

Texte de la 292^e conférence de l'Université de tous les savoirs donnée le 18 octobre 2000.

CHIMIE POLLUANTE, CHIMIE NON-POLLUANTE, CHIMIE DEPOLLUANTE

par Guy Ourisson

Au fond, j'aurais dû proposer un autre titre : « Chimie Noire, Chimie Rouge, Chimie Blanche, Chimie Verte, Chimie Rose ». Et c'est bien ainsi que je vais traiter mon sujet.

Je suis à la fin d'une carrière de chimiste, que j'ai été heureux de pouvoir mener à bien. J'ai passé toute mon enfance dans une usine de produits chimiques, à Thann, dans le Sud de l'Alsace, où mes camarades et moi jouions dans les ateliers de fabrication, insouciantes des odeurs de chlore, d'acide chlorhydrique ou d'anhydride sulfureux. Les énormes charpentes centenaires des chambres de plomb, édifiées avec le concours de Monsieur de Gay-Lussac, faisaient d'admirables cadres pour des parties de cache-cache. Quand j'ai été élu à la Présidence de l'Académie des Sciences, le magazine *Marianne* a publié un écho disant que cette élection avait donné des boutons à certains membres du Cabinet de Madame Voynet, parce que j'étais considéré comme « un croisé de la Chimie ». J'ai pris cet écho comme un compliment, bien que je me sente plus proche de bien des environnementalistes qu'ils ne le croient.

Mais vous êtes prévenus : mon propos sera celui d'un « croisé de la Chimie ».

La Chimie a été noire, et elle a été rouge. Elle a été noire, c'est à dire polluante. Les gravures d'il y a un siècle, représentant l'usine de Thann dont je vous parlais, insistent sur ce qui démontrait la prospérité de l'usine : les épaisses volutes de fumée sortant des cheminées. Ce n'est qu'un exemple, et il n'y avait bien sûr pas que les industriels de la chimie qui se flattaient de cracher de la fumée noire. Notez cependant que ces fumées ne sortent pas nécessairement des ateliers de fabrication, mais plutôt des centrales dans lesquelles était brûlé du charbon. Ces fumées noires étaient aussi celles qui régnaient dans nos villes où chaque foyer (notez le terme) se chauffait par une cheminée brûlant du charbon : de l'anthracite ou des boulets. Ceux d'entre vous qui n'ont pas eu tous les jours à recharger une chaudière à charbon, dans l'atmosphère suffocante due à la combustion du soufre résiduel, ceux qui n'ont pas connu Londres dans le brouillard jaune dû aux innombrables cheminées individuelles, ceux-là ne savent pas ce qu'est une pollution atmosphérique !

Il est vrai que, dans la villa que nous habitions à Thann, dans l'enceinte de l'usine, il était inutile de laver les voilages des fenêtres : ils partaient en charpie au lavage et il fallait les changer tous les ans. Il fallait aussi changer tous les ans ou tous les deux ans les arbustes d'ornement plantés en bordure de l'usine. C'était une usine noire.

En ce temps, avant-guerre, il n'était pas possible de mesurer la pollution atmosphérique, sinon pour des concentrations plus élevées que ce que mesurait le nez : une forte odeur de SO₂ voulait dire que le vent avait tourné à l'Ouest et qu'il y avait une fuite ; une forte odeur de chlore, qu'il avait tourné à l'Est et qu'il y avait une fuite – et un coup de téléphone au contremaître responsable réglait le problème. Cependant, le travail à l'usine et notre vie familiale dans l'usine n'étaient pas considérés comme mortifiants ou morbifiques.

Je n'en déduis pas que c'était une situation idéale, loin de là. Je veux simplement dire que nous revenons de loin. Des photographies récentes de l'usine de Thann ou de toute autre usine chimique ne montrent jamais de fumées noires ; tout au plus des volutes blanches de vapeur d'eau. Peut-être influent-elles sur le climat local. Il y a même une certaine prétention à croire que nos petits moyens ont une puissance suffisante pour cela...

« Noire », la chimie l'était aussi d'une façon plus insidieuse, invisible et inodore. Cette noirceur clandestine, je l'illustrerai à nouveau par l'exemple de l'usine de Thann. Cette usine a longtemps eu une exclusivité en France : elle produisait de la potasse et du chlore par

électrolyse du chlorure de potassium extrait des mines de potasse d'Alsace, toutes proches. Cette électrolyse se faisait avec des cathodes de mercure, au moment même où, pour réussir l'examen de chimie minérale à la Sorbonne, il fallait pouvoir expliquer pour quelles bonnes raisons théoriques cette électrolyse, possible avec le chlorure de sodium, était impossible avec le chlorure de potassium. Thann produisait de la potasse et du chlore. Mais Thann consommait du mercure, alors qu'en principe ce métal toxique ne devait pas quitter l'atelier de production : il ne devait se retrouver ni dans le chlore ni dans la potasse. Il n'aurait pas fallu en perdre, vu son prix. Pourtant, il s'en perdait quelques kilos tous les ans.

Ce n'est que dans les années suivant la guerre que les méthodes analytiques sont devenues suffisamment sensibles pour qu'il soit possible de retrouver des teneurs inacceptables de mercure dans les sédiments de la petite rivière passant à côté de l'usine, la Thur. Une fois les fuites de mercure localisées, il devint possible de les colmater, puis de nettoyer la rivière, et de mettre au point une production « propre », pour laquelle l'usine de Thann obtint l'un des premiers trophées nationaux pour son action efficace de protection de l'environnement.

Ceci n'est qu'un exemple. La règle qu'appliquent toutes les usines chimiques « civilisées » est de chercher à limiter ce qui sort de l'usine aux produits destinés à la vente, à de l'eau propre, de l'azote ou de l'oxygène, des matériaux inertes utilisables éventuellement dans le bâtiment ou les travaux publics... Ne me faites pas dire que c'est toujours le cas, mais toute déviation à cette règle est reconnue comme une déficience à corriger. Ne me faites pas non plus dire que toute déviation constitue un danger : il est bien probable que les habitants de Vieux-Thann, en aval des rejets de mercure méconnus, contenaient dans leur corps moins de mercure venant de l'usine de Thann que ne leur en procuraient les amalgames bouchant leurs dents cariées.

Mais la chimie n'est-elle pas rouge ? N'est-elle pas la source d'accidents ? Le voisinage de ses centres de production n'est-il pas dangereux ? Les noms de Seveso ou de Bhopal ne sont-ils pas ceux de catastrophes majeures ?

Bhopal assurément. Des milliers de victimes. Un accident rendu possible parce que les mesures de sécurité normales dans une usine occidentale n'étaient pas respectées dans cette filiale indienne de la société-mère américaine. Il n'y a pas de petit profit. Comme en outre le bidonville de Bhopal cernait l'usine, l'incident est devenu une catastrophe. Et cette catastrophe a pris un tour insoutenable, quand les avocats spécialisés se sont abattus sur les victimes pour les convaincre d'engager des procès dont ils partageraient les bénéfices. La catastrophe est devenue un scandale.

Et Seveso, dans le Nord de l'Italie, un pays sans bidonville ? *Le Monde* parlait encore tout récemment de la « catastrophe » de Seveso et de ses « milliers de victimes ». Il est nécessaire de rappeler les faits. Une explosion nocturne a conduit à la formation d'un nuage de vapeur d'eau, de soude, de phénol, de phénols chlorés, le tout évidemment très irritant, contenant des teneurs mesurables et importantes de chlorodioxines, dont la célèbre « dioxine ». Ce nuage a frappé directement les animaux dans les champs et les clapiers situés sur sa trajectoire et a provoqué la mort de ces animaux. La dioxine qu'il contenait a provoqué chez de nombreux habitants, par une réaction bien connue, une « chloracné », c'est à dire des boutons d'autant plus désagréables qu'ils sont parfois longtemps récidivants. Les habitants ont été déplacés, leurs maisons ont été détruites, les moutons et autres animaux de la région ont été abattus et incinérés, la couverture de terre a été enlevée et transportée vers des centres d'incinération spécialisés, un trafic s'est établi pour évacuer en douce, en dehors de tous les règlements, des détritiques contaminés vers des sites non-autorisés. Bref, il s'en est suivi toute une série de conséquences graves et frisant le scandale. Et les milliers de victimes humaines ? En fait, il n'y en a aucune, ou plutôt qu'une seule : le directeur de l'usine, qui a été abattu quelques années plus tard, dans l'un des attentats des « années de plomb » italiennes. Des

études épidémiologiques sérieuses ont fait le bilan de l'apparition de cancers dans la population exposée à l'accident de Seveso. Les résultats en ont été publiés ; ils ne montrent aucune différence significative entre les taux de cancers de cette population et ceux de populations éloignées de l'accident . Le taux de cancers du sein a même été plus faible, sur vingt ans, pour les plus exposés. Seveso a été un accident qui n'aurait pas dû avoir lieu ; ses suites ont constitué un traumatisme majeur pour des centaines de personnes, mais on ne peut pas dire que cela ait été une « catastrophe » ou alors il faudrait trouver un autre terme pour les catastrophes réelles qui se produisent chaque semaine sur la planète.

Il y a évidemment une autre façon pour une industrie comme l'industrie chimique d'être rouge : c'est d'être dangereuse pour ses ouvriers. Nous disposons en France d'une source précieuse de renseignements grâce à la Caisse nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés, qui établit chaque année des statistiques par branche d'activité professionnelle. On y voit par exemple qu'en 1955, dans l'industrie chimique, il y avait eu 51 accidents avec arrêt de travail par million d'heures travaillées. En 1991, ce taux de fréquence des accidents avec arrêt était tombé de 51 à 16 et il est actuellement à 12, c'est à dire moins que dans l'industrie du vêtement et le plus bas de l'ensemble des branches d'activité. Et l'indice de gravité correspondant, l'indice qui mesure les incapacités temporaires ou définitives, est aussi au niveau le plus bas de toutes les branches industrielles. Pendant le même temps, dans le bâtiment et les travaux publics, le taux est passé de 94 à 60, c'est à dire cinq fois plus élevé. La prochaine fois que vous passerez à côté d'un chantier, comptez les têtes sans casques et les mains sans gants... La chimie n'est pas une industrie rouge pour ses producteurs, mais cela ne s'est réalisé que par un effort déterminé.

À ce propos, je dois ajouter que l'enseignement de la chimie a enfin pris un tournant. Quand j'étais étudiant, j'ai appris par mes professeurs de belles histoires de beaux accidents. Mais personne ne m'avait appris comment éviter les accidents. J'espère ne pas me tromper en disant qu'il n'est plus possible maintenant pour un lycéen ou un étudiant d'entrer dans un laboratoire de travaux pratiques sans porter une blouse de coton et des lunettes de protection. Et il y a vraiment longtemps que je n'ai plus vu d'étudiant ou de chercheur fumer dans un laboratoire, alors que cela était fréquent il y a trente ans, avec les conséquences que l'on peut en attendre : quelques beaux incendies d'acétone ou d'éther. Je parlerai dans un moment des conséquences invisibles.

Ni noire ni rouge, comment la chimie peut-elle être verte ?

C'est là une notion nouvelle, mais une notion acceptée au point qu'il existe un journal spécialisé depuis deux ans dans la publication des travaux de chimie respectueuse de l'environnement. Il s'appelle bien sûr *Green Chemistry*. Le concept est simple : peut-on produire les matières chimiques qui nous sont utiles par des procédés *doux*, des procédés *verts*, sans réactif ou sous-produit toxique, en dépensant peu d'énergie et peu de matières premières non-renouvelables ? Peut-on remplacer des produits conduisant, après usage, à des pollutions, par des équivalents aussi efficaces, mais conduisant à des effluents bénins ? La réponse est dans presque tous les cas : « oui, on le peut, mais c'est plus cher », ou « c'est moins commode », ou « on ne peut pas en produire autant ». Ce dilemme n'est pas nouveau : par exemple il a déjà fallu remplacer il y a quelque dizaines d'années les premiers détergents par des produits un peu plus chers, mais biodégradables. Le concept de « chimie verte », conduisant à faire le bilan écologique complet d'une production, est nouveau. Il conduit à un renouveau d'intérêt pour les procédés catalytiques, dans lesquels en principe le catalyseur n'est pas du tout consommé et ne fait que faciliter une réaction. Il conduit à proscrire des réactifs toxiques comme le phosgène, mais à en trouver des équivalents pour pouvoir continuer à produire les mousses de polyuréthanes qui remplissent les coussins de nos voitures, à contrôler les réactions avec une très grande finesse pour éviter la formation de sous-produits potentiellement dangereux comme les dioxines, ou simplement inutiles, à

utiliser des réactions sans solvants, toujours difficiles à récupérer, etc. Retenons simplement qu'il y a de plus en plus de chercheurs engagés dans cette voie, mais qu'il reste énormément à faire pour que la chimie soit vraiment verte.

En fait, beaucoup de ces applications apparemment banales sont peut-être les plus difficiles à verdir. Je citerai seulement un exemple. Le nettoyage à sec de nos vêtements se fait avec des solvants. Jusque dans les années 1950 en tout cas, le solvant de choix pour cela était le benzène. On savait qu'il pouvait être toxique, et qu'il était inflammable, mais il était bon marché et efficace. Puis sont venus les solvants chlorés, ininflammables, bon marché, et bien volatils, ne laissant pas d'odeur. Mais leur récupération, si elle est facile à 99 %, est difficile à 100 %. La solution *verte* serait par exemple de tenter le nettoyage par le gaz carbonique supercritique : excellent solvant, ni toxique ni inflammable, mais exigeant de remplacer par des installations complexes, sous pression, tous les ateliers actuels. L'eau supercritique serait encore plus verte. Je doute que son utilisation soit compatible avec nos vêtements actuels... et seriez-vous prêts à payer peut-être dix fois plus cher le nettoyage de vos cravates ?

Noire, rouge, verte. Reste la chimie rose. C'est avant tout celle qui nous soigne. Sans chimie, pas de médicaments vraiment efficaces. Je n'en parlerai pas davantage. Mais la chimie rose, c'est aussi celle qui dépollue. Par exemple, nous en bénéficions tous les jours, simplement en buvant un verre d'eau de ville. Aucune eau naturelle ne reste pure, potable, très longtemps. Elle sort de la source, et son destin est de devenir rapidement le foyer de larves de moustiques, de sangsues, d'escargots d'eau, de daphnies, et de bien des micro-organismes dont certains n'attendent que d'être bus pour devenir des parasites dangereux. Avant la guerre, il n'était pas question de boire l'eau du robinet sans l'avoir fait bouillir, tout au moins dans les régions bénies du Sud de la Loire. Actuellement, dans bien des pays, c'est encore le cas. Si notre eau est potable, nous le devons exclusivement à la chimie. À la chimie qui sait produire les membranes de filtration, au chlore que l'on sait additionner en quantités minimales et dosées, à l'ozone qui permet des traitements encore plus doux et verts. Quand nous l'avons bue et éliminée, c'est encore une chimie douce, une chimie rose, qui nous permet de la traiter puis de la rejeter sans trop de dégâts sur l'environnement. Flocculants, additifs, contrôles chimiques multiples, heureusement combinés à des traitements microbiologiques, font des usines de traitement des eaux usées de véritables usines chimiques roses.

Mon propos ne serait pas complet si je n'ajoutais pas quelques faits. Les journaux sèment la peur : peur des pollutions, peur des intoxications, peur des dangers qui nous guettent. Retenez, même si cela n'a plus rien à voir directement avec ma chimie arc-en-ciel, quelques faits :

- Nous gagnons actuellement tous les ans un trimestre supplémentaire d'espérance de vie : un an tous les quatre ans, et parmi les petites filles nées cette année, on peut prévoir que la moitié deviendront centenaires. Ceci n'est guère compatible avec l'idée d'un monde de plus en plus dangereux. Dans nos pays, la vie est en fait de moins en moins dangereuse. En partie grâce à la chimie.

- Dans une mauvaise année, celle où il y aurait un accident chimique vraiment très grave, il pourrait y avoir peut-être une dizaine de victimes. Or, il y a en France près de dix mille morts prématurées par an, par suite des accidents de la route.

- Et le tabac, à lui seul, est responsable de 40 000 à 60 000 morts prématurées par an. Ces morts sont dues bien entendu aux produits chimiques contenus dans la fumée de tabac. Ce sont, de très loin, les morts les plus nombreuses que l'on puisse attribuer à la Chimie. Cette chimie-là est rouge, rouge-sang.