

La chimie et le développement durable

Armand Lattes

« C'est une triste chose de penser que la nature parle et que le genre humain ne l'écoute pas. »

Cette phrase de Victor Hugo semblait n'avoir aucun écho depuis que l'ère industrielle avait envahi notre civilisation. Réagissant à une situation inquiétante, Rachel Carson, dans son livre *Silent spring* (*Le printemps silencieux*), a réveillé les consciences au début des années 60. La chimie fit alors figure d'accusée et cette situation n'a fait qu'empirer malgré tous les bienfaits que cette discipline a apportés pour améliorer la qualité de la vie et la santé humaine.

Cela s'explique parce que, aux yeux du public, les substances chimiques sont responsables de dommages environnementaux et de santé. Gardons seulement deux exemples :

- **La diminution de la couche d'ozone**

À près de 20 km au-dessus du niveau de la mer, des radicaux hydrogénés HO·, HO₂· ou contenant des halogènes ClO· et BrO· sont à l'origine de réactions qui détruisent l'ozone. En raison des grandes quantités d'halocarbures dispersés dans l'atmosphère ces dernières décennies, cette perte est due essentiellement aux radicaux halogénés. Le contrôle des émissions des halocarbures doit permettre d'arrêter cette évolution négative.

Cependant, l'interaction ozone/climat a aussi sa part dans ce scénario, comme cela a pu être observé en 2002 où le trou au-dessus de l'Antarctique était le plus petit enregistré depuis 1988. Mais l'explication résidait en un climat stratosphérique inhabituel et peu de temps après, le « trou d'ozone », plus grand que l'Europe entière, se reformait au-dessus de l'Antarctique et l'hémisphère sud.

En 2006 et 2007, nouvelle diminution illustrant ces oscillations. Quoiqu'il en soit, il semble qu'une quarantaine d'années soient nécessaires pour que l'on retrouve une situation normale.

- **Le changement climatique et les gaz à effet de serre**

Depuis 1880, la température moyenne de notre Terre n'a cessé d'augmenter avec une accélération notable à partir de 1990. La faute en incombe aux émissions de gaz dits à « effet de serre » : CO₂, méthane, oxyde d'azote, chlorofluorocarbones, auxquels s'ajoutent les effets des aérosols –

surtout des particules de sulfates et de carbone (suie) – et des changements de couverts terrestres, etc.

La diminution de la surface des glaciers en témoigne et les spécialistes s'accordent sur une augmentation moyenne de 1,4 à 4 °C pendant ce siècle.

Comment réduire ces émissions ?

De nombreux travaux visent à neutraliser ces émissions, par exemple en séquestrant le CO₂ dans des anciens gisements de pétrole ou de gaz, ou dans des aquifères salins (comme cela se pratique sur le gisement de Sleipner en mer du Nord).

Certains scientifiques pensent que les émissions de CO₂ ne pourront que croître et proposent des solutions inquiétantes, comme le Dr Crutzen, prix Nobel de chimie (1995), qui suggère d'envoyer dans la stratosphère des aérosols de soufre comme matériaux réfléchissants.

Les pouvoirs publics français, inquiets de cet état de fait et soucieux de respecter le protocole de Kyoto qui vise à revenir au seuil d'émissions observé en 1990, ont pris un certain nombre de mesures législatives et s'appuient sur les avis d'experts comme ceux du Comité de la Prévention et de la Précaution.

Rôle du Comité de la Prévention et de la Précaution (CPP)

Ce Comité, qui assiste le ministre de l'Écologie, est à l'origine de nombreuses études et rapports analysant les problèmes les plus graves et faisant des propositions destinées à améliorer les conditions environnementales.

C'est ainsi qu'ont été examinés successivement le cas des pesticides, celui de la sécurité industrielle, des perturbateurs endocriniens, des incinérateurs d'ordures ménagères et des nanotechnologies. Des remarques pertinentes sont émises à l'issue de la rédaction de ces rapports. À titre d'exemple, on peut citer :

- les propriétés de perturbateurs endocriniens d'un produit aussi simple que le perchlorate d'ammonium, utilisé dans les airbags et dans les carburants de missiles et fusées ;
- les relations entre les incinérateurs d'ordures ménagères et l'émission de dioxine, amenant à proscrire toute installation qui ne serait pas munie d'un système brûlant les fumées à 900 °C.

D'autres exemples plus pointus peuvent trouver leur place dans d'autres instances, comme l'origine controversée de la présence de benzène dans certaines boissons – ce benzène provenant vraisemblablement de la décomposition photochimique d'additifs alimentaires comme les benzoates et non d'une pollution accidentelle.

Risques et nouvelles technologies

Parmi les technologies émergentes, les nanotechnologies sont celles qui suscitent les plus fortes espérances, mais quelques-unes de leurs propriétés – réactivité de surface élevée, possibilité de traverser toutes les membranes – pourraient avoir une influence négative sur la santé et l'environnement.



Ballon auxiliaire stratosphérique pour l'étude de la couche d'ozone. Aire sur l'Adour (Landes). © CNRS Photothèque/Rigaud Pierre.

Ceci met en évidence le besoin d'établir des méthodologies appropriées pour tester la toxicité (ou la nocivité) des nanoparticules. À l'heure actuelle, on ne connaît pas quelles propriétés physiques de celles-ci doivent être mesurées pour les corrélées à leur toxicité.

En attendant l'établissement de règles précises, les producteurs observent la plus grande prudence lors des fabrications et s'entourent des mesures de sécurité les plus strictes.

Il est bien évident que l'intérêt de ces nanotechnologies justifie toutes les recherches dont elles sont l'objet et que ces recherches et ces développements, encadrés par des mesures de surveillance, doivent être poursuivis au risque de voir s'échapper des progrès considérables dans de nombreux domaines.

Rappelons à ce propos ce qu'avait écrit Pierre-Gilles de Gennes dans son livre *Les objets fragiles* (Plon, 1994) : « Dans l'élimination des polluants, l'avenir appartient à la chimie, pas à la mise en faillite d'un secteur industriel. C'est là encore une affaire de bon sens. »

Impact réel de la chimie et de l'industrie chimique sur la santé et l'environnement

Devant les attaques que nous subissons, devant les critiques émises à l'encontre de l'industrie chimique, il est bon de rétablir certaines vérités.

Rôle de l'industrie chimique dans l'émission des gaz à effet de serre

En 1998, le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA) a rapporté les pourcentages suivants concernant les émissions atmosphériques par l'industrie chimique en France, comparés aux émissions totales de toutes origines : 9,5 % d'oxydes de soufre, 4,5 % de CO₂, 2,1 % d'oxydes d'azote, 2,4 % de COV (Composés organiques volatiles).

Les changements climatiques liés aux émissions de gaz à effet de serre doivent être surtout attribués aux autres sources de pollution : transports, usines d'incinération, habitats, les deux premières contribuant à elles deux pour environ 70 %, alors qu'en France, les transports seuls sont responsables de 38,6 % des émissions de gaz.

Pollution chimique et augmentation du nombre de cancers

Une étude américaine parue en 2004 rapporte les causes réelles des décès aux États-Unis en l'an 2000. Cette année-là, 2 403 351 décès ont été enregistrés, soit 250 000 de plus qu'en 1990. Cette augmentation a deux explications : l'accroissement de la population et l'augmentation de l'espérance de vie. Parmi les causes les plus fréquentes des décès, on trouve l'usage du tabac (18,1 %), l'obésité et l'absence d'activité physique (16,1 %) ; les agents toxiques sont loin derrière avec 2,3 % du total des décès enregistrés.

Ce chiffre est très voisin de celui avancé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui juge que la pollution par agent chimique est la source de 1 à 4 % de tous les cancers.

Deux grands spécialistes français, le professeur Maurice Tubiana, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine, directeur honoraire de l'Institut Gustave Roussy (Villejuif) et le Dr Catherine Hill, chef du

département d'épidémiologie de ce même Institut, ont indiqué dans un article récent que 80 % des cancers sont dus au mode de vie et que « les décès par cancers des femmes ont diminué lentement depuis 1950 alors qu'ils diminuaient rapidement chez les hommes depuis 1990 », ajoutant que « si une proportion notable de cancers était liée à la pollution, cela n'explique pas pourquoi deux fois plus d'hommes que de femmes meurent de cancer. »

Concernant l'impact de la pollution sur l'incidence des cancers, les exemples donnés par ces deux spécialistes sont particulièrement démonstratifs : « En réalité, ceux qui enregistrent la plus grande progression en fréquence (cancers du sein et de la prostate) ne sont pas ceux pour lesquels un effet de la pollution doit être redouté. »

Pour terminer, retenons aussi : « Il est vrai que l'incidence des cancers augmente en France, mais la plupart de cette augmentation peut être expliquée par les progrès accomplis en matière de méthodes de diagnostic [...] Nous pouvons maintenant détecter de très petits cancers (quelques millimètres de diamètre), ce qui n'était pas possible il y a quinze ans [...] Ceci explique la plupart des désaccords entre le fait que la fréquence des cancers a augmenté tandis que les décès par cancers ont diminué. »

Chimie et développement durable

Au cours des cinquante dernières années, les progrès de la chimie ont été considérables. Parallèlement à cette évolution, l'industrie chimique s'est appliquée à répondre aux deux impératifs suivants : demande sociétale et profits économiques.

Il en a résulté une croissance, parfois mal maîtrisée, mais qui correspondait à une demande politique très forte. Il suffit de comparer les affiches des candidats aux diverses élections pour constater un encouragement très fort à produire, en 1965, remplacé par une orientation rurale en 1981 ! Entre ces deux dates, on doit situer la prise de conscience écologique qui a suivi la parution du livre de Rachel Carson cité plus haut.

Dès lors, un troisième impératif est venu s'ajouter aux deux précédents, bouleversant les schémas classiques : le respect de l'environnement. Ce qui s'est traduit par la notion de développement, remplaçant celle de croissance : « la croissance c'est produire plus, le développement c'est produire autrement. »

Le développement durable

La notion de développement durable a été introduite en 1987 par Madame Gro Harlem Bruntland, Premier Ministre de la Norvège, qui en donne la définition suivante : « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. »

Les Indiens d'Amérique se sentaient responsables de leurs descendants jusqu'à la 7^e génération, et ce souci de l'avenir guidait leur comportement. Nous devons donc changer nos relations avec la nature et, comme Michel Serres l'a suggéré, imaginer un contrat naturel (analogue au contrat social du XVII^e siècle).

Principe de précaution

Destiné à accompagner le développement durable et intégré dans la Constitution française, on trouve le « principe

de précaution » dont l'application est désormais impérative « lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourraient affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités veillent, par application du principe de précaution, à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin d'éviter la réalisation du dommage, ainsi qu'à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques courus », mais...

- seuls 19 % des parlementaires se déclarent d'accord sur la nécessité de ralentir le développement économique pour préserver l'environnement, contre 53 % de la population ;
- 40 % des parlementaires s'en remettent aux progrès techniques pour compenser les effets du réchauffement climatique... contre 12 % des Français.

Le règlement REACH

REACH (enRegistrement, Evaluation, Autorisation des substances CHimiques) est un règlement communautaire qui vise à l'identification des produits chimiques et, pour les plus dangereux, à leur élimination. Dans le cadre de ce règlement, tous les acteurs intéressés (producteurs, importateurs) ont l'obligation d'enregistrer les substances mises sur le marché à plus d'une tonne par an. Cela devrait représenter environ 30 000 produits.

Ce règlement a été adopté par le Conseil européen après cinq années de débat. Depuis le 1^{er} juin 2007, il s'applique dans tous les pays de l'Union européenne.

Face à ces différentes contraintes, la solution qui est imposée a été, comme dit ci-dessus, de pratiquer la « bioéconomie » en intégrant l'écologie à l'économie et réciproquement. C'est au niveau même de la conception que les chimistes doivent agir, ce qui exige un effort de créativité car il faut sortir de la séquence classique :

extraire-produire-distribuer-jeter,
pour appliquer, au minimum, la séquence des 3R :
réduire-réutiliser-recycler.

Pour concevoir ce nouveau monde, et même aller plus loin dans les objectifs, dépasser l'éco-efficacité, pour atteindre l'écoconception, les chimistes ont énoncé les douze principes de la « green chemistry » ou « chimie pour le développement durable ».

Les chimistes et l'industrie chimique ont très vite adopté cette façon de travailler qui, de plus, constitue pour eux un défi à relever et, sans nul doute, le moyen de solliciter leur imagination.

Les acteurs et programmes français

Le groupe stratégique pour l'avenir de l'industrie chimique à l'horizon 2015, mis en place par Patrick Devedjian et présidé par Daniel Garrigue, a repris ces éléments dans les recommandations qu'il a remises au ministre en mai 2004.

Les comités sectoriels du Conseil stratégique pour l'industrie chimique, initié par François Loos, les ont enrichi de leurs réflexions sur les ressources, les filières et les programmes.

L'industrie chimique et les sociétés savantes du domaine de la chimie, associées au sein de la Fédération Française pour les sciences de la Chimie (FFC), ont retenu « la chimie et le développement durable » comme thème pluriannuel de leurs travaux.

Le CNRS a créé un programme interdisciplinaire, « Chimie pour le développement durable », qui rassemble

900 chercheurs sur quatre axes principaux de façon à aider aux collaborations souhaitables dans ces domaines. Parallèlement, une expertise collective REACH menée en partenariat avec plusieurs ministères fait le point des conséquences de l'application du règlement REACH en matière de recherche.

Enfin, l'Agence nationale de la recherche (ANR) présente un programme « Chimie et procédés pour le développement durable », qui dispose d'un important budget pour inciter les chimistes à répondre nombreux aux appels d'offre.

C'est donc un mouvement de grande ampleur qui mobilise en ce moment tous les acteurs de notre discipline. L'intérêt qu'il suscite apparaît nettement dans l'audience que recueillent les colloques et congrès qui rassemblent industriels et universitaires sur les thèmes aussi importants que :

- Chimie, énergie et développement durables (École des Mines, Paris, 15 mars 2007) ;
- Chimie et écoconception (Montpellier, juin 2007) ;
- Matières premières du futur : de l'or noir à l'or vert (Lyon, 6-7 décembre 2007).

Les résultats de cet engagement de l'industrie française apparaissent aussi dans les dossiers de candidatures présentés en deux ans pour l'attribution du Prix Pierre Potier. Ce prix destiné à récompenser des entreprises pour leurs travaux et leurs réussites dans le domaine de l'innovation en chimie en faveur du développement durable est organisé par la FFC et l'Union des Industries Chimiques (UIC) et parrainé par le ministère de l'Industrie. Au total, en 2006 et 2007, c'est plus de 60 dossiers qui ont été examinés. La plupart des lauréats ont fait l'objet d'articles dans les quotidiens et hebdomadaires français les plus lus. Un label vient s'ajouter aux trophées et médailles, label montrant aux personnes intéressées par le produit, système ou matériel récompensé, le rôle important qu'a pris le développement durable dans la réalisation de ce projet.

En conclusion

Il y a un message que doivent recevoir tous nos compatriotes pour qu'ils réalisent combien leurs préoccupations sont les nôtres et combien ils peuvent compter sur notre engagement.

Oui, nous produisons vos médicaments, vos vêtements, vos produits de beauté, vos téléphones mobiles, vos systèmes électroniques, les matériaux utilisés dans vos moyens de transport, mais nous gardons un œil sur votre environnement, votre nourriture et votre santé en développant, en particulier, des méthodes analytiques de grande performance. Ayez un regard objectif sur nos activités et réalisez que, puisque nous sommes présents dans chaque secteur de l'activité humaine, vous trouverez toujours quelque chose à nous reprocher mais vous pouvez être sûrs que les chimistes, comme vous, sont anxieux de laisser à leurs enfants et petits enfants et aux générations futures, une planète propre où il fera bon vivre.



Armand Lattes

est professeur émérite à l'Université Paul Sabatier* et président de la Fédération Française pour les sciences de la Chimie.

* Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 9.
Courriel : lattes@chimie.ups-tlse.fr