

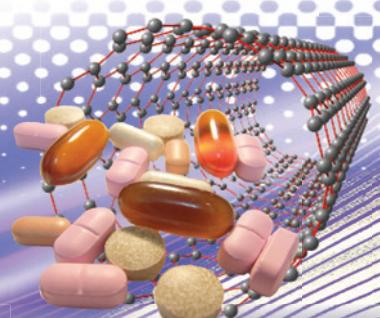
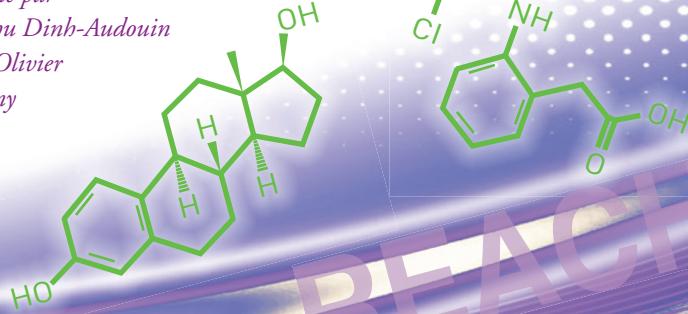


Chimie et expertise

Santé et environnement

Daniel Bernard
Jean-Charles Boutonnet
Patrick Flammarion
Philippe Garrigues
Catherine Gourlay-Francé
Philippe Hubert
Pascal Juery
Jean-François Loret
Christophe Lusson
Marc Mortureux
Isabelle Rico-Lattes
Eric Thybaud
Jacques Varet

Coordonné par
Minh-Thu Dinh-Audouin
Danièle Olivier
Paul Rigny



Chimie et expertise

Santé et environnement



Chimie et expertise

Santé et environnement



Mercredi 11 février 2015

Cet ouvrage est issu du colloque « Chimie et expertise. Santé et environnement », qui s'est déroulé le 11 février 2015 à la Maison de la Chimie.

« COLLECTION CHIMIE ET ... »

Collection dirigée par Bernard Bigot

Président de la Fondation internationale de La Maison de la Chimie

Chimie et expertise

Santé et environnement

Daniel Bernard, Jean-Charles Boutonnet, Patrick Flammarion,
Philippe Garrigues, Catherine Gourlay-Francé, Philippe Hubert,
Pascal Juery, Jean-François Loret, Christophe Lusson, Marc Mortureux,
Isabelle Rico-Lattes, Éric Thybaud et Jacques Varet

Coordonné par Minh-Thu Dinh-Audouin,
Danièle Olivier et Paul Rigny



edp sciences



Conception de la maquette intérieure et de la couverture :
Pascal Ferrari et Minh-Thu Dinh-Audouin

Images de la 1^{er} de couverture : Aldan, fatih_yalçın, カシス,
Vasily Merkushev, ollaweila, Stauke, Ekaterina Shilova – Fotolia.
com ; CNRS Photothèque - SCHMITT Sophie.
Image de la 4^e de couverture : goodluz – Fotolia.com.

Iconographie : Minh-Thu Dinh-Audouin
Mise en pages et couverture : Patrick Leleux PAO

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-1848-8

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2015

EDP Sciences
17, avenue du Hoggar, P.A. de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

Ont contribué à la rédaction de cet ouvrage :

Daniel Bernard

Conseiller scientifique de la Plateforme NanoSécurité - CEA/DRT
Président du Comité Nanotechnologies des IESF
Président de la Commission de Normalisation AFNOR X457-Nanotechnologies

Jean-Charles Boutonnet

Département Toxicologie-Environnement Arkema

Patrick Flammariон

Directeur du département scientifique « Eaux »
Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (irstea)

Philippe Garrigues

Directeur
Institut des Sciences Moléculaires
Université de Bordeaux/CNRS

Catherine Gourlay-Francé

Direction de l'évaluation des Produits Réglementés
Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)

Philippe Hubert

Directeur des risques chroniques
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

Pascal Juery

Membre du comité exécutif du groupe Solvay
Administrateur de l'Union des Industries Chimiques (UIC)

Jean-François Loret

Responsable du Département Environnement et Santé
Centre International de Recherche Sur l'Eau et l'Environnement
Suez Environnement

Christophe Lusson

Sanofi
Hygiène Sécurité Environnement
Responsable REACH

Marc Mortureux

Directeur général
Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)

Isabelle Rico-Lattes

Directrice de Recherche Honoraire CNRS
Conseillère au Conseil Économique, Social et Environnemental (CESER) en Midi-Pyrénées

Éric Thybaud

Direction des Risques Chroniques
Responsable du pôle Dangers et impact sur le vivant
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

Jacques Varet

Ancien directeur du Service Géologique National (BRGM)
Président du Conseil Scientifique du Parc National des Cévennes
Consultant (Géo2D : Ressources Géologiques pour le Développement Durable)

Équipe éditoriale :

Minh-Thu Dinh-Audouin,
Danièle Olivier
et Paul Rigny

Sommaire

Avant-propos : par **Danièle Olivier**
et **Paul Rigny** 9

Préface : par **Bernard Bigot** 13

Partie 1

REACH : un règlement européen pour une industrie au service d'une chimie durable

Chapitre 1 : Le paradoxe apparent de REACH :
contrainte et source d'innovation pour la chimie
par **Isabelle Rico-Lattes** 15

Chapitre 2 : L'évaluation des substances chimiques
dans le cadre de la mise en œuvre de REACH
d'après la conférence de **Catherine Gourlay-**
Francé 39

Chapitre 3 : Les enjeux de la recherche en
toxicologie et écotoxicologie dans le cadre de
la mise en œuvre de REACH
par **Éric Thybaud** 49

Chapitre 4 : Apports de REACH dans l'amélioration
de la connaissance des dangers des substances
pour Arkema
par **Jean-Charles Boutonnet** 57

Chapitre 5 : Micropolluants chimiques dans
l'environnement : traitement et prévention
d'après la conférence de **Jean-François Loret** ... 71

Chapitre 6 : REACH : enjeux, leçons et
perspectives pour Sanofi
par **Christophe Lusson** 91

Partie 2	
Prévention et traitement des risques sanitaires et environnementaux	
Chapitre 7 : Techniques analytiques : criblages, modélisation, biomarqueurs et spéciation	
par Philippe Garrigues	99
Chapitre 8 : Effets chroniques à faible dose des substances chimiques : enjeux et approches scientifiques	
d'après la conférence de Philippe Hubert ...	119
Chapitre 9 : Production et utilisation des nano-objets : évaluation et gestion des risques	
par Daniel Bernard	133
Chapitre 10 : La chimie et la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau. Enjeux liés à la présence de micropolluants dans les écosystèmes aquatiques	
par Patrick Flamarion	155
Avec les contributions de : M. Coquery, C. Feray, J. Garric, O. Perceval et P. F. Staub.	
Chapitre 11 : Gaz de schistes : quels problèmes pour l'environnement et le développement durable ?	
par Jacques Varet	169

Conclusions
Les défis d'avenir posés aux chimistes pour la protection de la santé et de l'environnement

Chapitre 12 : Le point de vue des industriels	
par Pascal Juery , Le point de vue de l'Agence nationale de Sécurité Environnementale et Sanitaire, par Marc Mortureux	207

Avant-propos

L'une des principales missions de la Fondation de la Maison de la Chimie est de promouvoir la chimie et ses applications sous toutes leurs formes contribuant ainsi à son développement au service de l'homme et de la société. Nous avons ainsi intensifié nos efforts pour faire prendre conscience à un public non spécialiste, sans oublier les plus jeunes, l'apport positif de la chimie dans tous les thèmes de notre vie quotidienne – qualité de vie, santé, bien-être –, dans ceux qui concernent l'économie de nos ressources et notre avenir énergétique, ainsi que l'utilisation intelligente et la préservation des richesses de la nature...

Dans ce cadre, nous avons développé depuis 2007 une série de colloques « Chimie et ... » dont le succès ne fait que s'amplifier, ouverts à un public varié qui va des lycéens et leurs enseignants aux collègues scientifiques de la recherche et de l'industrie, en passant par le public le plus large. **Les ouvrages de la collection « Chimie et » sont issus de ces colloques et ont le même objectif d'être à la fois des outils d'information attractifs et accessibles pour le public le plus large, ainsi**

que des ressources pédagogiques donnant accès aux plus récentes applications de la chimie.

Cet ouvrage sur les apports de la chimie à l'expertise en matière de sécurité sanitaire et environnementale est le treizième de la collection et vient compléter celui paru en 2015 sur la Chimie et l'expertise sur la sécurité des biens et des personnes. Une information scientifiquement rigoureuse sur les thèmes liés à la sécurité est un besoin relativement récent et d'importance croissante pour nos citoyens. Ces deux ouvrages montrent que les progrès dans ce domaine malheureusement d'actualité reposent largement sur des innovations et des développements proposés par les laboratoires de recherche en chimie et mis en œuvre par les industriels.

Les soucis sur la dégradation de l'environnement causée par le développement des activités humaines ont pris une tournure globale, on pourrait dire dramatique, dans les années 1960 – qui a vu paraître le livre de Rachel Carlson « Silent Spring ». Il est devenu cause mondiale de maîtriser ces évolutions et

à la suite des instances politiques de tous les pays, les scientifiques et les ingénieurs se sont mis à la tâche pour décrire et comprendre les modifications de l'environnement et ses conséquences sur la santé des personnes et des écosystèmes. Sans surprise, la chimie a vite été identifiée comme majeure dans ces études qui cherchent d'une part à comprendre et qualifier la nature des dégradations et d'autre part à imaginer des solutions.

La mobilisation du monde scientifique s'est organisée en même temps que les institutions politiques et industrielles construisaient les objectifs, par exemple par l'opération d'origine canadienne « Responsible Care » en 1985, puis surtout par la **réglementation européenne REACH** adoptée en 2006 qui orchestre les études. Au fil des années, les résultats des laboratoires ont mis en évidence la dimension considérable des problèmes et leur complexité. Pour la chimie, des protocoles, des méthodes analytiques nouvelles, des techniques de modélisation ont été imaginés, mis au point puis améliorés. Les particularités du vivant (les individus et l'écologie) promettent que les programmes de recherche correspondants seront longs et exigeants mais qu'ils seront certainement marqués par de belles et nombreuses inventions de la chimie.

Les colloques « Chimie et... » sont l'occasion pour les participants d'écouter les meilleurs spécialistes des sujets traités – représentants des laboratoires à la pointe des

applications concernées et représentants des industries engagées dans la fabrication et la promotion des objets ou l'élaboration des méthodes qui en permettent la mise en œuvre. Chaque présentateur fait l'effort de se mettre à la portée des non spécialistes, mais sans cacher sa passion personnelle pour le sujet.

Les messages de ces colloques sont trop élaborés pour qu'on ne veuille pas les conserver pour s'y reporter. C'est pourquoi, la **collection de livres « Chimie et... »** a été ouverte par la Fondation de la Maison de la Chimie qui reprend les contenus et met les conférences sous forme de chapitres de livres, qui pourront être diffusés à toute une variété de lecteurs – citoyens intéressés au progrès technique, professeurs désireux de trouver des supports concrets pour leur enseignement, élèves ou étudiants débutants voulant saisir les tendances de la recherche et de l'innovation.

La Fondation de la Maison de la Chimie vient de célébrer en 2014 son quatre-vingtième anniversaire. Cet âge pourrait paraître bien auguste déjà, mais notre collection montre qu'il faut le comprendre comme un âge toujours dynamique. La chimie est toujours cruciale à la civilisation et il est toujours nécessaire de se dépenser pour faire connaître et apprécier à leur juste valeur les services qu'elle rend.

Le développement de la culture scientifique et technologique est un enjeu majeur dans le cadre de la concurrence mondiale sans

concession sur le marché de la recherche et de l'innovation. Nous devons préparer l'avenir en captant l'intérêt des jeunes pour les sciences et ainsi les aider à devenir des citoyens éclairés et responsables contributeurs au développement d'une industrie chimique innovante, respectueuse de l'environnement et porteuse d'emploi. Pourtant, bien que les filières scientifiques attirent un lycéen sur deux, à la sortie du lycée, ils désertent massivement les formations à débouchés scientifiques et technologiques malgré les besoins forts de ce secteur. C'est le cas pour tous les pays développés occidentaux avec des conséquences sur le développement industriel, l'économie et l'emploi.

Il est donc impératif d'informer enseignants et familles et de créer dans ce but de nouveaux outils pédagogiques interactifs et ludiques faisant le lien entre les mondes de l'enseignement, de la recherche

et de l'entreprise. La richesse d'informations du type de celles fournie par les livres de la collection se retrouve maintenant accessible via **le site Internet www.mediachimie.org**, que la Fondation a créé en 2012 à destination tant de l'enseignement de la chimie qu'à celui du grand public curieux de connaître la réalité technique en profondeur.

Que nos lecteurs se rendent sur ce site et cherchent les réponses à leurs questions. Ils trouveront là, à côté de celles de nombreux articles d'origines variées (Collège de France, CNRS, centres de recherche, etc.), des chapitres appropriés des volumes de la collection « Chimie et... ».

Danièle Olivier,
*Vice-présidente
de la Fondation de la Maison
de la Chimie*
Paul Rigny,
*Conseiller scientifique
après du président
de la Maison de la Chimie*

Préface

Bernard Bigot, Président de la Fondation Internationale de la Maison de la Chimie

Ce treizième volume de la collection « Chimie et... » explique les contributions de la chimie aux travaux d'expertises sollicités par des autorités publiques, des entreprises ou des particuliers, et touchant des enjeux de santé humaine ou animale, ou des enjeux environnementaux. Ce sujet vient donc s'ajouter à la liste des thèmes précédents qui ont concerné la Chimie et l'art, l'habitat, l'énergie, la mer, la nature, le sport ou les transports, pour n'en citer que quelques-uns.

Cet ouvrage sur les apports de la chimie à la sécurité sanitaire et environnementale complète aussi celui édité en 2015 sous le titre *Chimie et expertise, sécurité des biens et des personnes*, thème malheureusement d'une actualité brûlante depuis quelques années, et tout particulièrement en 2015.

La chimie est une industrie qui intervient en amont de très nombreux secteurs d'activités. Pour conserver ce rôle, la chimie doit sans cesse innover en tenant compte de l'évolution des exigences de la société en matière de respect de l'environnement et de pro-

tection de la santé humaine et animale.

Cette pratique de la chimie s'inscrit dans une démarche à la fois de conformité réglementaire et de volontarisme de la part des chimistes eux-mêmes. La réglementation européenne connue sous le vocable REACH impose aux acteurs industriels et aux chercheurs fabriquant ou utilisant des substances chimiques un contrôle strict au niveau de leur fabrication, de leur mise sur le marché et de leur utilisation. Ce règlement nouveau est très contraignant et coûteux dans sa mise en œuvre. Il limite l'accès à certaines substances, et peut même conduire à l'abandon de certaines d'entre elles.

Cependant, ces contraintes imposées par REACH dans l'intérêt des consommateurs et citoyens européens qui, nous l'espérons, devraient devenir normes internationales au bénéfice de tous les habitants de notre planète, sont aussi une opportunité pour développer l'innovation. L'accumulation des données ainsi rassemblées sur les caractéristiques physico-chimiques, écotoxicologiques

et toxicologiques de ces différents produits permet un accroissement global des connaissances en vue d'une orientation des choix industriels pour un meilleur respect de l'environnement et de la santé.

La première partie de cet ouvrage aborde largement ces deux points et les illustre par des exemples industriels de référence en matière de chimie dans trois domaines : pétrochimie, santé et environnement. Elle fait le point des efforts de recherche, d'évolution des procédés et d'économie d'énergie par la profession. Des experts de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, de l'Alimentation, de l'Environnement et du travail y présentent l'importance des acteurs de la chimie dans l'évaluation de la mise en œuvre de REACH.

La seconde partie est centrée sur des sujets qui en termes de prévention ou d'intervention des risques sont au centre des préoccupations de la population et au cœur de débats contradictoires et parfois polémiques qui ont lieu sur ces sujets, car la démonstration du zéro défaut et zéro risque de danger est parfois difficile à atteindre, d'autant plus qu'elle ne doit pas conduire à un immobilisme qui représenterait un risque bien supérieur.

Des thèmes, de manière regrettable, aussi controversés que les nano-objets et les gaz et pétroles de roches mères, également dénommés, à tort, gaz et pétrole de schistes, seront présentés avec toute la rigueur de l'expertise scientifique, indépendante, pluraliste et contradictoire qui s'impose. Cette seconde partie montre que l'apport de la chimie est essentiel aussi bien dans la mise en œuvre des nouvelles techniques analytiques permettant de prévenir ou d'identifier des risques, que dans le traitement de ces dommages avérés notamment en ce qui concerne les micropolluants.

La conclusion présente le point de vue de deux responsables de premier plan, l'un au titre de l'industrie chimique, et l'autre des pouvoirs publics, sur les pistes à suivre et les défis à relever pour faire évoluer les approches traditionnelles afin de mieux répondre aux questionnements qui émergent de l'évolution des connaissances.

C'est le rôle de l'industrie comme des pouvoirs publics d'être à l'écoute de ces questionnements et de renforcer les efforts de recherche pour réduire les incertitudes.

Je vous souhaite une excellente lecture

Bernard Bigot,
Président
*de la Fondation de la Maison
de la Chimie*

Le paradoxe apparent de REACH : contrainte et source d'innovation pour la chimie

Isabelle Rico-Lattes est Directrice de Recherche honoraire au CNRS et conseillère au Conseil Économique Social et Environnemental (CESER) de la Région Midi-Pyrénées pour la Recherche, l'innovation et le Transfert. Durant toute sa carrière au CNRS, elle a développé des travaux de recherche allant de la recherche fondamentale à la recherche finalisée avec un intérêt tout particulier pour la Chimie au service du Développement Durable et les applications biomédicales.

1 Chimie, danger et risque

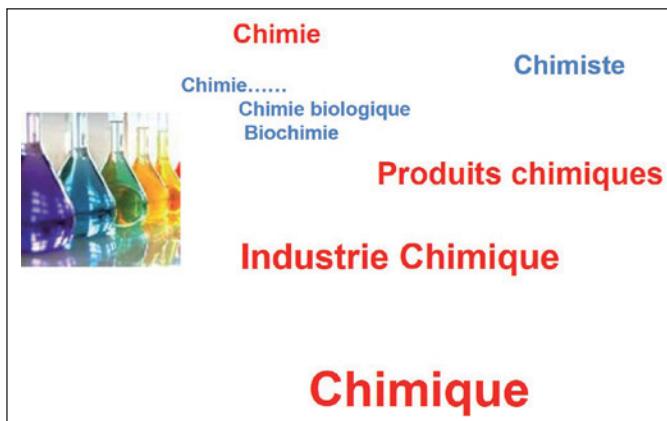
Pour éviter confusions et contresens, il est bon de préciser d'abord le sens des termes d'usage – chimie, chimique, chimiste, dangers, risques, etc. On montrera ensuite comment l'industrie chimique a pris en compte les dangers et les risques liés à l'utilisation de produits chimiques, c'est-à-dire comment elle s'est adaptée à la prise en compte de la réglementation REACH¹.

1. REACH : règlement de l'Union européenne sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions des substances chimiques, entré en vigueur le 1^{er} juin 2007, qui rationalise et améliore l'ancien cadre réglementaire sur les produits chimiques. Voir les autres chapitres de cet ouvrage *Chimie et expertise, santé et environnement*, coordonné par M.-T. Dinh-Audouin, D. Olivier et P. Rigny, EDP Sciences, 2016.

Le chapitre illustrera ensuite la position de la chimie : elle aide cette réglementation REACH, puis en retour celle-ci l'amène à évoluer et lui fournit une source d'innovation. En conclusion, un exemple provenant de notre laboratoire sera présenté pour illustrer ce qu'est une chimie plus respectueuse de l'environnement, une chimie durable.

1.1. Quelques définitions autour de la chimie

La **Figure 1** présente un premier paradoxe : le mot « **chimie** » désigne à la fois une science et une industrie. Parallèlement, on a le mot « **chimiste** » : être chimiste, cela veut dire être un scientifique qui fait de la chimie mais cela veut aussi dire être chimiste dans une industrie. Un mot de cette liste est toujours le plus mal perçu,

**Figure 1**

La notion de chimie renvoie à de nombreuses définitions et représentations, avec différentes connotations pour le grand public.

c'est le mot « **chimique** » ; on entend « *si c'est chimique ce n'est pas naturel* », alors qu'en réalité la chimie intervient partout.

Ces paradoxes sur le vocabulaire sont en fait les signes de la richesse de la chimie, qui offre un continuum entre la recherche qu'on appelle fondamentale² et la recherche finalisée, celle qui se fait pour l'industrie.

1.2. Les notions de danger et de risque

Une notion clé quand on parle de la chimie est le danger, associé au risque. Très fréquemment on mélange les deux notions, comme illustré dans l'*Encart « Danger ou*

2. Recherche fondamentale : travaux expérimentaux ou théoriques entrepris essentiellement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les fondements de phénomènes ou de faits observables, sans qu'aucune application ou utilisation pratiques ne soient directement prévues.

risque ? », après le naufrage de l'Erika (Figure 2).

Le **danger, c'est la propriété intrinsèque d'une substance**, d'un agent ou d'une situation qui est capable de créer des effets néfastes sur un organisme vivant, sur l'environnement. La toxicologie, ou l'écotoxicologie³, mesurent ce danger.

Mais le danger, en tant que tel, n'a pas beaucoup d'importance s'il n'y a pas de risque qui l'accompagne. Ce qui compte *in fine* c'est bien le **risque, c'est-à-dire la probabilité que ces effets néfastes puissent être engendrés** par une substance, un agent, etc., dans les circonstances considérées ; plus précisément, le risque est la probabilité d'occurrence de l'effet néfaste multipliée par le danger. Interviennent donc des notions comme le temps d'exposition, la vulnérabilité en tant que telle du système, etc. (*Encart : « Définitions du danger et du risque »*). Pour l'étude d'une substance chimique, le risque peut être évalué par des études d'épidémiologie. Il ne faut donc pas confondre les deux : le danger c'est une chose, le risque c'en est une autre.

Dans un exemple « guerrier », si on prend celui des armes nucléaires, le risque a été important pendant la guerre froide ; aujourd'hui, c'est un risque faible car la probabilité de son utilisation est très faible. Si on prend maintenant la problématique du terrorisme et des armes qui sont

3. L'écotoxicologie est l'étude des conséquences écologiques de la pollution de l'environnement par les substances toxiques.

DANGER OU RISQUE ?

Après le naufrage de l'Erika, la presse française, en décembre 1999, estimait différemment les conséquences des évènements :

« Un réel danger mais avec peu de risque » (Le Figaro).

« Risque réel mais sans danger ! » (La Croix).



Figure 2

Le 12 décembre 1999, l'Erika (pétrolier affrété par la société Total) a fait naufrage au large de la Bretagne, provoquant une impressionnante pollution des côtes par des nappes de mazout.

Sources : bateau Erika : www.dreuz.info.fr ; marée noire : <http://ecolonusnews.blog.fr>

utilisées, le danger relativement est moindre – utiliser une kalachnikov est moins dangereux qu'une arme nucléaire –, mais le risque qu'il puisse y avoir un attentat est plus fort. Il faut vraiment bien distinguer les deux notions : un produit chimique peut être dangereux mais quels sont les risques ? La chimie est une activité humaine comme une autre et elle s'intègre dans un ensemble, et **c'est l'ensemble qu'il faut prendre en compte lorsqu'on considère le risque de la chimie à partir du danger intrinsèque**.

1.3. Risques chimiques : quelques accidents majeurs

Historiquement, le risque chimique a souvent été lié

à des explosions d'usines⁴. Examinons deux exemples :

– **Seveso**, en Italie : en 1976 s'est produite une explosion suivie d'émission de dioxine, un produit dangereux. Cet accident n'a pas causé de morts, mais 193 cas de chloracné⁵ ; par ailleurs, il a été décidé d'abattre un certain nombre de bêtes qui pouvaient poser problème. L'émotion causée par cet accident a été très forte car l'usine était très proche des lieux d'habitation. En ré-

4. Voir *Chimie et expertise, sécurité des biens et des personnes*, coordonné par M.-T. Dinh-Audouin, D. Olivier et P. Rigny, EDP Sciences, 2015.

5. Chloracné (ou acné chlorique) : trouble dermatologique rare causé par l'intoxication par des agents chlorés (dioxines) ou benzéniques.

DÉFINITIONS DU DANGER ET DU RISQUE

Danger (Hazard) : propriété intrinsèque d'une substance ou un agent (ou d'une situation) capable de créer des effets néfastes sur un organisme vivant, sur l'environnement.

Ex : La toxicologie mesure le danger d'une substance.

Risque (Risk) : la probabilité que des effets néfastes puissent être engendrés dans des circonstances particulières par une substance, un agent, sur un organisme, une population, un système écologique.

Ex : Le risque peut être évalué par les études d'épidémiologie.

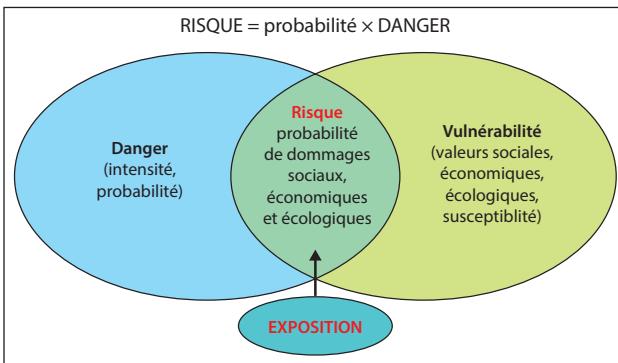


Figure 3

Le risque est l'intersection de nombreux facteurs formant un système complexe.

action, les pouvoirs publics ont promulgué la Directive Seveso⁶, une étape importante dans l'organisation de la protection des populations.

- À **Bhopal**, en Inde : en 1984 s'est produite une explosion

6. Directive Seveso (ou directive 96/82/CE) : directive européenne qui impose aux membres de l'Union européenne d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs. La directive, officialisée le 1^{er} juin 1982, est nommée ainsi d'après la catastrophe de Seveso qui a incité les États européens à se doter d'une politique commune en matière de prévention des risques industriels majeurs.

très forte dans une usine chimique. Une importante émission d'isocyanate de méthyle, un produit extrêmement toxique, a eu lieu et a été cause d'un grand nombre de morts (3 500 le premier jour et de 20 000 à 25 000 au total) et de très nombreux blessés. Le responsable de l'usine était la multinationale américaine Union Carbide qui s'est vue reprocher de ne pas avoir suffisamment formé son personnel. Le produit lui-même est dangereux, mais le risque a été augmenté du fait d'erreurs au niveau de l'entreprise.

On peut aussi citer, naturellement, les accidents liés à l'industrie du nitrate d'ammonium, un produit qui entre dans la fabrication des engrains. À **Oppau**, en Allemagne, le nitrate d'ammonium était manipulé très fréquemment ; des milliers de fois, des tas de nitrates colmatés ont été soumis à l'action de la dynamite (détonateur) pour être dispersés et rendus propres à l'emploi. Et puis un jour, le 21 septembre 1921, alors qu'apparemment le mode opératoire était le même, tout a sauté – résultat : 561 morts, 2 000 blessés, une ville entièrement dévastée (**Figure 4**).

Le même accident s'est produit à l'usine **AZF**⁷ à **Toulouse** le 21 septembre 2001. C'est encore du nitrate d'ammonium qui a explosé. Résultat : 31 morts et 2 500 blessés.

7. AZF : usine chimique (AZote Fertilisants) située à Toulouse, dont l'activité principale était la synthèse d'ammoniac, d'urée et de nitrates à partir de gaz naturel, produits destinés à l'agriculture (engrais azotés) et à l'industrie (explosifs de mines notamment).

On ne sait toujours pas, aujourd’hui, pourquoi ce tas de nitrate a explosé. Cet accident laisse une blessure qui reste encore ouverte dans la ville de Toulouse.

1.4. La chimie peut être source de risques... mais aussi de leur solution

À côté des risques d'accidents, on a aussi affaire aux risques diffus et/ou chroniques dus par exemple à la pollution de l'atmosphère. Un exemple en est donné par le « trou d'ozone » (Figure 5), une pollution due à l'utilisation de fluorocarbones dans les aérosols. La chimie a fourni un remède à cette pollution : on a su substituer d'autres molécules aux fluorocarbones et le trou d'ozone est en train de se résorber. Là, la chimie a été source d'un problème mais en même temps en a permis de trouver une solution.

Il en a été de même pour les « pluies acides » (Figure 6), qui étaient dues à la présence de soufre dans le pétrole ou dans le charbon utilisés comme sources d'énergie. Le soufre donnait du dioxyde de soufre⁸ SO₂ et, sous l'effet de la pluie, de l'acide sulfurique. Il a suffi de purifier correctement le charbon et le pétrole pour régler le problème des pluies acides. Là encore, la chimie a pu trouver une solution.

8. Le dioxyde de soufre est un gaz incolore, dense et toxique, dont l'inhalation est fortement irritante, libéré dans l'atmosphère terrestre par les volcans et par de nombreux procédés industriels, ainsi que par la combustion de certains charbons, pétroles et gaz naturels non désulfurés.



Figure 4

A) Le cratère sur le site de synthèse d'ammoniac exploité par BASF à Oppau, en Allemagne, après l'explosion de 1921, causant 531 morts, 2 000 blessés et la dévastation de la ville.

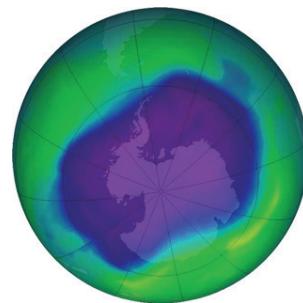


Figure 5

Les fluorocarbures des aérosols ont créé un trou dans la couche d'ozone centré sur le pôle sud.



Figure 6

Les pluies acides peuvent avoir un effet dévastateur sur les forêts.

On peut aussi citer un exemple de pollution naturelle : l'éruption du **volcan Pinatubo**, volcan actif situé dans l'ouest de l'île de Luçon aux Philippines (Figure 7). L'éruption a duré trois à quatre mois pendant l'été 1991. Le volcan a perdu 250 mètres de hauteur, a éjecté 10 km³ de particules, certaines jusqu'à 34 km d'altitude, et a refroidi l'atmosphère terrestre de 0,6 °C et

particuliers pour nos employés ou anciens employés qui ont été exposés ou ont pu être exposés dans le passé à des substances qui pouvaient poser problèmes. Donc nous assumons notre héritage.

La remédiation est aussi une opportunité parce qu'on est loin d'avoir tout inventé en matière de dépollution des sols, et là encore on peut penser à des opportunités, avec des solutions un peu originales que l'on met en œuvre pour certains types de pollutions sur nos sols.

M. Mortureux : La gestion des conséquences de phénomènes passés ne relève pas tellement de l'agence mais plutôt de pouvoirs publics en lien avec les industriels. L'un des grands sujets porte tout de même sur les sols pollués parce que ce sont toujours des sujets extrêmement complexes et très couteux à régler. J'ai cité tout à l'heure l'exemple du PCB avec toute une série de mesures de gestion qui ont été prises pour éviter certains types de poissons trop contaminés. On a aussi l'exemple dramatique du chlordécone¹⁰, en Martinique et en Guadeloupe, avec des sols complètement pollués, et ce qui fait qu'on se retrouve avec toute une série d'espaces qui ne peuvent plus être utilisés pour cultiver quoi que ce soit et pour probablement des délais très longs.

On se trouve vite sur des budgets considérables et il faut

rechercher les responsables. D'autres pays en développement extrêmement rapide qui ne sont pas très précautionneux par rapport à l'état de leurs sols pourront avoir des lendemains difficiles. Heureusement en France, nous avons un cadre réglementaire et une attention à notre territoire qui font que nous avons des mécanismes relativement efficaces pour prendre en compte ces problèmes du passé et essayer progressivement de les résoudre, mais c'est parfois très complexe.

3.4. La confiance

B. Bigot : Le dernier sujet est celui de la confiance et du moyen de la gagner éventuellement par le biais de l'information. Quels sont les défis que vous voyez à cet égard dans les années à venir ?

P. Juery : Pour Solvay et pour l'industrie chimique en général, c'est un point très fort. Nous avons réalisé une étude au sein de l'Union des Industries Chimiques pour comprendre comment raisonne le grand public car il est vrai que notre image n'est pas extrêmement positive aujourd'hui. Pour résumer : on aime la chimie, la science, on aime beaucoup moins l'industrie chimique, ce que l'on peut résumer par : « *On aime la chimie, on n'aime pas le chimique* ».

La confiance ne se décrète pas, donc l'important pour nous est de mener un travail de long terme, et comme je l'ai déjà dit, avec de la transparence. Nous ne prétendons

10. Chlordécone : insecticide utilisé en Guadeloupe et Martinique à la fin du XX^e siècle. Il a été interdit en 1993 pour contamination des sols de culture et déséquilibre de la biodiversité.

pas être parfaits mais nous prétendons être dans une démarche de progrès continu. Les entreprises de la chimie ont une âme et sont composées de citoyens comme les autres qui ont les mêmes préoccupations et les mêmes valeurs.

Il faut de la transparence et donc une communication, y compris une communication que l'on appelle « à chaud » sur nos sites. Il y a une dizaine d'années, quand il y avait un petit incident sur nos sites, typiquement, on ne communiquait pas, on avait plutôt tendance à dire qu'il ne s'était rien passé. Je crois qu'aujourd'hui, cela n'a plus du tout cours, le moindre petit incident, c'est nous qui prenons part activement en allant communiquer à l'ensemble des parties prenantes. Cette volonté est forte car notre licence d'opérer, c'est le public qui nous la donne.

M. Mortureux : Juste un mot pour me réjouir de ce discours très ouvert. Je trouve que cela n'a pas été toujours le cas au niveau de l'industrie chimique et on peut très bien comprendre que c'est toujours compliqué... Je pense que dans la société actuelle cette politique d'ouverture et de transparence est incontournable et indispensable. Certes c'est toujours une certaine prise de risque mais je crois que ne pas vouloir prendre ce risque revient à générer de toutes façons de la méfiance. En tant qu'agence, l'un des grands enjeux se manifeste en termes de crédibilité et d'indépendance de l'expertise, ce qui est vraiment au socle

de notre crédibilité. C'est pourquoi nous avons mis en place des règles extrêmement rigoureuses pour la sélection de nos collectifs d'experts en termes de transparence et de prévention des risques de conflit d'intérêt.

P. Juery : Ce qui est important c'est aussi que les règles de concurrence soient les mêmes pour tous et que l'on ne soit pas en désavantage concurrentiel avec certains de nos concurrents à l'échelle mondiale. Nous appliquons à l'intérieur du groupe une politique du plus médisant, en nous alignant automatiquement sur la réglementation la plus exigeante parce qu'on ne veut pas travailler avec plusieurs standards.

Les règles dans les pays émergents changent rapidement : la Chine, par exemple, a très bien compris l'enjeu, et aujourd'hui les normes environnementales ou de régulation en Chine sont en train de rattraper très rapidement le niveau occidental parce qu'ils n'ont tout simplement pas le choix. Leur propre opinion publique les force à le faire. Aujourd'hui, il y a un certain nombre de manifestations sur des ouvertures d'unités industrielles qu'ils montent.

Intervention du public : On a parlé des exigences aux industriels, aux agences, aux gouvernements... Il y a un protagoniste dont on n'a pas parlé c'est l'utilisateur final. Il y a la responsabilité du public, de celui qui utilise *in fine* ; il ne s'agit pas seulement de quelques individus vertueux qui montrent qu'ils trient leurs ordures, mais tous ceux