

Résolution de problème 11 Préparation d'une colle à la caséine

La colle de la caséine a été découverte en 1897, au moment du développement de l'industrie du contre-plaqué par le chimiste allemand Spitteler. Au début du XX^{ème} siècle, elle est massivement utilisée dans l'industrie aéronautique naissante.

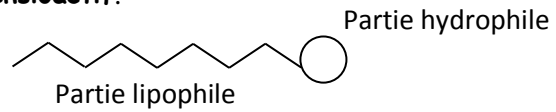
Comment fabriquer une colle à partir du lait ?

Document 1 : A propos du lait

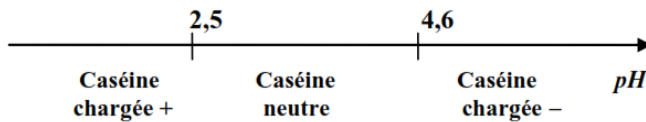
Le lait est un mélange complexe et instable d'eau (87%) et de nutriments (l'extrait sec : 13%) constitués de lipides, de protéines, de glucides et de sel. Les protéines les plus courantes dans le lait sont les **caséines**. Ce sont des macromolécules composées d'une longue chaîne carbonée et azotée **lipophile** et d'un bout de chaîne **hydrophile**.

On dit que cette molécule est **amphiphile** ou que c'est un **tensioactif**.

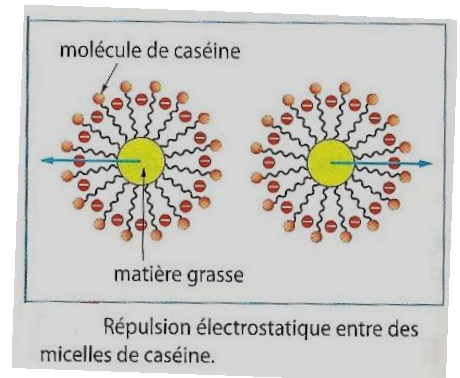
Représentation schématique de la caséine :



Comme l'indique le diagramme ci-contre, la charge de la caséine varie selon le pH du milieu.



Dans le lait bien conservé, le pH est égal à 6,5 : les matières grasses s'entourent de molécules de caséine, dont la partie lipophile baigne dans la matière grasse et la partie hydrophile baigne dans l'eau. Il se forme ainsi des micelles constituées de gouttelettes de matière grasse entourées de molécules de caséine. Le lait forme ainsi une émulsion. La couche externe des micelles étant négative, ces dernières se repoussent entre elles, ce qui empêche la précipitation des matières grasses.



En faisant varier le pH du lait, on peut donc diminuer la répulsion électrostatique entre micelles, et on peut ainsi provoquer leur précipitation sous forme d'un coagulum de matière grasse et de caséine : le caillé.

Déarrassé des matières grasses qu'il contient, le caillé est l'ingrédient principal d'une colle : la colle à la caséine.

Les protéines de lait sont constituées à 80 % de caséine. Le lait a une densité égale à 1,034

Document 2 : Filtration sur Büchner

Dans la filtration par gravité, le liquide s'écoule sous la seule action de son poids à travers un papier-filtre placé sur un entonnoir. La filtration sous pression réduite est plus performante.

a. Dispositif expérimental



- | | |
|--------------------|---|
| ① robinet | ⑤ fiole à vide où le filtrat est recueilli |
| ② trompe à eau | ⑥ joint |
| ③ tuyau de raccord | ⑦ entonnoir Büchner muni d'un papier-filtre |
| ④ fiole de garde | |

b. Mise en œuvre

- Placer un papier-filtre qui doit recouvrir les trous du Büchner. Fixer la fiole à vide à l'aide d'une pince.
- Ouvrir à fond le robinet de la trompe à eau.
- Verser le mélange à séparer sur le Büchner. Afin d'améliorer le séchage du solide, on peut l'écraser (avec un bouchon retourné par exemple).
- À la fin de la filtration, débrancher le tuyau d'arrivée d'eau avant de fermer le robinet (sinon, il peut se produire une aspiration d'eau dans le montage).

Document 3 : Protocole d'extraction de la caséine

- Mesurer le pH du lait avant la manipulation $\Rightarrow \text{pH}_0 = \dots\dots$
- Chauffer **100 mL** de lait à **40-50° C**, puis introduire très doucement **20 mL** d'acide éthanoïque (vinaigre à 8°) mesuré à la l'éprouvette graduée et en agitant avec une baguette en verre, jusqu'à ce que le lait caille
- Mesurer le nouveau pH une fois le lait caillé : $\Rightarrow \text{pH}_1 = \dots\dots$
- Essorer le caillé en le passant sur le filtre (on peut utiliser un filtre Büchner mais il peut s'encrasser vite).
- Laver le solide obtenu avec 10 mL d'acétone.
- Filtrer à nouveau, essorer en appuyant à l'aide de la spatule et sécher la caséine à l'aide d'un papier absorbant.
- Placer pendant 30 minutes à l'étuve. A 100°C (étape facultative)
- Mesurer la masse de caséine ainsi obtenue : $\Rightarrow m_{\text{caséine}} = \dots\dots$

Document 4 : Préparation de la colle à la caséine

- Dans un pot en verre, prélever 5 g de pâte à la caséine.
- Y ajouter 1,5 g d'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$ et 0,7 g de carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$
- Agiter quelques mL d'eau distillée, **si nécessaire**, jusqu'à obtention d'une pâte homogène.

La colle obtenue peut être utilisée pour coller divers objets. Réaliser un essai de collage avec du papier, du carton, du bois...

Document 5 : Quelques caractéristiques physiques.

Nom	Données physico-chimiques
Acide éthanoïque	Soluble dans l'eau, l'éthanol, l'acétone.
Acétone	Très soluble dans l'eau, bon solvant de matières grasses.
Caséine de lait	Insoluble en solution aqueuse acide et dans l'acétone, soluble en solution aqueuse basique.

Eau	89,2 g
Lactose	4,7 g
Protéines	3,2 g
Lipides	1,6 g
Calcium	0,1 g
Phosphore	0,1 g
Autre	1,1 g
Composition de 100 g de lait.	

Travail demandé.

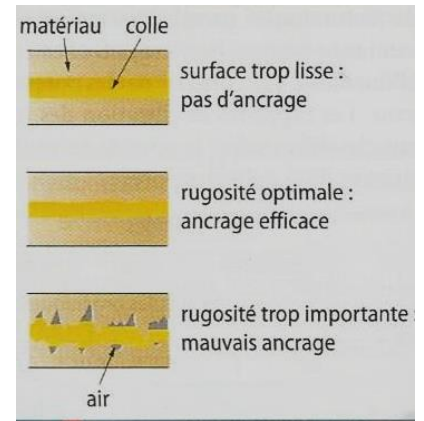
- 1) Expliquer les termes « hydrophile » et « lipophile ».
- 2) Quel rôle joue la caséine dans la stabilité du lait ?
- 3) Justifier l'ajout de vinaigre pour faire cailler le lait.
- 4) Quel est l'intérêt de chauffer le lait ?
- 5) Quelle est la composition du caillé après l'ajout de vinaigre ?
- 6) Justifier l'ajout d'acétone.
- 7) Les protéines de lait sont constituées à 80% en masse de caséine. Le lait a une densité de 1,034. Déterminer la masse de caséine contenue dans 100mL de lait. La comparer à la masse obtenue expérimentalement et conclure.
- 8) Expliquer pourquoi un mélange de fromage et de chaux (constituée d'hydroxyde de calcium) était utilisé au moyen-âge comme colle à bois ainsi que comme ciment.

Comment réaliser un bon collage ?

Document 1 : Comment la colle agit-elle ?

Une colle, ou un adhésif, est une substance liquide ou gélatineuse servant à lier des matériaux entre eux. Plusieurs mécanismes peuvent expliquer le phénomène d'adhésion

- l'adhésion chimique : il peut se former à l'interface colle/matériaux, des liaisons covalentes ou de type ionique lors de réactions chimiques.
- l'adhésion physique : l'adhésif crée des liaisons électrostatiques intermoléculaires de type interaction de Van der Waals avec le matériau.



Document 2 : Pourquoi la colle colle-t-elle ?

Le pouvoir collant de la colle repose sur un grand principe : l'interaction entre les molécules des matériaux que l'on veut assembler et plus précisément les liaisons entre ces molécules. Le collage consiste donc à créer des liaisons entre celles-ci, qui malgré leur proximité apparente à l'œil nu, restent éloignées à l'échelle moléculaire. Ces liaisons vont être créées par la colle. L'assemblage des deux matériaux repose sur plusieurs étapes.

Premièrement, le mouillage, c'est à dire l'étalage de la colle sur la surface à laquelle on veut adhérer. Il est en effet capital que la colle soit bien étalée sur la surface que l'on souhaite coller car du mouillage dépend la suite du collage. En effet, lors de l'application de la colle, celle-ci cherche à rentrer par capillarité à l'intérieur de manière à augmenter la surface de contact entre les deux matériaux. Si le mouillage n'est pas bon, des bulles d'air se retrouvent emprisonnées derrière la colle ce qui fragilisera les liaisons après le séchage car celles-ci risquent de séparer la colle des matériaux que l'on veut assembler. L'efficacité finale du collage dépendra donc de l'étalage du fluide.

Ensuite, il y a l'étape de l'assemblage, étape tout aussi importante que la précédente car il s'agit du moment où les liaisons moléculaires vont se mettre en place. L'adhésion des colles aux matériaux peut faire intervenir des liaisons covalentes, des liaisons ioniques, des liaisons hydrogène et des interactions de Van Der Waals.

Enfin, l'étape finale de tout bon collage : le séchage. Étape primordiale car sous forme de liquide, la colle n'adhère pas car elle peut être séparée du matériau à coller. Cependant une fois qu'elle a durci et est devenue solide les liaisons qu'elle a formées sont scellées et sont bien plus difficiles à briser. Très souvent, le temps de séchage correspond au temps d'évaporation du solvant qui compose la colle et qui doit disparaître afin que celle-ci durcisse.

9) Qu'est-ce qu'une liaison covalente ? une liaison ionique ? de van der Waals ?

10) Quelles sont les liaisons les moins « solides » ? Peut-on en conclure que l'adhésion physique a moins d'importance dans le collage que dans l'adhésion chimique ?