

## Aperçus sur les dangers de l'ère chimique

par René Truhaut

(Directeur du Centre de Recherches Toxicologiques de la Faculté de Pharmacie de Paris, Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine)

Les progrès spectaculaires des sciences chimiques comportent d'immenses bénéfices sur le double plan économique et social, et ont ainsi permis une amélioration indiscutable du bien-être des populations. Cette remarque justifie le slogan : *Chemistry, key to better living*, figurant sur l'emblème commémoratif de la célébration du 75<sup>e</sup> anniversaire de la Société Chimique américaine, qui eut lieu à New York en septembre 1951 à l'occasion de la 13<sup>e</sup> conférence et du 13<sup>e</sup> congrès de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (I.U.P.A.C.).

Mais, comme toujours, il y a le revers de la médaille et il convient de ne pas oublier les risques de nocivité qui peuvent résulter de l'exposition de l'homme, dans les conditions de la vie moderne, à un nombre considérable et sans cesse croissant de produits chimiques, dont certains comportent des dangers pour sa santé et posent, de ce fait, aux toxicologues, aux hygiénistes, aux médecins, aux ingénieurs et aux technologues, des problèmes en ce qui concerne les mesures à mettre en œuvre pour la protection des populations contre ces dangers.

### I. Notions générales sommaires sur la toxicité

A. Une tendance malheureusement encore trop répandue, consiste à n'accorder d'attention qu'aux phénomènes de toxicité, dite aiguë ou subaiguë, provoqués par l'absorption, en une seule fois ou en plusieurs fois très rapprochées, de certains produits chimiques et se traduisant, le plus souvent dans l'immédiat, par des symptômes spectaculaires pouvant aller jusqu'à entraîner la mort. Il en est ainsi, par exemple, de l'inhalation de certains gaz ou vapeurs toxiques tels que le chlore, le phosgène, l'oxyde de carbone et l'acide cyanhydrique, ou de l'ingestion de doses suffisamment élevées de certains produits chimiques, qui peuvent être ainsi à l'origine de graves intoxications accidentelles ou même volontaires.

Beaucoup moins connus sont en général les effets de toxicité à long terme, dite souvent toxicité chronique, qui peuvent résulter de l'absorption répétée, pendant de longues périodes, de doses parfois très minimes de certains produits. Ils peuvent cependant n'être pas moins graves que les précédents car ils sont très souvent irréversibles. Ils sont, d'autre part, d'autant plus insidieux qu'ils ne comportent en général aucun signe d'alarme vraiment apparent.

Deux facteurs principaux conditionnent l'apparition de tels phénomènes de toxicité à long terme : les propriétés cumulatives et l'aptitude à provoquer la sommation des effets.

#### 1. Les propriétés cumulatives

De nombreuses substances possèdent des propriétés cumulatives, c'est-à-dire sont susceptibles d'être retenues plus ou moins longtemps dans l'organisme. L'absorption prolongée de petites doses de ces substances qui, si leur élimination était suffisamment rapide pour être totale dans l'intervalle entre chaque exposition, serait sans conséquences discernables, permet ainsi, au bout d'un certain temps — dépendant de la grandeur de chacune des doses isolées, de la vitesse de leur élimination et de la longueur des intervalles qui s'écoulent entre chaque absorption — d'atteindre le seuil de concentration toxique au niveau des récepteurs sensibles.

Il en est ainsi, par exemple, avec certains produits, à la fois solubles dans les lipides et peu solubles dans l'eau, tels que les insecticides

*organo-halogénés* (DDT, hexachlorocyclohexane, aldrine, dieldrine, heptachlore, chlordane, ...) qui s'accumulent non seulement dans les réserves adipeuses inertes physiologiquement, mais encore dans les organes ou tissus riches en lipides (foie, cerveau, cortico-surrénale, ...) et peuvent y demeurer très longtemps en raison de leur relative stabilité chimique.

Il en est ainsi également avec des produits tels que les *dérivés fluorés minéraux*, les *dérivés minéraux de l'arsenic*, les *sels de métaux lourds* (plomb, mercure, cadmium, ...), le *dinitro-o-crésol* et les *dérivés apparentés* qui, en raison de leurs affinités chimiques, forment des combinaisons stables, et par suite difficilement éliminables, avec certains constituants de l'organisme.

Il faut bien souligner que, dans le cas de ces poisons cumulatifs, on peut, en tenant compte des vitesses d'élimination, des intervalles entre chaque période d'absorption et des concentrations au niveau des récepteurs sensibles nécessaires à l'induction des effets toxiques, fixer des doses ne présentant pas de danger.

## 2. Aptitude à la sommation des effets

Cette aptitude paraît bien se manifester dans le cas des substances susceptibles de provoquer des cancers dans certaines conditions et que l'on dénomme, pour cette raison, substances cancérogènes ou carcinogènes.

Les travaux de Druckrey et collaborateurs sur les relations dose-effet de cancérogènes tels que le *p-diméthylaminoazobenzène* (jaune de beurre), le *p-diméthylaminostilbène* et la *diéthylnitrosamine* tendent en effet à montrer que la manifestation de l'activité de ces composés est fonction, non pas de la fraction des doses absorbées retenues dans l'organisme, comme dans le cas des poisons typiquement cumulatifs, mais de la somme totale des doses absorbées, quels que soient leur fractionnement dans le temps et le jeu des éliminations aussi bien que des destructions métaboliques. Tout se passe comme s'il y avait *sommation totale d'effets irréversibles*, comme le sont les impressions successives d'une plaque ou d'un film photographique, par exemple. Même des doses très minimes peuvent donc être dangereuses, si leur absorption se répète pendant une période suffisamment longue ou si un temps suffisant s'écoule pour leur permettre de manifester leur nocivité : l'exposition aux produits cancérogènes est donc particulièrement dangereuse, surtout lorsqu'elle débute dans les premiers âges de la vie. Il faut cependant signaler que certaines observations faites dans ces dernières années, dans

le domaine de la biologie moléculaire, en ce qui concerne les possibilités de réparation des lésions provoquées au niveau des macromolécules nucléiques, conduisent à se demander si la notion de l'irréversibilité totale des effets ne doit pas être moins absolue.

B. Il importe également de rappeler que l'absorption des produits toxiques peut se produire non seulement par la voie digestive, qui est celle à laquelle on pense le plus couramment, mais encore par d'autres voies, notamment par la voie pulmonaire et par la voie cutanée. La voie pulmonaire est la voie de pénétration de très loin prépondérante, non seulement en ce qui concerne les gaz et les vapeurs mais encore les vésicules liquides et surtout les particules de taille suffisamment fine pour ne pas être arrêtées mécaniquement au niveau des voies aériennes supérieures.

Quant à la voie cutanée, elle peut être empruntée par de très nombreux produits et notamment par ceux qui sont solubles dans les lipides de la peau. Nous citerons à cet égard, à titre d'exemples, les *dérivés nitrés et aminés aromatiques*, les *insecticides organo-phosphorés*, les *dérivés chlorés des phénols*, le *plomb tétraéthyle* et de nombreux *solvants*.

C. Nous tenons à mentionner également la grande sensibilité du fœtus à certains agents chimiques, dont le corollaire est la nécessité d'une extrême prudence en ce qui concerne l'exposition éventuelle de la femme enceinte.

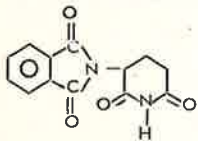
D. Il importe enfin de se souvenir que, dans les conditions de la vie moderne, l'homme n'est pas exposé à une seule substance mais à toute une série de composés, absorbés sous forme de drogues, présents dans ses aliments ou se rencontrant dans l'air qu'il respire. Il peut, certes, en résulter des manifestations d'antagonisme, mais il y a également possibilité d'effets additifs et même d'effets de potentialisation. On connaît déjà un certain nombre d'exemples de synergies toxiques. Tous ne sont pas aussi faciles à révéler que celui, vraiment spectaculaire, de l'apparition d'accidents d'hypertension et même d'hémorragie cérébrales chez les consommateurs de fromages riches en tyramine, qui avaient absorbé, au préalable, une drogue psychotonique, la tranlycypromine (phényl-1 amino-2 cyclopropane), dont l'action inhibitrice sur la monoaminoxydase empêchait la destruction de l'amine sympathomimétique.

## II. Quelques exemples de risques de toxicité dans divers domaines

### A. Utilisation d'agents chimiques en thérapeutique

Il est bien connu qu'un agent chimique provoquant à certaines doses des effets bénéfiques qui justifient son emploi en thérapeutique, peut, à des doses plus fortes ou plus longtemps prolongées, provoquer des symptômes toxiques au niveau même du récepteur à l'effet thérapeutique. Mais c'est le problème des effets secondaires des produits médicamenteux sur d'autres récepteurs qui tient de loin la place la plus importante dans l'étude des risques thérapeutiques. Nous pourrions donner de très nombreux exemples de tels effets secondaires toxiques qui se sont matérialisés par l'apparition de véritables *maladies médicamenteuses* ou d'accidents graves, tels que, par exemple, ceux de neurotoxicité observés récemment chez des nourrissons et des enfants avec des formulations pour poudrage contenant, par suite d'une méprise, une dose relativement élevée de l'antiseptique bactéricide *hexachlorophène*. Ils ont conduit à développer les expérimentations pharmacologiques, toxicologiques et cliniques, préalablement à la mise sur le marché de toute nouvelle drogue. Certains d'entre eux, particulièrement graves, étaient cependant inattendus. Nous nous bornerons à mentionner la tragique histoire du

#### N. phthaloyl. glutarimide ou Talidomide



en rappelant que, lorsque cet hypnotique à propriétés légèrement tranquillisantes fut lancé sur le marché en 1957, il était considéré, sur la base des résultats des expérimentations toxicologiques effectuées selon les normes alors classiques, comme le moins toxique de tous les hypnotiques connus. Et cependant absorbé par la femme enceinte, à la période de la gravidité où se forment les ébauches embryonnaires, c'est-à-dire au cours des premières semaines qui suivent la conception (23<sup>e</sup> au 40<sup>e</sup> jour), il provoque, chez le fœtus, des malformations anatomiques avec, comme conséquence, la naissance de bébés anormaux pouvant même avoir l'apparence de véritables monstres. L'étude de ces effets, dits tératogènes, a été incluse dans le protocole d'expérimentation toxicologique de toute drogue.

### B. Expositions professionnelles à des agents chimiques

L'étude des risques de nocivité pouvant résulter de l'exposition des ouvriers aux agents chimiques sans cesse plus nombreux, pouvant

se rencontrer dans les ambiances de travail, constitue un des grands chapitres de la toxicologie moderne.

Certes, il convient de se préoccuper des intoxications aiguës, ou même parfois massives, qui peuvent résulter de l'exposition accidentelle, par suite, par exemple, de rupture de canalisation, de corrosion de récipients ou de bris de ballons à réaction, à de fortes doses de produits toxiques, notamment de ceux à caractère volatil.

Mais, beaucoup plus souvent, c'est l'exposition, jour après jour, dans les conditions mêmes du travail industriel, à de petites doses de produits à caractère cumulatif, qui peut être, à long terme, à l'origine d'intoxications chez les ouvriers. Nous citerons, parmi beaucoup d'autres, l'*hydrargyrisme*, le *saturnisme*, le *manganisme*, la *cadmiose*, la *béryllose*, la *silicose*, le *benzénisme*, les *dermatoses professionnelles* auxquelles il convient d'ajouter les *cancers professionnels* d'origine chimique, notamment ceux provoqués, au niveau de la peau ou du poumon, par les *goudrons*, les *huiles minérales brutes* et les *paraffines impures*, ainsi que ceux provoqués, parfois à très longue échéance, au niveau de la vessie par certaines amines aromatiques : la  *$\beta$ -naphthylamine*, la *benzidine* et la *xénylamine* (amino-4 biphenyle).

### C. Incorporation d'agents chimiques aux aliments

Avec le développement sans cesse croissant des applications de la chimie dans les domaines agricole et alimentaire, de très nombreuses substances peuvent actuellement se trouver incorporées aux aliments, soit par suite des traitements précédant l'abattage des animaux ou la récolte aussi bien des végétaux comestibles que des denrées d'origine animale (œuf, lait, beurre, fromage, ...),

soit par suite de souillures, à l'occasion des traitements de transformation en vue de la consommation, lors du stockage ou au cours de la distribution,

soit enfin par suite de l'addition volontaire d'agents chimiques dans des buts divers : conservation, amélioration de l'odeur et de la saveur, amélioration de l'aspect et de la présentation, etc...

Dans le groupe des agents dits *pesticides*, dont l'utilisation dans la lutte contre les parasites et les ravageurs des cultures et des récoltes est primordiale pour la préservation des ressources alimentaires, à une époque où se développent, à juste titre, les campagnes contre la faim dans le monde, le problème fondamental est celui de la persistance éventuelle de ces composés et de leurs métabolites sous forme de résidus dans les denrées consommées par l'homme. Certains de ces résidus peuvent provoquer, à la longue, des effets toxiques graves lorsque leur taux dépasse une certaine valeur. C'est ainsi que les *insecticides organo-chlorés*, dont nous avons déjà souligné le caractère cumulatif, peuvent provoquer, entre autres, des lésions hépatiques et des accidents nerveux, cependant que les *organo-*

*mercuriels fongicides* peuvent être à l'origine de lésions rénales et de perturbations nerveuses graves. Certains pesticides se sont même révélés potentiellement cancérogènes dans l'expérimentation animale. Il en est ainsi, par exemple, des *dérivés minéraux de l'arsenic et du sélénium*, de l'*acétylamino-2 fluorène*, de l'*aramite* (sulfite de *p*-tert-butyl phénoxyisopropyle et de  $\beta$ -chloréthyle), de l'*aminotriazole*, ...). L'exemple de l'*acétylamino-2 fluorène* est particulièrement à souligner car, sur la base des résultats obtenus dans les épreuves de toxicité aiguë et subaiguë, sa commercialisation comme insecticide avait été sérieusement envisagée. Il est heureux que l'attention des spécialistes de la cancérogénèse chimique ait été, pour des raisons tout à fait indépendantes, attirée sur ce composé qui s'est montré posséder une haute activité cancérogène chez diverses espèces animales et vis-à-vis de divers organes ou tissus, aussi bien par ingestion qu'en badigeonnages et par injection.

Dans le groupe des produits pouvant être cédés aux aliments par les emballages qui servent à leur stockage, un exemple spectaculaire des dangers que peut comporter une application qui n'aurait pas été soumise à un contrôle toxicologique rigoureux est celui du phosphate de tri-*o*-crésyle. Ce produit a été, à une certaine époque, utilisé comme plastifiant d'un chlorure de polyvinyle connu en Allemagne sous le nom d'Igelite et employé, entre autres, comme matériau d'emballage pour denrées alimentaires. Au contact des matières grasses, il a migré en proportion importante, en raison de sa lipo-solubilité, et a pu ainsi être à l'origine de polynévrites et de paralysies analogues à celles observées, il y a quelques années, au Maroc, à la suite de la consommation d'huiles alimentaires additionnées frauduleusement du même composé.

Dans le groupe des additifs intentionnels, nous mentionnerons également quelques exemples de composés toxiques dont l'utilisation avait été préconisée à une certaine époque :

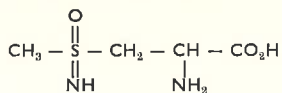
Parmi les antiseptiques, l'*acide monobromacétique* et ses dérivés (sel de sodium, ester éthylique, ester d'éthylglycol, ...) sont des poisons protoplasmiques qui bloquent les groupements thiols ou sulfhydryles — SH, indispensables au fonctionnement de nombreuses enzymes et, par suite, au métabolisme et à la croissance cellulaire. Ils ont en outre des effets cardiotoxiques relativement durables.

Parmi les anti-oxydants, la *diphényl p-phénylène diamine* (DPPD) provoque, dans l'expérimentation sur le rat, un allongement de la durée de gestation et une haute mortalité dans la descendance, cependant que la *thiourée*, également proposée comme fongicide pour la conservation des agrumes, s'est avérée potentiellement cancérogène, entre autres au niveau du foie et de la thyroïde.

Parmi les édulcorants, les *éthers éthylique et n-propylique de l' amino-2 nitro-4 phénol* (*néodouxane* et PAN) se sont avérés toxiques, entre autres, pour le foie, la thyroïde et les globules rouges, cependant que la *dulcine*, ou *p-éthoxyphénylurée*, a été démontrée potentiellement cancérogène dans l'expérimentation animale. Plus récemment, l'administration prolongée de *cyclamates* au rat à doses relativement élevées a conduit à l'apparition de cancers de la vessie.

Parmi les agents d'aromatization, le *safrol* (allyl-4 méthylène dioxy-1,2 benzène), principe actif de l'essence de saffras, longtemps utilisé dans la fabrication de certaines boissons sans alcool, s'est avéré producteur de lésions et même de proliférations malignes au niveau du foie.

Parmi les agents de traitement des farines en vue de leur maturation et (ou) de leur blanchiment, le *trichlorure d'azote*, Cl<sub>3</sub>N, très largement utilisé pendant une certaine période sous le nom d'agène, transforme la méthionine présente dans les protéines du gluten en sulfoximine ;



responsable de l'apparition de convulsions épileptiformes chez le chien nourri avec des farines agénisées et reconnu, depuis, nocif chez l'homme.

Parmi les colorants enfin, à la suite de la découverte, en 1935, de l'action cancérogène hépatique chez le rat, d'un colorant azoïque, le *P-diméthylaminoazobenzène* ou *jaune de beurre*, utilisé alors dans certains pays pour la coloration des margarines ou des pâtes alimentaires, de nombreux colorants, se rattachant à diverses classes chimiques et dont l'usage alimentaire avait été envisagé, se sont révélés potentiellement cancérogène dans l'expérimentation animale. On conçoit que la mise en évidence de ces différentes potentialités toxiques ait conduit à une attitude extrêmement prudente en ce qui concerne l'octroi des autorisations d'emploi des substances susceptibles de s'incorporer aux aliments. Ces autorisations ne peuvent être actuellement accordées que pour des produits ayant fait l'objet d'expérimentations toxicologiques suffisamment rigoureuses et prolongées pour que puisse être admise leur innocuité pour le consommateur dans les conditions de leurs emplois, et qu'ainsi ces produits puissent être placés sur des listes de produits acceptables, dites *listes positives*.

Nous mentionnerons à cet égard, à titre d'exemple, l'intérêt qui pourrait éventuellement s'attacher à mettre en œuvre des agents fongicides convenablement choisis pour lutter contre la pullulation, sur certaines denrées, de moisissures élaborant des substances hautement toxiques, « *l'aspergillus flavus* » par exemple, qui fabrique les *aflatoxines*, de très loin les plus actifs de tous les cancérogènes hépatiques que nous connaissons, au moins 1 000 fois plus que le *p*-diméthylaminoazobenzène. Cette remarque nous conduit à souligner, en passant, que certains produits naturels peuvent être considérablement plus toxiques que des produits fabriqués par synthèse chimique.

Nous ne saurions quitter ce domaine de la toxicologie dite alimentaire sans faire au moins une allusion aux problèmes toxicologiques posés par les pollutions chimiques des eaux de rivières auxquelles il faut, de plus en plus, faire appel, pour couvrir les besoins croissants en eau potable de grandes cités. Sans doute, ces eaux de rivières, le plus souvent polluées par les eaux résiduaires d'usines ou d'installations industrielles, font-elles l'objet de traitements mécaniques, chimiques ou biologiques en vue de l'élimination, non seulement des micro-organismes et notamment des bactéries pathogènes, mais encore des impuretés diverses qu'elles renferment en suspension ou en solution. Il n'en demeure pas moins que certains polluants, existant à l'état de traces, peuvent ne pas être complètement éliminés, surtout s'ils sont associés à des agents surfactifs non bio-dégradables qui les maintiennent en solution. Si l'on considère que l'eau est consommée sans interruption par l'homme, soit sous forme de boisson, soit sous

L'Oise polluée par des détergents à l'Isle-Adam en Juillet 1972.

(Photo H. Roqer-Viollet.)



forme de divers aliments qu'elle sert à préparer, on comprendra que l'ingestion continue de micropolluants chimiques ne puisse être considérée, sans que la preuve en soit apportée, comme dépourvue de danger pour la santé. C'est, à notre avis, un problème d'une extrême importance à l'échelle internationale.

#### D. Exposition de la population en général pouvant résulter de la pollution de l'air

L'air est l'élément le plus essentiel à la vie de l'homme qui en absorbe, chaque jour, de sa naissance jusqu'à sa mort, environ 12 m<sup>3</sup>, soit un peu plus de 15 kg. Toute altération de sa pureté est, par suite, d'une importance primordiale, car les agents chimiques qui peuvent s'y trouver incorporés, au moins les gaz et les vapeurs, ainsi que les vésicules et les particules de taille suffisamment fine, pénètrent jusque dans la profondeur des alvéoles pulmonaires. Ils peuvent alors exercer, non seulement des effets nocifs locaux, mais encore, très souvent, passer dans la circulation générale, en raison de la haute capacité d'absorption de l'épithélium pulmonaire, très mince, d'une très grande surface et recouvrant un très riche réseau de capillaires.

Comme principaux agents de pollution, il convient de mentionner : — l'oxyde de carbone, émis surtout par les foyers domestiques et par les moteurs automobiles, dans les gaz d'échappement desquels il est toujours présent à des taux allant de 2,5 à 7 % en volume ;

— l'anhydride sulfureux, rejeté en permanence dans l'atmosphère des villes (180 000 tonnes à Paris pour l'année 1958) par les foyers utilisant des combustibles contenant toujours une certaine proportion de soufre. Il donne naissance, par oxydation sous l'influence de l'air humide, que peuvent favoriser certains éléments métalliques, à des microbrouillards d'acide sulfurique, qui constituent le fameux *smog acide* de villes comme Londres au Royaume-Uni ou Pittsburgh aux États-Unis ;

— les oxydes de l'azote, présents dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles ; ces composés, notamment le peroxyde, NO<sub>2</sub>, jouent un rôle très important dans la production du *smog oxydant*, chargé en ozone et en peroxydes organiques, qui constitue le type de pollution de régions très ensoleillées comme celle de Los Angeles aux États-Unis, dans la genèse duquel interviennent des réactions photochimiques ;

— les hydrocarbures imbrûlés, rejetés dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles ;

— les suies, renfermant des hydrocarbures aromatiques polycycliques, dont le représentant le plus connu est le benzo[a]pyrène.

Il faut ajouter des produits contenus dans les déchets industriels rejetés spécifiquement par certaines usines, parmi lesquels nous citerons à titre d'exemples les *dérivés fluorés*, les *poussières minérales* de compositions très diverses (dérivés de l'arsenic, du sélénium, du silicium, du plomb, du fer, du chrome, du manganèse, du nickel, du vanadium, du béryllium, ...) et des dérivés malodorants (*mercaptans*, *composés aminés divers*, ...).

Certaines conditions météorologiques, telles que la formation de brouillard ou le phénomène connu sous le nom d'inversion de température, peuvent empêcher la diffusion des polluants et les emprisonner en quelque sorte près du sol, à des concentrations relativement élevées. On s'explique ainsi les épisodes d'intoxications collectives aiguës observées, par exemple, dans la vallée industrielle de la Meuse en 1930 (environ 1 000 intoxiqués, plus de 60 morts), à Donora, en Pennsylvanie en octobre 1958 (6 000 intoxiqués, 20 morts) et à Londres en décembre 1952 et en décembre 1962 (plusieurs milliers de morts chez les gens âgés).

Mais les risques les plus insidieux sont, là encore, ceux de toxicité à long terme. Nous nous bornerons à rappeler, à titre d'exemple :

— le rôle de l'anhydride sulfureux dans la production des bronchites chroniques ;

— le rôle des *fumées fluorées* dans l'étiologie des fluoroses du bétail au voisinage de certaines usines, notamment celles produisant l'aluminium par électrolyse de la bauxite en présence de fluorures utilisés comme fondants ;

— et surtout le rôle hautement probable, à côté de la consommation du tabac, particulièrement sous forme de cigarettes, des *suies*, *vectrices d'hydrocarbures polycycliques cancérigènes*, le plus souvent associées à des hydrocarbures pétroliers légers qui jouent alors le rôle d'éluants, dans l'étiologie et la pathogénie du cancer bronchique dont les statistiques ont révélé une nette augmentation de fréquence au cours des dernières décennies, augmentation particulièrement marquée dans les zones urbaines.

#### E. Emplois des produits chimiques dans le domaine ménager

Faute de place, nous ne nous étendrons pas sur les produits spécifiquement ménagers, bien que l'emploi de beaucoup d'entre eux (produits de nettoyage et d'entretien, insecticides, par exemple) comporte des risques pour la santé si les précautions rigoureuses ne sont pas observées. Nous dirons en revanche, quelques mots sur les cosmétiques et produits de toilette.

Particulièrement importants à considérer à cet égard sont les composés présents dans ces préparations, qui, étant donné les conditions d'emploi,



Pollution : usine sidérurgique près de Belo Horizonte (Brésil).  
(Photo H. Roger-Viollet.)

pourraient être partiellement ingérés. Il en est ainsi, par exemple, de certains colorants pour rouges à lèvres, tels que la *rhodamine B*, considérés comme potentiellement cancérigènes. D'autres substances peuvent pénétrer par la peau, surtout en présence des *agents surfactifs* auxquels elles sont le plus souvent associées. Il en est ainsi du *phosphate du tri-o-crésyle*, parfois utilisé dans la fabrication de vernis à ongles, de certains organo-mercuriels préconisés comme agents de conservation de shampooings ou de crèmes et des *hormones féminisantes* si souvent introduites dans ces dernières.

Ces quelques remarques permettent de comprendre sans qu'il soit besoin de s'étendre sur les accidents parfois graves observés dans le passé avec des produits tels que la *p-phénylènediamine* comme constituant de teintures capillaires, le *tétrachlorure de carbone* comme agent de dégraissage des cheveux, les *sels de thallium* comme constituants d'onguents épilatoires, ou le *nitrobenzène* comme parfum de savons ou de lotions de toilette à bon marché, pourquoi les grandes firmes productrices de produits cosmétiques ont développé d'importants départements de recherches toxicologiques.

Dans cet article, nous n'avons pu que donner des aperçus très généraux et, par suite, très incomplets sur un sujet terriblement vaste. Nous espérons néanmoins avoir montré les réels dangers pour la santé que peut comporter le développement de l'ère chimique, si une grande attention n'est pas accordée à leur évaluation par des études toxicologiques adéquates permettant de révéler les risques et de fournir les bases, biologiques et analytiques, à l'établissement de mesures de prévention. C'est la raison pour laquelle il est hautement désirable de développer, à l'échelle mondiale, des centres de recherches toxicologiques convenablement équipés en matériel et en personnel qualifié pour appliquer les méthodes multi-disciplinaires qu'il est nécessaire de mettre en œuvre dans l'étude des multiples problèmes actuels de la toxicologie. Nous ne saurions trop souligner à cet égard que, même dans les pays les plus à l'avant-garde comme les États-Unis par exemple, la toxicologie, science des poisons, reste encore un secteur sous-développé.

Nous espérons avoir montré, en outre, que le temps n'est plus où cette discipline avait seulement pour objet l'étude des substances toxiques dans les domaines médico-légal ou thérapeutique. Son champ d'étude s'est, en effet, considérablement élargi, avec le développement de l'ère chimique et elle est devenue, de ce fait, une *science véritablement sociale* dont l'objectif fondamental est de protéger la santé des populations et de leur permettre de bénéficier, en toute sécurité, des progrès de la chimie moderne.

C'est là un objectif particulièrement exaltant pour tous ceux qui sont engagés dans ce domaine de recherche.