

Analyse et synthèse de documents : La vie des plastiques - Correction

mots clés : vieillissement, recyclage, élimination

Recherchés pour leurs propriétés remarquables (légèreté, longue durée de vie, isolant électrique et thermique, faible dégradabilité, grande diversité d'utilisation), les plastiques sont très largement utilisés. Malheureusement, certains de ces avantages se transforment en inconvénients quand ces produits deviennent des déchets. **Quelles sont les principales étapes de la vie d'un objet en plastique ?**

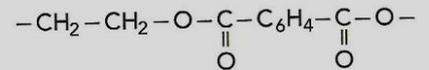
Document 1 : Synthèse de quelques plastiques

Les matières plastiques sont des polymères auxquels sont ajoutés certains additifs tels que des pigments, des stabilisants, etc. Ces polymères sont constitués de molécules à très longues chaînes, ou macromolécules, obtenues à partir d'un grand nombre de molécules appelées monomères.

Le polyéthylène (PE) ou le polyéthylène téréphtalate (PET) sont des polymères synthétisés par polymérisation de monomères obtenus à partir du pétrole.

Le polyéthylène, utilisé dans les emballages, les tuyaux, etc., de formule $-(CH_2-CH_2)_n-$, est obtenu par polymérisation par polyaddition de l'éthène, ou éthylène, $H_2C=CH_2$. $-CH_2-CH_2-$ constitue le motif du polymère; la valeur de n peut varier de quelques centaines à plusieurs milliers. Le polyéthylène téréphtalate est obtenu par polymérisation par polyestérification de l'éthylène glycol ou éthane-1,2-diol, $HO-CH_2-CH_2-OH$, et de l'acide téréphtalique, $HO_2C-C_6H_4-CO_2H$.

Il a pour motif :



Utilisé pour la fabrication des bouteilles d'eau ou de sodas, le PET se rencontre également dans des fibres textiles.

Des résines glycérophtaliques peuvent être obtenues par polyestérification de l'acide téréphtalique avec un triol, le glycérol, $HO-CH_2-CH(OH)-CH_2-OH$.

Document 2 : Recyclage des plastiques

La production annuelle mondiale de matières plastiques est très importante. Ainsi, en 2008, elle était de 245 millions de tonnes. Compte tenu du vieillissement de ces matières et de leur utilisation parfois éphémère, leur recyclage se développe de plus en plus.

Les principaux emballages recyclables sont les bouteilles et flacons ménagers, ainsi que les films d'emballages industriels. Les matériaux qui les constituent, dits *thermoplastiques*, peuvent être refondus après tri, broyage et nettoyage soigneux, pour être transformés en nouveaux objets.

Le recyclage mécanique consiste en un broyage des matériaux, après un tri et un lavage rigoureux; ils sont ensuite directement transformés en produits finis. C'est le cas des matières plastiques non fusibles, dites *thermodurcissables*.

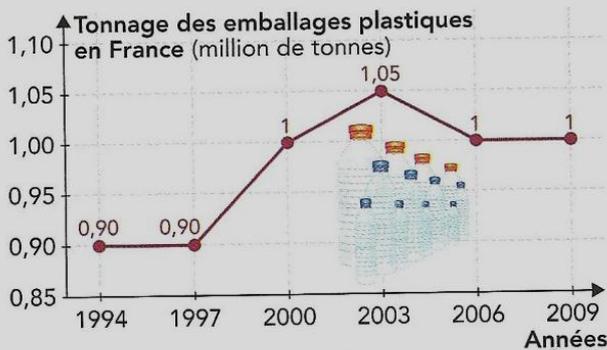
Le recyclage chimique consiste en une dépolymérisation du polymère permettant de récupérer le monomère.

Thermoplastique, thermodurcissable

Les polymères **thermoplastiques** se ramollissent lors de leur chauffage. Leurs chaînes sont le plus souvent linéaires.

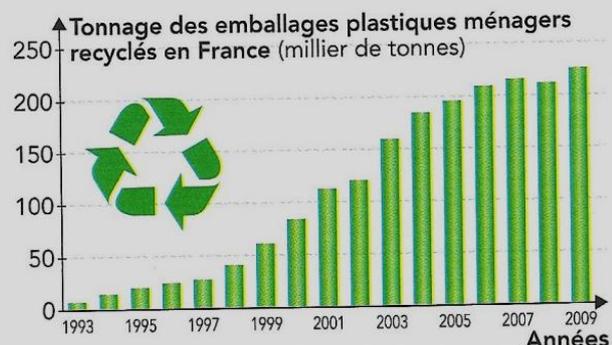
Les polymères **thermodurcissables** durcissent lors de leur chauffage. Leurs chaînes sont réticulées (c'est-à-dire reliées entre elles) et forment une structure tridimensionnelle.

D'après « Le recyclage des emballages plastiques ménagers », *Découverte*, Revue du Palais de la découverte, n° 300, 2002.



D'après Étude ESTEM 1994-2009 (Éco-Emballages – ADEME).

Évolution de la production des emballages plastiques.



D'après Dispositif français de valorisation des emballages ménagers (tous modes de reprise confondus).

Évolution des tonnages d'emballages plastiques recyclés.

Document 3 : Vieillessement des plastiques.

Les matières plastiques s'altèrent au cours du temps et leurs propriétés se dégradent : elles vieillissent. Les facteurs de vieillissement sont la température, la lumière, les contraintes mécaniques, l'humidité et les agents oxydants tels que le dioxygène.

Pour ralentir ce vieillissement, on ajoute aux matériaux polymères des adjuvants tels que des anti-UV, des anti-oxydants, etc. Ces adjuvants, dont certains ne sont pas sans danger, peuvent être lentement libérés lors du vieillissement des matières plastiques. C'est le cas des phtalates, utilisés comme plastifiants, du bisphénol A, utilisé comme antioxydant.



En décharge, le vieillissement des plastiques s'accélère.

Document 4 : Elimination des plastiques.

Lorsque les matières plastiques ne peuvent être recyclées, on peut les valoriser énergétiquement en les incinérant de façon contrôlée. Cette combustion permet de récupérer ou d'économiser de l'énergie, mais génère, outre de l'eau et du dioxyde de carbone, des gaz ou des substances toxiques, qu'il convient d'éliminer.

Ainsi, la combustion du polychlorure de vinyle (PVC) libère du chlorure d'hydrogène, HCl.

Le pouvoir calorifique inférieur, PCI, correspond à l'énergie thermique, ou chaleur, dégagée par la combustion d'une unité de masse de combustible. Il s'exprime généralement en MJ·kg⁻¹.

Matériau	Gaz naturel	Charbon	Polyéthylène	Polystyrène	Polychlorure de vinyle	Polyéthylène téréphtalate
PCI (MJ·kg ⁻¹)	38	29	46	46	20	45

D'après le site du Cercle National du Recyclage, www.cercle-recyclage.asso.fr

Questions :

- Pourquoi parle-t-on de macromolécules à propos des polymères ? (doc1)
- A l'aide de vos connaissances personnelles et en analysant la structure du polyéthylène (PE) et du polyéthylène téréphtalate (PET), préciser la nature des interactions assurant la cohésion, à l'état solide, de ces deux polymères. Justifier alors que le PET se ramollit à une température supérieure à celle permettant le ramollissement du PE.
- Le polyéthylène téréphtalate et les résines glycérophtaliques sont des polyesters. Le justifier. (Doc 2)
- Le polyéthylène téréphtalate est thermoplastique, alors que les résines glycérophtaliques sont thermodurcissables. En étudiant le motif de chacun de ces polymères, expliquer cette différence de comportement. (Doc 2)
- Faire une analyse commentée des graphes du doc.2, en particulier l'évolution des données de ces dernières années.
- Comment peut se manifester, à l'échelle macroscopique, le vieillissement d'un plastique ? (Doc 3).
- Ecrire l'équation de combustion complète du polychlorure de vinyle de formule brute C_{2n}H_{3n}Cl_n. Que peut-on dire, d'un point de vue écologique, de la nature des rejets obtenus ? L'incinération est-elle une méthode intéressante pour éliminer ce polymère ? Argumenter. (Doc 4)
- BILAN :** Faire un schéma légendé présentant le cycle de vie d'un objet thermoplastique, puis d'un objet thermodurcissable.

Correction

1 On parle de macromolécules, car les molécules constituant les polymères ont des masses molaires élevées.

2 Le polyéthylène (PE), de formule $-(CH_2-CH_2)_n-$, est apolaire ; les macromolécules constituant ce polymère à l'état solide sont les interactions de van der Waals mettant en jeu des dipôles instantanés.

Le polyéthylène téréphtalate (PET), de formule $-(O-CH_2-CH_2-O-CO-C_6H_4-CO)_n-$, est polaire ; les macromolécules constituant ce polymère à l'état solide sont les interactions de van der Waals mettant en jeu des dipôles permanents. Les interactions sont plus fortes dans le PET que dans le PE justifiant que le PET se ramollit à une température supérieure à celle permettant le ramollissement du PE.

3 a. Le polyéthylène téréphtalate et les résines glycérophtaliques sont des polyesters, car ils résultent de la réaction entre un polyalcool ou polyol et un polyacide ; leur formule présente le groupe $-CO-O-C-$, caractéristique des esters.

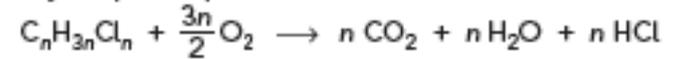
b. Le polyéthylène téréphtalate résultant de la réaction d'un diacide et d'un dialcool ou diol présente des chaînes linéaires, il est donc thermoplastique. En revanche, les résines glycérophtaliques résultent de la réaction d'un diacide avec un trialcool ou triol, leurs chaînes peuvent être liées entre elles par l'intermédiaire de la troisième fonction alcool et sont alors réticulées. La structure tridimensionnelle qui en découle est figée, d'où le caractère thermoplastique de ces matériaux.

4 L'observation des graphes du document 2 montre :
 - que le tonnage des emballages plastiques produits en France évolue peu depuis quinze ans, sa croissance n'étant que de 11 % entre 1994 et 2009 avec une décline depuis cinq ans ;
 - que le tonnage des emballages plastiques ménagers recyclés présente au contraire une très forte croissance passant d'une dizaine de milliers de tonnes, en 1993, à plus de deux cent mille tonnes en 2009 ; il faut voir là le résultat de la mise en place ces quinze dernières années du tri sélectif des déchets ;
 - une décroissance ou une stagnation, ces deux dernières années, des deux tonnages considérés ; cela traduit peut être une prise en compte du gaspillage créé par des emballages souvent surdimensionnés par rapport au produit ou l'utilisation d'autres types d'emballages plus en phase avec un développement durable (verre, métaux recyclables, etc.).

5 À l'échelle macroscopique, le vieillissement d'un plastique se fait généralement de façon progressive. On peut ainsi observer l'apparition de fissures ou de

craquèlements, la perte d'élasticité ou de thermo-plasticité, la décoloration du matériau. Abandonné aux intempéries, aux variations de température ou à la lumière, les matières plastiques deviennent cassantes et se délitent lentement voire très lentement ; d'où la nécessité de ne pas abandonner ces matériaux dans la nature et de les recycler.

6 La combustion complète du polychlorure de vinyle a pour équation :

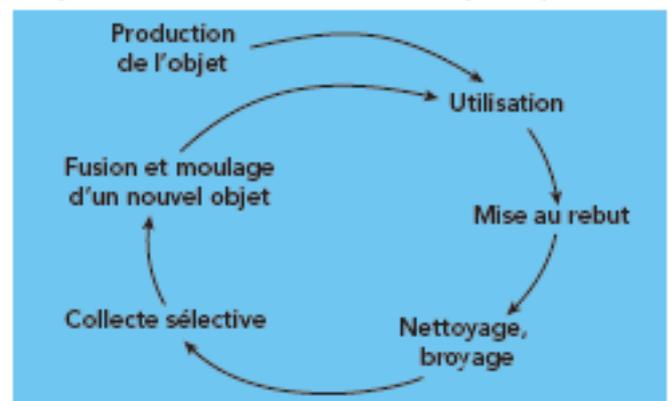


Cette combustion rejette dans l'atmosphère un gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone, et, s'il n'était pas piégé, un gaz source de pluies acides, le chlorure d'hydrogène, ce qui n'est pas bon d'un point de vue écologique.

L'incinération n'est pas une méthode intéressante pour éliminer ce polymère, car son pouvoir calorifique inférieur est faible. Il est préférable de le recycler après passage en centre de tri.

7 Bilan La différence fondamentale entre un objet thermoplastique et un objet thermodurcissable est que le premier peut être fondu et moulé après un premier emploi alors que le second ne peut être fondu. Ils vont donc avoir des cycles de vie différents.

- Cycle de vie d'un matériau thermoplastique :



- Cycle de vie d'un matériau thermodurcissable :

