

## 3.6 Quelle est l'importance des matières plastiques?

Par le passé, des matériaux de base durables comme la pierre, le bronze et le fer mais également les matières plus éphémères tels que le bois, le cuir, le lin ou la laine, ont joué un rôle important dans notre société. Afin de répondre à la demande croissante de certaines de ces matières et d'améliorer par la même occasion leurs précieuses propriétés, la science et l'industrie ont développé de nouveaux produits: les matières plastiques.

Les matières plastiques présentent de nombreuses propriétés uniques parfois inégalables. L'industrie de la construction et de l'automobile, l'industrie alimentaire et le monde médical sont parmi les plus grands consommateurs des nouveaux matériaux. Les matières plastiques ont remplacé avantageusement quantité de 'produits naturels' dans diverses applications, ce qui représente souvent un avantage pour l'environnement. Bannir les matières plastiques signifierait que l'environnement serait totalement dilapidé à court terme ou que l'humanité devrait retourner au niveau de vie du début du 19<sup>ème</sup> siècle.

Dans ce chapitre, nous allons examiner quelques plastiques très fréquents qui sont particulièrement tributaires du chlore.

Depuis les temps les plus reculés, certains matériaux ont déterminé la culture humaine. C'est pourquoi on parle aujourd'hui de l'âge de la pierre, du bronze et du fer, ères baptisées d'après les objets utilitaires durables qui étaient consacrés à ces époques.

Plus éphémères, mais non moins importantes pour nos ancêtres, étaient les matières telles que le bois, le cuir, le lin, la laine, ... Chacune de ces matières d'origine animale ou végétale est en fait un mélange de polymères. Les polymères sont des chaînes moléculaires constituées d'une multiplicité de petites unités chimiques telles que les protéines, les polysaccharides, etc.

Afin d'être en mesure de répondre à la demande croissante de ces substances, tout en continuant à améliorer leurs précieuses propriétés, la science et l'industrie des 19<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> siècles ont développé une série de nouveaux polymères. Ces derniers ne provenaient plus de l'agriculture ou de l'élevage mais bien du charbon et du pétrole et résultent des progrès spectaculaires de la chimie.

### De meilleurs substituts

Les premières matières plastiques comme le celluloïd et la bakélite se voulaient être un substitut aux produits naturels rares comme le bois exotique et l'ivoire. A mesure que l'homme a acquis de l'expérience dans le domaine des matières plastiques et qu'un nombre croissant de variétés a été mis au point, il a changé son fusil d'épaule. Il s'est davantage intéressé aux propriétés qui les

distinguaient favorablement des produits naturels plutôt qu'à leur rôle de substitut de 'matériaux traditionnels'. Les matières plastiques sont légères, ne rouillent pas, se brisent moins vite que d'autres matériaux et n'ont pas besoin d'être peintes. Elles peuvent prendre n'importe quelle forme et assurent une bonne isolation.

Légères mais robustes, résistantes aux intempéries et faciles à travailler, les matières plastiques sont très populaires dans le secteur du bâtiment. Dans l'industrie alimentaire, les emballages en matières plastiques protègent efficacement contre l'oxydation, réduisent les frais de transport et le volume de déchets d'emballage. Le monde médical ne pourrait pas non plus se passer des matières plastiques telles que celles qui interviennent dans les pansements, les ensembles stériles de chirurgie, les cathéters, les conditionnements (de médicaments, de liquides à perfusions et de dérivés sanguins) et surtout, dans les équipements médicaux et les prothèses.

## **Comment les matières plastiques épargnent-elles l'environnement dans l'industrie automobile?**

L'Association des Producteurs de Matières Plastiques Européens (APME) signale que l'industrie automobile européenne transforme chaque année près de 2 millions de tonnes de matières plastiques. Pour certains modèles de voitures, l'utilisation des matières plastiques a quadruplé ces dernières décennies. Cent kilos de matières plastiques remplacent en moyenne de 200 à 300 kg de matériaux de construction conventionnels. Les voitures deviennent ainsi plus légères, ce qui représente une diminution de la consommation en carburant de 750 litres par voiture pour une durée de vie d'environ 150.000 km. La consommation de pétrole pour les seules voitures particulières de l'Europe occidentale a ainsi été réduite de 12 millions de tonnes par an, ce qui représente environ un dixième de leur consommation en carburant et une diminution des émissions de CO<sub>2</sub> d'environ 30 millions de tonnes par an.

La diminution de la consommation en carburant des voitures n'est pas seulement intéressante du point de vue des coûts mais c'est une bonne chose au niveau de l'environnement.

## **Un monde sans matières plastiques**

Les matières plastiques ont remplacé les 'produits naturels' de façon convaincante dans bien des applications. Ce fait est devenu tellement évident que peu de personnes réalisent ce que cela signifierait pour notre planète, si toutes les matières plastiques venaient à être de nouveau remplacées par le bois, le papier, les peaux, le verre, le métal et les fibres végétales.

L'environnement serait totalement dilapidé à court terme, ou nous reviendrions au niveau de vie qui régnait au début du 19<sup>ème</sup> siècle (mais avec une population mondiale multipliée par six!)

### 3.6.1 Le chlorure de polyvinyle (PVC)

Le PVC compte parmi les matières plastiques les plus importantes de notre société moderne. Sa production est étroitement liée à la chimie du chlore. Grâce à la présence de chlore dans sa molécule, le PVC est compatible avec un large éventail de matériaux, ce qui le rend extrêmement polyvalent. Le chlore rend le PVC également difficilement inflammable. En outre, le chlore peut servir de "marqueur" pour distinguer le PVC dans des systèmes de tri automatique en vue du recyclage.

A ce jour, les recherches intensives sur l'environnement n'ont révélé aucun impact négatif significatif directement imputable au PVC. Des directives strictes garantissent la sécurité dans la production et un environnement de travail sain. Le PVC est d'utilisation sûre et est parfaitement recyclable.

L'industrie du PVC a confiance dans son produit. Elle continue à investir dans l'optimisation de ses méthodes de production et des propriétés uniques du PVC.

La production de chlorure de vinyle, la matière première servant à la préparation du chlorure de polyvinyle (PVC) est, de loin, la principale application du chlore et, ce, tant en Europe qu'ailleurs. Le PVC fut inventé en 1938. Il est produit à grande échelle depuis les années soixante et est la matière plastique la plus étudiée au monde.

C'est également la matière plastique la plus utilisée au monde, après le polyéthylène et le polypropène. Chaque année, environ 23 millions de tonnes, dont 1/3 pour l'Europe, trouvent ainsi des applications diverses dans les secteurs de la construction, de l'emballage, de la médecine et bien d'autres encore.

En Europe, près de 34% de la production globale de chlore sont utilisés pour la production de PVC.

L'excellent rapport qualité/prix du PVC explique son utilisation croissante en Europe (progression de 1 à 2% l'an), aux Etats-Unis (progression de 3,5 à 4% l'an) et surtout dans les pays émergents comme en Amérique latine et en Asie du Sud-Est (jusqu'à 10% par an). L'écart entre les pourcentages de croissance démontre que le niveau de consommation atteint à ce jour est le plus élevé en Europe et aux USA.

Pratiquement universel, le PVC est difficile à remplacer. Grâce à certains additifs, on peut aisément l'imprimer, le rendre adhésif et le souder.

Le PVC est transformé en produits finis au moyen de techniques très diverses. Pour ce faire, moins d'énergie est nécessaire que pour d'autres matériaux.

Le PVC est constitué de 43% d'éthylène, un dérivé du pétrole brut, et de 57% de chlore. La matière première de base du chlore étant le sel, disponible en quantité quasiment illimitée, on peut dire que le PVC fait un usage efficace des ressources naturelles de notre planète.

Une grande partie des entreprises commerciales et des autorités ayant décidé de bannir le PVC dans le passé, sont revenues sur leur décision. Le PVC a marqué des points dans les études dites *d'impact sur l'environnement*. On y compare différents matériaux alternatifs du point de vue de leur contribution à la sauvegarde de l'environnement.

### **3.6.1.1 Comment fabrique-t-on le PVC?**

Le chlorure de vinyle (CV) est à la base du PVC. La production du CV se déroule en deux étapes:

1. L'éthylène et le chlore ou l'acide chlorhydrique sont liés sous forme de dichloroéthane;
2. le dichloroéthane est ensuite décomposé par craquage en chlorure de vinyle et en acide chlorhydrique. Ce dernier est recyclé.

Le CV est mis en suspension en milieu aqueux, dans un réacteur chimique, et est polymérisé ensuite en PVC sous des pressions et températures relativement basses. Le CV qui n'a pas été transformé est récupéré et réutilisé. Lorsque le processus de polymérisation est achevé, on obtient, après séchage et tamisage, du PVC sous la forme d'une poudre blanche et inerte. Cette dernière est alors transportée en vrac ou en sacs, vers les usines de transformation du PVC.

### **3.6.1.2 Quelles sont les applications du PVC?**

La grande diversité des propriétés du PVC permet la fabrication des produits les plus divers. Des formulations peuvent, par exemple, être élaborées pour satisfaire aux exigences les plus strictes en matière de santé publique, d'emballage de produits alimentaires (voir 3.4.3.1) ou de transport d'eau potable.

#### **3.6.1.2.1 Soins de santé**

Le PVC est d'une valeur inestimable pour la santé publique. Il est utilisé pour les poches à sang et à urine, les cathéters, les blisters pour médicaments, les tubulures de perfusion, les gants chirurgicaux, etc. Les opérations à cœur ouvert seraient pratiquement impossibles sans le PVC car seul le PVC permet de fabriquer des drains souples. Le PVC est la seule matière plastique autorisée par la pharmacopée européenne pour l'emballage de sang. Le PVC est actuellement impossible à remplacer pour les poches de sang et les cathéters stériles.

#### **3.6.1.2.2 Bâtiment**

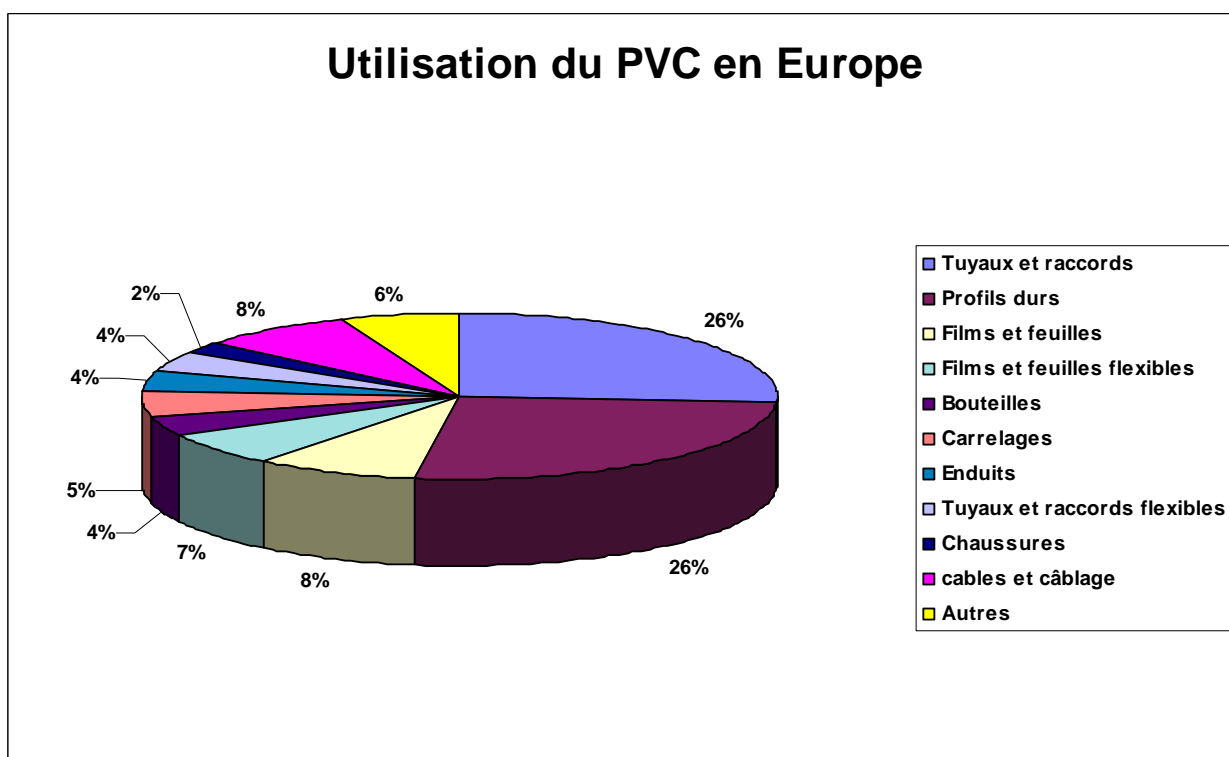
Le PVC est généralement employé dans des applications durables, comme les châssis de fenêtre, les canalisations d'eau, les gouttières, les membres d'étanchéité des pièces d'eau et des toits, les toiles de soubassements d'étangs, les revêtements de sols, de même que comme matière isolante pour les câbles et fils électriques. Les châssis en PVC ont une durée de vie supérieure à 40 ans et les canalisations peuvent atteindre 100 ans.

Plus de la moitié de la production européenne de PVC est destinée au secteur de la construction. Cela est dû à ses qualités en matière de résistance aux intempéries. Il résiste aux agressions chimiques, à la corrosion et, par dessus tout, aux chocs et à l'usure. Cette longévité extrême et un excellent rapport prix/performance font du PVC le matériau par excellence pour la construction et les secteurs apparentés.

### 3.6.1.2.3 Voitures et autres applications

Le PVC protège le soubassement des voitures contre l'usure et permet un intérieur plus attrayant et plus confortable. Sa capacité d'absorber les chocs et sa résistance au feu contribuent à la sécurité.

Certains produits très familiers contiennent également du PVC: les cartes bancaires, les jouets gonflables, les tuyaux d'arrosage et les bâches étanches. Enfin, on retrouve le PVC dans bon nombre d'articles de bureau, de sport et de loisirs.



### 3.6.1.3 Le PVC dans la santé et l'environnement

La chimie de base du PVC est connue depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Actuellement, nulle matière plastique au monde n'a encore fait l'objet d'autant de recherches. La polyvalence du produit permet à l'industrie de répondre aux exigences élevées en matière de santé et d'environnement.

### **3.6.1.3.1 Sécurité de la production**

L'événement le plus marquant en matière de sécurité et de santé concernant le PVC a été l'exposition de quelques travailleurs au *chlorure de vinyle*. Le chlorure de vinyle ou CV est le monomère à partir duquel le PVC est fabriqué.

En 1974, il fut découvert qu'une forte dose de CV inhalée quotidiennement durant de longues années pouvait être la cause d'une forme peu fréquente de cancer du foie. Les autorités, l'industrie et les comités scientifiques ont immédiatement pris des mesures. La limite d'exposition fut réduite de manière drastique de 500 ppm<sup>1</sup> à une concentration moyenne d'exposition de 3 ppm sur une base annuelle. Aujourd'hui, la polymérisation du CV s'effectue en circuit fermé. De tels problèmes n'ont plus été constatés depuis.

### **3.6.1.3.2 Sécurité des transports**

Le transport de CV représente le même facteur de risque que celui d'autres matières inflammables telles que le propane, le butane ou le LPG. Le plus grave accident de train survenu au cours des 40 dernières années s'est produit en 1996 dans l'ex-Allemagne de l'Est. Tout porte à croire que l'exposition au CV qui en découla n'aura probablement pas de conséquences à long terme. La cause de cet accident a été imputée à une défectuosité des voies, pas aux wagons ni au CV.

### **3.6.1.3.3 Santé et emballages**

Des normes très strictes, satisfaisant amplement aux normes européennes, s'appliquent aux emballages de produits alimentaires et de boissons.

C'est avant tout le risque lié à la migration des constituants de l'emballage vers le contenu qui est très strictement réglementé. La quantité de CV susceptible d'éventuellement migrer est extrêmement faible et considérée comme absolument inoffensive.

### **3.6.1.3.4 Plastifiants et stabilisants**

#### **Plastifiants**

Des phthalates, des adipates et des citrates sont notamment utilisés comme plastifiants dans la production de PVC. Il s'agit de liquides que l'on se ne contente pas d'ajouter sans plus. Ce sont des composés importants qui déterminent les propriétés physiques du polymère. Ils rendent le PVC doux, souple, élastique : propriétés particulièrement appréciées dans des applications où courber, plier, replier sont importants (voir 3.6.1.2).

La concentration des phthalates dans l'environnement est insignifiante étant donné leur dégradation rapide. Une certaine inquiétude règne cependant en ce qui concerne l'emploi de PVC contenant des phthalates dans des équipements médicaux bien définis utilisés dans des circonstances exceptionnelles. Certains plastifiants sont également suspectés d'*effets oestrogénomimétiques* (voir chapitre 5.6 et annexe 9.6).

---

<sup>1</sup> Parts par million

On soupçonne la migration de phthalates contenus dans des jouets en PVC doux que les bébés ou les enfants porteraient en bouche. Ce phénomène n'a rien d'extraordinaire, il se produit également avec d'autres produits, comme le verre ou le métal (en cuisine !), et n'est donc pas particulier aux phthalates contenus dans le PVC.

La Commission européenne a décrété une interdiction temporaire du PVC contenant des phthalates spécifiquement pour les jouets destinés aux enfants de moins de 3 ans. Cette décision résulte du manque actuel de tests concluants en vue d'imiter la façon de sucer des jeunes enfants et déterminer ainsi si la dose journalière admissible est dépassée.

Les phthalates sont employés depuis plus de 50 ans et intensivement étudiés sur le plan de la sécurité, la santé et l'impact sur l'environnement.

Des études scientifiques indépendantes publiées sur le sujet on peut conclure qu'il n'existe aucun risque pour le consommateur qui entre en contact avec ces produits. L'industrie suit de près les recherches qui sont menées. Si la science devait en démontrer la nécessité, l'industrie serait prête à passer à des plastifiants de remplacement.

Pour plus d'information : [www.ccpi.org](http://www.ccpi.org)

### **Stabilisants**

Un stabilisant est un mélange complexe qui exerce une action protectrice pendant la fabrication ou l'emploi de PVC. Des composés métalliques sont ainsi utilisés comme stabilisants de chaleur dans les opérations de moulage du PVC ou pour résister à des fortes températures (câbles sous le capot d'une voiture !). Les stabilisants protègent les objets en PVC contre la casse ou la décoloration sous l'influence des UV. Ces composants sont solidement ancrés au polymère, ce qui rend le risque de migration quasiment nul. De plus, ils sont strictement réglementés et il existe pour certaines applications une liste de substances autorisées.

De même que pour les phthalates, les stabilisants sont employés et étudiés depuis plus de 50 ans et aucune influence mesurable n'a pu être constatée sur la santé ou l'environnement.

Toutefois, on fait preuve de la plus grande prudence en ce qui concerne certains stabilisants à base de métaux lourds et on a cessé l'emploi de composés de cadmium. Le remplacement progressif du plomb par du cadmium-zinc est également encouragé.

### **3.6.1.3.5 PVC et incendies**

La combustion du PVC libère de l'acide chlorhydrique et du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Notons qu'absolument toutes les combustions produisent des gaz toxiques, même celles sans PVC. C'est le cas du monoxyde de carbone, un gaz incolore et inodore qui est responsable, avec la chaleur, de 95% des victimes lors d'incendies.

L'acide chlorhydrique gazeux libéré lors de la combustion du PVC présente un risque négligeable lorsqu'on le compare au monoxyde de carbone. L'acide chlorhydrique donne, en outre, un signal d'alerte par le biais de son odeur irritante. Ce qui est très important pour une détection rapide du feu. Le très toxique monoxyde de carbone n'a, quant à lui, aucune fonction d'alerte. De plus, le PVC a la propriété de retarder les flammes et de dégager moins de chaleur que la plupart des autres plastiques.

Le PVC n'a jamais été une cause d'incendie, ni un facteur de propagation d'incendie.

Des analyses effectuées après incendie de bâtiments contenant du PVC, ont démontré que les traces de dioxines étaient fixées sur les suies. Celles-ci sont également dégagées lors d'incendies ayant lieu en l'absence de PVC, comme lors de l'utilisation de poêles à bois et lors de l'incinération des déchets de jardin. Des recherches officielles ont indiqué que le risque d'ingestion biologique de ces traces est très faible. La teneur en dioxines des sols situés au voisinage des incendies n'est pas plus élevée qu'avant le sinistre. La formation de dioxines imputable au PVC lors d'incendies n'est donc pas supérieure à celle provenant de la combustion de matériaux naturels comme le bois.

#### **3.6.1.4 PVC et développement durable**

L'industrie européenne du PVC s'est engagée dans un processus d'amélioration continue des aspects liés à la santé, la sécurité et l'environnement et du volet socio-économique de ses produits. A cet effet, les producteurs de PVC et leurs partenaires industriels ont uni leurs forces afin de mener une politique de gestion responsable des produits et des résidus pendant les dix prochaines années. Cet engagement est consigné dans le document intitulé « Engagement volontaire ». Chacun des composants de la chaîne de production définit ses propres objectifs mesurables et tous ensemble s'accordent sur une somme d'objectifs qui couvrent l'entièreté du cycle de vie du produit. Les progrès réalisés feront l'objet d'un audit et d'un rapport annuels confiés à un expert indépendant. L'« engagement volontaire », qui s'inspire du programme Responsible Care mis en place par l'industrie chimique, impose aux producteurs de PVC et à leurs partenaires d'atteindre quatre objectifs :

- Production : une amélioration continue des performances environnementales et une utilisation rationnelle des matières premières ;
- Additifs : une utilisation durable des additifs dans les applications du PVC ;
- Déchets : une gestion durable des produits en PVC à la fin de leur durée de vie ;
- Politique générale : atteindre ces objectifs en y consacrant les moyens financiers nécessaires.

Cet « engagement volontaire » s'inscrit dans le cadre de la déclaration de l'UNEP : « une gestion réellement efficace est basée sur un engagement volontaire ».

Pour plus d'information, prendre contact avec PVC.INFO : <http://www.pvcinfo.be/>.

#### **3.6.1.5 Recyclage du PVC**

L'industrie du PVC s'investit dans le développement de solutions de gestion responsable de ses produits à la fin de leur cycle de vie. Elle organise des programmes de traitement des déchets et construit des installations de traitement. Il existe un nombre d'options disponibles pour la récupération. On détermine l'option la mieux adaptée à chaque flux de résidus sur base du procédé le plus rentable et le plus efficace économiquement et écologiquement.

Une bonne gestion des résidus (voir également 5.3) implique que l'on fasse le bon choix parmi les différentes possibilités de recyclage qui se présentent :

- o réemploi
  - même produit ou un produit similaire
  - transformation pour obtenir un autre produit
- o recyclage mécanique ou chimique
- o incinération avec valorisation énergétique
- o mise en décharge

Ce n'est que sur base d'arguments rationnels qu'il est décidé quel est le procédé de traitement économiquement et écologiquement le plus efficace pour un flux de résidus de PVC déterminé.

### **3.6.1.5.1 Flux de résidus**

La Commission européenne mentionne dans son livre vert une quantité de 3,6 millions de tonnes par an et une augmentation annuelle de 80% dans les vingt années à venir.

#### **3.6.1.5.1.1 Provenance**

On distingue 3 flux de résidus parmi les objets fabriqués en PVC.

Il existe bien un quatrième flux de résidus qui sont générés lors de la production des granulés de PVC mais que nous ne prendrons pas en considération ici. Si le processus de production se déroule normalement, les quantités sont négligeables. De plus, ces résidus sont si purs qu'ils peuvent être recyclés dans l'entreprise même.

- **Lors de la production**

Il s'agit des chutes ou de déchets générés en cours de production ou du façonnage. On les appelle les résidus vierges parce qu'ils peuvent être réutilisés sans problème à 95%. Les 5% restants sont pour l'une ou l'autre raison considérés comme souillés ou inutilisables et doivent être utilisés pour une autre application.

- **Lors de l'installation**

Il s'agit de matériaux en PVC vendus (revêtements de sols, tuyaux, câbles, ...) et qui sont sciés ou découpés sur mesure par l'installateur. Un mouvement a vu le jour ces dernières années afin de collecter ses résidus relativement vierges et de les traiter tout comme ceux de la production.

- **Après emploi (« post-consommation »)**

Le consommateur a employé l'objet en PVC (ou en PVC en combinaison avec d'autres substances), par exemple comme emballage alimentaire, bouteille, farde, ...

Différentes possibilités s'offrent à lui :

- 1) il le récupère : il l'utilise à une autre fin ;
- 2) il s'en débarrasse via les collectes sélectives de matières plastiques ;
- 3) il le place avec les déchets dans un sac poubelle.

#### **3.6.1.5.1.2** *Durée de vie*

La majeure partie des produits en PVC, aux alentours de 65%, est utilisée dans le bâtiment et dans des installations électriques ; elle a une durée de vie de 15 à 100 ans. Notons comme produits finis typiques : canalisations, gouttières, châssis de fenêtres, revêtements de sols et murs, isolation des câbles et fils électriques.

La longévité du PVC garantit un emploi maximal des matières premières naturelles qui servent à sa production. On peut dire que le PVC est un produit durable, aussi l'offre en « vieux » PVC est relativement limitée. Les châssis de fenêtres en PVC par exemple ont une durée de vie de 40 à 100 ans, ce qui signifie que le nombre de châssis de fenêtres en PVC qui atteignent la fin de leur durée de vie pour le moment est beaucoup plus faible que le nombre de nouveaux produits fabriqués. On s'attend à un changement dans les vingt prochaines années étant donné qu'un nombre croissant de produits auront atteint le seuil de leur « première vie ».

D'autres applications du PVC, d'une durée de vie de 2 à 15 ans, représentant environ 15%, concernent l'industrie automobile, les soins de santé ou interviennent comme un des composants de toute une série d'articles de sport et de loisirs.

Un troisième volet, environ 20%, est employé dans des articles de bureau et pour l'emballage d'aliments et d'autres produits. Le PVC constitue une bonne barrière contre l'air, l'oxygène, l'humidité et les odeurs. Ces propriétés sont notamment importantes dans le secteur médical : le PVC est utilisé pour l'emballage des médicaments, du sang et des solutions pour perfusion. Beaucoup d'objets en PVC sont à usage multiple. Les produits à usage unique concernent surtout des applications où la sécurité et l'hygiène sont primordiales.

#### **3.6.1.5.1.3** *Collecte, nettoyage et triage*

L'industrie du PVC collabore à des programmes de collecte pourvu qu'ils soient viables, car c'est la condition pour rester opérationnel à long terme.

- **Collecte**

En Belgique, plusieurs systèmes sont en usage.

- o **Reprise**

Des entreprises commerciales et des autorités régionales ou locales ont signé des accords concernant l'enlèvement des résidus et des déchets des entreprises, par exemple Val-I-Pac, OVAM.

- o **Collecte sélective**

Il s'agit de la collecte porte à porte des déchets plastiques des particuliers dans des sacs conçus à cet effet, par exemple le système Fost Plus.

- o **Retour**

Le consommateur est encouragé à déposer ses déchets dans un parc à conteneurs spécialement aménagé à cet effet.

- **Nettoyage et triage**

Nous n'entrerons pas dans les détails vu la complexité du sujet. Nous nous contenterons de dire que plus le flux de résidus est sale et mélangé, plus il est difficile et coûteux de le nettoyer et le trier.

Il est intéressant de noter que la présence de chlore peut servir de marqueur pour distinguer le PVC des autres matières plastiques dans un système de tri automatique.

### **3.6.1.5.2      Techniques de recyclage**

#### **3.6.1.5.2.1      *Recyclage mécanique***

Egalement appelé recyclage physique.

C'est une forme de recyclage de matériaux par laquelle un produit à la fin de sa durée d'utilisation est retraité pour le même usage ou des applications alternatives. Dans le cas du PVC, le traitement constituera dans des procédés de fonte à peu près semblables à ceux employés pour le produit originel.

- **Flux de résidus de PVC simples**

Le recyclage mécanique est écologiquement et économiquement viable lorsqu'on a une quantité suffisante de matériel de la même sorte, séparé et trié. Si c'est le cas, la qualité de PVC recyclé est souvent assez bonne pour en fabriquer des produits de la même sorte ou semblables. Ceci vaut notamment pour les tuyaux, les revêtements de sols et de toiture et les châssis de fenêtre. La composition chimique reste inchangée.

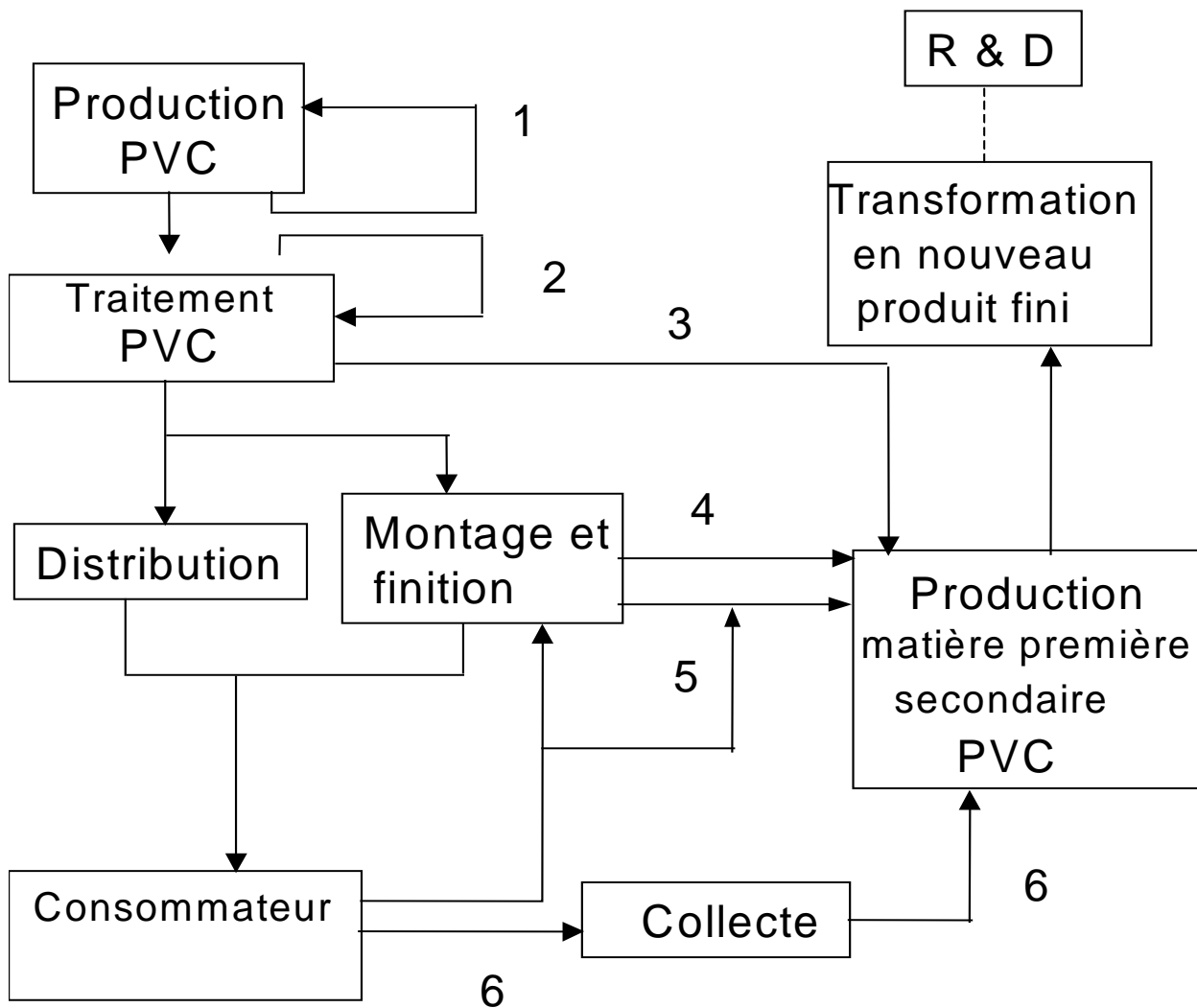
- **Flux de résidus de PVC composés**

Beaucoup d'objets sont composés de deux ou plusieurs matières plastiques (PVC, PE, PET, PS) qui sont mélangés ou non à d'autres matériaux comme le verre, les fibres de polyester, le métal (fil), le papier, le textile, le caoutchouc, ... La force qu'ils puisent dans leur composition pendant leur vie normale représente en fin de vie un problème, à savoir séparer les divers composants les uns des autres.

Les films laminés, les étoffes enduites, le simili-cuir pour chaussures et vêtements, le revêtement des tableaux de bord et de l'habitacle des voitures sont quelques exemples de ces matériaux composites. Leur recyclage peut être mécanique ou chimique (voir ci-après).

# BOUCLE DU RECYCLAGE MECANIQUE

“produits facilement recyclables”



1. Recyclage interne de déchets de production
2. Recyclage interne de déchets de traitement
3. Recyclage externe et réemploi de déchets de traitement
4. Recyclage externe de déchets de montage
5. Collecte des déchets des consommateurs
6. Collecte des déchets des consommateurs via un système de collecte sélective

- **Que se passe-t-il dans la pratique ?**

L'industrie du PVC est consciente du besoin d'innover dans de meilleures techniques de triage et de recyclage et elle s'efforce d'améliorer la situation en apportant son soutien aux initiatives qui vont dans ce sens.

- o **En Europe**

Les producteurs européens de matériaux de construction en PVC ont pris sur eux l'obligation de reprendre et recycler mécaniquement en fin de leur durée de vie de grandes quantités de matériaux qu'ils ont fabriqués et livrés. Cet engagement ambitionne de recycler au moins 50% des quantités disponibles pour des collectes d'ici 2005.

Pour les autres applications possibles, telles que câbles en PVC, revêtements de sol et de toiture, l'industrie s'engage à soutenir les développements qui aboutissent à une logistique appropriée, une meilleure technologie et des applications de réemploi plus nombreuses et plus qualitatives.

- o **En Belgique**

En Belgique, le recyclage du PVC et des autres matières plastiques a effectivement démarré.

- *Tuyauterie en plastique*

Via les points verts répartis sur tout le territoire, les fabricants, réunis au sein de la sprl « KURIO », reprennent les tuyaux en plastique enlevés lors de la rénovation des canalisations. Les tuyaux collectés sont acheminés vers des centres de recyclage. Le PVC recyclé est utilisé pour la fabrication de nouveaux tuyaux qui sont formés de trois couches de PVC, les multi-couches. La couche du milieu est constituée du PVC recyclé qui représente plus de 50% du volume du tuyau. Pour ce qui est de la qualité et du respect de l'environnement, ils n'ont rien à envier aux traditionnels tuyaux en béton ou en grès.

- *Châssis de fenêtres*

Une solution a également été trouvée pour les châssis de fenêtres, les volets mécaniques et autre matériel de construction en PVC. Les parcs à conteneurs municipaux et des PME de même que les installations de triage des collecteurs de déchets peuvent se débarrasser gratuitement de ce type de déchets auprès de la firme RULO. En collaboration avec FECHIPLAST, l'association belge qui regroupe les transformateurs de matières plastiques, elle garantit que les matériaux récupérés soient recyclés dans des matières plastiques de haute qualité pour des applications dans la construction, comme par exemple :

- o Châssis de fenêtres : mélange de produit recyclé et de produit nouveau ;

- o Revêtements des appuis de fenêtres ;
- o Revêtements muraux décoratifs ;
- o Revêtement de sol : carrelages, sous-tapis, qui contiennent jusqu'à 70% de produit recyclé.

– *Matériaux composites*

Une étape importante vient d'être franchie dans la valorisation du PVC des blisters, de l'isolation des câbles, des volants de voitures, tableaux de bord et tissus revêtus (par exemple simili-cuir) grâce au développement d'une nouvelle technique. Il s'agit d'un procédé de recyclage fermé qui consiste dans : le déchiquetage des déchets, la dissolution dans un solvant (biodégradable) afin de séparer les différents composants et récupérer le PVC par précipitation, séparation et séchage. Il en résulte du PVC en poudre dont la composition est identique à l'originale, additifs y compris. De plus, il est d'excellente qualité. Il peut être employé sans traitement supplémentaire. Le solvant est réutilisable et les autres fractions sont recyclables.

En fait, il n'y a pas de transformation chimique, c'est pourquoi cette méthode est qualifiée de recyclage mécanique (physique).

La technique (appelée VINYLOOP) est prête pour des applications à grande échelle. Une première usine a démarré début 2002 à Ferrare (Italie), elle a une capacité de 10.000 tonnes.

– *Recyclage du PVC contenu dans les déchets d'emballages ménagers*

Il s'agit ici du PVC et d'autres matières plastiques en provenance des déchets d'emballages ménagers, tels que divers récipients à eau, à boissons, pour produits d'entretien et certains emballages rassemblés dans des parcs à conteneurs.

La collecte est chère : un grand volume mais de faible poids entraîne des frais de transport élevés. De plus, on trouve toutes sortes de matières plastiques mélangées et sales, ce qui résulte dans des coûts élevés en personnel, nettoyage et triage.

La société EKOL, en pratiquant une séparation rigoureuse, puis à nouveau un mélange, a réussi à obtenir un granulats composé contenant de 20 à 40% de PVC. Il convient pour des produits linéaires comme des poutres et des pieux que l'on peut travailler comme le bois : scier, riveter, visser, forer, raboter, etc. Ils représentent une bonne alternative au bois ou au béton. Regardez autour de vous et vous les verrez :

- o utilisés en architecture paysagiste, dans les villes, les jardins : bancs (surtout gris), tables, bacs à fleurs, îlots directionnels, palissades, murs anti-bruit, par exemple le long de l'autoroute Anvers-Bruxelles à Vilvorde ;
- o dans des travaux de terrassement : plaques de protection pour câbles enterrés.

EKOL est située à Houthalen et a une capacité de production de 3000 tonnes par an.

– *PVC contenu dans le sac poubelle*

Le PVC ainsi que d'autres matières plastiques contenus dans le sac poubelle sont pour le moment, suivant la localité, incinérés ou mis en décharge. Il n'y a provisoirement pas d'autre solution. L'incinération offre l'avantage que l'énergie, contenue dans le PVC, est libérée et récupérée pour incinérer d'autres déchets (voir également 3.6.1.5.3).

**3.6.1.5.2 Recyclage chimique**

On l'appelle également recyclage de matières premières.

C'est un type de recyclage particulièrement bien adapté aux flux de résidus mélangés.

Il faut voir dans le recyclage chimique un complément au recyclage mécanique, et ce pour deux raisons :

- afin de disposer de la technologie qui permet de recycler de grandes quantités de flux de résidus mélangés et souillés et de déchets de matières plastiques ;
- pour augmenter la capacité totale de recyclage qui sera nécessaire pour traiter les quantités toujours croissantes de matériel à recycler.

Des recherches portant sur de nouvelles technologies de recyclage chimique sont en cours : incinération, gazéification, hydrogénation, etc.

Ces technologies sont toutes basées sur le principe de décomposition des matériaux composites en leurs composants chimiques. Ces derniers sont récupérés à part et peuvent être alors utilisés comme produit de base dans divers processus industriels pour la fabrication de nouveaux produits. En fait, il s'avère que le chlore et les hydrocarbures sont à nouveau produits à l'endroit d'où ils proviennent : les installations pétrochimiques.

A l'heure actuelle, aucune de ces techniques n'est entièrement au point. C'est toujours le même problème : viabilité économique et écologique, et (provisoirement) manque d'approvisionnement suffisant de matériel à recycler.

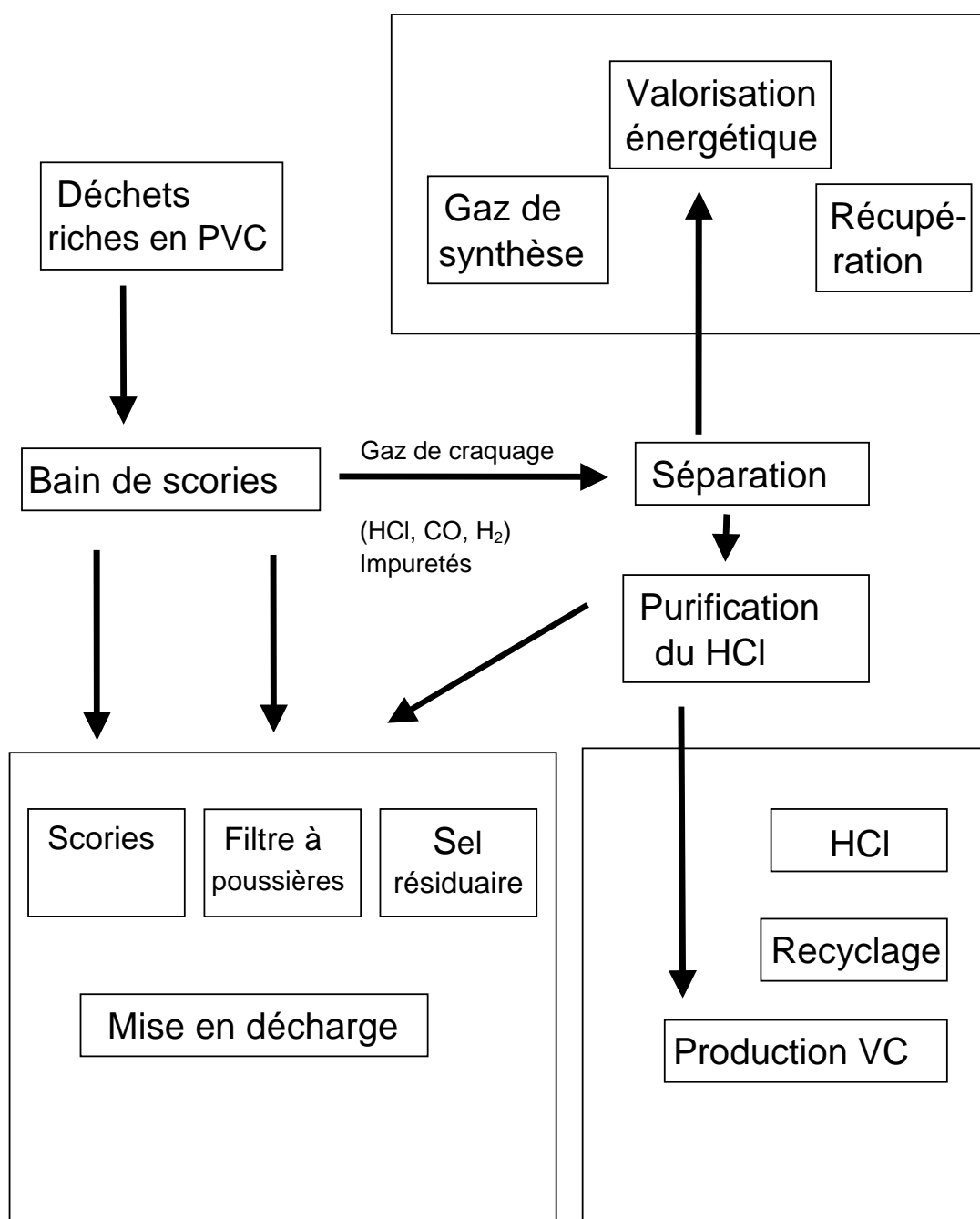
De plus, il faut faire des choix en fonction des installations à construire. Si le matériel de base est riche en PVC – et contient plus de 30% de PVC comme dans les exemples de matériaux composites indiqués plus haut – c'est surtout de l'acide chlorhydrique que cette méthode permettra de récupérer. Ce qu'il faut c'est obtenir de l'acide chlorhydrique suffisamment pur et suffisamment concentré (plus de 20%) pour qu'il puisse servir à nouveau de matière première dans la production de VCM, la substance de base pour la production de « nouveau » PVC.

Les producteurs de PVC croient dans l'avenir de cette technologie de décomposition du PVC en ses composants d'origine : chlore et hydrocarbures. Ils se sont engagés à investir dans une usine pilote d'une capacité de 2000 tonnes par an en vue d'étudier tous les aspects et toutes les

conditions à remplir pour une installation industrielle à grande échelle. Pour des raisons évidentes, un projet aussi ambitieux n'est réalisable qu'au niveau européen.

Le schéma de base retrace une ébauche de l'usine pilote. Les déchets riches en PVC sont mélangés à du sable et craqués dans un bain de scories à une température de 1400 à 1600°C. L'acide chlorhydrique est séparé du gaz de craquage.

## RECYCLAGE CHIMIQUE SCHEMA DE BASE



Sur base des résultats (attendus à la mi-2002), il sera décidé ou non de construire une usine à échelle commerciale.

Entre-temps, des recherches sont menées sur les possibilités qu'offrent d'autres procédés de recyclage chimique. On s'attend à ce qu'ici 2005, le recyclage chimique représente une part importante du traitement des déchets de matières plastiques à taux élevé de PVC.

### **3.6.1.5.2.3 Conclusion**

On est déjà très avancé sur le plan technique. Le plus gros problème réside dans un approvisionnement de matériel à recycler suffisant et approprié. La poursuite de la recherche, de nouveaux programmes de recyclage tant mécanique que chimique peuvent contribuer à augmenter le volume total de PVC recyclé. Pour atteindre un volume plus élevé, la collaboration des autorités compétentes dans la mise sur pied et l'organisation de la collecte des flux de résidus de PVC, contenus dans les matériaux composites ou non, est nécessaire. La mobilisation de chaque citoyen est un must. Le développement durable, à côté du volet écologique et du volet économique, a également une dimension sociale.

Les producteurs et les transformateurs de PVC veulent arriver à une stratégie de gestion intégrée pour toute la durée de vie du produit y compris la fin du cycle de vie et le stade de déchet. Ceci ne sera possible que dans le cadre d'une politique européenne commune.

### **3.6.1.5.3 Incinération avec valorisation énergétique**

#### **3.6.1.5.3.1 Valorisation énergétique**

L'incinération est un moyen de recycler. Le pouvoir calorifique des dérivés de pétrole utilisés dans la production du PVC peut être valorisé, même après de nombreuses années d'emploi de ce même PVC aujourd'hui mis aux ordures. Cette énergie a été en quelque sorte « empruntée » par l'objet en PVC pendant la durée de sa vie utile.

Autre avantage : en mélangeant les déchets de PVC aux déchets ménagers, on diminue la quantité d'énergie nécessaire à l'incinération du volume total de déchets.

#### **3.6.1.5.3.2 L'incinération de déchets contenant du PVC est-elle nuisible à l'environnement ?**

Une étude menée en 1999 par le TNO, institut néerlandais indépendant pour l'environnement, l'énergie et l'innovation des procédés, une des nombreuses études du même type, a conclu que l'incidence négative du PVC dans l'incinération des déchets ne repose sur aucune preuve scientifique, économique ou écologique. L'étude a également montré qu'une forte diminution ou même l'élimination complète du PVC du flux de déchets **ne** représente **pas** un avantage réel pour l'environnement.

La présence ou non de PVC dans les ordures ménagères lors de leur incinération n'a pas d'incidence significative sur la quantité de dioxines qui se forment. La présence de chlorures, tels que le sel de cuisine, dans les déchets suffit pour qu'il y ait formation de dioxines. Le taux des émissions de dioxines dépend surtout de l'efficacité du processus d'incinération et du système de lavage des fumées. Dans les installations d'incinération modernes, les émissions de dioxines sont tellement minimes que l'impact sur l'environnement peut être considéré comme insignifiant.

L'impact de l'incinération du PVC sur les pluies acides est négligeable pour les systèmes dotés d'un équipement de lavage et de neutralisation. Même sans neutralisation, il ne se chiffrerait en Belgique qu'à 0,25% de l'impact sur les pluies acides.

Un four d'incinération d'une capacité de 790 tonnes, équipé des toutes dernières technologies, a récemment été mis en service à Hambourg (en Allemagne). Avec ce procédé, les déchets à traiter peuvent avoir une teneur en chlore allant jusqu'à 4% alors que le maximum normalement admissible est de 1%. En optimisant le processus d'incinération, on obtient même un meilleur rendement de neutralisation. Résultat : à la sortie, on obtient un acide chlorhydrique d'une concentration de 30%, ce qui est économiquement intéressant. La qualité de ce type d'acide chlorhydrique est telle qu'il peut même servir à l'industrie alimentaire.

Pour plus d'information, consultez le site :

<http://www.europa.eu.int/comm/environment/pvc/contributions/2mvr.pdf>

### **3.6.1.5.3.3 Moins de déchets ultimes ? C'est possible !**

Les installations modernes d'incinération sont construites selon les MTD : meilleures techniques disponibles. Elles respectent les normes les plus strictes et sont équipées d'appareils qui empêchent les émissions de substances nuisibles. Mais il reste toujours des déchets ultimes, ces déchets qui sont générés lors du lavage des gaz de fumées.

Le volume et le contenu de ces déchets ultimes en provenance des installations modernes d'incinération de déchets contenant du PVC font l'objet d'études minutieuses, lesquelles ont conclu qu'il est possible de réduire encore ces déchets ultimes.

La nouvelle technique consiste à utiliser du bicarbonate de soude au lieu de chaux comme neutralisant et intégrer la purification des gaz de fumées dans le traitement des résidus de déchets incinérés. Cette technologie permet de récupérer les sels contenus dans les résidus et en même temps de stabiliser et pétrifier les déchets restants. Les sels sont réutilisés dans divers processus chimiques.

Cette technique innovatrice assure une réduction drastique des quantités de déchets ultimes à mettre en décharge après la purification des gaz de fumées : une solution écologique et durable.

#### **3.6.1.5.3.4**      *Mise en CET des déchets*

Quel que soit le procédé de valorisation, il reste toujours des déchets ultimes qui ne sont pas recyclables : les cendres. Pour l'élimination finale de cette partie limitée de déchets, on a recours aux centres d'enfouissement technique (CET).

D'un point de vue écologique, la mise en CET est la solution la moins bonne car elle exclut toute possibilité de réemploi. Cependant, les CET resteront un mal nécessaire pour les déchets sans perspective de réemploi.

Une étude menée sur une période de trois ans a conclu que l'option de la mise en CET ne devait pas par définition être éliminée pour la gestion des déchets contenant du PVC. Les recherches sur le comportement à long terme des différents produits en PVC ont montré que le PVC, en lui-même inerte, peut résister à toute décomposition dans les conditions de stockage des CET et ne produit pas de chlorure de vinyle.

#### **3.6.1.5.4**      **Recyclage du PVC – Conclusion générale**

L'industrie du PVC est occupée à mettre sur pied des solutions réelles de gestion intégrée de ses flux de résidus et déchets, aussi bien pour les produits en PVC à courte durée de vie qu'à longue durée de vie, aussi bien pour les matériaux simples que composites.

Tant en Belgique que dans le reste de l'Europe, un nombre de programmes de recyclage sont opérationnels. La plupart sont conçus en vue d'accroître la capacité en cas d'amélioration de la disponibilité et de l'acheminement des matériaux à recycler.

L'industrie du PVC s'efforce de maximaliser les possibilités qu'offrent les programmes de recyclage existants. Elle encourage le développement de nouvelles initiatives visant à garantir les besoins futurs. Par son « engagement volontaire » écrit, elle œuvre au développement durable dans le cadre du programme Responsible Care de l'industrie chimique (voir sites <http://www.pvcinitiative.com> et [www.plastics-in-ELV.org](http://www.plastics-in-ELV.org))

## 3.6.2 Les polycarbonates

Les polycarbonates sont des matières synthétiques thermoplastiques<sup>1</sup>, susceptibles d'être travaillées de nombreuses manières. Ils sont utilisés dans la fabrication des vérandas, des plaques translucides et des disques compacts mais également pour les casques de motocycliste, les verres de lunettes et des appareils ménagers.

Les polycarbonates ne contiennent pas de chlore, mais sont par contre fabriqués à l'aide de chlore.

Les polycarbonates font partie des matières thermoplastiques. Ils sont apparus au début des années 60. La consommation mondiale annuelle de polycarbonates tourne autour des 1.200.000 tonnes.

### 3.6.2.1 Comment fabrique-t-on les polycarbonates ?

Il existe plusieurs procédés de fabrication mais la réaction à partir de bisphénol A et de chlorure de carbone (phosgène) est aujourd'hui presque la seule à être utilisée. Un procédé continu permet de maintenir un faible niveau de gaz toxique au sein des installations. La production et les manipulations sont soumises à des mesures de sécurité extrêmement sévères. Le chlore utilisé durant la production n'aboutit pas dans le produit fini mais se dégage sous la forme d'une solution aqueuse contenant de l'acide chlorhydrique et est récupéré. Ce procédé permet de moduler avec efficacité les caractéristiques physiques des polycarbonates, conformément aux besoins de fabrication et de transformation.

Des solutions alternatives sont à l'étude mais ne satisfont pas encore à ce jour aux exigences techniques. De plus, elles sont bien plus coûteuses.

### 3.6.2.2 Quelles sont les propriétés des polycarbonates ?

Les polycarbonates sont:

- transparents cristal;
- résistants à la température et donc stérilisables;
- d'une grande résistance mécanique;
- solides et indéformables;
- très résistants au vieillissement;
- d'une capacité d'isolation électrique importante ;
- facilement recyclables.

---

<sup>1</sup> Thermoplastique : matière plastique qui ramollit ou se plastifie au contact de la chaleur.

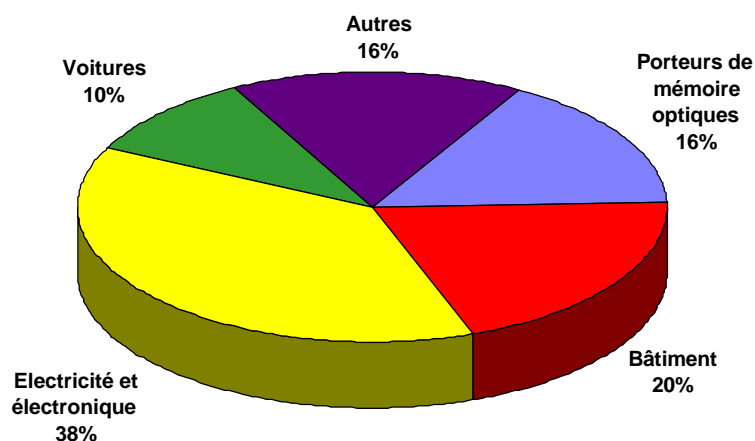
### 3.6.2.3 Qui sont les utilisateurs des polycarbonates ?

- Le secteur électrique constitue le plus important domaine d'application des polycarbonates à raison de 38%. Ils y ont remplacé dans une large mesure les matériaux traditionnels comme la céramique et le métal. Les armatures électriques, pièces de commutateurs et d'appareils ménagers en sont des exemples-type.
- Le secteur de la construction est un ardent consommateur de polycarbonates avec 20%. On les retrouve dans les pièces d'assemblages et les profils. Les polycarbonates, plus légers et plus résistants à la fois, remplacent souvent le verre ou l'acryl dans la construction de toits transparents, de serres, coupoles et vérandas. Certaines plaques en polycarbonate peuvent être comparées à un mur creux ou à un double vitrage. En été, les rayons solaires sont réfléchis de façon diffuse de telle sorte que la plaque peut servir à isoler de la chaleur tout en laissant pénétrer suffisamment de lumière. L'effet de serre est 46% moindre que celui du verre.
- L'utilisation comme substrat dans la production de supports de mémoire, tels que disques compacts (CD) et disques digitaux versatiles (DVD), occupe la troisième place avec 16%. Les polycarbonates satisfont aux exigences sévères en matière de qualité, de pureté, ainsi qu'aux prescriptions optimales de traitement de ces produits.
- L'industrie automobile absorbe 10%. Elle utilise les polycarbonates pour la fabrication de lentilles antigraffes (résistant à l'abrasion) et les blocs optiques.
- On trouve les 16% restants de la consommation de polycarbonates dans des applications plus restreintes comme dans le secteur médical (pièces d'appareils de dialyse), l'optique (verres à lunettes), la bureautique (pièces d'ordinateurs) et les équipements de sécurité (casques de motocycliste) et l'emballage (biberons pour bébés, grandes bouteilles de limonade à usage multiple).

### 3.6.2.4 Peut-on recycler les polycarbonates ?

Des procédés de recyclage de produits à base de polycarbonates sont en cours de développement. Il existe ainsi en Allemagne une installation qui transforme les CD usagés en boîtiers d'ordinateurs. La proportion de matériel à recycler est toutefois encore trop petite à l'heure actuelle pour être rentable.

#### Applications des polycarbonates



## 3.6.3 Les polyuréthannes

Les polyuréthannes disposent d'un vaste champ d'application grâce à la gamme très étendue de leurs propriétés. On les appelle les matières plastiques 'aux mille et une applications'.

Le chlore est utilisé dans la fabrication des polyuréthannes. Il n'est cependant plus présent dans le produit fini.

Les polyuréthannes sont des produits de synthèse déjà fabriqués dans les années 40. Ils représentent 5% du marché des matières plastiques. Leurs propriétés multiples permettent de très nombreuses applications. La production mondiale s'élève à 7,5 millions de tonnes par an.

Le grand essor intervint dans les années 60 avec l'apparition des mousses rigides. Celles-ci devinrent célèbres grâce à leur double fonction d'isolation thermique et de construction. Il fallut attendre jusqu'en 1985 pour les mousses souples. Un tout nouveau procédé de mélange, capable de répondre à toutes les propriétés recherchées, fut alors élaboré.

### 3.6.3.1 Comment fabrique-t-on les polyuréthannes?

Le chlore est utilisé comme intermédiaire dans la fabrication de certains polyuréthannes. Le chlore est éliminé au cours du processus de fabrication, ce qui implique que les produits finis n'en contiennent pratiquement pas. La teneur en chlore du polymère-méthylène-diphényl-diisocyanate (PMDI), par exemple, n'est que de 0,15 à 0,25%.

Deux composants génèrent du polyuréthane lorsqu'on les assemble: les polyols et les isocyanates.

Le chlore est employé pour la production des composés d'isocyanates. Il réagit avec le monoxyde de carbone pour former du chlorure de carbonyle (phosgène), lors de la première phase du procédé de fabrication. Ce dernier est transformé ensuite en isocyanates par réaction avec des amines adéquates. Le chlore se dégage du mélange réactif sous forme d'acide chlorhydrique, soit sous forme gazeuse, soit en solution aqueuse. Les deux seront utilisés à leur tour comme matériau de base dans d'autres branches de l'industrie (l'industrie des aliments pour bétail et la métallurgie, la production de chlorure de vinyle).

La sécurité revêt une très grande importance dans la production des polyuréthannes. Le chlorure de carbonyle est très toxique. C'est pourquoi la plus grande prudence s'impose. La production s'effectue dans des installations étanches où le chlorure de carbonyle est transformé au fur et à mesure de sa production. Les quantités présentes dans les installations sont réduites au minimum. Des tests de sécurité continuels et des systèmes techniques de protection contre les fuites (tels que des installations encastrées avec système de surveillance électronique) complètent le dispositif.

Pour l'instant, il n'existe pas encore d'alternative industrielle sans chlorure de carbonyle (et donc sans chlore) pour la production d'isocyanates aromatiques.

Des procédés sans chlore sont toutefois disponibles en ce qui concerne les isocyanates aliphatiques, nettement moins utilisés.

Il existe d'autre part un procédé de production alternatif, sans chlore, pour la préparation de l'oxyde de propylène. L'oxyde de propylène est une matière première destinée à la production de polyols et de polyéthers. Lors de ce procédé, du styrène ou du MTBE<sup>1</sup> apparaît. L'utilisation de ce procédé n'a d'intérêt que si le co-produit peut être utilisé sur place, dans une installation de production intégrée, ou s'il peut être vendu.

### **3.6.3.2 Quelles sont les propriétés des polyuréthannes ?**

Le polymère est résistant à l'usure, élastique, léger mais solide et extensible. Il adhère bien et résiste à n'importe quelle condition climatique.

Les caractéristiques des polyuréthannes peuvent être adaptées en fonction d'un but ou d'une utilisation spécifique. Il suffit de varier le choix des matières premières et des paramètres du processus de production, on obtient alors un produit :

- compact ou en mousse;
- ultra-souple, souple, semi-rigide ou rigide;
- façonné ou encore sous forme de blocs ou de plaques fabriquées en continu;
- sous forme de feuille, de fibre ou de tissu;
- d'une densité de 10 à 1100 kg/m<sup>3</sup>.

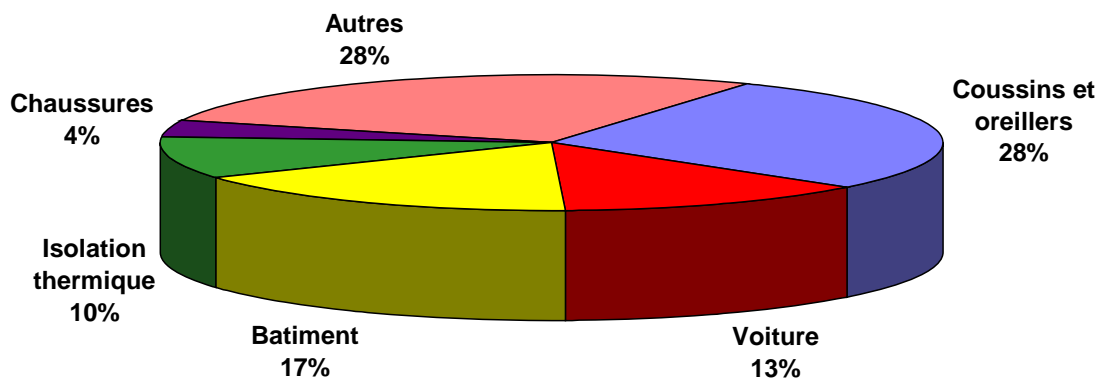
### **3.6.3.3 Quelle est l'utilisation des polyuréthannes ?**

Les polyuréthannes servent à fabriquer :

- des mousses (souples ou rigides) pour matelas, coussins et fauteuils, matériel sportif, isolation thermique dans la construction, pour le transport routier et l'industrie du froid ;
- des fibres textiles;
- à traiter peintures, bois, béton et métal ;
- des mousses rigides (comme matériel d'isolation pour frigos, plaques de construction, conduites de chauffage);
- des pièces façonnées rigides et flexibles comme dans l'industrie automobile (volant, pare-chocs, sièges), châssis de fenêtres, skis, semelles de chaussures, pièces d'ordinateurs, et jusqu'aux meubles et œuvres d'art modernes;
- tissus textiles et tapis;
- laques et produits pour le traitement du bois;
- colles;
- mastics d'étanchéité ;
- explosif plastique (en anglais PBX : plastic bounded explosive).

---

<sup>1</sup> MTBE = methyl tertiair butylether (en anglais), utilisé e.a. comme antidétonant dans l'essence de voiture.



### 3.6.3.4 Peut-on recycler les polyuréthannes?

Il existe différentes méthodes permettant de recycler les polyuréthannes. Certaines d'entre elles sont déjà effectives. La plus ancienne méthode de recyclage des polyuréthannes consiste à déchiqueter les mousses souples en flocons. Après adjonction d'un liant, ils sont de nouveau comprimés jusqu'à l'obtention de mousses dont on fabrique des tapis utilisés pour la gymnastique, mais aussi dans l'élevage.

Le recyclage des polyuréthannes n'en est encore qu'à ses débuts, l'offre de matériel à recycler étant insuffisante. L'incinération propre constitue une alternative intéressante. Elle permet la récupération de l'énergie dégagée et le lavage des gaz des fumées.

## 3.6.4 Les résines époxy

Les résines époxy comptent parmi les produits de l'industrie chimique ayant le plus de succès. Elles sont très polyvalentes, faciles à l'emploi et universelles.

Les résines époxy sont adaptées tant aux articles ménagers qu'aux grands travaux de construction, aux ordinateurs, aux satellites, aux boîtes de boissons ou aux cloisons des navires, ...

La résine époxy apparaît aussi sous de nombreuses formes: colle, peinture, poudre, résine, laminat, composite, ...

Les résines époxy sont fabriquées avec du chlore. Il n'existe pas de procédé alternatif.

Environ 830.000 tonnes de résines époxy sont annuellement utilisées à travers le monde. La majeure partie, soit environ 65%, est transformée en peintures ainsi qu'en vernis de décoration et de protection.

Dès leur apparition dans les années 50, les résines époxy sont devenues l'un des grands succès de l'industrie des matières plastiques. Les résines époxy sont, en fait, des produits intermédiaires entrant dans une large gamme de produits finis, allant des colles aux poudres, jusqu'au matériel d'isolation électrique.

### 3.6.4.1 Comment fabrique-t-on les résines époxy?

Les résines époxy sont fabriquées par condensation de bisphénol-A et d'épichlorhydrine. Le procédé démarre par la réaction du propylène avec le chlore, pour former du chlorure d'allyle. Par réactions ultérieures successives avec de l'hypochlorite de sodium et de la lessive de soude, on obtient l'épichlorhydrine. Il s'agit d'un produit de base de l'industrie chimique, utilisé entre autres dans la production de glycérine. Une réaction ultérieure entre l'épichlorhydrine, la soude caustique et le bisphénol-A donne, en fonction des quantités incorporées, des résines époxy liquides ou solides.

Des mélanges et des additions de divers matériaux et substances chimiques permettent de créer un produit déterminé pour chaque application spécifique. Des résines époxy liquides sont durcies par adjonction d'agents durcisseurs divers. Le durcissement s'effectue, soit à température ambiante (pour la couche de protection intérieure d'une boîte en fer blanc, par exemple), soit à haute température et sous pression (pour la couche de vernis de finition d'une machine à laver, par exemple).

Mélanger des résines époxy avec des solvants et des diluants diminue la viscosité et facilite l'utilisation notamment dans des applications relatives à la construction et aux peintures. Des

‘activateurs’ assurent un durcissement plus rapide. Des charges, des colorants ainsi que des pigments peuvent également être rajoutés.

Des propriétés physiques, mécaniques ou chimiques bien définies peuvent être obtenues par l’adjonction notamment de silice, de quartz, de graphite ou de poudre métallique.

Lorsqu’on ajoute des fibres de verre ou de carbone, tissées ou non, on obtient des matériaux offrant une résistance mécanique exceptionnelle, appelés matériaux plastiques armés et composites.

Les agents durcisseurs servant à la polymérisation des résines époxy sont d’une grande importance. Ce sont eux qui déterminent comment et dans quelle application le produit fini sera le mieux utilisé. La connaissance et le savoir-faire sont le résultat d’un long travail de recherches et sont donc le plus souvent protégés par brevet, avec la nécessaire discrétion que cela implique quant aux informations disponibles.

### **3.6.4.2 Quelles sont les propriétés des résines époxy ?**

- Les résines époxy durcies sont des matériaux extrêmement résistants qui ne rétrécissent pratiquement pas;
- elles assurent une isolation électrique parfaite et résistent à des températures de fonctionnement allant de -80 à + 180 °C. Elles allient une stabilité chimique remarquable à une résistance extraordinaire à la rupture et aux fissures;
- les résines époxy liquides sont connues pour leurs qualités adhésives sur tout type de surface. Elles ne forment jamais de bulles d’air et, ce, même en l’absence de pression externe;
- les pièces pressées et coulées, de même que les matériaux composites, pèsent beaucoup moins lourd que les matériaux classiques qu’ils remplacent dans les automobiles et les avions. Ils diminuent ainsi considérablement la consommation de carburant, ce qui est mieux pour l’environnement.

### **3.6.4.3 A quoi utilise-t-on les résines époxy?**

#### **3.6.4.3.1 Navigations aérienne et spatiale**

Les résines époxy sont utilisées dans la fabrication d’éléments structurels pour avions, fusées et satellites. Exemples: des morceaux d’ailes et de queues, les portes, les hélices des hélicoptères, et jusqu’à toute la coque des avions de tourisme sont en résines époxy.

Les qualités d’adhérence sont idéales pour la fabrication des structures en nids d’abeilles des planchers d’avions, de même que pour les peintures spéciales pour avions.

### **3.6.4.3.2 Construction**

Les revêtements de sols en époxy sont les premiers lorsqu'il s'agit d'inusabilité et d'étanchéité. De plus, ils sont antidérapants et faciles d'entretien. Ces qualités sont surtout importantes pour les revêtements de garages, les douches et les entrepôts de produits dangereux.

Les revêtements en époxy protègent contre la corrosion l'armature en acier des bâtiments et ponts en béton. Ils sont le liant par excellence, pour le mortier et pour le plâtre utilisés dans la restauration des monuments historiques et des oeuvres d'art, les travaux d'étanchéité pour les murs de tunnels, ainsi que pour rendre les cheminées imperméables à la fumée, etc.

Les combinaisons époxy - bitume constituent des liants très utilisés dans la préparation de peintures antirouille pour cloisons de navires, conduites immergées et les plates-formes de forage.

### **3.6.4.3.3 Chimie**

Les citernes de stockage, tuyauteries et pipe-lines ou leur revêtement intérieur et/ou extérieur sont fabriqués avec des résines époxy.

### **3.6.4.3.4 Electricité**

Les résines époxy sont beaucoup utilisées dans les installations électriques, telles que transformateurs, turbines, conducteurs de transmission et interrupteurs. Ceci grâce à leur excellente isolation électrique et à leur résistance chimique.

Les résines époxy sont également destinées aux couches de protection et de confort pour les appareils ménagers, comme les machines à laver et les lave-vaisselle.

### **3.6.4.3.5 Electronique**

L'électronique fait un usage intensif des résines époxy pour la réalisation des circuits imprimés, de même que pour l'encapsulation et l'habillage de composants électriques.

Les résines époxy jouent un rôle important dans l'informatique: toutes les cartes pourvues de composants électroniques en sont faites. Quant aux composants électroniques mêmes (puces, mémoires, ...), ils sont encastrés dans des résines de haute technologie, adaptées à chaque application en particulier.

### **3.6.4.3.6 Transport**

Dans ce monde en pleine évolution qu'est le transport, peu de domaines échappent aux résines époxy. Diverses pièces de voitures, telles que coiffes des distributeurs de courant et ressorts à lames mais aussi des carrosseries entières de voitures de course et la coque de vedettes sont fabriquées à l'aide de résines époxy.

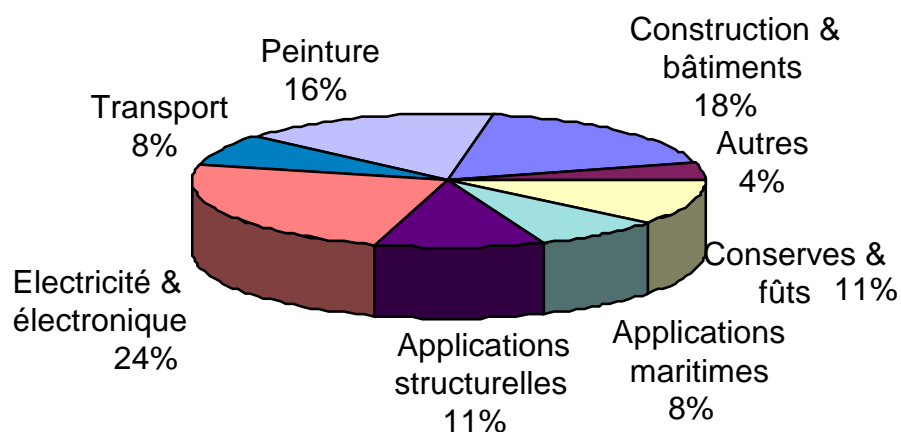
### 3.6.4.3.7 Alimentation et boissons

Les cannettes pour boissons rafraîchissantes de même que les réservoirs de stockage et les fûts à vin, bière et autres denrées alimentaires, sont pourvus à l'intérieur d'une couche d'époxy. Ce qui assure à leur contenu, une qualité et un goût plus longtemps préservés.

### 3.6.4.3.8 Sports et loisirs

Certaines disciplines sportives ont vécu des changements révolutionnaires suite à l'utilisation de résines époxy. Les skis, raquettes, planches à voiles, planeurs, clubs de golf, cannes à pêche et même instruments de musique se sont fortement améliorés grâce aux matériaux composites. Ces derniers sont fabriqués avec des résines époxy combinées à des fibres de verre ou de carbone.

**Applications des résines époxy**



## 3.6.5 Les silicones

Les silicones sont des polymères aux propriétés extraordinaires, que l'on retrouve dans tous les secteurs industriels ainsi que dans la vie quotidienne.

Elles doivent le succès à leur simplicité d'utilisation, il suffit de penser aux joints d'étanchéité élastiques dans la construction et le sanitaire.

Les silicones sont produites à l'aide de chlore. Il n'existe pas de procédé alternatif.

Le nom *silicone* désigne un large éventail de produits techniques. Les propriétés particulières du silicone sont déterminées par des polymères dans lesquels le silicium et l'oxygène constituent une configuration stable. Par leur structure moléculaire, les silicones se situent entre les silicates inorganiques et les polymères organiques. Les silicones possèdent des propriétés particulières qui ne peuvent être obtenues d'aucune autre matière.

### 3.6.5.1 Comment fabrique-t-on les silicones?

Le silicium et le chlore sont les éléments de base nécessaires à la préparation des silicones. Le silicium est incorporé dans le polymère par réaction avec de l'oxygène et des hydrocarbures. Le chlore est présent dans le circuit de synthèse sous la forme de chlorure de méthyle gazeux : le silicium réagit à une température de 250 à 300°C et une pression de 1 à 5 atm. avec ce composant organochloré. Après distillation, on obtient un produit chloré, le diméthylchlorosilane, qui réagit avec l'eau pour former du siloxane. On obtient alors, comme sous-produit de cette réaction, de l'acide chlorhydrique, qui est transformé en chlorure de méthyle après séparation et réaction avec le méthanol. Ce dernier est réinjecté dans le processus. Dans un procédé alternatif moderne, la transformation du diméthylchlorosilane ne se fait plus avec de l'eau mais directement avec du méthanol.

Il n'existe pas encore à ce jour de procédés alternatifs industriels (sans chlore) pour cette synthèse des silicones.

L'industrie chimique peut fournir une très vaste gamme de silicones en modifiant légèrement la structure moléculaire.

### 3.6.5.2 Quelles sont les propriétés des silicones ?

- Les silicones se présentent sous la forme d'huiles, de graisses, de pâtes, de caoutchoucs et de résines.
- Lorsqu'il durcit, ce qu'on appelle *mastic de silicone* sent souvent l'acide acétique. Une fois durci, on l'appelle du *caoutchouc de silicone*.
- Les silicones sont stables thermiquement et résistantes aux intempéries.
- Elles restent d'une grande élasticité, même à basse température.
- Elles sont un bon isolant électrique.

- Les silicones sont sans contexte hydrofuges et lipophobes.
- Elles ont une basse tension superficielle.

### **3.6.5.3 Que peut-on réaliser à l'aide des silicones?**

- Les silicones doivent leur grand succès à leur simplicité d'utilisation et à leur polyvalence.
- Leur faible conductivité est surtout utile dans le câblage électrique.
- Les silicones sont utilisées pour leur propriété réfractaire dans les recouvrements métalliques, les isolants, les lubrifiants et des matériaux de construction, tels que les produits de protection des façades.
- Tout le monde connaît les silicones des joints d'étanchéité élastiques dans la construction et les sanitaires.
- Cette application progresse également dans les véhicules et l'électronique.
- Les silicones servent à optimiser le fonctionnement des verrouillages centraux pneumatiques.
- On les trouve dans des équipements médicaux, tels que les joints d'appareils de dialyse, les pistons des seringues et l'isolation des électrodes des pacemakers.
- D'autres champs d'application sont les peintures, les produits lessiviels, les cosmétiques et les produits pharmaceutiques, les silicones que les sculpteurs utilisent pour fabriquer leurs moules.
- Le dentiste, quant à lui, utilise un mastic siliconé spécial à deux composants : en un rien de temps, la masse de silicone durcit dans la bouche et forme une empreinte parfaite de la denture.

### **3.6.5.4 Comment recycle-t-on ou élimine-t-on les déchets?**

Les déchets de silicone peuvent être déposés dans les décharges d'ordures ménagères sans conséquences pour l'environnement. Cependant, l'incinération contrôlée dite : recyclage thermique est recommandée. La chaleur résiduelle peut ainsi être récupérée. Cette méthode régénère des sous-produits naturels comme l'acide silicique, l'acide carbonique et l'eau.