

Table ronde des *Cahiers d'histoire du Cnam*

Le génie chimique au cœur du développement durable : quelle contribution du génie des procédés ?

Dans le cadre d'une journée de sensibilisation au développement durable organisée par le Cnam le 13 novembre 2015, une table ronde a fait intervenir des experts autour de la chimie verte, la chimie durable et les procédés verts.

PROGRAMME

13 novembre 2015

18h - 19h30

Salle de conférences des Musée des arts et métiers

Pour clore la journée du 13 novembre, consacrée à la sensibilisation au développement durable pour les personnels du Cnam, l'équipe des *Cahiers d'histoire du Cnam* organise une soirée de débats autour de la thématique de son volume 2 (2014/2)* : **la chimie industrielle et le génie chimique, et plus spécifiquement, le rôle du génie des procédés au sein du développement durable.**

18h : Présentation des *Cahiers d'histoire du Cnam* par Camille Paloque-Berges (HT2S, Cnam), secrétaire de rédaction.

18h05-15 : Présentation du dossier « L'enseignement de la chimie industrielle du génie chimique » (dossier coordonné par G. Emptoz et V. Fonteneau) par Jacques Breysse (Club d'histoire de la chimie).

18h20 : Introduction à la table ronde par Sylvie Latieule, journaliste scientifique et rédactrice en chef de plusieurs magazines dont *Info Chimie*.

18h25 : Table ronde, avec

- **Jean-Pierre Dal Pont**, Président de la Société française du génie des procédés (SFGP) ;
- **Sophie Duquesne**, Professeur à l'École Nationale Supérieure de Chimie de Lille et chercheuse à l'UMR Unité Matériaux et Transformations (Université Lille1) ;
- **Michel Letté**, Maître de Conférences en histoire des sciences et des techniques, , spécialiste d'histoire de la chimie, et des conflits environnementaux (Cnam, laboratoire HT2S) ;
- **Jean-Louis Havet**, Professeur dans l'équipe Génie des procédés et ingénierie pharmaceutique et directeur du laboratoire de chimie moléculaire et génie des procédés et chimie énergétique (Cnam) ;
- **Anne Paul**, Maître de Conférences en Biologie (Univ. de Lille 1, Equipe SCité-HT2S), ex-agrégée en biologie, travaillant sur des questions Sciences, Techniques, Société (sociologie des représentations scientifiques, incluant les technologies émergentes telles que la chimie verte).

19h10 : Questions du public

COMPTE-RENDU

Sylvie Latieule introduit le débat en évoquant la mauvaise image de la chimie, discipline la plus associée à l'imaginaire des dégâts environnementaux selon un sondage européen. Anne Paul relate une enquête sur les représentations des sciences chez les étudiants en science, qui se divisent en deux attitudes : une part majoritaire qui croient dans le pouvoir d'action des technologies (évolution vers toujours plus progrès avec des effets toujours moins délétères) mais aussi pouvoir de remédiation de dégâts passés ; une part minoritaire qui craint, voire a une phobie par rapport à tout ce qui est perçu comme « chimique » (par exemple dans les produits alimentaires, mais étonnement pas pour les médicaments) et l'univers qui lui est associé (enseignement, recherche, industrie...), crainte qui est associée à une théorie de la manipulation et du mensonge par les acteurs de cet univers. Chez ces derniers, le *greenwashing* (lessive verte) n'est pas seulement une affaire de communication mais va jusqu'à une entreprise de désinformation. Dans ce dernier cas, des entretiens montrent que leur engagement dans des études de chimie (ou de la biologie/écologie) se fait sur le mode de l'entrisme : comprendre la chimie pour ensuite rapporter des connaissances approfondies dans des mouvements d'ONG, de militants... Les croyances et les craintes s'orientent surtout sur les produits de consommation (adjuvants, aspartame, etc. ; mais aussi les produits « associés » : engrais, insecticide, etc.). A. Paul revient sur la réalité de ce qu'on appelle aujourd'hui « chimie verte » : au-delà des opérations de *greenwashing*, elle concerne des procédures concrètes en lien avec les objectifs du

développement durable (les deux ont été formalisés plus ou moins simultanément au début des années 90). On peut donc parler de convergence d'intérêts économiques, industriels, sociaux et environnementaux.

Cependant, comme le rappelle Michel Letté, la question des procédures, c'est-à-dire la rationalisation des procédés pour augmenter l'efficacité et les coûts (en termes économiques comme écologiques), n'a pas attendu la chimie verte. Les industries polluantes ont vocation à gérer les flux, à enfermer la matière dans des dispositifs fermés (les réacteurs ou les tuyaux par exemple) depuis le début de l'industrialisation au 19^{ème} siècle, siècle des ingénieurs mais aussi des hygiénistes. En ceci, la gestion du « débordement industriel » est une question importante sur le long terme, et dont le dernier avatar se trouve peut-être dans une science des procédés, mais aussi dans la délocalisation – manière « efficace » d'éviter le débordement industriel local.

Jean-Pierre Dalpont confirme que le génie des procédés concerne moins la chimie comme science que comme moyen de production. Son domaine, ce sont les usines. Et ces dernières ont évolué considérablement depuis deux siècles, car les grandes sociétés doivent respecter des normes environnementales et de sécurité, en particulier la norme RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises). Un pays comme la Chine, avec des usines à ciel ouvert, montre un état antérieur de cette évolution. Par ailleurs, le génie des procédés est indispensable, parce qu'il est partout, sert à toutes les industries : c'est une science d'intégration.

S. Latieule poursuit : quelles sont les évolutions techniques notables en génie des procédés ? Que fait-il concrètement ? Jean-Louis Havet précise que le génie des procédés œuvre pour la conception de procédés durables, une mutation engagée depuis une vingtaine d'année, accompagnée et contrainte par la réglementation ainsi que l'évolution des mentalités sur l'environnement. Il produit une série d'outils de production et de compréhension de l'ingénierie : il accompagne le cycle de vie du produit, « du berceau jusqu'à la tombe » (grâce à des méthodologies, des modélisations, des simulations) ; il « intensifie » les procédés, pour créer par exemple une chimie plus sûre, qui consomme moins et produit plus (*smaller, cheaper, safer*), mais il en invente aussi, par exemple à travers la biocatalyse (ou bioprocédé) où les enzymes font le travail d'intermédiaires thérapeutiques.

S. Latieule propose de se pencher plus précisément sur la question du recyclage, de la fin de vie des produits. Sophie Duquesne rappelle que l'industrie du recyclage n'est pas nouvelle mais que l'on voit, pour certains domaines tels que les plastiques, que leur taux de recyclage stagne depuis vingt ans. Le génie des procédés expérimente des nouvelles formes de valorisation et de recyclage (par exemple la « dé-réticulation » du caoutchouc à l'aide de fluide supercritique), mais ces innovations n'ont pas encore de répercussion au niveau industriel. Ceci pourrait être lié à la complexité de la problématique qui nécessite que la chaîne entière de production/valorisation soit prise en compte dans le cadre de développement. Le génie des procédés joue un rôle crucial dans ce domaine, puisque comme précédemment indiqué, il s'agit d'une science d'intégration qui devrait permettre la collaboration entre différentes disciplines. La mise en place de nouveaux modèles économiques devrait également à plus long terme permettre d'améliorer la valorisation des déchets comme ressources.

M. Letté souligne qu'il s'agit bien d'une quête d'innovation, mais en cela le génie des procédés n'apporte précisément pas grand chose de nouveau et il faut aussi faire attention aux modes : la chimie verte sera-t-elle remplacée par la chimie bleue (l'eau étant déjà très présente dans tous ces dispositifs : solvants, fluides porteurs, etc.) ? Il faudrait plutôt penser l'inertie industrielle dans le temps long ; s'il y a des ruptures dans la production et dans les contraintes, des questions de fond subsistent : pourquoi n'entreprendre des solutions environnementales que dans le cadre d'une réponse à des injonctions politiques ? Ou seulement contraint par les cadres réglementaires ?

J.-P. Dalpont soulève qu'en effet, les questions de modes et de mots sont secondaires, après celles des défis. En ceci, l'une des acquisitions du génie chimique est la notion d'impact récemment mise en avant. Une vision systémique requiert des référentiels (*metrics*) : on mesure l'impact de ce qu'on fait. Des entreprises comme Sanofi intègrent aujourd'hui 20% de « bio » dans leurs procédés, et veut passer à 50%.

S. Latieule demande pour terminer si cette réflexion n'aurait pas existé sans le concept de développement durable. J.-L. Havet pense que ce sont d'abord les contraintes réglementaires qui ont obligé à améliorer les procédés avant tout, mais qu'il existe des objectifs convergents entre l'industriel qui veut rentabiliser sa production et les buts des défenseurs du développement durable. La science du génie des procédés serait donc participative du développement durable.

Questions du public

Clotilde Ferroud (Direction de la recherche du Cnam, Laboratoire de chimie moléculaire du Cnam) rappelle que la qualité des produits, quels que soient leurs modes de production (bio ou chimique), est la même au niveau de la molécule (dossier d'analyse similaire). Pour le financement de la recherche, l'ANR exige des qualités analytiques

similaires, sans faire de différence entre les méthodes de production. J.-P. Dalpont répond que si en effet la molécule reste la même, les procédés bios permettent de créer des molécules complexes plus facilement que par voie chimique. Il précise que certaines confusions sont cependant entretenues par les termes : la chimie verte n'est pas la chimie végétale ; le biodiésel n'est pas bio A. Paul précise qu'en termes de communication, la différence reste substantielle : un procédé bio permet de vendre légalement de la vanille fabriquée en bioréacteur (par un processus issu de la biologie de synthèse) comme un produit « naturel ». Ce qui a changé est moins la mentalité du chimiste mais le niveau de contraintes économique, législatives, scientifiques, techniques, ainsi que l'acceptabilité par les publics et les institutions, et ce aussi bien au niveau local que mondial, individuel que collectif.

M. Letté propose de déplacer le point de vue : la focalisation sur l'évolution technique « efficace » des procédés masque, comme la question du débordement, des choses qu'on ne voudrait pas voir, par exemple le rapport à l'emploi. Chez les chimistes au tournant des 18^e-19^e siècles, en pleine période de développement de l'industrie chimique, on sort d'une industrie artisanale pour entrer dans une chimie de transformation organique. Industriels chimistes proclament que les nouvelles émanations des usines pourraient purifier l'air, et le débarrasser des miasmes que l'on redoutait jusqu'alors. Pareillement, l'acide chlorhydrique viendrait régler les problèmes de fièvre asthmeuse ; la chimie de synthèse pourrait faire pousser du blé en laboratoire (selon Marcelin Berthelot) ; etc. Dans les années 1990, les biotechnologies étaient présentées comme salvatrices, promettant de débarrasser la terre des problèmes de marée noire.

Jacques Breyse (Club d'histoire de la chimie) rappelle que le point de départ du développement durable est la remise en question des hydrocarbures comme source unique de matières premières de base, en particulier avec l'utilisation de biomasse à l'appui d'études en microbiologie. Le génie des procédés joue ici un rôle déterminant dans la mise en oeuvre de ces nouvelles voies d'accès (*biochemical engineering*). A. Paul précise que quand on parle de « renouvelables » à propos des matériaux bio-sourcés, on veut en fait dire que la ressource énergétique se renouvellent plus vite que les autres (à l'échelle humaine) – mais cela ne veut pas dire que d'autres ressources (eau, sol...) ne soient pas surexploitées et que des effets délétères (pollutions, dégradations...) n'existent pas (sans parler de la compétition pour l'alimentation). La ressource énergétique peut être renouvelable, le mode d'exploitation non et parfois le bilan énergétique ou carbone peut être catastrophique. Par exemple, le bioéthanol produit à partir du maïs est une aberration. A son avis, les pistes les plus intéressantes sont celles du génie des procédés dans ses propositions pour optimiser le rendement et réduire les effets délétères sont les bio-réacteurs.

Patrice Meheut (SFGP) propose l'idée que le développement durable doit être l'occasion du décloisonnement des expertises pour aborder le domaine de manière systémique, en particulier l'analyse du cycle de vie. S. Duquesne appuie ce besoin d'une approche globale, et signale qu'on forme actuellement les ingénieurs dans ce sens.

Le dernier mot porte sur la question de la médiation scientifique, au-delà d'une « simple » communication de type *greenwashing* : comment intéresser le public à ces questions de procédés, pas évident à mettre au premier plan car relevant de problèmes d'infrastructure peu spectaculaires ? A. Paul rappelle que le monde anglo-saxon est très avancé sur ces questions. Les méthodes impliquent d'accrocher par un exemple concret de la vie de tous les jours, de s'adresser aux enfants, futurs citoyens, parents, travailleurs, consommateurs, qui montrent beaucoup d'intérêt pour les visites d'usines, qui se révèlent en fait assez spectaculaires.