réellement été utilisées (ou envisagées) par la suite.

On se demandera peut-être pourquoi avoir choisi cet auteur, alors qu'en fait il y a bien plus d'ouvrages qu'on ne le pense qui utilisent la chimie dans leurs pages (un article sur ce thème est d'ailleurs en préparation). Sans doute, parce que, comme l'avait déjà noté un critique anonyme de 1897, cité par Charles-Noël Martin : "c'est surtout à l'adaptation scientifique que M. Jules Verne doit son long et inépuisable succès" [2] et que, depuis des générations, tous les adolescents font leurs délices de ces aventures, même si elles semblent parfois avoir un peu vieilli.

Dans "De la Terre à la Lune" [3] et dans "Autour de la Lune" [4], Jules Verne évoque un problème d'importance : le renouvellement de l'air dans le "boulet" (qui deviendra en fait par la suite un "projectile cylindro-conique") chargé de transporter de hardis ingénieurs jusqu'à notre satellite. En effet, les besoins d'un équipage spatial (moderne) ont été comptabilisés comme suit [5] :

#### Métabolisme :

- consommation d'oxygène = 1 kg/homme·jour,
- production de gaz carbonique = 1,2 kg/homme·jour,
- consommation d'eau = 3 kg/homme·jour.

#### Milieu ambiant :

- pression en cabine = 0,3 kg/cm<sup>2</sup> si oxygène pur, ou 1 kg/cm<sup>2</sup> si mélange oxygène + azote,
- température en cabine = 24 +/- 3 °C,
- humidité relative = 40 à 70 %.

Voici donc comment les héros du double roman de Jules Verne, et en particulier l'ingénieur Français Michel Ardan (anagramme de Nadar, photographe, aéronaute et journaliste - une célébrité parisienne de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle -) résolvent ce problème "par un procédé bien simple, celui de MM. Reiset et Regnault" :

*"On sait que l'air se compose principalement de vingt et une parties d'oxygène et de soixante-dix-neuf parties d'azote. Or, que se passe-t-il dans l'acte de la respiration ? Un phénomène fort simple. L'homme absorbe l'oxygène de l'air, éminemment propre à entretenir la vie, et rejette l'azote intact. L'air expiré a perdu près de cinq pour cent de son oxygène et contient alors un volume à peu près égal d'acide carbonique, produit définitif de la combustion des éléments du sang par l'oxygène inspiré. Il arrive donc que dans un milieu clos, et après un certain temps, tout l'oxygène de l'air est remplacé par l'acide carbonique, gaz essentiellement délétère.*

*La question se réduisait dès lors à ceci : l'azote s'étant conservé intact, 1<sup>o</sup> refaire l'oxygène absorbé ; 2<sup>o</sup> détruire l'acide carbonique expiré. Rien de plus facile au moyen du chlorate de potasse et de la potasse caustique.*

*Le chlorate de potasse est un sel qui se présente sous la forme de paillettes blanches ; lorsqu'on le porte à une température supérieure à quatre cents degrés, il se transforme en chlorure de potassium, et l'oxygène qu'il contient se dégage entièrement. Or, dix-huit livres de chlorate de potasse rendent sept livres d'oxygène, c'est-à-dire la quantité nécessaire aux voyageurs pendant vingt-quatre heures. Voilà pour l'oxygène.*

*Quant à la potasse caustique, c'est une matière très avide de l'acide carbonique mêlé à l'air, et il suffit de l'agiter pour qu'elle s'en empare et forme du bicarbonate de potasse. Voilà pour absorber l'acide carbonique.*

*En combinant ces deux moyens, on était certain de rendre à l'air vicié toutes ses qualités vivifiantes. C'est ce que les deux chimistes, MM. Reiset et Regnault, avaient expérimenté avec succès. Mais, il faut le dire, l'expérience avait eu lieu jusqu'alors in anima vili. Quelle que fût sa précision scientifique, on ignorait absolument comment des hommes la supporteraient."*

(De la Terre à la Lune, p. 307-309)

*"L'appareil de Reiset et Regnault, destiné à la production de l'oxygène, était alimenté pour deux mois de chlorate de potasse. Il consommait nécessairement une certaine quantité de gaz, car il devait maintenir au-dessus de quatre cents degrés la matière productrice. Mais là encore, ont été en fonds. L'appareil ne demandait, d'ailleurs, qu'un peu de surveillance. Il fonctionnait automatiquement. A cette température élevée, le chlorate de potasse, se changeant en chlorure de potassium, abandonnait tout l'oxygène qu'il contenait. Or, que donnaient dix-huit livres de chlorate de*

potasse ? Les sept livres d'oxygène nécessaire à la consommation quotidienne des hôtes du projectile.

Mais il ne suffisait pas de renouveler l'oxygène dépensé, il fallait encore absorber l'acide carbonique produit par l'expiration. Or, depuis une douzaine d'heures, l'atmosphère du boulet s'était chargée de ce gaz absolument délétère, produit définitif de la combustion des éléments du sang par l'oxygène inspiré. Nicholl reconnut cet état de l'air en voyant Diane [la chienne des voyageurs] haletter péniblement. En effet, l'acide carbonique - par un phénomène identique à celui qui se produit dans la fameuse Grotte du Chien - se massait vers le fond du projectile, en raison de sa pesanteur. La pauvre Diane, la tête basse, devait donc souffrir avant ses maîtres de la présence de ce gaz. Mais le capitaine Nicholl se hâta de remédier à cet état de choses. Il disposa sur le fond du projectile plusieurs récipients contenant de la potasse caustique qu'il agita pendant un certain temps, et cette matière, très avide d'acide carbonique, l'absorba complètement et purifia ainsi l'air intérieur."

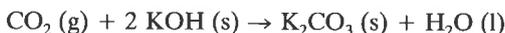
(Autour de la Lune, p. 52-54)

Ces deux procédés ne sont pas du tout fantaisistes, bien au contraire. Ainsi, la production d'oxygène par thermolyse du chlorate de potassium :



est attribuée à Berthollet par Duval [6] qui précise que ce dégagement d'oxygène commence dès 350 °C, qu'on a pu montrer qu'il n'y a pas d'intermédiaire entre le chlorate et le chlorure de potassium et, enfin, que l'oxygène dégagé est très pur ; ce que confirment d'ailleurs nos voyageurs : "quant à l'oxygène, disait le capitaine Nicholl, "il était certainement de première qualité" [7].

L'absorption du gaz carbonique par la potasse est également une réaction bien connue :

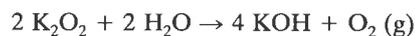


De tels dispositifs ont été réellement envisagés pour l'exploration spatiale dans les années 1950 et suivantes : "Pour des missions d'une certaine durée, [...] on a pensé à des systèmes de régénération utilisant des méthodes physiques et chimiques. Ces systèmes sont généralement compliqués et dépensent beaucoup d'énergie. Ils sont surtout assez lourds, mais leur emploi se révèle intéressant à partir du moment où, pour une mission donnée, leur poids devient inférieur à celui des réserves que l'on aurait été obligé de stocker à bord. Les systèmes régénératifs de l'air, autrement dit ceux qui fournissent de l'oxygène à partir du gaz carbonique et de l'eau dégagés par l'homme, pèsent le plus lourd, et leur réalisation se heurte à des difficultés considérables" [8].

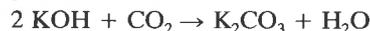
Pour les vols de courte durée, on signale l'usage d'oxygène gazeux ou liquide : "chaque kilogramme donne alors 800 l d'oxygène gazeux, soit la ration journalière d'un homme" [9]. Il faut toutefois éviter de surcharger l'atmosphère en oxygène : dans l'oxygène pur, la respiration se produit plus activement et il y a turgescence du système vasculaire [10]. C'est ailleurs ce que constatent Michel Ardan et ses amis [11], renouvelant malgré eux les expériences du docteur Ox (et de son aide, curieusement nommé... Ygène !) à l'encontre des paisibles habitants de Quiquendone [12].

En fait, l'homme peut vivre en respirant de l'oxygène pur à une pression suffisamment basse (de l'ordre de 300 mm Hg) [13] ; ceci est d'ailleurs réalisé au cours de certaines opérations chirurgicales, mais la pression optimale a fait l'objet de nombreuses controverses [14]. Pour les premiers vols des capsules Mercury, puis des capsules Gemini et Apollo, la NASA employa une atmosphère d'oxygène pur sous pression réduite [15] alors que pour les vaisseaux Vostok et Voskhod, les Russes purent utiliser des systèmes plus lourds : ils optèrent donc pour une atmosphère proche de l'air terrestre, ayant "recours à la méthode chimique de régénération utilisant un superoxyde de métal alcalin [...] très probablement du superoxyde de potassium). Le principe du système est fort simple : en absorbant l'humidité de l'air, le superoxyde dégage de l'oxygène, et la potasse formée dans la réaction fixe le gaz carbonique exhalé. Une partie de l'eau était en outre récupérée par condensation et, pour la partie de l'air ne passant

pas par le régénérateur, on avait prévu des absorbants supplémentaires de gaz carbonique sous forme d'hydroxyde de lithium et de charbon activé. La destruction des autres produits gazeux du métabolisme était assurée par des absorbants et par des filtres spéciaux" [16]. Les réactions sont ici, comme avec l'oxylythe  $\text{Na}_2\text{O}_2$  :

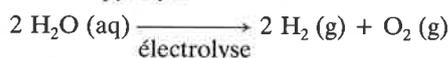
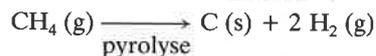
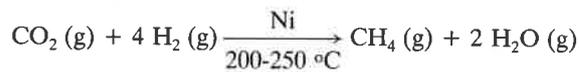


puis

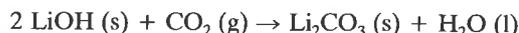


Pour les vols des années 70, c'est un système basé sur la réduction électrolytique du gaz carbonique qui était proposé par les spécialistes Usiens : "une double réaction permet en l'occurrence d'obtenir à partir du  $\text{CO}_2$  du carbone et de l'oxygène libre" [17], mais cela dépense beaucoup d'énergie. Les Russes, eux, avaient envisagé un système biologique, basé sur une algue microscopique, la chlorelle [18]. Toutefois, l'homme exhale environ 0,85 L de gaz carbonique pour 1 L d'oxygène consommé, "aussi le volume d'oxygène restitué par le végétal, volume identique à celui du gaz carbonique qu'il a absorbé, ne suffira-t-il pas à couvrir totalement les besoins de l'homme. S'il y a un excès de plante, le végétal manquant de gaz carbonique dépérira sans, pour autant, parvenir à fournir la quantité d'oxygène nécessaire. Si, enfin, l'algue prolifère, le cosmonaute sera contraint de la détruire ou de s'en nourrir régulièrement" [19], ce qui ne présente en fait que des avantages, étant données leurs qualités nutritives (50 % de protéines, 25 % de lipides, notamment) [20].

Pour épurer l'air de la cabine, on peut également envisager l'utilisation du froid de l'espace (congélation du  $\text{CO}_2$  et de la vapeur d'eau) ou du vide intersidéral (détente adiabatique) [21]. Dans la navette spatiale, la NASA a utilisé [22] le procédé Sabatier pour régénérer l'oxygène :



et la réaction (exothermique) avec l'hydroxyde de lithium solide pour éliminer le gaz carbonique :



ce qui constitue, en fait, un ensemble de processus également employé par les Russes lors d'un essai de survie en chambre close [23], maintenant ainsi le taux de  $\text{CO}_2$  à des valeurs convenables (0,3 à 0,5 %).

Il a déjà été souligné par ailleurs [24] que, cent ans après l'anticipation décrite par Jules Verne, trois hommes ont fait le voyage de la Terre à la Lune, et ont tourné autour de la Lune avant de revenir sur Terre : c'était, fin décembre 1968, l'équipage américain de la cabine Apollo, permettant ainsi au petit-fils de l'auteur, Jean-Jules Verne, de voir "les hommes aller dans la Lune" et de "mesurer la justesse de (ses) images" comme il le lui avait prédit [25]. Les similitudes et les différences entre la fiction romanesque et la réalité technique ont alors été répertoriées et commentées ; ainsi, on a pu signaler que, dans la technique retenue, le gaz carbonique était absorbé par de l'hydroxyde de lithium et l'oxygène nécessaire était stocké à l'état liquide.

Insistons pour mémoire sur le fait que Jules Verne n'était pas un scientifique de formation, ni de goût ; encore moins un chimiste ! Pourtant, la preuve est qu'il s'est documenté aux meilleures sources, accumulant de nombreuses notes [26] afin d'être clair et exact ; ainsi, il écrivait en 1873, alors qu'il préparait *L'île mystérieuse* : "... je passe mon temps avec des professeurs de chimie..." [27]. On comprend ainsi son succès universel (en tous temps et en tous lieux) qui fait que "l'œuvre de Jules Verne fut le vecteur non seulement d'un enthousiasme neuf pour la science et la technique, mais aussi d'une idéologie et d'une éthique : point de salut, hors le progrès technique" [28].

## Références

- [1] Voir par exemple les recueils des sujets des épreuves des Olympiades nationales de la chimie (depuis 1985), co-édités par l'Union des Physiciens et le Comité National de la Chimie.
- [2] Ch. N. Martin, Recherches sur la nature, les origines et le traitement de la science dans l'œuvre de Jules Verne, thèse, université Paris VII, 23 juin 1980, p. 71.
- [3] J. Verne, De la Terre à la Lune, Hetzel, Paris, 1864 ; les références citées sont relatives à la réédition en Livre de Poche n° 2026, Librairie Générale Française, Paris, 1966.
- [4] J. Verne, Autour de la Lune, Hetzel, Paris, 1865 ; les références citées sont relatives à la réédition en Livre de Poche n° 2035, Librairie Générale Française, Paris, 1966.
- [5] O.E. Reynolds, J.M. Talbot, article "espace (conquête de l')", bioastronautique", Encyclopaedia Universalis, vol. 6, 1<sup>re</sup> édition, Paris, 1968, p. 482.
- [6] C. Duval, l'Oxygène, collection "Que Sais-je ?" n° 1273, Presses Universitaires de France, Paris, 1967, p. 17.
- [7] Autour de la Lune, p. 107.
- [8] G. Sourine, Vivre dans l'Espace, Laffont, Paris, 1969, réédition Marabout Université n° 208, Éditions Gérard, Verviers, 1970, p. 40.
- [9] G. Sourine, *op. cit.*, p. 39.
- [10] C. Duval, *op. cit.*, p. 50.
- [11] Autour de la Lune, p. 119-120.
- [12] J. Verne, Une fantaisie du docteur Ox, Hetzel, Paris, 1874 ; repris dans Histoires inattendues, collection 10/18 n° 1229, Union Générale d'Éditions, Paris, 1978.
- [13] M.V. Struka, article "Cosmonautique (physiopathologie de la)", Encyclopaedia Universalis, vol. 5, 1<sup>re</sup> édition, Paris, 1968, p. 15-16.
- [14] G. Sourine, *op. cit.*, p. 50-59.
- [15] G. Sourine, *op. cit.*, p. 53 et G.M. Low, article "Espace (conquête de l') ; Lanceurs et vaisseaux spatiaux", Encyclopaedia Universalis, vol. 6, 1<sup>re</sup> édition, Paris, 1968, p. 479.
- [16] G. Sourine, *op. cit.*, p. 55-56.
- [17] G. Sourine, *op. cit.*, p. 73.
- [18] G. Sourine, *op. cit.*, p. 78-81.
- [19] M.V. Struka, *op. cit.*
- [20] R. Germain, Trois Russes ont vécu un an dans une boîte, *Science & Vie*, mars 1969, 618, 62-64.
- [21] M.V. Struka, *op. cit.*
- [22] P.B. Kelter, W.E. Snyder, C.S. Buchar, Using NASA and the space program to help high school and college students learn chemistry, *J. Chem. Educ.*, 1987, 64, 60-63.
- [23] R. Germain, *op. cit.*
- [24] F. Bussière, A propos du vol d'Apollo : Jules Verne, ou la vérité du roman, *Europe*, juin 1969, 482, 225-240.
- [25] Cité dans *France Soir*, daté du 28 décembre 1968, après le vol d'Apollo 8.
- [26] C.N. Martin, *op. cit.*, p. 69 et 75-76.
- [27] C.N. Martin, *op. cit.*, p. 523.
- [28] J. Neyrinck, Le huitième jour de la création, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1986, p. 184.

### Stage : BIOCHROMATOGRAPHIE ET INTERACTIONS MOLÉCULAIRES

du 15 au 17 décembre 1992 à Thiais (94)

**Responsable :** M. Bernard SEBILLE, Professeur, Directeur du laboratoire de Physicochimie des Biopolymères (CNRS - Université Paris XII), avec le Groupe Français de Biochromatographie.

**Inscription :** CNRS, DR Ile-de-France Est, Sce Formation.  
Tél. : 46.87.24.72.

### Préparation de l'échantillon biologique avant l'analyse

Sophia Antipolis

7-9 octobre 1992 / 20-22 janvier 1993

Cette formation est consacrée à l'optimisation, la méthodologie et à l'automatisation.

*Renseignements et inscriptions :*

M. Dominique PIO, Immeuble AFME, Horel Lucas, 500, route des Lucioles, 06560 Valbonne-Sophia Antipolis. Tél. : 93.95.79.99 (télécopie : 93.65.31.96).

*Communication professionnelle et industrielle*

### Comutech

Comutech offre les services suivants :

- conseil en communication, rédaction personnalisée, communiqués de presse, conception et réalisation de dossiers de presse, organisation de conférences de presses, réalisation de visites de presse...
- et traductions techniques anglais/français.

Comutech, 35, rue Brancas, 92310 Sèvres.  
Tél. : (1) 46.23.13.11 - Télécopie : (1) 46.23.84.01.