

Colloque

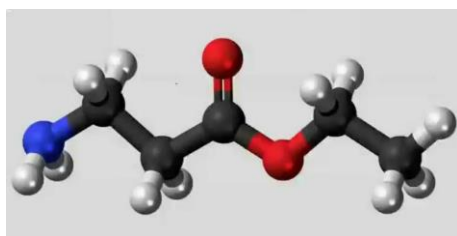
Chimie, tout n'est que chimie

Académie d'Orléans, Agriculture, Sciences, Belles-Lettres et Arts.

Lundi 28 mai 2018, de 9 heures à 17 heures

Centre international universitaire pour la recherche, rue Dupanloup, Orléans

La chimie, cette science qui étudie la composition de la matière et ses transformations, est le thème retenu par l'Académie d'Orléans, pour son colloque de printemps 2018. Six conférences traiteront du rôle fondamental joué par la chimie dans les différents aspects de la vie. C'est à elle que nous devons l'émergence et le développement de la vie dans les océans terrestres. Aujourd'hui, la chimie procède à la transformation des sucres, véritable carburant du moteur biologique. Elle assure également le bon fonctionnement de la cellule vivante, croissance et reproduction. Au plan économique, la chimie est à la base d'un puissant secteur industriel qui commercialise aujourd'hui le plus grand nombre de produits, transformés ou de synthèse. Au plan social et environnemental, la chimie est au cœur de la transition énergétique. Au plan culturel, la chimie permet aujourd'hui l'étude scientifique des œuvres des grands peintres.



Programme

- 09:00-09 :15** **Présentation du colloque.**
Marc Baconnet
Président de l'Académie d'Orléans
- 09:15-10:00** **La chimie à l'origine de la vie**
André Brack
Membre de l'Académie d'Orléans
- 10:00-10:45** **La chimie en Région Centre Val de Loire**
Myriam Rouet-Meunier
Secrétaire générale de l'Union des Industries chimiques du Centre val de Loire
- 10:45-11:15** **Pause**
- 11:15-12:00** **La chimie de la cellule vivante**
Michel Monsigny
Membre de l'Académie d'Orléans
- 12:00-14:00** **Déjeuner**
- 14:00-14:45** **Chimie et énergie**
Jean-Claude Bernier
Ancien directeur du département des sciences chimiques du CNRS
- 14:45-15:15** **Pause**
- 15:15-16:00** **La chimie des sucres.**
Olivier Martin
Professeur à l'Institut de chimie organique et analytique, Université d'Orléans
- 16 :00-16 :45** **Chimie et arts.**
Jean-Yves Mérour
Membre de l'Académie d'Orléans
- 16:45-17:00** **Conclusions**

La chimie à l'origine de la vie

André Brack¹

Sur Terre, le passage de la matière à la vie se fit dans l'eau, il y a environ 4 milliards d'années. La Terre primitive consistait en petits continents, ressemblant à l'Islande d'aujourd'hui, entourés de bassins d'eau peu profonde mais chaude, de l'ordre de 50 à 80°C. L'atmosphère de la Terre primitive était dominée par du dioxyde de carbone accompagné, dans une moindre mesure, par de l'azote et de la vapeur d'eau. Il est admis que l'eau liquide était présente à la surface de la Terre peu de temps après sa formation, il y a plus de 4 milliards d'années, comme l'attestent les rapports isotopiques de l'oxygène mesurés dans un zircon, petit cristal de silicate de zirconium vieux de 4,4 milliards d'années, retrouvé dans des sédiments d'Australie occidentale.

On considère généralement que la vie, à son origine, utilisait déjà des molécules organiques construites sur un squelette d'atomes de carbone auxquels sont associés des atomes d'hydrogène, mais aussi d'oxygène, d'azote, de soufre, de phosphore, précurseurs des molécules biologiques contemporaines. Grâce à leur tétravalence, les atomes de carbone permettent la construction d'échafaudages moléculaires de plus en plus complexes, complexité qui permet aux systèmes d'évoluer.

Les formes de carbone les plus simples susceptibles de conduire aux molécules organiques sont gazeuses: CO₂ et CO pour les formes oxydées et CH₄ pour la forme réduite. En 1953, le chimiste américain Stanley Miller obtint quatre acides aminés en soumettant un mélange gazeux de méthane, d'hydrogène, d'ammoniac et d'eau à des décharges électriques. Cependant, les géochimistes privilégient une atmosphère terrestre primitive neutre dominée par le dioxyde de carbone et l'azote. Dans de tels mélanges gazeux, la production d'acides aminés est très faible. Deux nouvelles filières sont apparues depuis la

célèbre expérience de Miller. Les gaz qui s'échappent des sources hydrothermales sous-marines renferment de l'hydrogène et du CO₂ et génèrent de longues chaînes de carbone et d'hydrogène, premiers pas possibles vers les membranes. La seconde piste préconise des ingrédients arrivant de l'espace. C'est ainsi que la météorite de Murchison, tombée en Australie en 1969, renferme plus de soixante-dix acides aminés différents, dont 8 des 20 acides aminés protéiques. Des collectes de micrométéorites dans les glaces de l'Antarctique permettent d'estimer à 30 m la couche de matière organique livrée à la Terre pendant les 200 millions d'années du bombardement intense.

Le mode de fonctionnement cellulaire commun à tous les systèmes vivants contemporains suggère que la vie terrestre est apparue sous les traits d'une mini-cellule. Les chimistes se sont donc efforcés de reconstituer en laboratoire des modèles réduits de membranes, de protéines et d'acide ribonucléique (ARN). Le bilan est satisfaisant pour les mini-membranes et les mini-protéines reconstituées en laboratoire, notamment à Orléans. Par contre, la formation spontanée de longs brins d'ARN est plus problématique, à cause du sucre ribose. Il se peut néanmoins que la vie soit apparue sous les traits de vésicules ayant encapsulé des ARN, animant un monde vivant fait d'ARN qui aurait précédé le monde cellulaire.

Les chimistes n'ont pas encore réussi à recréer la vie en laboratoire mais ils ont défini une véritable référence pour la recherche de vie extraterrestre qui permettra, peut-être, de sortir la vie terrestre de sa solitude cosmique.

<http://goutelas.sf2a.eu/2005>, page 309

<https://www.youtube.com/watch?v=VpIwdGoIAwE>

¹ Académie d'Orléans

La chimie, une industrie.

Myriam Rouet-Meunier²

L'Union des Industries Chimiques (UIC) est l'organisation professionnelle qui représente les entreprises de la chimie en France. Elle est le porte-parole du secteur auprès des pouvoirs publics nationaux, européens et des instances internationales. L'UIC souhaite mieux faire connaître la chimie et ses applications et mettre en valeur le rôle éminent qu'elle joue au sein de la société.

La chimie en France a connu une croissance record en 2017 avec une hausse de ses volumes de 4,6 % par rapport à 2016 après +0,9 %. La chimie a profité de la reprise de ses marchés finaux tant domestique qu'étrangers.

Entre janvier et décembre 2017, la production de la chimie est en hausse de 4,4 % contre +0,7 % sur la même période de 2016.

Même si l'écart s'est réduit, la chimie demeure plus performante que l'industrie manufacturière depuis la crise financière de 2008. Depuis le point bas de 2009, la chimie suit une tendance positive de 2 % par an contre 0 % pour l'industrie manufacturière. De plus, la chimie est supérieure en 2017 de 14,4 % au niveau moyen de 2007, alors que l'industrie manufacturière reste en retrait de 10,5 %. En région Centre Val de Loire, la chimie a vécu ces mêmes développements, mais pour quels secteurs ?

La chimie de la cellule vivante

Michel Monsigny³

La cellule vivante est une usine chimique remarquablement organisée. Les diverses activités font de la cellule un modèle écologique idéal. La cellule importe des éléments nutritionnels qu'elle utilise comme source d'énergie, comme constituant et/ou comme matériau pour construire ses propres outils. Certains composés essentiels (certains acides aminés, acides gras, vitamines ...) doivent être importés car la cellule animale n'a pas les outils permettant leur synthèse.

Les modifications chimiques sont très efficaces et très sélectives car elles sont catalysées par des enzymes (protéines). Les enzymes reconnaissent leur cible de façon fine (notion d'affinité), et la transformation est orientée à la fois dans l'espace (chiralité) et dans la nature chimique de la réaction.

A part les petites molécules organophiles (lipophiles ou hydrophobes telles que l'éthanol), les molécules ne rentrent pas spontanément dans la cellule, elles doivent être reconnues par des récepteurs spécifiques à sa surface : ces récepteurs sélectionnent les

molécules en fonction de leur complémentarité (affinité). Des récepteurs sont aussi impliqués dans la capture et l'endocytose (pénétration dans la cellule) de grosses molécules voire même de virus : ici aussi la sélectivité est liée à l'affinité et pour les macromolécules et les virus à une affinité particulière appelée « avidité ». Ces notions sont fondamentales pour la vie de la cellule et sont aussi le fondement de l'activité des médicaments (allopathie).

L'expression des gènes (synthèse des acides ribonucléiques et des protéines) est régulée par des réactions chimiques sur l'ADN (acide désoxyribonucléique) et sur les histones (protéines associées à l'ADN. Ces modifications chimiques simples sont la base de l'épigénèse (régulation fine de l'expression des gènes) : chaque cellule n'utilise qu'une petite fraction des quelque 25 000 gènes présents dans l'ADN du noyau. C'est cette chimie fine qui organise la différenciation de la cellule initiale (l'œuf formé après la pénétration de l'ADN du spermatozoïde dans l'ovule) en plus de 200 types cellulaires différents de l'adulte.

² Secrétaire générale de l'Union des Industries chimiques de la Région Centre-Val de Loire

³ Académie d'Orléans

La chimie des sucres

Olivier Martin⁴

Les sucres sont des constituants essentiels des organismes vivants. Si leur contribution à la rigidité de matériaux tels que le bois ou la carapace des crustacés est connue depuis longtemps, de même que leur rôle comme source d'énergie pour l'alimentation humaine, leur implication comme marqueurs antigéniques dans les phénomènes de reconnaissance en biologie a été mis en évidence plus récemment. Les bases de la structure des mono-saccharides et de la formation de liaisons glycosidiques seront exposées de façon simplifiée afin que les auditeurs comprennent l'origine de l'immense richesse des structures glycaniques qui existent dans la Nature, et la diversité moléculaire qui peut être générée en combinant des unités saccharidiques, qui forme la base d'un 'Glycocode'. Les grandes classes de composés glycaniques seront décrites en soulignant leur importance en biologie, mais aussi pour le

développement durable: sucres libres, oligosaccharides, homopolysaccharides (cellulose, amidon, chitine), hétéro-polysaccharides (héparine par exemple), et glycoconjugués. Des exemples de glycanes porteurs d'information seront donnés avec comme illustration les antigènes caractérisant les groupes sanguins. Avec les acides aminés et les nucléotides, les sucres (monosaccharides) forment le troisième alphabet de la vie, et leur étude ne doit pas être négligée malgré que le domaine des glycoconjugués ait la réputation d'être bien plus complexe que celui des protéines et des acides nucléiques!

Références générales:

J. Lehmann, *Carbohydrates: Structure and Biology*, Thieme 1998

H.J. Gabius, *The Sugar Code. Fundamentals of GlycoSciences*, Wiley-VCH, 2009

Art et Chimie : Etudes scientifiques des peintures

J.Y. Mérour⁵

La connaissance scientifique des tableaux a démarré au début du 20^{ème} siècle avec l'utilisation des rayons X puis s'est considérablement développée avec les techniques analytiques comme l'infra-rouge, l'ultraviolet, le Raman, la microfluorescence X. Des techniques plus coûteuses utilisant des accélérateurs comme AGLAE (Louvres, technique PIXE) ou des synchrotrons sont parfois utilisées pour connaître la structure même du tableau tel que l'environnement chimique de chaque grain de pigment.

Une des difficultés de l'étude des tableaux est que les analyses ne doivent pas altérer l'œuvre d'art.

La nature des pigments, leurs origines géographiques, leurs datations, la nature du support, les repentirs, les retouches, permettent d'établir l'historique du tableau. Ces études scientifiques servent à établir la carte d'identité de l'œuvre, à caractériser la technique d'un peintre qu'il s'agisse d'un authentique ou d'un faux. C'est la complémentarité des différentes techniques analytiques ainsi que l'historique de l'œuvre d'art qui permet d'établir un diagnostic de l'œuvre.

Un tableau évolue au cours du temps et doit parfois être restauré pour faire disparaître les jaunissements du vernis, des chancis, des lacunes...

⁴ Université d'Orléans

⁵ Académie d'Orléans

Dès le début du 19^{ème} siècle de nombreux pigments industriels ont été développés comme le jaune de chrome, le jaune de cadmium (CdS), le vert émeraude, le vert Guignet ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et le blanc lithopone ($\text{BaSO}_4 \cdot \text{ZnS}$) qui pouvaient remplacer d'anciens pigments avec des couleurs plus brillantes et offrant de nouvelles possibilités artistiques. Le jaune de chrome par son opacité et sa brillance prit une position dominante; les autres jaunes existants comme le jaune de Naples ($\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$), l'orpiment (As_2S_3), l'ocre jaune (un mélange d'oxydes et d'hydroxydes de fer) furent délaissés. Le jaune de chrome fut utilisé par V. Van Gogh (1853-1890), G. Seurat (1859-1891), J. M.W. Turner (1775-1851), J. Constable (1776-1837), P. Cézanne (1839-1906), C. Pissarro (1830-1903), et J. Ensor (1860-1949). Depuis plusieurs décennies ces pigments constituant la couche picturale comme le jaune de chrome, le jaune de cadmium, le minium se dégradent de façon visible (pollution atmosphérique, humidité, action de la lumière). Cette dégradation peut se traduire par une perte de la couleur initiale notamment avec les laques rouges qui après une quinzaine d'années perdent leur couleur ainsi

que le smalt qui de bleu passe au blanc. L'apparition de zones très localisées brunes ou noires est aussi observée avec parfois la formation de croûtes. Nous examinerons les processus chimiques de dégradation dans différents tableaux comme ceux de Van Gogh (Tournesols, Meules de foin sous un ciel pluvieux, ...).

Quelques références :

www.c2rmf.fr

Cotte, M.; Susini, J. *L'actualité chimique* **2011**, 356, 113.

L'actualité chimique **2008**, 318, numéro consacré à *Chimie et patrimoine culturel*

L'actualité chimique **2007**, 312, numéro consacré à *Chimie et patrimoine culturel*

Chemical & Engineering News **2016**, 94(5), 32.

Anaïs Genty-Vincent, juin **2017** *Thèse* Université Cergy-Pontoise

L. Beck *Reflets de la Physique* **2016**, n° 47 – 48 pages 100.

De Viguerie, L. ; Alfred, M. ; Walter, P. *Reflets de la Physique* **2016**, n° 47 – 48, 106.

Livre : *La chimie et l'art, le génie au service de l'homme* EDP Sciences **2010**