

Savons amphiphiles

Cours de sciences physiques - niveau 1re

*Pourquoi l'eau seule ne vient-elle jamais à bout d'une tache de graisse, alors qu'une goutte de savon y parvient ? La réponse tient à une propriété étonnante des **savons amphiphiles** : leurs molécules possèdent deux « visages », l'un qui aime l'eau et l'autre qui aime les graisses. Dans ce cours de première, tu vas relier la structure de ces espèces à leurs usages, de la fabrication du savon à la détergence.*

Ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

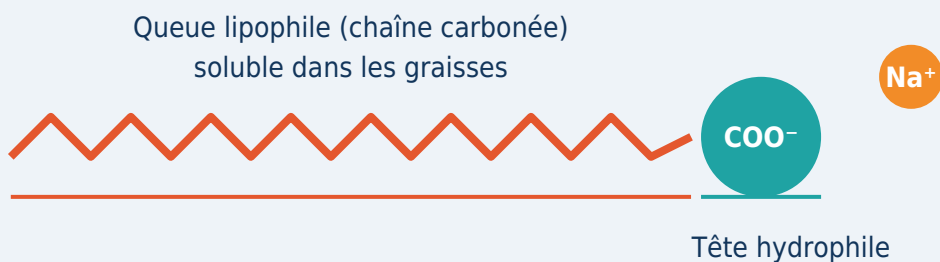
Hydrophile, lipophile, amphiphile

Une espèce chimique se dissout bien dans un solvant lorsqu'elle peut établir avec lui des interactions comparables à celles qu'il établit avec lui-même. L'eau est un solvant polaire qui forme des liaisons hydrogène : elle dissout bien les espèces ioniques et polaires. L'huile, constituée de chaînes carbonées non polaires, n'interagit pas avec l'eau : les deux liquides ne sont pas miscibles et se séparent en deux phases, l'huile (moins dense) surnageant.

VOCABULAIRE

Une espèce **hydrophile** (« qui aime l'eau ») est soluble dans l'eau. Une espèce **lipophile** (« qui aime les graisses ») est soluble dans les huiles et les solvants organiques. Une espèce **hydrophobe** (« qui craint l'eau ») est peu soluble dans l'eau. Une espèce **amphiphile** possède **à la fois** une partie hydrophile et une partie lipophile.

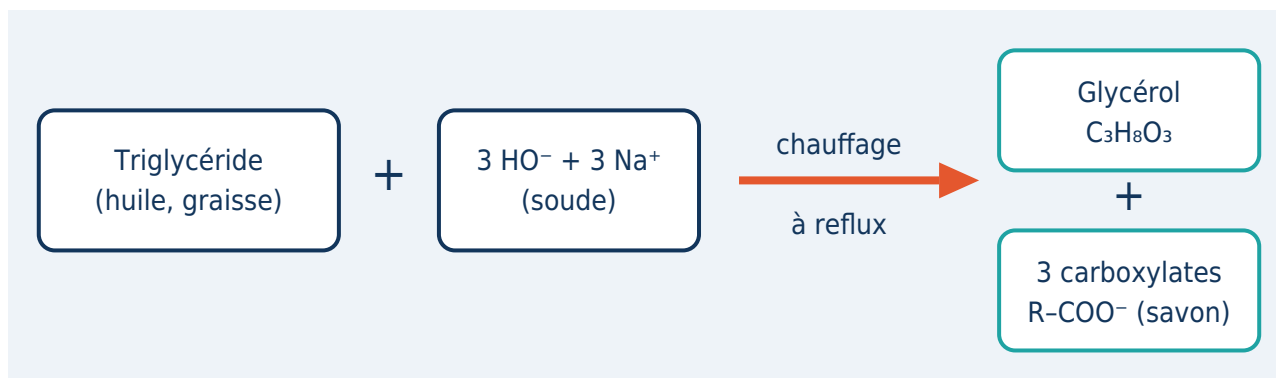
Une molécule amphiphile est donc formée de deux zones : une **tête polaire ou ionique**, hydrophile, et une **longue chaîne carbonée**, lipophile et hydrophobe. C'est le cas des ions carboxylate R-COO^- des savons, où R est une chaîne de 12 à 18 atomes de carbone.



Le stéarate de sodium, $C_{17}H_{35}COO^- + Na^+$: une queue lipophile et une tête hydrophile.

Fabriquer un savon : la saponification

Un savon est un mélange de **carboxylates de sodium** (ou de potassium pour un savon mou). On l'obtient par la **saponification** d'un corps gras. Les huiles et graisses sont des **triglycérides** : des esters du glycérol (propane-1,2,3-triol) et de trois acides gras. On les chauffe avec une solution concentrée d'hydroxyde de sodium (la soude), en général dans un mélange avec de l'éthanol qui aide les réactifs à se mélanger. Le chauffage s'effectue à **reflux** : les vapeurs se condensent dans un réfrigérant et retombent dans le ballon, ce qui évite toute perte de matière.



Bilan de la saponification : le triglycéride réagit avec la soude pour donner du glycérol et trois ions carboxylate.

EXEMPLE

Saponification de la trioléine, triglycéride de formule $C_{57}H_{104}O_6$:



Les atomes sont conservés : 57 C = 3 + 3×18 ; 107 H de chaque côté ; 9 O de chaque côté. Il faut **3 mol d'ions hydroxyde pour 1 mol de triglycéride**.

Séparer le savon : le relargage

En fin de réaction, le savon est dissous dans le mélange. On le verse dans une solution saturée de chlorure de sodium : la forte concentration en ions Na^+ diminue la solubilité du savon, qui précipite sous forme d'un solide blanc que l'on filtre : c'est le **relargage**. Le

solide est rincé à l'eau glacée, puis séché.

Rendement d'une synthèse

Les quantités de matière réellement obtenues sont souvent inférieures aux quantités prévues : pertes lors des transferts, réaction non totale, produit resté dissous. On mesure l'efficacité par le rendement.

FORMULE À RETENIR

$$\eta = m_{\text{obtenue}} \div m_{\text{maximale}} \text{ (ou } n_{\text{obtenue}} \div n_{\text{maximale}} \text{)}$$

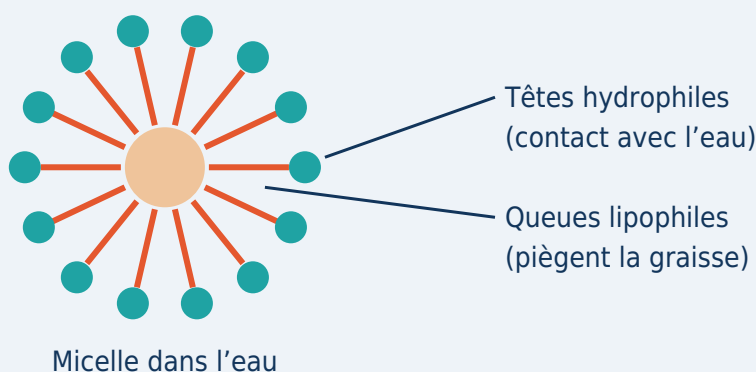
η est sans unité, souvent exprimé en pourcentage. La quantité maximale se calcule avec le tableau d'avancement.

APPLICATION NUMÉRIQUE

On saponifie $m = 10,0$ g de trioléine ($M = 884 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) avec un excès de soude. $n = 10,0 \div 884 = 1,13 \times 10^{-2}$ mol. Il se forme au maximum $3n = 3,39 \times 10^{-2}$ mol de savon. Avec $M(\text{oléate de sodium}) = 304 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $m_{\text{max}} = 3,39 \times 10^{-2} \times 304 = 10,3$ g. Si l'on récupère 7,2 g, $\eta = 7,2 \div 10,3 \approx \mathbf{0,70}$ soit **70 %**.

Pourquoi les savons amphiphiles lavent-ils ?

Dans l'eau, les ions carboxylate se placent d'abord à la surface, la queue hors de l'eau. Au-delà d'une certaine concentration, ils se regroupent en **micelles** : de petites sphères dont les queues lipophiles se rejoignent au centre et dont les têtes hydrophiles, tournées vers l'extérieur, restent en contact avec l'eau. Une tache de graisse est piégée au cœur lipophile des micelles : les gouttelettes de graisse, entourées de têtes chargées négativement, se repoussent, ne se rassemblent plus et sont emportées par l'eau de rinçage. C'est la **détergence**.



Une micelle emprisonne la graisse en son cœur : les têtes hydrophiles gardent la gouttelette en suspension dans l'eau.

ERREUR FRÉQUENTE

Le savon ne « dissout » pas la graisse et ne la détruit pas : il la disperse en fines gouttelettes stabilisées. Autre confusion : « hydrophobe » et « lipophile » ne sont pas contraires, une chaîne carbonée est les deux à la fois.

Émulsions et eau dure

Une **émulsion** est un mélange de deux liquides non miscibles où l'un est dispersé en fines gouttelettes dans l'autre. Sans amphiphile, elle se sépare en quelques minutes ; avec un amphiphile (comme le jaune d'œuf dans la mayonnaise), elle est **stabilisée**. En présence d'ions calcium Ca^{2+} ou magnésium Mg^{2+} (eau dure), les ions carboxylate forment des précipités insolubles : $2 \text{R-COO}^- + \text{Ca}^{2+} \rightarrow (\text{R-COO})_2\text{Ca}$. Le savon mousse moins et laisse des dépôts. Les détergents synthétiques, dont la tête est un sulfonate, ne précipitent pas et restent efficaces en eau dure.

L'essentiel à retenir

- Une espèce amphiphile possède une tête hydrophile et une queue lipophile.
- Un savon est un carboxylate de sodium ou de potassium, obtenu par saponification d'un triglycéride avec la soude : 1 mol de triglycéride pour 3 mol d'ions hydroxyde.
- Le relargage en solution saturée de chlorure de sodium sépare le savon solide.
- Rendement : $\eta = m_{\text{obtenue}} \div m_{\text{maximale}}$, toujours inférieur ou égal à 1.
- Au-delà d'une concentration seuil, les amphiphiles forment des micelles qui piègent la graisse : c'est la détergence.
- Un amphiphile stabilise une émulsion ; l'eau dure fait précipiter les savons.