

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET.

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTMENT DE SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER II

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Moléculaire et Cellulaire

Présenté par :

M^{elle} KHIATI Hanane

M^{elle} CHIHEB Kheira

M^{elle} DAHAM Khadidja

Thème

ETUDE DES PROPRIETES MOUSSANTES DES CASEINES DU LAIT

Soutenu publiquement le 25/06/2019

Jury

Président :	M. METTAI .K	MAA	Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Examinatrice :	Mme MOKHTARI .S	MCA	Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Encadreur :	M. ACEM .K	MCA	Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Année universitaire 2018-2019

Remerciements

Avant tout, nous remercions le Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens à fins de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Et nos grands saluts sur le premier éducateur, notre prophète MOHAMMED que le salut soit sur lui, avec tout le respect et beaucoup d'estime.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre promoteur Mr ACEM K qui a bien voulu accepter d'encadrer notre travail, pour ses précieux conseils et ses fort enrichissantes, qu'il nous sans cesse prodigué afin de mener à terme ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous les membres de jury qu'ilsont acceptés de juger notre travail.

Tous nos enseignants trouvent ici l'expression de notre profond respect.

Un grand merci à tous les techniciens des laboratoires de technologie alimentaire, la faculté Ibn khaldoun des sciences de la nature et de la vie qui grâce à leur disponibilité et à leur bonne humeur, nos ont soutenu en rendant agréables les moments de travail.

Nous tiens à remercier aussi très chaleureusement tous les personnels de la bibliothèque.

En fin, nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail de près ou de loin.

Merci du profond de cœur

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...?.

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour,

Le respect, la reconnaissance...?

Ainsi, c'est tout simplement que

Je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents, les prunelles de mes yeux,

A ma mère Wazania qui n'a jamais cessé de ménager ses efforts pour que j'atteigne ce niveau .Ni sacrifices, ni privatisations ne l'ont empêché d'accomplir son devoir de mère soucieuse de l'avenir de ces enfants.

A mon cher papa Naceur .A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié, compréhensif et encourageant, sa chaleur paternelle a été et sera toujours pour moi d'un grand réconfort.

Que dieu vous procure santé, prospérité et bonheur...

A mes sœurs NAÏMA, NADJET et mes frères SAAD et ABD ELRAZAK, WALID que dieu vous garde et vous protège que votre chemin soit plein succès.

A toute ma famille (HALIMA MEÏMA, Khaiati et Maarouf et Zoissi et Ramdane et Raïmes et Noire).

A mes chéries Nadia, Djahida, KhieraG, Rachida, Nihade, Yakoute, Malika, Soumia pour leur aide et leur soutien que dieu vous protège et vous préserve

A tous mes collègues de promotion 2018/2019, et mes camarades de mémoire Khadidja et Khiera.

Khaiati Hanane

Dédicaces

Merci ALLAH de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire " Ya Kayoum ".

À ma mère Zaineb mes sources Fatima et Nadia, tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

A mon père Khald , mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur.

A mes petits frères Madani et Ibrahim et Younece .

A Toute la Famille Chiheb et Yousfi.

A mes très chères amies Hanane, Khadidja, Djahida ,Nihad, Malika, Yakoute, Soumia.

A toute la promotion Biologie moléculaire sans exception.

A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien et la prospérité de l'humanité.

Chiheb Khiera

Dédicaces

Avec un énorme plaisir et un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce travail :

À l'être le plus cher à mon cœur, à celle qui m'a guidée pour faire mes premiers pas et qui m'a appris mon premier mot, à celle qui fut toujours à mes côtés, qui a illuminé mes nuitées sombres et a ensoleillé mes jours avec son inépuisable affection, à ma mère Kerkra Messaouda à qui je vous tous mes sentiments que son âme repose en paix,

À Mon très cher père Daham Abdk, pour sa confiance, ses encouragements et son soutien dans toute ma carrière d'étude dès le premier pas jusqu'à ce jour-là et qui m'a appris que la patience est le secret du succès

Sa masseurs : Djemaa Khaldia Soumia Aya, Khadidja et Lila, pour son affection, son amour ses sacrifices et ses encouragements.

À mes chers : frères ; Khaled Ahmad Djaloul Djamel

À mes irremplaçables sœurs : Malika, Yakout, Nadia, Nihad, Soumia, Djihad.

À mes camarade de mémoire : Kheira et Hanane .

Daham Khadidja

LISTE DES ABREVIATIONS

C	: Caséine
C-T80	: Caséines -Tween80
Ca₉ (PO₄)₆	: Phosphate de calcium colloïdal.
CM	: Capacité moussante
K-CN	: Caséine Kappa
αS1	: Caséine α sensible de calcium 1
αS2	: Caséine α sensible de calciums 2
β	: Caséine β
κ	: Caséine kappa
K Da	: Kilo Dalton

LISTE DES FIGURES

N°	Intitulé	Page
1	Représentation de la micelle de caséine	07
2	Structure d'une mousse représentée par un agencement de cellules	12
3	Schéma du protocole expérimental	18
4	Cinétique de la capacité moussante des caséines du lait(a)du Tween 80 (b)	24
5	Cinétique du diamètre moyenn des bulles d'air des caséines du lait(c)et du Tween 80 (d)	25
6	Cinétique de la capacité moussante d'interaction Caséines- Tween80	27
7	Cinétique du diamètre moyen d'interaction Caséines-Tween80	27

LISTE DES TABLEAUX

N°	Intitulé	Page
1	Composition moyenne d'un litre de lait	06
2	Principales propriétés des caséines du lait	08
3	Propriétés physico- chimiques des caséines	09
4	Composition des mousses.	19
5	Aspect microscopique des solutions étudiées dans leur système individuel	29
6	Aspect microscopique des solutions moussantes étudiées dans leur système mixte	30

Sommaire

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

Introduction

SOMMAIRE

Partie bibliographique

CHAPITRE I : LES CASEINES DU LAIT

I-1-Définition de lait	06
I-2- Composition du lait	06
I-3-Définition de caséine	06
I-3-1-Structure de caséine	07
I-3-2-Types des caseins	07
I-3-2-1-Caséineacide	07
I-3-2-2 -Caséine présure	07
I-4-Principales propriétés des caséines du lait	08
I-5-Applications des caséines	09

CHAPITRE II : LES MOUSSES

II -1.-Définition	11
II- 2-Constituant d'une mousse	11
II -3- Classification des mousses.....	11
II-4- Propriétés des mousses	12
II -4-1- Dimension des bulles de gaz	12
II -4-2-Densité de la mousse	12
II -4-3-Volume	12

Sommaire

II -5-Création des mousses	12
II -6-Stabilité et instabilité des mousses	13
II -6-1-Stabilité des mousses	13
II -6-2- Instabilité des mousses	13

Partie expérimentale

CHAPITRE III: MATERIEL ET METHODES

III -1-Objectifs.....	16
III-2-Lieu de travail.....	16
III-3-Matériel et produits utilisés	16
III- 3-1. Matières premières	16
III-3-2- Caséine du lait	16
III -3-3-Tween 80	16
III-4- Appareillage.....	16
III -4-1- Verreries	16
III - 4-2- Autres	16
III -4-3- Réactifs.....	17
III -5-Protocole expérimental	18
III -6-Méthodes d'analyse	19
III -6-1-Analyse physique	19
III-6-2-Densité.....	19
III -6-3- pH.....	19
III -7- Formation des mousses.....	19
III -8-Analyse des mousses	20
III -8-1-Capacité moussante	20
III -8-2-Diamètre des bulles de gaz.....	20

Sommaire

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV-1 -Système individuel	23
IV- 1-1-Capacité moussante.....	23
IV -1-2-Diamètre des bulles d'air	23
IV -2-Système mixte	26
IV -2-1- Capacité moussante	26
IV-2-2-Diamètre des bulles d'air	26
IV- 3-Aspect microscopique	29

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Introduction

Introduction

INTRODUCTION

Le lait est le premier aliment que nous consommons de puis notre naissance, il joue un rôle essentiel dans notre régime alimentaire journalier puisqu'il est consommé en grande quantité sous forme de lait de consommation, de produits laitiers variés ou sous forme cachée dans les préparations alimentaires diverses, sa composition est équilibrée en nutriments de base des protéines, lipides, minéraux et glucides (**Cayot et Lorient, 1998**) .

Les protéines du lait sont les protéines animales les plus anciennement et largement consommées par l'homme , du fait de la facilité avec laquelle on peut les isoler du lait cru ;ce sont aussi les protéines les mieux étudiées puisque les structures primaires de la presque totalité d'entre elles sont maintenant connus, ces protéines présentent une grande diversité de structures et des propriétés physico-chimiques (**Cheftel et al .,1985**).

Les caséines sont des glycoprotéines phosphorylées séparées à l'électrophorèse et identifiées d'après leur pouvoir de migration en caséine, α S1, α S2, β , et κ , les caséines se constituent en micelles, ce qui les rend plus accessibles à la digestion carboxypeptidasique dans l'intestin(**FAO,2018**).

Les caséines représentent 80 % des protéines totales du lait. Il s'agit de complexes organiques formés à 92 % par de petites protéines caséiniques (**Karam,2018**).

Ce sont des petites protéines dont poids moléculaire varie entre 12 et 25 kDa, elle possédant une forte proportion d'acides aminés apolaire et d'acides aminés chargés et distribués de manière non uniforme, leur conférant de propriétés amphiphiles démixtion (**Jeantetal ., 2007**).

Les propriétés de surface regroupent les propriétés d'interaction des protéines avec d'autres structures polaires ou apolaires en phase liquide ou gazeuse : cela recouvre les propriétés émulsifiante et moussante (**Bouquelet , 2008**).Solon **Chitour(2004)**, ses propriétés de surface se manifestent sous forme des systèmes dispersés (émulsions, mousses),ses systèmes sont des produits complexes "multi -phasiques" composés de protéines, de polysaccharides et d'eau .

Les mousses sont habituellement de dispersions de bulles de gaz dans une phase continue liquide ou semi solide qui contient un surfactant soluble, il existe une grande variété des mousses alimentaires de texture très diversifiée ; certaines mousses alimentaires sont des systèmes colloïdaux très complexe (**Cheftel et Lorient, 1985**).

Introduction

Dans ce contexte notre étude est focalisée sur l'évaluation des propriétés moussantes des caséines du lait en vue de les comparer à celles marquées dans les molécules standards.

Partie Bibliographique

Chapitre -1-

Les caséines du lait

I-1-Définition du lait

Le lait peut être défini comme le produit résultant de la sécrétion des glandes mammaires d'un mammifère femelle bien portant, bien nourri et non surmené (**Pougheon et Goursaud ,2001**).

I-2-Composition du lait

C'est un mélange complexe et instable, composé à 90 % d'eau et contenant tous les groupes de nutriments : les matières grasses ou lipides, les glucides (majoritairement représentés par le lactose), les protéines, les minéraux et les vitamines (Tableau 1).

Tableau 1: Composition moyenne d'un litre de lait (**Karam, 2018**).

Constituant	Teneur (g /l)
Eau	878
Glucide(Lactose)	48
Matières grasses	39
Matières azotées	32
Caséines	25
Protéines sériques	5
Azote non protéique	1
Minéraux	7
Calcium	1,2
Phosphore	0,9
Potassium	1,4
Oligo- élément	Traces

I-3-Caséines

I-3-1-Définition

Les caséines sont des protéines du lait qui coagulent à pH 4 ,6 et à température 20°C (**Mathieu ,1998**),elles sont caractérisées par la présence de groupements phosphates estérifiés essentiellement sur les résidus sérine et permettant la fixation du calcium, ces protéines sont d'une grande importance en technologie laitière et sont en grande partie responsables des propriétés technologiques du lait les quatre fractions caséiques naturellement présentes dans le lait sont les caséines alpha s_1 , alpha s_2 ,béta et kappa(**Khanji,2018**).

I-3-2 -Structures de caséines

Les caséines du lait présentent une organisation micellaire similaire, le modèle le plus adopté pour cette organisation est celui de **Schmidt (1982)**, qui présente les micelles sous forme de complexes moléculaires appelés submicelles unies par du phosphate de calcium colloïdal $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$. Dans ce modèle (figure1), la K-CN se trouve en surface avec son extrémité C terminale et agit comme interface entre les caséines hydrophobes (à l'intérieur de la micelle) et le milieu aqueux, gardant ainsi les micelles en suspension (**Leonil et al., 2007**).

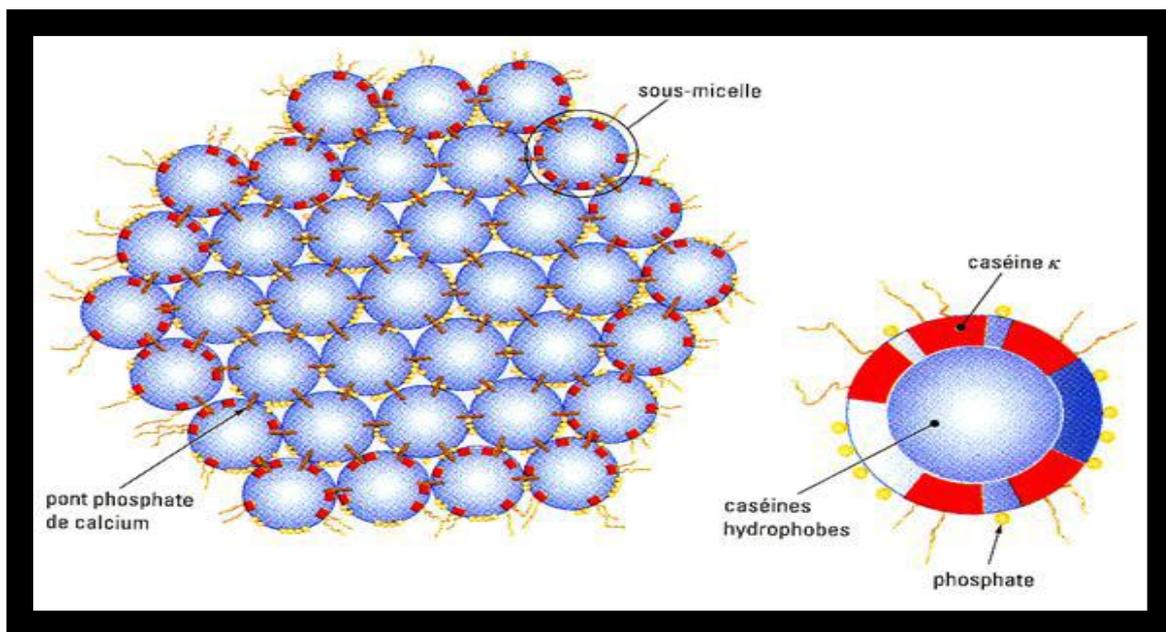


Figure 1 : Représentation de la micelle de caséine selon le modèle de **Schmidt (1982)**

I-3-3- Types des caséines

I-3-3-1- Caséine acide

La précipitation acide qui utilise un acide minéral, les ions hydrogène chargés positivement pénètrent dans les micelles de caséine, et entraînent la perte de la charge nette négative des micelles de la caséine, l'énergie thermique des particules entraîne leur collision et elles se regroupent en agrégats de plus grandes dimensions qui précipitent (**FAO ,2018**).

I-3-3-2-Caséine la présure

Contrairement à la précipitation acide, qui est réversible, dans la précipitation par la présure le clivage des fragments de micelles est irréversible, l'enzyme de la présure clive le fragment hydrophile insensible au calcium, l'agrégation a maintenant lieu dans la seconde

phase de coagulation qui suit la réaction enzymatique, la gélification proprement dite a lieu en établissant des ponts entre les agrégats avec des ions calcium (FAO, 2018).

I-3-4- Propriétés des caséines du lait

Le tableau 2 montre les principales caractéristiques des caséines du lait (George et Burdock, 1997).

Tableau 2 : principales caractéristiques des caséines du lait.

Caséines	Propriétés
Apparence	Solide blanc
Température de fusion	280°C
Solubilité	0,110g.l ⁻¹ (pH 4,6 ,25 °C)
Insoluble	Dans l'alcool
Masse volumique	125g.cm ⁻³ (20°C)

I-3-5- Principales propriétés des caséines

Les principales propriétés des caséines sont :

- ✓ La richesse en acides aminés de types Glu, Leu, Pro et Ser
- ✓ Coagulent à pH4, 6
- ✓ La présence de résidus hydrophobes talque les résidus proline
- ✓ Une faible proportion de structures ordonnées et résistance à la chaleur
- ✓ L'organisation des acides aminés de la caséine de caractère amphiphile

Le tableau 3 indique les propriétés physico- chimiques des caséines (Khanji, 2018).

Tableau 3 : propriétés physico- chimiques des caséines.

Propriétés	Caséine α S1	Caséine α S2	Caséine β	Caséine κ
Nombre de résidus d'acides aminés	199	207	209	169
Masse moléculaire (g .mol ⁻¹)	23612	25228	23980	19005
pH iso- ionique	6,0	5,3	5,2	5,6
Hydrophobe totale (K . résidus)	4,89	4,64	5,58	5,12
Nombre de résidus tryptophan	2	2	1	1

I-3-6- Applications des caséines

La caséine est la plus importante fraction protéique du lait de vache, la caséine isolée est une matière première intéressante pour un large éventail de secteurs industriels, l'industrie agroalimentaire utilise la caséine en poudre comme protéine de haute qualité ,elle est aussi très utilisée comme liant pour les peintures, pour coller le contreplaqué, pour la gravure sur bois et encore pour la fabrication de colles, mastics, apprêts textiles et détachants pour le cuir(Linden et Lorient, 1994).

Chapitre -2-

Les Mousses

II-1-Définition

La mousse comme une dispersion air - liquide constituée par un ensemble de bulles de gaz séparées par des lames minces de liquide et formées par la juxtaposition de bulles qui donne un gaz dispersé dans un liquide (**Bourriot ,2002**). Il existe aussi des mousses solides pour lesquelles une phase solide ou un gel remplace le liquide une fois la dispersion est réalisée (**Bouquelet , 2008**).

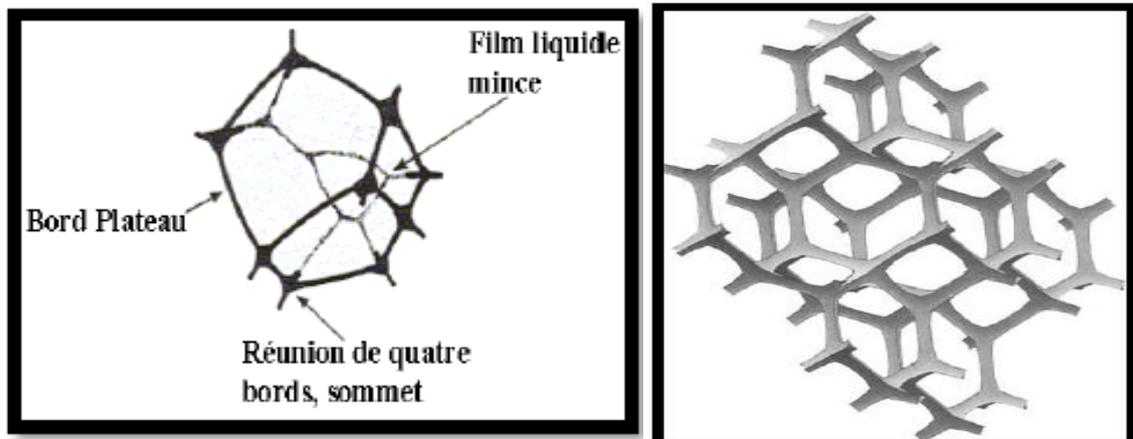
II-2- Constituants d'une mousse

Les mousses sont constituées par trois phases, selon **Cheftel et Lorient, (1982)** ; **Gonzalez et al., (2004)**, ces phases sont : une phase dispersante ou continue formée de liquide, dans laquelle une deuxième phase est dispersée formée par les bulles de gaz, généralement les mousses sont caractérisées par l'importance de cette phase, qui peut atteindre plus de 90% du volume de la mousse, ces deux phases sont séparées par une phase interfaciale qui est un espace entre les bulles de gaz caractérisée par la présence des agents de surface, ceux-ci abaissent la tension interfaciale et forme une barrière entre les bulles de gaz.

II-3-Classification des mousses

Selon les travaux de **Gonzalez et al.,(2004)**, les mousses sont classées suivant leur stabilité en mousses éphémères instables dont la durée de vie est de quelques secondes ou bien en mousses permanentes métastables dont la durée de vie se mesure en jour. Cette stabilité est dépendante de la forme des bulles car pour les bulles sphériques la quantité de gaz incorporé est suffisamment faible pour que les bulles conservent une taille stable, à l'inverse des bulles polyédriques dont le rapport gaz sur liquide est si élevé que les bulles sont comprimées les unes contre les autres selon une structure de nid d'abeille.

La figure 2 montre un exemple de cellule de mousse en fin d'expansion, le liquide se trouve alors piégé entre plusieurs bulles, d'où la formation de bords Plateau, ces bords sont le lieu principal de présence du liquide, la jonction de plusieurs bords définit un sommet de la cellule, l'agencement des cellules caractérise alors la structure de la mousse (**Bruchon ,2004**).



(a) : Une cellule.

(b) : Agencement de cellule

Figure2 : Structure d'une mousse représentée par un agencement de cellules : bulles de gaz entourées par du liquide (**Bruchon , 2004**).

II-4-Propriétés des mousses

Dans l'étude générale des caractéristiques d'une solution moussante, **Chitour (2004)**, a distingué plusieurs paramètres :

II-4-1-Dimension des bulles

Les dimensions des bulles constituant une mousse, sont très variables, elles dépendent en premier lieu du mode d'obtention de la mousse aussi de la composition du liquide lui-même et de la présence des agents tensio-actifs.

II-4-2-Densité de la mousse

Elle est aussi appelée le rapport de liquide au gaz, les mousses sont souvent dites sèches, ou humides suivant ce rapport du liquide au gaz.

II-4-3-Volume

Généralement, on mesure le volume de la mousse suivant la hauteur, le volume dépend de la nature, de la composition du liquide de la température et d'autres paramètres.

II-5-Création des mousses

Bouquelet (2008), a noté que lors de la fabrication de la mousse, on remarque dans un premier temps une augmentation de volume par intégration de gaz (expansion) et dans un deuxième temps (à l'équilibre) une diminution de volume de la phase liquide au profit de la phase mousse.

Les causes de formation des mousses sont physico-chimiques, les plus importantes sont représentées par l'agitation énergétique de liquide avec de l'air, ainsi que le pH, la température et la nature de la phase dispersante qui peut contenir des impuretés organiques, en dernier il est possible de citer le développement de gaz et son dégagement à la suite d'une réaction chimique ou biochimique comme c'est le cas des mousses des boissons gazeuses (**Chitour , 2004**).

II-6-Stabilité et instabilité des mousses

II-6-1-Stabilité des mousses

Selon **Chitour (2004)**, les mousses qui offrent une très grande surface interfaciale sont très facilement déstabilisées. Toutefois, **Bouquelet (2008)**, a montré que la stabilisation est d'autant plus grande que le film protéique à l'interface gaz/liquide est plus épais, cohésif, élastique, continu et imperméable au gaz. Le même auteur suggère qu'afin d'obtenir une bonne capacité moussante (mousse légère et expansée) il faut que la protéine soit soluble dans la phase liquide et au même temps capable de migrer rapidement dans la phase continue et peut se déplisser très rapidement de façon à s'adsorber facilement au niveau de l'interface gaz/liquide, il est donc très difficile de trouver une protéine qui puisse à la fois donner une mousse abondante et stable.

II-6-2-Instabilité des mousses

D'après **Cheftel et Lorient (1982)**, les mécanismes d'instabilité des mousses sont multiples :

- Drainage ou écoulement du liquide de la lamelle.,
- Diffusion du gaz des petites bulles vers les grosses bulles, cette diffusion étant rendue possible par la dissolution du gaz dans la phase aqueuse.,
- Rupture de la lamelle liquide séparant les bulles de gaz

Partie Experimentale

Chapitre 1

Matériel et Méthodes

III-1-Objectifs

Les objectifs de notre étude expérimentale sont résumés comme suit :

- Analyse des propriétés moussantes des caséines du lait.
- Analyse des propriétés moussantes de Tween 80.
- Analyse des propriétés moussantes de l'interaction caséine – Tween 80.

III-2-Lieu du travail

Notre travail expérimental a été effectué dans le laboratoire de technologie alimentaire de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ibn Khaldoun, Tiaret.

III-3-Matériel et produits utilisés

III-3-1-Matières premières

III-3-2-Caséines du lait

- ❖ Sous sa forme lyophilisée produit par WWR PROLABO (commercialisé)

III-3-3-Tween 80

- ❖ Nous avons utilisé Tween 80 comme agent de surface, sa marque FLUKA, produit de France.

III-3-4-Appareillage

- ❖ Microscope optique : B-350 Optika
- ❖ pH-mètre : HI22PH/ORP Metre.
- ❖ Agitateur magnétique chauffant : IKR RCT DACIC .
- ❖ Mixeur : Mélangeur à main Bomann.
- ❖ Balance analytique (max 120g).

III-3-4-1-Verrerie

- Bêchers de 250, 600 ml.
- La microscope optique .
- Pipettes graduées et jaugées 20ml.
- Pipettes Pasteur.
- Pycnomètre 25ml.
- Verre de montre.

III-3-4-2-Autres

- Papier aluminium.

III-3-4-3-Réactifs

- NaOH (1N)

III-4 Protocole expérimental

Pour réaliser notre travail nous avons suivi le protocole expérimental indiqué dans la figure 3.

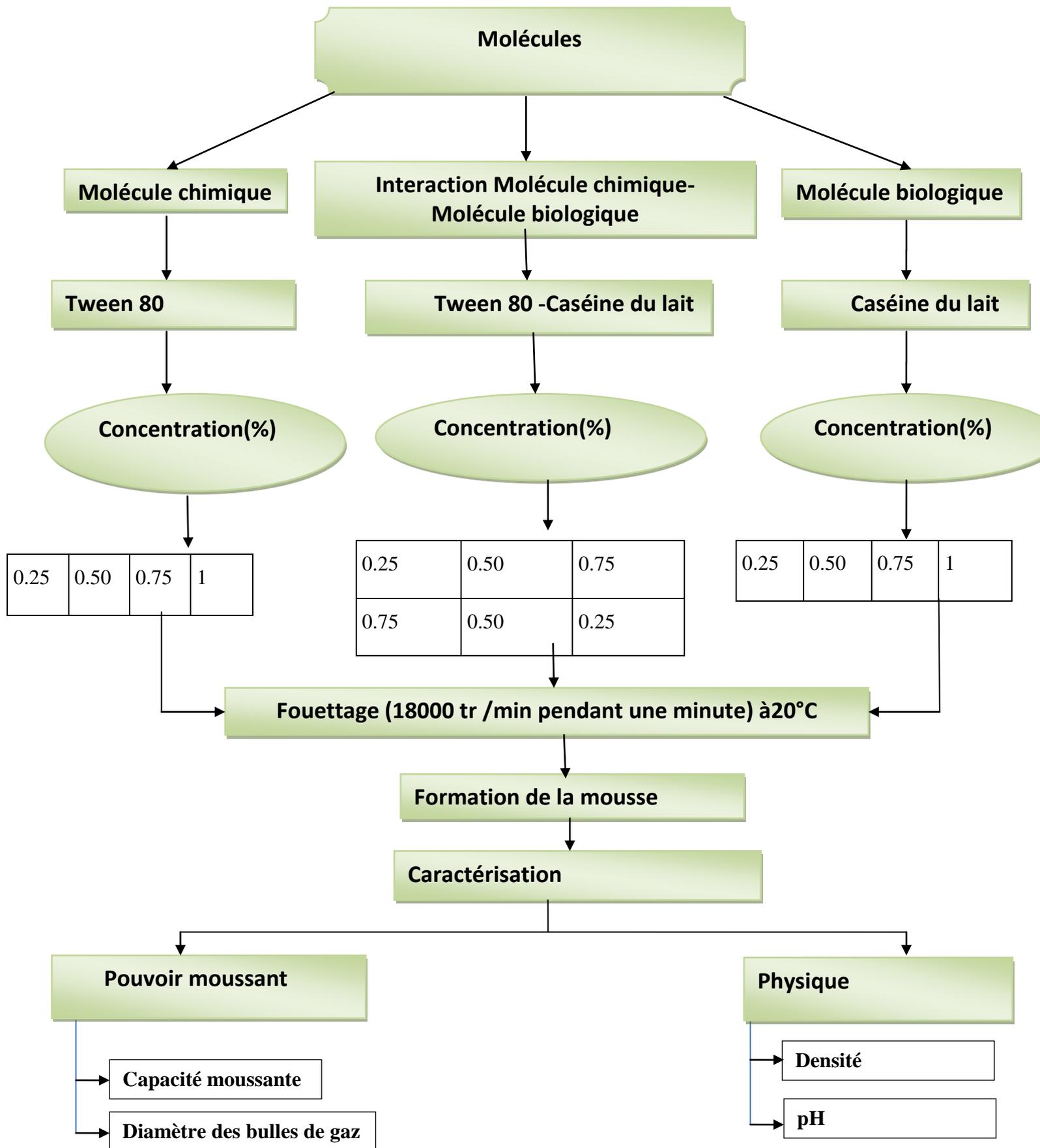


Figure 3 : Schéma du protocole expérimental

III-4- Méthodes d'analyses

III-4-1-Analyses physiques

III-4-1-1-Densité

a. Principe

C'est la masse de l'unité de volume exprimée en gramme par cm^3 à la température T ($^{\circ}\text{C}$), la détermination précise de la densité s'obtient à l'aide d'un densimètre ou par un pycnomètre (Mathieu, 1998).

b. Mode opératoire

- Peser le pycnomètre vide (P_0) et plein d'eau (P_1).
- Sécher le pycnomètre à l'alcool, puis le remplir avec l'échantillon et prendre le poids (P_2).
- Détermination de la densité est donnée par la formule suivante:

$$D = (P_2 - P_0) / (P_1 - P_0)$$

III-4-1-2-pH

a. Principe

L'appareil utilisé pour mesurer le pH est un pH mètre (Rebstein et Soerensen, 2008).

b. Mode opératoire

- Etalonner le pH mètre à l'aide de solution tampon (pH=4 ; pH= 7) ;
- Veiller que l'électrode soit propre (nettoyage avec l'acétone et essuyer avec du papier absorbant) ;
- Tremper l'électrode du pH mètre dans le volume suffisant de l'échantillon

Préalablement thermostaté à 20°C ;

- Lire la valeur du pH indiqué sur l'écran d'affichage du pH mètre

III-4-2-Formation des mousses

Le tableau 4 montre la composition des mousses étudiées.

Tableau 4 : Composition des mousses.

Tween 80(ml) + l'eau distillée (ml)	0.25%	0.50%	0.75%	1%
Caséines(g) +NaOH1N(ml)	0.25%	0.50%	0.75	1%
Interaction Caséines(g)- Tween80 (ml) +NaOH1N (ml)	0.25%	0.50%	0.75%	/
	0.75%	0.50%	0.25%	

/ : Non déterminé

Chaque solution moussante(50ml) a été fouettée à 20 °C par un mixeur fixé à 18000tr/min pendant 1 minute.

III-4-3-Analyse des mousses

III-4-3-1-Capacité moussante

a. Principe

C'est l'évolution de l'élasticité de la lamelle interstitielle entre les bulles est une tentative de prévision, mais la correspondance entre valeurs expérimentales et théoriques reste insuffisante. (Cayot et al., 1998).

b. Mode opératoire

- Foisonner les solutions préparées (50ml) à l'aide d'un mixeur fixé à 18000tr/min pendant 1 min;
- Aussitôt calculer le rapport suivant en appliquant la formule ci-contre :

$$CM = V_M / V_L \cdot 100$$

- **CM**: Capacité moussante en % ;
- **V_M**: Volume de la mousse en ml ;
- **V_L**: Volume de liquide en ml.

III-4-3-2-Diamètre de bulles de gaz

Le diamètre moyen des bulles de gaz est calculé après avoir opéré les étapes suivantes:

- Après avoir fouetter les solutions moussantes, prélever à l'aide d'une pipette Pasteur une partie de la mousse et la déposer sur une lame microscopique .,
- Fixé le champ visuel et à l'aide d'un oculaire microscopique mesurer le diamètre des bulles d'air en réalisant dix déterminations prises au hasard pour les bulles de gaz.,
- Le diamètre moyen des bulles de gaz est calculé selon la formule ci-après :

$$\bar{\varnothing}_t = K / 10 \cdot \sum_{i=1}^{i=10} D_i$$

Ø: Diamètre moyen des bulles d'air à temps t en (µm) ;

K: Coefficient microscopique (K = 2.41) ;

i: Nombre de bulles d'air au hasard ;

D = Diamètre des bulles d'air en (μm) ;

t: Temps de prélèvement.

Chapitre 4

Résultats et Discussion

IV- 1-Système individuel

IV -1-1-Capacité moussante

La figure 3 montre l'évolution de la capacité moussante des caséines du lait (figure3 a)et Tween80 (figure3 b).

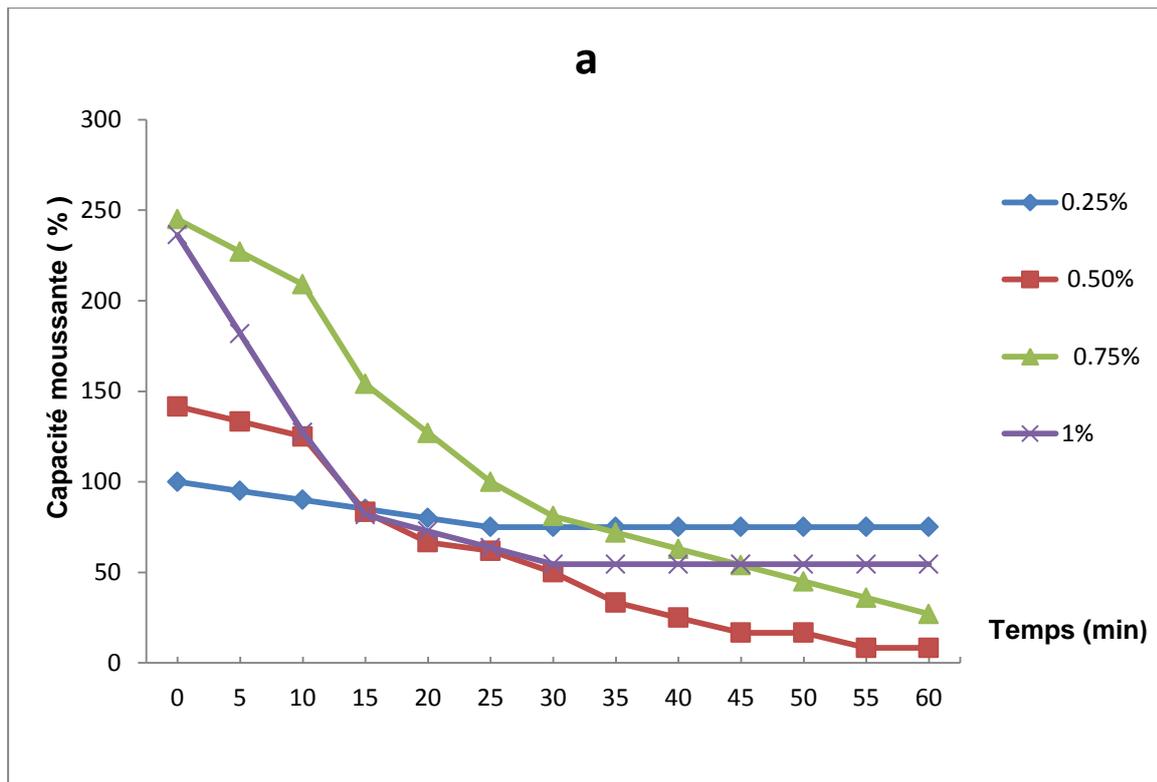
D'après la figure 3, l'ensemble des valeurs de la capacité moussante ont une tendance décroissante au cours du temps.

La solution moussante à temps $t=0$ min (0,75%) des caséines du lait s'est manifestée par une forte capacité moussante (236.36%) (Figure 3a) par contre la solution moussante (1%) du Tween80 manifestée par une capacité moussante (153.3%).

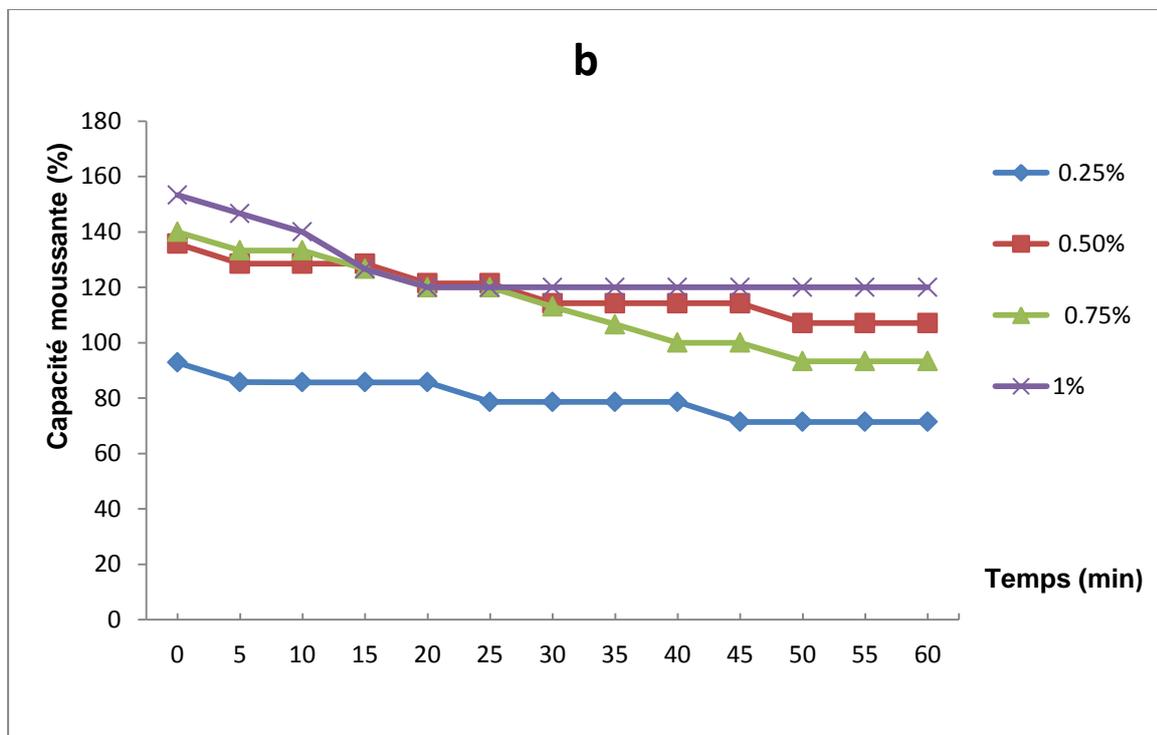
Au cours du temps et après 60 min du repos, nous avons remarqué que la solution moussante des caséines (0,25%) a marqué la meilleure capacité moussante (75%) (figure 3a) ,pour la figure 3b ; la meilleure capacité moussante(120%) a été notée dans la solution moussante du Tween 80 (1%) .

IV- 1-2- Diamètre des bulles d'air

Les valeurs du diamètre moyen des bulles d'air enregistrées pour les solutions moussantes à base des caséines du lait (figure 4 -c) et du Tween 80 (figure4 -d) ont une tendance croissante au cours du temps. Les valeurs inférieures du diamètre moyen des bulles d'air marquées au cours du temps sont celles notée dans la solution moussant (1%) des caséines du lait et (0.75%) du Tween 80.

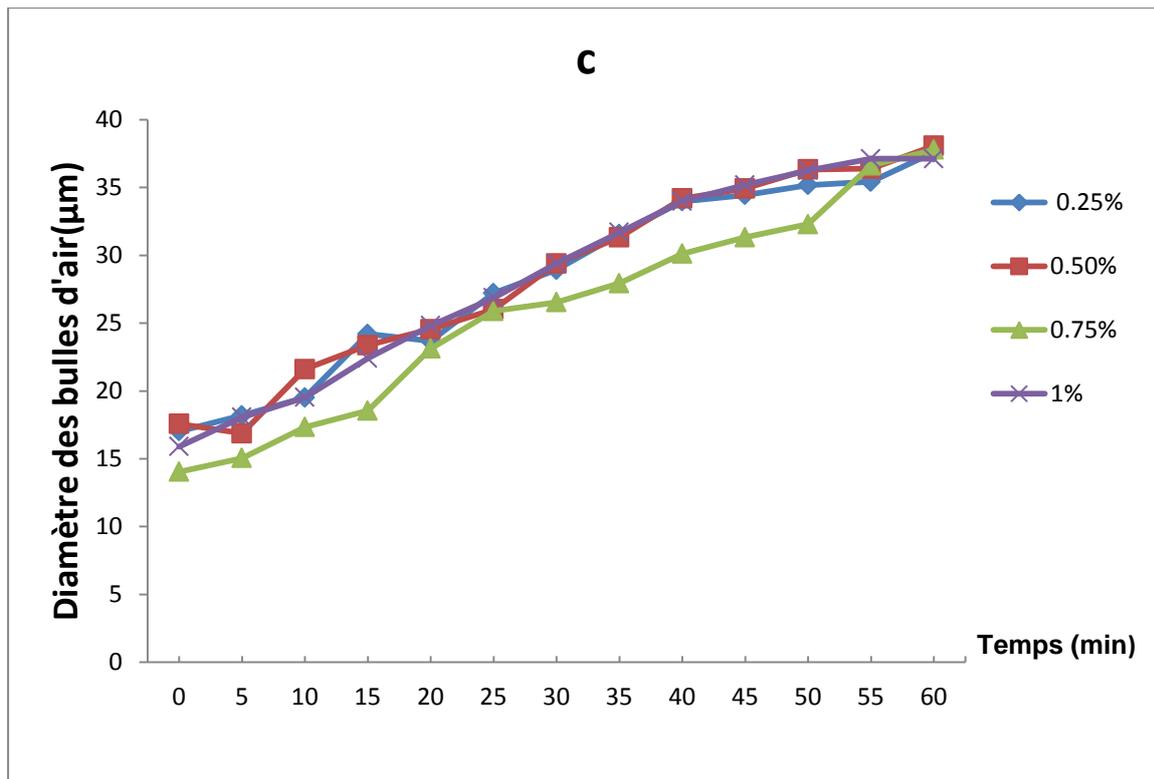


(CM =236.36 de Solution moussante caséines du lait 0.75 %).

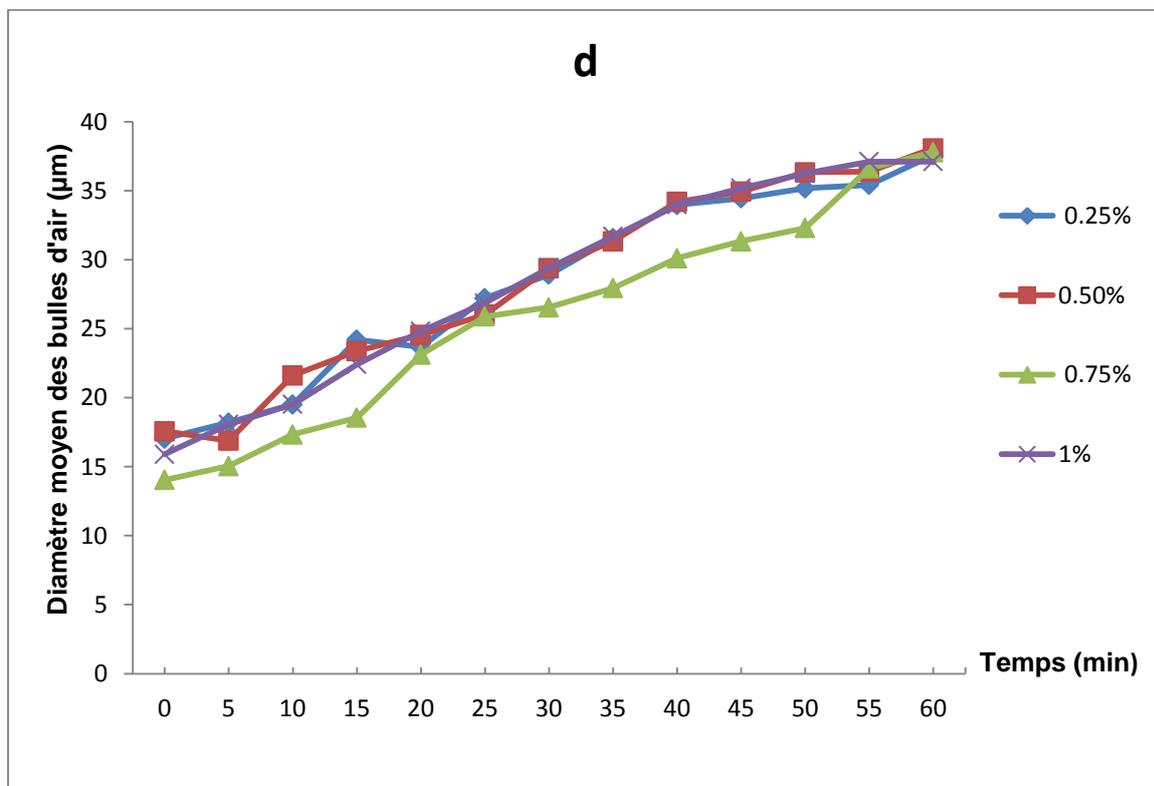


(CM =153.3) de Solution moussante caséines du lait (1 %).

Figure 3 : Cinétique de la capacité moussante des caséines du lait (a) et du Tween 80 (b).



($\phi = 38.07\mu\text{m}$) de Bulles de gaz de la solution moussante des caséines du lait.



($\phi = 37.11\mu\text{m}$) de Bulles de gaz (de la solution moussante (0.75%).de Tween 80 (1%).

Figure 4 : Cinitique du diamètre moyen des bulles d'air des caséines du lait(c) et du Tween 80 (d).

IV- 2-Système mixte**IV- 2-1.-Capacité moussante**

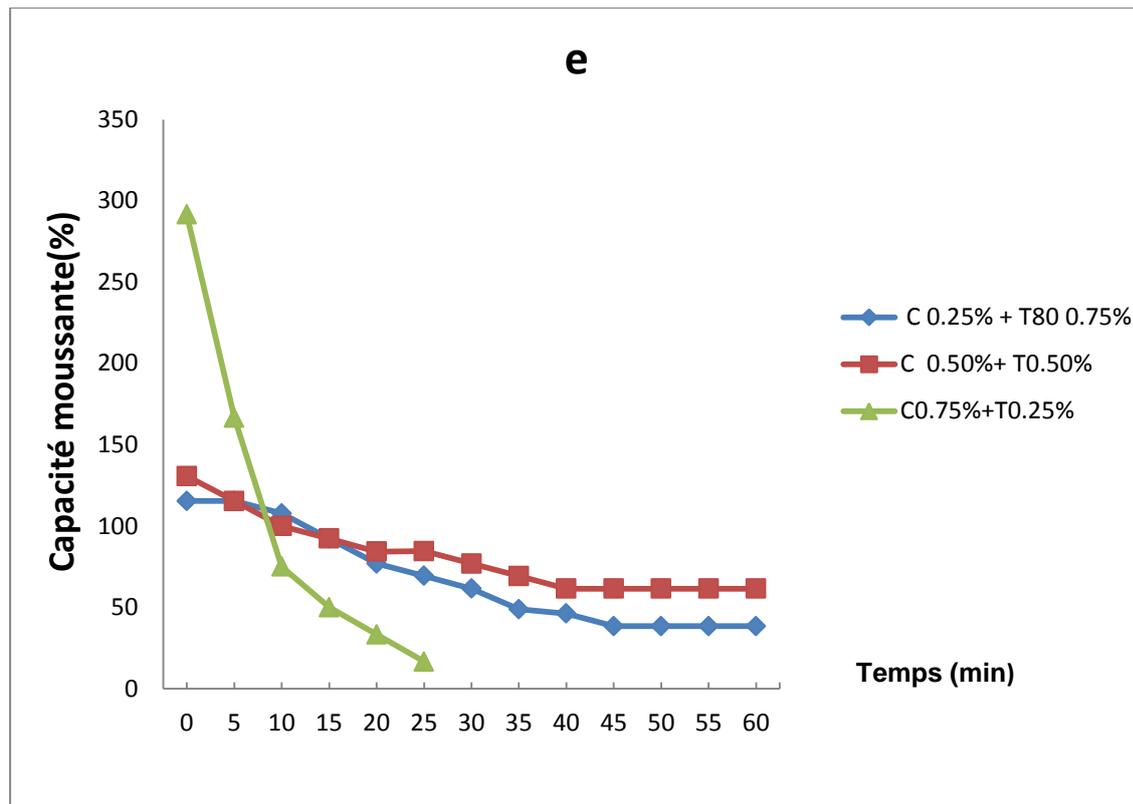
La figure 5 donne l'évolution de la capacité moussante de l'interaction des caséines du lait et du Tween80.

A temps $t=0$ min, la meilleure capacité moussante (291,66%) est notée dans la solution moussante d'interaction Caséines –Tween80 (0,75%) ; au cours de temps et après $t=60$ min la meilleure capacité moussante (61,53%) est marquée dans la solution moussante d'interaction Caséines -Tween 80(0,50%).

On a noté la disparition totale de la mousse après $t=25$ min pour la solution moussante de l'interaction Caséines(0.25%) –Tween 80 (0,75%).

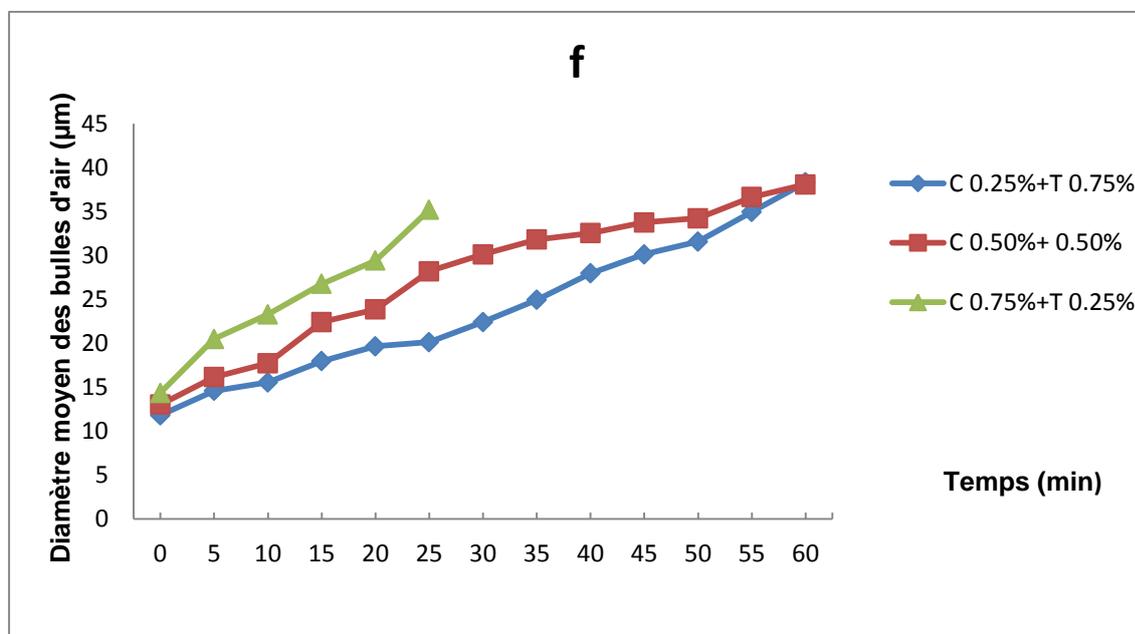
IV- 2-2-Diamètre des bulles de gaz

A temps $t=0$ min, le diamètre inférieur des bulles de gaz est celui observé dans la solution moussante de l'interaction Caséines (0.25%) et Tween80 (0.75%).



(CM =291.66) de Solution moussante caséines du lait (0.75 %).

Figure 5 : Cinétique de la capacité moussante d'interaction Caséines- Tween80.



($\varnothing = 38.31\mu m$) de Bulles de gaz de solution moussante d'interaction caséine-Tween 80(0.25 C-0.75T80).

Figure 6 : Cinétique du diamètre moyen d'interaction Caséines-Tween80.

D'après **Linden et Lorient (1994)**, les protéines de lactosérum, les micelles de caséine ont des bonnes propriétés moussantes. Néanmoins **Bouquelet (2008)**. Les protéines globulaires de haute masse moléculaire donnent des films épais à mousse stable car il y a la formation d'une multicouche de protéine partiellement dénaturée à l'interface.

De même **Cheftel et Lorient (1982)** ; **Lorient et al.,(1991)**, ont considéré que les caséines et les protéines de sérum ont un bon foisonnement, néanmoins les caséines présentent une faible stabilité des mousses par rapport aux protéines de sérum.

Les bulles de mousse alimentaires ont un diamètre de 0.1à 3mm en moyenne (**Cayot et al., 1998**).

Selon **Zayas (1997)**, les propriétés moussantes des protéines sont influencées par la source de la protéine, les méthodes et les paramètres de procédés, y compris l'isolement des protéines, la température, le pH, la concentration en protéines, le temps de mélange et le procédé de moussage, parmi les facteurs les plus influençant sur la capacité de moussage (CM) des protéines, le type d'équipement de moussage et la méthode d'agitation.

La tension superficielle à l'interface gaz-liquide est affectée par la température; plus la température est élevée, plus la tension superficielle est basse en raison de modifications de la conformation des protéines (**Pudron,1980**). Chaque protéine possède un pouvoir moussant différent, toutefois, la tension superficielle ne varie pas proportionnellement au pouvoir moussant (**Kitabatake et Doi,1982**).

La fonction de base des protéines dans les mousses est de diminuer la tension interfaciale, d'augmenter les propriétés visqueuses et élastiques de la phase liquide et de former des films résistants, la moussabilité des protéines est corrélée à sa capacité à diminuer la tension superficielle à l'interface air-liquide et que les protéines possèdent la capacité d'absorber à l'interface et de réduire la tension superficielle (**Zayas ,1997**).

Selon **Zayas (1997)**, les protéines à molécules flexibles, telles que la caséine β , réduisent rapidement la tension superficielle et ont une meilleure capacité moussante, tandis que les protéines globulaires à molécules hautement ordonnées, telles que le lysozyme, ont un faible pouvoir moussant.

Trois protéines, la β -caséine, la BSA et le lysozyme, représentent un large éventail de structures protéiques et leurs propriétés de surface ont montré que les différences de structure étaient responsables du comportement différent de ces trois protéines aux interfaces (**Zayas, 1997**).

Pour servir comme un stabilisant efficace de la mousse, les protéines doivent s'absorber rapidement à l'interface air / eau ; **Graham et Phillips(1980)** ont montré différents taux de formation de mousse sur les solutions de protéines agitées en fonction des taux d'augmentation de la pression de surface lors de l'adsorption et ont suggéré de suivre l'ordre β -caséine > BSA > lysozyme.

IV-3-Aspect microscopique

Les tableaux 5 et 6 illustrent les aspects microscopiques des bulles d'air pour les deux systèmes.

Tableau 5: Aspect microscopique des solutions moussantes étudiées dans leur système individuel.

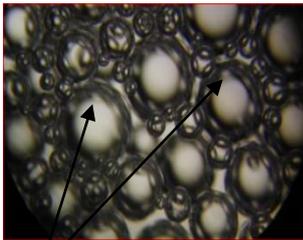
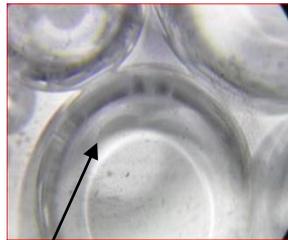
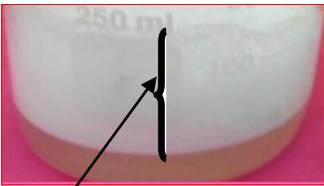
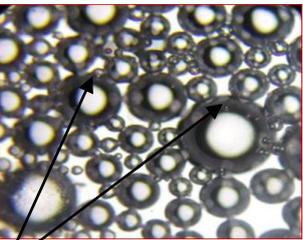
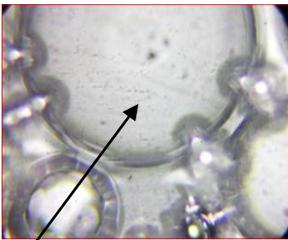
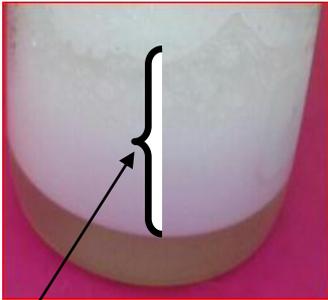
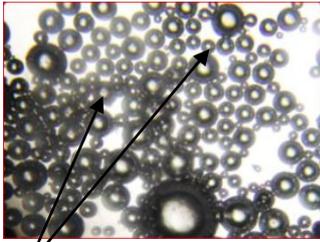
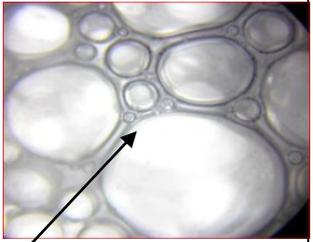
Molécules	Système individuel		
	Capacité moussante(%) t=0min	Diamètre des bulles de gaz (μm)	
		(t=0min)	(t=60min)
Tween80 (1%) dans H ₂ O distillée	 Mousse (CM= 153.3)	 Bulles de gaz ($\varnothing = 15.9\mu\text{m}$) (G×10)	 Bulles de gaz ($\varnothing = 37.11\mu\text{m}$) (G×40)
Caséines(0.25%) dans le NaOH1N	 Mousse (CM= 236.36)	 Bulles de gaz ($\varnothing 17.03\mu\text{m}$) (G×10)	 Bulles de gaz ($\varnothing = 37.58\mu\text{m}$) (G×40)

Tableau 6: Aspect microscopique des solutions moussantes étudiées dans leur système mixte

Molécule	Système mixte		
	Capacité moussante(%) t=0min	Diamètre des bulles de gaz (μm)	
		(t=0min)	(t=60min)
Caséines(0.50%)+ Tween80(0.50%) dans NaOH1N	 Mousse (CM=291.66)	 Bulles de gaz ($\varnothing = 11.8\mu\text{m}$) (G \times 10)	 Bulles de gaz ($\varnothing = 38.07\mu\text{m}$) (G \times 40)

Conclusion générale

Conclusion

Conclusion

L'étude des propriétés moussantes des caséines du lait a dégagé des résultats satisfaisants et acceptables vis-à-vis la littérature du sujet :

- Pour les propriétés physiques (pH et densité) des solutions moussantes préparées à base des caséines du lait, Tween 80 dans leur système individuel et mixte sont caractérisés par une forte stabilité au cours du temps ;
- La moussabilité des molécules étudiées a dépendu selon leur nature, structure et les conditions opératoires mises en œuvre ;
- Dans leur système individuel, les meilleures propriétés moussantes (capacité moussante et diamètre des bulles d'air) sont celles marquées dans les solutions moussantes à base des caséines du lait (0.25%) et du Tween 80 (1%) ;
- Or dans leur système mixte, les meilleures propriétés moussantes (capacité moussante et diamètre des bulles d'air) sont celles enregistrées dans la solution moussante à base des caséines du lait (0.50%) et du Tween 80 (0.50%) ;

En perspective, nous proposons un travail complémentaire qui porte sur l'étude comparative du pouvoir moussant des caséines du lait avec d'autres agents moussants (Tween20, Tween 60).

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- Bouquet S., (2008).** Les Protéines alimentaires *in* : «Biochimie alimentaire », Ed Université des Sciences et Technologies de Lille.
- Bourriot S., (2002).** Conférence sur les additifs alimentaires .Olympiades Nationales de la Chimie. 9p.
- Bruchon J., (2004).** Etude de la formation d'une structure de mousse par simulation directe de l'expansion de bulles dans une matrice liquide polymère. Thèse Doctorat en Mécanique Numérique, Paris. 191p.
- Cayot P et Lorient D., (1998).** Structures et techno fonctions des protéines du lait. Ed Tec & Doc Lavoisier, Paris .1p ,318p, 323p,327p.
- Cheftel J-C et Lorient D., (1982).** Aspects technologiques : Les propriétés fonctionnelles des protéines laitières et leur amélioration. Lait, 62p, 435p,483p.
- Cheftel J-C., Cuq J-L et Lorient D., (1985).** Les protéines alimentaires. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris. 2p,80p.
- Chitour C-E., (2004).** Physico-chimie des surfaces, les interfaces liquide-liquide et gaz-liquide dans les solutions aqueuses. Ed OPU, N°2 , Alger. 249p.
- George A., Burdock., (1997).** Encyclopedia of food and color additives, CRC Press. 534p.
- Gonzalez C ., Herranz A et Vallée C., (2004).** Les propriétés moussantes du lait. Projet industriel de l'Institut National Polytechnique de Lorraine. 20p.
- Graham, D- E., et Phillips, M-C., (1980).** Proteins at liquid interfaces. I. Kinetics of adsorption and surface denaturation, J Colloid Interface Sci. 70P, 403P.
- Jeantet R., Croguennec T., Schuk P., Brulé G., (2007).** Science des aliments. V2, Technologie des produits alimentaires, Tec. Doc., Lavoisier, Paris, New York .12p, 13p, 321p, 331p.
- Karam M-C., (2018).** Réhydratation des protéines laitières dans un milieu complexe : influence de l'état d'hydratation sur les propriétés texturales des gels acides. Sciences agricoles. Université de Lorraine, 2013. Français. <NNT : 2013LORR0132>. <tel-01750125> .19p, 21p.
- Khanji A., (2018).** Stabilisation de la curcumine par la micelle de caséine : approches structurale et technofonctionnelle. Alimentation et Nutrition. Université de Lorraine, 2017. Français. NNT : 2017LORR0144. tel-01760559. HAL Id:tel-01760559 <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01760559> Submitted on 6 Apr 2018. 54p, 73p.
- Leonil J., Marchin S., Henry G., Jouanneau D., Putaux J-L., (2007).** Lacaséine K: quel rôle dans la structuration de la micelle de caséines ? Colloque SF μ -Grenoble -5-8 Juin 2007.

Références bibliographiques

- Linden G et Lorient D .,(1994).**Biochimie agro- industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole. Ed Masson, Paris, 67p.
- Lorient D et .,Closs B et Caurthaudan J-L .,(1991).** - Connaissances nouvelles sur les propriétés fonctionnelles des protéines du lait et des dérivés, Lait. 71p, 141p, 171p.
- Mathieu J., (1998).**Initiation à la Physico-Chimie du Lait. Ed Tec Doc Lavoisier, Paris.76P ,214P.
- FAO., (2018).**Ligne de production de caséine. <https://www.gea.com/fr/solutions/casein-production-line.jsp>. Les lignes de process de GEA permettent la récupération de la caséine par ... 80 pour cent, la caséine est la plus importante fraction protéique du *lait* de vache. ... Selon le type de caséine (acide ou présure) .
- O'neil M-J. ,(2006).**The Merck Index-An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ : Merck and Co., Inc,1310P.
- Pougheon Set Goursaud J ., (2001).**Le lait caractéristiques physicochimiques In Debry G., lait , nutrition et santé ,Tec et Duc ;paris .p 6,p 566.
- Purdon A-D., (1980).** The temperature dependence of surface tension and critical micelle concentration of egg lysolecithin, *ColloidPolym.Sci.*, 258p, 1062p.
- Kitabatake, N. and Doi, E. (1982). Surface tension and foaming of protein solutions, *JFood Sci.*, 47p,1218p.
- Rebesein M., Soerensen C.,(2008).** Chimie, préparation au bac et à la maturité.2^{eme} Edition revue et augmente, 219p.
- Schmidt D.G.,(1982).** Association of caseins and casein micelle structure.In Developments of Dairy Chemistry-1.Proteins. Applied Science Publishers, London and New York.
- Zayas J-F., (1997).**Foaming Properties of Proteins. In: Functionality of Proteins in Food. Springer, Berlin, Heidelberg.

Annexes

Annexes

Annexe1 : Paramètres physique des caséines du lait (pH et densité).

Paramètres	pH		Densité
Tween80+EAU	t₀	t₆₀	Densité au t₆₀
0.25%	6.28	6.21	0.98
0.50%	6.30	6.22	0.98
0.75%	6.34	6.30	0.98
1%	6.22	6.11	0.98
Caséines +NaOH (1N)	t₀	t₆₀	Densité
0.25%	14.42	14.20	1.03
0.50%	14.44	14.16	1.05
0.75%	14.24	14.37	1.05
1%	14.34	14.48	1.03
Caséines+Tween80+NaOH (1N)	t₀	t₆₀	Densité
0.25+0.75%	14.40	14.46	1.03
0.50+0.50%	14.40	14.30	1.03
0.75+0.25%	14.44	14.20	1.03

Annexes

Annexe 2 : Propriétés physiques et chimiques de la Tween 80 (O'neil, 2006).

Tween 80	Caractéristiques
Forme	Liquide
Couleur	Jaune
Odeur	Inodore
pH à 20°C	5-7
Viscosité cinématique à 25°C	300-500 mm ² /s
Point de fusion	Non disponible
Point d'ébullition	>100°C
Température d'inflammation	>180°C
Point d'éclair	>149°C
Limites d'explosion : Inférieure	Non disponible
Supérieure	Non disponible
Pression de vapeur	<1.33 hPa
Densité	1.07 g/cm ³
Solubilité à 20°C dans : eau	Soluble
Ethanol	Soluble

Annexes

Annexe 3 : Béchers pour la formation de la mousse.

	Bécher 1(250ml)	Bécher 2(250ml)
Marque	ISOLAB	Riviera TM
Hauteur	9.1	9.1
Diamètre	7.6	7.6

Annexe 4 : Capacités moussantes(Tween80) et diamètres des bulles de gaz dans leur système individuel.

	Dosage							
	0.25%		0.50%		0.75%		1%	
Temps (min)	Capacité moussante (%)				Diamètre des bulles de gaz (µm)			
t ₀	92.85	135.7	140	146.6	17.03	17.57	14.04	15.9
t ₅	85.74	128.5	133.3	153.3	18.19	16.88	15.05	18.07
t ₁₀	85.71	128.5	133.3	140	19.51	21.61	17.34	19.52
t ₁₅	85.71	128.5	126.6	126.6	24.80	23.37	18.55	22.41
t ₂₀	85.71	121.4	120	120	23.68	24.55	23.12	24.82
t ₂₅	78.57	121.4	120	120	27.21	26.22	25.89	26.87
t ₃₀	78.57	114.2	113	120	28.92	29.39	26.54	29.4
t ₃₅	78.57	114.2	106.6	120	31.56	31.33	27.94	31.69
t ₄₀	78.57	114.2	100	120	33.97	34.19	30.11	33.89
t ₄₅	71.42	114.2	100	120	34.44	34.93	31.33	35.18
t ₅₀	71.42	107.1	93.3	120	35.17	36.33	32.29	36.25
t ₅₅	71.42	107.1	93.3	120	35.42	36.38	36.62	37.11
t ₆₀	71.42	107.1	93.3	120	37.58	38.07	73.79	37.11

Annexes

Annexe 5: Capacités moussantes et diamètres des bulles de gaz (Caséines-NaOH1N) dans leur système individuel.

	Dosage							
	0.25%		0.50%		0.75%		1%	
Temps (min)	Capacité moussante (%)				Diamètre des bulles de gaz (µm)			
t ₀	100	141.6	245	236.36	14.7	19.53	12.65	12.17
t ₅	95	133.3	227	181.81	16.02	17.95	15.78	14.33
t ₁₀	90	125	209	127.27	19.64	19.4	19.4	15.42
t ₁₅	85	83.3	154	81.81	20.48	26.4	21.56	18.07
t ₂₀	80	66.6	127	72.72	22.05	26.26	24.82	20.48
t ₂₅	75	61.9	100	63.63	26.75	28.67	27.23	22.05
t ₃₀	75	50	81	54.54	27.71	29.64	29.88	23.37
t ₃₅	75	33.33	72	54.54	29.88	30.12	32.77	26.75
t ₄₀	75	25	63	54.54	29.88	32.29	33.01	26.47
t ₄₅	75	16.66	54	54.54	34.94	32.53	33.74	27.23
t ₅₀	75	16.66	45	54.54	36.15	33.49	35.9	28.67
t ₅₅	75	8.33	36	54.54	38.07	33.98	36.63	30.36
t ₆₀	75	8.33	27	54.54	41.96	35.18	38.07	33.01

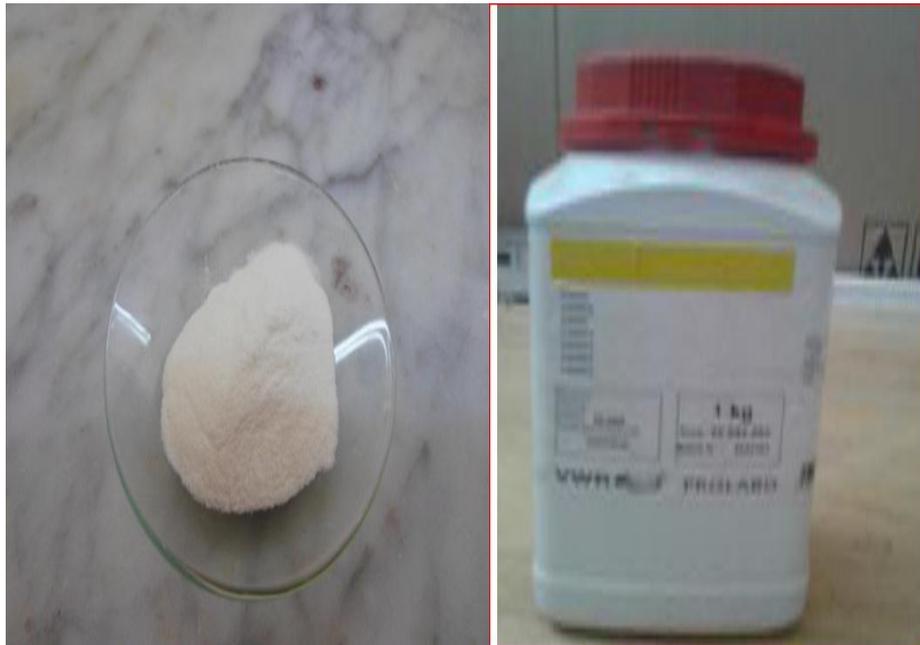
Annexes

Annexe 6 : Capacités moussantes et diamètres des bulles de gaz (Caséines – Tween80) dans leur système mixte.

	Dosage					
	C0.25% +T 0.75%		C0.50%+T 0.50%		C0.75%+ T0.25%	
	Capacité moussante(%)			Diamètre des bulles de gaz (µm)		
Temps(min)	0.25 %	0.50%	0.75%	0.25%	0.50%	0.75%
t ₀	115.38	130.76	291.66	11.8	13.01	14.33
t ₅	115.38	115.38	166.66	14.58	16.14	20.48
t ₁₀	107.69	100	75	15.54	17.71	26.75
t ₁₅	92.3	92.3	50	17.95	22.41	29.4
t ₂₀	76.92	84.61	33.33	19.64	23.83	35.18
t ₂₅	69.32	84.3	16.66	29.12	28.19	36.87
t ₃₀	61.53	76.32	/	22.41	30.12	/
t ₃₅	48.84	69.23	/	24.94	31.81	/
t ₄₀	46.15	61.53	/	27.95	32.53	/
t ₄₅	38.46	61.53	/	30.12	33.74	/
t ₅₀	38.46	61.53	/	31.57	34.22	/
t ₅₅	38.46	61.53	/	34.94	36.63	/
t ₆₀	38.46	61.53	/	38.31	38.07	/

Annexes

Annexe7:Photos des caséines du lait.



Annexe 8 : Photos de Tween 80.



Résumé

L'objectif de notre étude a centré sur l'évaluation des propriétés moussantes des caséines du lait comparées à celles notées dans le Tween 80 dans leur système individuel et mixte.

Notre étude expérimentale axée d'une part sur l'étude des paramètres physiques des solutions moussantes (pH et densité) dans leur système individuel et mixte, et d'autre part sur l'analyse du pouvoir moussant des molécules (caséines du lait, Tween 80 et de l'interaction caséine-Tween 80).

Les résultats expérimentaux, montrent que les propriétés moussantes des molécules étudiées dans le système individuel et mixte, dépendent de leur dose, leur structure, la nature de l'interaction, la technique et la vitesse de foisonnement.

Mots clés : Caséines, Mousse, Interaction, Tween 80, Dose.

ملخص

يهدف عملنا التجريبي على دراسة المميزات الفيزيائية للمحاليل الرغوية (كمون الهيدروجين والكثافة) في الحالة الفردية وحالة المزج و معايرة القدرة الرغوية للكازين و التوين 80 و في حالة الدمج بينهما.

النتائج التجريبية تركز على المميزات الرغوية للجريبتين في الحالة الفردية و الدمج على البنية وكذلك التركيز و طبيعة التداخل و سرعة الخلط .

الكلمات الدالة : الكازين، الرغوة، التداخل، توين 80، التركيز.