

Atelier scientifique MPS – L'analyse chimique – Partie 2
La physique-chimie du chocolat – Séance 2

1 Entrée en matière

L'idée de fermenter, sécher les grains de cacao, puis de les broyer, les cuire, les dégraisser et enfin remixer le cacao avec le sucre et le gras est assez étonnante pour qu'on prenne le temps de revisiter en détail l'ensemble des opérations qui aboutissent à la production de cet aliment ; On pourra développer quelques notions scientifiques à partir des observations faites au cours de ce processus.

2 Mise en évidence de quelques constituants du chocolat

2.1 Opération préalable : préparation de la solution de cacao

- Diluer un peu poudre de cacao dans de l'eau tiède et agiter ;
- La solution doit être suffisamment translucide pour l'observation de tests colorés.

2.2 Test 1 – Recherche des sucres réducteurs

- Préparer deux tubes à essai ;
- Tube témoin : verser 1 mL de solution de cacao et ajouter du réactif de Fehling jusqu'à l'obtention d'une couleur verdâtre ;
- Dans l'autre tube : verser 1 mL de solution de cacao et ajouter du réactif de Fehling jusqu'à l'obtention d'une couleur verdâtre, chauffer quelques minutes ;
- Le test au réactif de Fehling est positif s'il y a apparition d'une couleur rouge brique et apparition d'un précipité.

a. Conclusion : le cacao contient-il des sucres réducteurs ?

.....

2.3 Test 2 – Recherche du magnésium

- Préparer deux tubes à essai ;

- Tube témoin : verser dans le tube environ 1 mL de la solution d'oxalate d'ammonium ;
- Tube à tester : verser dans le tube environ 1 mL de la solution d'oxalate d'ammonium, et ajouter 1 mL de solution de cacao.
- Le test de recherche des ions magnésium est positif si on observe une coloration blanche.

b. Conclusion : le cacao contient-il des ions magnésium ?

.....

2.4 Test 3 – Recherche des protéines

- Mettre des gants et des lunettes ;
- Préparer deux tubes à essai. Tube témoin : verser du réactif du Biuret (1V de sulfate de cuivre de concentration $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et 2V d'hydroxyde de sodium de concentration $7 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)
- Dans l'autre tube : verser du réactif du Biuret, ajouter 1 mL de solution de cacao.
- Le test au réactif du Biuret est positif s'il y a apparition d'une couleur violette.

c. Conclusion : le cacao contient-il des protéines ?

.....

3 Le chocolat est-il bon pour la santé ?

3.1 La composition moyenne d'un chocolat noir

Données : composition moyenne du chocolat noir (pour 100 g)

Analyse	Minéraux	Vitamines	Alcaloïdes
Protéines : 6 g Lipides : 27 g Glucides : 4 g Sucre (ajouté) : 50 g Fibres : 9 g Tanins : 3,7 g Eau : 1 g	Potassium : 400 mg Phosphore : 300 mg Magnésium : 206 mg Calcium : 3 mg Fer : 17 mg Sodium : 18 mg	B1 : 0,03 mg B2 : 0,15 mg B3 : 0,8 mg E : 1,5 mg	Théobromine : 350 mg Caféine : 70 mg Sérotonine : 0,8 mg Phényléthylamine : 1,2 mg Tryptamine : 1,2 mg Tyramine : 1,2 mg

Indications des effets :

- Tanins : les tanins font partie des polyphénols, des molécules qui ont un pouvoir antioxydant puissant ; en particulier, le chocolat contient des flavanols (épicatechine, catéchine, procyanidines...). Ce sont ces molécules qui luttent contre les radicaux libres susceptibles de léser les tissus et d'induire des affections cardio-vasculaires ;
- Vitamine B1 : production d'énergie dans l'organisme, fonctionnement du système nerveux ;
- Vitamine B2 : libération d'énergie dans l'organisme, maintien d'une peau et d'une vision normales ;
- Vitamine B3 : dégradation des glucides en glucose, régulation du stress et amélioration de la circulation sanguine ;
- Théobromine : effet positif sur l'humeur ;
- Caféine : stimulant psychotrope et léger diurétique ;
- Sérotonine : neurotransmetteur impliqué dans la thermorégulation, les comportements alimentaires et sexuels, le sommeil, la douleur, l'anxiété, etc. ;
- Phényléthylamine : neurotransmetteur psychotrope ;
- Tryptamine : psychotrope hallucinogène ;
- Tyramine : augmentation de la tension artérielle.

Cette « liste à la Prévert » ne doit pas occulter le fait que la digestion dégrade très certainement bon nombre de ces molécules !

3.2 Le chocolat, aliment de l'effort ?

d. Contient-il des protides (ou protéines) ? Des lipides ? Des glucides ? Des vitamines ?

.....
.....

Un chocolat noir apporte 5,25 calories par gramme, et un chocolat au lait, 5,35 calories par gramme.

e. Le chocolat noir est-il très calorique ?

.....

3.3 Le chocolat, des bienfaits cardiovasculaires ?

Les antioxydants et les polyphénols aideraient à lutter contre un stress oxydatif pouvant endommager ou détruire les cellules et préviendraient certaines maladies, comme les maladies coronariennes (dites maladies cardiovasculaires).

f. Contient-il des antioxydants ? Des polyphénols ?

.....

3.4 Le chocolat, bon pour le système nerveux ?

g. Contient-il du magnésium ? De la théobromine ? Des phényléthylamine ?

.....

3.5 Le chocolat, bon pour tous les excès ?

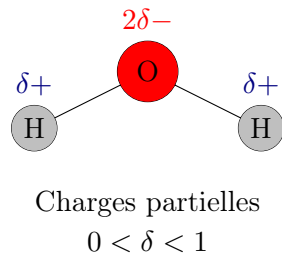
h. Pourquoi est-il préférable de manger du chocolat noir que du chocolat au lait ?

.....
.....

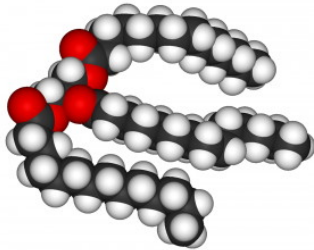
4 Les molécules tensio-actives

4.1 Des molécules de natures différentes

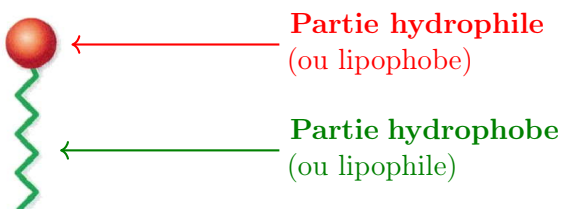
- La molécule d'eau est une molécule elle présente des charges électriques *partielles*. En effet, l'oxygène attire les électrons plus fortement que l'hydrogène.



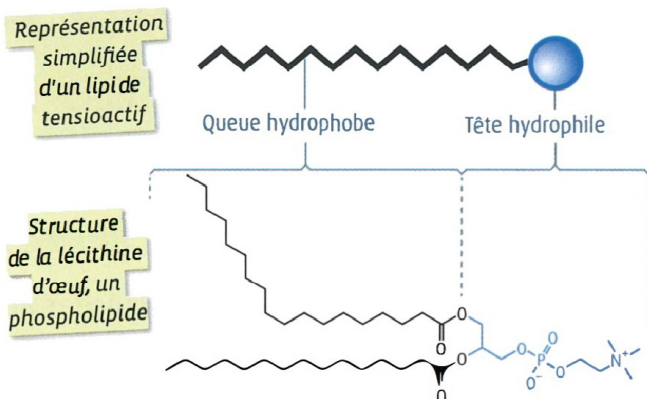
- Les triglycérides constituent la majeure partie des alimentaires et de l'organisme (stockés dans le tissu adipeux). Les triglycérides sont des triesters d'acides gras, c'est-à-dire qu'ils sont formés de trois fonctions esters accrochées ensemble, avec trois chaînes carbonées « longues ». Exemple du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



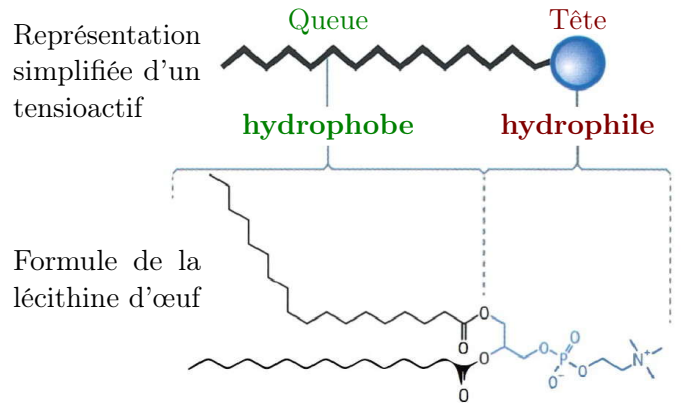
- Un composé est formé d'une partie hydrophile (ou lipophile) et d'une partie hydrophobe (ou lipophile).



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 , 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 Un exemple d'un composé tensioactif naturel est la lécithine contenue dans l'œuf.



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

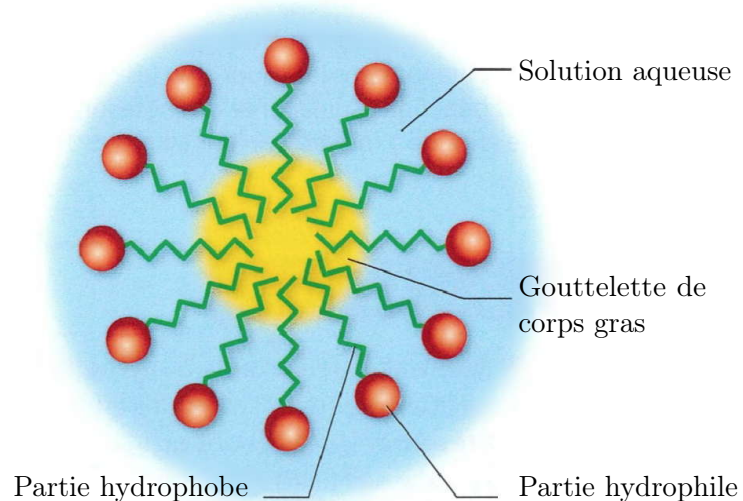
4.2 Le rôle des tensioactifs

Les tensioactifs sont des molécules « entremetteuses » présentant une 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

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



5 De la fève au beurre de cacao

5.1 Le traitement des fèves

Le fruit du cacaotier est une fève, qui subit les traitements suivants afin d'obtenir un tourteau :

1. Fermentation des fèves fraîches ;
2. Torréfaction : les fèves sont rôties à plus de 100 °C ;
3. Concassage : les fèves sont concassées pour que les graines se séparent des coques ;
4. Broyage : les graines, débarrassées de leur germe, sont broyées pour obtenir une pâte appelée « pure pâte de cacao » ;
5. Extraction : la pâte passe sous des presses hydrauliques, ce qui permet de séparer :
 - le beurre de cacao ;
 - le tourteau, nom de la pâte restante après l'extraction, qui sert de base à la préparation du chocolat. Les professionnels l'achètent sous le nom « masse » ou « pâte » de cacao.

i . Pour chacune des étapes listées, indiquer s'il s'agit d'une modification physique (changement d'état) ou chimique (réaction chimique).

.....
.....
.....

5.2 Le beurre de cacao

Il s'agit d'un solide de couleur jaune clair, cassant et non collant à 25 °C (température des doigts), qui fond dans la bouche mais pas dans la main.

Le beurre de cacao est utilisé dans la fabrication de nombreux produits parapharmaceutiques ou cosmétiques (huiles solaires ou les baumes à lèvres). Il est à la base de la composition des suppositoires.

j . Peut-on remplacer le beurre de cacao par un autre produit courant dans le chocolat ?

.....
.....

5.3 Différentes qualités de chocolat

- Le chocolat noir : il contient plus ou moins 55 % de cacao, mais peut en contenir jusqu'à 70 % !
- Le chocolat au lait : il contient au minimum 25 % de cacao et de la poudre de lait ;
- Le chocolat blanc : il ne contient pas de cacao et est préparé avec du beurre de cacao, du sucre, de la poudre de lait et de la lécithine.

k. Que contient le chocolat, au minimum ? Le chocolat blanc peut-il être considéré comme du chocolat ?

.....
.....

5.4 Qu'est-ce que faire du chocolat ?

C'est réaliser un « mélange », solide au toucher, de gras et de sucre, incorporant des matières végétales.

- Le cacao, sans sucre ni gras, constitue normalement la phase solide principale ;
- Le gras est sous une phase partiellement liquide (ceci dépend aussi de la température). Cette phase liquide est dispersée dans le réseau solide de cacao ;
- Le sucre est divisé en petites particules, donc lui aussi sous la forme d'une phase solide.

l . Qu'est-ce qu'une phase en physique ? Combien de phases contient un chocolat ?

.....
.....

5.5 Les matières premières du chocolat

Les matières premières de la chocolaterie sont :

- Le tourteau de cacao, sous forme de « pâte de cacao », ou sous forme d'une poudre de cacao dégraissée non sucrée ;
- Le beurre de cacao, sous forme de pastilles ou « callets » ;
- Le sucre en poudre ;
- Éventuellement, la lécithine de soja et le lait en poudre.

m. Quel est le rôle de la lécithine de soja ?

.....
.....

n. Quel est l'apport énergétique du sucre ? Des corps gras ? Du lait éventuellement rajouté ?

.....
.....
.....

5.6 Les opérations dans une chocolaterie

1. Pétrissage : homogénéiser le mélange afin qu'il soit bien plastique ;
2. Conchage à sec : agiter la pâte (peu grasse) afin de provoquer la friction entre particules solides de cacao et de sucres ; la pâte chauffe, une petite partie d'eau s'évapore ;

3. Conchage liquide : après rajout de beurre de cacao ou de la lécithine agiter afin de séparer les particules agglomérées. Le conchage dure de 12 à 72 heures dans des cuves équipées de systèmes perfectionnés thermostatés équipés d'un dispositif d'agitation et de battage ;
4. Le Tempérage : avant d'être admise dans un moule, la pâte doit être « tempérée » c'est-à-dire refroidie puis à nouveau réchauffée avant un refroidissement final. Le tempérage donne au chocolat (une fois qu'il a été refroidi) un aspect brillant et lisse, une dureté et un fondant caractéristiques, et une plus longue durée de conservation.

o. Pour chacune des étapes listées, indiquer s'il s'agit d'une modification physique (changement d'état) ou chimique (réaction chimique).

.....
.....
.....