

# L'industrie chimique et pétrochimique



### UN SECTEUR JEUNE ET OMNIPRESENT

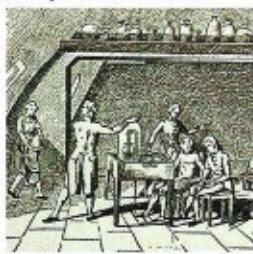
L'industrie chimique, et a fortiori sa cadette la pétrochimie, sont des disciplines jeunes. La première n'est sortie de l'âge de l'artisanat que depuis deux siècles; quant à la seconde, elle a un peu plus de quatre-vingts ans. Pourtant, les produits issus de ces technologies ont envahi tous les secteurs de notre environnement quotidien: énergie,



matériaux de construction pour l'habitat et les transports, textiles, cosmétiques, médicaments, matières plastiques... Bref, aucun autre secteur industriel ne fournit autant de produits finis!

### HISTORIQUE

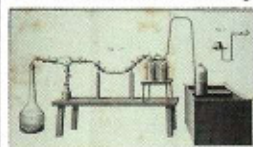
- Les racines de l'industrie chimique peuvent remonter jusqu'aux plus vieilles civilisations, dont certaines savaient fabriquer du verre et des briques, produire du sel, extraire de nombreux métaux, etc.
- **En 1650**, l'Allemand Johann Rudolph Glauber fonde à Amsterdam une usine essentiellement chimique et rédige les principes de base qui permettront d'**insérer l'industrie chimique dans l'économie**.



### LES MATIÈRES PREMIÈRES

- **SUBSTANCES NATURELLES MINÉRALES**  
Eau, air, houille, pétrole, gaz naturel, calcaire, argile, soufre, sulfates, phosphates...
- **SUBSTANCES NATURELLES VÉGÉTALES**  
Bois, betterave, canne à sucre, huile, caoutchouc...
- **PRODUITS MANUFACTURÉS**  
Certains acides et bases, coke, substances nées de la raffinerie du pétrole (acétylène, propylène, benzène et autres).

• **Au XVIII<sup>e</sup> siècle**: en France, Lavoisier (1743-1794) jette les **bases de la chimie moderne**. Démarrage



de la chimie de synthèse. En 1791, le procédé Leblanc permet de fabriquer de la soude artificielle à partir du sel marin. Il est commercialisé pendant la révolution industrielle en Grande-Bretagne, à partir de 1823.

Durant l'époque napoléonienne, la France est contrainte de fabriquer ses produits de première nécessité pour contrer le blocus anglais. C'est ainsi que le sucre est pour la première fois produit à partir de la betterave.

• **Le premier colorant synthétique**, la mauvéine, est fabriqué en 1856 par le chimiste britannique William Perkin. Pour la première fois, les produits de



synthèse peuvent **concurrencer des produits naturels**. La chimie organique, c'est-à-dire la chimie du carbone, se développe.

• **Première Guerre mondiale**: gros développement de l'industrie pour satisfaire l'effort de guerre. L'Allemagne a acquis une prédominance mondiale dans le domaine de la chimie, notamment grâce à ses recherches en pharmacie, parfumerie et colorants. Cette industrie se développe grandement aux États-Unis, qui ne peuvent plus se contenter de l'importation pour se fournir en produits chimiques.

• **1920**: Naissance de la pétrochimie, la chimie réalisée à partir des substances obtenues par raffinage du pétrole, qui supplantera bientôt la carbochimie. Les États-Unis concentrent leurs travaux dans la pétrochimie, mais l'Europe continue le développement de la carbochimie industrielle jusqu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale.

• **Boom** de l'industrie chimique lors de la Seconde Guerre mondiale. De là date l'apparition de nombreux

produits nouveaux: les textiles synthétiques, les grandes matières plastiques, le caoutchouc artificiel et les principes actifs pour les médicaments. Durant l'après-guerre, les scientifiques et techniciens perfectionnent les procédés.

• **1950**: L'Europe se tourne elle aussi vers les matières premières d'origine pétrolière. Dix ans plus tard, la moitié du tonnage des produits organiques industriels vient du pétrole. Aujourd'hui, c'est la quasi-totalité des composés organiques qui viennent de la **pétrochimie**.



### LA CHIMIE LOURDE

C'est le plus gros domaine d'activité de la **chimie industrielle**. Les produits synthétisés le sont en grande quantité: des centaines de millions de tonnes par an. Ces substances sont fabriquées à partir de matières premières facilement accessibles. Les processus sont



réalisés en relativement peu d'étapes de réactions. Cette grosse production annuelle nécessite des installations de grande capacité: elles ne peuvent être fondées et animées qu'avec des investissements importants. Aussi ce secteur est-il tenu par de grands groupes industriels et financiers; une poignée de multinationales font à elles seules

près de 80% du chiffre d'affaires global. On distingue deux catégories au sein de la chimie lourde.

### LA CHIMIE ORGANIQUE

En simplifiant, on peut dire que cela désigne la chimie du carbone. À l'échelle de l'industrie, cela concerne en priorité la pétrochimie. À partir de substances comme l'éthylène, le propylène, le butadiène, le benzène et autres, sont fabriqués les matières plastiques, les élastomères et le **caoutchouc synthétique**.



### LA CHIMIE MINÉRALE

L'eau, l'air, le sel, le soufre et les phosphates sont les matières premières les plus souvent employées dans la chimie minérale. Elles permettent de produire de l'acide sulfurique et ses dérivés, des produits obtenus par électrolyse comme le chlore ou la soude, les gaz comprimés et des produits plus élaborés, tels les engrais.

### LA CHIMIE FINE

Les produits sont fabriqués en quantité moindres – quelques milliers de tonnes par an –, mais les prix de revient sont plus élevés. La matière première est constituée de substances issues de la chimie lourde. La recherche et le développement dans ce secteur sont intenses. La phase de fabrication nécessite souvent de longues suites d'opérations et de nombreuses étapes de synthèse, souvent délicates. Ce processus long, donc coûteux, s'accompagne d'opérations d'extraction et de purification.

### AUTRES SECTEURS D'ACTIVITÉ

#### LA PARACHIMIE

La recherche est très développée dans ce secteur. Parmi les **produits d'usage quotidien**, citons les savons et détergents, les produits de

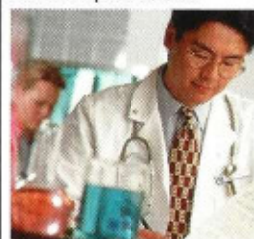


beauté, les peintures, laques, vernis et encres, les produits d'entretien, les colles et adhésifs, les surfaces

sensibles pour la photographie, les explosifs, etc.

#### LA PHARMACIE

Les chimistes travaillent sur des substances issues de la chimie fine pour **mettre au point des molécules** qui sont ensuite



conditionnées afin d'être assimilables par l'organisme humain ou animal.

### LA PÉTROCHIMIE

Jadis, la carbochimie était la discipline numérotée pour fabriquer des substances organiques. On procédait à partir du charbon et de la houille. Aujourd'hui, cette discipline a été supplantée par la pétrochimie, c'est-à-dire la chimie des dérivés du pétrole et du gaz naturel. Si la pétrochimie prélève moins de 10% de la production pétrolière mondiale, elle est néanmoins à l'origine d'un large éventail de produits: matières



plastiques, fibres textiles, caoutchoucs synthétiques, détergents, solvants, parfums et **produits de beauté**, pesticides,

engrais, colorants, explosifs, résines, adhésifs, peintures, vernis...

#### LE PÉTROLE

Lorsque des organismes morts se déposent au fond de la mer (restes de poissons et de plancton, brindilles, écorces de végétaux), ils sont en général digérés par des bactéries. Il arrive parfois que ces micro-organismes ne puissent se développer dans ces zones de dépôts, parce qu'elles se trouvent à très grande profondeur, dans un endroit pauvre en oxygène. Les débris demeurent alors intacts. Pendant des millions d'années, ils sont recouverts par des couches de sédiments. Sous le poids de ces énormes quantités de minéraux, la zone où sont rassemblés les débris est portée à haute pression et haute température. Ces conditions exceptionnelles permettent des réactions chimiques naturelles qui donnent naissance au pétrole et au gaz naturel.

### En France

#### La chimie-pétrochimie:



#### 1<sup>er</sup> secteur industriel

par le volume de ses exportations

#### 2<sup>e</sup> secteur industriel

par l'importance de son chiffre d'affaires (85,4 milliards d'euros en 2002).

#### 5<sup>e</sup> rang mondial

pour l'industrie chimique française, après les États-Unis, le Japon, l'Allemagne et la Chine.

#### 30 000

molécules différentes sont produites et commercialisées.

#### Près de

1 200

entreprises

d'au moins

20 salariés



travaillent dans ce secteur, soit un effectif total de quelque 250 000 personnes.

## Ô TOULOUSE

Le 21 septembre 2001, l'explosion de 300 tonnes de nitrate d'ammonium dans l'usine AZF (Azote de France) de Toulouse a fait 29 morts et plus de 2 000 blessés. Un cratère de 50 m de diamètre et de 10 m de profondeur s'est ouvert dans le sol. Le souffle de l'explosion a été perçu à 80 km à la ronde, faisant voler des milliers de vitres en éclats.

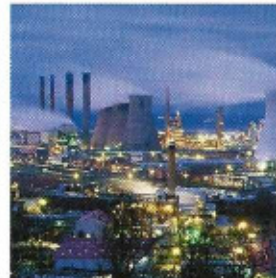


## LA RAFFINERIE

Quand on pompe un gisement de pétrole, la substance qui remonte du réservoir sous-marin n'est pas



directement utilisable. C'est le pétrole brut, que l'on doit raffiner pour fabriquer des produits exploitables, entre autres les bases qui fournissent la matière première de la pétrochimie. La raffinerie du pétrole recouvre plusieurs opérations délicates. Et c'est la distillation atmosphérique qui permet de séparer les différents mélanges d'hydrocarbures constituant le brut. Elle consiste à faire chauffer ce pétrole à environ 380 °C pour ensuite le conduire dans une haute tour de plus de 50 m de haut, appelée le *topping* (elle



surplombe toute la raffinerie). Là, les différents composants du brut s'évaporent graduellement et peuvent donc être séparés. Tout en haut de la tour montent les substances qui s'évaporent le plus vite, comme le butane et le propane. En bas, les composants les plus lourds sont recueillis. Entre les deux, les chimistes recueillent le naphtha, un mélange d'hydrocarbures qui est la source principale de matière première pour la pétrochimie.

## LE NAPHTHA

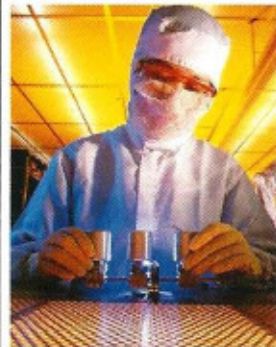
Le naphtha doit subir d'autres traitements pour être utilisable. Il doit principalement être soumis à ce que les scientifiques appellent le vapocraquage. Cette opération s'effectue dans un four où la température est portée à 900 °C. Les chimistes peuvent alors intervenir

sur différents paramètres : le temps d'enfermement et la température, mais aussi la pression liée à l'utilisation de vapeur d'eau. Cela permet d'obtenir des «grands intermédiaires», des hydrocarbures légers dont les propriétés moléculaires permettent de nombreux assemblages, entre eux ou avec d'autres molécules. Par une série de transformations de complexités variables, ils donneront naissance à une multitude de produits à forte valeur ajoutée.

## RISQUES ET POLLUTIONS

D'importants investissements sont injectés par les entreprises dans l'industrie chimique pour limiter au minimum les répercussions sur l'environnement.

## TOXICITÉ DES PRODUITS



## LE RÉACTEUR

Principal élément d'une usine chimique, le réacteur peut prendre la forme d'un cylindre horizontal ou vertical, ou celle d'une gigantesque marmite. Il est muni d'un très grand nombre de dispositifs de sécurité : des soupapes, des évènements, de quoi permettre des vidanges accélérées ou, au contraire, empêcher que le moindre fluide ne s'échappe vers l'extérieur. C'est dans le réacteur qu'ont lieu les réactions chimiques liées à un processus industriel donné, et c'est donc là que les matières premières sont injectées, mélangées, refroidies ou chauffées. Les matériaux employés pour fabriquer le réacteur doivent être d'une solidité à toute épreuve (métaux et alliages très résistants aux substances corrosives, ou plastiques peu sensibles aux agressions chimiques et mécaniques). Le réacteur doit résister à de hautes températures et à de fortes pressions ou, à l'inverse, permettre qu'on y fasse le vide. Par ailleurs, les chimistes continuent d'intervenir sur cette enceinte une fois le processus chimique lancé (notamment pour introduire des agents auxiliaires ou pour évacuer des sous-produits). Ils peuvent également être amenés à **prélever des échantillons dans le réacteur**.



## LA PÉTROCHIMIE AU QUOTIDIEN

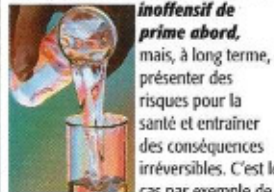
• La polymérisation de l'éthylène (c'est-à-dire la fabrication de longues chaînes de molécules à partir de plusieurs molécules courtes) donne le polyéthylène. La densité de ce polyéthylène dépend des catalyseurs employés durant la réaction. Cela permet



d'obtenir, entre autres, le film d'emballage, les **bouteilles de soda** et les bidons d'essence.

• Réagissant l'un avec l'autre, l'éthylène et le benzène forment le styrène, dont la polymérisation donne le polystyrène,

Chaque nouveau produit fait l'objet de tests afin de mesurer sa dangerosité éventuelle. Il s'agit de **classer la substance étudiée en fonction de sa toxicité**. En effet, les risques liés à l'utilisation d'un produit chimique ne surviennent pas toujours au premier contact (suite à son ingestion, son inhalation ou même simplement au toucher). Il peut au contraire **sembler inoffensif de prime abord**, mais, à long terme, présenter des risques pour la santé et entraîner des conséquences irréversibles. C'est le cas par exemple de



la benzène, une substance cancérigène.

## PROTECTION DES TRAVAILLEURS

Ce n'est pas parce que le **produit final issu d'un processus chimique** n'est pas nocif que les substances intermédiaires ne présentent



aucun danger. Ainsi, le PVC (polychlorure de vinyle) est un produit inoffensif employé pour fabriquer les canalisations ou les microsillons, mais il est issu du chlorure de vinyle, qui, lui, est cancérigène. D'où la nécessité



de respecter de très strictes règles de sécurité. Les ouvriers doivent **porter des masques, des lunettes et des gants** quand ils manipulent les



substance dans laquelle sont façonnés

les gobelets et les **boîtiers des cassettes audio**, des CD et des DVD.

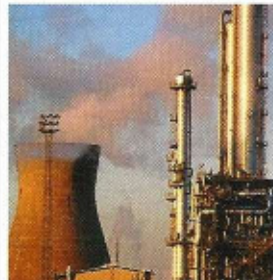
• La polymérisation du propylène donne le polypropylène, utilisé pour les pare-chocs des voitures, la moquette et les cauches-culottes.

• Le méthacrylate de méthyle polymérisé donne le polyméthacrylate de méthyle, mieux connu sous le nom de Plexiglas.

substances chimiques, et revêtir une tenue étanche. La composition de l'air dans leur environnement de travail doit être constamment contrôlée pour déceler l'éventuelle présence de substances nocives. Ces hommes et ces femmes sont par ailleurs soumis à de fréquents contrôles médicaux.

## LA POLLUTION DE L'AIR

Jadis, les usines étaient généralement construites loin des zones fortement urbanisées, afin de limiter les désagréments pour la population. Ainsi, par exemple, l'aluminium était fabriqué dans les hautes vallées des Alpes.



Mais cette «précaution» ne suffit plus aujourd'hui, où les préoccupations écologiques sont fortement accrues dans l'opinion publique. La loi impose aux industriels la **mise en œuvre de dispositifs d'épuration** afin de

## DES CATASTROPHES



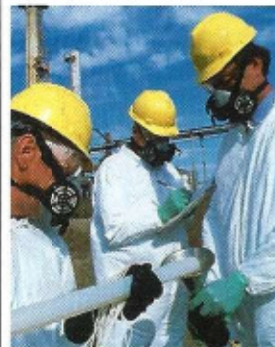
Les conditions de travail sont extraordinairement sécurisées dans les usines chimiques. Mais les situations sont très délicates dans ces sites industriels, où règnent des températures et des pressions extrêmes et où les réactions chimiques doivent être contrôlées sans relâche. Et le risque zéro n'existe pas : d'où les accidents qui surviennent parfois. Certains, particulièrement dramatiques, ont durablement marqué les esprits.

réduire ou, mieux, de supprimer les nuisances.

Pour ce qui est de la protection de l'air, chaque usine est «épiée» par un réseau de surveillance de zones industrielles composé d'une myriade de capteurs. Placés autour des différentes usines, ces «témoins» envoient les informations recueillies à un seul centre de dépouillement des données. Cela permet de détecter au plus vite la moindre anomalie dans la composition de l'air et de la localiser.

## LA POLLUTION DE L'EAU

L'eau est couramment utilisée pour refroidir les machines. Elle est prise au milieu naturel puis lui est rendue. (Des problèmes de pénurie d'eau douce se posent d'ailleurs dans certains pays, tels ceux du golfe Persique : il est courant que des usines de dessalage d'eau de mer fournissent aux usines pétrochimiques l'eau indispensable à leur fonctionnement.) Les industriels doivent **analyser régulièrement les eaux usées** afin que leur rejet ne dégrade pas l'environnement.



## LA NEUTRALISATION DES DÉCHETS

Sensibilisés à la question des déchets, les industriels privilégient les procédés de production qui en minimisent l'apparition. Pour neutraliser les déchets qui se forment néanmoins au cours des réactions, les chimistes emploient fréquemment des traitements physico-chimiques, tels l'enrobage et l'incinération contrôlée. Quant aux déchets qui ne peuvent être détruits, ils sont enterrés dans des lieux désaffectés, comme des mines de sel, où leur vieillissement sera surveillé avec soin.

