

Lycée(s)	Général	Technologique	Professionnel	
Niveau(x)	CAP	Seconde	Première	Terminale
Enseignement(s)	Commun	De spécialité	Optionnel	
Physique-chimie				

L'essentiel sur la synthèse et l'identification de matières plastiques

Cette ressource traite le module spécifique « Synthétiser et identifier les matières plastiques recyclables » issu des nouveaux programmes de terminale bac professionnel en physique-chimie. Plus précisément, la synthèse des matières plastiques, leur recyclage, et les bioplastiques seront abordés.

Mots-clés

Recyclage, thermoplastiques, bioplastiques, polymère, polyaddition, polycondensation.

Références aux programmes

Chimie : Comment analyser, transformer ou exploiter les matériaux dans le respect de l'environnement ?

Groupe 5 et notions complémentaires du **groupe 4**.

Module : Synthétiser et identifier les matières plastiques recyclables

Connaissances : Connaître les matières plastiques recyclables les plus courantes (exemples : PET, PVC...).

Savoir qu'un polymère est une macromolécule issue d'un assemblage répété de monomères.

Savoir qu'une matière plastique est composée de plusieurs polymères (les réactions de polymérisation ne sont pas exigibles).

Capacités : Identifier et synthétiser des matières plastiques.

Sommaire

Introduction	2
Contenus scientifiques	3
• Synthèse des polymères	3
• Les thermoplastiques recyclables	5
• Les bioplastiques	6
Sitographie	7

Introduction

Les matières plastiques sont largement utilisées dans de nombreux domaines notamment pour les emballages, le textile, les articles de sport, l'électronique, l'automobile, l'électroménager et le médical. Si l'on peut faire remonter l'histoire des matières plastiques à l'Antiquité, c'est surtout à partir de la fin du XIXe siècle que leur utilisation se développe avec la mise au point de plastiques synthétiques. Une percée décisive se produit en 1907 lorsque le chimiste belgo-américain Leo Baekeland crée la bakélite, la première matière plastique industrielle basée sur un polymère synthétique. Et c'est après la première guerre mondiale que l'essor des matières plastiques commence véritablement avec l'entrée dans l'ère industrielle : polystyrène, polyamide arrivent dans toutes les maisons, indépendamment de la condition sociale. La demande est en constante augmentation depuis. D'après le commissariat général au développement durable, au niveau mondial, leur production est passée de 1,5 million de tonnes en 1950 à presque 370 millions de tonnes en 2019. Mais c'est surtout à partir des années 2000 que la machine s'est emballée. En vingt ans, la planète a produit plus de plastique que durant les cinquante années précédentes. Le phénomène s'accroît encore puisque, d'après les projections, plus de 600 millions de tonnes pourraient être produites en 2025. Légers, solides, résistants, les matériaux plastiques ont envahi notre quotidien. Néanmoins, ils concentrent de nombreux enjeux environnementaux, liés d'une part à la consommation de ressources qu'ils requièrent pour leur fabrication, et d'autre part à la production de déchets qu'ils entraînent. Aujourd'hui, beaucoup de plastiques sont encore abandonnés ou rejetés dans la nature, où ils mettent entre 100 et 1 000 ans à disparaître ou plutôt à être morcelés de plus en plus petit en microplastiques, engendrant des conséquences désastreuses sur la flore, la faune et les océans.

Plusieurs pistes existent pour répondre à ces importants enjeux environnementaux.

- Le recyclage : il permet d'éviter le gaspillage de ressources naturelles et d'énergie, et de réduire les émissions de dioxyde de carbone. Si le recyclage s'est fortement développé, les marges de progrès restent significatives : d'après l'ADEME et plusieurs autres sources, le taux de recyclage en France des déchets plastiques est seulement de 26 %, contre 40 % en Europe, en 2021. Du fait des volumes impliqués à l'échelle mondiale, recycler est devenu un véritable enjeu industriel. Avec l'ambition d'atteindre un taux de 50 % à l'horizon 2025.
- La réduction de la consommation : les plastiques mis aujourd'hui sur le marché sont majoritairement non recyclables ou faiblement recyclables. De plus, le plastique ne se recycle pas à l'infini, contrairement à d'autres matériaux (métaux, verre...). Le recyclage permet d'économiser des ressources, mais pas d'éviter le recours aux matières premières vierges : il subsiste 40% de perte de matière au cours du processus de recyclage mécanique tandis que les technologies de recyclage chimique, qui pourraient permettre de régénérer le plastique, ne fonctionnent pour l'instant pas à l'échelle industrielle et se révèlent très gourmandes en énergie. Cela démontre qu'une des solutions pour réduire les pollutions dues aux plastiques réside aussi dans la réduction de la consommation. Ainsi des engagements internationaux ont été pris et des réglementations nationales contraignantes ont été mises en place, notamment pour diminuer et même interdire l'utilisation de plastiques à usage unique (sacs plastiques pour la vente de fruits et légumes, vaisselle jetable, paille, coton-tige, etc.).

- Les bioplastiques : ils ont fait leur apparition au cours des dix dernières années, sont souvent présentés comme des solutions d'avenir, car plus écologiques que les plastiques traditionnels.

Contenus scientifiques

Les matières plastiques sont des matériaux synthétiques dont la grande majorité est élaborée à partir d'hydrocarbures issus du pétrole et de ses dérivés. Plus précisément, ils sont fabriqués à partir du naphta, un liquide transparent obtenu après la distillation du pétrole. Ce naphta est transformé ensuite par craquage (un chaud-froid extrême et soudain). Les longues molécules d'hydrocarbures le constituant sont fragmentées en molécules plus petites (de 2 à 7 atomes de carbone) qui plus facilement exploitables. Vient ensuite la phase de polymérisation permettant de lier ces molécules entre elles et ainsi de former ce que l'on nomme des polymères, présentés sous la forme de granulés, de liquides ou de poudres. Dernière étape de cette longue mue : la mise en forme par moulage, injection ou thermoformage qui permet à ces polymères de passer de l'état de matière première à celui sous lesquels nous connaissons ces matières plastiques.

Il existe plusieurs catégories de matières plastiques.

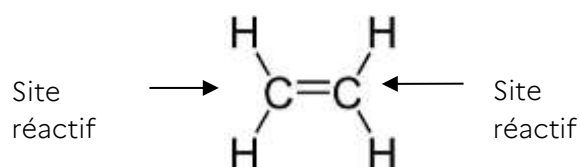
- Les thermodurcissables, ils ne se ramollissent pas mais durcissent sous l'effet de la chaleur. Ils sont généralement broyés et réutilisés comme matériaux de remblayage ou combustibles mais ne sont pas recyclables à proprement parler.
- Les thermoplastiques, ils se ramollissent sous l'effet de la chaleur, puis durcissent à nouveau une fois refroidis. Ils peuvent être recyclés. Chaque thermoplastique est identifiable par un code qu'on retrouve sur de nombreux emballages du quotidien.
- Les bioplastiques, ils constituent depuis quelques années une autre alternative aux matières plastiques traditionnelles. Ils comportent les plastiques biosourcés et les plastiques biodégradables.

Synthèse des polymères

Une matière plastique est constituée d'un ou plusieurs polymères. Un polymère est un ensemble de macromolécules issues d'un assemblage répété de molécules appelées monomères. Ces dernières comportent une chaîne carbonée et des groupes fonctionnels dans lesquels sont présents des sites réactifs susceptibles de former des liaisons chimiques avec une autre molécule.

Dans le cas de monomères insaturés possédant une liaison double, la double liaison peut former deux liaisons covalentes. C'est le cas par exemple des alcènes comme l'éthylène, le propylène et le chlorure de vinyle.

Sites réactifs de la molécule d'éthylène



De part et d'autre de la double liaison double, l'éthylène possède des sites réactifs susceptibles de former une liaison covalente. Cette double liaison est composée d'une liaison sigma σ et d'une liaison π , et c'est la liaison π qui est la plus réactive car elle est moins robuste que la liaison σ .

Dans le cas de monomères où le nombre de groupes fonctionnels est supérieur à deux, on parle des monomères plurifonctionnels. Ces derniers peuvent former des polymères ramifiés, qui possèdent une chaîne latérale sur un point de la chaîne principale, ou des polymères réticulés qui forment un réseau tridimensionnel. Dans ce cas, des liaisons covalentes sont créées entre les chaînes macromoléculaires. On appelle polymérisation la réaction chimique qui permet d'assembler entre eux les différents monomères par le biais de liaisons covalentes et transformer les bases liquides ou gazeuses des matières premières en polymères. Il existe deux types principaux de polymérisation : la polyaddition (polymérisation en chaîne) et la polycondensation (polymérisation par étapes).

Polyaddition

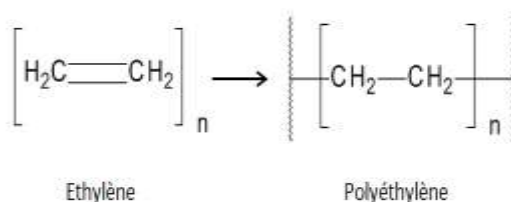
La polyaddition est une réaction qui permet de relier consécutivement les monomères, par additions successives sur une extrémité de la chaîne macromoléculaire.

Dans ce type de polymérisation, il y a addition grâce à des liaisons multiples (composés insaturés) d'un très grand nombre de molécules identiques pour donner un composé à masse molaire élevée.

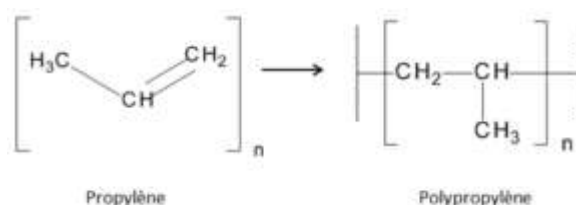
Voici quelques exemples avec :

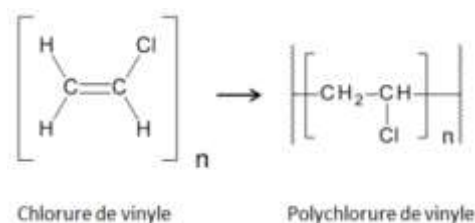
- n l'indice de polymérisation (nombre d'unités monomères) ;
- à gauche de l'équation de la réaction, le monomère ;
- à droite de l'équation de la réaction, le polymère formé avec, entre parenthèses, son motif.

Exemple 1 : Réaction de polyaddition du polyéthylène



Exemple 2 : Réaction de polyaddition du polypropylène



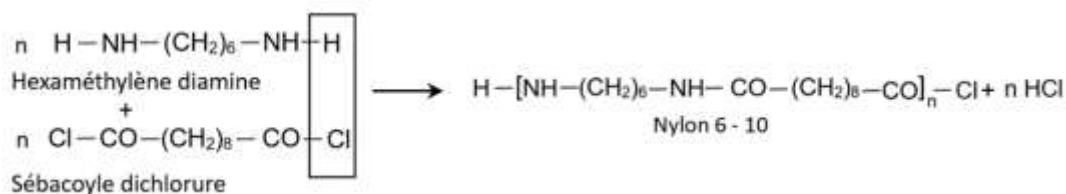
Exemple 3 : Réaction de polyaddition du polychlorure de vinyle**Polycondensation**

La structure de certains monomères peut présenter des groupes fonctionnels, c'est-à-dire un atome, ou un groupe d'atomes (OH, -COOH, Cl, etc.), dont les propriétés chimiques restent similaires au sein de composés différents, et qui peuvent réagir ensemble.

Au cours d'une réaction de polycondensation, les monomères présentant des groupes fonctionnels réagissent entre eux de manière aléatoire et forment au fur et à mesure des chaînes de plus grande taille, avec élimination parallèle de petites molécules (par exemple de l'eau ou de l'acide chlorhydrique dans le cas de la synthèse du nylon 6-10). Ces molécules vont ainsi progressivement s'associer pour former des polymères à chaîne longue.

Exemple : Réaction de polycondensation du nylon 6-10

Le nylon peut être synthétisé à partir de deux précurseurs bi-fonctionnels, l'hexaméthylène diamine et le sébacoyl dichlorure. Le résultat est un copolymère alterné (présente deux types de monomère différent) qui se forme par élimination d'acide chlorhydrique HCl.

**Les thermoplastiques recyclables**

Dans le cadre du module « Synthétiser et identifier les matières plastiques recyclables », l'étude des thermoplastiques recyclables dits, de grande diffusion, est privilégiée. Cette catégorie regroupe les plastiques recyclables dont le coût est assez faible et se retrouvent dans la vie quotidienne.

Il existe d'autres thermoplastiques recyclables à vocation technique utilisés dans des domaines spécifiques (automobile, bâtiment, horlogerie etc.).

Tableau récapitulatif des thermoplastiques de grande diffusion :

Logo						
Produits courants	Bouteille d'eau et de boissons gazeuses	Bouteille de lait et flacons de produits d'entretien	Bouteille de vin blanc et de vinaigre	Sacs et films plastiques	Flacons de produits d'entretien, pots de yaourt	Barquette de viande, boîte à œufs...
Polymère	Polyéthylène Téréphtalate	Polyéthylène Haute Densité	Polychlorure de Vinyle	Polyéthylène Basse (Low) Densité	Polypropylène	Polystyrène
Recyclage Valorisation des déchets	Fibre polaire, couette, peluche, bouteille	Banc, tuyau, arrosoir, siège auto...	Tuyau d'égout	Sac poubelle	Banc, tuyau, arrosoir, siège auto...	Incinération pour produire de l'énergie électrique ou du chauffage

Les bioplastiques

Le terme "bioplastiques" désigne à la fois, selon que l'on s'intéresse à leur origine ou à leur fin de vie :

- Les plastiques biosourcés, ils sont d'origine biologique, c'est-à-dire fabriqués en tout ou en partie, à partir de composants naturels renouvelables (matières végétales comme le blé, la canne à sucre, le maïs, la pomme de terre, la betterave, etc.).
- Les plastiques biodégradables, ils peuvent se décomposer en éléments divers grâce à l'action de micro-organismes vivants (bactéries, champignons, algues en tenant compte de différents paramètres) et/ou se disséminer naturellement, sans aucun effet dommageable pour le milieu naturel.

À remarquer qu'un plastique biosourcé n'est pas forcément biodégradable, et inversement. Le terme « bioplastiques » désigne donc les plastiques soit biosourcés, soit biodégradables, soit les deux à la fois.

Si les bioplastiques, de plus en plus plébiscités, se développent massivement, leurs performances techniques et leur impact environnemental global doivent cependant

être encore améliorés : la disponibilité des ressources et le recyclage de ces bioplastiques constituent encore des verrous importants. Il existe un grand nombre de produits et d'accessoires qui sont obtenus avec du plastique biodégradable.

Voici quelques exemples d'application :

- À la maison où les plats, verres, plateaux, objets décoratifs, jouets, montures de lunettes, couvertures, couches peuvent être fabriqués à partir de plastiques biodégradables. Il en est de même pour les sacs servant à la collecte de la nourriture et des déchets, les ustensiles, les emballages, etc.
- Dans l'industrie où il est de plus en plus fréquent que des entreprises ou des industries adhèrent à la recherche d'alternatives vertes pour soutenir l'environnement. L'industrie automobile utilise déjà des plastiques biodégradables comme matériau de remplissage pour les portes intérieures des voitures. Accessoires, pare-chocs et autres éléments sont fabriqués avec de la résine biodégradable.
- Dans l'agriculture, l'horticulture où le plastique biodégradable peut être utilisé pour produire des paillages, des pots, des attaches et des filets, ainsi que des engrais naturels dans les plantations en raison de ses caractéristiques naturelles et renouvelables.
- En médecine, on utilise aussi des plastiques biodégradables. Par exemple, des sutures médicales solubles, des capsules dégradables à l'intérieur du corps humain, des pansements, des implants osseux et d'autres produits médicaux ont été mis au point avec succès.

Sitographie

- Site du [Ministère de la transition écologique](#)
- Site de l'INRS : [Base de données Plastiques, risque et analyse thermique](#)