



Chimie

grandeur nature



La chimie en Alsace et dans le monde

Directeurs de la publication : Hugues Dreyssé, Directeur du Jardin des Sciences, Anne-Catherine Hauglustaine-Robert, Coordinatrice du Jardin des Sciences, Christine Welty, Directrice de la Nef des Sciences.

Coordination, rédaction et suivi de réalisation : Julie André, Jardin des Sciences - Anne-Gaëlle Le Perchec, Nef des Sciences.

Conseillers scientifiques : Loïc JERRY, Ingénierie Macromoléculaire aux Interfaces, Institut Charles Sadron.

Remerciements : Jean-Marie Lehn, Eric Westhof, Jacques Streith, Pierre Rabu, Jean-Marc Planeix, Audrey Parat, Vincent Roucoules, Camille Amalric.

Graphisme & illustrations : Dominique Schoenig, Mulhouse

Crédits photographiques : Morad Hegui, Gregory Maxwell, Evgeny Radionov, Saperaud, Falcorian, MAXFX, Dinostock, Macromagnon, Klaus Eppele, Nicemonkey, Christopher Dodge, Doraemon, Alexandre Shebanov, Chita, Pavel Losevsky, NHGRI, NASA, Hubert Roguet, Ingvald Straume, Antoine Taveneaux, Magnus Manske, fotolia.

Impression : Imprimerie Manupa (Mulhouse)

Edition : la Nef des sciences
Université de Haute Alsace
Faculté des Sciences et Techniques
4 rue des Frères Lumière - 68093 MULHOUSE CEDEX
Tél. : +33 (0)3 89 33 62 20
courriel : nef-des-sciences@uha.fr
site : www.nef-des-sciences.uha.fr

N° ISBN : 2-909495-21-3 - Ne peut être vendu.
Dépôt légal : Mars 2011

Tous droits de reproduction réservés sans l'autorisation de l'éditeur.



Année internationale de la **CHIMIE** 2011

Edito	pages 04-05
La chimie c'est quoi ?	pages 06-07
Magie ? Non ! Chimie... ..	pages 08-09
La chimie dans notre quotidien	pages 10-13
L'Homme, une usine chimique	pages 14-15
Chimiste, un métier	pages 16-17
Pollution, la chimie comme solution ?	pages 18-19
Chimie Verte	pages 20-21
La chimie de demain	pages 22-23
Lexique	pages 24-25



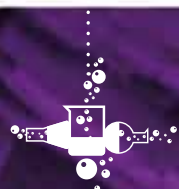
Centre labellisé
Science & Culture / Innovation



Jardin
des sciences

En partenariat avec





Vers la matière complexe : Chimie ? Chimie !

Jean-Marie Lehn

Prix Nobel de chimie en 1987

Au commencement fut le Big Bang, et la physique régna. Puis la chimie parut aux températures plus clémentes ; les particules formèrent des atomes, qui s'unirent pour donner naissance à des molécules de plus en plus complexes, qui s'associèrent à leur tour en agrégats organisés et en membranes, dessinant les cellules primitives d'où émergera la vie.

De la matière divisée à la matière condensée, puis organisée, vivante et jusqu'à la matière pensante, l'Univers a évolué vers une complexification de la matière, par auto-organisation sous la pression de l'information.

Comment la matière devient-elle complexe est la question la plus fondamentale posée à la science puisqu'il s'agit de comprendre comment (et pourquoi !) l'évolution de l'Univers en est arrivée à générer une entité capable justement de se poser une telle question et de se donner les moyens d'y répondre en créant la science, une entité capable, dans un raccourci radical, d'interroger l'Univers même dont il est issu !

La chimie, science de la structure et de la transformation de la matière, a un rôle majeur à jouer dans ce contexte et est au coeur du monde biologique, le niveau de complexité le plus élevé que nous connaissons. Elle établit le pont entre les lois de l'Univers et les règles de la vie.

Avant l'évolution biologique, une évolution prébiotique purement chimique a eu lieu, conduisant à une complexification progressive de la matière du monde non-vivant au monde vivant.

Durant les 150 dernières années, la chimie moléculaire a développé un puissant arsenal de procédés pour créer ou rompre des liaisons entre atomes de façon contrôlée et les a utilisés pour construire de nouvelles molécules et de nouveaux matériaux de plus en plus sophistiqués, d'un grand intérêt, autant fondamental qu'appliqué. Pour ce faire elle utilise les briques fondamentales de la matière, les atomes définissant les éléments qui constituent le Tableau Périodique des Éléments. Notons, que ce tableau, issu de la chimie, représente une des plus grandes découvertes de la science, puisqu'il nous dit de quoi est formée toute la matière observable de la planète Terre jusqu'aux confins de l'Univers, cette matière dont nous-mêmes sommes faits.

Par-delà la chimie moléculaire s'est développée la chimie supramoléculaire qui édifie des systèmes chimiques plus complexes à partir de composants interagissant via des forces intermoléculaires. Elle a ouvert la voie à la mise en oeuvre du concept d'information moléculaire en chimie, dans le but d'arriver progressivement à contrôler les caractéristiques structurales et dynamiques de la matière ainsi que son auto-organisation. L'exemple le plus frappant en est celui du génome qui définit les organismes vivants. Cette information génétique s'écrit en une longue séquence de quatre lettres moléculaires et se lit par appariement de ces lettres en un système binaire de deux ou trois interactions supramoléculaires.

Une nouvelle direction s'est dessinée récemment, concernant la mise au point de systèmes chimiques dynamiques capables de modifier leur constitution en réponse aux sollicitations physiques ou chimiques. Elle conduit à l'émergence d'une chimie adaptative et évolutive.

La chimie trace ainsi les voies et fournit les moyens permettant de révéler progressivement la manière

dont s'effectue l'auto-organisation de la matière. En synergie avec les champs correspondants de la physique et de la biologie, elle conduit vers une science de la matière complexe, informée et évolutive.

Le but est, au fur et à mesure, de découvrir, comprendre et mettre en oeuvre les lois qui gouvernent l'évolution de la matière, de l'inanimé à l'animé, et par là, d'acquérir la capacité de créer des formes nouvelles de la matière complexe. Le champ de la chimie est l'univers de toutes les espèces et de toutes les transformations possibles de la matière. Celles effectivement réalisées dans la nature ne forment qu'un seul monde parmi tous les mondes possibles en attente d'être créés.

L'essence de la chimie n'est pas de découvrir seulement, mais de créer surtout. Le livre de la chimie n'est pas à lire seulement, il est à écrire ! La partition de la chimie n'est pas à jouer seulement, elle est à composer !

La chimie, Art de la Matière ?



La Chimie, c'est quoi ?

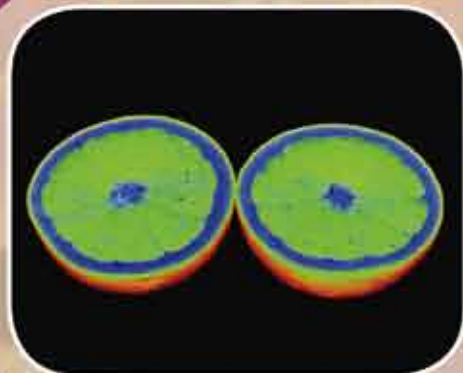
La chimie s'intéresse à la composition et donc à la matière de toutes les substances qui forment notre Univers, à leurs propriétés et à leurs transformations. Les chimistes cherchent à mieux comprendre comment notre monde fonctionne.

La chimie est une actrice essentielle de notre qualité de vie. Elle apporte des solutions dans de nombreux secteurs d'activité tels que l'énergie, le bâtiment dans le domaine de la construction et du confort de la maison, l'hygiène, les transports, l'alimentation, la santé, l'environnement, l'agriculture, le développement durable...

Le chimiste russe Dmitri Ivanovitch Mendeleïev (1834/1907) a proposé un classement des éléments constituant la matière, basé sur des analogies de comportement chimique et physique, désormais admis et utilisé par la communauté scientifique. Appelé «Tableau périodique des éléments», cette classification permet aux chimistes d'avoir rapidement des informations sur la structure électronique des éléments et leurs propriétés.

Magie ? Non ! Chimie...

Si on n'y prête pas plus attention que cela, la science peut parfois s'apparenter à de la magie. Comme le magicien, le chimiste joue avec la matière, manipule les forces, les atomes et les fluides. Entrons dans ce monde « magique » qui ne l'est pas, grâce à quelques exemples.



La chimiluminescence : quand la chimie brille dans le noir

C'est un processus chimique naturel. Prenons l'exemple du ver luisant. Sa lanterne, organe lumineux, résulte d'une réaction chimique qui s'opère entre une enzyme, la luciférase et son substrat, la luciférine. Celle-ci ne peut avoir lieu qu'en présence d'oxygène. Les lucioles ne sont pas les seuls êtres vivants capables de bioluminescence. Les scientifiques dénombrent pas moins de 700 genres différents allant des bactéries jusqu'aux vertébrés. La lumière est dite froide car seulement 20% de sa création est accompagnée de chaleur.



La ferrofluidité : quand la chimie transforme réversiblement et spontanément la matière

Il s'agit d'une des manifestations les plus spectaculaires des nanotechnologies à l'échelle humaine. Ce sont des liquides incroyables contenant des suspensions de particules ferromagnétiques attirées par des aimants. En présence d'un champ magnétique extérieur, ces particules s'orientent spontanément, ce qui se traduit par la disparition instantanée de la phase liquide et l'apparition conjointe de pointes hérissées. Lorsque le champ magnétique est interrompu, le liquide réapparaît intégralement.



La supraconductivité : quand la chimie permet de faire voler les objets

Il existe une famille de matériaux appelés supraconducteurs qui présentent la particularité de pouvoir léviter, lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique à basse température. Ces composés permettront peut-être de concevoir de nouveaux véhicules pour se déplacer, moins consommateurs en énergie, et ultrarapides car dépourvus de quasi tout frottement puisqu'ils voleraient au-dessus de toutes les surfaces !



Des matériaux cicatrisants : quand la chimie permet l'auto-réparation

Des ailes d'avions ou des pales d'éoliennes qui comblent d'elles-mêmes les fissures apparues après un choc ou à cause du vieillissement, est-ce possible ? Oui, des chimistes viennent récemment de mettre au point des matériaux capables de se réparer tout seuls. En effet, ils sont constitués de microcapsules contenant des produits chimiques capables de réagir ensemble et de reformer le matériau lorsque ces capsules sont brisées, c'est-à-dire lorsque le matériau est soumis à une contrainte mécanique importante (rayé, fissuré, étiré etc.).



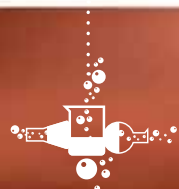
Les expériences du Professeur Jardinef

L'encre invisible

Matériel :
Jus de citron, oignon

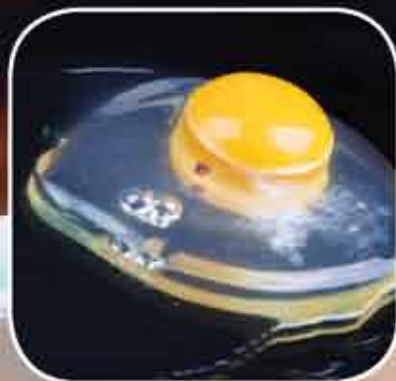
Manipulation :
Mélange le tout et trempe ta plume dedans. Ensuite, écris sur une feuille. Chauffe la doucement sur un radiateur ou avec un sèche-cheveux. L'écriture apparaît !

La coloration vient du fait que certaines molécules contenues dans ces jus sont sensibles à la chaleur : elles se dégradent en molécules colorées.



La Chimie dans notre quotidien

La chimie se cache dans nos maisons



La cuisine

Nous ne nous en rendons pas compte mais cuisiner revient principalement à réaliser des réactions chimiques. A titre d'exemple, lorsque nous cuisons des œufs sur le plat, le blanc d'œuf liquide se transforme sous l'effet de la chaleur et il devient un «solide» blanc. C'est une dénaturation (changement de forme) d'une protéine (l'albumine) due à la chaleur. Autre exemple, le procédé employé pour fabriquer le café en dosette est inspiré d'une technique classique utilisée par les chimistes : il s'agit de l'extraction à chaud et sous pression de produits naturels contenus dans les extraits de graines de cafeiers.



Electroménager

Les éléments indispensables d'une cuisine sont le four et le réfrigérateur (le premier sert à accélérer des réactions, le second, à les ralentir). Le revêtement brillant résistant de l'électroménager est un composé non toxique à base de titane. Les fours et les grille-pains supportent la chaleur et ce, grâce à d'autres métaux comme le nickel et le chrome qui ne s'abîment pas.



Entretien / hygiène

Il serait beaucoup plus difficile d'entretenir une maison sans l'aide de composés chimiques. Par exemple, les sels gras de sodium composent les savons durs dégraissants; les sels de potassium donnent les savons doux pour la toilette. Pour laver le linge nous avons besoin d'agents tensio-actifs, couramment appelés détergents, qui accroissent la solubilité d'un corps gras dans l'eau, c'est-à-dire qui permettent de mouiller totalement le linge, d'enlever les salissures et de les garder en suspension dans l'eau.



Emballages

Les emballages servent à contenir et à protéger les marchandises. Nous les retrouvons partout et, pour un même produit, il existe plusieurs sortes de conditionnement (plastique, papier, carton, acier, métaux, l'aluminium). Le matériau le plus courant est le polyéthylène, avec lequel on fabrique les films étirables pour les produits à conserver ou encore les sacs plastiques... Les chimistes travaillent dorénavant sur les emballages intelligents, plus respectueux de la planète et de nos aliments. Ils donnent des indications sur la qualité du produit ou interagissent avec les aliments lorsque les conditions de conservation changent.



Additifs alimentaires

Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées pour des raisons techniques de préparation, de conservation, d'emballage... ils ont quatre grandes fonctions : garantir la qualité hygiénique (conservateurs, antioxydants ou antioxygène), en améliorer l'aspect (colorants, édulcorants), lui conférer une texture particulière (épaississants, amidons modifiés) ou en assurer la stabilité physique (émulsifiants, antiagglomérants). Tout ceci est très réglementé, seuls les additifs qui prouvent leur intérêt sont autorisés. Il en existe 357.



La Chimie dans notre quotidien

Les industries chimiques d'Alsace remplissent nos armoires

L'Alsace, terre de chimie, regroupe un certain nombre d'industries chimiques dont les thèmes décrits ici illustrent l'activité des principales entreprises.



Textile

Si le coton garde une place privilégiée dans l'industrie textile et les vêtements communs, les fibres synthétiques sont quant à elles devenues incontournables sur le marché des «textiles techniques». Certains d'entre eux sont désormais courants, notamment les textiles à la fois imperméables et respirants. Ils sont plus écologiques qu'on ne l'imagine. C'est le cas des fibres en PET (polyéthylène téréphtalate) qui sont entièrement produites à partir de bouteilles de plastique recyclées et permettent la fabrication des laines polaires.



Les colorants

C'est une substance colorée ou non qui, mise en contact de façon appropriée avec un support (matière textile) se fixe ou se dissout dans ce dernier de façon durable, en lui conférant une nouvelle propriété: la couleur. L'importance des colorants naturels au niveau économique a aujourd'hui beaucoup diminué. On ne les utilise plus, dans l'industrie textile, du cuir et du papier, que pour des traitements spéciaux et sont remplacés dans ces domaines par les colorants synthétiques. Les colorants restent en revanche très utilisés dans les produits alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques.



Les polymères

Ils sont communément appelés «matières plastiques» et sont constitués de macromolécules. Il en existe trois groupes : thermoplastique (ramolli par chauffage, durci par refroidissement), thermodurcissable (ne peut plus être modifié une fois durci), élastomère (élastique). Les polymères servent à la fabrication de nombreux produits présents dans une maison : les appareils électroménagers, et aussi les matériaux de construction, les revêtements et peintures, les pneus, les fibres textiles sont synthétisés chimiquement à partir du pétrole, mais également du charbon, du gaz naturel et du bois ou d'autres substances végétales. La nature elle aussi produit des polymères depuis toujours puisqu'on les trouve dans le bois et les végétaux sous forme de cellulose et d'amidon, dans les cheveux, les ongles, etc.



Les médicaments

En ouvrant notre armoire à pharmacie nous découvrons une foule de composés chimiques aux pouvoirs curatifs. Ils peuvent calmer la douleur, soigner les plaies, guérir les maux de ventre ou éliminer les virus. Divers éléments chimiques composent ces médicaments : les antibiotiques à base de pénicilline contiennent des atomes de soufre, certaines lotions qui calment les irritations cutanées sont composées de zinc, etc. Les chercheurs relèvent de nouveaux défis pour lutter contre les maladies actuelles telles que les pathologies neuro-dégénératives, les cancers, les virus potentiellement létaux (Sida, paludisme), grâce à l'outil chimique qui fournit des principes purs et biologiquement actifs.



Les expériences
du Professeur
Jardinef

Fais ta mayonnaise

Matériel :

- 2 jaunes d'œufs
- 1 verre d'huile
- 1 cuil. à café de moutarde
- 1 cuil. à soupe de vinaigre (facultatif)
- sel, poivre

Manipulation :

Mélanger les jaunes d'œufs avec la moutarde et l'assaisonnement dans un saladier. Délayer peu à peu toute l'huile en minces filets, sur les jaunes d'œufs en battant au fouet. L'huile s'incorpore et la mayonnaise commence à prendre. Elle doit être bien ferme. Incorporer le vinaigre en dernier.

La mayonnaise est un mélange de liquides non miscibles (qui ne se mélangent pas) et est une émulsion car l'un des liquides forme des gouttelettes en suspension dans l'autre.



L'Homme : une usine chimique



Le corps humain

Il compte environ soixante mille milliards de cellules. Chacune d'elle est une mini usine chimique qui peut fabriquer en permanence 30 000 produits différents, de la molécule la plus simple à la plus complexe. Sans que nous n'y portions aucune attention, des centaines de millions de réactions chimiques ont lieu en permanence non seulement selon les besoins de chaque fonction de l'organisme mais aussi pour la coordination de ces différentes fonctions entre elles ! Par exemple, le taux d'acidité nécessaire pour la digestion de chaque aliment que nous ingérons est minutieusement dosé par notre organisme. De plus, comme tous les êtres vivants, l'homme a besoin d'énergie pour vivre. Le corps humain transforme et consomme l'énergie, contenue dans la nourriture.



L'ADN (Acide Désoxyribonucléique)

Les molécules d'ADN sont les plus grosses molécules du monde vivant et sont présentes dans tous les organismes vivants. C'est la mémoire qui stocke l'information nécessaire au bon fonctionnement de la cellule.

L'ADN est écrit avec un alphabet de 4 bases constituées de 5 éléments chimiques :

H (Hydrogène), C (Carbone),
N (Azote), O (Oxygène),
P (Phosphore).

L'enchaînement de ces bases forme une séquence, comme une suite de lettres forme un mot. Ces « mots » ce sont les gènes. L'homme a seulement 21000 gènes - guère plus que la mouche drosophile - mais ces gènes peuvent conduire à près de 100000 protéines différentes.



Amour et réactions chimiques

Existe-t-il une chimie de l'amour ?

Récemment, des chimistes et biochimistes ont mis en évidence que certaines hormones telles que l'ocytocine ou la vasopressine sont très influentes sur toute une gamme de comportements humains allant de l'attachement maternel à la sociabilité. Elles joueraient également un rôle fort dans le plaisir et l'addiction, l'altruisme, la confiance, la mémoire sociale, la fidélité conjugale, la protection des enfants, etc.

À l'image des flèches décochées par Cupidon, des stimuli sensoriels sont envoyés et perçus par chacun des protagonistes, traversent leur cerveau et déclenchent ici et là une cascade de réactions et de transformations chimiques.



Les enzymes

Protéines volumineuses, les enzymes ont pour mission d'accélérer les réactions chimiques dans les organismes vivants. Il existe un grand nombre d'enzymes spécifiques qui jouent un rôle important dans les processus physiologiques (digestion, conduction nerveuse etc). Le corps humain est composé d'environ 75 000 enzymes. Prenons l'exemple de la transformation de l'amidon en sucres. Auparavant, il fallait faire bouillir l'amidon avec de l'acide, ce qui engendrait une grande consommation d'énergie et des sous-produits indésirables.

Aujourd'hui, à l'aide d'enzymes, la maîtrise des conditions d'utilisation permet de transformer l'amidon en sucre (glucose) à 37°C et avec un rendement quantitatif plus important.



Les expériences
du Professeur
Jardinef

Glaçon magique

Matériel :

Grand glaçon, ficelle, grand verre, deux objets lourds

Manipulation :

Disposer un glaçon au sommet de la bouteille à gros goulot remplie de sable.

Lester les deux extrémités de la ficelle avec les deux objets lourds

Déposer la ficelle à plat sur le glaçon et répartir les poids

Petit à petit la ficelle traverse le glaçon. Et pourtant, le glaçon reste entier.

Juste après le passage de la ficelle, la glace se reconstitue.

La ficelle appuie sur le glaçon à cause des poids qui y sont attachés. Ce poids applique une force sur la glace et augmente donc la pression atmosphérique de façon locale. La température de cristallisation de l'eau est de 0°C à pression normale, or la pression ici est supérieure, ce qui entraîne la fonte locale.

Chimiste un métier



Audrey Parat

31 ans, chercheuse contractuelle en post-doctorat à l'Inserm sur l'élaboration de biomatériaux c'est-à-dire des matériaux modifiant leurs propriétés en fonction d'un stimulus (étirement, pH, température...).

Niveau d'études : Bac+8

Description de votre métier au quotidien :

« Mon métier me permet d'être rigoureuse, patiente et réfléchi. Il m'oblige aussi à être imaginative, en constante évolution et c'est très motivant. Vous savez, la chimie est une science créative, elle permet à partir de deux molécules d'en fabriquer une autre, elle construit et déconstruit les choses mais non sans logique. J'aime cette science car elle me donne l'impression que tout est réalisable. »

Qu'est-ce que la chimie pour vous ?

« Je pourrais vous dire que la chimie c'est comme la cuisine, mais pour faire encore pour simple je vous dirais que l'on respire la chimie grâce à l'oxygène de l'air, les parfums, on fabrique la chimie comme les plastiques, les textiles et on transforme la chimie via le recyclage, les éléments radioactifs... en fait la chimie est partout autour de nous. »



Camille Amalric

26 ans, ingénieur chimiste chez Domain Therapeutics à Illkirch-Graffenstaden.

Niveau d'études : Bac + 5

Cette société travaille sur les récepteurs couplés aux protéines G, qui interviennent dans le traitement de nombreuses maladies comme la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson, la schizophrénie, le diabète...

Description de votre métier au quotidien :

« Une fois que je sais comment faire la molécule que je souhaite, je calcule les quantités de chacun de mes produits de départ, puis je vais au laboratoire faire les manipulations nécessaires. Lorsque la réaction est finie, je récupère le produit formé et je le purifie. Puis je vérifie sa pureté et je le donne aux biologistes de mon entreprise pour qu'ils fassent des tests dessus. »

Qu'est-ce que la chimie pour vous ?

« La chimie c'est un peu comme de la cuisine, il faut faire des mélanges pour obtenir quelque chose de différent. La chimie c'est un peu comme de l'art, on fait sans cesse de nouvelles créations. La chimie c'est un peu comme de la magie, c'est visuel, on peut faire différentes couleurs, différentes matières, différents aspects. »



Vincent Roucoules

39 ans, enseignant-chercheur à l'université de Haute-Alsace.

Niveau d'études : Bac + 8

Ses recherches portent sur le développement de nouvelles stratégies de synthèses de film polymères qui ont des propriétés de surfaces fonctionnelles, adaptées et innovantes en vue d'applications bien spécifiques (surfaces anti-salissures, adhésives, super-absorbantes...).

Description de votre métier au quotidien :

« Tous les jours on a l'occasion d'apprendre, de partager, et de communiquer avec des étudiants, des chercheurs et le grand public...et ces échanges ont lieu au-delà de nos frontières. Quelle chance! Quelle liberté! Quel épanouissement intellectuel! »

Qu'est-ce que la chimie pour vous ?

« La chimie a plusieurs visages. La chimie de synthèse, qui assemble les atomes entre eux à partir de réactions pour obtenir des molécules à usage spécifique (les médicaments, les plastiques, les panneaux solaires...), la biochimie qui étudie les réactions chimiques du monde animal ou végétal (les molécules anticancéreuses, le rôle de l'ADN...), la physico-chimie qui utilise certaines lois physiques pour expliquer des réactions chimiques (est-ce qu'une réaction entre deux molécules est possible, et si oui, quelle est la vitesse de la réaction ?) et enfin la chimie analytique qui permet de détecter et d'analyser les molécules (une molécule est-elle présente? Est-elle toxique?...). »



Les expériences
du Professeur
Jardinef

Gaz carbonique

Matériel :

Un plat en verre ou un grand bol
De la levure chimique (un ou deux sachets de levure chimique pour gâteau)
Du vinaigre

Manipulation :

Verser la levure chimique dans le récipient en verre.
Ajouter une cuillère à soupe de vinaigre sur la levure, observer ce qui se passe. En cas de besoin, tu peux ajouter d'autres cuillerées de vinaigre. C'est un moyen simple d'illustrer le fait que deux produits totalement inertes peuvent ensemble produire une réaction chimique (qui consiste en la production de dioxyde de carbone).

Pollution, la chimie comme solution ?



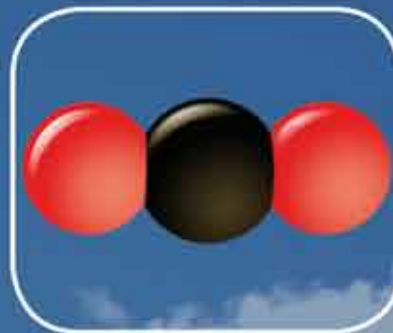
Détection, quantification et identification des POLLUANTS

Paradoxalement, si les chimistes sont décriés lors de problèmes de pollution, aujourd'hui ce sont eux qui sont seuls aptes à détecter ces pollutions et ainsi prévenir des risques potentiels. Que ce soit dans le contrôle de l'eau (potable, des rivières, des océans), de l'air (en ville, lors de canicules, dans des endroits confinés), des aliments, de matériaux utilisés dans des produits importés, les progrès récents en Chimie Analytique permettent aux chimistes de disposer d'instruments capables de détecter et d'identifier des agents polluants, même présents à l'état de traces. Il est ainsi possible de suivre l'évolution d'un contaminant au cours du temps dans un environnement donné et de déterminer son seuil de toxicité.



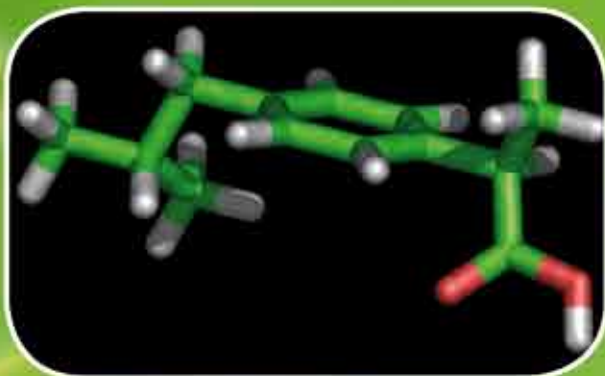
Le chimiste propose des solutions DEPOLLUANTES

De part sa connaissance de la matière, le chimiste est appelé à proposer des solutions conduisant à éliminer une pollution observée. Un exemple dont nous bénéficions tous les jours est la dépollution de l'eau de ville. Aucune eau de source ne reste pure et potable très longtemps. Si notre eau du robinet est potable, nous le devons exclusivement à la chimie qui sait produire des membranes nanoporeuses de filtration et à l'ozone qui permet de traiter l'eau de façon douce et écologique. Ce sont également les chimistes qui assurent le traitement des eaux usées afin de pouvoir les rejeter sans danger dans l'environnement. Floculants, additifs, contrôles chimiques multiples combinés à des traitements microbiologiques font des usines de traitement des eaux de véritables usines chimiques dépolluantes.



Le chimiste crée des procédés alternatifs NON-POLLUANTS

Parce qu'il maîtrise les méthodes de transformation de la matière, c'est également au chimiste que revient la tâche de découvrir de nouveaux composés moins toxiques, des voies de synthèse plus courtes, moins consommatrices d'énergie, mais également plus propres écologiquement. L'utilisation des solvants organiques est une pratique répandue dans l'industrie chimique, en particulier lors de l'extraction de produits naturels de tissus végétaux. Ainsi, l'usage du tétrachlorure de carbone -solvant organique très toxique- utilisé pour l'extraction de la caféine, a récemment été remplacé par le dioxyde de carbone CO_2 à l'état liquide et gazeux (CO_2 supercritique). Ce solvant dit « vert » présente l'avantage d'être non toxique, non inflammable, renouvelable et bon marché.



En 1991, l'agence américaine pour la protection de l'environnement (« US Environmental Protection Agency ») lance la première initiative de recherche en chimie verte en proposant la définition suivante : « La chimie verte a pour but de concevoir des produits et des procédés chimiques permettant de réduire ou d'éliminer l'utilisation et la synthèse de substances dangereuses. »

Cette définition a été développée en douze principes :

- 01 Prévention
- 02 Economie d'atomes
- 03 Synthèses chimiques moins nocives
- 04 Conceptions de produits chimiques plus sécuritaires
- 05 Solvants auxiliaires plus sécuritaires
- 06 Amélioration du rendement énergétique
- 07 Utilisation de matières premières renouvelables
- 08 Réduction de la quantité de produits dérivés
- 09 Catalyse
- 10 Conception de substances non-persistantes
- 11 Analyse en temps réel de la lutte contre la pollution
- 12 Chimie essentiellement sécuritaire afin de prévenir les accidents

Aujourd'hui, dans de nombreux pays, sont financés des programmes de recherche qui visent à incorporer un ou plusieurs de ces 12 principes lors de la mise en oeuvre d'une synthèse ou d'un procédé chimique. Ils sont parfois développés dans le cadre d'instituts spécialement dédiés à la chimie verte dont l'objectif premier est son développement, la diffusion de ses procédés et leur incorporation en recherche fondamentale et industrielle.

L'exemple de la synthèse de l'ibuprofène est particulièrement représentatif. Cet anti-inflammatoire, principe actif de plusieurs anti-douleurs commerciaux (Advil, Nurofen, Spifen, etc), est synthétisé en quantités industrielles depuis les années 1960 par le procédé Boots. Cette synthèse se déroule en six étapes et génère des quantités très importantes de déchets qu'il faut séparer et éliminer : la production annuelle de 13000 tonnes d'ibuprofène génère plus de 20000 tonnes de déchets. Récemment, la société BHC a développé et mis en exploitation industrielle un procédé catalytique en trois étapes qui génère une quantité beaucoup plus faible de produits secondaires. Ces sous-produits étant par ailleurs récupérés et valorisés, ce processus ne génère finalement plus de déchets !



Les expériences
du Professeur
Jardinef

Bouchon qui se soulève

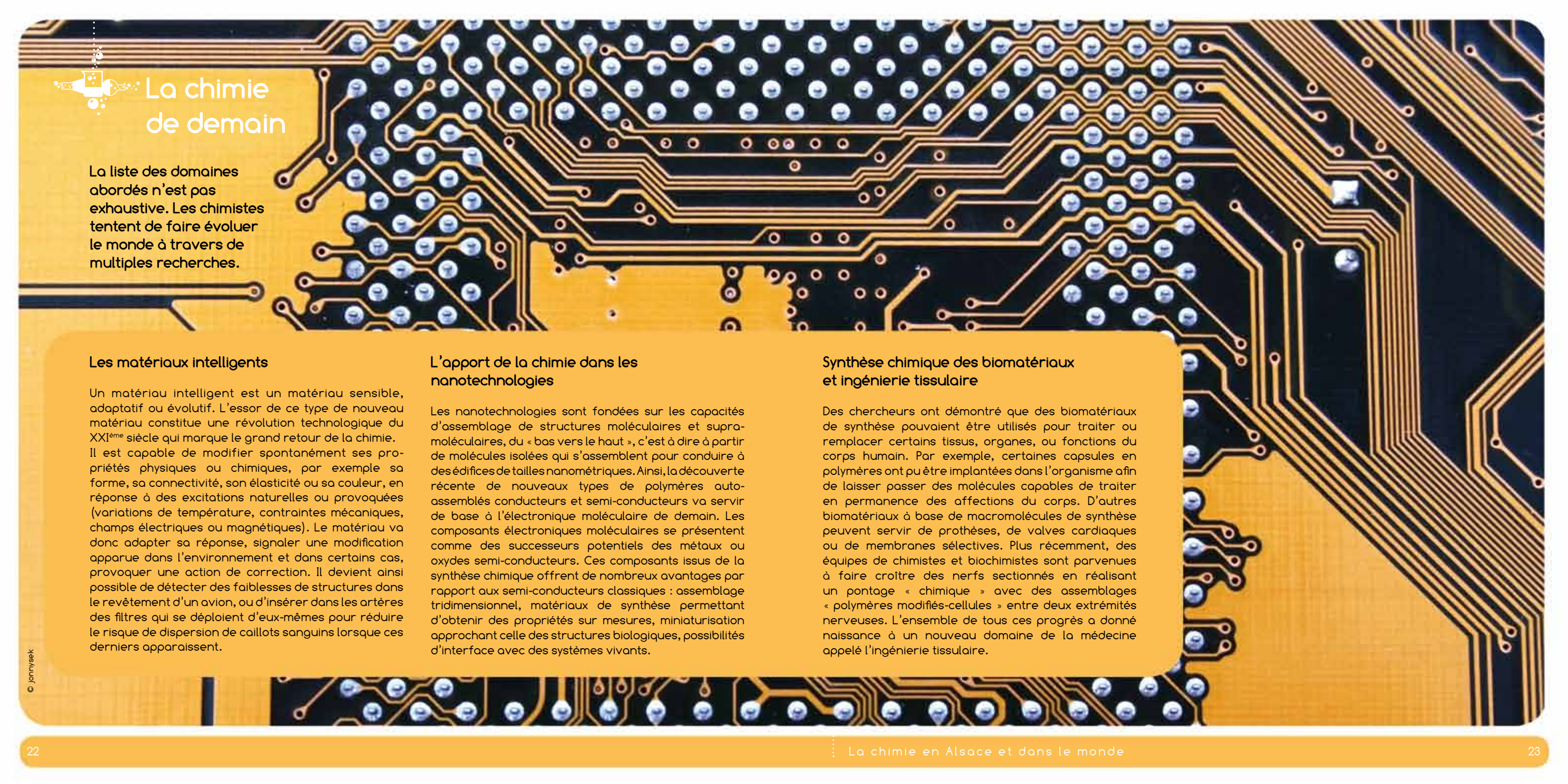
Matériel :

- 1 bouchon en plastique
- 1 bouteille en verre

Manipulation :

- Mettre un peu d'eau autour du goulot et poser le bouchon renversé sur la bouteille (face plane sur la bouteille).
- Tenir la bouteille avec les mains. Que voit-on ?
- Le bouchon en plastique se soulève.

En tenant la bouteille, on réchauffe l'air contenu dans la bouteille. L'air chaud prenant plus de place que l'air froid, celui-ci soulève alors le bouchon car il n'y a plus assez de place dans la bouteille.



La chimie de demain

La liste des domaines abordés n'est pas exhaustive. Les chimistes tentent de faire évoluer le monde à travers de multiples recherches.

Les matériaux intelligents

Un matériau intelligent est un matériau sensible, adaptatif ou évolutif. L'essor de ce type de nouveau matériau constitue une révolution technologique du XXI^{ème} siècle qui marque le grand retour de la chimie. Il est capable de modifier spontanément ses propriétés physiques ou chimiques, par exemple sa forme, sa connectivité, son élasticité ou sa couleur, en réponse à des excitations naturelles ou provoquées (variations de température, contraintes mécaniques, champs électriques ou magnétiques). Le matériau va donc adapter sa réponse, signaler une modification apparue dans l'environnement et dans certains cas, provoquer une action de correction. Il devient ainsi possible de détecter des faiblesses de structures dans le revêtement d'un avion, ou d'insérer dans les artères des filtres qui se déploient d'eux-mêmes pour réduire le risque de dispersion de caillots sanguins lorsque ces derniers apparaissent.

L'apport de la chimie dans les nanotechnologies

Les nanotechnologies sont fondées sur les capacités d'assemblage de structures moléculaires et supra-moléculaires, du « bas vers le haut », c'est à dire à partir de molécules isolées qui s'assemblent pour conduire à des édifices de tailles nanométriques. Ainsi, la découverte récente de nouveaux types de polymères auto-assemblés conducteurs et semi-conducteurs va servir de base à l'électronique moléculaire de demain. Les composants électroniques moléculaires se présentent comme des successeurs potentiels des métaux ou oxydes semi-conducteurs. Ces composants issus de la synthèse chimique offrent de nombreux avantages par rapport aux semi-conducteurs classiques : assemblage tridimensionnel, matériaux de synthèse permettant d'obtenir des propriétés sur mesures, miniaturisation approchant celle des structures biologiques, possibilités d'interface avec des systèmes vivants.

Synthèse chimique des biomatériaux et ingénierie tissulaire

Des chercheurs ont démontré que des biomatériaux de synthèse pouvaient être utilisés pour traiter ou remplacer certains tissus, organes, ou fonctions du corps humain. Par exemple, certaines capsules en polymères ont pu être implantées dans l'organisme afin de laisser passer des molécules capables de traiter en permanence des affections du corps. D'autres biomatériaux à base de macromolécules de synthèse peuvent servir de prothèses, de valves cardiaques ou de membranes sélectives. Plus récemment, des équipes de chimistes et biochimistes sont parvenues à faire croître des nerfs sectionnés en réalisant un pontage « chimique » avec des assemblages « polymères modifiés-cellules » entre deux extrémités nerveuses. L'ensemble de tous ces progrès a donné naissance à un nouveau domaine de la médecine appelé l'ingénierie tissulaire.

Lexique

Atome :

La plus petite particule d'un élément, constituée d'un noyau central entouré d'un ou plusieurs électrons.

Biomatériaux :

Matériaux compatibles avec le vivant (pouvant être implantés dans l'organisme sans rejets).

Cellule :

Unité de la matière vivante.

Chimiluminescence :

Processus chimique conduisant à la production de lumière.

Élément :

Ensemble d'atomes ayant le même numéro atomique, c'est-à-dire le même nombre de proton dans son noyau. Toute matière est constituée d'un ou plusieurs éléments.

Emulsion :

Préparation obtenue par la dispersion des globules microscopiques d'un liquide dans un autre liquide.

Expérience :

Elles sont qualifiées de scientifiques parce qu'elles sont conduites en respectant des protocoles aussi rigoureux que possible, concernant aussi bien la planification et la mise-en-oeuvre concrète de la situation expérimentale, que le recueil des données (souvent au moyen d'instruments de mesure) ou l'interprétation théorique qu'il en est faite.

Fluorescent :

Qui émet une lueur sous l'effet d'un rayonnement.

Gaz :

Etat dans lequel des atomes ou molécules sont très dispersés

Magnétisme :

Propriété de quelques éléments dont le fer, d'attirer ou repousser des éléments aux mêmes propriétés.

Molécule :

Espèce chimique constituée de plusieurs atomes liés fortement les uns aux autres qui forment un corps chimique bien défini comme le sucre ou l'eau.

Nanotechnologie :

Science manipulant des matériaux pour la réalisation de dispositifs à l'échelle moléculaire.

Noyau :

Centre d'un atome constitué de protons et de neutrons. Sa masse est quasiment celle de l'atome entier.

Polymérisation :

Réaction consistant à lier des monomères entre eux successivement pour obtenir une longue molécule (macromolécule) appelée polymère.

Réaction chimique :

Modification de la façon dont les atomes sont liés entre eux, créant une ou plusieurs nouvelles molécules.

Les expériences du Professeur Jardinef



Précipite l'ADN d'une poire

Matériel :

une poire,
une assiette et un couteau
une fourchette
du sel
du vinaigre
une bouteille
un entonnoir

du coton
deux filtres à café
un tube à essais ou un verre assez fin comme une flûte à champagne de l'alcool ménager, le citronné
fonctionne très bien et ne sent pas mauvais.

Manipulation :

Broyer le fruit : découper la poire puis l'écraser avec la fourchette avec du sel et du vinaigre.

Filter : Placer un filtre à café (ou du tissu) dans l'entonnoir avec le coton dedans, au dessus de la bouteille ; placer le fruit broyé dedans et presser bien sur le filtre pour extraire le jus.

Faire précipiter l'ADN : verser environ 2 cm de hauteur du jus obtenu dans un tube à essais ou dans un verre fin à l'aide de l'entonnoir (muni encore d'un filtre, c'est mieux). Ajouter 4 cm d'alcool (soit le double de volume) pour faire précipiter l'ADN (mélangé à d'autres éléments), puis tourner lentement le tube pour rassembler les fils d'ADN blanchâtres.

Que voit-on ? On observe un tortillon blanc nacré, constitué d'ADN et d'autres éléments, qui flotte dans le liquide.

La manipulation permet de briser les membranes de toutes les cellules de la poire : la fourchette casse mécaniquement ; le sel et le vinaigre font exploser les membranes, les membranes externes mais aussi les membranes des noyaux où sont enfermés les brins d'ADN.

L'ADN est dissous dans le liquide obtenu, on peut donc éliminer les gros éléments en filtrant ce qui est broyé.

Dans l'eau, l'ADN est dissous. L'alcool permet de le faire précipiter car il ne se lie pas de la même manière avec l'alcool qu'avec l'eau. L'ADN flotte (ou surnage parfois), car il est moins dense que l'alcool.

