

COLLECTION SAWD



M. WAHAB  
DIOP

COURS DE CHIMIE TERMINALE L2



Notes de cours – Lycée Limamou Laye | Serigne Abdou Wahab Diop

# Table des matières

<b>Les matières plastiques .....</b>	<b>5</b>
I. Les polymères obtenus par polyaddition .....	5
1. Réaction de polyaddition .....	5
2. Exemples de quelques polymères .....	6
II. Identification des matières plastiques .....	7
1. Organigramme des essais.....	8
2. Les tests d'identification .....	9
3. Thermoplastiques, thermodurcissables et élastomères .....	9
III. Matières plastiques et environnement .....	10
1. Durée de vie des matières plastiques .....	10
2. La gestion des déchets .....	10
Exercices sur les matières plastiques .....	12
<b>Les textiles .....</b>	<b>15</b>
I. Les textiles artificiels .....	15
1. Les procédés de fabrication des textiles artificiels.....	15
2. Exemples de textiles artificiels .....	15
II. Les textiles synthétiques .....	15
1. Les procédés de fabrication .....	15
2. Exemples de textiles synthétiques .....	16
<b>Les composés oxygénés.....</b>	<b>18</b>
I. Les alcools.....	18
1) Définition .....	18
2) Nomenclature des alcools: .....	18
3) Les différentes classes d'alcool .....	18
4) Les polyalcools.....	19
II. Les acides carboxyliques .....	19
1) Définition .....	19
2) Nomenclature.....	19
III. Estérification - hydrolyse .....	20
1) Équation générale de la réaction .....	20
2) Caractéristique de la réaction .....	20

3) Propriétés des esters.....	21
4) Synthèse rapide d'un ester : l'éthanoate d'éthyle.....	21
5) Nomenclature des esters.....	21
IV. Les réactions de saponification.....	22
1) Définition.....	22
2) Saponification des corps gras.....	22
3) Fabrication d'un savon : l'oléate de sodium.....	24
4) Structure et mode d'action des savons.....	26
Exercices sur les composés oxygénés.....	28
<b>Les lessives, les antiseptiques et les désinfectants.....</b>	<b>32</b>
I. Les lessives.....	33
1. Compositions.....	33
2. Impact sur l'environnement.....	33
3. Les origines.....	34
4. Consommation.....	34
5. Conseils d'utilisation.....	34
6. Aspects culturels et sociaux.....	35
II. Les antiseptiques et les désinfectants.....	35
1. Présentation.....	35
2. Repères historiques.....	35
3. Mode d'action.....	35
4. Antiseptiques.....	35
5. Désinfectants.....	36
III. Détergents.....	36
1. Action chimique d'un détergent.....	36
2. Consommation.....	37
<b>La pollution de l'air et de l'eau.....</b>	<b>37</b>
I. Pollution de l'eau.....	38
1. Pollutions par les produits phytosanitaires.....	38
2. Pollution par les nitrates.....	40
3. Plan d'action contre les nitrates.....	40
4. Pollution par les phosphates.....	40
5. Pollution par les métaux lourds.....	40
6. Pollution par les hydrocarbures.....	40

7. Pollution bactériologique .....	41
8. Drainage minier acide .....	41
9. Autres pollutions .....	41
II. Pollution atmosphérique.....	41
1. Présentation .....	41
2. Origine des polluants atmosphériques .....	41
3. Les effets sur la santé .....	42
4. La surveillance de la qualité de l'air .....	42
5. Une pollution à grande échelle .....	43
6. La maîtrise des sources de pollution .....	43
<b>Documents annexes .....</b>	<b>45</b>



# Les matières plastiques

Les matières plastiques, aussi appelées plastiques ou polymères, sont des matériaux synthétiques, pour la plus part dérivés du pétrole.

La consommation annuelle de plastique est d'environ 70 kg par habitant. L'utilisation massive des plastiques est due à leur légèreté, leur longue durée de vie, leur faible coût, leur mise en forme facile, leurs propriétés isolante....

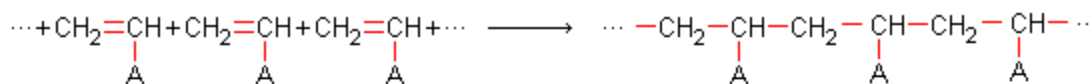


## I. Les polymères obtenus par polyaddition

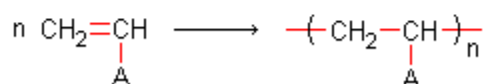
### 1. Réaction de polyaddition

Une polyaddition consiste en une addition répétée d'un très grand nombre de molécules insaturées identiques appelées **monomères**. Elle conduit à une macromolécule appelée **polymère**. Le monomère doit contenir au moins une liaison double C=C

Par exemple:



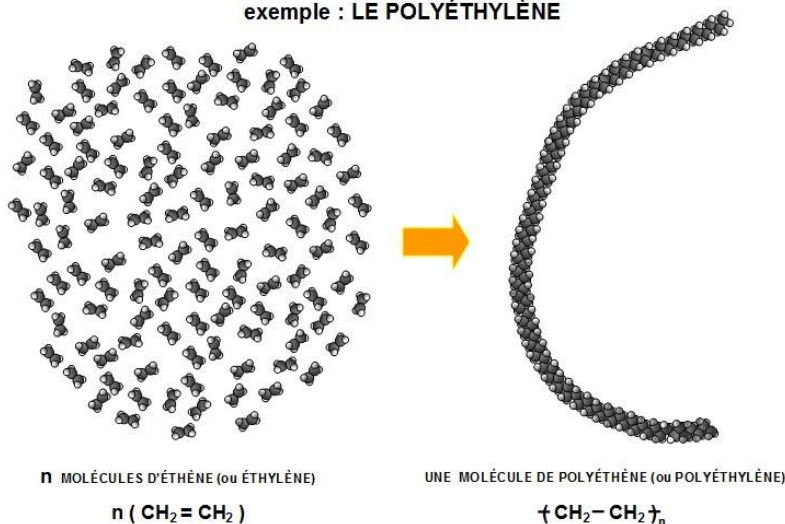
ou encore plus simplement



$n$  est un nombre de l'ordre de  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ ... est appelé indice ou degré de polymérisation et le groupe  $-\text{CH}_2-\text{CH}_A-$  est appelé motif du polymère.

### MATIÈRES PLASTIQUES : POLYADDITION





exemple : LE POLYÉTHYLÈNE



On a la relation suivante:  $n = \frac{M_{\text{polymère}}}{M_{\text{monomère}}}$  (M: masse molaire en g/mol)

## 2. Exemples de quelques polymères

Voici quelques exemples de polymères et leurs principales applications:

Monomère	Polymère	Applications	Exemples
Éthylène $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Polyéthylène (PE) $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_n$	Emballage d'aliments, films plastiques flacons, bidons...	
Propène $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	Polypropylène $\text{-(CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{))}_n$	Objets moulés résistants, récipients valises, pare-choc...	
Chlorure de vinyle $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$	Polychlorure de vinyle (PVC) $\text{-(CH}_2\text{-CH(Cl))}_n$	Tuyau, canalisations, bouteilles Volets...	
Styrène $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$	Polystyrène (PS) $\text{-(CH}_2\text{-CH(C}_6\text{H}_5\text{))}_n$	Casiers de réfrigérateurs, mobilier transparent, jouets...	

Le polyéthylène est un polymère linéaire (chaîne carbonée linéaire) alors que le polypropène est un polymère ramifié (chaîne carbonée ramifiée)

### Application 1

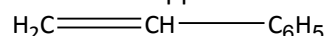
L'analyse d'un polymère obtenu par polyaddition a donné  $121250 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  pour masse molaire moyenne, et pour degré de polymérisation moyen 1250.

- 1) Déterminer la masse molaire du monomère. ( $m_m = 97 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )
- 2) D'autres analyses indiquent qu'une mole du monomère contient du chlore, 24 g de carbone et 2 g d'hydrogène.
  - a) Calculer la masse de chlore dans une mole de ce monomère. ( $m_{\text{chlore}} = 71 \text{ g}$ )
  - b) En déduire la formule brute de ce monomère.
  - c) Indiquer deux formules semi-développées possibles du monomère.
- 3) Le monomère est le chlorure de vinyle. Écrire l'équation de sa réaction de polymérisation.

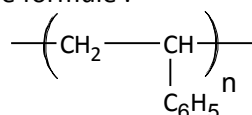
Masses molaires : Chlore :  $35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; Carbone :  $12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; Hydrogène :  $1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

### Application 2

Le polystyrène (PS) servant à la fabrication des pièces est produit industriellement par la polymérisation du styrène de formule semi-développée :



- 1) Calculer la masse molaire moléculaire du styrène. On donne  $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- 2) Le polystyrène est obtenu à partir d'une réaction de polyaddition du monomère styrène.
  - a) Pourquoi la molécule de styrène peut-elle subir une réaction d'addition ?
  - b) Écrire la réaction de polymérisation du styrène.
- 3) Le polystyrène (PS) est un polymère de formule :

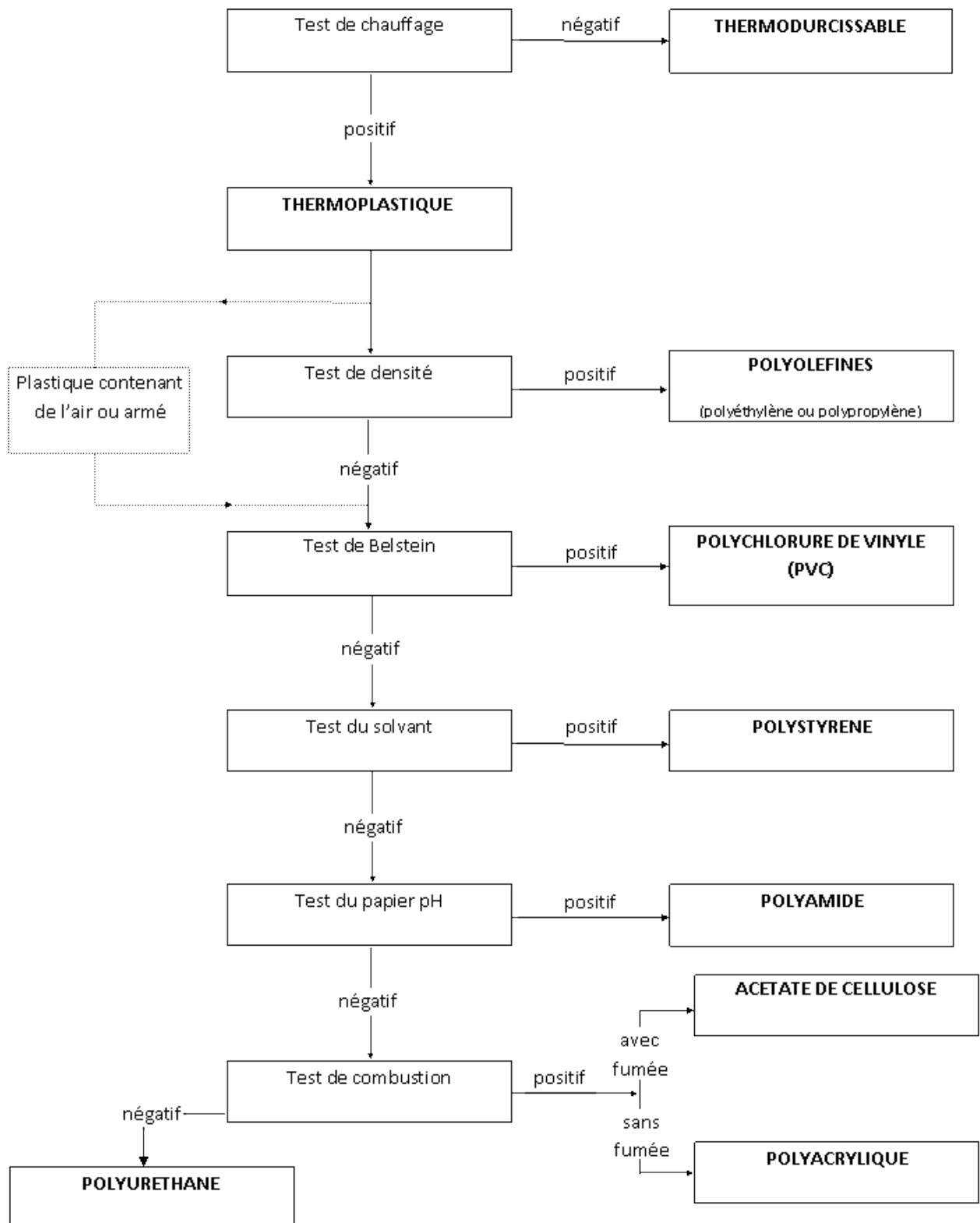


- a) Que représente le nombre  $n$  dans la formule du polymère ?
- b) Sachant que la masse molaire moyenne du polystyrène utilisé est de  $1,56 \times 10^6 \text{ g/mol}$ , calculer le nombre  $n$ .

## II. Identification des matières plastiques

Pour identifier des échantillons de matières plastiques, on réalise les tests décrits ci-dessous en utilisant l'organigramme des essais et en respectant la chronologie des opérations.

1. Organigramme des essais





## 2. Les tests d'identification

### a) Test de chauffage :

Chauffer l'agitateur en verre, tenu avec la pince en bois, dans la flamme du bec Bunsen et le poser sur l'échantillon.

***Si l'échantillon ramollit (ou garde une empreinte), alors le test est positif.***

### b) Test de densité (non valable pour les plastiques armés ou contenant de l'air)

Plonger l'échantillon dans un bécher rempli d'eau et le maintenir immergé pendant une vingtaine de secondes, puis le libérer.

***Si l'échantillon surnage, alors le test est positif.***

### c) Test de Belstein :

- Chauffer au rouge le fil de cuivre tenu à l'aide d'une pince en bois.
- Poser le fil sur l'échantillon et le tourner afin de l'enrober de matière plastique.
- Réintroduire le fil de cuivre au sommet de la flamme du bec Bunsen.

***Si la flamme prend une couleur verte, alors le test est positif.***

### d) Test du solvant (à faire loin de toute flamme) :

- Placer l'échantillon dans un tube à essais.
- Prélever à l'aide la pipette environ 2 mL d'acétone et verser le liquide dans le tube à essais.
- Attendre 10 minutes et verser quelques gouttes d'eau distillée dans le tube à essais.

***Si un trouble (précipité) apparaît, alors le test est positif.***

### e) Test du papier pH (à faire sous la hotte aspirante) :

- Placer l'échantillon dans un tube à essais
- Placer un morceau de papier pH humidifié à l'eau distillée à l'orifice du tube.
- Chauffer doucement le tube jusqu'à obtention d'un dégagement gazeux.
- En comparant la couleur du papier pH à celle de l'échelle de couleurs, déterminer le pH des vapeurs obtenues.

***Si le pH est supérieur à 8, alors le test est positif.***

### f) Test de combustion (à faire sous la hotte aspirante) :

- Placer l'échantillon, tenu à l'aide de la pince métallique, dans la flamme du bec Bunsen.
- Observer la combustion éventuelle de l'échantillon.

***Si la combustion est facile (avec ou sans fumées), alors le test est positif.***

## 3. Thermoplastiques, thermodurcissables et élastomères

Les plastiques sont classés en trois catégories: les élastomères, les thermoplastiques et les thermodurcissables.

- Les thermoplastiques ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit. Comme cette transformation est réversible, ces matériaux conservent leurs propriétés et ils sont facilement recyclables.
- Les thermodurcissables sont des plastiques qui prennent une forme définitive au premier refroidissement. La réversibilité de forme est impossible car ils ne se ramollissent plus une fois moulés. Sous de trop fortes températures, ils se dégradent et brûlent (carbonisation).
- Les élastomères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes. Sous l'action d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes par rapport aux autres et se déformer. Pour que le matériau de base présente une bonne élasticité il subit une vulcanisation. C'est un procédé de cuisson et de durcissement qui permet de créer un réseau tridimensionnel plus ou moins rigide sans supprimer la flexibilité des chaînes moléculaires. On introduit dans l'élastomère au cours de la vulcanisation du soufre, du carbone et différents agents chimiques. Différentes formulations permettent de produire des caoutchoucs de synthèse en vue d'utilisations spécifiques. Les élastomères sont employés dans la fabrication des coussins, de certains isolants, des semelles de chaussures ou des pneus.



### III. Matières plastiques et environnement

#### 1. Durée de vie des matières plastiques

Les objets en matière plastique sont souvent moins coûteux que les objets en matériau traditionnel mais ils ne sont pas biodégradables. Il importe donc de prévoir le coût de du traitement de la matière plastique lorsqu'elle est devenue un déchet.

#### 2. La gestion des déchets

##### a) Le tri des déchets

Les déchets ménagers sont de nature très variée. Il convient donc d'effectuer un tri pour extraire les matières plastiques usagées puis les répartir selon leur nature chimique.

##### b) L'incinération des matières plastiques

De nombreuses matières plastiques sont brûlées dans les usines de traitement des déchets. Ce procédé comporte un grave inconvénient: l'incinération des matières plastiques peut produire des acides nuisibles à l'environnement. Par exemple, l'incinération du polychlorure de vinyle, qui contient du chlore et de l'hydrogène, engendre du chlorure d'hydrogène HCl dont la solution aqueuse est l'acide chlorhydrique.

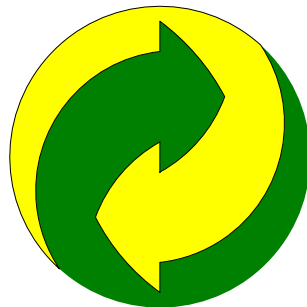
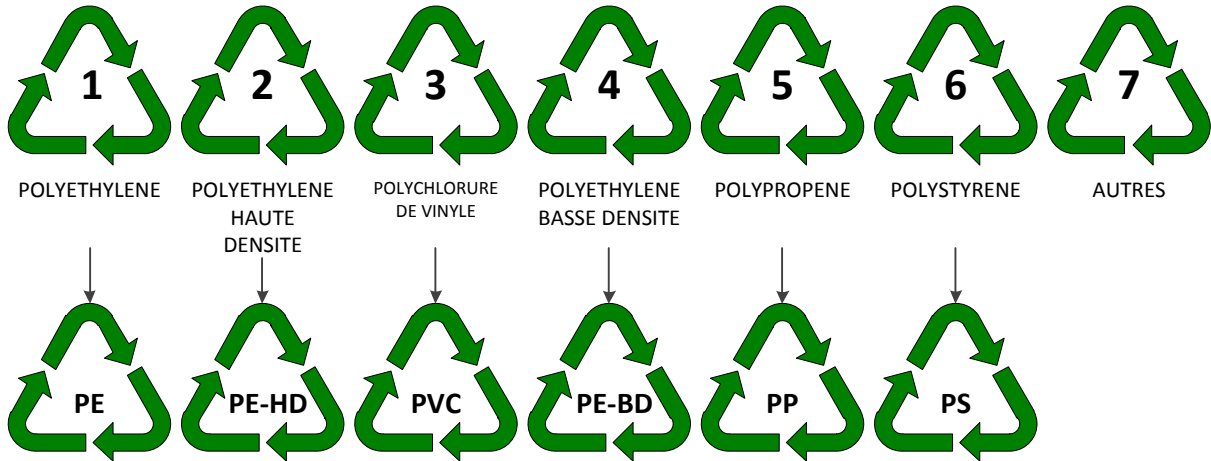
Le problème de ces rejets acides est bien maîtrisé dans les usines modernes de traitement dans lesquelles les incinérateurs sont maintenant munis de filtres retenant efficacement ces gaz acides.

##### c) Le recyclage des matières plastiques

Les matières plastiques récupérées dans les ordures ménagères peuvent être recyclées à condition d'être propres, sans étiquettes, sans additifs ou colorant et triées selon leur nature chimique. La

méthode consiste à dépolymériser une matière plastique puis à la polymériser pour obtenir un nouveau polymère.

Dans l'industrie les principaux polymères sont maintenant identifiables par les symboles donnés ci-dessous:



Ce symbole montre que l'emballage du produit est recyclable.

# Exercices sur les matières plastiques

## Exercice 1:

Compléter les phrases suivantes :

- 1) Les matières plastiques sont des matières contenant tous l'élément .....
- 2) Le polychlorure de vinyle de formule semi-développée ..... et de symbole.....s'obtient par.....de plusieurs molécules.....appelées.....
- 3) Le degré ou.....de polymérisation d'un.....est le nombre moyen de.....que comporte ses macromolécules.
- 4) Les polymères qui à froid retrouvent leur forme initiale après déformation, sont dit ..... alors que dans les mêmes conditions les.....restent durs. Ceux qui à chaud se ramollissent sont dits.....
- 5) Les matières plastiques, une fois utilisées posent un problème d' ..... Ainsi pour lutter contre cette pollution visuelle ; deux méthodes sont essentiellement utilisées le.....et l'..... La première offre une seconde vie à la matière. Par contre la seconde est une source d'énergie..... dont le seul inconvénient est de rejeter dans l'.....des gaz polluants tel que le..... d'..... pour le polychlorure de vinyle.
- 6) Les matières plastiques ou ..... sont des matériaux organiques synthétiques; ils contiennent donc toujours l'élément ..... Ils sont constitués de ..... dans lesquelles se répète un très grand nombre de fois une unité structurale: le .....
- 7) Toutes les molécules d'alcool contiennent le groupe d'atomes ....., appelé ....., lié à un atome de .....
- 8) L'élimination des matières plastiques peut se faire par .....; cette opération permet d'obtenir de la chaleur.
- 9) La ..... consiste en l'addition les unes aux autres d'un très grand nombres de molécules .....; appelées .....

## Exercice 2 :

- 1) Qu'est-ce que la polymérisation ?
- 2) Qu'appelle-t-on degré de polymérisation ?
- 3) Après avoir défini les concepts suivants, donner dans chacun des cas des exemples : thermoplastiques; thermodurcissables.
- 4) Écrire l'équation-bilan de polymérisation de l'éthylène ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ )
- 5) a- Que veut dire PVC ; PE ; PS.                      b- Que signifient PEHD ; PEBD.
- 6) Écrire les équations de polymérisation du propène, du styrène et du chlorure de vinyle. Donner dans chaque cas des exemples de ces matières plastiques.

## Exercice 3 :

- 1) Un polymère a une masse molaire moyenne  $87500 \text{ g.mol}^{-1}$  et pour degré de polymérisation 1400. Son analyse chimique montre qu'il contient en masse : 56,8% de chlore, 38,4% de carbone, le reste étant de l'hydrogène. Déterminer la formule du monomère.

- 2) Calculez le degré de polymérisation du polyéthylène, dont la masse molaire moléculaire vaut 140kg/mol.
- 3) On obtient le PVC à partir d'éthylène et de dichlore ( $\text{Cl}_2$ ). Écrire les réactions conduisant à l'obtention du monomère puis du polymère. Calculez les masses d'éthylène et de dichlore nécessaires pour obtenir 1kg de ce polymère dans où  $n=80000$ .

**Exercice 4:**

Un polymère contenant uniquement du carbone et de l'hydrogène présente un degré de polymérisation de 1600. La masse molaire de ce polymère est de  $67,2 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- 1) Vérifier que la masse molaire de monomère, vaut  $42 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- 2) Le monomère a pour formule :  $\text{R}-\text{CH}=\text{CH}_2$  où R est un groupe alkyle. Déterminer R et donner le nom du monomère.

**Exercice 5:**

- 1) La formule générale d'un alcène est  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ . Le pentène est un hydrocarbure linéaire qui possède cinq atomes de carbone.
  - a) Donner sa formule brute.
  - b) Écrire la formule semi-développée du pent-2-ène.
  - c) Calculer la masse molaire moléculaire de cet alcène.
- 2) On effectue la polyaddition du pentène. Le polymère obtenu, de formule  $-(\text{C}_5\text{H}_{10})_x-$  a pour masse molaire moléculaire 106,050 kg/mol. Calculer son indice de polymérisation x.

**Exercice 6:**

- 1) L'éthylène  $\text{C}_2\text{H}_4$  réagit avec le dichlore  $\text{Cl}_2$  pour donner un composé chloré, réaction 1. Puis ce dérivé chloré, par élimination d'une molécule de chlorure d'hydrogène HCl, produit le chlorure de vinyle  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ , réaction 2.
  - a) Écrire les équations bilan des deux réactions en indiquant les proportions en moles.
  - b) Comment nomme-t-on la réaction 1 ?
  - c) Écrire les formules développées de l'éthylène et du dérivé chloré en donnant son nom.
- 2) La polymérisation du chlorure de vinyle conduit au polychlorure de vinyle, PVC, réaction 3.
  - a) Écrire l'équation bilan de la réaction 3. De quel type de polymérisation s'agit-il ?
  - b) La masse molaire de ce PVC est de 94 kg/mol. En déduire son degré de polymérisation.

$$\text{On donne: } M(\text{H})=1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}; M(\text{C})= 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}; M(\text{Cl})= 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

**Exercice 7:**

- 1) La masse molaire moyenne d'un polymère est égale à 187,5 kg/mol pour un indice de polymérisation de 3000. Quelle est la masse molaire du monomère.
- 2) Les pourcentages des différents éléments constituant le monomère sont : C : 38,4 % ; H : 4,8 % ; Cl : 56,8 %. Quelle est la formule brute du monomère. Quelle est sa formule développée ?
- 3) Donner la formule brute et la formule développée du chlorure de vinyle ou chloréthylène.
- 4) Il peut par une réaction de polymérisation (polyaddition) conduire à un polymère : le polychlorure de vinyle. Donner le motif de ce polymère.

$$\text{On donne: } M(\text{C})= 12 \text{ g/mol}; M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol et } M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$$

**Exercice 8:**

1) Compléter le tableau suivant:

<b>Nom du plastique</b>	Polyéthylène		
<b>Abréviation</b>		PS	
<b>Motif</b>			
<b>Monomère: nom et formule</b>			
<b>Matière(s) première(s) de la synthèse du monomère</b>			$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2$

2) L'acrylonitrile de formule  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$  donne, par polymérisation, le polyacrylonitrile utilisé pour la fabrication de fibres synthétiques.

- Donner la formule du polyacrylonitrile (PAN).
- Déterminer la masse molaire moyenne d'un PAN de degré de polymérisation moyen égal à 2000.

# Les textiles

---

On peut classer les textiles suivant leur origine en quatre grandes catégories: les textiles d'origine animale, végétale, minérale et chimique. Nous allons nous intéresser aux textiles chimiques qui sont composés de textiles artificiels et de textiles synthétiques.

Les textiles sont fabriqués à partir de produits naturels qu'on modifie chimiquement ou qu'on régénère tandis que les textiles synthétiques sont obtenus par polymérisation ou par polycondensation à partir de monomères de structure simples.

## I. Les textiles artificiels

### 1. Les procédés de fabrication des textiles artificiels

Il se résume en trois étapes:

- Dissoudre la cellulose (principale constituant de la paroi de toute cellule végétale) ou un de ses dérivés dans un solvant pour des solutions d'une viscosité convenant à la suite du procédé.
- Faire passer la solution dans les filières, plaques percées de trous calibrés.
- À la sortie des filières, faire évaporer ou détruire chimiquement le solvant afin de reconstituer la cellulose ou un dérivé sous forme de fils.

### 2. Exemples de textiles artificiels

- La rayonne: matière textile artificielle constituée de cellulose obtenue à partir de la pâte de la cellulose des arbres.
- Les fibrannes: obtenus par filage et tissage des fibres coupées ou discontinues de la viscose.

## II. Les textiles synthétiques

### 1. Les procédés de fabrication

Les textiles synthétiques sont obtenus par polymérisation ou par polycondensation

#### a) La polymérisation

C'est une réaction au cours de laquelle un grand nombre de molécules insaturées identiques ou non (monomères) se soudent les unes aux autres pour former une molécule géante (macromolécule) sans qu'il y ait production de corps annexes.

#### b) La polycondensation

C'est une réaction au cours de laquelle des molécules se soudent les unes aux autres pour former une molécule géante (macromolécule) avec formation de corps annexes (eau  $H_2O$ , ammoniac:  $NH_3$ , chlorure d'hydrogène:  $HCl$ , dioxyde de carbone:  $CO_2$ )

## 2. Exemples de textiles synthétiques

### a) Les chlorofibres

Elles sont à base de chlorure de vinylidène ou de chlorure de vinyle polymérisé.

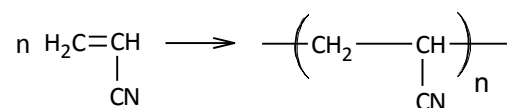
Propriétés: elles sont ininflammables, imperméables, insensibles aux mites (petits papillons blanchâtres dont les larves rongent les étoffes).

### b) Les acryliques: polyacrylonitrile (P.A.N)

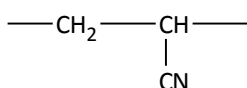
Ils sont fabriqués par la polymérisation de l'acrylonitrile.

Le monomère est l'acrylonitrile:  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C}\equiv\text{N}$

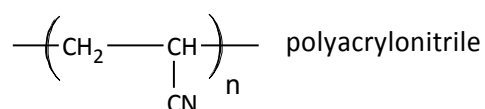
Équation bilan:



Motif:



Polymères:

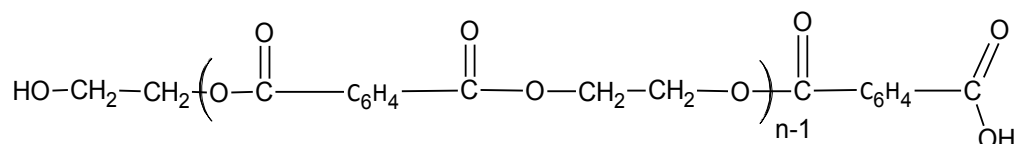
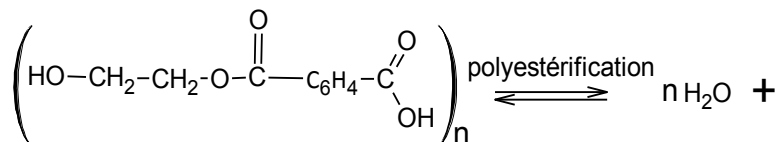
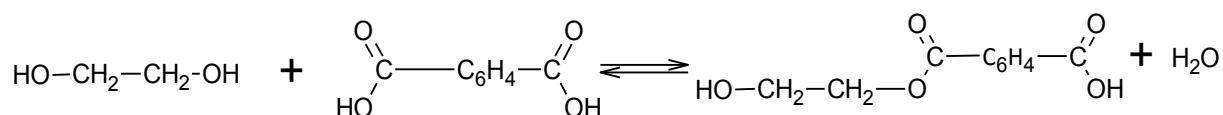


Propriétés: ce sont des polymères thermoplastiques, ils résistent aux acides, aux bases, à l'eau de javel, aux ultra-violets, ils sont élastiques.

Utilisation: ils servent pour la fabrication de tissus, de fils à tricoter, d'imitation de fourrures...

### c) Les polyesters: le tergal

Le tergal est obtenu par polycondensation d'un dialcool: l'éthane-1,2-diol (glycol) et d'un diacide; l'acide téréphtalique ou benzène - 1,4 - dicarboxylique.





Propriétés: ils ressemblent à la soie, ils sont inattaquables par les solvants habituels et donnent des tissus infroissables mêmes mouillés.

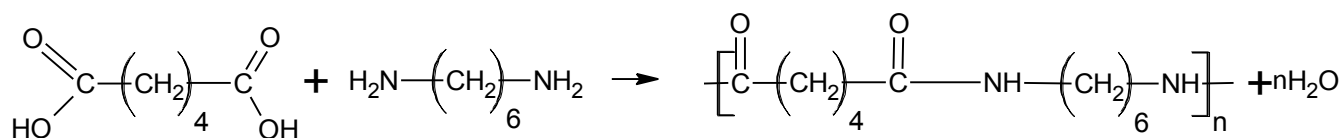
Utilisation: étoffes, fils à coudre ...

#### d) Les polyamides: le nylon 6-6

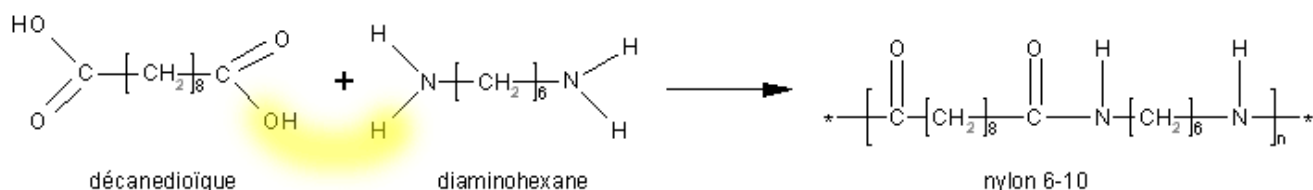
Le Nylon 6-6 est un polyamide artificiel. Sa synthèse a été réalisée par le chimiste américain W. H. Carothers (du Pont de Nemours). Dans l'industrie, on le prépare par réaction de polycondensation entre l'acide hexanedioïque ( $\text{NH}_2 - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$  : acide adipique) et le diamino-1,6-hexane ( $\text{CO}_2\text{H} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO}_2\text{H}$ : hexaméthylène diamine) à  $280^\circ\text{C}$

Équation bilan

- o Le nylon 6-6



- o Le nylon 6-10

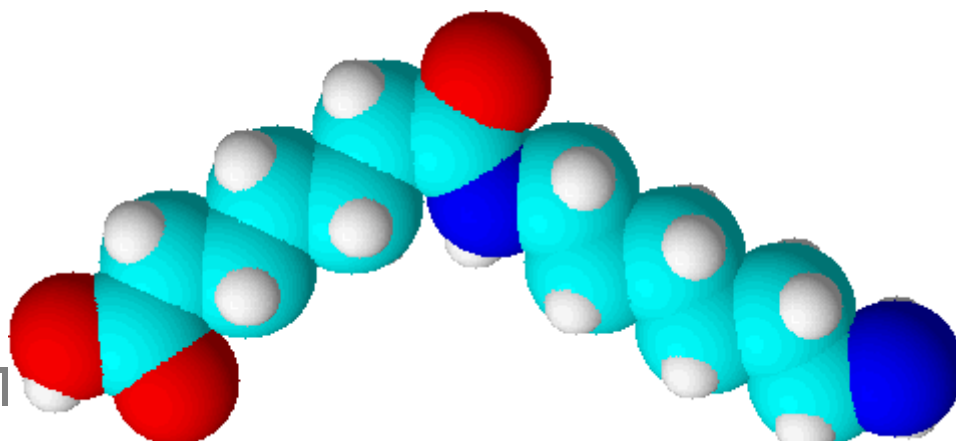


Remarque: la notation 6-6 signifie que ses précurseurs possèdent 6 atomes de carbone chacun.

Parmi les nombreuses anecdotes concernant l'origine du nom choisi par Carothers, l'une d'elles probablement apocryphe, est à mettre en relation avec le fait qu'à l'époque une bonne partie de la soie provenait du Japon. Nylon serait constitué des premières lettres de la phrase : **N**ow **Y**ou're **L**ost **O**ld **N**ippons.

Propriétés: les polyamines résistent à la plupart des solvants organiques, aux acides dilués, ils sont plus élastiques que la soie.

Utilisation: fil à coudre, tissus .....



# Les composés oxygénés

## I. Les alcools

### 1) Définition

La molécule d'un alcool est caractérisée par la présence d'un groupe hydroxyle ( $-\text{OH}$ ) lié à un carbone tétragonal.

La formule générale d'un alcool est  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  ou  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{-OH}$  ou  $\text{R-OH}$  (R- est un groupe alkyle).

### 2) Nomenclature des alcools:

- Prendre le nom de l'alcane correspondant à la chaîne carbonée la plus longue comportant le groupement fonctionnel  $-\text{OH}$ .
- Remplacer le "e" final par le suffixe "ol".
- Préciser, avant la terminaison "ol" et entre deux tirets, le numéro de l'atome de carbone portant le groupement  $-\text{OH}$ .

Remarque: le numéro de l'atome de carbone qui possède la fonction doit être le plus petit possible.

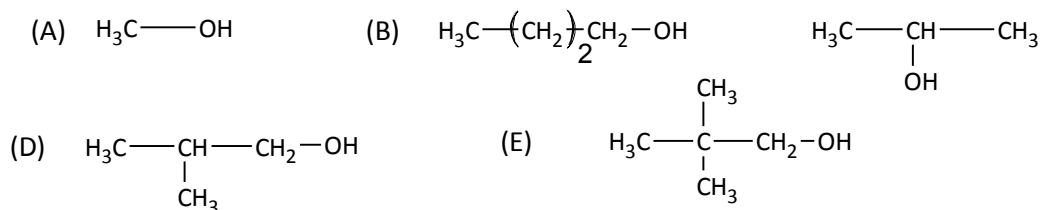
### 3) Les différentes classes d'alcool

Un alcool peut être primaire (I), secondaire (II) ou tertiaire (III) selon que le carbone portant le groupe fonctionnel est lié à un, deux ou trois atomes de carbone.

Formule semi développée	Nom	Classe	Formule générale
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	Butan-1-ol	I	$\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	Butan-2-ol	II	$\begin{array}{c} \text{R}_1-\text{CH}-\text{R}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	2-méthylpropan-2-ol	III	$\begin{array}{c} \text{R}_3 \\   \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{R}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$

Remarque: dans le cas du méthanol  $\text{CH}_3\text{OH}$ , le carbone fonctionnel n'est relié à aucun atome de carbone néanmoins il constitue une exception classée dans le groupe des alcools primaires.

Application 1: Nommer les composés suivants:



### Application 2

Donner la formule semi-développée des alcools suivants:

- a) Éthanol      b) Pentan-3-ol      c) 2-méthylpropan-2-ol  
 d) 3,5-diméthylhexan-2-ol    e) 2,3-diméthylbutan-2-ol    f) 3-éthyl-2,5-diméthylheptan-4-ol

### Application 3

Un mono alcool saturé a pour masse molaire  $M = 60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- a) Déterminer sa formule brute.  
 b) Écrire toutes les formules semi-développées possibles correspondant à cette formule brute.  
 c) Indiquer pour chaque composé répertorié, le nom et la classe de l'alcool correspondant.

## 4) Les polyalcools

### a) Cas d'un dialcool: le glycol

Le glycol ou éthane-1,2-diol de formule  $\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$  est le plus simple des dialcools. Il est utilisé comme antigel.

### b) Cas d'un trialcool: le glycérol

Le glycérol ou propane-1,2,3-triol de formule  $\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH}$  est l'alcool le plus présent dans la formation des lipides (corps gras). Exemples: huile, graisse, .... Le glycérol vendu dans le commerce sous le nom de glycérine est l'un des principales matières premières dans la fabrication des savons.

## II. Les acides carboxyliques

### 1) Définition

Les acides carboxyliques sont des composés organiques renfermant dans leur molécule le groupe caractéristique ( $-\text{COOH}$ ) appelé groupe carboxyle.

Leur formule générale est  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  ou  $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{//} \text{O} \\ \text{\textbackslash} \text{OH} \end{array}$  où R- est un groupe alkyle ou même une chaîne carbonée insaturée.

### 2) Nomenclature

Le nom d'un acide carboxylique s'obtient en remplaçant le « e » final du nom de l'alcane correspondant par la terminaison « oïque » en le faisant précéder du mot *acide*.

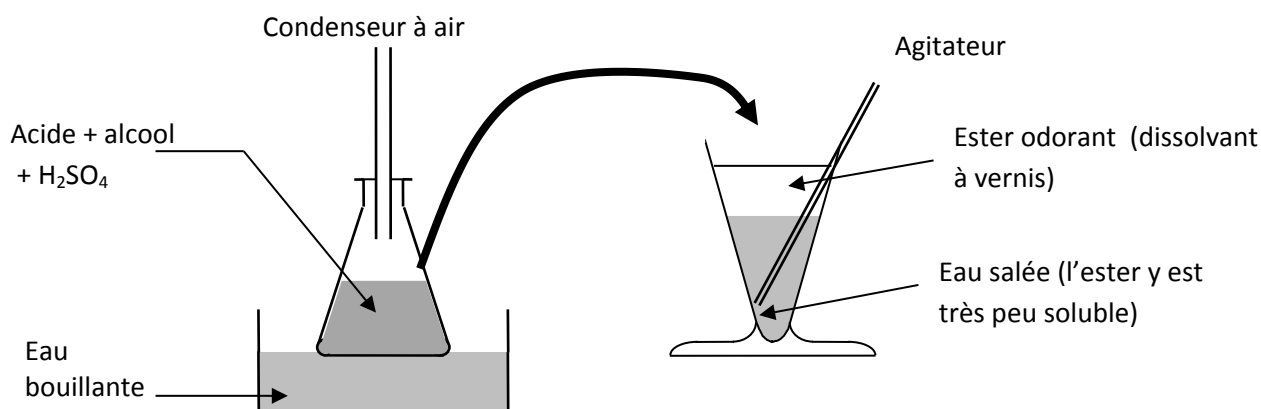
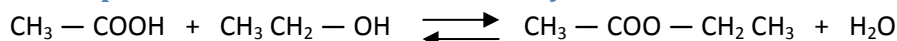


- Dans le sens 1, il y a une estérification;
  - Dans le sens 2, il y a hydrolyse de l'estér.
  - Les deux réactions se produisent simultanément.
- La réaction est très lente et athermique (n'absorbe ni ne dégage de la chaleur)

### 3) Propriétés des esters

Les esters sont en général liquides (à pression et température usuelles), assez volatils, à odeur fruitée et très peu solubles dans l'eau (contrairement aux acides et aux alcools dont ils dérivent).

### 4) Synthèse rapide d'un ester : l'éthanoate d'éthyle.

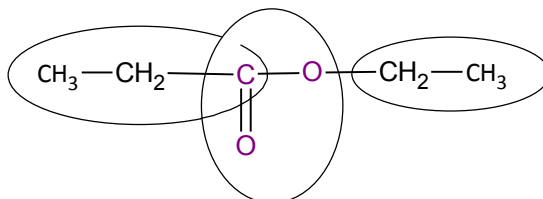


### 5) Nomenclature des esters

Un ester résulte de l'action conjuguée d'un alcool et d'un acide carboxylique. Le nom de l'ester se construit de la façon suivante:

Nom de l'hydrocarbure correspondant à l'acide carboxylique (avec élision du "e")	+	"oate"	+	nom du radical alkyle de l'alcool
$\underbrace{\hspace{10em}}$ propan		$\underbrace{\hspace{2em}}$ oate		$\underbrace{\hspace{10em}}$ éthyle

Exemple:



Résultat: propanoate d'éthyle

#### Application 5

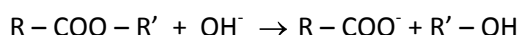
Recopier et compléter le tableau suivant:

<b>Formule</b>	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$	.....	$\text{CH}_3-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{C}_3\text{H}_7$	.....
<b>Nom</b>	.....	Propanoate d'éthyle	.....	Butanoate de propyle

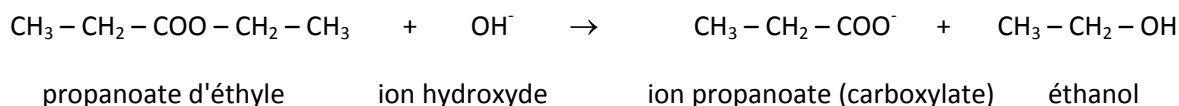
#### IV. Les réactions de saponification

##### 1) Définition.

Une réaction de saponification est la réaction à chaud d'un ester avec des ions hydroxydes  $\text{OH}^-$ . On obtient un alcool et ion carboxylate. C'est une réaction lente et totale.



Exemple: réaction de saponification du propanoate d'éthyle



##### 2) Saponification des corps gras

Le mot saponification provient du latin "sapo"; ce mot dérivait du mot d'origine germanique "saipon", désignant un mélange de suif et de cendres. Il traduit à la fois l'origine de cette réaction, c'est-à-dire l'interaction entre corps gras et composé basique, et son intérêt, la fabrication des savons.

##### a) Les principaux acides gras naturels

Les chaînes carbonées des savons proviennent des corps gras naturels, d'où leur nom:

Nom usuel	Formule	Formule brute
Acide palmitique	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$
Acide stéarique	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
Acide oléïne	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$
Acide linoléïque	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	$\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$
Acide linoléïque	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-[\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2]_3-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$

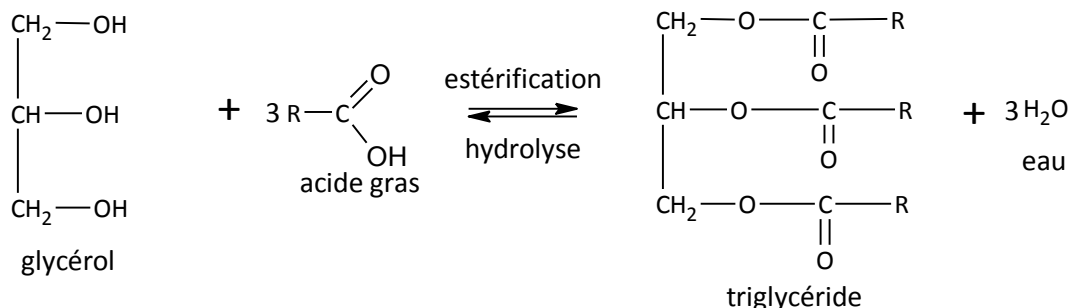
##### b) Définition d'un savon

Un savon est un mélange de carboxylate de sodium ou de potassium, de formule  $\text{R}-\text{COO}^- \text{M}^+$ , dont les chaînes carbonées R sont non ramifiées (linéaires) et possèdent généralement plus de dix atomes de carbone.

##### c) Fabrication des savons

- Matières premières utilisées

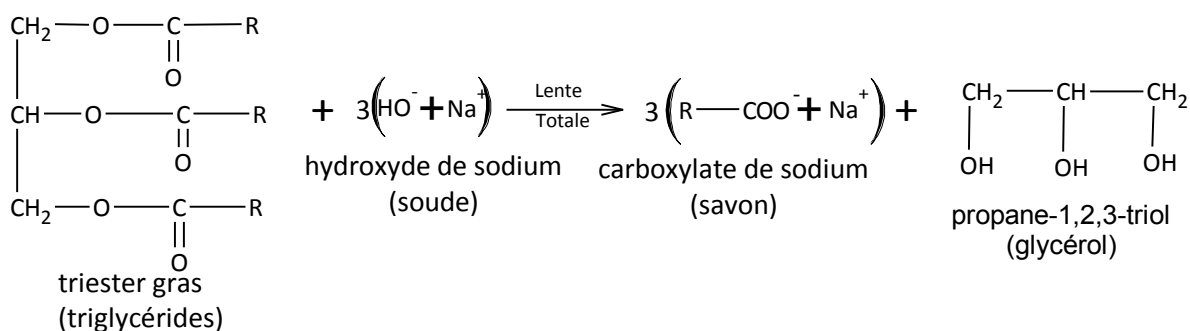
Les savons sont obtenus par saponification d'ester gras, les triglycérides, par une base forte. Les triglycérides sont des triesters d'acide gras et du glycérol (ou propane-1,2,3-triol)  
 $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{OH}$ .



Ces triesters sont les principaux constituants des corps gras tels que le suif, les huiles de palmiste, d'arachide, de colza, d'olive, .....

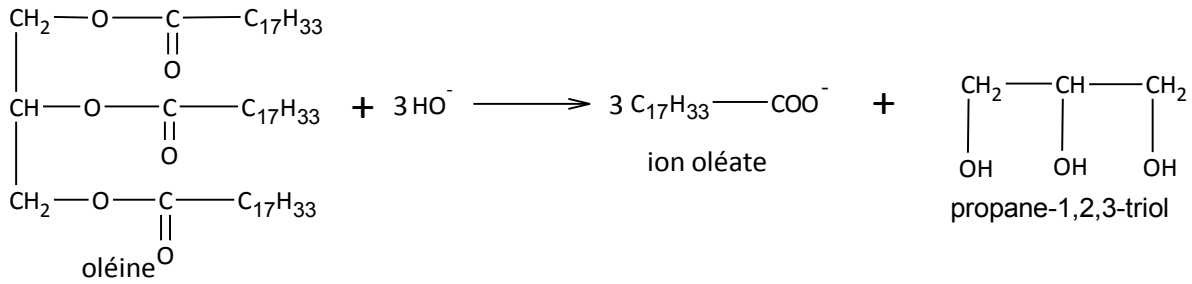
▪ Fabrication au laboratoire

La saponification des triesters gras (triglycérides) conduit au propane-1,2,3-triol (glycérol) et à des carboxylates de sodium ou de potassium qui sont des savons.





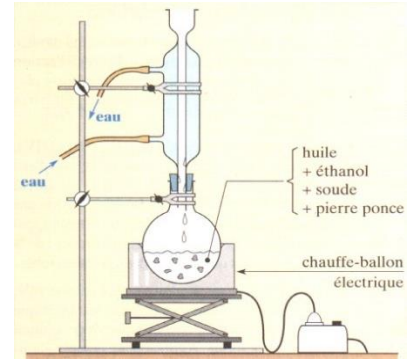




**b) Protocole expérimental**

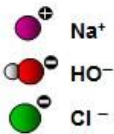
▪ Réaction de saponification sous chauffage à reflux.

- Le ballon de 250 mL contient 20mL de soude à 10 mol.L<sup>-1</sup>.
- Y ajouter le flacon d'huile d'olive (15 mL) puis 20mL d'éthanol (miscible avec l'eau et l'huile, il permet ainsi de lier plus facilement les ions OH<sup>-</sup> en solution aqueuse et l'huile d'olive) et quelques grains de pierre ponce.
- Chauffer à reflux le mélange réactionnel durant 15 min environ.

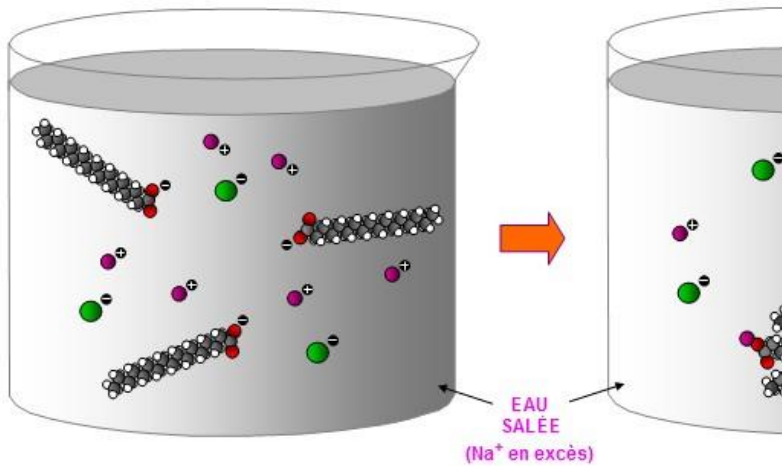


▪ Relargage.

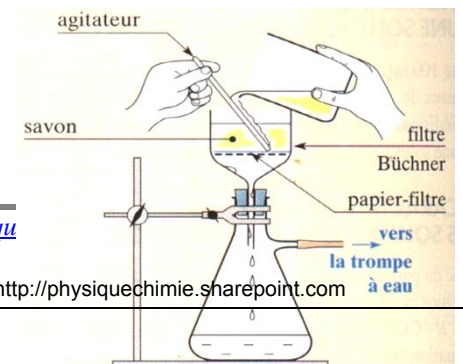
- Verser le mélange obtenu dans un béccher contenant environ 100 mL de solution de chlorure de sodium : on obtient un précipité qui est du savon de formule chimique C<sub>17</sub>H<sub>31</sub>COONa
- Agiter et laisser reposer.



**RELARGAGE**



▪ Filtration et lavage.



- Filtrer sur Büchner en commençant à verser le plus possible de liquide clair.
  - Séchage.
- Recueillir le savon à la spatule et le sécher sur papier filtre.
  - Test des propriétés moussantes.
- Découper un petit morceau de savon obtenu et l'introduire dans un tube à essais. Ajouter 2 à 3 mL d'eau distillée et agiter : de la mousse se forme.

Remarque : il est déconseillé d'utiliser ce savon pour se laver les mains : en effet, il contient encore beaucoup de soude et est donc caustique.

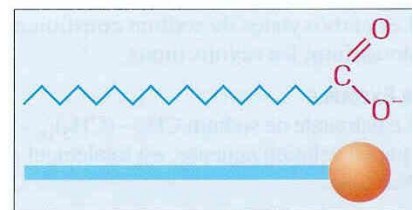
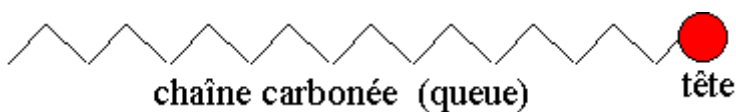
### c) Questions.

- Quel est le rôle de la pierre ponce ?
- Déterminer les quantités de matière de chacun des réactifs de la réaction de saponification (densité de l'huile :  $d=0,9$ ). En déduire la quantité (en mol) d'ion oléate obtenue (considérer la réaction totale)
- Écrire la réaction de précipitation (totale) observée lors de l'opération de relargage.
- En déduire la masse de savon qu'il est théoriquement possible d'obtenir.
  - La pierre ponce permet d'obtenir une ébullition régulière du mélange réactionnel.
  - Ion hydroxyde :  $n_{OH^-} = c \cdot V = 10 \cdot 0,02 = 0,2 \text{ mol}$
  - $n_{huile} = m/M = \rho \cdot V/M$  avec  $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$  ;  $V = 15 \text{ cm}^3$  et  $M = 878 \text{ g/mol}$  donc  $n_{huile} = 1,54 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
  - L'huile d'olive est le réactif limitant ( $x_{max} = 1,54 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ ) et  $n_{oléate} = 3 \cdot x_{max} = 4,62 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
  - Avant l'ajout de la solution de chlorure de sodium, l'espèce chimique l'ion oléate est très soluble en solution aqueuse. Dans une solution très salée (chlorure de sodium), il devient très peu soluble et l'ion oléate précipite suivant la réaction :  $C_{17}H_{31}COO^- + Na^+ \rightarrow C_{17}H_{31}COONa$
  - $n_{savon} = n_{oléate} = 4,62 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  donc  $m_{savon} = n_{savon} \cdot M(C_{18}H_{31}O_2Na) = 4,62 \cdot 10^{-2} \cdot 302 = 13,93 \text{ g}$ .

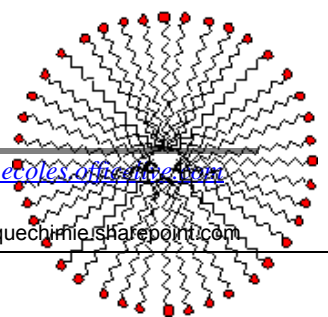
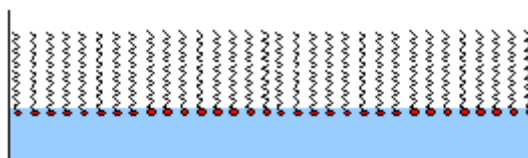
### 4) Structure et mode d'action des savons

Les particules de savon ont des propriétés dues essentiellement aux ions carboxylates  $RCOO^-$  qui présentent deux extrémités : une tête **hydrophile** (qui a beaucoup d'affinité pour l'eau) et une tête **lipophile** (ayant des affinités pour les graisses) mais hydrophobe.

Explication :

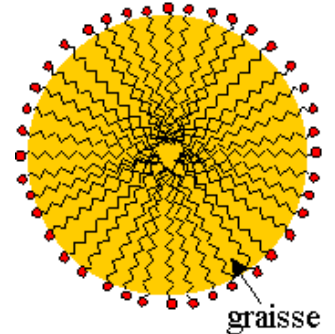


Dans l'eau, ces particules en faible quantité ont tendance à se placer à l'interface eau/air : les extrémités hydrophobes orientées vers l'extérieur, les têtes hydrophiles vers l'intérieur.



Dans l'eau et en grande quantité, les particules de savon se regroupent: les parties hydrophobes qui fuient l'eau se rassemblent entre elles, on obtient alors des **micelles**.

En présence de graisses (constituant de la saleté), les particules savonneuses peuvent s'enfoncer dans les taches d'huile, les enfermer à l'intérieur de micelles grâce à leur partie lipophile, les retirer du tissu et les disperser dans l'eau grâce à leur extrémité hydrophile.

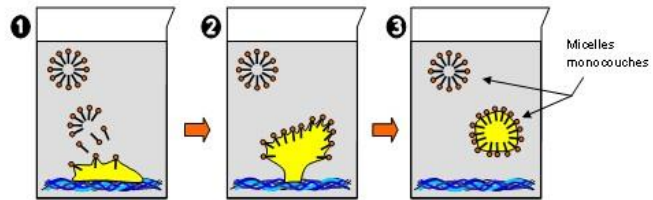
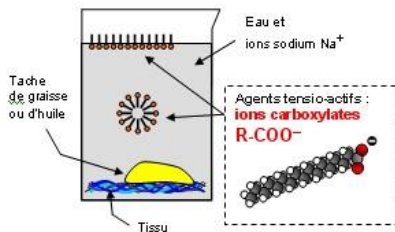


Remarque

- Le savon, grâce à ses deux extrémités, permet de s'interposer entre le tissu et la saleté et détruit ainsi son adhérence : on dit que c'est un **agent tensioactif**.
- Un savon agit peu dans un eau calcaire, salée ou acide car les ions carboxylates sont transformés en  $(RCOO)_2Ca$ ,  $RCOOH$  ou  $RCOONa$ .

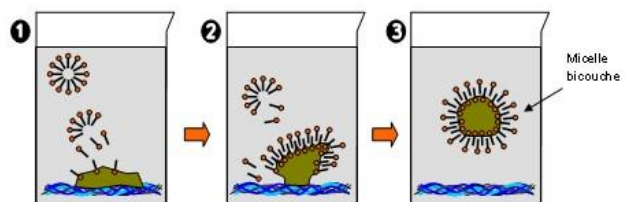
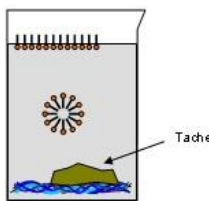
**ACTION DÉTERGENTE D'UN SAVON**

**TACHE DE CORPS GRAS**



1. Les chaînes carbonées des ions carboxylates, « queues hydrophobes et lipophiles » pénètrent dans la tache. Les groupes carboxylates de ces ions, « têtes hydrophiles », restent à la surface de la tache.
2. Avec le brassage de l'eau, la tache est étirée.
3. La tache se détache du tissu.

**TACHE DE TERRE**

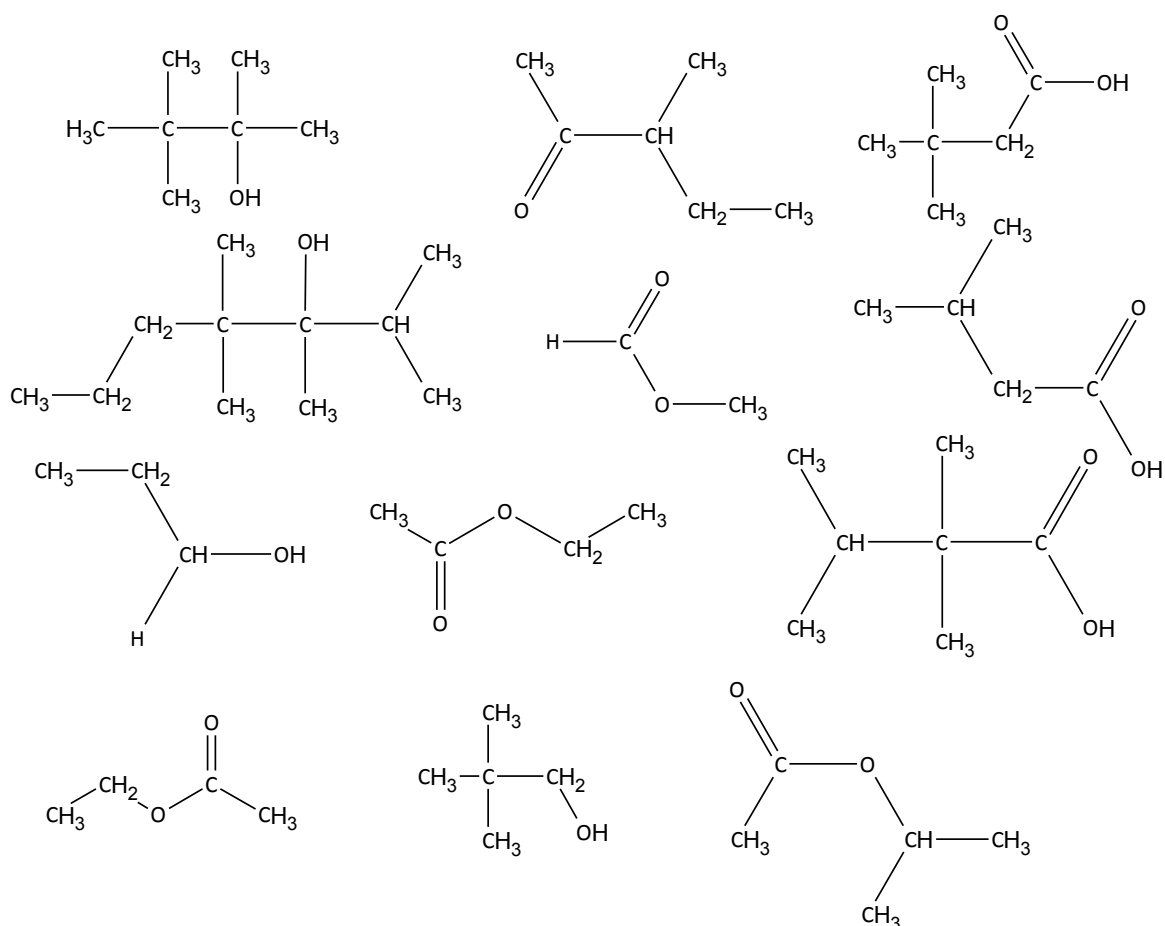


1. Les « têtes hydrophiles » des ions carboxylates pénètrent dans la tache. Les « queues hydrophobes » restent à la surface de la tache.
2. Elles se lient aux « queues hydrophobes » d'une deuxième couche. Avec le brassage de l'eau, la tache est étirée.
3. La tache se détache du tissu.

Ac-toulouse / GL / image libre de droit

# Exercices sur les composés oxygénés

**Exercice 1:** Nommer les composés suivants

**Exercice 2:**

Écrire les formules semi-développées des composés suivants :

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| a) 2-méthylbutan-1-ol         | e) acide 2-éthyl-3-méthylhexanoïque |
| b) 3,4-diméthylpentan-2-ol    | f) 3-méthylpentanoate d'isopropyle  |
| c) acide 3-méthylbutanoïque   | g) méthanoate de propyle            |
| d) 2,3,4-triméthylpentan-3-ol | h) acide acétique                   |

**Exercice 3:**

On fait réagir l'acide propanoïque sur un alcool à chaîne saturée non cyclique. L'ester B obtenu à une masse molaire  $M = 116 \text{ g/mol}$ .

- 1) Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?
- 2) Déterminer la formule brute de l'ester B.
- 3) Déterminer la formule brute de l'alcool A et écrire les formules développées possibles, les noms et classes correspondants.

**Exercice 4:**

- 1) Donner le bilan de la réaction d'estérification entre l'acide propanoïque et le méthanol. Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?
- 2) Les corps gras constituent des ..... du glycérol. L'action d'une base forte sur un corps gras est une réaction de ....., elle produit du .....et du.....

- 3) Une estérification est une réaction chimique dont les réactifs sont un alcool et un.....dans le but d'obtenir .....Il se forme également.....
- 4) Une saponification est une réaction chimique dont les réactifs sont .....et .....
- 5) Une réaction d'estérification est une réaction .....,.....et.....par contre la saponification est une réaction.....et.....

**Exercice 5:**

On réalise la réaction entre l'acide éthanoïque et l'éthanol.

- 1) Écrire l'équation-bilan de la réaction. Préciser toutes ses caractéristiques.
- 2) Donner la formule semi-développée et le nom du composé organique obtenu.

**Exercice 6:**

On fait réagir un excès de potasse sur l'éthanoate d'éthyle.

- 1) Écrire l'équation-bilan de la réaction. Préciser toutes ses caractéristiques.
- 2) Donner la formule et le nom du composé obtenu.

**Exercice 7:**

On considère un composé organique A de formule semi-développée  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

- 1) A quelle famille appartient le composé A ? De quel alcool et de quel acide dérive A ?
- 2) Écrire l'équation de la réaction qui permet d'obtenir A à partir de ces composés.
- 3) Donner les caractéristiques de cette réaction.
- 4) On fait réagir A avec une solution d'hydroxyde de sodium.
  - a) Quel est le nom de cette réaction ?
  - b) Écrire son équation-bilan ?
  - c) Donner les caractéristiques de cette nouvelle réaction.

**Exercice 8:**

- 1) Quel est le nom du groupe caractéristique des acides carboxyliques ? Donner un exemple de monoacide carboxylique et un exemple de diacide carboxylique (formule semi développée et nom pour chaque cas).
- 2) Donner le nom du groupe caractéristique des alcools. Donner un exemple de mono alcool, de diol et de triol (formule semi développée et nom pour chaque cas)
- 3) La butyryne est un corps gras présent dans le beurre. Elle peut être considérée comme résultat de la réaction entre le propane-1, 2,3-triol et l'acide butanoïque.
  - a) Écrire l'équation bilan de cette réaction.
  - b) Nommer cette réaction et donner ces caractéristiques.

**Exercice 9 :** *Masses molaires atomiques en  $\text{g.mol}^{-1}$  :  $H = 1$  ;  $C = 12$  ;  $O = 16$  ;  $Na = 23$* 

Les lipides sont des esters d'acides gras ; ils forment la majeure partie des huiles et graisses animales et végétales. Ils peuvent être préparés par réaction d'estérification entre un alcool et un acide carboxylique à longue chaîne carbonée appelé acide gras.

- 1) L'acide oléique est de formule :  $\text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{COOH}$ 
  - a) Écrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide oléique et le propan-1-ol.
  - b) Quels sont les caractéristiques de cette réaction ?
- 2) L'oléine est le triester de l'acide oléique et du glycérol ou propane-1,2,3-triol ; on la rencontre dans l'huile d'olive.

- a) Écrire la formule semi-développée du glycérol.
- b) Écrire l'équation-bilan de la réaction de formation de l'oléine.
- 3) On fait agir sur le lipide (l'oléine), un excès d'une solution d'hydroxyde de sodium à chaud. Il se reforme du glycérol et un autre produit S.
  - a) Écrire l'équation-bilan de cette réaction. Quel est le nom général donné au produit S ?
  - b) Comment nomme-t-on ce type de réaction ? Donner deux caractéristiques de cette réaction.
  - c) Sachant que la masse d'oléine utilisée est  $m = 2.10^3 \text{ kg}$ , calculer la masse du produit S obtenu.

**Exercice 10:**

Recopier et compléter le tableau.

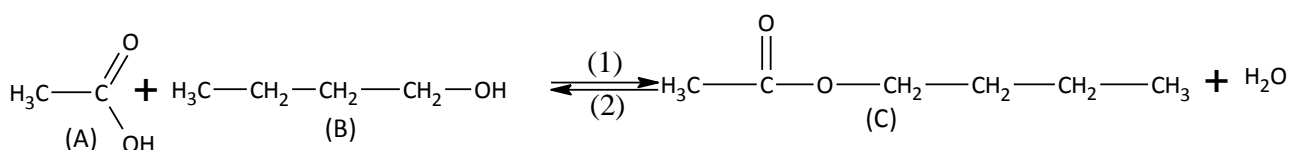
Formule	Nom	Fonction
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$		Alcool
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$		
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}_3\text{H}_7 \\    \\ \text{O} \end{array}$		
	acide 2,2-diméthylpentanoïque	
	4-méthylhexan-2-ol	
	méthanoate d'éthyle	

**Exercice 11:**

Données:

Acide stéarique:  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$ ; Masses molaires en  $\text{g.mol}^{-1}$ : H: 1 ; C:12; O: 16; Na: 23Masse molaire moléculaires en  $\text{g.mol}^{-1}$ :  $M_{\text{Stéarine}}: 890$  et  $M_{\text{savon}}: 306$ 

- 1) On considère la réaction suivante:

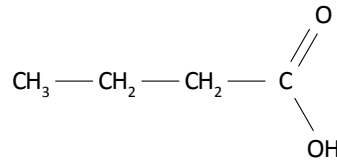


- a) Nommer les composés (A), (B) et (C).
- b) Nommer cette réaction en différenciant les sens (1) et (2).
- 2) Qu'appelle-t-on triglycéride?
- 3) Donner la formule semi-développée de la stéarine (tristéarate de glycéryle).
- 4) On traite 270 g de stéarine par une quantité suffisante de soude (ou hydroxyde de sodium):
  - a) Ecrire l'équation de la réaction. Nommer les produits de la réaction.
  - b) Quel est le nom ainsi que les caractéristiques de cette réaction?
  - c) Calculer la masse théorique de savon formé.

**Exercice 12:**

Les lipides sont des esters d'acides gras; ils forment la majeure partie des huiles et graisses animales et végétales.

1) L'acide butyrique est un acide gras de formule:



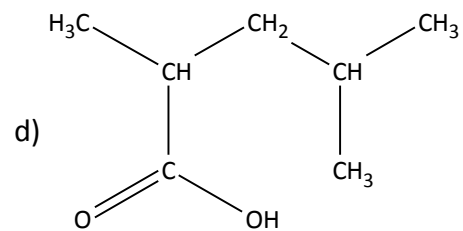
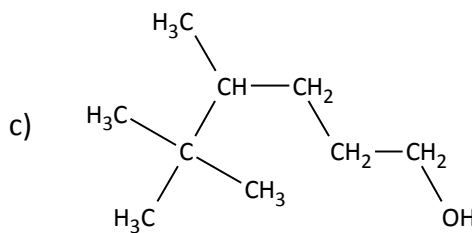
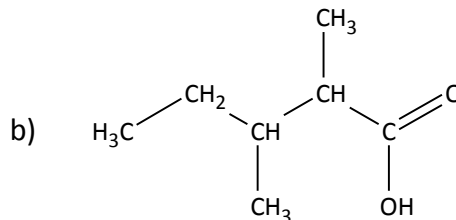
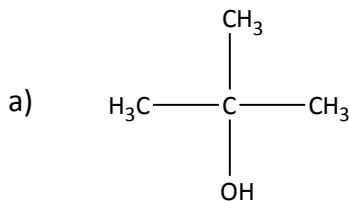
Donner le nom de cet acide en utilisant la nomenclature officielle. Identifier le groupe fonctionnel.

- Écrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide butyrique et le propan-1-ol. Nommer les produits de la réaction.
  - Quelles sont les caractéristiques de cette réaction?
- 2) La butyrique est un corps gras présent dans le beurre. Elle peut être considérée comme résultant de la réaction entre le glycérol ou propane-1,2,3-triol et l'acide butyrique.
- Écrire l'équation de la réaction entre le glycérol et l'acide butyrique.
  - On fait réagir, à chaud, une solution d'hydroxyde de sodium (soude) en excès sur la butyrique. Écrire l'équation-bilan de la réaction.
  - Quel nom donne-t-on à cette réaction?
  - Nommer les produits obtenus
  - Quelle masse de savon peut-on fabriquer, au maximum, à partir de 30,2 g de butyrique?

Masse molaire de la butyrique:  $M_1=302 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ; Masse molaire du savon:  $M_2=110 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

**Exercice 13:**

1) Nommer les composés suivants:



- 2) Un acide carboxylique a pour masse molaire  $M = 74 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .  
On donne:  $M(\text{O})=16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{C})=12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $M(\text{H})=1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Déterminer sa formule brute.
  - Donner sa formule semi développée et son nom.

## Les lessives, les antiseptiques et les désinfectants



## I. Les lessives

Originellement, la lessive (du latin *lixiva* : « eau pour la lessive ») désignait l'eau de lavage ou l'action de laver du linge, puis le linge lui-même : on fait la lessive dans une buanderie, une laverie, au lavoir, à la main, dans une lessiveuse ou dans une machine à laver, encore appelée lave-linge.

La lessive désigne également le mélange liquide ou solide de produits chimiques utilisés pour le lavage domestique ou industriel. L'action nettoyante est notamment assurée par des produits détersifs comme le savon. On parle par exemple de « détergent pour lessive », ce qui signifie « lessive pour machine à laver ».

### 1. Compositions

- Les lessives contiennent : des détergents (tensioactifs) qui augmentent le mouillage des tissus, enrobent les salissures, les détachent du linge puis les maintiennent dispersées dans l'eau (alkylbenzène-sulfonate, savon, laurylsulfate, dodécylbenzène-sulfonate, etc.) .
- des composés alcalins, qui augmentent l'efficacité des tensioactifs en agissant sur le pH de l'eau pour qu'il reste élevé (borates, carbonates);
- des agents séquestrant (chélatants), improprement appelés anti-calcaires, qui piègent le calcium, ce qui augmente l'efficacité des détergents (citrate, métaphosphates, polyphosphates, zéolites, EDTA, NTA, phosphonates). S'il n'y a pas d'anti-calcaires dans une formule, il faut utiliser plus de tensioactifs ;
- des produits complexants, appelés aussi agents antiredéposition, qui empêchent les salissures piégées par les tensioactifs de se redéposer sur le linge (ex : carboxyméthylcellulose, phosphonates);
- des enzymes, qui dégradent les molécules organiques en les fractionnant en plus petites particules. Les différentes enzymes agissent sur diverses taches : les lipases agissent sur les taches grasses (lipides), les protéases agissent sur les taches de protéines (sang, herbe, etc.). Les enzymes sont efficaces même en faible quantité et à basse température ;
- des agents de blanchiment, qui oxydent les molécules (perborates, percarbonates, peroxydes);
- des azurants optiques, qui absorbent des rayons ultraviolets et réémettent de la lumière bleue, de sorte que le linge paraît plus lumineux et plus blanc ;
- du ballast, matériau granulaire de remplissage qui facilite la manipulation des poudres;
- de l'eau, si la lessive est liquide ainsi que des agents qui agissent sur l'aspect du produit (ex : viscosant, opacifiant, antimousse...).
- des conservateurs
- du parfum souvent du colorant

### 2. Impact sur l'environnement

Les lessives se retrouvent dans les eaux usées. Après un traitement en station d'épuration, les eaux usées sont libérées dans la nature.

Les lessives génèrent une importante pollution, de par la présence de molécules plus ou moins labiles (instables ou mobiles), toxiques et rémanentes :

- Les détergents, en formant des mousses, diminuent l'oxygénation de l'eau. Leurs propriétés tensioactives leur permettent de solubiliser des molécules toxiques et, ainsi, d'assurer leur diffusion dans les milieux aquatiques. À l'instar des pesticides dits hormono-mimétiques (modulateurs endocriniens), certains détergents sont fortement suspectés d'interférer avec le métabolisme des animaux, en particulier des amphibiens (Anoures, Urodèles), des poissons et de l'homme. Ils pourraient être à l'origine des changements de sexe des mollusques et des poissons, du déclin drastique des populations de grenouilles et de la diminution de la spermatogenèse

humaine. Les tensioactifs déversés dans l'eau réagissent au contact du sel et reviennent par voie aérienne détruisant les pins du littoral méditerranéen;

- En accroissant le pH de l'eau, les alcalins peuvent perturber l'équilibre des écosystèmes aquatiques, engendrant des modifications chorologiques;
- Les phosphates ne sont pas toxiques par eux-mêmes — le phosphore est un élément majeur pour les organismes vivants — mais sont souvent à l'origine du phénomène d'eutrophisation (les marées vertes) et sont donc désormais souvent remplacés par les zéolites ;
- Les chélatants sont parfois très toxiques : L'EDTA (acide éthylènediamine tétraacétique) forme des complexes extrêmement stables avec les métaux, tel le fer de l'hémoglobine, ce qui en fait un poison;
- les agents de blanchiment sont des oxydants puissants et peuvent donc détruire la matière organique;
- Les lessives contiennent des produits dérivés du pétrole qui est une industrie très polluante. Les additifs annexes (colorants, conservateurs, etc.) peuvent aussi agir sur l'environnement.

### 3. Les origines

Les premières lessives à base de savon datent de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Cependant, ce n'est qu'à partir de 1930 que la lessive « moderne » fait son apparition. Le savon est alors remplacé par des tensioactifs de synthèse. Avant cela, on utilisait aussi des lessives 100 % naturelles à base de cendre de bois pour venir à bout des taches rebelles. La cendre contient de la potasse (composé chimique dérivée du potassium) et du carbonate de sodium qui dissolvent les graisses. On utilisait aussi la saponaire, une plante aux effets identiques. Mais pour débarrasser le linge de ces substances, il fallait alors le battre interminablement...

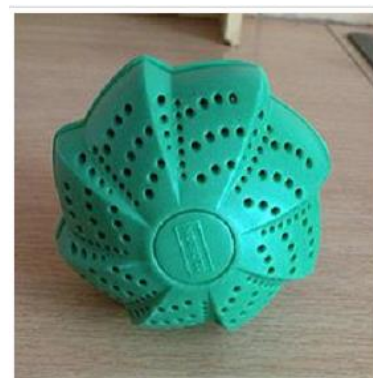
### 4. Consommation

Afin de se mettre en conformité avec une directive européenne applicable en mars 2005, l'Association française des industriels de la détergence (Afish) a décidé de mentionner la présence de tout conservateur ainsi que celle de 26 substances allergisantes lorsque leur proportion pondérale dépassera 0,01 %. En outre, les industriels négocient avec le gouvernement français un engagement de réduction des quantités de lessive par dose : la dose de poudre est passée de 150 grammes en 1998 à 100 grammes en 2005, et ne devrait être plus que de 60 à 70 grammes en 2010. Compte-tenu du nombre de lavages (environ cinq milliards par an), cela représente 500 000 tonnes de produit.

### 5. Conseils d'utilisation

Une attitude écologiquement responsable consiste à :

- privilégier les lessives moins polluantes :
  - préférer les poudres aux liquides, plus riches en tensio-actifs ;
  - choisir les lessives contenant des zéolites au lieu de phosphates ;
  - éviter les adoucissants, parfums, colorants et autres composés de synthèse.
- utiliser rationnellement les lessives :
  - essanger : un simple trempage préalable du linge permet de mouiller les fibres et d'ôter la crasse ;
  - Ne pas surdoser la lessive et utiliser moins de produit lorsqu'il y a peu de linge ou lorsqu'il est peu sale
  - utiliser moins de produit si l'eau utilisée est douce (i.e. sa dureté totale est inférieure à 15 °f);



Une balle de lavage

- l'activité enzymatique étant maximale vers une température de 40 °C, les lessives aux enzymes enlèveront mieux les taches organiques à basse température.
- Les balles de lavage sont des balles qui battent le linge dans la machine à laver et permettent d'utiliser moins ou pas de lessives.

## 6. Aspects culturels et sociaux

La lessive n'est pas qu'un acte technique individuel. Elle fut longtemps un effort collectif ritualisé, essentiellement féminin. L'histoire des lavoirs et des lavandières témoigne de cette époque aujourd'hui révolue en occident.

## II. Les antiseptiques et les désinfectants

### 1. Présentation

Antiseptiques et désinfectants, molécules capables de détruire les micro-organismes (notamment les bactéries et les champignons microscopiques) ou d'inhiber leur développement.

Les antiseptiques sont utilisés sur des tissus vivants (principalement peau ou muqueuses) lésés ou non, tandis que les désinfectants sont employés sur des surfaces inertes (par exemple en milieu hospitalier, pour la désinfection de matériel médico-chirurgical ou des locaux). Quand tous les germes sont détruits, on parle de stérilisation.

### 2. Repères historiques

L'usage très ancien des antiseptiques est longtemps resté empirique et occasionnel, jusqu'à ce que Louis Pasteur mette en évidence la présence de germes pathogènes dans les maladies infectieuses, rendant ainsi obsolète la théorie de la génération spontanée. S'appuyant sur cette découverte, le chirurgien britannique Joseph Lister introduit l'emploi des antiseptiques pour désinfecter les plaies cutanées en 1868. Il réalise l'antisepsie de plaies avec une solution de phénol, et fait passer, en cinq ans, la mortalité consécutive aux amputations majeures de 45% à 1%.

### 3. Mode d'action

Les antiseptiques locaux (ou antiseptiques à usage externe) et les désinfectants appartiennent à différentes classes chimiques; leurs modes d'action sur les micro-organismes (notamment bactéries et champignons microscopiques) ne sont pas toujours bien connus. On peut cependant citer trois grands types de mécanismes : l'altération irréversible de la membrane cytoplasmique des micro-organismes, l'inhibition de certaines enzymes essentielles à la vie de ces derniers et la dénaturation de la structure de leurs protéines ou de leurs acides nucléiques. Ces trois modes d'action peuvent être associés.

### 4. Antiseptiques

L'usage des antiseptiques vise à détruire les micro-organismes (bactéries, champignons, virus...) sans abîmer les tissus. Les antiseptiques sont généralement prescrits pour la désinfection des plaies et des brûlures ou lors des soins postopératoires, sous forme de solution aqueuse ou alcoolique, de savon, et parfois de pommade. Le choix est grand et dépend de la nature de la lésion (surface, profondeur, infection) et du type de germe à combattre. On peut ainsi mentionner : l'eau oxygénée, les dérivés chlorés comme la solution de Dakin, les antiseptiques organo-mercuriels, les biguanides (chlorhexidine et hexamidine) et les ammoniums quaternaires, ces derniers en association avec d'autres principes actifs. La nature de l'antiseptique est importante, car celui-ci peut provoquer des réactions toxiques ou allergiques. L'antiseptique est parfois associé à une antibiothérapie, notamment en cas d'infection locale à staphylocoque doré.

Chez le nourrisson, il est indispensable de tenir compte de la toxicité des antiseptiques en évaluant le rapport entre la surface et le poids du nouveau-né.

Une seconde utilisation des antiseptiques concerne la désinfection de la peau avant une prise de sang, une ponction, une injection ou une opération chirurgicale (préparation du champ opératoire) et le lavage hygiénique pré-opératoire des mains par friction. On utilise, sous forme de solution et de savon, et selon les cas à traiter, des alcools, des dérivés iodés, la chlorhexidine ou des ammoniums quaternaires en association.

Enfin, l'antisepsie des muqueuses est la troisième application des antiseptiques. Les dérivés iodés comme la polyvidone iodée sont les plus employés. Par exemple, la forme galénique utilisée pour la muqueuse buccale est le bain de bouche, et pour la muqueuse vaginale la solution gynécologique ou l'ovule gynécologique. Par analogie, on appelle aussi antiseptiques certains médicaments prescrits par voie orale contre les infections intestinales ou urinaires et qui sont en fait des équivalents d'antibiotiques.

### 5. Désinfectants

Pour la désinfection des instruments médico-chirurgicaux, des surfaces et des locaux, on emploie des alcools, des aldéhydes, des dérivés d'amines, des dérivés chlorés comme l'eau de Javel ou des dérivés phénoliques. Les désinfectants ne sont pas des médicaments, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas d'autorisation de mise sur le marché (AMM). Ils sont cependant conformes aux normes AFNOR (Association française de normalisation) et leurs conditions d'utilisation sont rigoureusement définies.

## III. Détergents

Un détergent (ou agent de surface, détersif, surfactant) est un composé chimique, généralement issu du pétrole, doté de propriétés tensioactives, ce qui le rend capable d'enlever les salissures. La déterision est un élément d'hygiène fondamental, puisqu'il permet d'éliminer une grande partie des bactéries présentes sur, en particulier la peau, les ustensiles servant à la préparation et à la consommation des repas.

### 1. Action chimique d'un détergent

La molécule du détergent est amphiphile, c'est-à-dire dotée d'une tête polaire, hydrophile (ou lipophobe), avec un radical OH, attirant l'eau, et d'une longue chaîne hydrocarbonée, apolaire, hydrophobe (ou lipophile), attirant les lipides (huiles et graisses). L'extrémité hydrophile est miscible à l'eau tandis que l'extrémité lipophile de la molécule est miscible au solvant apolaire. Les molécules du détergent peuvent donc s'insérer à l'interface eau-lipide et détacher les graisses d'une surface. Les groupements polaires peuvent être chargés positivement, négativement ou neutres. On distingue :

- les détergents anioniques (alkylsulfates, alkylsulfonates, alkylarylsulfates) — principalement utilisés dans les lessives et produits de nettoyage ; (exemple: alkylbenzènesulfonate de sodium:  $C_{18}H_{29}SO_3Na$ )
- les détergents cationiques (chlorhydrates d'amine, ammoniums quaternaires) — principalement utilisés dans les milieux industriels et hospitaliers, en raison de leur propriété désinfectante ;



- les détergents ampholytes, s'ionisant négativement (anions) ou positivement (cations), selon les conditions du milieu ;
- les détergents non-ioniques (hydroxyles) — utilisés dans l'industrie textile, la métallurgie et en cosmétologie (hygiène corporelle et beauté) en raison d'une moindre agressivité et d'un faible pouvoir moussant.

Quelques exemples de molécules de synthèse :

- SDS (dodécylsulfate de sodium) :  $\text{NaSO}_4(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$
- CTAB (bromure d'hexadécyltriméthylammonium) :  $(\text{CH}_3)_3\text{N}(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3\text{Br}$
- CTAC (chlorure d'hexadécyltriméthylammonium) :  $(\text{CH}_3)_3\text{N}(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3\text{Cl}$
- Triton :  $\text{C}_8\text{H}_{15}\text{C}_6\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_9\text{OH}$

Les lécithines, qui sont des phosphoaminolipides se trouvant dans tous les tissus végétaux ou animaux (notamment dans le jaune d'œuf), sont des tensio-actifs naturels.

La présence conjointe de groupes fonctionnels possédant une affinité, et pour l'eau, et pour les graisses, permet la formation de micelles.

## 2. Consommation

Le règlement de l'Union européenne CE 648/2004 appliqué depuis octobre 2005, impose sur l'étiquetage des détergents ménagers la mention de tout conservateur ainsi que celle de 26 substances allergisantes des compositions parfumantes lorsque leur proportion pondérale dépasse 0,01 %. Ce règlement a pour objectif de permettre aux consommateurs de choisir plus facilement le bon produit, de l'utiliser en toute sécurité et d'en obtenir les meilleurs résultats possibles. En outre, sur demande, le personnel médical peut obtenir des fabricants une liste exhaustive des composants d'un détergent afin de pouvoir déterminer l'existence éventuelle d'un lien de causalité entre l'apparition d'une réaction allergique et l'exposition à une substance chimique donnée. D'autre part, l'industrie a élaboré de nouvelles icônes cognitives afin de rendre l'étiquetage plus efficace, plus clair et plus facile à comprendre pour les consommateurs. Les industriels négocient avec le gouvernement français un engagement de réduction des quantités de lessive par dose : la dose de poudre est passée de 150 grammes en 1998 à 100 grammes en 2005, et ne devrait être plus que de 60 à 70 grammes en 2010. Compte-tenu du nombre de lavages (environ cinq milliards par an), cela représente 500 000 tonnes de produit.

*Extraits des Encyclopédies Wikipédia et Encarta*

## La pollution de l'air et de l'eau

## I. Pollution de l'eau

Les pollutions de l'eau peuvent se présenter sous différentes formes : chimique, mais aussi bactériologique, pollution thermique, et les eaux ou masses d'eau concernées peuvent être douces, saumâtres ou salées, souterraines ou superficielles. Il peut même s'agir de la pluie ou des rosées, de neige ou des glaces polaires.

Elle peut aussi concerner des interfaces, dont les estuaires, les zones humides et en particulier leurs sédiments qui peuvent absorber puis relâcher certains polluants. Les sédiments peuvent être fortement pollués et conserver les traces de pollutions anciennes (on y trouve parfois aussi de nombreux plombs de chasse et de pêche là où ces activités sont pratiquées).

La lutte contre cette pollution est d'autant plus difficile que ce qui est au fond de l'eau, ou dilué dans l'eau est souvent invisible, et que certains toxiques infiltrés dans le sol ne produisent souvent leur effet qu'après un long délai et que de nombreux polluants agissent en synergies complexes. Ainsi un déversement accidentel de 4 000 litres de tétrachlorométhane, survenu près d'Erstein en 1970 et passé presque inaperçu à l'époque, entraîna vingt ans plus tard une contamination de la nappe phréatique et d'un puits creusé sept kilomètres en aval. Les nitrates peuvent atteindre certaines nappes qu'après plusieurs décennies.



En Europe, la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 est le cadre pour le domaine de l'eau. Il rappelle et renforce les orientations communautaires relatives au bon état des écosystèmes aquatiques. Son article 16 vise à renforcer la protection de l'environnement aquatique par des mesures spécifiques conçues pour réduire progressivement les rejets, émissions et pertes de substances prioritaires, et l'arrêt ou la suppression progressive des rejets, émissions et pertes de substances dangereuses prioritaires dans l'eau. Les états doivent décliner cette directive dans leur droit national.

La France a publié une liste d'activités dangereuses et par secteurs d'activité industrielle des substances dangereuses potentiellement présentes dans les rejets aqueux des établissements exerçant cette activité industrielle, ainsi qu'une liste des installations classées concernées par des surveillances ciblées de substances pour quelques substances prioritaires.

### 1. Pollutions par les produits phytosanitaires

Ces substances chimiques aujourd'hui prioritairement recherchées (on en dénombre aujourd'hui plus de 100 000 000 pollutions de bases, associées en de nombreuses préparations ou mélanges) destinées à protéger les végétaux contre les insectes, les champignons ou les « mauvaises herbes » peuvent pénétrer dans le sol et s'y accumuler pour atteindre les eaux souterraines, quand ils ne sont pas directement déversés dans les cours d'eau ou les eaux superficielles. Dans l'environnement certains de ces pesticides se transforment en molécules de dégradation ou en métabolites qui sont nombreux et parfois très difficile à détecter.

En France, pour remédier à la contamination préoccupante des eaux de surface ainsi que des eaux souterraines, le Gouvernement mène une politique globale d'intervention, comprenant, outre des aspects réglementaires et fiscaux, un programme national de réduction de ces pollutions lancé en

concertation avec l'ensemble des partenaires, tant professionnels qu'associatifs. Le ministère chargé de l'écologie et du développement durable porte son effort sur une meilleure connaissance de l'impact des pesticides sur les milieux aquatiques ainsi que sur le développement des solutions préventives et curatives les plus adaptées.

### **a) Meilleure information**

Les principales conclusions des études réalisées à partir des informations disponibles par l'Institut français de l'environnement sont les suivantes :

- on constate une contamination généralisée des eaux de surface et littorales par certaines substances, les eaux souterraines étant moins touchées.
- les pesticides interviennent dans près d'un quart des causes de non-conformité des eaux servant à l'alimentation des populations.

Une première étape consiste à rassembler toutes les informations disponibles pour mieux caractériser les impacts des résidus de pesticides sur les organismes aquatiques (écotoxicité).

### **b) Solutions**

Utilisez des produits sanitaires écologiques, il en existe une gamme aussi complète que dans les supermarchés classiques. Vous les trouverez dans tous les magasins bios. Il faut aussi diminuer la pollution de l'eau faite par les usines et éviter de rejeter les déchets ménagers dans l'eau. À ce propos les industriels de l'EXERA soucieux de ce problème ont fait réaliser une étude sur des détecteurs de film d'hydrocarbure à la surface de l'eau par l'IRA afin de connaître les moyens de détection et leur fiabilité.

### **c) Échelle nationale**

- mise en place d'une filière de récupération des emballages vides et des produits phytosanitaires non utilisés ;
- renforcement des contrôles de l'utilisation des produits phytosanitaires. La loi d'orientation agricole de juillet 1989 a augmenté les pouvoirs de contrôle de l'administration et prévoit de lourdes peines en cas d'infraction sur les ventes ou sur les utilisations de produits ;
- conduite d'études préalables au futur dispositif de contrôle obligatoire des pulvérisateurs agricoles ;
- développement des techniques de protection biologique des cultures, substitut possible de la lutte chimique.
- créer des stations d'épuration et mettre aux normes celles déjà existantes.

### **d) Échelle régionale**

Le programme prévoit d'intensifier les travaux des groupes régionaux chargés de la lutte contre la pollution des eaux par les pesticides, sous l'autorité des préfets de région. Les mesures soutenues par l'État sont centrées sur des actions préventives développées sur des bassins versants prioritaires. Ces actions comprennent un diagnostic des causes de pollution par bassin, un plan d'actions comprenant de la formation et du conseil, des diagnostics des pollutions diffuses et ponctuelles au niveau des exploitations, la mise en place de zones tampons ainsi que des investissements collectifs limitant les transferts de pesticides vers les eaux. En outre, il a été décidé d'appliquer, dès le 1er janvier 2000, le principe pollueur-payeur aux pollutions diffuses d'origine agricole par la création d'une "pollutaxe" sur les produits phytosanitaires dans le cadre de la taxe générale sur les activités

polluantes. Cette taxe est appliquée aux quantités de substances classées dangereuses entrant dans la composition des produits commercialisés. Le niveau de la taxe varie selon la toxicité et l'écotoxicité des substances. Les produits ne contenant pas de substances classées dangereuses ne sont pas taxés. L'objectif de cette taxe est double :

- inciter les industriels à développer des substances moins toxiques pour l'homme et l'environnement ;
- inciter les agriculteurs à choisir les produits les moins nocifs.

L'instauration de cette taxe a donné lieu à une large information des utilisateurs sur les dangers liés aux substances entrant dans la composition des produits phytosanitaires. L'eau prend plus de 60 % de la terre. Seulement 3 % est de l'eau douce, dont 2 % sont dans les régions polaires. Donc, seulement 1 % de l'eau est accessible.

## **2. Pollution par les nitrates**

Présents à l'état naturel dans le sol et solubles, ils pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Mais ils sont aussi apportés de manière artificielle par les engrais azotés. Les nitrates (formule chimique:  $\text{NO}_3$ ) sont l'une des causes de la dégradation de la qualité de l'eau.

## **3. Plan d'action contre les nitrates**

Une directive européenne de 1991 dite directive « nitrates » constitue le principal instrument réglementaire pour lutter contre les pollutions liées à l'azote provenant de sources agricoles.

Elle concerne l'azote toutes origines confondues : engrais chimiques, effluents d'élevage, effluents agro-alimentaires.

Transposée en France, elle se traduit en particulier par la définition de zones vulnérables. Il s'agit de zones prioritaires pour organiser la lutte contre la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole. Les actions à y mener sont définies par des programmes d'actions cadrés par des arrêtés préfectoraux.

## **4. Pollution par les phosphates**

La pollution par les phosphates ou les nitrates enclenche un processus d'eutrophisation de l'eau, rendant les eaux eutrophiques, ou pour le moins, hypertrophiques.

## **5. Pollution par les métaux lourds**

La pollution des océans par les métaux lourds (plomb, mercure, arsenic et le cadmium) due à des émissions provenant des activités humaines est diverse. Essentiellement, elle a pour origine les fonderies de la métallurgie et les incinérateurs d'ordures, ainsi que les installations minières abandonnées. Avec les pluies et le lessivage, ils se retrouvent dans les océans. La facilité avec laquelle les polluants sont emportés par l'eau de lessivage dépend fortement de conditions spécifiques (surface spécifique, forme, taille des grains...)

## **6. Pollution par les hydrocarbures**

- dégazage



- marée noire

### 7. Pollution bactériologique

On observe une pollution bactériologique par exemple par le taux élevé de coliformes fécaux . (J.S.B)  
Le taux des bactéries coliformes est utilisé pour mesurer la qualité de l'eau.

Cette pollution peut provenir des effluents d'élevage (dans ce cas on observe un taux élevé de nitrates), des rejets domestiques, ...

Impact négatif d'un rejet contenant des germes bactériens d'origine intestinale.

### 8. Drainage minier acide

C'est une solution minérale souvent acide qui s'écoule régulièrement en conséquence d'une mine.

### 9. Autres pollutions

Les crèmes solaires sont accusées par des études scientifiques d'abîmer la faune et la flore marine.

- Une étude menée en Suisse par le laboratoire Empa montre leur impact négatif sur les truites de rivière.
- Selon Le Figaro en 2008, "Une équipe de chercheurs italiens a démontré que, dans des zones touristiques fréquentées (Égypte, Thaïlande, Indonésie), la présence d'écran solaire dans l'eau menace les récifs coralliens. En cause : les substances chimiques qui filtrent les ultraviolets détruisent aussi les microalgues indispensables à la vie des coraux. Mieux vaut utiliser une protection de type minérale plutôt que chimique".

## II. Pollution atmosphérique

### 1. Présentation

Pollution atmosphérique, contamination de l'atmosphère par des constituants naturels ou anthropiques nocifs pour l'environnement et les êtres vivants.

La pollution atmosphérique correspond à des gaz ou particules positionnés dans les basses couches de l'atmosphère (troposphère et stratosphère). Le taux de ces polluants étant quantitativement extrêmement faible, leur concentration s'exprime habituellement en microgramme par mètre cube d'air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ou en nombre de parties par million (ppm) pour les particules. Malgré la faible teneur des constituants mis en jeu, ces polluants sont néfastes pour l'environnement et les êtres vivants (dont l'homme), que ce soit directement (mauvaise qualité de l'air) ou indirectement (accentuation de l'effet de serre, formation du trou de la couche d'ozone).

### 2. Origine des polluants atmosphériques

Certains polluants atmosphériques sont d'origine naturelle. Ce sont essentiellement le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Ces composés proviennent principalement des éruptions volcaniques, des décompositions organiques, des feux de forêt, ainsi que des océans. Des particules en suspension sont également présentes dans l'atmosphère du fait des émissions volcaniques et des transports de poussières (en provenance du désert du Sahara, par exemple). Le transport de ces particules s'effectue sur de longues distances, mais il constitue un phénomène souvent limité dans le temps (phénomène épisodique). Le radon, gaz radioactif issu de la chaîne de désintégration

radioactive de l'uranium présent dans certains sols et roches (pechblende notamment), représente également une forte source de pollution à l'intérieur des habitations.

La majorité des polluants atmosphériques est cependant d'origine anthropique, et leur apparition coïncide avec le début de l'ère industrielle. Les principaux polluants anthropiques sont le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), ainsi que l'ozone ( $\text{O}_3$ ). Le dioxyde de carbone est majoritairement produit par la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel). Les industries — principalement les usines métallurgiques et sidérurgiques, les incinérateurs municipaux, les raffineries de pétrole, les cimenteries et les usines d'acides nitrique et sulfurique — contribuent quant à elles à d'importants rejets en dioxyde de soufre. Les transports routiers rejettent également une large palette de ces polluants, avec notamment du monoxyde de carbone (CO) et des particules en suspension. Enfin, l'ozone (polluant secondaire) se forme à partir d'autres polluants dits primaires (les oxydes d'azote notamment), selon un processus photochimique.

L'ensemble de ces constituants se concentre exclusivement au-dessus des villes et des zones industrielles d'où ils ont été libérés. Par conséquent, cette pollution anthropique affecte directement la qualité de l'air de la région polluée, entraînant de graves problèmes de santé chez la population environnante.

### 3. Les effets sur la santé

Au niveau de la surface terrestre, les effets visibles d'une pollution atmosphérique commencent en général par des irritations oculaires dues aux fines particules en suspension dans l'air, ainsi que par des déficiences significatives de la vue et de la respiration. Des mauvaises odeurs peuvent se faire sentir, comme celle d'œuf pourri émanant du sulfure d'hydrogène. Des douleurs de poitrine ainsi que des toux répétées constituent d'autres symptômes caractéristiques. Lors de situations extrêmes avec de forts taux de toxicité, les risques de cancer sont accentués et des cas mortels peuvent se présenter. Les personnes particulièrement exposées à ces risques sont les jeunes enfants, les personnes âgées, ainsi que les personnes sensibles (asthmatiques, fumeurs, malades du cœur ou des poumons). Dans tous les cas, une exposition à long terme accentue ces effets néfastes. Cette pollution atmosphérique peut également avoir des effets désastreux sur le bétail, ou occasionner des dégâts importants sur les récoltes.

Les concentrations en polluants sont réduites par le mélange permanent de l'atmosphère, qui permet d'atténuer leur effet nocif. Ce degré de mélange est fortement dépendant des conditions météorologiques, comme la température de l'air (forte chaleur) et la vitesse du vent (absence de vent). Le mouvement des systèmes de hautes et basses pressions et leur interaction avec la topographie locale peuvent également influencer sur ce mélange atmosphérique.

Théoriquement, la température de l'air diminue avec l'altitude. Cependant, lorsqu'une couche d'air froide se trouve au-dessous d'une couche d'air chaude, il se produit une inversion thermique. Ce phénomène retarde le mélange atmosphérique, laissant ainsi les polluants s'accumuler près de la surface. Ces situations d'inversion thermique peuvent se prolonger dans le temps lors de systèmes stationnaires de hautes pressions associés à de très faibles vents.

La combinaison de circonstances extrêmes (taux de polluants, conditions atmosphériques) peut conduire à des événements catastrophiques. Des situations de smog (brouillard et fumée) peuvent entraîner des conséquences dramatiques, notamment dans les grandes agglomérations mondiales. Par exemple, le « grand smog » de Londres en 1952 a entraîné la mort d'environ 4 000 personnes, compte tenu d'un fort taux en fumée et en dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ).

### 4. La surveillance de la qualité de l'air

De nombreux pays ont établi des normes de qualité de l'air à l'égard des substances dangereuses. Ces normes fixent les niveaux de concentration jugés acceptables pour garantir la protection de la santé publique. En France, la qualité de l'air est suivie par les Associations agréées de surveillance de

la qualité de l'air (AASQA), telle que AIRPARIF en Île-de-France. La qualité de l'air est quantifiée à partir de l'indice ATMO, calculé pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants. Cet indice journalier prend en compte les concentrations de quatre polluants : trois polluants primaires — dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), particules en suspension —, et un polluant secondaire — l'ozone ( $\text{O}_3$ ). L'indice ATMO varie de 1 (très bonne qualité de l'air) à 10 (très mauvaise qualité de l'air). Il est égal à l'indice le plus fort parmi ceux des quatre polluants, déterminés à partir de tables prédéfinies.

Deux niveaux d'urgence sont pris en compte. Le premier niveau « d'information et de recommandation » comprend des actions d'information de la population et des recommandations sanitaires aux personnes particulièrement sensibles. Le second niveau « d'alerte » comprend des mesures de restriction et/ou de suspension des activités responsables de la pollution (transports, industries). Ces états d'urgence concernent les concentrations en dioxyde d'azote (respectivement de 200 et 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire pour les deux niveaux d'urgence), en dioxyde de soufre (300 et 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et en ozone (180 et 360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### 5. Une pollution à grande échelle

Les cheminées qui surplombent les installations industrielles n'éliminent pas les polluants, mais les rejettent simplement plus haut dans l'atmosphère, réduisant ainsi leur concentration sur le site même. Ces polluants peuvent ensuite être transportés sur de grandes distances et provoquer des effets nocifs dans des régions très éloignées de leur lieu d'émission. Ainsi, certains rejets en Grande-Bretagne provoquent des pluies acides en Norvège et en Suède. Dans ces pays, le niveau du pH (taux d'acidité) de nombreux lacs a été à un tel point affecté par les pluies acides que des populations entières de poissons ont péri. Par ailleurs, ces pluies acides sont également à l'origine de la corrosion de divers matériaux de construction, entraînant des dommages sur les bâtiments d'habitation et les monuments des grandes cités industrielles.

Les émissions atmosphériques d'origine anthropique tendent également à accentuer certains processus naturels qui s'établissent à l'échelle de la planète. L'augmentation des émissions des gaz à effet de serre a, par exemple, fortement accentué le phénomène naturel d'effet de serre, à l'origine du réchauffement climatique (+ 0,6 °C au cours du XXe siècle). Les composés chlorés émis dans l'atmosphère ont également réagi au niveau de la stratosphère, en réduisant de manière significative la couche d'ozone.

### 6. La maîtrise des sources de pollution

Les causes et les conséquences de la pollution atmosphérique sont presque exclusivement imputables aux activités humaines. La maîtrise et la gestion des rejets anthropiques sont donc désormais devenues nécessaires. Cependant, ceci est difficile à mettre en œuvre étant donné le mode de développement économique actuel et du fait d'une sphère politique souvent peu sensible aux problèmes environnementaux. C'est notamment le cas des États-Unis — premier pollueur de la planète, rejetant à eux seuls 25 p. 100 des émissions mondiales en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) —, qui n'ont pas ratifié le protocole de Kyoto (1997) visant à réduire les émissions des gaz à effet de serre. Diverses solutions techniques peuvent toutefois permettre de limiter les rejets nocifs. La première méthode consiste à remplacer les modes d'énergie actuels par des énergies dites « propres », comme les énergies solaire, éolienne ou marémotrice (voir économies d'énergie). Une seconde solution consiste à modifier les substances dangereuses avant leur transformation, puis à mieux contrôler le processus même de transformation. Les polluants automobiles peuvent ainsi être réduits en rendant la combustion d'essence aussi complète que possible. Les carburants polluants (diesel, essence) peuvent être remplacés par des carburants plus propres, tels que le gaz de pétrole liquéfié (GPL) ou le gaz naturel comprimé (GNC). Ces nouveaux combustibles émettent en effet un plus faible taux de matières polluantes (en monoxyde de carbone notamment). Une autre méthode consiste à retirer partiellement le polluant formé, en recyclant par exemple les vapeurs d'essence qui

s'échappent du véhicule. Ceci peut s'effectuer en transformant les gaz brûlés en substances moins nocives par l'intermédiaire d'un convertisseur catalytique (voir pot catalytique). Son utilisation sur les véhicules neufs est d'ailleurs obligatoire depuis 1993 au sein de l'Union européenne. Dans l'industrie, les particules émises peuvent être récupérées grâce à des cyclones, des précipitateurs électrostatiques ou des systèmes de filtre (voir filtre électrostatique). Les gaz polluants recueillis peuvent ensuite être incinérés afin d'obtenir des substances inoffensives. Par ailleurs, des véhicules équipés de piles à combustibles, rejetant uniquement de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, constituent à première vue une alternative séduisante du point de vue écologique ; mais sur le long terme, cette solution aboutirait à une augmentation significative du taux de vapeur d'eau dans l'atmosphère, ce qui aurait pour conséquence d'accroître l'effet de serre. En tout état de cause, dans un avenir proche, les modes actuels de transport et de production d'énergie devront être remis en cause selon un modèle de développement durable.

*Extraits des Encyclopédies Wikipédia et Encarta*

## Documents annexes

	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIII	Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	0
<b>1</b>	<sup>1</sup> <sub>1</sub> H 1,0															<sup>4</sup> <sub>2</sub> He 4,0
<b>2</b>	<sup>3</sup> <sub>3</sub> Li 6,9	<sup>9</sup> <sub>4</sub> Be 9,0									<sup>11</sup> <sub>5</sub> B 10,8	<sup>12</sup> <sub>6</sub> C 12,0	<sup>14</sup> <sub>7</sub> N 14,0	<sup>16</sup> <sub>8</sub> O 16,0	<sup>19</sup> <sub>9</sub> F 19,0	<sup>20</sup> <sub>10</sub> Ne 20,1
<b>3</b>	<sup>23</sup> <sub>11</sub> Na 23,0	<sup>24</sup> <sub>12</sub> Mg 24,0									<sup>27</sup> <sub>13</sub> Al 27,0	<sup>28</sup> <sub>14</sub> Si 28,1	<sup>30</sup> <sub>15</sub> P 30,9	<sup>32</sup> <sub>16</sub> S 32,1	<sup>35</sup> <sub>17</sub> Cl 35,5	<sup>36</sup> <sub>18</sub> Ar 39,9
<b>4</b>	<sup>39</sup> <sub>19</sub> K 39,1	<sup>40</sup> <sub>20</sub> Ca 40,1	<sup>45</sup> <sub>21</sub> Sc 44,9	<sup>48</sup> <sub>22</sub> Ti 47,9	<sup>51</sup> <sub>23</sub> V 50,9	<sup>52</sup> <sub>24</sub> Cr 52,0	<sup>55</sup> <sub>25</sub> Mn 54,9	<sup>56</sup> <sub>26</sub> Fe 55,8	<sup>58</sup> <sub>28</sub> Ni 58,7	<sup>63</sup> <sub>29</sub> Cu 63,5	<sup>65</sup> <sub>30</sub> Zn 65,4	<sup>72</sup> <sub>32</sub> Ge 72,6	<sup>75</sup> <sub>33</sub> As 74,9	<sup>79</sup> <sub>34</sub> Se 79,0	<sup>79</sup> <sub>35</sub> Br 79,9	<sup>84</sup> <sub>36</sub> Kr 83,8
<b>5</b>	<sup>85</sup> <sub>37</sub> Rb 85,5	<sup>87</sup> <sub>38</sub> Sr 87,6	<sup>89</sup> <sub>39</sub> Y 88,9	<sup>91</sup> <sub>40</sub> Zr 91,2	<sup>93</sup> <sub>41</sub> Nb 92,9	<sup>96</sup> <sub>42</sub> Mo 95,9	<sup>99</sup> <sub>43</sub> Tc 99,0	<sup>101</sup> <sub>44</sub> Ru 101,1	<sup>106</sup> <sub>46</sub> Pd 106,4	<sup>108</sup> <sub>47</sub> Ag 107,9	<sup>112</sup> <sub>48</sub> Cd 112,4	<sup>119</sup> <sub>50</sub> Sn 118,9	<sup>122</sup> <sub>51</sub> Sb 121,8	<sup>127</sup> <sub>52</sub> Te 127,6	<sup>127</sup> <sub>53</sub> I 126,9	<sup>131</sup> <sub>54</sub> Xe 131,3
<b>6</b>	<sup>133</sup> <sub>55</sub> Cs 132,9	<sup>137</sup> <sub>56</sub> Ba 137,3	<sup>139</sup> <sub>57</sub> La 138,9	<sup>178</sup> <sub>72</sub> Hf 178,5	<sup>181</sup> <sub>73</sub> Ta 180,9	<sup>184</sup> <sub>74</sub> W 183,9	<sup>186</sup> <sub>75</sub> Re 186,2	<sup>190</sup> <sub>76</sub> Os 190,2	<sup>195</sup> <sub>78</sub> Pt 195,1	<sup>197</sup> <sub>79</sub> Au 197,0	<sup>200</sup> <sub>80</sub> Hg 200,6	<sup>207</sup> <sub>82</sub> Pb 207,2	<sup>209</sup> <sub>83</sub> Bi 208,0	<sup>210</sup> <sub>84</sub> Po 210,0	<sup>210</sup> <sub>85</sub> At 210,0	<sup>222</sup> <sub>86</sub> Rn 222,0
<b>7</b>	<sup>223</sup> <sub>87</sub> Fr 223,0	<sup>226</sup> <sub>88</sub> Ra 226,1	<sup>227</sup> <sub>89</sub> Ac 227,0													

<sup>140</sup> <sub>58</sub> Ce 140,1	<sup>141</sup> <sub>59</sub> Pr 140,9	<sup>144</sup> <sub>60</sub> Nd 144,2	<sup>145</sup> <sub>61</sub> Pm 145,0	<sup>150</sup> <sub>62</sub> Sm 150,4	<sup>152</sup> <sub>63</sub> Eu 152,0	<sup>157</sup> <sub>64</sub> Gd 157,3	<sup>159</sup> <sub>65</sub> Tb 158,9	<sup>162</sup> <sub>66</sub> Dy 162,5	<sup>165</sup> <sub>67</sub> Ho 164,9	<sup>167</sup> <sub>68</sub> Er 167,3	<sup>169</sup> <sub>69</sub> Tm 168,9	<sup>173</sup> <sub>70</sub> Yb 173,0	<sup>175</sup> <sub>71</sub> Lu 175,0
<sup>232</sup> <sub>90</sub> Th 232,0	<sup>231</sup> <sub>91</sub> Pa 231,0	<sup>238</sup> <sub>92</sub> U 238,0	<sup>237</sup> <sub>93</sub> Np 237,0	<sup>239</sup> <sub>94</sub> Pu 242,0	<sup>243</sup> <sub>95</sub> Am 243,0	<sup>246</sup> <sub>96</sub> Cm 246,0	<sup>249</sup> <sub>97</sub> Bk 249,0	<sup>249</sup> <sub>98</sub> Cf 249,0	<sup>254</sup> <sub>99</sub> Es 254,0	<sup>255</sup> <sub>100</sub> Fm 255,0	<sup>256</sup> <sub>101</sub> Md 256,0	<sup>253</sup> <sub>102</sub> No 253,0	<sup>257</sup> <sub>103</sub> Lw 257,0

symbole de l'atome

masse molaire atomique (en g/mol)