***International Baccalaureate Diploma Programme***

***Internal assessment Chimie Standard Level***

*Thème de recherche : Dénaturation des protéines*

Pierre-Ange Delbary Rouillé

Nombre de mots : 2899

[Introduction : 4](#_Toc192719330)

[Figure 1 : tableau des valeurs massiques protéiques des différents laits 6](#_Toc192719331)

[Méthodologie : 7](#_Toc192719332)

[Matériel 7](#_Toc192719333)

[Figure 2 : spectre d’absorption du réactif de Biuret 9](#_Toc192719334)

[Protocole expérimental 10](#_Toc192719335)

[1. Préparation et établissement de la courbe d’étalonnage 10](#_Toc192719336)

[Figure 3 : courbe d’étalonnage de la concentration en urée 11](#_Toc192719337)

[2. Préparation des échantillons de lait 11](#_Toc192719338)

[3. Mesure de la concentration protéique 12](#_Toc192719339)

[4. Dénaturation des protéines 12](#_Toc192719340)

[5. Mesure de l'absorbance après dénaturation 13](#_Toc192719341)

[6. Analyse des résultats 13](#_Toc192719342)

[Conditions expérimentales 13](#_Toc192719343)

[Tableau 1 : **Absorbance des échantillons de lait avant dénaturation** 15](#_Toc192719344)

[Première mesure : 15](#_Toc192719345)

[Deuxième mesure : 16](#_Toc192719346)

[Troisième mesure : 16](#_Toc192719347)

[Tableau 2 : **Absorbance des échantillons de lait après dénaturation par l'urée à une concentration de 1,2g/L** 17](#_Toc192719348)

[Première mesure : 17](#_Toc192719349)

[Deuxième mesure : 18](#_Toc192719350)

[Troisième mesure : 18](#_Toc192719351)

[Valeur moyenne et écart-type sur les trois mesures de concentration en urée 1,2g/L : 18](#_Toc192719352)

[Tableau 3 : **Absorbance des échantillons de lait après dénaturation par l'urée à une concentration de 2,4g/L** 20](#_Toc192719353)

[Première mesure : 20](#_Toc192719354)

[Deuxième mesure : 20](#_Toc192719355)

[Troisième mesure : 20](#_Toc192719356)

[Valeur moyenne et écart-type sur les trois mesures de concentration en urée 2,4g/L : 21](#_Toc192719357)

[Tableau 4 : **Absorbance des échantillons de lait après dénaturation par l'urée à une concentration de 3,6g/L** 21](#_Toc192719358)

[Première mesure : 21](#_Toc192719359)

[Deuxième mesure : 22](#_Toc192719360)

[Troisième mesure : 22](#_Toc192719361)

[Valeur moyenne et écart-type sur les trois mesures de concentration en urée 3,6g/L : 23](#_Toc192719362)

[Analyse des résultats : 24](#_Toc192719363)

[Observations 24](#_Toc192719364)

[Discussion – Étude des résultats : 26](#_Toc192719365)

[Figure 4 : illustration du déploiement d’une protéine 27](#_Toc192719366)

[Conclusion : 29](#_Toc192719367)

[Annexe 1 : Masse de protéines par type de bouteille de lait 31](#_Toc192719368)

[Lait entier : 31](#_Toc192719369)

[Lait frais entier : 32](#_Toc192719370)

[Lait d’Amande : 33](#_Toc192719371)

[Lait écrémé : 34](#_Toc192719372)

[Bibliographie : 35](#_Toc192719373)

# Introduction :

Depuis toujours, je suis passionné par la manière dont les molécules interagissent pour influencer les processus biologiques. La dénaturation des protéines m'intrigue particulièrement, car elle peut révéler beaucoup sur leur stabilité et leur fonction. En tant qu'élève de l'International Baccalaureate, j'ai toujours cherché à comprendre les mécanismes fondamentaux qui régissent notre monde.

Je suis également très touché et sensible face aux personnes atteintes d’intolérance au lactose car cela les prive d’une certaine part de plaisirs, notamment dans ce qui va concerner les pâtisseries ; et je parle en connaissance des termes, car ayant moi-même des proches intolérants au lactose, je me rends compte qu’il s’agit d’un réel handicap les empêchant de manger ou boire ce qu’ils souhaitent.

En comprenant mieux comment l'urée peut modifier la structure des protéines du lait, nous pourrions potentiellement développer des produits laitiers plus digestibles. Cette découverte pourrait non seulement améliorer la qualité de vie de nombreuses personnes, mais aussi ouvrir de nouvelles perspectives dans le domaine de la nutrition et de l'industrie alimentaire.

Mais avant toute chose, que sont les protéines ? Les protéines sont des macromolécules essentielles pour notre corps. Le lait, en particulier, un aliment du quotidien, est une source riche en protéines notamment pour la caséine et les protéines du lactosérum qui jouent un rôle crucial pour la santé du corps humain. Il est nécessaire de comprendre ce que sont réellement ces molécules, leur stabilité, leur quantité et autre pour des applications dans l’industrie ou dans la recherche, deux domaines intimement liés.

Nous étudierons ici les protéines du lait dans une généralité, car il en existe un trop grand nombre, parmi lesquelles figurent la caséine, ou la lactalbumine. Cependant, contrairement à ce que l’on pourrait penser, ce ne sont pas les protéines qui provoquent une mauvaise digestion du lait, mais une carence en lactase, l’enzyme responsable de la bonne digestion du lactose[[1]](#footnote-1).

Cette étude a donc deux objectifs principaux :

1. Analyse quantitative des protéines du lait : utiliser la spectrophotométrie pour déterminer la concentration des protéines dans des échantillons de lait que l’on peut trouver en supermarché.

1. Étude de la dénaturation des protéines : examiner l'effet de différentes concentrations massiques d'urée sur la dénaturation des protéines du lait et conclure quant à l’impact que cela peut avoir dans sa digestion.

Ces objectifs se réunissent autour de la problématique suivante : Quelle est l’efficacité de l’urée dans la dénaturation des protéines du lait et comment cet agent chimique peut-il être utilisé pour améliorer la digestibilité des protéines du lait ?

Ainsi, nous formulerons l’hypothèse qu’une dénaturation plus importante des protéines du lait aura lieu si la concentration massique d’urée augmente. Le spectrophotomètre permettant le dosage des protéines par la méthode de biuret, cela se traduirait donc par un changement de la concentration protéique.

Nous pouvons également formuler une seconde hypothèse : la concentration molaire protéique des laits est la même en fonction de la dénaturation étant donné que la masse de protéine est la même pour tous les laits (*cf*: [Annexe 1](#Annexe1)).

### Figure 1 : tableau des valeurs massiques protéiques des différents laits

|  |  |
| --- | --- |
| Type de lait | Masse de protéines / 100 ml |
| Lait entier | 3,3 g |
| Lait frais | 3,3 g |
| Lait d’Amande | < 0,5 g |
| Lait écrémé | 3,3 g |



Cette étude peut nous fournir des informations sur la stabilité des protéines du lait lorsqu’elles sont soumises à différentes conditions chimiques, ce qui a nécessairement des conséquences sur les produits laitiers, notamment en ce qui concerne la conservation ou bien le traitement de ceux-ci. Il apparaît également évident que la méthode utilisée figure parmi les meilleures dans le cas de notre étude et que les résultats pourraient s’avérer utiles pour la recherche et l’industrie.

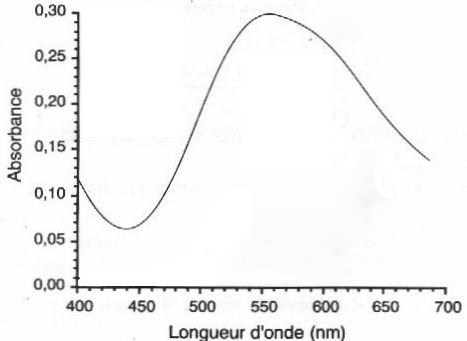
# Méthodologie :

## Matériel

Pour réaliser cette expérience, nous avons utilisé le matériel suivant :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Matériel/solutions utilisées** | **Utilité dans cette expérience** | **Prérequis d’utilisation** |
| Spectrophotomètre | Mesurer l'absorbance des solutions  Calculer les concentrations de solutions grâce à cette même absorbance | Calibration au début de l’expérience à l’aide d’un blanc et d’une longueur d’onde précise |
| Bécher | Contient les solutions | Propreté des béchers |
| Pipettes et propipettes | Permet de prélever les solutions | Faire attention à ce qu’elles soient propre un maximum |
| Cuvettes pour spectrophotomètres | Contiennent les solutions avant analyse | Il faut qu’elles soient propres, sans tâches de graisse afin de ne pas influer sur les mesures du spectrophotomètre |
| Agitateur magnétique | Permet l’homogénéité au sein de la solution analysée | Doit être branché sur secteur ; ne pas trop agiter la solution |
| Balance de précision | Mesurer la masse d’urée nécessaire | Doit être branché sur secteur |
| Réactif de Biuret | Permet la coloration de la solution à analyser  Forme une couleur dont les raies peuvent être analysées à 540nm (voir annexe) |  |
| Différents types de lait UHT | Constitue le cœur même de l’expérience |  |
| Tampon phosphate | Utilisé lors de l’étude des protéines ; n’interfère pas avec elles de manière directe aucun effet sur les résultats expérimentaux  Maintien de la solution à un pH de 7,4, mimant ainsi les conditions biologiques de dénaturation des protéines |  |
| Urée | Agent dénaturant de l’expérience |  |

### Figure 2 : spectre d’absorption du réactif de Biuret



Il faut avant de continuer procéder à un listage des variables indépendantes qui pourraient influencer l’étude. L’expérience peut être influencée de multiples façons : par exemple, en modifiant la concentration en urée, en modifiant le volume de lait, ou bien en modifiant la température extérieure. Ces trois variables indépendantes permettent de contrôler le bon déroulement de l’étude.

## Protocole expérimental

### Préparation et établissement de la courbe d’étalonnage

Afin de pouvoir analyser correctement les données que nous produirons, nous devons utiliser une solution de tampon phosphate dans laquelle nous verserons de l’ovalbumine (une protéine) qui nous permettra de faire un dosage par étalonnage. Ainsi, pour construire la courbe, nous avons préparé une solution mère de tampon phosphate et d’ovalbumine à une concentration de 1g/L, puis nous avons dilué cette solution pour arriver à des concentrations de 0,25g/L et 0,5g/L.

Une fois que ceci est fait, il nous faut à présent construire notre courbe. Pour ce faire, nous utiliserons un blanc de tampon phosphate et nos solutions dont nous connaissons les concentrations massiques mélangées à du réactif de Biuret dans les proportions de 2 pour 3. À ce moment précis, tout se déroulait pour le mieux, mais dans la précipitation, la concentration massique n’a pas été convertie en concentration molaire, ce qui est nécessaire pour construire la courbe. Afin de convertir, il nous faut la masse molaire de l’ovalbumine qui est de 42,881Da, soit 42 881g/mol[[2]](#footnote-2) puis par application du calcul suivant :

Nous sommes arrivés à la courbe ci-dessous :

### Figure 3 : courbe d’étalonnage de la concentration en urée

### Préparation des échantillons de lait

Nous avons préparé des échantillons de différents types de lait UHT (entier, frais, écrémé, amande) et du lait entier frais. Chaque type de lait a été mélangé avec l’agitateur magnétique afin d’assurer une homogénéité avant de prélever des échantillons pour les analyses.

Chaque échantillon a été dilué dans une solution de tampon phosphate pour obtenir une concentration uniforme de protéines. Les dilutions ont été réalisées en série pour garantir la précision des mesures.

### Mesure de la concentration protéique

Nous utilisons ici le réactif de Biuret afin de pouvoir quantifier les protéines grâce au spectrophotomètre. Chaque échantillon de lait mère, sans urée, a été mélangé à du réactif de biuret dans des proportions de 2 pour 3, c’est-à-dire que l’on mélange 2mL de solution pour 3mL de réactif de Biuret.[[3]](#footnote-3)

Lorsque chaque échantillon fut prêt, ils ont été analysés au spectrophotomètre à une longueur d’onde de 540 nm, qui est la plus idéale d’après le spectre d’absorption du réactif de Biuret. Cette méthode consiste à doser la quantité de liaison peptidique, une liaison covalente entre le groupe ami d’un acide aminé et le groupe carboxyle d’un autre. Cette liaison va ensuite former un complexe avec les ions cuivre contenus dans la solution de réactif de Biuret et pourra être analysée par spectrophotométrie à une longueur d’onde comprise entre 540 et 560nm (*cf.* [Matériel](#_Matériel))

### Dénaturation des protéines

Nous devons ensuite préparer des solutions de lait à différentes concentrations massiques d’urée, soit 1,2g/L, 2,4g/L et enfin 3,6 g/L. Afin que l’urée soit totalement dissoute dans le lait, nous devons utiliser l’agitateur magnétique. Il faut réitérer ce processus pour chaque lait, ce qui nous donnera in fine 3 mesures d’absorbance par lait.

Lorsque l’urée est bien mélangée au lait, il nous faut utiliser le réactif de biuret et les proportions énoncées plutôt pour obtenir une solution analysable au spectrophotomètre.

### Mesure de l'absorbance après dénaturation

Nous devons ensuite mesurer l’absorbance de toutes les solutions préparées précédemment afin de connaître la concentration protéique des solutions, tant celles dénaturées que celles initiales.

### Analyse des résultats

Grâce à la courbe d’étalonnage établie plus tôt, nous pouvons établir graphiquement quelle est la concentration protéique des solutions. Puis, nous analyserons ensuite toutes ces données en les comparant les unes aux autres afin de pouvoir répondre à notre question de recherche.

## Conditions expérimentales

Les échantillons ont été maintenus de manière à une température ambiante de 25°C pendant les mesures pour éviter des incohérences trop importantes. Ils ont également été incubés pendant une durée de 30 minutes avec l’agent dénaturant et le réactif de Biuret pour que la dénaturation ait lieu, mais sans atteindre des trop grosses proportions[[4]](#footnote-4). Afin de garantir la fiabilité des mesures, elles ont toutes été réalisées en triplicata.

Grâce à cette méthodologie détaillée, nous avons pu quantifier les protéines du lait à l’état naturel, puis lors des dénaturations. Cette approche quelque peu rigoureuse nous a permis de tirer par la suite des conclusions étayées sur l’effet de l’urée (l’agent dénaturant) sur les protéines du lait.

Données brutes :

Les données brutes collectées lors de ces expériences, qui représentent l’ensemble des données de cette expérience, sont présentées dans les tableaux ci-dessous. Ces données sont répertoriées en quatre groupements de tableaux différents et présentent les mesures d'absorbance obtenues par spectrophotométrie pour les différents types de lait, avant et après dénaturation par l'urée à une longueur d’onde de 540 nm.

Pour exploiter ces données, nous avons calculé la concentration protéique de chaque échantillon en utilisant la courbe d'étalonnage (*cf.* [Figure 3 : courbe d’étalonnage de la concentration en urée](#_Figure_3_:)).

Les résultats sont présentés sous forme de tableau ci-dessous en trois mesures distinctes et avec en fin de série la moyenne des valeurs de concentration obtenue et l’écart-type.

### Tableau 1 : **Absorbance des échantillons de lait avant dénaturation**

#### Première mesure :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance à 540 nm** | **Concentration en mol/L en protéine** | **Observations** |
| Lait entier | 2,922 | 2,4\*10-5 | Le lait paraît opaque après ajout du réactif de biuret |
| Lait écrémé | 2,773 | 2,277\*10-5 | Texture similaire au lait entier |
| Lait d’amande | 0,991 | 7,429\*10-6 | Le lait paraît onctueux |
| Lait frais | 2,933 | 2,407\*10-5 | Le lait paraît plus liquide que les autres |

#### Deuxième mesure :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance à 540 nm** | **Concentration en mol/L en protéine** | **Observations** |
| Lait entier | 2,922 | 2,7\*10-5 | Le lait paraît opaque après ajout du réactif de biuret |
| Lait écrémé | 2,773 | 2,245\*10-5 | Texture similaire au lait entier |
| Lait d’amande | 0,991 | 8,576\*10-6 | Le lait paraît onctueux |
| Lait frais | 2,933 | 2,306\*10-5 | Le lait parait plus liquide que les autres |

#### Troisième mesure :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance à 540 nm** | **Concentration en mol/L en protéine** | **Observations** |
| Lait entier | 2,922 | 2,450\*10-5 | Le lait paraît opaque après ajout du réactif de biuret |
| Lait écrémé | 2,773 | 2,443\*10-5 | Texture similaire au lait entier |
| Lait d’amande | 0,991 | 8,127\*10-6 | Le lait paraît onctueux |
| Lait frais | 2,933 | 2,803\*10-5 | Le lait parait plus liquide que les autres |

### Tableau 2 : **Absorbance des échantillons de lait après dénaturation par l'urée à une concentration de 1,2g/L**

#### Première mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,900 | 2,486\*10-5 |
| Écrémé | 2,400 | 2,005\*10-5 |
| Amande | 0,6580 | 5,657\*10-6 |
| Frais | 2,908 | 2,486\*10-5 |

#### Deuxième mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,900 | 2,228\*10-5 |
| Écrémé | 2,400 | 2,365\*10-5 |
| Amande | 0,6580 | 5,891\*10-6 |
| Frais | 2,908 | 2,081\*10-5 |

#### Troisième mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,900 | 2,751\*10-5 |
| Écrémé | 2,400 | 1,567\*10-5 |
| Amande | 0,6580 | 4,981\*10-6 |
| Frais | 2,908 | 2,231\*10-5 |

#### Valeur moyenne et écart-type sur les trois mesures de concentration en urée 1,2g/L :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Valeur moyenne de la concentration protéique en mol/L** | **Écart-type de la concentration protéique en mol/L** |
| Entier | 2,488\*10-5 | 2,135\*10-6 |
| Écrémé | 1,979\*10-5 | 3,263\*10-6 |
| Amande | 5,510\*10-6 | 3,858\*10-7 |
| Frais | 2,266\*10-5 | 1,672\*10-6 |

### Tableau 3 : **Absorbance des échantillons de lait après dénaturation par l'urée à une concentration de 2,4g/L**

#### Première mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,770 | 2,387\*10-5 |
| Écrémé | 2,334 | 1,998\*10-5 |
| Amande | 0,6170 | 5,443\*10-6 |
| Frais | 2,856 | 2,439\*10-5 |

#### Deuxième mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,770 | 2,231\*10-5 |
| Écrémé | 2,334 | 2,073\*10-5 |
| Amande | 0,6170 | 5,278\*10-6 |
| Frais | 2,856 | 2,907\*10-5 |

#### Troisième mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,770 | 2,145\*10-5 |
| Écrémé | 2,334 | 1,550\*10-5 |
| Amande | 0,6170 | 5,886\*10-6 |
| Frais | 2,856 | 2,132\*10-5 |

#### Valeur moyenne et écart-type sur les trois mesures de concentration en urée 2,4g/L :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Valeur moyenne de la concentration protéique en mol/L** | **Écart-type de la concentration protéique en mol/L** |
| Entier | 2,228\*10-5 | 1,034\*10-6 |
| Écrémé | 1,874\*10-5 | 2,304\*10-6 |
| Amande | 5,536\*10-6 | 2,567\*10-7 |
| Frais | 2,493\*10-5 | 3,187\*10-6 |

### Tableau 4 : **Absorbance des échantillons de lait après dénaturation par l'urée à une concentration de 3,6g/L**

#### Première mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,759 | 2,320\*10-5 |
| Écrémé | 2,300 | 1,972\*10-5 |
| Amande | 0,5650 | 4,886\*10-6 |
| Frais | 2,806 | 2,404\*10-5 |

#### Deuxième mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,759 | 2,106\*10-5 |
| Écrémé | 2,300 | 1,687\*10-5 |
| Amande | 0,5650 | 4,345\*10-6 |
| Frais | 2,806 | 2,221\*10-5 |

#### Troisième mesure :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Absorbance** | **Concentration en protéines en mol/L** |
| Entier | 2,759 | 2,564\*10-5 |
| Écrémé | 2,300 | 2,342\*10-5 |
| Amande | 0,5650 | 4,991\*10-6 |
| Frais | 2,806 | 2,783\*10-5 |

#### Valeur moyenne et écart-type sur les trois mesures de concentration en urée 3,6g/L :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type de lait** | **Valeur moyenne de la concentration protéique en mol/L** | **Écart-type de la concentration protéique en mol/L** |
| Entier | 2,330\*10-5 | 1,871\*10-6 |
| Écrémé | 2,033\*10-5 | 2,681\*10-5 |
| Amande | 4,751\*10-6 | 2,830\*10-7 |
| Frais | 2,469\*10-5 | 2,340\*10-6 |

# Analyse des résultats :

## Observations

Les graphiques nous montrent qu’au fur et à mesure, l’absorbance des solutions diminue donc la concentration molaire protéique d’un type de lait va diminuer ; ce qui est parfaitement cohérent avec la loi de Beer-Lambert : , étant une constante, la concentration du lait en protéine va augmenter quand l’absorbance va diminuer, et inversement. A fortiori, lorsque la concentration des protéines diminue, la concentration en urée augmente. Ainsi, cela coïncide parfaitement avec une hypothèse établie avant le début de l’expérience qui était que plus la concentration en urée augmenterait, moins la concentration protéïque serait grande. Ceci est confirmé par la courbe d’étalonnage qui montre la concentration en urée en fonction de l’absorbance pour le lait entier et qui peut être généralisé pour les trois autres types de lait (*cf* [Protocole expérimental](#_Protocole_expérimental)).

La concentration protéique finale n’est pas la même pour tous les laits, ce qui montre bien que la concentration initiale en protéines est différente : par exemple, les laits entier et frais sont très proches les uns des autres, tandis que le lait d’amande en comparaison à une absorbance 5 fois inférieure à celle du lait frais pour une concentration protéïque quasiment 5 fois moindre. Cela pourrait s’expliquer par le fait que tous ces laits ne présentent pas la même concentration en protéine à la base, comme nous pouvons le constater sur la [Figure 1 :](#_Figure_1_:) qui représente le tableau des absorbance et concentration molaire protéïque des laits avant leur dénaturation.

Ainsi, cela nous permet d’infirmer notre seconde hypothèse : effectivement, bien que la masse protéique soit affichée comme identique sur les bouteilles de lait, la concentration protéique de ceux-ci est peu différente mais tout de même présente à notre échelle, comme nous pouvons le voir avec les laits entiers et lait frais. Cela pourrait s’expliquer par le fait que ce soit le traitement subit par le lait qui change sa teneur en protéine, de mon avis.

Il est également important de savoir si la dénaturation a pu marcher ou non, dans notre cas, nous considérerons que la dénaturation n’a pas fonctionnée car le but était d’obtenir des changements de concentration protéique de plus en plus important, ce qui ne s’est vu dans aucun des résultats obtenus.

Ainsi, ces résultats nous permettent de déterminer si oui ou non, une telle concentration en urée pourrait permettre de changer quelque chose d’important par rapport à la digestibilité des produits laitiers. Il est tout de même important d’expliciter ces résultats : effectivement, je ne m’attendais pas du tout à cela, je pensais que la différence serait bien plus grande entre les différents échantillons. Cela pourrait éventuellement être le cas mais pour ce faire, il faudrait doubler ou tripler la concentration en urée dans les échantillons de lait.

# Discussion – Étude des résultats :

Tout d’abord, il faut savoir que l’urée est présente dans le corps humain de façon permanente. Bien que peu dangereuse telle quelle, en ingérer une quantité importante serait dangereux car cela augmenterait les chances d’insuffisance rénale ainsi que des maladies cardiaques voire des infections graves. En moyenne, un humain lambda a un taux d’urée compris entre et .[[5]](#footnote-5) Si ce taux était dépassé cela conduirait à des maladies comme énoncé plus tôt.

Les résultats montrent que la dénaturation des protéines n’a pas totalement fonctionné, car l’étendue de chaque concentration protéique est située aux alentours de . Aussi, nous pouvons dire que cela n’a pas eu réellement d’impact sur les protéines. Effectivement, ce n’est qu’à forte concentration d’urée que les liaisons hydrogènes sont fragilisées. Ce sont ces liaisons qui permettent le maintien des structure tertiaires et quaternaires des protéines, ainsi, une fragilisation de ces liaisons entraînerait un déploiement des protéines.

Cela nous informe donc sur le fait que les changements structuraux subis par les protéines sont mineurs, cela correspondrait à un déploiement partiel des structures tertiaires et quaternaires et une exposition limitée aux groupes hydrophobes[[6]](#footnote-6). Le déploiement de la protéine se schématiserait tel que représenté ci-dessous si la dénaturation avait été totale : (nb : l’agent utilisé est tensioactif, c’est-à-dire qu’il s’agit d’une molécule ayant une partie hydrophile et une autre hydrophobe et lipophile qui va modifier et non dénaturant, mais le principe reste le même)

### Figure 4 : illustration du déploiement d’une protéine

Une image contenant croquis, dessin, art, conception

Description générée automatiquement[[7]](#footnote-7)

Cette expérience suggère donc que les protéines du lait sont résistantes aux concentrations élevées d’urée ( à )[[8]](#footnote-8), et donc aux dénaturations d’une manière générale. Cette résistance pourrait être due à une certaine stabilité au niveau des interactions intramoléculaires qui maintiennent la structure tridimensionnelle des protéines. Cela pourrait donc nous indiquer que pour obtenir des dénaturations plus « complètes » des protéines du lait, une plus importante concentration d’urée serait nécessaire.

Ces résultats, bien que faibles montrent tout de même qu’une dénaturation n’est pas impossible et qu’elle varie en fonction du lait utilisé : par exemple, la dénaturation du lait écrémé est plus prononcée que le lait d’amande qui contient moins de protéines. Cela pourrait être attribué à une différence de concentration des protéines dans les laits…

Cette dénaturation, même si elle n’a pas produit l’effet escompté peut avoir des impacts sur la digestion du lait. Ces protéines, même si elles restent dans un état quasi-naturel peuvent devenir plus accessibles aux enzymes digestives, améliorant ainsi le confort de la personne qui ingère la boisson. Cependant, il serait nécessaire de réaliser des études pour prouver cette hypothèse.

Pour finir quant à ces observations, il est crucial de comprendre que l’urée n’est pas à considérer comme la seule et unique solution qui permettrait d’améliorer la digestibilité des produits laitiers. Il existe de nombreux autres agents dénaturants permettant d’arriver à ces mêmes résultats, voire mieux et qui n’impliqueraient pas les mêmes risques : les changements extrêmes de températures peuvent être à considérer, au même titre que l’utilisation de solutions plus acides ou non afin de créer une différence de pH importante, ce qui contribuerait également à la dénaturation des protéines.[[9]](#footnote-9) Cependant, il est tout de même important de noter qu’il existe des laits à « digestion facile » qui sont une alternative au lait traditionnel, spécialement conçu pour être plus facile à digérer. Ce lait subit un processus d’hydrolyse. Ce processus va faire en sorte que toutes les protéines du lait soient directement dépliées mais pas dans leur entièreté : c’est-à-dire qu’elles vont être en quelque sorte divisée en morceaux plus petits appelés peptides. Le fait que les protéines soient divisées facilite grandement le processus de digestion. Ainsi, ce lait dit à « digestion facile » apparaît comme étant une alternative au lait di traditionnel car il facilite la digestion pour les personnes intolérantes.

# Conclusion :

Pour conclure, les concentrations d’urée testées pour la dénaturation ne présentaient pas d’effet majeur, mais tout de même une différence, sur les dénaturations en fonction du type de lait utilisé, plus importante pour le lait frais que le lait d’amande. Comme expliqué précédemment, cela suggérerait que les protéines du lait seraient résistantes aux dénaturations et que cela soit dû à leur stabilité naturelle.

À la problématique qui était : « Quelle est l'efficacité de l’urée dans la dénaturation des protéines du lait, et comment cet agent chimique peut-il être utilisé pour améliorer la digestibilité des produits laitiers ? », nous pouvons répondre que dans le cadre de notre expérience, son efficacité est limitée, ce qui est indéniable au vu des observations. De plus, il apparaît clair qu’il ne pourrait pas s’agir du meilleur agent dénaturant pour une amélioration des produits laitiers car une ingestion importante d’urée causerait des dommages irréversibles au corps humain. On considère qu’un taux d’urée moyen sanguin pour l’homme varie de à tandis que chez la femme, cela varie de à .[[10]](#footnote-10) Lorsque ces normes sont dépassées, cela signifie généralement que le patient est susceptible d’être victime de maladies comme l’insuffisance rénale.[[11]](#footnote-11)

Concernant son efficacité dans l’amélioration de la digestibilité des produits laitiers, il semble à présent assez évident qu’elle est discutable compte tenu des résultats. Malgré tout, cette étude n’est qu’une première étape pour mieux comprendre comment l’urée pourrait influer sur les produits laitiers. Cela étant dit, nous pourrions développer des produits spéciaux pour les personnes intolérantes ou allergiques par le biais d’autres dénaturations (*cf.* [Observations](#_Observations)). Ces agents dénaturants peuvent être physiques : température ou bien chimiques avec les pH extrêmes.[[12]](#footnote-12)

De plus, cette recherche indique qu’il est important de continuer à explorer des pistes différentes pour d’autres agents dénaturants et techniques alternatives qui permettraient une meilleure digestion du lait. Ces techniques faciliteraient non seulement la digestibilité du lait sous toutes ses formes, mais également des possibilités d’innovations dans l’industrie laitière.

Enfin, cette étude nous permet de nous informer quant à la complexité des interactions entre protéines du lait et agents dénaturants. Cette étude nous informe quant à l’utilité d’effectuer des recherches qui combinent de manière profonde et marquées la chimie, la biochimie ou encore la nutrition afin d’étudier toutes ces implications sur le corps humain. La poursuite de ces recherches permettrait d’améliorer la digestibilité des produits laitiers, mais également de contribuer à utiliser de la nourriture qui pourrait être qualifiée de plus inclusive pour la planète entière.

# Annexe 1 : **Masse de protéines par type de bouteille de lait**

## [**Lait entier :**](#Renvoi_Lait_entier)

Une image contenant texte, boisson gazeuse, bouteille, nourriture

Description générée automatiquement

|  |  |
| --- | --- |
| *Protéines / 100ml* | **3,3 g** |

## [**Lait frais entier :**](#Renvoi_Lait_frais)

Une image contenant texte, boisson gazeuse, nourriture

Description générée automatiquement

|  |  |
| --- | --- |
| *Protéines / 100ml* | **3,3 g** |

## [**Lait d’Amande :**](#Renvoi_Lait_amande)

Une image contenant texte, écriture manuscrite, document, menu

Description générée automatiquement

|  |  |
| --- | --- |
| *Protéines / 100ml* | **< 0,5 g** |

## [**Lait écrémé :**](#Renvoi_Lait_écrémé)

Une image contenant texte, capture d’écran, Police, nombre

Description générée automatiquement

|  |  |
| --- | --- |
| *Protéines / 100ml* | **3,3 g** |

# Bibliographie :

**MSD Manuals** Intolérance au lactose – Zubair Malik [[site]](https://www.msdmanuals.com/fr/accueil/troubles-digestifs/malabsorption/intolérance-au-lactose)

**Uniprot** Séquence protéique et information fonctionnelle de l’ovalbumine [[site]](https://www.uniprot.org/uniprotkb/P01012/entry)

**Wikipédia** Méthode de Biuret [[site]](https://fr.wikipedia.org/wiki/Méthode_du_biuret#Mode_opératoire)

**Qare** Urée élevée : quelles sont les causes et que faire pour qu’elle diminue ? – Lara Talmasson [[site]](https://www.qare.fr/sante/prise-de-sang/uree-elevee/#:~:text=Le%20dosage%20de%20l'urée,%2FL)%20chez%20la%20femme.)

**Wikipédia** Principe de la dénaturation [[site]](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dénaturation#:~:text=La%20plupart%20des%20protéines%20sont,on%20fait%20cuire%20des%20œufs.)

**Le monde en images** Dénaturation d’une protéine [[site - illustration]](https://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=54265&demande=desc)

**Rashid, F., Sharma, S. et Bano, B.** Comparaison de la dénaturation par le chlorhydrate de guanidine (GdnHCl) et l'urée sur l'inactivation et le dépliement de la cystatine placentaire humaine (HPC). Protein J 24 , 283–292 (2005). [[article scientifique]](https://doi.org/10.1007/s10930-005-6749-5)

**BAKLI M.** Ingénierie des protéines [[rapport - polycopié de cours]](https://dspace.univ-temouchent.edu.dz/bitstream/123456789/329/1/Polycopié%20Cours%20Ingénierie%20des%20protéines%20M.BAKLI%20Mahfoud.pdf)

**ELSAN** Acide urique ou urée ? [[site]](https://www.elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/biologie-medicale/acide-urique-trois-differences-avec-uree#:~:text=L'urée%20donne%20une%20indication,un%20infarctus%20récent%20par%20exemple.)

1. [MSD Manual](https://www.msdmanuals.com/fr/accueil/troubles-digestifs/malabsorption/intolérance-au-lactose) [↑](#footnote-ref-1)
2. [Masse molaire d'ovalbumine](https://www.uniprot.org/uniprotkb/P01012/entry#sequences) [↑](#footnote-ref-2)
3. [Utilisation du réactif de Biuret](https://fr.wikipedia.org/wiki/Méthode_du_biuret#Mode_opératoire) [↑](#footnote-ref-3)
4. [Méthode de Biuret](https://fr.wikipedia.org/wiki/Méthode_du_biuret) [↑](#footnote-ref-4)
5. [Urée homme lambda](https://www.qare.fr/sante/prise-de-sang/uree-elevee/#:~:text=Le%20dosage%20de%20l'urée,%2FL)%20chez%20la%20femme.) [↑](#footnote-ref-5)
6. [Principe de dénaturation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dénaturation#:~:text=La%20plupart%20des%20protéines%20sont,on%20fait%20cuire%20des%20œufs.) [↑](#footnote-ref-6)
7. [Dénaturation totale](https://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=54265&demande=desc) [↑](#footnote-ref-7)
8. [Springer Nature](https://link-springer-com.translate.goog/article/10.1007/s10930-005-6749-5?error=cookies_not_supported&code=2a63f32a-bc65-415f-a8bc-4e5de694e22c&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=fr&_x_tr_hl=fr&_x_tr_pto=rq#:~:text=In%20case%20of%20urea%20denaturation,of%20transition%20at%203%20M.) [↑](#footnote-ref-8)
9. [BAKLI Mahfoud, 2019](https://dspace.univ-temouchent.edu.dz/bitstream/123456789/329/1/Polycopié%20Cours%20Ingénierie%20des%20protéines%20M.BAKLI%20Mahfoud.pdf) [↑](#footnote-ref-9)
10. [Taux d'urée moyen homme/femme](https://www.qare.fr/sante/prise-de-sang/uree-elevee/) [↑](#footnote-ref-10)
11. [Elsan](https://www.elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/biologie-medicale/acide-urique-trois-differences-avec-uree#:~:text=L'urée%20donne%20une%20indication,un%20infarctus%20récent%20par%20exemple.) [↑](#footnote-ref-11)
12. [BAKLI Mahfoud, 2019](https://dspace.univ-temouchent.edu.dz/bitstream/123456789/329/1/Polycopié%20Cours%20Ingénierie%20des%20protéines%20M.BAKLI%20Mahfoud.pdf) [↑](#footnote-ref-12)