Avant-propos

2011 célèbre l'Année internationale de la chimie,

une distinction accordée par la 63e Assemblée générale des Nations unies. Pour cette discipline scientifique omniprésente, aussi bien dans nos activités domestiques qu'industrielles, il s'agit d'une distinction fort pertinente, car la chimie est incontournable dans le développement de la plupart des solutions technologiques de demain, notamment dans le domaine énergétique : stockage de l'énergie, maîtrise de nouvelles sources d'énergie, résistance des matériaux...

Le CEA ne s'y est pas trompé et, depuis longtemps, décline la chimie sous toutes ses formes dans le cadre de ses missions (de la recherche fondamentale au génie des procédés) et dans tous ses aspects (modélisation, physicochimie des solutions et des interfaces, matière molle, chimie analytique, chimie des matériaux et des nanomatériaux, corrosion, électrochimie, synthèse organique, chimie pour le vivant, chimie sous rayonnement ionisant, radiochimie...). Dans le domaine du nucléaire, la chimie intervient à tous les niveaux du cycle, de la mine à la fabrication des combustibles et au confinement des déchets. Néanmoins, si les procédés actuels connaissent des performances remarquables, les bases scientifiques qui les sous-tendent soulèvent encore de nombreuses questions fondamentales. Ainsi, les sciences séparatives figurent-elles comme un enjeu majeur pour la conception des systèmes nucléaires du futur, notamment en ce qui concerne la recherche de nouveaux extractants, capables d'apporter la sélectivité désirée tout en restant stables sous irradiation, mais aussi pour la compréhension des mécanismes de transfert aux interfaces. Le CEA développe également un important *corpus* de connaissances autour de la chimie des actinides et de la chimie sous irradiation – des thématiques peu étudiées par le monde académique, car très spécifiques à la sphère nucléaire, mais qui ont offert à la communauté scientifique des techniques expérimentales et des modélisations performantes et créatives. La chimie des actinides demeure une discipline difficile du fait de la rareté des données expérimentales dont l'acquisition appelle des installations lourdes, mais aussi du fait de la difficulté à décrire ces éléments avec des techniques usuelles de modélisation. Pourtant, l'engagement pour un nucléaire durable et sûr rend incontournable l'acquisition et la maîtrise de ces données. D'où, un développement des techniques de modélisation couvrant toutes les échelles : de la modélisation par chimie quantique des ions actinides à l'état solide ou en solution jusqu'à la simulation des opérations industrielles d'extraction liquide/liquide mises en œuvre dans les ateliers des usines de La Hague. De même, la chimie sous rayonnement ionisant, très spécifique des activités du CEA, a créé un réseau pour animer les travaux expérimentaux et théoriques sur ce sujet. En la matière, le défi ne consiste pas tant à étudier le phénomène de création de radicaux que de comprendre la chimie découlant de la création de ces radicaux. Il s'agit d'une chimie extrêmement complexe notamment quand les milieux considérés avoisinent les milieux réels : mélanges en solution, alliages, gaines polymères...

L'industrie nucléaire, civile ou de défense, tout comme l'industrie spatiale ou celle du transport, a initié de nombreuses avancées scientifiques et technologiques majeures dans le domaine des matériaux. Par exemple, la réalisation du Laser Mégajoule a suscité de

L. Godart/CEA

nouvelles recherches en chimie des matériaux innovants. Le CEA fait ainsi référence dans le domaine de la métallurgie, science frontalière entre physique et chimie, sous tous ses aspects : métallurgie structurale, mécanique, corrosion... Concernant la corrosion, l'importance des enjeux dépasse largement le cadre de l'industrie nucléaire malgré une spécificité, liée au couplage avec l'irradiation : corrosion *stricto sensu* pour l'altération des métaux et alliages, corrosion prise dans un sens plus large concernant l'altération des verres. Dans tous les cas, la compréhension des phénomènes passe par une approche pluridisciplinaire associant expériences de vieillissement et modélisation.

Autre signe fort, depuis 2010, le CEA est devenu le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives – un changement de dénomination traduisant un fort engagement dans le domaine des énergies nouvelles. Ici encore, la chimie se fait incontournable : électrochimie, catalyse, matériaux et nanomatériaux, modélisation, matière molle plus récemment. Très impliqué dans le domaine du transport électrique, le CEA travaille pour augmenter significativement l'énergie embarquée, baisser les coûts et proposer des matériaux recyclables économisant la ressource et n'ayant pas d'impact sur l'environnement, sans oublier les études sur la biomasse, grande « consommatrice » de chimie et de génie des procédés. Pour concevoir de nouvelles sources d'énergie, une autre démarche consiste à s'inspirer des mécanismes à l'œuvre dans le vivant, ce qui a incité le CEA à explorer deux nouvelles pistes : la capacité des micro-organismes à produire des substrats à haute valeur énergétique et le développement, par approche biomimétique, de procédés d'obtention d'hydrogène à partir d'énergie solaire.

L'interface entre chimie et sciences du vivant se trouve particulièrement développée au CEA, notamment dans le cadre des nouvelles technologies pour la santé. La chimie se conçoit alors comme un moyen de comprendre le fonctionnement du vivant (nouvelles sondes pour l'imagerie, inhibiteurs d'enzymes...) en s'appuyant sur une chimie moléculaire rationalisée mais aussi sur le criblage, notamment dans le cadre des recherches en toxicologie. Le développement de méthodes chimiques de marquage isotopique, au service de l'étude de la structure, de la dynamique et de l'ingénierie des biomolécules, fut une source d'innovation majeure pour la santé, le diagnostic médical et les biotechnologies et contribue depuis peu à l'étude de la toxicologie des nanoparticules, sujet on ne peut plus délicat dans lequel toutes les composantes du CEA sont impliquées, dans le cadre d'un programme transversal.

Enfin, les chimistes du CEA occupent une place prépondérante dans le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication : chimie des polymères, modification de surface, physicochimie des auto-assemblages sont déterminants pour cet enjeu majeur en nanoélectronique qu'est l'intégration de nano-objets (nanofils, nanotubes, graphène) et pour l'électronique 3D. Dans un futur proche, le développement des micro et nanotechnologies laisse entrevoir des perspectives de rupture majeures, associant capteurs, traitement et analyse du signal, dans le domaine du diagnostic, du contrôle environnemental et la sécurité civile (menace terroriste chimique et biologique, pandémie).

« La chimie est incontournable dans le développement de la plupart des solutions technologiques de demain. »

Les sciences analytiques accompagnent d'ailleurs le CEA dans toutes ses missions en sollicitant une chimie très créative car poussée dans ses limites les plus extrêmes : détection de traces dans des matrices complexes ou sur des surfaces, mise au point de systèmes miniaturisés portables, capteurs sélectifs... Les défis sont multiples et les relever suppose de faire appel aux compétences pluridisciplinaires, présentes au CEA qui s'est investi depuis longtemps dans la toxicologie environnementale, développant des études de spéciation, de diffusion des contaminants de toute nature, et contribuant à l'établissement de relations structure/propriétés pour des espèces moléculaires, supramoléculaire et maintenant nanométriques.

2011, *Année internationale de la chimie*, inaugure une période très stimulante pour tous les chimistes. Les prochaines années s'annoncent riches en défis à relever autour des problématiques de santé, d'alimentation, d'énergie, de sécurité et de confort domestique. Les chimistes du CEA, avec la variété de leurs compétences sont armés pour jouer un rôle majeur dans tous ces domaines. Ils possèdent de plus un atout majeur : un environnement pluridisciplinaire remarquable mettant à leur disposition grands instruments, nouveaux concepts et objets. Gagner la partie est donc à leur portée. Les articles de ce numéro de *Clefs* entendent le démontrer.

> **Valérie Cabuil**
Directrice de Chimie ParisTech (École nationale supérieure de chimie de Paris)
Conseiller au cabinet du Haut-commissaire à l'énergie atomique