

CHIMIE ORGANIQUE 1S

Polymère et matières plastiques

Matières plastiques et valorisation des déchets

1. Matières plastiques

Une matière plastique (le plastique en langage courant) est un polymère généralement mélangé à des additifs, colorants, charges.

Il en existe une large gamme ; moulé par injections, extrudés, étiré en film, généralement façonné à chaud et sous pression, pour aboutir à un semi-produit ou à un objet, y compris fils et fibres (tissus), mastics, revêtements, etc.

Il est utilisé dans presque tous les secteurs d'activité. Certains ont des propriétés jamais auparavant réunies, par exemple la transparence et la résistance aux chocs.

Quelques exemples bien connus dans la vie quotidienne :

Le polychlorure de vinyle ou PVC première fabrication industrielle 1931 :

Le PVC rigide séduit par son aspect lisse et sa résistance. Il est utilisé principalement dans les matériaux de construction, comme les tuyaux de canalisation et les fenêtres.

La versatilité du PVC souple permet une utilisation variée dans les tissus, les revêtements de sol ou les câbles électriques.

Quant aux films en PVC, ils servent surtout à fabriquer des emballages. Enfin, le PVC expansé, aussi connu sous le nom de Forex, est utilisé pour les PLV et les enseignes

Le polyéthylène ou polyéthène ou PE :

Le polyéthylène présente une **grande inertie chimique et est bien sûr non toxique**. C'est pourquoi il est couramment utilisé dans l'industrie agroalimentaire ou chimique, pour les cuves de stockage ou les réservoirs notamment.

Ce matériau se veut aussi **robuste et inaltérable**. Il entre dans la fabrication d'objets propres à subir des chocs comme les coques de bateau mais aussi les gilets pare-balles. Il est également résistant à la corrosion et aux acides. Il peut par ailleurs subir un traitement anti-UV de manière à résister à une longue exposition au soleil.

Les polyamides ou PA, connus sous le nom de nylon

Le polystyrène ou PS dont l'application la plus connue du grand public est le polystyrène expansé, souvent nommé mousse de polystyrène est très couramment utilisé en emballage

2. Réaction de polymérisation des monomères

Les matières plastiques ne se retrouvent pas à l'état naturel, sauf dans le cas des caoutchoucs naturels. **Elles doivent être synthétisées en laboratoire**. Pour ce faire, on utilise des substances provenant du raffinage des combustibles fossiles (du pétrole et du gaz naturel). **Ces substances, nommées monomères, sont assemblées en une longue chaîne de molécules, appelée polymère, lors du procédé de polymérisation.**

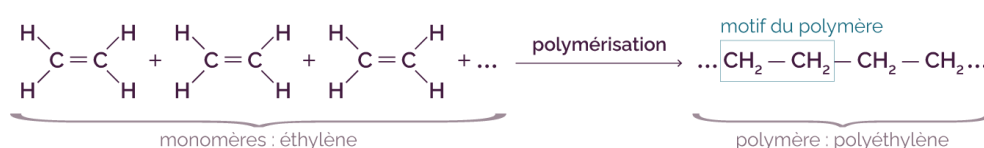
Les polymères sont des macromolécules de masse moléculaire élevée, qui sont obtenues par assemblage de molécules plus petites appelées des monomères. Ces polymères sont obtenus au cours d'une réaction chimique qu'on appelle la polymérisation.

2.1 Motif d'un polymère

La polymérisation se fait à partir des monomères qui se lient au niveau de leur groupe fonctionnel ou au niveau de leur double liaison.

Par exemple, la **principale caractéristique d'un alcène est la réactivité de la double liaison qui en fait un bon réactif pour des réactions de polymérisation.**

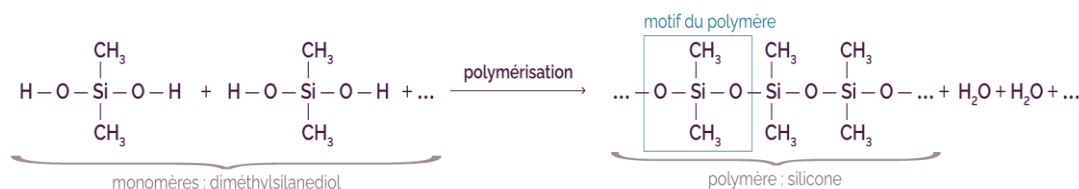
Exemple 1 :



Remarque :

- Les pointillés présents dans la partie des réactifs signifient qu'on utilise un très grand nombre de monomères pour synthétiser le polymère.
- Les pointillés de part et d'autre du polymère signifient que la chaîne carbonée se poursuit. La molécule étant très grosse, il n'y a pas de place pour la représenter complètement.

Exemple 2 :



On remarque que le polymère s'apparente à une chaîne où un même maillon se répète : **c'est le motif du polymère.**

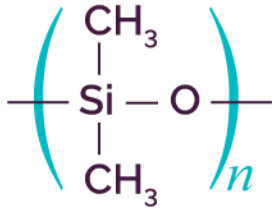
Attention

Le maillon de cette chaîne, c'est-à-dire le motif du polymère, ne correspond pas au monomère.

2.2 Représenter un polymère

Un polymère se représente en mettant entre crochets le motif du polymère, suivi de l'indice « n » qui représente le nombre de répétitions du motif.

Exemple de la silicone :



2.3 L'utilisation des polymères

Il existe deux types de polymères : les polymères naturels et polymères synthétiques

Les polymères naturels sont issus de la nature et peuvent avoir diverses origines (animale, végétale, minérale).

Exemples de polymères naturels

-L'ADN :

La molécule d'ADN est le support physique de l'information génétique. Ce long polymère est compacté grâce à des protéines pour former les chromosomes. Ce repliement assure la régulation de l'expression des gènes au cours de la vie des cellules.

-Le bois, le coton et le lin contiennent la « cellulose ».

-Le cuir contient le « collagène ».

-La soie et la laine sont faites à partir de la « kératine ».

-Le « caoutchouc » est obtenu par transformation du latex synthétisé par les végétaux.

-Les polymères synthétiques sont créés par l'homme par transformation chimique (réaction de polymérisation), généralement à partir du pétrole.

Exemples de polymères synthétiques

-Acétate de cellulose

Polyvalent et esthétique : Léger, durable et résistant à l'eau, il offre une prise en main confortable et une longue durée de vie. Souvent utilisée pour les manches de couteaux.

Personnalisation : Disponible dans une large gamme de couleurs et de motifs, l'acétate de cellulose vous permet de créer des couteaux uniques et élégants.

Esthétique et raffinée : Son aspect transparent ou translucide ajoute une touche de sophistication et de modernité à vos créations de coutellerie.

Respectueux de l'environnement : Fabriqué à partir de cellulose naturelle, l'acétate de cellulose est un choix écologique pour les couteliers soucieux de l'impact environnemental de leurs créations.

-La « colle » (super-glue) est utilisée dans les industries automobile, ferroviaire, aéronautique.

-Le « polystyrène » est utilisé dans la fabrication des emballages.

-Le « plexiglas » (poly méthacrylate de méthyle) est un matériau transparent utilisé en optique (fibres optiques, etc).

-Le « PVC » (polychlorure de vinyle) est utilisé pour la confection des tuyaux de canalisations, des câbles électriques, des encadrements de fenêtres, etc.

-Le « polyéthylène » est utilisé dans la fabrication des emballages plastiques.

-Le « caoutchouc » peut aussi être synthétisé par l'homme. Il est utilisé dans les pneus, dans les gaines des câbles informatiques, dans les gants jetables.

-Le « nylon » est utilisé dans les fibres textiles.

2.4 Impact des polymères sur notre quotidien

Les polymères (naturels ou artificiels) sont utilisés dans la confection des matériaux. La fabrication des polymères a connu un essor au 19^{ème} siècle. L'utilisation des polymères naturels ne fait qu'augmenter, il était donc devenu indispensable de synthétiser des matériaux ayant des propriétés similaires et même supérieures aux produits naturels existants.

Les polymères sont de nos jours utilisés dans divers domaines : la médecine, les travaux publics, le secteur automobile et aérospatial, les emballages, les fibres textiles, etc.

Les matières plastiques ne sont cependant pas biodégradables, ce qui a provoqué un désastre écologique à cause du rejet des polymères de synthèse dans la nature (notamment la pollution des océans).

Afin de réduire l'impact environnemental dû à ces polymères de synthèse, plusieurs dispositifs ont été mis au point :

-Disparition des sacs plastiques à usage unique en caisse dans les supermarchés.

-Fin de la commercialisation des pailles en plastique.

-Réduction des emballages alimentaires.

3. Classification des matières plastiques

S'il existe une grande variété de plastiques, on distingue généralement deux grandes catégories : Les thermoplastiques et les thermodurcissables.

3.1 Les thermoplastiques

Ces plastiques fondent sous l'effet de chaleur et se solidifient sous l'effet d'un refroidissement.

Les thermoplastiques sont des composés dont la structure et la viscosité peuvent être modifiés par chauffage et refroidissement successifs, de façon réversible. Cette vaste famille de matières, privilégiée par les industriels est souvent apte à intégrer le cycle du recyclage des déchets plastiques.

Dans cette famille, on trouve les polymères suivants :

Le polyéthylène basse densité ou **PEBD**, inventé en 1933, est un produit souple. Il sert majoritairement pour les sacs poubelles, les films d'emballage, etc.

Le polychlorure de vinyle ou **PVC** est un polymère très utilisé pour les tuyaux, les cartes de crédit etc.

3.2 Les thermodurcissables,

Pour ce groupe de plastiques, la transformation est irréversible. Une fois formé, le plastique ne se déforme plus.

Leurs comportements à la température est **irréversible**. Le chauffage du thermodurcissable conduit à la **dégradation** de la matière si on dépasse une température donnée.

Exemples : les résines polyesters, phénoliques, polyuréthanes ou les résines à base de formaldéhyde.

3.3 Les élastomères

En tant que polymère, les élastomères appartiennent à un groupe de **matériaux polymères ou plastiques souples** qui comprennent le caoutchouc artificiel et naturel.

Ils sont bons pour le moulage, isolants, peuvent résister à la déformation et se transforment facilement en un assortiment de formes caoutchouteuses qui sont ensuite durcies.

4. Principe d'obtention des matières plastiques

La matière plastique est composée principalement de polymères, qui ont la propriété de se mettre en forme facilement par moulage, extrusion, coulage après un chauffage modéré (100-300°C).

Le plastique peut être obtenu à partir des **produits pétroliers appelé plastique pétrosourcé**, mais aussi à partir des **matières organiques naturels ou synthétisés** comme la cellulose, l'amidon ou de gaz naturel ou l'acétate de cellulose ou le nitrate de cellulose, appelé **plastique biosourcé**.

La plupart des matières thermoplastiques proviennent du pétrole bien entendu.

On trouve cependant de plus en plus de matières thermoplastiques d'origine végétale ou animale. Le caoutchouc (naturel) est un bon exemple. L'origine végétale peut être cellulosique, ou même de l'huile (de ricin, pour le rilsan en particulier).

Pour les origines animales, on utilise principalement la caséine du lait pour réaliser des thermoplastiques biodégradables.

4.1 Le pétrole : l'ingrédient de base du plastique

L'ingrédient de base pour la fabrication de plastique est **le naphta**. Le naphta est un liquide issu de nombreuses et complexes opérations de raffinage du pétrole brut.

La fabrication de plastique représente seulement 4 % du pétrole brut consommé dans le monde.

Les différentes étapes de fabrication du plastique

Le processus de fabrication du plastique se décompose en trois étapes.

ETAPE 1 : le naphta est chauffé à plus de 800°C, puis refroidit brutalement. Par ce processus, ses molécules d'hydrocarbures se fragmentent en petits morceaux : les monomères.

ETAPE 2 : les monomères, grâce à des réactions d'addition ou de condensation, se lient entre eux pour former des polymères. À la sortie de la raffinerie, ils se présentent sous forme de granulés, de liquides ou de poudres.

ETAPE 3 : les polymères, avec l'ajout d'adjuvants et d'additifs, deviennent les différents matériaux plastiques que nous connaissons. Ils sont ensuite mis en forme par moulage, par extrusion – la matière est poussée à travers une filière –, par injection ou encore par thermoformage.

Il y a plusieurs manières d'obtenir les plastiques :

- **Thermoformages** : c'est un procédé de seconde transformation. La matière arrive sous forme de plaques, feuilles, tubes ou profilés, puis est ramolée par chauffage avant d'être mise en forme par l'application sur un moule géométrique simple. Cette technique est utilisée pour produire toutes sortes d'objets aux formes creuses.
- **Injection soufflage** : c'est avec cette méthode que l'on produit la plupart des bouteilles, flacons, biberons, fioles. C'est un procédé discontinu.
- **Extrusion** : c'est un procédé continu qui sert à fabriquer des pièces de grande longueur comme des tubes, des tuyaux, ou des produits semi-finis comme des profilés, des baguettes, des fibres optiques, des plaques ou des feuilles.
- **Extrusion gonflage** : c'est une variante de l'extrusion qui permet de fabriquer des films plastiques et des sacs poubelle par exemple.
- **Extrusion soufflage** : c'est une variante de l'extrusion qui permet de fabriquer des corps creux comme les bouteilles, les flacons et même les réservoirs d'essence.
- **Expansion moulage** : cette technique est surtout utilisée pour fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé : caisses à poissons, barquettes.

4.2 Créer du bioplastique à partir de l'amidon (féculé de manioc)

TP : Fabrication du bioplastique à partir de l'amidon

Le bioplastique est une alternative écologique aux plastiques traditionnels dérivés du pétrole. Il peut être fabriqué à partir de diverses sources de biomasse, l'amidon étant l'une des plus courantes. Voici une méthode simple pour créer du bioplastique à partir de féculé de manioc.

🛠 Matériels et produits nécessaires

- 1 cuillère à soupe de féculé de manioc

- 4 cuillères à soupe d'eau
- 1 cuillère à café de vinaigre blanc
- 1 cuillère à café de glycérine
- Colorant alimentaire (facultatif)
- Ustensiles : casserole, cuillère en bois, plaque de cuisson, papier sulfurisé

Étapes de fabrication :

○ **Mélange des ingrédients :**

- Dans une casserole, mélangez le fécule de manioc et l'eau jusqu'à ce que l'amidon soit complètement dissous.
- Ajoutez le vinaigre blanc et la glycérine au mélange. La glycérine agit comme un plastifiant, rendant le bioplastique plus souple. Plus vous ajoutez de glycérine, plus le plastique sera flexible.

○ **Cuisson :**

- Placez la casserole sur une source de chaleur moyenne et commencez à chauffer doucement le mélange. Remuez continuellement pour éviter que l'amidon ne colle au fond de la casserole.
- Le mélange va commencer à épaissir et à devenir translucide. Continuez à remuer jusqu'à obtenir une consistance de gel épais.

○ **Coloration (facultatif) :**

- Si vous souhaitez colorer votre bioplastique, ajoutez quelques gouttes de colorant alimentaire au mélange et remuez bien pour une couleur uniforme.

○ **Mise en forme :**

- Étalez le mélange épais sur une plaque de cuisson recouverte de papier sulfurisé. Utilisez une spatule ou une cuillère pour étaler le bioplastique à l'épaisseur désirée.

○ **Séchage :**

- Laissez sécher le bioplastique à température ambiante pendant environ 24 heures. Pour accélérer le processus, vous pouvez également le placer dans un four à basse température (environ 50°C) pendant quelques heures.

○ **Utilisation :**

- Une fois sec, le bioplastique est prêt à être utilisé. Il peut être découpé, modelé ou percé selon vos besoins.

Remarque : On peut aussi utiliser l'amidon de maïs au lieu d'utiliser le fécule de manioc.

Applications et Propriétés

Le bioplastique à base d'amidon a plusieurs applications pratiques :

- **Emballages alimentaires :** Il est idéal pour des emballages jetables respectueux de l'environnement.
- **Arts et artisanat :** Le bioplastique peut être utilisé dans des projets artistiques et de bricolage.
- **Produits jetables :** il convient bien pour fabriquer des articles à usage unique comme des assiettes ou des ustensiles.

Avantages et Inconvénients des bioplastiques

Avantages :

- **Écologique** : Les bioplastiques sont biodégradables et ils permettent de réduire la dépendance aux plastiques dérivés du pétrole.
- **Facile à fabriquer** : Les ingrédients de ses bioplastiques sont bon marché et facilement disponibles.
- **Non toxique** : Ils ne montrent pas de risque pour l'utilisation dans des applications alimentaires.

Inconvénients :

- **Durabilité** : Les bioplastiques sont moins résistants que les plastiques traditionnels.
- **Sensibilité à l'eau** : Les bioplastiques peuvent se dégrader lorsqu'ils sont exposés à l'humidité.

5. Différents types de valorisation des déchets plastiques

La matière plastique appelée plastique en langage courant est apparue sur le marché au début du XX^e siècle. Ses qualités - hygiène, résistance aux chocs et aux variations de température, facilité de mise en forme, imputrescibilité, etc. lui ont rapidement permis de se rendre indispensable.

Aujourd'hui, il est présent partout autour de nous, des pots de yaourt aux bouteilles de lait en passant par les jouets, les ustensiles de cuisine, le matériel de sport ou encore les fournitures scolaires.

Mais sa suprématie commence à être contestée. Car les déchets plastiques menacent de plus en plus notre environnement.

Au-delà de la délicate question des produits jetables, dont certains se voient progressivement interdits de marché, se pose en effet le problème de la collecte et du recyclage des matières plastiques

La valorisation des déchets en matière plastique est l'ensemble des opérations dont le but consiste à donner à ces déchets une nouvelle valeur d'usage. Il existe différentes manières de valoriser ces déchets.

5.1 Valorisation énergétique : Que devient le plastique une fois utilisé ?

Après être utilisés et collectés, les déchets plastiques sont acheminés vers **des usines de traitement**. Ils y sont alors prélavés, triés, puis broyés en paillettes, lavés, rincés, essorés, séchés, tamisés et régénérés en granules. Ensuite, ces granules peuvent être utilisées pour fabriquer de nombreux objets. En 2016, la France recyclait 26,2 % de ses déchets plastiques.

Par ailleurs, le pouvoir calorifique du plastique, c'est-à-dire sa capacité à émettre de la chaleur lorsqu'il est brûlé, équivaut à celui du charbon ou du pétrole. Ainsi, des déchets plastiques sont incinérés pour produire de l'énergie. Cela s'appelle **la valorisation énergétique**. La France fait partie des pays européens qui utilisent le plus ce procédé.

La **valorisation énergétique** consiste à transformer un déchet en énergie thermique et ceci grâce à son potentiel calorifique. Cette énergie est utilisée pour la production de chaleur et/ou d'électricité.

5.2 Valorisation matière ou recyclage

Le recyclage est un procédé de traitement des matériaux qui permet de réintroduire la matière du déchet, sans destruction de sa structure chimique, dans la production d'un nouvel objet.

Il est possible de recycler les déchets en matières plastiques après leur fragmentation (recyclage mécanique) ou après leur dissolution.

5.2.1 Recyclage mécanique

Les déchets sont triés, lavés et fragmentés par broyage et éventuellement par micronisation, puis séchés. Ces fragments sont ensuite utilisés directement ou après compoundage par extrusion suivi par une granulation.

5.2.2 Recyclage après dissolution

Les plastiques utilisés dans ce cas sont ceux qui ont été contaminés par mélange à d'autres plastiques ou à d'autres déchets. En plus des étapes listées précédemment pour le recyclage mécanique, les déchets en matière plastique doivent subir les étapes suivantes :

- Dissolution du polymère principal de manière sélective dans un solvant organique ou un fluide supercritique.
- Séparation du solvant et du polymère des matières secondaires non dissoutes ;
- Précipitation du polymère et élimination du solvant ;
- Séchage des particules de polymère

L'exemple le plus connu de ce type de recyclage est la méthode Vinyloop pour le PVC.

5.2.3 Valorisation chimique

On parle de valorisation chimique lorsque les polymères de base des plastiques sont dissociés pour donner des composés chimiques utilisables pour de nouvelles applications. La valorisation chimique s'applique aux matériaux thermoplastiques et thermodurcissables. Elle a lieu par chauffage (thermolyse) ou par ajout de réactifs.

La thermolyse s'applique aux polymères synthétisés par polymérisation en chaîne. Comme exemples de thermolyse, on peut citer : la pyrolyse, l'hydrogénation et la gazéification.

L'ajout de réactifs chimiques s'applique aux polymères synthétisés par polymérisation par étapes.

5.2.4 Valorisation biologique

La valorisation biologique a lieu à partir de plastiques biodégradables grâce à des micro-organismes. Le traitement peut être :

- Aérobique (compostage) : en présence d'oxygène, les micro-organismes produisent des résidus organiques stabilisés, du dioxyde de carbone et de l'eau.

- Anaérobique (digestion) : en l'absence d'oxygène, les micro-organismes produisent des résidus organiques stabilisés, du méthane, du dioxyde de carbone et de l'eau.

Cette dégradation peut avoir lieu aussi par photolyse. On parle alors de photo-dégradation.

6. Qu'est-ce qu'un écogeste ?

Un écogeste est un geste simple et banal de la vie de tous les jours comme aller au travail, faire la cuisine, se laver, jardiner, faire ses courses, un geste que chacun de nous peut faire afin de diminuer la pollution et améliorer son environnement.

Plus largement, réaliser un écogeste, c'est prendre en considération les valeurs qui fondent le développement durable : la protection de l'environnement, l'équité sociale, la solidarité, le principe de responsabilité et de précaution.

Changer ses mauvaises habitudes pour réaliser des écogestes, c'est prendre conscience des conséquences sociales et environnementales de chacune de nos actions. En quelque sorte, c'est adopter un comportement écocitoyen.

La meilleure gestion des déchets c'est d'éviter d'en avoir.

-Je gère mes déchets :

Je fais le tri de mes déchets.

Je fais du compost.

J'utilise les bornes de tri.

J'utilise des piles rechargeables.

Je ne jette pas mes déchets par la fenêtre de mon domicile ou de mon véhicule.

Je donne ou je vends des encombrants, des vêtements.

J'utilise des écorecharges ; je dépose les produits toxiques dans un lieu agréé)

-Je fais attention à mon mode de vie :

Je ne gaspille pas l'eau.

Je limite mes impressions en imprimant recto-verso.

J'utilise des ampoules basses consommation.

Je limite les emballages.

J'éteins les appareils en veille.

Je choisis des produits ménagers écologiques.

J'utilise des cabas ; j'aère régulièrement ma maison.

J'évite les jetables ; je lutte contre les fuites d'eau.

J'optimise ma chasse d'eau.

J'adopte les bons réflexes de ménage.

Je respecte la nature.

Je n'achète que des produits écologiques biodégradables.