

Chapitre 3 Dans la cuisine

I La dégradation des aliments et des organismes. Les antioxydants et les conservateurs

1) Dégradation des aliments

Présentation

Les aliments, abandonnés sans être rapidement consommés, se dégradent : noircissement, durcissement ou ramollissement, dégradations plus avancées, (moisississement) etc.

Travail demandé

Proposer des pistes d'explication de ces phénomènes en abordant deux aspects :

- a) Les différents modes de dégradation en considérant la nature physique ou chimique, de la transformation. (*vous devrez donc au passage rigoureusement différencier une transformation physique et une transformation chimique*)
- b) Les paramètres influençant nettement ces dégradations

Un petit doc pour aider :

« ... L'oxygène est un matériau extraordinairement dangereux, spécialement pour la vie, et on peut considérer que les êtres vivants qui l'utilisent jouent littéralement avec le feu. Respirer de l'oxygène a pratiquement le même effet que de s'exposer à un rayonnement et les dégâts causés sont de même nature. En effet, dans les deux cas, les dégâts proviennent de la formation de radicaux, (« radicaux libres » dans les pubs TV) entités chimiques ayant un nombre impair d'électrons. Dans le cas de l'oxygène, il se forme l'ion superoxyde O_2^- , radical obtenu par capture d'un électron. Ce radical produit ensuite la molécule très agressive de peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée) H_2O_2 et les radicaux hydroxyde HO^\bullet , également responsables des dégâts dus aux rayonnements. On peut estimer que 1 à 2 % de l'oxygène utilisé par les cellules est transformé en ion superoxyde et que ce taux monte à 10% lors d'efforts violents. Cela ne semble pas énorme, cependant, en une année, notre corps produit environ 2 kg d'ions superoxyde, même si nous ne faisons pas d'exercice. Ce danger peut être vu autrement : les dommages produits par la respiration en une année sont équivalents à environ 10000 radiographies des poumons. Plus positivement, nous pouvons commencer à entrevoir comment les organismes vivants sont, inconsciemment, capables de se préparer à gérer la toxicité de l'oxygène, en apprenant à supporter les expositions aux intenses rayons du Soleil, car dans les deux cas, il faut s'attaquer aux mêmes radicaux... »

Peter Atkins « le parfum de la fraise »

Ce que ne dit pas le texte, c'est que les fameux radicaux libres formés sont des entités extrêmement instables prêtes à tout pour retrouver une structure à électrons tous appariés : ils cassent très facilement la plupart des liaisons des molécules présentes dans l'organisme, ce qui entraîne souvent des modifications irréversibles... Le vieillissement de l'organisme est un des aspects des dégradations causées par les radicaux libres.

2) Les antioxydants

Présentation

Les organismes contiennent des molécules dont le rôle est de lutter contre la formation de radicaux libres et ainsi de freiner le vieillissement de l'organisme. Etant donné ce qui a été décrit au paragraphe précédent, on peut nommer ces molécules des antioxydants.

Les antioxydants sont utilisés dans l'alimentation depuis des milliers d'années, mais leur rôle n'est réellement apprécié que depuis peu.

Exemples

- l'acide ascorbique ou vitamine C.
- Le BHA. (2-tertiobutyl-4-méthoxyphénol) il agit en interrompant la réaction en chaîne au cours de laquelle l'oxygène donne naissance à des peroxydes puis à des radicaux. Il est présent en tant que conservateur dans de nombreuses huiles et graisses.
- Les épices (sauge, clou de girofle, romarin, thym)
- La vitamine E : empêche un organisme de rancir tant qu'il est vivant.
- etc.

Travail demandé

- c) Expliquer comment travaille l'antioxydant pour empêcher la dégradation d'un aliment. (on veillera à apporter une réponse de chimiste, c'est-à-dire qu'il faudra probablement évoquer une réaction chimique dans laquelle intervient l'antioxydant).
- d) D'après l'introduction, les organismes « contiennent » les antioxydants... est-ce aussi le cas pour tous les aliments disponibles à la consommation ? Comment fait-on alors pour assurer une longue conservation ? (la question est très ouverte et peut être développée selon diverses pistes)
- e) Trouver des images d'étiquettes d'emballage d'aliments divers (boissons, yaourts,...) et identifier sur ces étiquettes le(s) conservateur(s) ou antioxydant(s). Si vous remarquez qu'un simple code désigne l'antioxydant, vous devrez pousser vos recherches et associer un nom d'espèce chimique (et pourquoi pas une formule) au code lu sur l'étiquette.

Liban 2015

Document 1 : expériences

On cherche à savoir quels facteurs influent sur le brunissement des aliments. Pour cela, on réalise une série d'expériences d'une durée de 24 heures avec des tranches de pomme, des rondelles de citron*, des lentilles sèches, des morceaux de beurre frais et des tranches d'avocat.

**le citron est un fruit contenant de l'acide ascorbique (appelé aussi vitamine C)*

Les conditions expérimentales sont les suivantes :

A : aliments laissés à l'air libre et à température ambiante

B : aliments enveloppés dans du papier d'aluminium et à température ambiante

C : aliments enveloppés dans du papier film transparent et à température ambiante

D : aliments laissés à l'air libre, dans l'obscurité et à température ambiante

Les rondelles de citron et les lentilles sèches n'ont subi aucune dégradation.

Les résultats des autres expériences sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

	aliments			
		tranches de pomme	morceaux de beurre frais	tranches d'avocat
conditions expérimentales	A	brunissement saveur altérée	rancissement	brunissement saveur altérée
	B	pas de dégradation	pas de dégradation	léger brunissement saveur peu altérée
	C	peu de brunissement saveur altérée	peu de rancissement	peu de brunissement saveur altérée
	D	peu de brunissement saveur altérée	peu de rancissement	peu de brunissement saveur altérée

Document 2 : étiquette d'une spécialité à base d'avocat frais

Ingrédients : avocat 92%, oignon frais, poivron frais, sel, oignon déshydraté, coriandre, acide ascorbique (E300), épaississant : alginat de sodium, acidifiant : acide citrique, piment jalapeno, ail.

Conservation : doit être conservé entre 0 °C et + 4 °C. Après utilisation refermez le pot à l'aide du couvercle, conservez au réfrigérateur et consommez dans les 24 h.

Conditionné sous atmosphère protectrice.

QUESTIONS :

Question 1 :

Le brunissement des fruits est dû à une transformation.

a- Nommer la transformation responsable du brunissement des fruits. Préciser s'il s'agit d'une transformation physique ou chimique.

b- Indiquer le nom et la formule de la principale molécule responsable de cette transformation.

Question 2 :

Exploitation du document 1.

a- Donner les raisons pour lesquelles les rondelles de citron d'une part et les lentilles d'autre part ne changent pas d'aspect.

b- Parmi les expériences A, B, C et D, nommer celles qu'il faut comparer pour mettre en évidence l'effet du facteur « lumière » sur le changement d'aspect des aliments.

c- Trouver un facteur (autre que ceux auxquels se réfèrent les questions précédentes) qui intervient dans le brunissement des aliments et proposer une expérience pour le mettre en évidence.

Question 3 :

Inventorier, à partir du document 2, trois méthodes utilisées pour augmenter la durée de conservation.

Question 4 :

À l'aide des réponses aux questions précédentes, proposer un protocole permettant de préparer une purée d'avocat à la maison (cette préparation devra se conserver de manière optimale le plus longtemps possible).

Pondichéry 2015

Chaque dimanche, Monsieur Dufruit aime déguster un jus d'orange fait maison. Mais durant la semaine, il est toujours trop pressé : il cherche donc un équivalent en magasin. A son grand étonnement, le vendeur lui propose de choisir entre le jus X qu'il trouvera au rayon frais et le jus Y qu'il trouvera au rayon classique.

Document 1 : Caractéristiques de différents jus d'orange

Document 1a : Comparaison des deux jus d'orange X et Y

	Jus d'orange de la marque X	Jus d'orange de la marque Y
Description faite par le Fournisseur.	Jus obtenu avec des oranges fraîchement pressées. Stabilisé par pascalisation*. Ne contient pas de conservateur.	Jus obtenu à base de jus d'oranges fraîchement pressées. Stabilisé par pasteurisation**. Ne contient pas de conservateur.
Conseils de conservation.	A conserver entre 0°C et +4°C.	A conserver à l'abri de la lumière et de la chaleur.
pH	4	4

* : la pascalisation est un procédé de conservation consistant à augmenter la pression (à 500 MPa) pendant quelques minutes, à température constante.

** : la pasteurisation est un procédé de conservation consistant à augmenter la température (à 95°C) pendant quelques secondes, à pression constante.

Document 1b : Une propriété enzymatique des jus de fruit

Comme tous les jus de fruit fraîchement pressés, le jus d'orange contient une enzyme la méthylestérase. Celle-ci est responsable de la formation d'un trouble dans le jus. Inactive en dessous de 4 °C, celle-ci a une activité maximale entre 50°C et 70°C. Au-delà de 85°C, elle est détruite. En revanche, la pression, même très élevée, n'a aucune action sur son activité.

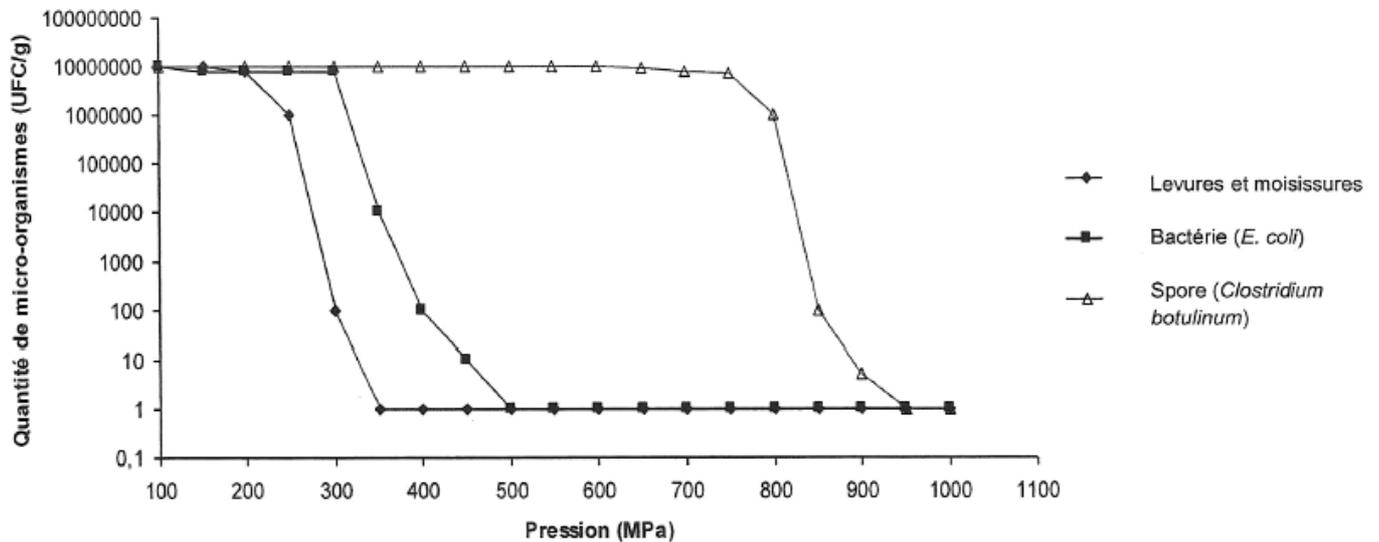
Document 2 : Effet de la pression et de la température sur certains micro organismes

Les levures et moisissures peuvent altérer les propriétés organoleptiques des aliments. Certaines souches de bactéries *E. coli* sont responsables d'infections intestinales plus ou moins graves. Les bactéries *Clostridium botulinum* sont pathogènes : elles produisent une toxine paralysante. Elles peuvent se transformer en spores, formes résistantes inactives ; celles ci germent en bactéries dès que les conditions sont favorables (température supérieure à 10°C, pH supérieur à 5).

Document 2a : Effet de la température sur les micro-organismes

Micro-organisme	Température de développement optimal	Température de destruction
Levures et moisissures	Entre 25°C et 30°C	50°C
Bactérie <i>E. coli</i>	37°C	70°C
Bactérie <i>Clostridium botulinum</i>	37°C	80°C (supérieure à 120°C pour les spores)

Document 2b : Effet de la pression sur les micro-organismes



UFC = Unité Formant Colonie

Source : www.revmedvet.com

COMMENTAIRE RÉDIGÉ :

Monsieur Dufruit, un peu méfiant vis-à-vis des produits industrialisés, ne comprend pas pourquoi les jus du même fruit peuvent afficher des conditions de conservation différentes.

Expliquez à Monsieur Dufruit qu'il peut consommer les jus de fruits X ou Y sans danger tout en justifiant les conseils de conservation de chacun.

Vous développerez votre argumentation en vous appuyant sur les documents et sur votre culture (qui intègre, entre autres, les connaissances acquises dans les différents champs disciplinaires).

(chapitre 3 « Dans la cuisine »)

II - Emulsions, dispersions et mousses.

Les émulsions

Discussion souhaitable dès qu'un terme est présenté en gras et en italique.

Introduction

Considérons deux liquides A et B non miscibles, c'est à dire qu'un mélange stable de ces liquides était un système de deux phases séparées par une interface horizontale.

Etat 1, schéma 1 :

En les agitant fortement nous avons dispersé toutes les molécules et créé une beaucoup plus grande **surface de contact** entre les deux liquides.

(la notion de surface de contact peut être illustrée en comparant par exemple : un cube de matière, une grande sphère de matière, n petites sphères de matière)

Etat 2, schéma 2 :

Cet **état 2** peut déjà être appelé **émulsion**.

Si après avoir cessé l'agitation, le mélange revient spontanément vers l'**état 1**, c'est qu'il est plus **favorable**. Qu'est-ce que cela veut dire d'un point de vue microscopique, à l'échelle de la chimie ?

Dans les liquides, les molécules sont proches les unes des autres, elles sont « liées » entre elles. (par des liaisons de différents types, moins fortes, par exemple, que les **liaisons entre atomes d'une même molécule**, elles entrent dans la catégorie « **liaisons intermoléculaires** ».)

Si les liquides A et B sont non miscibles, c'est tout simplement parce que les liaisons entre deux molécules de A ou entre deux molécules de B sont nettement plus fortes que les liaisons entre une molécule de A et une molécule de B.

Donc, comme l'état liquide autorise une certaine « mobilité », les molécules des deux liquides se disposent spontanément de manière à ce qu'il y ait le moins possible d'interactions A/B (et le maximum d'interaction A/A et B/B). C'est à dire que la **surface de contact** entre les deux liquides doit être la plus petite possible : **état 1 !**

Intervention d'un tensioactif

L'apport d'une molécule **amphiphile** de tensioactif C prend donc tout son sens : une partie de cette molécule interagit fortement avec le liquide A, une autre partie de C interagit fortement avec le liquide B. On peut donc facilement imaginer deux molécules A et B qui ne peuvent plus s'éloigner l'une de l'autre parce qu'une molécule de C permet de les relier, accrochée à A par une de ses extrémités et à B par l'autre.

Remarque : comme la molécule C n'accroche qu'une extrémité d'elle-même au liquide A, on dit qu'elle s'**adsorbe** sur ce liquide (elle reste en surface, elle ne peut pas s'y plonger entièrement)

On peut donc envisager un **état 3**, dans lequel toutes les molécules A et B sont dispersées dans tout le liquide, grâce à la présence de nombreuses molécules de C « intercalées »...

Schéma simplifié d'une molécule tensioactive (A SAVOIR) :

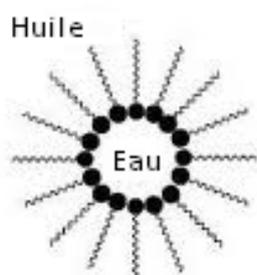


Dans la réalité, lorsque qu'un tensioactif est ajouté dans un mélange huile / eau (ou, plus généralement un mélange {liquide organique + solution aqueuse non miscibles) il se forme des structures tout à fait spécifiques : des micelles.

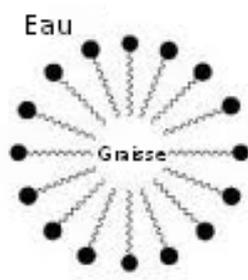
Micelles : schémas + recherches d'images.

(il y a de nombreuses représentations de micelles de bonne qualité sur internet. Il suffit de taper le mot « micelle » en recherche d'images et on peut trouver ce qui nous intéresse... On peut aussi renvoyer à la partie SVT.)

A MAITRISER :



Micelle inverse



Micelle directe

Quelques émulsions et solutions micellaires célèbres (dans le domaine alimentaire)

- le lait : solution aqueuse de sucre dans laquelle est dispersée une phase huileuse de globules de graisse, cette dispersion étant stabilisée (formation de micelles) par des molécules de protéine (de la caséine, essentiellement) **adsorbées** sur les graisses.
- La vinaigrette : le vinaigre est la phase aqueuse dominante (continue) dans laquelle des gouttes d'huiles sont dispersées. L'émulsion obtenue peut être stabilisée par la présence de grains de moutarde qui s'accrochent à la surface des gouttes d'huiles dispersées.
- La mayonnaise : On commence par mélanger un jaune d'œuf, contenant des lipides (et des protéines) dans du jus de citron ou du vinaigre. On obtient déjà une émulsion d'huile (les lipides du jaune d'œuf) dans une phase aqueuse acide. En ajoutant progressivement de l'huile, on gonfle les gouttes de lipides dispersées, on peut voir cela comme si l'on formait de très grosses micelles qui, finissent par se « coller » les une aux autres, l'aspect du mélange devient alors plus pâteux et moins liquide : la mayonnaise est prête (quand elle est réussie).

Annexes

a) Reconnaître si des liquides sont miscibles ou non en observant leur formule.

Nous allons proposer une approche très simple.

Le liquide de référence est l'eau (formule H₂O).

Si, dans la formule d'un liquide, il y a des atomes d'oxygène majoritaires ou en bout d'une chaîne courte, nous avons un liquide miscible avec l'eau

S'il y a une structure carbonée, essentiellement de la « chaîne », nous avons affaire à un liquide organique non miscible avec l'eau. (un liquide organique peut contenir des atomes d'oxygène « perdus » dans la chaîne, il restera non miscible avec l'eau)

Donc, si une molécule contient une structure oxygénée à une de ses extrémités et qu'elle est par ailleurs constituée d'une longue chaîne d'atomes de carbone... C'est un tensioactif !

b) Quelques formules de tensioactifs (dans lesquelles on reconnaît les deux parties, la partie **hydrophile** (**lipophile**), miscible avec l'eau, et la partie **lipophile** (**hydrophobe**), miscible avec les liquides organiques. On qualifie souvent ces molécules d'**amphiphiles**...

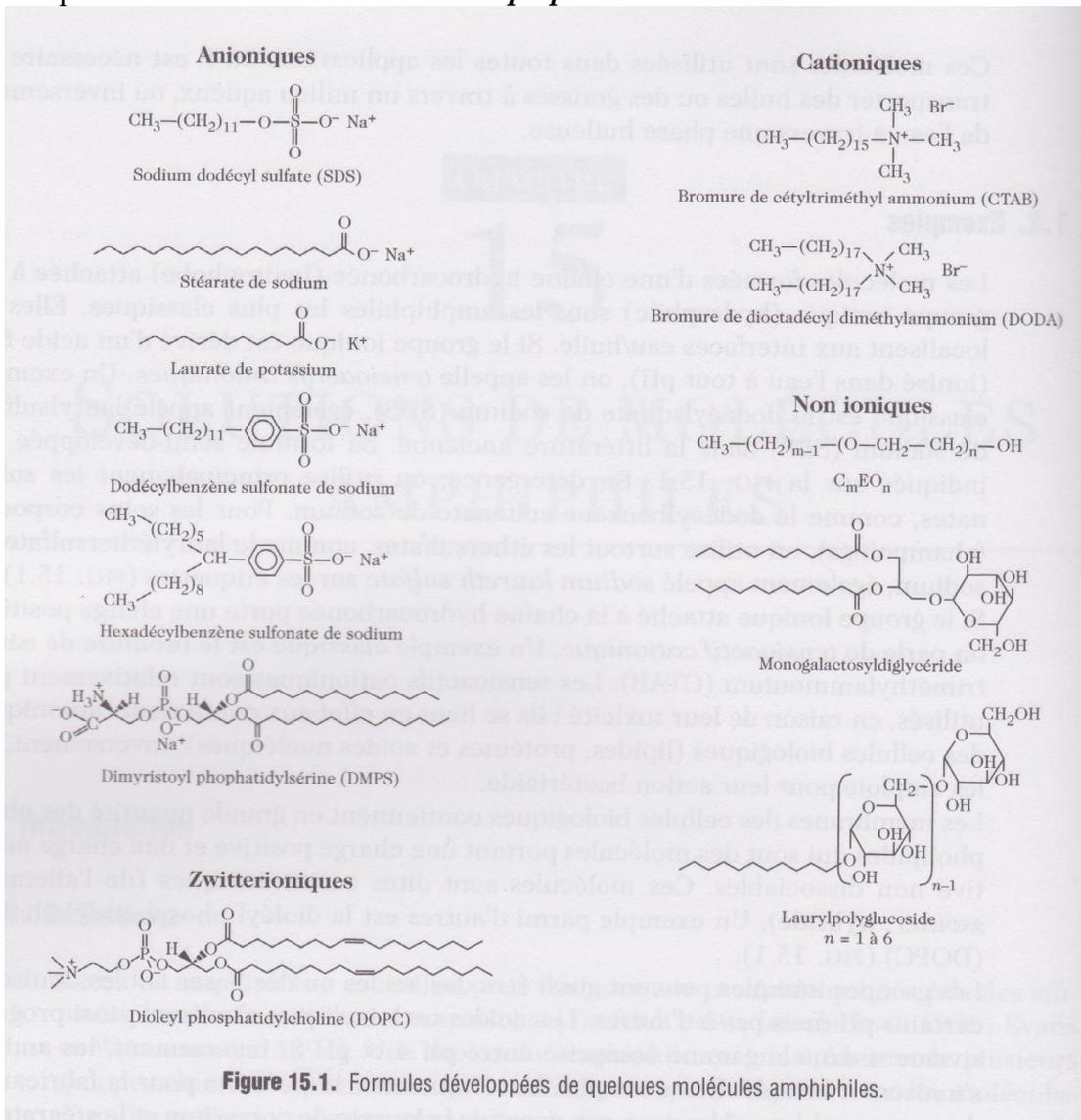


Figure 15.1. Formules développées de quelques molécules amphiphiles.

Conclusion, généralisation

Les solutions faisant intervenir des molécules **amphiphiles** sont plus généralement présentées comme des **dispersions**. Présentons-les en reprenant le vocabulaire très spécifique qui vient d'être défini.

Les **amphiphiles** dissous dans un liquide peuvent s'**adsorber** aux **interfaces** où ce liquide rencontre :

- des grains de solide, on a alors une **dispersion** (on utilise le terme le plus général) ;
- des gouttes d'un autre liquide, on stabilise alors une **émulsion** grâce à la formation de **micelles** ;
- des bulles de gaz, on obtient alors une **mousse**.

Lorsqu'une dispersion devient épaisse et coule moins, elle entre dans la catégorie des **gels**, mais c'est un autre histoire, c'est, par exemple, l'histoire du yaourt...

Application : chocolat chantilly

http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/apprendre_experimenter/questions_d_actu/2007/chocolat_chantilly

Obtention d'une émulsion eau-chocolat puis d'une mousse au chocolat...

Phase aqueuse : de l'eau ! (on peut l'aromatiser)

Tensioactif : la lécithine présente dans le chocolat

Phase huileuse : le beurre de cacao du chocolat.

a) Obtention d'une émulsion chocolat/eau

- On préchauffe l'eau (20 mL) dans un ballon ;
- On ajoute le chocolat (25g en tout par petites portions)
- On agite...

Le chocolat fond et, après avoir agité régulièrement, l'émulsion se forme, c'est à dire que, visuellement, le milieu reste homogène, même lorsque l'on cesse d'agiter (on ne voit qu'une seule phase et non, par exemple des gouttes d'un liquide en train de s'agiter au sein d'un autre liquide).

Pour chauffer le mélange :

- Un ballon monocol à col large sécurisé ;
- On agitera par le col à l'aide d'un agitateur en verre ou, mieux à l'aide d'un barreau aimanté si l'on vous a fourni un chauffe-ballon agitant.
- **Le chauffage doit être suffisant pour faire fondre le chocolat dans l'eau, mais pas trop fort pour éviter l'ébullition de l'eau (perte d'eau-changement des proportions ; risque de cramer du chocolat au fond du ballon).**

Des détails pendant la séance...

b) Obtention de la mousse

Versons le contenu du ballon, c'est à dire l'émulsion encore chaude, dans un bécher placé dans un environnement très froid depuis le début de la séance : un bain {eau+glace +sel}.

Alors il faut fouetter (oui ! avec un fouet de cuisine), c'est à dire agiter fortement en amenant un maximum de bulles d'air à se plonger dans l'émulsion. L'agitateur (le fouet) doit donc tourner rapidement afin de faire rentrer un maximum de bulles d'air dans l'émulsion. Le milieu refroidit, la température de **crystallisation** est atteinte et, cet effet se combinant à une agitation apportant efficacement des bulles d'air (qui vont rester piégées grâce aux molécules de tensioactif) : **la mousse se forme !**

Application (2) : du lait, de l'encre et un tensioactif !

Document 1 : le chocolat-Chantilly, une mousse de chocolat

Qu'est-ce qu'une mousse au chocolat ? C'est une mousse de blancs d'œuf battus en neige à laquelle on ajoute du chocolat. Ne pourrait-on pas directement introduire des bulles dans du chocolat ?

Lors de la première étape, commençons par préparer une émulsion de chocolat en plaçant dans une casserole un peu d'eau, puis des morceaux de chocolat, en remuant et en chauffant l'ensemble. La matière grasse du chocolat forme une émulsion avec l'eau. Lors de la deuxième étape, il faut réaliser une mousse. Fouettons l'émulsion... en la refroidissant afin de faire cristalliser la matière grasse, ce qui stabilisera les bulles d'air dans la masse. L'opération est simple : on pose la casserole contenant l'émulsion de chocolat sur des glaçons ou dans un bac d'eau froide, et l'on fouette.

Le chimiste qui fait l'expérience voit d'abord des bulles qui sont progressivement divisées, puis à partir d'un certain stade, la préparation s'éclaircit (au microscope, on observe un grand nombre de bulles dans la préparation), et il faut alors fouetter plus vigoureusement, en cherchant à introduire le plus d'air possible... et en s'arrêtant dès que le fouet laisse des traces dans la préparation chocolatée.

D'après: L'Actualité chimique - mai 2008 - n° 319

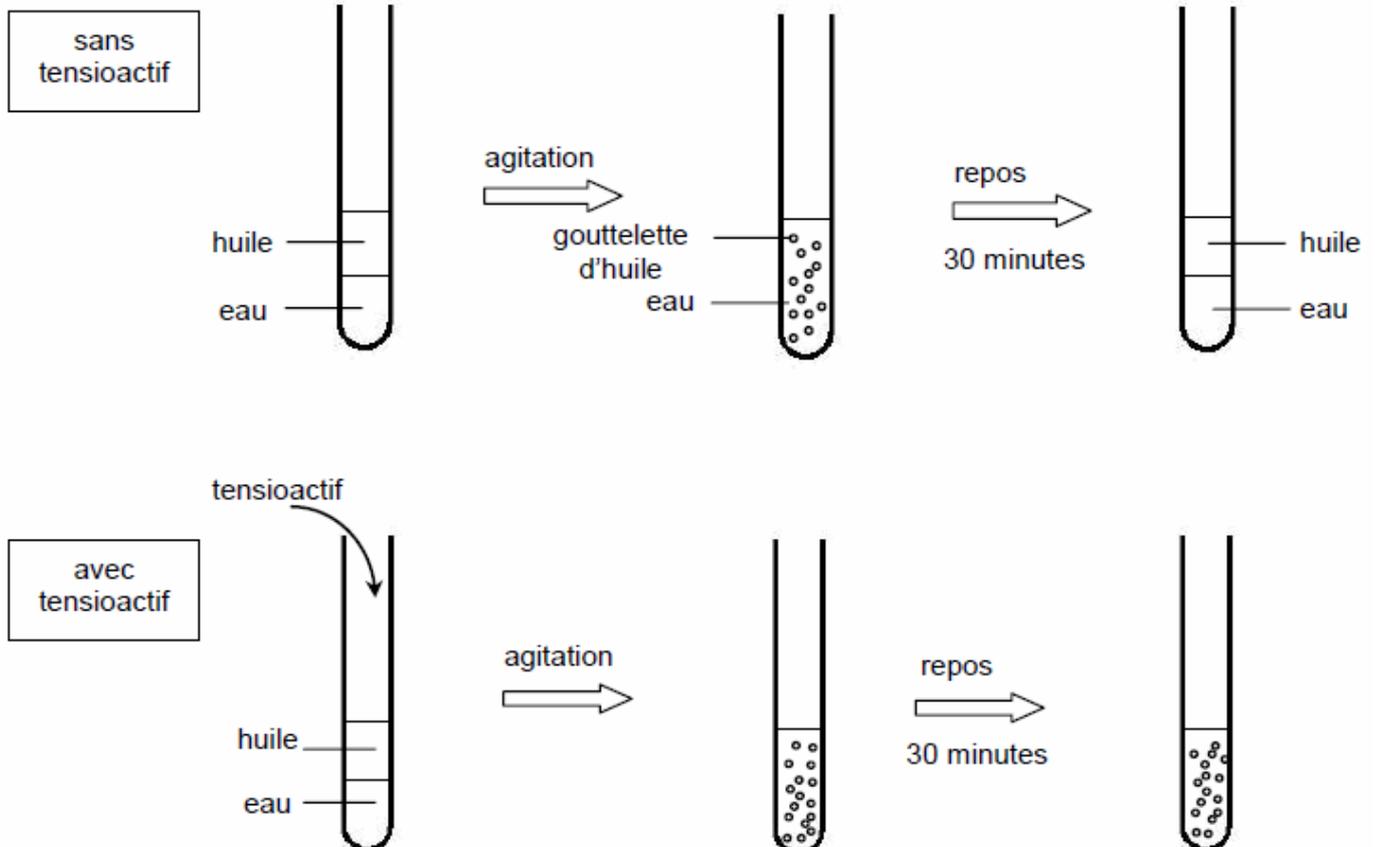
Document 2 : composition d'un chocolat noir à pâtisser

Chocolat noir supérieur. Ingrédients : sucre, pâte de cacao, beurre de cacao, émulsifiant (lécithine de tournesol), extrait naturel de vanille. Traces : fruits à coque, lait.

Cacao : 52 % minimum.

Remarque : un émulsifiant tel que la lécithine est une molécule possédant une partie hydrophile et une partie lipophile.

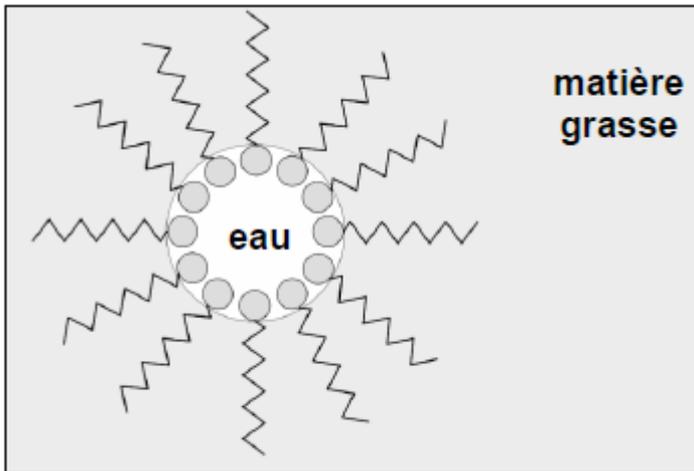
Document 3 : expériences



Document 4a : schéma d'une molécule tensioactive



Document 4b : schéma d'une micelle dans une émulsion « eau dans matière grasse »



QUESTIONS :

Question 1 :

La première étape de la recette du « chocolat Chantilly » permet de réaliser une émulsion, de type « matière grasse dans eau ».

- a- D'après le document 2, préciser l'ingrédient qui joue le rôle de la matière grasse dans cette émulsion de chocolat.
- b- Justifier la nécessité de chauffer les morceaux de chocolat.

Question 2 :

À partir des expériences schématisées dans le document 3, décrire les observations et en déduire la condition de stabilisation d'une émulsion.

Question 3 :

Donner le nom de la molécule qui, avant refroidissement, permettra de stabiliser l'émulsion de chocolat.

Question 4 :

À partir du document 4,

- a- interpréter le rôle des molécules tensioactives dans la stabilisation de l'émulsion de chocolat.
- b- réaliser un schéma représentant une micelle de type « matière grasse dans eau » et placer les mots de légende : matière grasse, eau, partie lipophile et partie hydrophile.

Question 5 :

Lors de la deuxième étape (réalisation de la mousse), « on pose la casserole contenant l'émulsion de chocolat sur des glaçons ou dans un bac d'eau froide, et l'on fouette. »

Justifier la nécessité de fouetter le mélange et indiquer le rôle du refroidissement.

Supplément : connaissance exigibles pour le chapitre 3

1) Si les aliments se dégradent, c'est parce qu'ils sont le siège d'une réaction chimique d'oxydation.

L'oxydant le plus courant est le dioxygène (formule O_2) de l'air.

Les paramètres qui favorisent la dégradation (oxydation) des aliments sont :

- La température (plus elle est élevée plus la dégradation est rapide)
- La lumière (elle peut déclencher et accélérer la dégradation)
- La présence d'eau liquide, milieu très favorable à de nombreuses transformations chimiques
- La présence d'air (qui contient l'oxydant O_2 en grande quantité)

2) La dégradation peut être freinée en jouant sur ces paramètres.

3) La dégradation peut aussi être freinée à l'aide d'additifs incorporés à l'aliment (naturellement ou artificiellement). Ces additifs sont logiquement appelés anti-oxydants. Souvent ils protègent l'aliment parce qu'ils sont oxydés à sa place.

4) Certaines structures chimiques utilisées dans l'alimentation appelées tensioactifs permettent l'obtention de dispersions : émulsions, mousses, gels, etc. Il s'agit de milieux dont l'aspect macroscopique (à notre échelle) est homogène mais qui sont en fait constitués de plusieurs parties qui n'étaient pas à l'origine faites pour rester miscibles.

La molécule ou l'ion tensioactif est constitué de deux parties : une longue chaîne carbonée dite « hydrophobe » ou « lipophile » qui se fixera plutôt sur les corps gras et une extrémité souvent chargée et oxygénée dite « hydrophile » ou « lipophobe » qui se fixera sur l'eau et les solutions aqueuses.

En présence de deux phases non miscibles (grasse et aqueuse) auxquelles on aura ajouté un tensioactif, on peut obtenir des micelles (voir cours/ TP / sujets bac) qui sont les structures microscopiques à l'origine de l'aspect homogène (macroscopique) que le mélange pourra alors avoir (émulsion, dispersion, etc.).