

Plastiques et recyclage

I – Introduction :

Plastiques :

Ce sont des macromolécules, c'est à dire des molécules de très grande masse molaire moléculaire (elle dépasse souvent 10 000 g/mol), obtenues par synthèse.

Remarque : Il existe dans la nature des macromolécules (la cellulose, les protéines, le latex, ...) mais les plastiques sont des matériaux uniquement synthétiques (**artificiels**).

Leur essor est lié à la nécessité d'obtenir des matériaux ayant de nouvelles propriétés (ex : allègement de structures en aéronautique)

Matière première :

Les trois principales sources de matières premières pour l'industrie chimique organique (et donc pour les plastiques) sont :

- Le **pétrole** et le gaz naturel } fournissent les matières de base simples les plus fondamentales (alcènes, hydrocarbures benzéniques, ...)
- La houille }
- La biomasse végétale → fournit des composés déjà relativement complexes (ex : cellulose)

Pétrole brut :

C'est un mélange très complexe d'hydrocarbures acycliques et/ou cycliques de C₁ à C₄₀ environ.

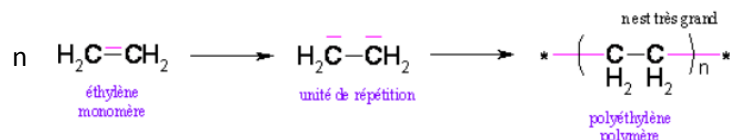
Le raffinage du pétrole brut permet de fractionner ces mélanges (colonnes de distillation fractionnée), puis de leur faire subir des modifications (craquage, vapocraquage, reformage, ...), notamment pour produire des molécules de base pour l'industrie chimique.

II – Polymères :

1. Définition :

Un polymère est une macromolécule formée de l'enchaînement covalent d'un très grand nombre d'unités de répétition qui dérivent d'un ou de plusieurs **monomères** (également appelés **motifs**), et préparée à partir de molécules appelées « **monomère** ».

Exemple :



On distingue la **polymérisation par addition** qui consiste en la réunion les uns aux autres de composés non saturés (molécules possédant au moins une liaison multiple) de la **polymérisation par polycondensation**.

2. Polymérisation par addition :

C'est une réaction d'addition d'un grand nombre de molécules identiques pour donner un composé à masse molaire moléculaire élevée.

Exemples

- $n \text{ CH}_2=\text{CH}_2$ (éthylène) \longrightarrow $\text{---}(\text{CH}_2\text{---CH}_2)_n\text{---}$ (polyéthylène)
- chlorure de vinyle (formule à écrire) \longrightarrow polychlorure de vinyle (formule à écrire)

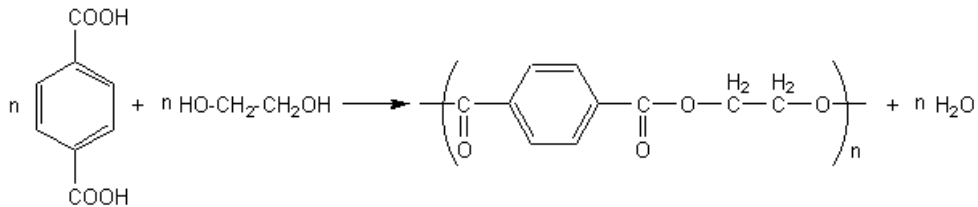
3. Polymérisation par polycondensation :

C'est une véritable réaction chimique entre molécules portant des groupements fonctionnels différents, avec élimination d'une petite molécule (H₂O, HCl, ...).

Les réactifs étant porteurs de deux (ou trois) groupements fonctionnels, une réaction de proche en proche édifie progressivement de très longues chaînes.

Exemple : le PET (polytéréphtalate d'éthylène glycol ou polyéthylène téréphtalate)

Polymère obtenu par réaction entre l'acide téréphtalique et le glycol (réaction d'estérification) :



Applications : textile (Tergal) ; ruban support d'enregistrement audio et vidéo (cassettes), feuilles d'emballage conservant l'arôme (café), bouteilles de boissons gazeuses. En chirurgie : prothèses vasculaires et valves cardiaques.

III – Recyclage des matières plastiques :

Les principaux avantages des matières plastiques (longue durée de vie, faible dégradabilité, faible densité et grande diversité d'utilisation) deviennent des inconvénients lorsque ces produits, ayant rempli leurs fonctions, deviennent des déchets. Légers, ils sont facilement emportés par le vent ou les rivières ; résistants, ils créent une pollution relativement durable ; très divers et dispersés, ils sont difficiles à collecter et à trier en vue d'un recyclage. **Le tri est d'autant plus difficile que l'on utilise de plus en plus de matériaux composites.** Les deux principaux modes d'élimination des matières plastiques sont l'incinération et le recyclage.

Incinération :

- La combustion totale des matières plastiques ne produit, pour 80 % d'entre elles (PE, P.S., P.P., ...), que du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau. Les polymères chlorés (P.V.C. principalement) produisent en plus du chlorure d'hydrogène ; certains plastiques peuvent donner des gaz polluants, azotés ou soufrés.
- La plupart des usines d'incinération sont équipées d'installations de lavage des fumées, destinées à capter l'essentiel de ces polluants. Ainsi 90 % du chlorure d'hydrogène, les oxydes de soufre et le cyanure d'hydrogène sont neutralisés par des lavages basiques.
- La combustion facile et très exothermique des plastiques facilite en outre la combustion des autres déchets auxquels ils sont mélangés, ce qui diminue la quantité de combustibles nécessaire au fonctionnement des usines d'incinération.

Recyclage direct:

Contrairement à ce que l'on imagine souvent, la majorité des plastiques est recyclable.

- Les thermoplastiques, une fois triés, peuvent être fondus et à nouveau mis en forme pour une nouvelle utilisation. Si le tri a été très strict, le nouveau produit aura **sensiblement** les mêmes qualités que le plastique initial et pourra assurer les mêmes usages, à la seule exception de l'emballage alimentaire qui exige des matériaux neufs.
- Les thermodurcissables ne peuvent, bien sûr, pas être refondus, mais, après broyage, ils peuvent être utilisés comme charge dans de nouveaux plastiques.
- Les élastomères (essentiellement le caoutchouc des pneumatiques) sont recyclables dans les revêtements routiers.

Recyclage après décomposition :

- Certains plastiques, comme le polystyrène, le polyméthacrylate de méthyle et les polyuréthanes (mousses des sièges de voiture) peuvent être dépolymérisés ; les monomères sont alors repolymérisables.
- D'autre part, la pyrolyse des mélanges de plastiques courants fournit des produits qui, après séparation par distillation, peuvent à nouveau être polymérisés.

Plastiques biodégradables :

- Quelques plastiques biodégradables tels que le polyhydroxybutyrate et les polyglycolates, d'un prix très élevé, sont utilisés dans le domaine médico-chirurgical (fils de suture...).
- Des plastiques rendus biofragmentables par incorporation d'une charge biodégradable (amidon de maïs) ont été mis au point pour la fabrication des sacs poubelles et des films de paillage agricole.
- Il existe aussi des plastiques photodégradables à usage agricole, mais leur vitesse de dégradation n'est pas encore bien maîtrisée.
- Les plastiques dégradables ne le sont pas encore suffisamment pour apporter une solution efficace au problème de l'élimination des déchets plastiques. De plus, ils risquent d'encourager le public à jeter ses déchets n'importe où et de favoriser le gaspillage des réserves pétrolières.

IV – Le problème de la pollution par les plastiques :

Le septième continent :

Dans le Nord-est du pacifique, entre la Californie et Hawaï, les déchets produits par les activités humaines et déversés dans les océans sont acheminés par les courants marins vers un nouveau "continent" dont la taille atteint près de 3,5 millions de km² !

L'océanographe et skipper américain Charles J. Moore a découvert en 1997 cette « grande zone d'ordures du Pacifique » également nommée **vortex d'ordures**. Étant donné que la mer de déchets est translucide et se situe juste sous la surface de l'eau, elle n'est pas détectable sur les photographies prises par des satellites. Elle est seulement visible du pont des bateaux.

La masse de plastiques concentrés sur les océans est estimée à sept millions de tonnes.

En 2013, une mission scientifique française, l'expédition 7^e continent, s'est rendue sur place afin d'étudier ce gyre nord-pacifique.

Une zone similaire a été découverte dans le nord de l'océan Atlantique.



Sources des débris :

Les plastiques constituent 90 % des déchets flottant sur les océans. Le Programme des Nations unies pour l'environnement mentionnait en juin 2006 qu'on trouve en moyenne 18 500 morceaux de plastique par km² d'océan sur une profondeur d'environ 30 mètres. En certains endroits, la quantité de plastique est six fois supérieure à celle du plancton qui est le premier maillon essentiel à la vie dans les océans puisqu'au début de la chaîne alimentaire.

Sur les 300 millions de tonnes de plastique produites chaque année, près de 10 % finissent dans les océans. Et 70 % des plastiques qui s'aventurent en mer coulent tandis que le reste flotte, naviguant au gré des courants. Moore estime que 80 % des déchets proviennent de sources terrestres, le reste provenant de bateaux. Il indique que les débris provenant de la côte orientale de l'Asie dérivent jusqu'à la zone de déchets en moins d'un an, et ceux provenant de la côte occidentale de l'Amérique dérivent en cinq ans.

Effets sur l'écosystème :

Sur des mesures effectuées en 2001 et en 2007, la masse de particules plastiques était six fois supérieure à la masse de zooplancton.

Les déchets plastiques ont une longévité qui peut atteindre plusieurs centaines d'années ; au fil du temps, ils se désagrègent sans que leur structure moléculaire change. C'est ainsi qu'apparaissent des quantités colossales d'une sorte de « sable de plastique » qui, pour les animaux, a toutes les apparences de la nourriture. Ces plastiques, impossibles à digérer et difficiles à éliminer, s'accumulent ainsi dans les estomacs des poissons, des méduses, des tortues et oiseaux marins. Par ailleurs, ces débris de plastique agissent comme des éponges, fixant des polluants organiques persistants (POP) dans des proportions plusieurs millions de fois supérieures à la normale, comme le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane, un pesticide) ou les PCB (polychlorobiphényles), des produits extrêmement toxiques. Les effets en cascade peuvent s'étendre et toucher l'homme, via la chaîne alimentaire par le phénomène de bioaccumulation. Greenpeace estime qu'à l'échelle de la Terre, environ un million d'oiseaux et 100 000 mammifères marins meurent chaque année de l'ingestion de plastiques. Au total, plus de 267 espèces marines seraient affectées par cet amas colossal de déchets.

Une des pistes de recherche pour limiter cette pollution est de réduire notre consommation de matière. Il s'agit de la dématérialisation où l'information remplacerait la matière. Moins de matière signifie une consommation d'énergie moindre et engendrerait moins de pollution. C'est en vue de cette dématérialisation que sont apparues les nanosciences qui, comme toute nouvelle science, posent de nouveaux problèmes.