

La chimie et l'environnement

Pierre Vermeulin* ancien chargé de mission du programme Environnement, vie et société

Summary : *Chemistry and environment*

Chemistry is not only a science, it is also an industry. Many people see in chemistry a risk for environment or human health. However the chemical industry has striven for decreasing atmospheric or aqueous rejections. Above all, chemistry, with other sciences, contributes efficiently to studies on the propagation of pollutants, on rehabilitation of polluted soils or waters, on pollutants emission reduction.

Mots clés : *Chimie, industrie, environnement, produits chimiques, chimie analytique.*

Key-words : *Chemistry, industry, environment, chemical products, analytical chemistry.*

Pour beaucoup la cause est jugée et ce n'est pas en criant à l'injustice que les chimistes, académiques ou industriels, renverseront le verdict en appel. Le chimique au sens commun est ce qui n'est pas naturel, transformé ou créé par l'action de l'homme, qui pénètre (certains diront envahit) notre vie quotidienne dans tous les domaines, notamment l'habitat, le vêtement, l'alimentation, la santé... La chimie accompagne une part importante de l'activité, de la manière d'être individuelle et sociale de l'homme et partant elle contribue à les modifier, à changer aussi les rapports de l'homme et de son environnement. Ce peut être ressenti par certains comme inquiétant. En tout cas, la liaison de la chimie avec l'environnement de l'homme est un vrai problème qui mérite mieux que des sentences sommaires, positives ou négatives.

La chimie est une science et une industrie

Il y a belle lurette que l'homme modifie par son activité son environnement ; il n'y a guère en France de paysages que l'on pourrait qualifier de naturels. L'industrie pas encore chimique, bien avant que la chimie se soit constituée en science, a laissé des traces

et des œuvres, fours à chaux, hauts-fourneaux, fabrications des verres... Ce qui est fondamentalement nouveau, c'est la phénoménale augmentation de l'impact de la chimie dans la vie quotidienne depuis le XIX^e siècle. La chimie est la science de la construction d'édifices moléculaires, cristallins, amorphes, pour leur originalité ou leur beauté peut-être, mais surtout pour leurs propriétés et leurs usages. Par nature la chimie en tant que science est liée à la production et donc à l'industrie. La chimie est pour beaucoup l'archétype de l'industrie en développement accéléré avec ses conquêtes, bien illustrées par ce numéro spécial, et ses nuisances dont il faut bien parler aussi.

L'industrie chimique pollue-t-elle ? La question est mal posée. Ce n'est pas l'activité industrielle en elle-même qui est facteur ou non de pollution, mais plutôt les conditions dans lesquelles elle s'exerce : l'organisation de la production, la rigueur des contrôles, la qualification des intervenants, la prise en compte de tous les impacts potentiels sur l'environnement et les moyens matériels et humains engagés pour les minimiser. Y a-t-il des pollutions liées à l'industrie chimique ? Des exemples bien connus apportent la réponse. Mais il ne peut être question de s'abandonner à quelque fatalisme, bien commode car il exonérerait les entreprises d'une bonne part de leur responsabilité. L'industrie chimique peut lutter contre

ses propres pollutions ; la preuve en est qu'elle le fait.

Les rejets dans l'eau, dans l'atmosphère, de l'industrie chimique, au moins dans les pays développés, ont considérablement décliné dans les dernières décennies. Les risques liés à des scénarios catastrophiques, incendies, explosions, pertes de confinement ont diminué également. Ces résultats ne peuvent venir que d'analyses de sûreté plus systématiques et plus approfondies. Ces efforts, payants, sont certainement motivés par une meilleure prise de conscience de la responsabilité sociale des entrepreneurs. Mais ils sont aussi étayés par une analyse des avantages qu'ils apportent. La conscience sociale de la nécessité de lutter contre les atteintes à l'environnement de l'homme confère, aux entreprises qui y participent, une image de marque qui participe à leur développement ; la publicité faite sur ce thème en est une preuve. Plus fondamentalement, de façon plus pérenne car porteuse de profit, le développement de procédés moins polluants est directement lié à l'augmentation de la qualité des produits et à l'économie d'énergie et de matières premières. La protection de l'environnement, la qualité et la fiabilité de la production, les développements technologiques vont généralement de pair. C'est une raison d'être relativement optimiste à condition de persévérer dans la vigilance.

L'industrie chimique fournit des pro-

* 2, rue Passerelle, 92370 Chaville.
Tél./Fax : 01.47.50.54.54.
E-mail : pierre.vermeulin@cnrs-dir.fr

duits pour des usages qui correspondent en principe à des besoins. Outre les propriétés recherchées pour répondre à ces besoins, il peut en être d'autres qui présentent un risque environnemental. Ce risque peut être lié au produit lui-même et aux conditions de son utilisation.

Les risques liés au produit, l'industriel a intérêt bien sûr à les évaluer avant même la production. Des batteries de tests, en écotoxicologie particulièrement, lui donnent des indications utiles mais jamais des certitudes absolues. S'il peut donner des indications et des recommandations sur les conditions d'usage qui permettraient de rester dans des limites de risque acceptable, il ne peut garantir qu'elles seront suivies. Le devenir dans l'environnement des produits chimiques ou de leurs dérivés d'utilisation reste donc un problème majeur et récurrent.

Le devenir des contaminants chimiques dans l'environnement

Les rejets effectifs ou potentiels de composés chimiques dans l'environnement sont inhérents à beaucoup d'activités humaines, industrielles, agricoles, de transport, de production d'énergie, etc. Ils peuvent être volontaires (traitements des plantes) ou accidentels (pollutions par des hydrocarbures), ou acceptés dans des limites réglementaires comme conséquences d'activités jugées indispensables à un moment donné. Évaluer leur devenir et leur impact dans l'environnement est donc une tâche qui doit être considérée comme prioritaire.

Ce n'est pas tellement parce que les composés sont chimiques que la chimie a un rôle dans cette étude, mais plutôt parce que cette étude requiert, parmi d'autres, des connaissances que seuls les chimistes peuvent apporter. Pour ne prendre que quelques exemples, celui du cadmium (résidu de la métallurgie du zinc), du cuivre (utilisé pour le traitement des vignes) ou des pesticides (employés en agriculture), les contaminants de l'environnement vont être transportés dans les sols ou dans les eaux, fixés ou relargués, complexés par des constituants des sols ou des eaux, ou métabolisés par des micro-organismes. Ce n'est pas un transport liné-

aire, mais un trajet où le composé change plusieurs fois de nature chimique, se fixe plus ou moins durablement dans des sols ou dans des boues, entre dans des chaînes trophiques. La forme sous laquelle il devient biodisponible pour l'homme ou les autres composants des biosystèmes est rarement celle de départ. Le rôle de la chimie dans ce type d'études apparaît clairement : il faut connaître à chaque étape la nature des espèces chimiques, ce qui est du ressort de la chimie analytique ; il faut comprendre les mécanismes de transformation de ces espèces, biotiques et abiotiques, ce sont des études de réactivité.

La chimie analytique doit fournir des données précises sur la nature et la quantité du produit d'origine et de tous ses dérivés, les différents complexes des métaux lourds (leur spéciation) et les molécules issues des dégradations. Les problèmes posés étant presque toujours originaux, par la nature des molécules et des matrices qui les contiennent, c'est d'une recherche analytique qu'il s'agit et non de l'application de techniques et de méthodes déjà bien établies. Pour répondre aux besoins des études environnementales, la chimie et les autorités institutionnelles qui la gèrent se doivent de renforcer encore, humainement et matériellement, la discipline. Autrement dit la chimie analytique ne saurait être uniquement en la matière une science de service.

Les interactions entre les molécules contaminantes et celles des milieux où elles transitent, avec les macromolécules ou les colloïdes des sols et des eaux, avec les particules minérales solides, sont tout un secteur de la géochimie et de la physico-chimie. L'étude des dégradations sous l'action des micro-organismes ou par photolyse aux interfaces avec l'atmosphère, mobilise aussi bien les chimistes organiciens que les biochimistes, les photochimistes ou les catalyistes. Ce sont donc plusieurs sous-disciplines de la chimie, au sens large du terme, qui doivent concourir pour expliciter les phénomènes de transport.

Souligner la place de la chimie n'est surtout pas sous-estimer celle des autres disciplines. La physique des milieux poreux, la géologie, la pédologie, l'hydrologie, la biologie sont tout

autant indispensables. Une étude chimique déconnectée de l'apport des autres disciplines serait peut-être intéressante en soi mais elle ne traiterait en rien le problème environnemental posé. La chimie ne peut tirer, en la matière, sa force et son originalité que de son insertion dans un complexe pluridisciplinaire. Toute la difficulté est de faire converger le système vers le but affiché, mais l'expérience des groupes de recherche pluridisciplinaires qui se sont créés sur des problèmes concrets (pollution par le mercure des écosystèmes guyanais, contamination des sols par les xénobiotiques, par exemple) montre qu'elle peut être surmontée de façon fructueuse.

Il conviendrait aussi de ne pas oublier que la raison sociale de telles études, et leur financement, ne peut se trouver en dehors de l'estimation des risques encourus par l'homme et les écosystèmes qui l'environnent. Elles doivent donc déboucher sur des études d'impact sur l'homme et son environnement qui recourent l'intervention de la toxicologie et de l'écotoxicologie.

Restreindre les pollutions, y remédier

La sagesse populaire dit qu'il vaut mieux prévenir que guérir. Elle a doublement raison en matière de pollution pour des raisons thermodynamiques, économiques et sociales.

Les rejets industriels, dans l'atmosphère, sur les sols, dans les eaux sont l'objet d'une réglementation stricte qui pousse à des procédés plus propres et à une politique de gestion des déchets. S'il n'est pas possible de supprimer complètement les rejets et les déchets, il faut se poser le problème de la diminution de leur nuisance.

Pour les déchets, l'action vise à en limiter la quantité par le recyclage quand il est possible (réemploi des plastiques par exemple), par leur transformation chimique ou biochimique quand leurs produits de transformation sont utiles (compostage) ou moins nuisibles (incinération). Il restera toutefois, à la fin, des déchets sans réemploi possible dans les conditions technologiques ou économiques du moment, les déchets ultimes, qu'il convient de stocker. C'est

là où la problématique des transferts de contaminants réapparaît en amont de toute mesure de stockage.

Stocker des déchets, c'est s'assurer que tout transfert, notamment de métaux lourds, sera nul ou maintenu dans des limites réglementaires nécessairement très faibles sur le long, même le très long terme. Ce sont donc des études dominées par la géologie et la géochimie des sites de stockage, mais qui doivent pour être complètes reprendre la problématique des interactions chimiques et des transformations chimiques et biochimiques des composants des matériaux stockés dans ces sites. Les études sur le stockage des déchets nucléaires intègrent bien cette nécessité. Il doit en être de même pour les déchets « ordinaires ». C'est un domaine d'action des chimistes, dans un ensemble pluridisciplinaire.

Diminuer la nuisance des rejets, involontaires ou consécutifs à des usages domestiques, agricoles ou industriels est un secteur d'activité en grande expansion. Trois exemples traités dans ce numéro spécial de *L'Actualité Chimique* donnent bien la mesure du rôle de la chimie dans ce domaine.

La remédiation des eaux et des sols pollués est devenue une activité économique majeure qui mobilise de grandes entreprises. Les sols gardent la trace d'activités industrielles menées, naguère encore, sans grande attention aux conséquences sur l'environnement ; on les trouve généralement dans des friches industrielles qui faut assainir avant de les réoccuper. Traces de métaux lourds ou d'hydrocarbures, notamment, présentent un danger potentiel pour les futurs occupants et une possibilité de transfert dans les nappes phréatiques. Les aptitudes importantes des composants organiques et minéraux des sols à complexer et à fixer les polluants limitent souvent, dans un premier temps, le problème aux couches superficielles et autorisent

ainsi une action curative, comme on le verra.

Les eaux usées doivent être traitées, celles destinées aux usages humains, particulièrement à l'alimentation, nécessitent presque partout en France des traitements complexes de potabilisation. La pollution microbienne doit être détruite, ainsi que les molécules et macromolécules apportées par l'activité humaine ou naturellement par les sols dans lesquels l'eau transite. Se pose même de plus en plus le problème de diminuer la quantité des ions présentant un danger pour la santé, notamment les nitrates. La physico-chimie et la chimie des eaux est un secteur disciplinaire qui nécessite un réinvestissement scientifique. L'intérêt scientifique est grand, l'enjeu social et politique plus grand encore si l'on veut bien considérer que l'accès à l'eau consommable est déjà un problème géopolitique.

Le transport automobile, que tout le monde voudrait bien restreindre mais que personne ne songe à supprimer, est un facteur de pollution qui provoque des pointes de risque sanitaire périodiques.

C'est un exemple de source de pollution à la fois diffuse (car les émetteurs sont nombreux et mobiles, leur densité est cependant statistiquement bien connue) et contrôlable car les véhicules sont répertoriés et bien caractérisés. C'est un cas où il est possible, sinon facile, de réaliser une réduction des pollutions à la source. Le traitement catalytique des gaz d'échappement des véhicules s'est développé en quelques années au point où on peut espérer une prochaine généralisation de ce traitement. La chimie catalytique a été capable d'apporter rapidement des solutions efficaces, techniquement et économiquement acceptables. Tout autant que l'illustration du rôle central que la chimie peut jouer dans le traitement d'un problème majeur d'environnement, c'est une démonstration de la connexion étroite

de la science chimique avec son aval industriel.

La chimie et l'environnement, c'est encore bien d'autres choses

Dans ce numéro spécial ce n'est pas l'exhaustivité qui est recherchée mais la focalisation sur quelques problèmes où la chimie joue un rôle central. Nous en avons laissé bien d'autres tout aussi intéressants, par leur contenu scientifique et par leur impact social.

Nous avons concentré la réflexion sur un environnement assez proche du citoyen et sur des sujets dont la perception est immédiate. La chimie de l'atmosphère, homogène et hétérogène, avec ses répercussions sur l'étude de l'effet de serre et du trou de la couche d'ozone n'est pas présentée. Les matériaux biodégradables pas davantage. Nous aurons à y revenir.

Les chimistes qui contribuent à la solution de problèmes environnementaux peuvent travailler dans des contextes scientifiques et institutionnels variés, du nucléaire à la biologie, des universités aux instituts. Ce qui les rapproche, ce qui leur donne à la fois leur originalité et leur raison, et leur possibilité de s'intégrer dans un travail pluridisciplinaire, c'est leur partage d'une démarche fondamentalement chimique : connaître qualitativement et quantitativement les espèces, étudier leur réactivité et leur transformation, relier leur structure et leurs propriétés.

L'environnement a donc besoin de chimistes résolument chimistes, fortement intégrés dans leur communauté, mais toujours ouverts aux problématiques des scientifiques des autres disciplines qui œuvrent comme eux et avec eux à des problèmes qui sont toujours pluridisciplinaires.