

Compétences exigibles (chapitre 6)

- Savoir expliquer les conseils de conservation donnés aux consommateurs ;
- Identifier les avantages et les inconvénients des traitements appliqués aux aliments pour les conserver ;
- Ne pas être dupe quant aux idées véhiculées par les médias ou les publicités quant à l’innocuité ou l’action de certains produits alimentaires sur la santé ;
- Connaître le protocole expérimental à réaliser pour mettre en évidence l’oxydation des aliments ;
- Savoir distinguer une transformation physique d’une transformation chimique ;
- Savoir extraire et organiser des informations sur l’évolution des modes de conservation ;
- Savoir extraire et organiser des informations sur la formulation d’un aliment ;
- Savoir que l’on peut conserver des aliments en les changeant d’état (solidification, lyophilisation...) ;
- Connaître la structure des lipides ;
- Savoir ce qu’est une émulsion ;
- Savoir ce qu’est une espèce tensioactive (avec ses parties hydrophile et hydrophobe) ;
- Comprendre comment les espèces tensioactives forment des micelles ;

- Savoir qu’une espèce tensioactive a la faculté de stabiliser une émulsion ;
- Connaître le protocole expérimental à mettre en œuvre pour réaliser une émulsion (dit autrement, vous devez tous savoir comment faire « monter » une mayonnaise avec le Bac ! Chacun sa cuillère et son bol !) ;
- Par une approche historique et culturelle de la transformation et de la conservation des aliments, acquérir des connaissances qui permettent d’adopter des comportements responsables en matière de risque alimentaire.

Acquis du collège et de Seconde :

- Les trois états de la matière (solide, liquide et gaz) et les changements d’état ;
- La composition de l’air (environ un cinquième de dioxygène $O_2(g)$ et quatre cinquièmes de diazote $N_2(g)$, plus d’autres gaz moins abondants, y inclus 400 ppm de dioxyde de carbone $CO_2(g)$ (parties par million, ce qui fait donc du 0,04 % – sauriez-vous retrouver ce pourcentage ?), le taux le plus élevé depuis 2,5 millions d’années !).

Chapitre 6 – Qualité des aliments

(chapitre 6 du livre)

1 L’oxydation des aliments

L’essentiel en deux phrases Le dioxygène de l’air et la lumière provoquent l’oxydation des aliments.

La température joue un rôle important dans cette oxydation, en la ralentissant ou en l’accélégrant.

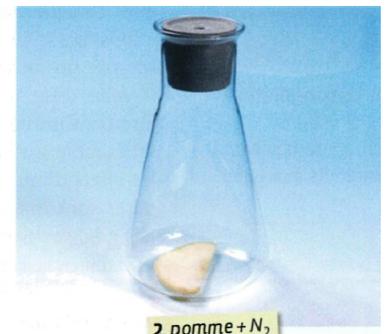
1.1 Effet du dioxygène

Expérience 1 Un morceau de pomme laissé à l’air ambiant.

Expérience 2 Un morceau de pomme placé dans du diazote dans un flacon.

Résultat : dans le diazote, la pomme se conserve.

Bilan La transformation **chimique** subie par la pomme au contact du dioxygène de l’air est appelée **oxydation**.



1.2 Protection contre l'oxydation par un additif

Expérience 3 Un morceau de pomme est préalablement recouvert de citron puis laissé à l'air ambiant comme précédemment.



Résultat : recouverte de citron, la pomme se conserve.

Expérience 4 Cherchons parmi les constituants du jus de citron ce qui peut bien protéger la pomme.



Résultat : la pomme se conserve si elle est recouverte d'acide ascorbique.

Bilan C'est l'acide ascorbique ou vitamine C qui protège la pomme contre l'oxydation. Il réagit avec le dioxygène de l'air qui ne peut donc plus réagir avec les enzymes de la pomme. La vitamine C porte le code E300, c'est un *antioxydant* très utilisé comme additif alimentaire, appelé **conservateur**.

1.3 Effet de la température

Expérience 5 Un morceau de pomme est chauffé trente secondes au four à micro-ondes puis laissé à l'air ambiant comme précédemment.



Résultat : une fois cuite, la pomme se conserve.

Expérience 6 Quatre ou cinq pommes coupées en morceaux, disposés joliment sur une pâte brisée avec de la crème et un peu de frangipane, le tout placé à 180°C au four pendant une demi-heure.

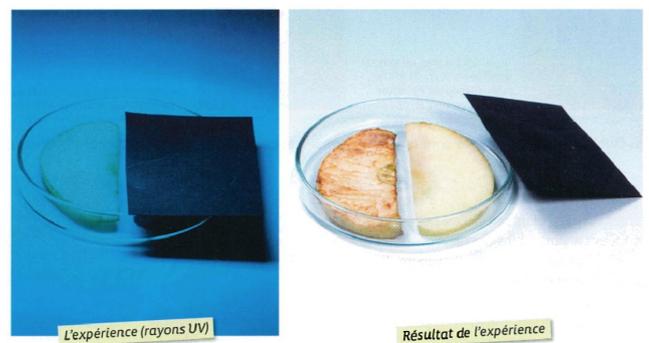


Résultat : une fois cuite, la pomme se conserve.

Bilan La température dénature les enzymes de la pomme qui n'est plus oxydée par l'air. D'autres réactions chimiques apparaissent lors de la cuisson des aliments : caramélisation (réduction du sucre), réactions de Maillard, de Parmentier et de Liebig, responsables de l'apparition de nouveaux goûts et de nouvelles odeurs.

1.4 Effet de la lumière

Expérience 7 On coupe deux morceaux de pomme, et l'on protège l'un des deux morceaux par un morceau de carton. On place les deux morceaux sous une lampe UV.



Résultat : protégée des UV, la pomme se conserve.

Bilan Il faut stocker les aliments à l'abri de la lumière et des rayons UV.

1.5 Conclusion

Le processus d'oxydation par le dioxygène présent dans l'air est une transformation chimique qui altère les aliments. Un **antioxydant** est une molécule qui réagit avec le dioxygène : il ralentit l'oxydation et peut être utilisé pour conserver les aliments. Les codes des antioxydants vont de E300 à E399.

Les antioxydants permettent de ralentir l'oxydation des aliments.

L'oxydation est aussi ralentie lorsque les enzymes néces-

saies à cette transformation chimique sont altérées par chauffage : c'est le cas avec la **stérilisation**. Elle est accélérée lorsque l'aliment est soumis à un rayonnement UV : il est donc préférable de stocker les aliments à l'abri de la lumière.

Les **transformations chimiques** comme l'oxydation des aliments ou les réactions de Maillard (connues en pâtisserie pour l'apparition de saveurs lors de la cuisson des aliments) sont à différencier des **transformations physiques** dans certains procédés de conservation (lyophilisation, surgélation).

2 Les techniques de conservation

L'essentiel en trois phrases La conservation des aliments permet de reculer la date de péremption tout en préservant leur comestibilité et leurs qualités nutritives et gustatives.

Toutefois, ces techniques de conservation peuvent aussi modifier les qualités nutritives ou gustatives des aliments.

Parmi les différentes techniques de conservation, on distingue les procédés physiques des procédés chimiques.

Ce qui n'est pas essentiel On ne cherchera pas à étudier ou à connaître la liste de toutes les techniques de conservation.

2.1 Le repas des spationautes

- Se nourrir dans l'espace constitue un exploit technologique important. En effet, la nourriture embarquée doit répondre à de nombreux critères. Elle doit être diététiquement variée afin d'assurer les besoins biologiques de l'équipage, mais elle doit aussi être savoureuse, car elle contribue au moral des spationautes. Et elle doit être très épicée, car les saveurs sont minorées en apesanteur.
- Il faut par ailleurs qu'elle soit parfaitement saine au départ et qu'elle se conserve sur une longue période. Elle ne doit pas être compliquée à préparer, et ne doit pas être trop lourde.



- Pour toutes ces raisons, l'essentiel des plats est préalablement déshydraté et reconstitué à bord avec un ajout

d'eau.

2.2 La choucroute pour explorer le monde

- La choucroute est une préparation alimentaire réalisée à partir de chou fermenté. Connue depuis la préhistoire, elle permet une conservation du chou sur plus de deux années. Grâce au processus de fermentation lactique, le chou taillé en fines lamelles est conservé dans une saumure acide empêchant le développement des micro-organismes.



- Parmi les avantages diététiques de la choucroute figure sa richesse en vitamine C, que la fermentation n'altère pas. Cette propriété fut remarquée par le navigateur et cartographe James COOK (1728-1779) qui embarqua de la choucroute en grandes quantités sur ses navires pour lutter contre le scorbut des marins.
- Il est fort probable aussi qu'une préparation similaire ait été embarquée par Erik le Rouge (X^e siècle) au cours de ses explorations qui lui permirent de découvrir le Groenland et Terre-Neuve.

2.3 Approche historique des techniques de conservation

Préhistoire

D'abord consommateurs immédiats des produits de la chasse ou de la cueillette, les hommes pré-

historiques utilisent rapidement des techniques de conservation des aliments : **séchage** au soleil ou au vent, **boucanage** (fumage pendant des heures) de la viande ou du poisson.



Romains – 300 av. J.-C.

Les Romains pratiquent le **salage** des aliments. Dans une eau très salée, l'eau est retirée des cellules par osmose. Le salage donne du goût aux aliments et empêche la multiplication des microorganismes.

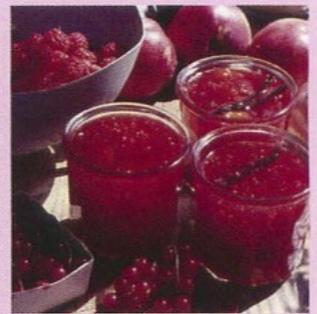


Moyen Âge - XIV^e siècle

L'hiver, la **glace** des lacs et des rivières était découpée et conservée jusqu'à l'été dans des puits ou des caves profondes. Elle était utilisée, entre autres, pour la conservation des poissons.

Nicolas Appert met au point l'**appertisation**. C'est une technique de mise en conserve qui consiste à mettre l'aliment dans un récipient étanche à l'air puis de détruire les microorganismes par chauffage.

1795

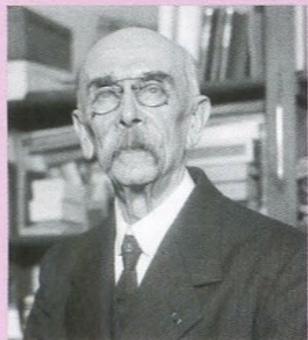


Louis Pasteur invente la **pasteurisation** qui consiste en un chauffage entre 62 et 88 °C. Une grande majorité de germes est détruite. Dans le procédé de **stérilisation** (température supérieure à 100 °C), aucun germe ne résiste.

1865

La conservation par le **froid** connaît un essor considérable avec l'invention des premiers réfrigérateurs domestiques, commercialisés d'abord en Caroline du Sud (États-Unis).

1895



Arsène d'Arsonval développe le procédé de **lyophilisation** qui consiste à retirer l'eau des aliments. Les aliments subissent une surgélation (-20 à -80°C) très rapidement. Puis, en diminuant fortement la pression, la glace se sublime en vapeur d'eau.

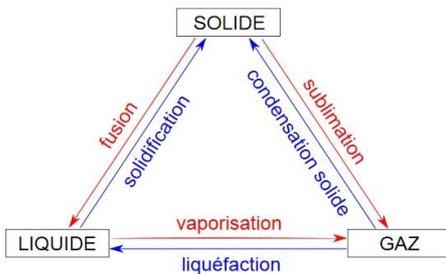
1906

XXI^e siècle

Irradiation des aliments. Les rayons ionisants détruisent l'ADN des cellules et tuent donc les bactéries. Cette technique, appelée pasteurisation à froid, est sans danger pour le consommateur.

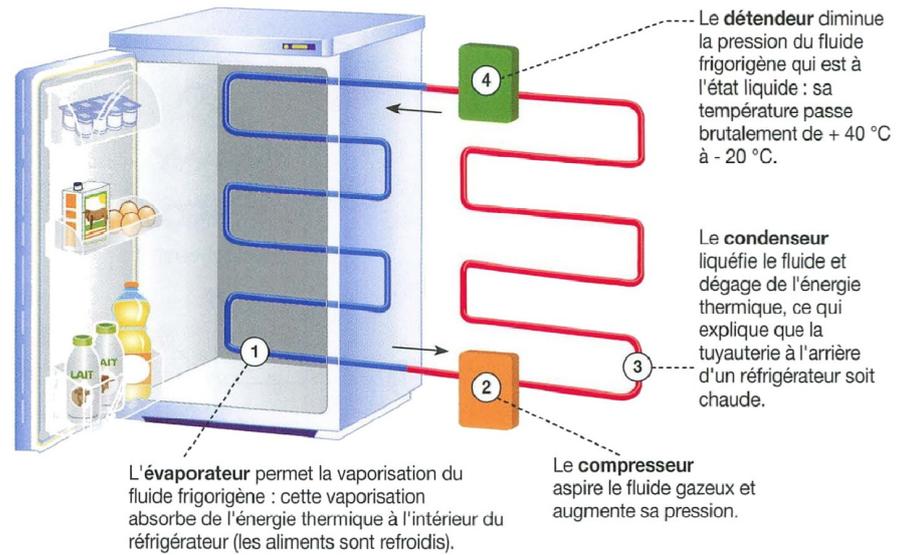
2.4 Physique ou chimique ?

- Les trois états de la matière sont le solide, le liquide et le gaz.
- Changer d'état est une transformation physique qui ne modifie pas la nature des molécules. On parle de fusion (inverse de solidification), de liquéfaction (inverse de vaporisation), ou de sublimation (inverse de condensation).



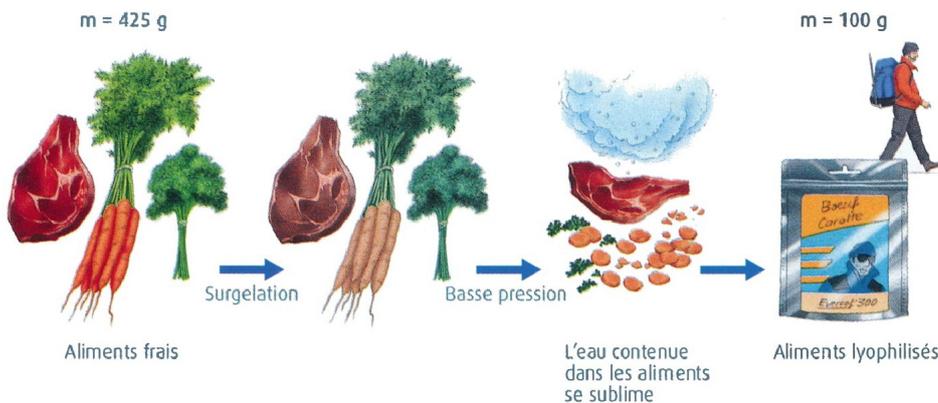
- Les transformations chimiques sont des transformations où des molécules de réactifs se transforment en molécules de produits. Il y a alors une modification des liaisons entre atomes.

2.5 Principe du réfrigérateur



Un fluide « frigorigène » circule dans un circuit étanche. Il subit de manière cyclique une vaporisation (passage de l'état liquide à l'état gazeux) puis une liquéfaction (passage de l'état gazeux à l'état liquide). Ces changements d'état impliquent des échanges thermiques permettant de refroidir l'intérieur du réfrigérateur.

2.6 La lyophilisation

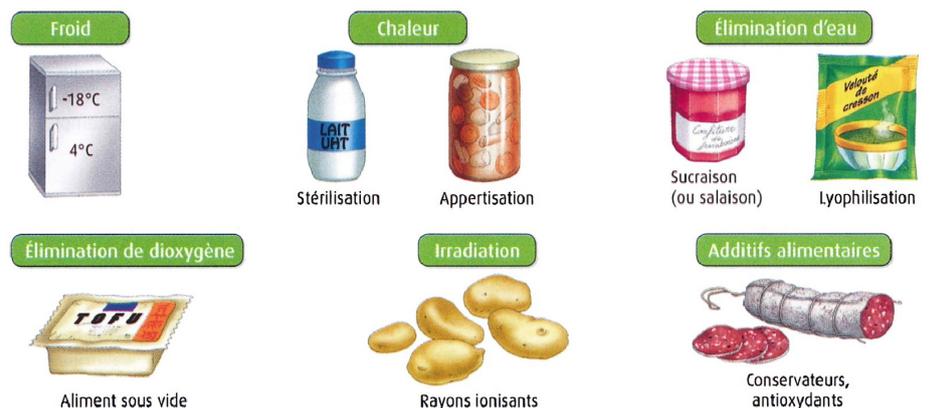


La lyophilisation permet d'obtenir des aliments de faible volume et de faible poids, l'eau pouvant occuper jusqu'à 90 % du volume d'un aliment. Les aliments lyophilisés sont très utilisés par les randonneurs et les astronautes.

En conclusion, sont représentés ci-contre les principaux modes de conservation des aliments.

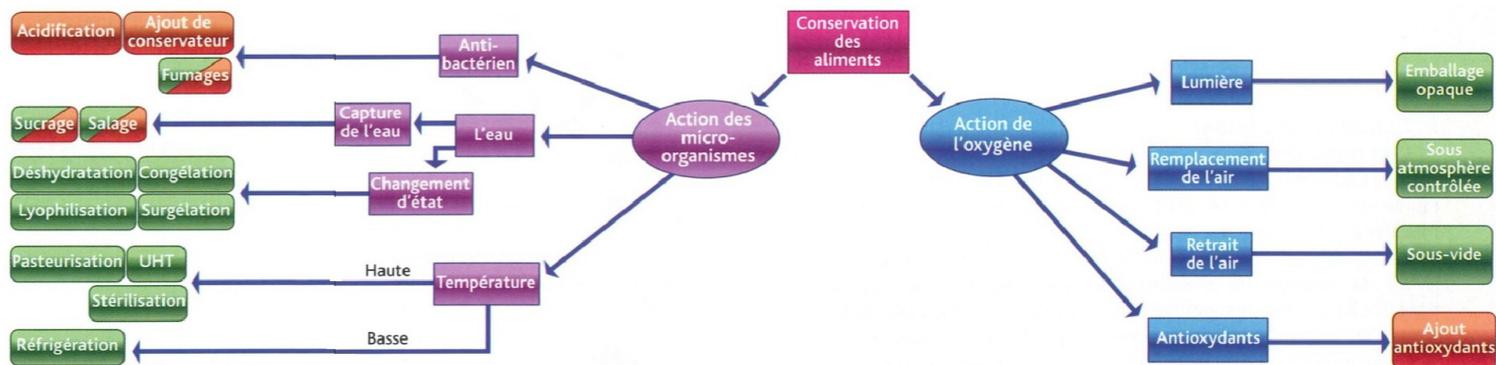
La teneur en nutriments des aliments n'est pas modifiée lors de la conservation, mais le goût et les teneurs en vitamines peuvent être affectées.

Quant aux conservateurs utilisés pour accroître la conservation, ils peuvent avoir des effets indésirables sur la santé s'ils sont consommés en dose importante.



2.7 Conclusion

- Dans les procédés chimiques de conservation, des espèces sont ajoutées et participent à des réactions chimiques.
- Dans les procédés physiques, des transformations physiques ont lieu. Ce sont des changements d'état : solidification de l'eau pour la congélation, solidification puis sublimation de l'eau pour la lyophilisation.



Le schéma ci-dessus résume les différentes techniques de conservation. Sauriez-vous faire la différence entre les procédés chimiques et les procédés physiques ?

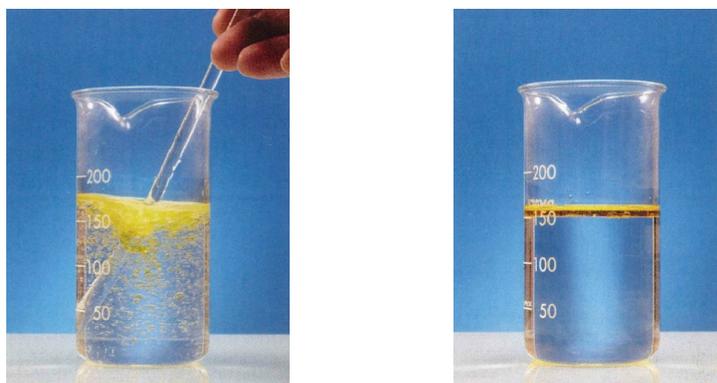
3 Émulsions

L'essentiel en trois phrases

- Les **émulsions** sont des systèmes dispersés d'un liquide dans un autre liquide, liquides qui ne sont pas miscibles entre eux.
- Les **tensioactifs** sont de longues molécules comportant une partie apolaire hydrophobe (qui présente une affinité pour les lipides) et une partie polaire hydrophile (qui présente une affinité pour l'eau).
- En raison de leur structure, les tensioactifs forment des micelles et stabilisent les émulsions, qui sont des mélanges hétérogènes de deux liquides non miscibles.

3.1 Réaliser une émulsion

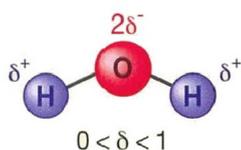
Vinaigrette, sauce béarnaise ou mayonnaise sont des **émulsions**, c'est-à-dire des suspensions de très petites particules liquides dans un autre liquide **non-miscible** au premier (de l'huile dans l'eau dans le cas présent).



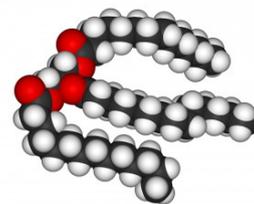
Il faut battre vigoureusement le mélange pour former une émulsion. Une fois cet objectif atteint, la tendance naturelle est de reformer **phases** bien distinctes.

3.2 Des molécules de natures différentes

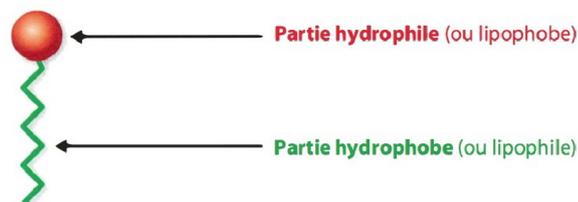
- La molécule d'**eau** est une molécule **polaire**, elle présente des charges électriques partielles. En effet, l'oxygène attire les électrons plus fortement que l'hydrogène.



- Les triglycérides constituent la majeure partie des **lipides** alimentaires et de l'organisme (stockés dans le tissu adipeux). Les triglycérides sont des triesters d'acides gras, c'est-à-dire qu'ils sont formés de trois fonctions esters accrochées ensemble, avec trois chaînes carbonées « longues ». Exemple du triester principal de l'huile de palme :



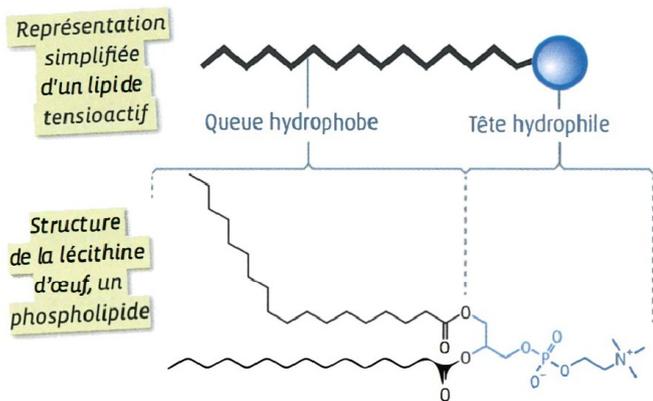
- Un composé **polaire** est formé d'une partie hydrophile (ou lipophile) et d'une partie hydrophobe (ou lipophile).



Le suffixe « phile » signifie « qui a une affinité pour ». Les préfixes « hydro » et « lipo » viennent du grec et signifient respectivement « eau » et « corps gras ».

La partie lipophile est en général formée d'une longue **longue chaîne**, d'où sa représentation symbolique sous forme de « queue » ; la partie hydrophile contient en général des atomes d'oxygène, de soufre ou d'azote, qui forment des liaisons **hydrogènes** ou liaisons faibles.

Voici un exemple d'un composé tensioactif naturel : la lécithine contenue dans l'œuf.



Le tensioactif est le principe actif du savon ou du liquide vaisselle.

3.3 Le rôle des tensioactifs

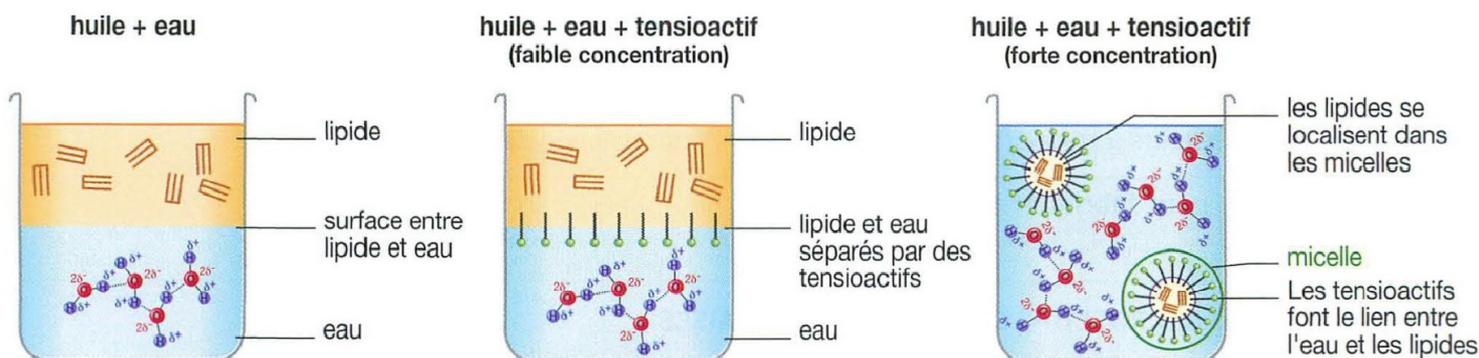
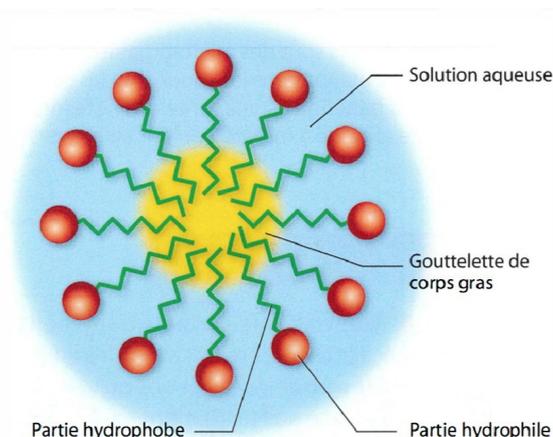
Les tensioactifs sont des molécules « entremetteuses » présentant une **affinité** à la fois pour l'huile et pour

l'eau.

Lorsque la concentration en tensioactifs est suffisante, et après agitation, des gouttelettes d'huile enrobées de tensioactif se dispersent dans l'eau.

Ces gouttelettes sont appelées **micelles**.

Il y a dispersion de la phase lipidique dans la phase aqueuse, c'est une **émulsion**.



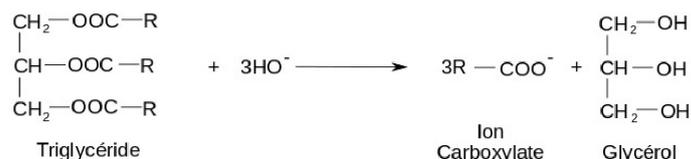
3.4 Mode d'action des savons

Qu'est-ce qu'un savon ?

Il est assez amusant de noter que l'on peut fabriquer soi-même du savon noir avec deux choses parmi les plus salissantes que l'on puisse trouver chez soi : de l'huile et de la cendre ! L'huile apporte les triesters ; si l'on incorpore un tiers d'huile d'**olive**, on respecte la tradition du savon dit « de Marseille ».



La cendre apporte la potasse KOH. L'action des ions hydroxyde OH^- sur les triesters provoque une hydrolyse basique des fonctions esters, selon la réaction générale :



Un savon est formé d'ions **carboxylate longs** $\text{R—COO}^-_{(\text{aq})}$, où la chaîne carbonée —R est longue (c'est-à-dire formée de dizaines d'atomes de carbone et d'hydrogène). Cet anion est obligatoirement accompagné d'un cation, typiquement le cation sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ pour un savon **dur** (le savon ordinaire), ou le cation potassium $\text{K}^+_{(\text{aq})}$ pour un savon **dur** ou savon noir (le savon d'autrefois). Cette classification des savons date de Pline l'Ancien (le savon est une invention gauloise, décrite par Pline dans ses écrits).

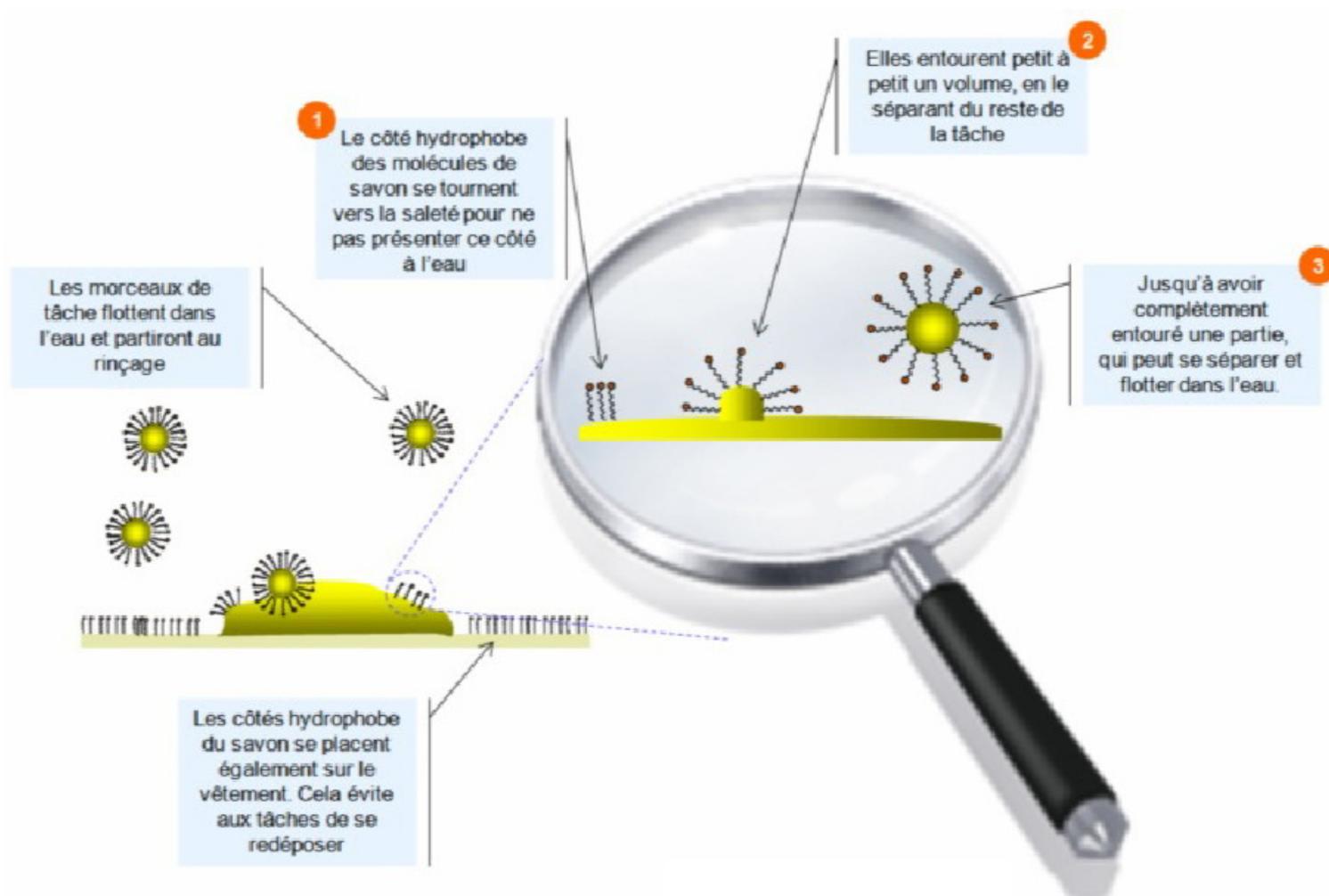
Deux propriétés antinomiques

Une molécule de savon R—COO^- possède deux parties distinctes, aux propriétés **antinomiques** :

- La chaîne carbonée $-R$ provenant de l'acide carboxylique long (appelé *acide gras*), **lipophile** ou **hydrophobe** ;
- Le groupe carboxylate $-COO^-$, chargé, attire les molécules d'eau : **lipophile** ou **hydrophile**.

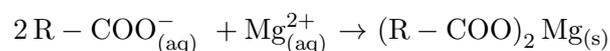
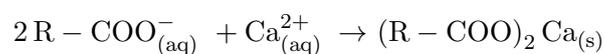
Le mode d'action des savons

Les savons et détergents éliminent les salissures en formant des **micelles** autour de celles-ci : les longues chaînes carbonées ont une affinité pour la graisse, alors que les groupes carboxylates rendent l'ensemble soluble dans l'eau.



Limitations de l'action des savons

L'action des savons et des détergents est limitée par les ions calcium et magnésium des eaux « dures », car ceux-ci forment avec le savon des carboxylates de calcium et de magnésium, des **solides** qui précipitent au fond de la solution :



4 Les mousses

4.1 Définition d'une mousse

Un système chimique constitué de deux phases est dit dispersé si ces deux phases sont intimement mélangées : des zones de taille microscopique de la première phase sont dispersées dans la deuxième phase.

Les gaz dispersés dans un liquide ou un solide constituent d'autres exemples de systèmes dispersés, appelés mousses liquides ou mousses solides.

Les mousses solides sont des matériaux largement utilisés dans notre quotidien, par exemple celles servant d'isolant thermique.

Tout comme les émulsions, les mousses liquides ne sont pas stables : les phases décantent rapidement. Pour les stabiliser, il est nécessaire d'ajouter des espèces tensioactives.

4.2 Fabrication d'une mayonnaise

Ingrédients

- 1 jaune d'œuf (contient de la lécithine qui joue le rôle de tensioactif, des protéines) ;
- 1 verre d'huile ;
- 1 cuillère à café de moutarde (facultatif) ;
- 1 cuillère à soupe de vinaigre (facultatif) ;
- sel, poivre.

Une heure avant de commencer la sauce mayonnaise, mettre tous les ingrédients à température ambiante.

Réalisation



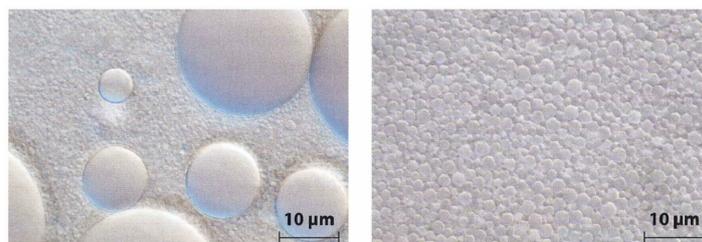
- Dans un saladier, mettre la moutarde, le jaune d'œuf. Assaisonner de sel et de poivre.
- Mélanger en effectuant un mouvement de rotation afin de mélanger la moutarde au jaune d'œuf.
- Tout en fouettant énergiquement, ajouter l'huile petit à petit ; elle va s'incorporer à la moutarde et au jaune d'œuf, et la mayonnaise va prendre

progressivement. Continuer jusqu'à ce que toute l'huile soit incorporée.

- Ajouter le vinaigre (facultatif).

4.3 Fermeté d'une mayonnaise

Entre deux mayonnaises, l'une réalisée en agitant avec une fourchette, l'autre avec un batteur électrique, on peut observer au microscope la taille des micelles :



Les micelles sont de petite taille et beaucoup moins espacées dans le cas d'une mayonnaise bien ferme.

4.4 Une mayonnaise avec du blanc d'œuf !

Le blanc d'œuf possède des protéines qui peuvent jouer le rôle de tensioactif.

- Dans un saladier, mettre le blanc d'œuf, une goutte de vinaigre, et assaisonner avec du sel et du poivre.
- Mélanger en effectuant un mouvement de rotation.
- Tout en fouettant énergiquement, ajouter l'huile petit à petit. Continuer jusqu'à ce que toute l'huile soit incorporée.



L'œuf contient de la lécithine, un phospholipide qui a d'excellentes propriétés tensioactives (voir sa formule donnée en page 3).

4.5 Rattraper une mayonnaise ratée

Une mayonnaise tourne lorsque les gouttelettes d'huile très nombreuses se rassemblent : la phase lipidique se sépare de la phase aqueuse. Bien souvent, il manque de l'eau à la préparation.



Pour rattraper la mayonnaise, il suffit d'ajouter un élément qui apporte de l'eau (un autre jaune, de la moutarde ou des gouttes d'eau), à l'exception de l'huile.

4.6 Bilan

- Les **lipides**, principaux constituants des huiles alimentaires, ne sont pas solubles dans l'eau H_2O . En revanche, ils se solubilisent très bien dans des solvants dits « gras », composés principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène.

- Ces phénomènes s'expliquent par les structures des lipides et illustrent très bien le proverbe « Qui se ressemble s'assemble ».
- En effet, les lipides contiennent au moins une longue chaîne hydrocarbonée, c'est-à-dire constituée d'atomes de carbone et d'hydrogène. Cette structure ressemble à celle des solvants « gras » et non à celle de l'eau.
- On distingue deux sortes de micelles. Lorsqu'il y a plus d'eau que d'huile, les micelles sont directes : l'huile est « encapsulée » à l'intérieur et les chaînes hydrocarbonées des espèces tensioactives sont tournées vers l'intérieur ; dans le cas contraire, les micelles sont inverses : c'est l'eau qui est « encapsulée » et les « têtes », qui sont tournées vers l'intérieur.
- Les **émulsions** telles que la mayonnaise sont caractérisées par la dispersion stable de gouttelettes d'huile dans l'eau. Trois éléments sont indispensables à leur formation : eau, huile et tensioactifs. Les molécules tensioactives sont amphiphiles, elles sont composées d'une tête hydrophile et d'une queue hydrophobe. Ces molécules évitent la démixtion du mélange (séparation des deux phases eau et huile) en formant des micelles.

5 Correction des exercices de la séance n° 12

12.1 N° 1 p. 86 – Vrai ou faux ?

1 faux ; 2 faux ; 3 vrai ; 4 faux ; 5 vrai.

12.2 N° 2 p. 86 – QCM

1 a ; 2 b et c ; 3 b ; 4 c.

12.3 N° 3 p. 86 – Eaux minérales

1. Une eau minérale a des propriétés thérapeutiques reconnues par le ministère de la Santé, alors qu'une eau de source satisfait aux critères de potabilité.
2. $1708 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ donc $1708/5=341,6 \text{ mg}$ pour 200 mL.
3. Non : beaucoup trop de chlorures, de bicarbonate (eau gazeuse!), de sodium...
4. Cette eau apporte trop de sodium (formule NaCl pour le sel de cuisine).

12.4 N° 4 p. 87 – L'eau des carafes filtrantes

1. La consommation d'une eau ayant un goût chloré n'est pas dangereuse pour la santé, le chlore étant classiquement utilisé dans le processus de traitement de l'eau pour éviter le développement des micro-organismes.
2. Les contraintes d'utilisation des carafes filtrantes sont le fait de devoir changer régulièrement les cartouches, ce qui entraîne un coût supplémentaire et un risque de contamination biologique de l'eau.
3. L'utilisation de carafes filtrantes est une question de confort. L'eau dure ou l'eau chlorée n'ont pas de conséquence pour la santé. L'utilisation de carafes est contraignante, elle impose une hygiène irréprochable au risque de contaminer l'eau avec des agents pathogènes (qui peuvent se développer dans le filtre!). L'eau filtrée est moins chère que l'eau en bouteille, mais plus chère que celle de l'eau du robinet.

6 Exercices pour la séance n° 14

13.1 N° 1 p. 104 – Vrai ou faux ?

13.2 N° 3 p. 104 – QCM

13.3 N° 4 p. 104 – Brunissement d'une pomme

13.4 N° 7 p. 105 – La formulation des crèmes

7 Corrigé des exercices de la séance n° 13

13.1 N° 1 p. 104 – Vrai ou faux ?

- a. Faux ; il faut chauffer à 100 °C (stérilisation) ou même à plus basse température (pasteurisation, appertisation).
- b. Faux ; le froid ralentit les réactions chimiques d'oxydation et de dégradation, sans les stopper totalement.
- c. Faux ; néanmoins, ils sont une meilleure alternative qu'une alimentation déséquilibrée (les fameux rapports glucides lipides protides!).
- d. Faux ; solidification.

13.2 N° 3 p. 104 – QCM

1. Réponse b.
2. Réponse b.
3. Réponses a, b, c et d.
4. Réponse a.

13.3 N° 4 p. 104 – Brunissement d'une pomme

1. Le dioxygène se fixe sur les enzymes de la pomme et conduit à produire une oxydation, avec formation d'un pigment jaune-brun.
2. Il s'agit d'une transformation chimique.
3. L'acide ascorbique est un antioxydant qui réagit avec le dioxygène de l'air, en compétition avec la réaction précédente, dont l'avancement est de fait minoré.
4. La chaleur ou l'ajout de sucre dégradent les enzymes de la pomme et les rendent impropres à la formation du pigment jaune-brun en question.

13.4 N° 7 p. 105 – Formulation crèmes glacées

1. La crème glacée est une suspension stable, car des bulles d'air sont stabilisées dans l'eau grâce à des émulsifiants.
2. La structure obtenue est une micelle.