

## CHIMIE ET LAVAGE

### A. QU'EST-CE QUE LA TENSION SUPERFICIELLE D'UN LIQUIDE ?

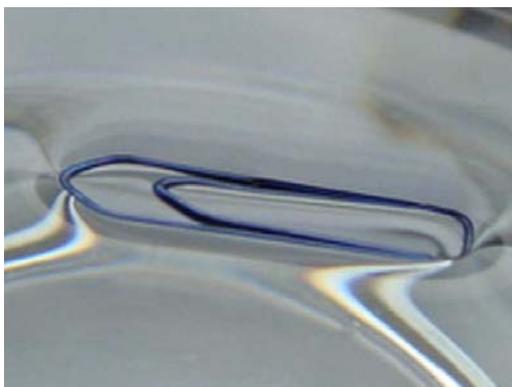
#### 1. LE TROMBONE FLOTTEUR

*Expérience (professeur) :*

Remplir un verre d'eau. Déposer délicatement un trombone à la surface de l'eau.

*Observations :*

Le trombone flotte. La surface libre de l'eau se déforme sous le trombone comme une membrane élastique.



*Interprétation :*

Il faut rechercher une interprétation microscopique.

La cohésion de l'eau est due à des attractions intermoléculaires (les molécules d'eau s'attirent l'une l'autre). Imaginons une goutte d'eau isolée dans l'espace, sans pesanteur. Les molécules d'eau au centre sont attirées par toutes leurs voisines, dans toutes les directions, ces attractions se compensent. Par contre, ce n'est pas le cas pour les molécules d'eau situées à la surface. Ces molécules ne sont attirées que par les molécules voisines, situées sur les côtés et en dessous. Il en résulte une force qui les tire vers le centre.

**Une surface de l'eau du verre se comporte comme la surface d'une goutte isolée. Elle est donc soumise à une force qui va l'attirer vers l'intérieur du liquide : c'est la force de tension superficielle ou simplement tension superficielle. Ainsi la surface du liquide agit comme si elle était une « membrane » emprisonnant ce liquide.**

C'est la tension superficielle de l'eau qui permet au trombone de flotter.

#### 2. LE REMPLISSAGE D'UNE CUILLERE

*Expérience :*

Remplir, à ras bord, une cuillère à café avec de l'eau. A l'aide d'un compte-gouttes, ajouter quelques gouttes d'eau supplémentaires. Observer.

*Observations :*

La surface de l'eau présente une forme convexe.



*Conclusion :*

**La tension superficielle permet de remplir une cuillère à café avec de l'eau à un niveau un peu supérieur à son bord. Sans elle, l'eau qui dépasse de la cuillère s'écoulerait.**

## **B. TOUS LES LIQUIDES ONT-ILS LA MEME TENSION SUPERFICIELLE ?**

*Expérience :*

Remplir trois tubes à essais de petit diamètre, le premier avec de l'eau, le deuxième avec de l'eau savonneuse et le troisième avec de l'huile. Observer. Comparer.

*Observations :*

La surface libre des liquides n'est pas plane et horizontale, elle présente une forme concave. La concavité de la surface n'est pas la même pour tous les liquides.

*Conclusion :*

**Dans un tube de verre de faible diamètre, la surface libre d'un liquide forme un ménisque, cette concavité est un effet de la tension superficielle du liquide.**

**La profondeur du ménisque est proportionnelle à la tension superficielle du liquide. Tous les liquides n'ont donc pas la même tension superficielle puisque la profondeur de leur ménisque respectif n'est pas la même.**

## **C. QUELS SONT LES AUTRES EFFETS DE LA TENSION SUPERFICIELLE ?**

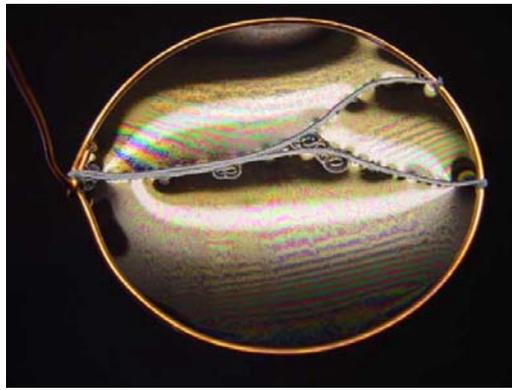
### **1. LA LAME DE SAVON**

*Expérience n°1 (professeur) :*

Tremper un anneau métallique dans une soucoupe remplie d'eau savonneuse. Observer. Souffler légèrement.

*Observations :*

Une lame mince d'eau savonneuse se forme. Ses deux surfaces semblent être tendues comme une membrane élastique.



*Interprétation :*

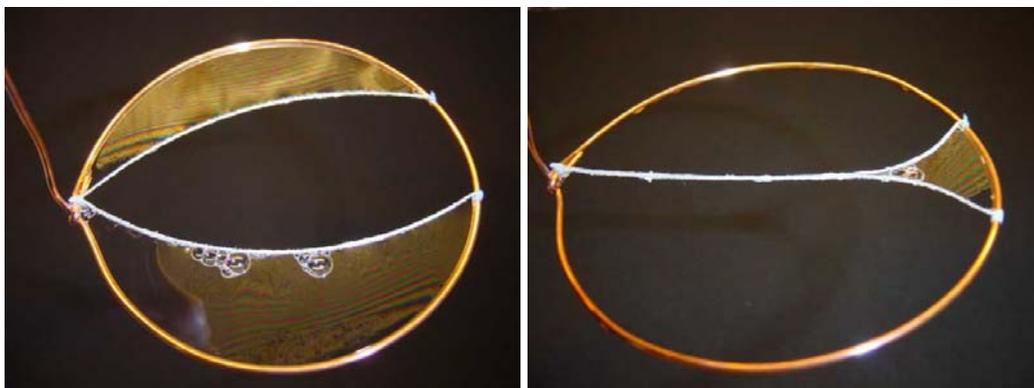
**La lame mince est tendue par la tension superficielle de l'eau savonneuse qui la forme.**

*Expérience n°2 (professeur) :*

- Tremper un anneau métallique, muni de deux fils de coton, dans une soucoupe remplie d'eau savonneuse. Observer.
- Percer entre les fils AB et AC. Observer.
- Recommencer en perçant cette fois-ci entre le fil AB et le cadre puis entre le fil AC et le cadre. Observer.

*Observations :*

- Une lame mince d'eau savonneuse se forme. Les deux fils de coton semblent mobiles au sein de cette lame.
- Les fils se tendent formant des arcs de cercle.
- Les fils se tendent et se confondent sur une certaine longueur.
- Les lames d'eau savonneuse évoluent toujours de manière à réduire leur surface.



*Conclusion :*

**La tension superficielle tend toujours à diminuer la surface libre d'un liquide et ce « en tirant sur les limites extérieures » de cette surface.**

## **2. LA BULLE DE SAVON**

*Expérience (professeur) :*

Tremper un anneau métallique dans une soucoupe remplie d'eau savonneuse. Souffler fortement.

*Observations :*

Il se forme une bulle de savon qui se détache. La lame mince prend une forme sphérique emprisonnant de l'air à l'intérieur.

*Interprétation :*

*Pourquoi est-ce-que la lame de savon, en se détachant, prend une forme sphérique et ne reste pas sous la forme d'un disque ?*

**Après s'être détachée, la lame de savon n'est plus que soumise à sa tension superficielle. Celle-ci oblige la surface libre du liquide à se resserrer. La surface de la lame mince se rétracte au maximum, elle prend la géométrie d'une sphère et la bulle de savon se forme.**

Remarque : C'est ainsi que l'on peut expliquer la forme quasi-sphérique d'une goutte d'eau tombant d'un robinet, d'un compte-gouttes ou d'une burette. La tension superficielle crée « peau élastique » qui empêche les molécules d'eau de s'éparpiller lors de leur chute.

## **D. COMMENT REDUIRE LA TENSION SUPERFICIELLE D'UN LIQUIDE ?**

### **1. RETOUR SUR LE TROMBONE FLOTTEUR**

*Expérience (professeur) :*

Remplir un verre d'eau. Déposer délicatement un trombone à la surface de l'eau. Ajouter une goutte de liquide vaisselle.

*Observations :*

Le trombone coule immédiatement dans l'eau.

*Interprétation :*

**L'ajout de liquide vaisselle détruit l'équilibre du trombone en réduisant la tension superficielle de l'eau.**

### **2. LA GOUTTE ET LA PLAQUE DE VERRE**

*Expérience (professeur) :*

Sur une plaque de verre bien propre, former à l'aide d'un compte-gouttes deux grosses gouttes, l'une d'eau et l'autre d'eau additionnée de liquide vaisselle. Observer.

*Observations :*

La goutte d'eau additionnée de liquide vaisselle s'étale plus que la goutte d'eau pure.



*Interprétation :*

**En réduisant la tension superficielle, le liquide vaisselle permet à l'eau de présenter une plus grande surface libre et donc à la goutte de s'étaler davantage.**

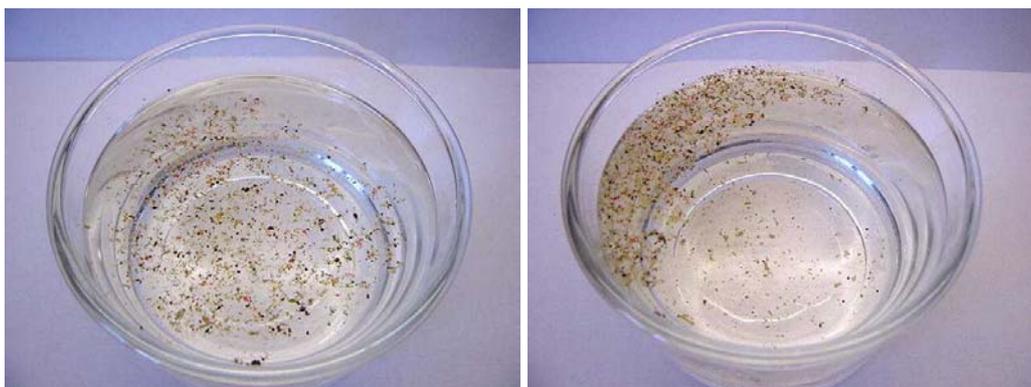
### **3. LE POIVRE MAGIQUE**

*Expérience (professeur) :*

- Remplir un cristalliseur d'eau. Saupoudrer la surface de l'eau de poivre noir moulu. Observer.
- Tremper son doigt dans l'éthanol et toucher la surface de l'eau. Observer.
- Tremper son doigt dans du liquide vaisselle et toucher la surface de l'eau. Observer.

*Observations :*

- Le poivre se répartit uniformément à la surface, répartition conservée même lors de l'ajout de l'éthanol.
- Lors de l'ajout du liquide vaisselle, le poivre est repoussé de l'autre côté du cristalliseur comme si ce liquide vaisselle prenait sa place et il a tendance à couler.



*Interprétation :*

**Le liquide vaisselle réduit la tension superficielle de l'eau en répartissant ses molécules à la surface de celle-ci.**

#### 4. CONCLUSION

**Un produit qui comme le liquide vaisselle abaisse la tension superficielle de l'eau ou de tout autre liquide est appelé un agent tensioactif ou un surfactant.**

Les principaux agents tensioactifs sont les détergents.

### E. QU'EST-CE QU'UN DETERGENT ?

#### 1. QUE DIT LE DICTIONNAIRE ?

D'après le dictionnaire, il s'agit d'un produit « *qui nettoie en entraînant les impuretés* ». Nous allons nous attacher à expliquer ce processus.

#### 2. QUELLE EST LA STRUCTURE D'UN DETERGENT ?

Les détergents sont des composés tensioactifs. Grâce à leur structure spécifique, ils développent aux interfaces (surface de contact air-eau par exemple) des actions particulières telles que l'abaissement de la tension superficielle des liquides.

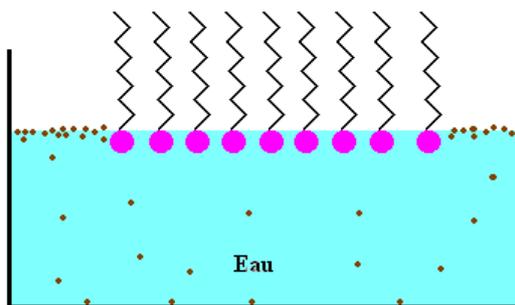
*Quelle est la structure d'un composé tensioactif ?*

Les composés tensioactifs sont constitués d'ions ou de molécules dont les atomes forment des chaînes allongées. Ces chaînes présentent une tête hydrophile qui peut se lier à l'eau et une queue hydrophobe qui ne peut pas se lier à l'eau.



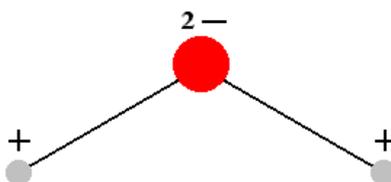
*Au vu de cette structure, expliquer ce qui se passe dans l'expérience du poivre magique.*

Les composés tensioactifs du liquide vaisselle se répartissent à la surface de l'eau pour former un film interfacial. Les têtes hydrophiles se substituent aux molécules d'eau de surface en abaissant la tension superficielle, c'est-à-dire en détruisant la « membrane » de surface (un trou dans une membrane tendue se répand vers les bords très rapidement). Le poivre est alors évacué sur les bords.



### 3. QUELS SONT LES DIFFERENTS TYPES DE DETERGENTS ?

Rappel sur la structure de la molécule d'eau :



Selon la nature de la tête hydrophile, on distingue quatre types de détergents :

- les détergents anioniques (la tête hydrophile porte une charge électrique négative et se lie à l'eau par attraction d'un atome d'hydrogène) :



- les détergents cationiques (la tête hydrophile porte une charge électrique positive et se lie à l'eau par attraction de l'atome d'oxygène) :



- les détergents amphotères (la tête hydrophile porte une charge positive et se lie à l'eau par attraction de l'atome d'oxygène, la queue hydrophobe porte une charge négative) :



- les détergents non ioniques (ni la tête hydrophile, ni la queue hydrophobe ne portent de charge électrique, une liaison hydrogène se forme entre la tête et l'eau) :



Ces quatre types de détergents se classent en deux catégories : les détergents naturels dont le seul représentant est le savon et les détergents synthétiques.

### 4. QUEL EST LE MODE D'ACTION D'UN DETERGENT ?

Ces produits éliminent les salissures grâce à leur « **pouvoir détergent** ». Ils peuvent ainsi être utilisés pour le nettoyage de la vaisselle, le lavage du linge ou l'entretien ménager... .

*Expérience :*

Imbiber quelques brins de laine avec de l'huile. Préparer deux béchers, l'un contient de l'eau et l'autre de l'eau additionnée de liquide vaisselle. Plonger quelques brins de laine dans chacun des deux béchers. Observer.

*Observations :*

- Dans le bécher contenant de l'eau : les brins de laine flottent et il ne se passe plus rien.
- Dans le bécher contenant de l'eau additionnée de liquide vaisselle : les brins de laine coulent et au bout de quelques instants, des gouttes d'huile remontent progressivement vers la surface.



*Cette expérience aboutit sur une activité de questionnement qui permettra de dégager les quatre actions constituant le « pouvoir détergent » :*

### a) Le pouvoir mouillant

*Pourquoi est-ce que les brins de laine coulent dans le bécher contenant l'eau et le liquide vaisselle ?*

**En tant qu'agent tensioactif, le liquide vaisselle abaisse la tension superficielle de l'eau. Le mélange peut donc pénétrer les plus petits interstices de la laine et la mouiller, ce qui provoque son immersion totale dans le bécher.**

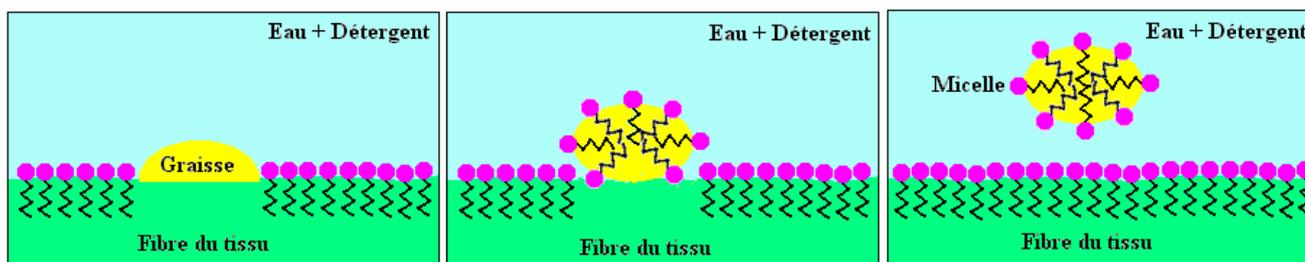
**On parle donc du pouvoir mouillant des détergents.**

### b) Le pouvoir émulsifiant

*Pourquoi est-ce que des gouttes d'huile apparaissent ?*

**En tant qu'agent tensioactif (tout comme la lécithine dans la mayonnaise), le liquide vaisselle va s'immiscer entre l'huile et les fibres constituant la laine et ainsi, petit à petit, diviser le corps gras puis former des micelles englobant de petites gouttes d'huile.**

**On parle du pouvoir émulsifiant des détergents.**



### c) Le pouvoir dispersant

*Pourquoi est-ce que les gouttes remontent à la surface ?*

**Comme nous le savons, les micelles se repoussent l'une l'autre et elles se retrouvent donc dispersées dans le mélange eau-liquide vaisselle. Pour des raisons de densité (l'huile est moins dense que l'eau), elles vont remonter vers la surface du liquide.**

**On parle du pouvoir dispersant des détergents.**

### d) Le pouvoir moussant

*Pourquoi est-ce l'eau additionnée de liquide vaisselle mousse si on la remue ?*

**En agitant l'eau additionnée de liquide vaisselle, on fait s'y dissoudre de l'air d'autant plus facilement que la tension superficielle est faible. Les bulles d'air ensuite, en s'échappant du liquide, entraînent avec elles un film de liquide et forment de la mousse.**

**On parle du pouvoir moussant des détergents.**

## F. QUELLES SONT LES CONDITIONS OPTIMALES D'UTILISATION D'UN SAVON ?

### 1. QUEL EST LE pH DE L'EAU SAVONNEUSE ?

*Expérience :*

Verser dans un tube à essais, 5 mL d'eau savonneuse et déterminer le pH à l'aide d'un papier-pH.

*Observations :*

Le papier pH indique un pH supérieur à 7.

*Conclusion :*

**L'eau savonneuse est un milieu basique.**

### 2. PEUT-ON UTILISER DU SAVON AVEC UNE EAU ACIDE ?

*Expérience :*

Dans deux tubes à essais, verser 5 mL d'eau savonneuse. Ajouter dans l'un 1 mL d'acide chlorhydrique à  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ . Boucher et agiter de la même manière chacun des deux tubes. Observer et comparer.

*Observations :*

Il s'est formé moins de mousse dans le tube contenant l'acide que dans l'autre.

*Conclusion :*

**Il n'est pas recommandé d'utiliser un savon en milieu acide puisqu'il perd une partie de ses propriétés lavantes.**

### 3. PEUT-ON UTILISER DU SAVON AVEC UNE EAU SALEE ?

*Expérience :*

Dans deux tubes à essais, verser 5 mL d'eau savonneuse. Ajouter dans l'un 1 mL d'eau salée à  $100 \text{ g.L}^{-1}$ . Boucher et agiter de la même manière chacun des deux tubes. Observer et comparer.

*Observations :*

Il s'est formé moins de mousse dans le tube contenant le sel que dans l'autre.

*Conclusion :*

**Il n'est pas recommandé d'utiliser un savon en milieu salé puisqu'il perd une partie de ses propriétés lavantes.**

**Le savon est donc inutilisable avec de l'eau de mer.**

#### **4. PEUT-ON UTILISER DU SAVON AVEC UNE EAU DURE ?**

**Il a déjà été vu cette année que le savon n'était pas utilisable en eau dure.**

#### **5. CONCLUSION**

**Le savon n'est pas utilisable dans toutes les conditions car il perd une partie de ses propriétés. C'est un problème que l'on ne rencontre pas avec les détergents de synthèse.**

### **G. CONNAISSEZ-VOUS L'INDUSTRIE DES DETERGENTS ET DU SAVON ?**

#### **1. QUELLE EST LEUR HISTOIRE ?**

*Activité documentaire (à faire à la maison) :*

En ce début de deuxième millénaire, la propreté occupe une place importante dans nos vies. Cette recherche de salubrité ne s'observe pas seulement chez l'humain. Tout comme nous, les animaux tentent d'atteindre un certain stade de propreté. Par exemple, le chat lessive son pelage plusieurs fois par jour ainsi que les mamans animales qui nettoient leurs petits à leur naissance. Les humains ont ce même désir d'hygiène. Cependant, ils ont développé avec les années des produits leur permettant d'accomplir ces tâches plus facilement et plus efficacement : les savons et les détergents.

Même à l'époque de la préhistoire, les habitants avaient une certaine connaissance des propriétés nettoyantes de l'eau. En effet, ils lavaient, à l'aide de l'eau, leurs mains salies par diverses substances comme la terre et le sang d'animaux. En continuant de remonter le temps, il a été remarqué que le peuple de l'ancienne Égypte prenait régulièrement des bains composés d'huile. Des documents trouvés, datant d'environ 1500 avant Jésus-Christ, révèlent que les Égyptiens se fabriquaient du savon avec du sel alcalin et de l'huile animale ou végétale à des fins médicales.

Cependant, les Égyptiens n'étaient pas les seuls à être conscients de la propreté du corps. Les Grecs et les Romains l'étaient aussi. Ils enrobaient leur corps avec de l'huile d'olive contenant du sable. À l'époque romaine, une légende suppose que le savon aurait été découvert par des femmes lavant leur linge le long du Tibre, rivière située au bas du mont Sapo à Rome. Ces dames avaient remarqué que leurs vêtements devenaient plus propres et cela avec moins d'efforts. La cause de ce phénomène est très simple : des chercheurs ont découvert que les graisses et les cendres provenant de sacrifices d'animaux qui se faisaient dans les temples situés au sommet de la montagne Sapo, se mélangeaient à la pluie et formaient une substance ayant la composition du savon qui s'écoulait jusqu'à la rivière. L'origine du mot saponification proviendrait, selon cette légende, du nom de ce mont.

Le mot *sapo* se rencontre pour la première fois chez Pline l'Ancien, un auteur latin du I<sup>er</sup> siècle après Jésus-Christ, au hasard d'un paragraphe sur les trente-six manières de soigner les écrouelles (*abcès*). Il s'agit, selon l'auteur, d'un produit "inventé par les gaulois pour teindre les cheveux en roux : il se prépare avec du suif et des cendres, le meilleur étant obtenu avec de la cendre de hêtre et du suif de chèvre. Il en existe deux espèces, du solide et du liquide."

Avec le déclin de l'empire romain, les habitudes d'hygiène corporelle suivent le même courant. Mais vers le VIII<sup>e</sup> siècle apparaît le savon à base d'huile végétale et à partir du XIII<sup>e</sup> siècle, ce procédé se développe peu à peu à Marseille.

Après une crise au moment de la révolution, l'industrie du savon retrouve un nouvel essor avec l'exploitation, dès 1808, du procédé Leblanc pour la fabrication de la soude. En 1823, les travaux de Chevreul sur les corps gras donnent la première théorie exacte de la saponification en montrant la formation du glycérol parallèlement à celle du savon et ouvrent ainsi de larges perspectives à l'industrie. Grâce à l'utilisation de nouvelles huiles, la production du savon progresse en qualité et en quantité (120000 tonnes à Marseille en 1900).

Le premier détergent synthétique a été développé en Allemagne pendant la Première Guerre mondiale, mais il n'a pas été manufacturé. Après 1930, le savon subit la concurrence des poudres à laver puis des détergents synthétiques, liés à l'évolution des tissus et des techniques de lavage. Ce n'est que pendant la Seconde Guerre mondiale que la production de détergents a réellement commencé aux Etats-Unis, étant donné l'interruption de l'approvisionnement en corps gras et en huile nécessaires à la fabrication du savon. Pour palier à ce problème, un produit de remplacement synthétique a été inventé afin de fonctionner dans une eau froide et riche en minéraux pour les besoins militaires. Depuis les années cinquante, on note une utilisation accrue des détergents par rapport à celle des savons.

Actuellement, la production française annuelle de savon s'élève à 130000 tonnes environ, celle des détergents en poudre à 660000 tonnes et celle des détergents liquides à 600000 tonnes.

### Questions :

- 1) Quels sont les produits qui ont, de par les époques, toujours été à la base du « savon » ?
- 2) Qu'utilisait-on, avant la découverte du procédé Leblanc, à la place de la soude ?
- 3) Quel est le nom de la réaction chimique qui conduit à la fabrication d'un savon ?
- 4) Ecrire, sans chercher à utiliser des formules chimiques, l'équation de la réaction qui conduit à la formation d'un savon.
- 5) Pourquoi le détergent élaboré pour les militaires américains doit-il fonctionner dans une eau riche en minéraux ?
- 6) Quelle est la production annuelle française de détergent ?
- 7) Quel pourcentage représente le savon par rapport à cette production ?
- 8) Quel pourcentage représentent les détergents synthétiques par rapport à cette production ?

## 2. COMMENT FABRIQUER UN SAVON ?

*Expérience (professeur) :*

On veillera à lancer cette saponification en début de séance et à la réaliser la veille afin de montrer le résultat aux élèves.

### *Produits :*

- huile,
- éthanol,
- solution concentrée de soude à  $3 \text{ mol.L}^{-1}$ ,
- quelques grains de pierre ponce
- chlorure de sodium,
- eau distillée.

### *Matériel :*

- montage de chauffage à reflux (ballon, chauffe-ballon et réfrigérant à boule),
- éprouvette graduée 50 mL,
- verre à pied,
- tige de verre,
- filtre Büchner,
- balance et capsule de pesée.

### *Mode opératoire :*

- Dans le ballon, introduire successivement à l'aide de l'éprouvette : 20 mL d'huile, 20 mL de soude et 20 mL d'éthanol.
- Ajouter quelques grains de pierre ponce.
- Mélanger avec précaution pour homogénéiser le mélange.
- Réaliser le montage à reflux et porter le mélange à ébullition douce pendant environ 20 minutes.

- Peser 20 g de chlorure de sodium dans un verre à pied. Dissoudre le sel dans 100 mL d'eau distillée froide.
- Verser le mélange réactionnel légèrement refroidi dans l'eau salée. Agiter avec la tige de verre.
- Filtrer le mélange sur Büchner, récupérer le savon et laisser sécher à l'air libre.

## **H. QU'EST-CE QUE LA BIODEGRADABILITE DES DETERGENTS ?**

Le rejet dans la nature des eaux usées contenant les résidus de savons et de détergents synthétiques constitue un problème écologique majeur. En effet, après le rejet, ces produits doivent perdre leur principales caractéristiques telles que :

- propriétés tensioactives,
- capacité de produire de la mousse,
- toxicité vis-à-vis de la faune et de la flore aquatique.

Il est donc primordial de n'utiliser que des produits biodégradables de telle façon qu'il ne subsiste quasiment plus aucun effet polluant dans les eaux résiduelles. La dégradation de ces produits doit se faire naturellement à l'aide des microorganismes de l'eau ou du sol et se poursuivre jusqu'à ce qu'il ne reste plus que des produits naturels tels que le dioxyde de carbone, l'eau ou des sels.

La biodégradabilité est représentée par le pourcentage de la quantité de substance initiale qui s'est transformée. Depuis 1987, il est interdit d'utiliser des détergents dont la biodégradabilité est inférieure à 90 %.

Ce critère est respecté par tous les détergents dont la longue chaîne carbonée hydrophobe ne contient pas de ramification. C'est en particulier le cas du savon qui ne constitue donc pas une source de pollution.