

Université IBN KHALDOUN Tiaret
Faculté Des Sciences Agronomiques
et Vétérinaires
Département Des Sciences Agronomiques et Biologiques

THEME

**EFFET DES TRAITEMENTS MICROONDES
SUR LES PROPRIETES EMULSIFIANTES
DU LACTOSERUM**

En vue de l'obtention du diplôme de Magister.
Spécialité : Agronomie
Option : écologie et environnement.

Présenté par : M . Mourad BENBEGUARA

Promoteur : M. CHOUKRI A . Maître de conférence

Membres du jury :

Président : M. DELLAL .A. Maître de conférence.

Examineur : M. DILEM .A . Maître de conférence

Examineur : M. RAMOUN .M . Professeur.

Examineur : M. HADJ SAID .A. Chargé de cour.

Soutenu le 16/01/2003.

Avant-propos

Le présent travail a été réalisé sous la direction du docteur CHOUKRI A, qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude, pour sa disponibilité et sa bienveillance, je lui suis très reconnaissant de m'avoir fait bénéficier de ses précieux conseils, et de sa grande expérience.

Monsieur : DELLAL A. maître de conférence de l'université de Tiaret qui ma fait l'honneur de présider mon jury de mémoire, je lui exprimé ma profonde reconnaissance.

Il m'est également agréable de devoir remercier M. DILEM.A. Maître de conférence de l'université de Tiaret et M. RAHMOUN . M. professeur de l'université de Tiaret qui ont bien voulu accepter d'examiner ce travail et de participer du jury.

Mes plus vifs remerciements vont également à M. HADJ SAID A .chargé de cours au sein de la faculté des sciences agronomiques et vétérinaires pour ses encouragements et ses conseils et de bien vouloir juger ce mémoire.

Mes remerciement les plus chaleureux vent à:

- à Mr KHALDI Y qui m'a aidé beaucoup pour la réalisation de ce travail.
- à Mr MEBKHOUT M pour son assistance capitale durant toute la période de mon travail.
- à Mr AMARA pour ses encouragement et ses conseils
- à tous les enseignants de ISA et de l'institut de KSAR CHELLALA pour leurs aides et encouragements sans oublier les techniciens de laboratoire.

DEDICACES

C'est avec l'aide de dieu tout puissant que ce travail a pu terminé je le dédie :
à mes chères parents qui mon offert amour et vaine existence et qui ont fait
beaucoup de sacrifier tout en veillent sur mon éducation pour que je suis un
jour le digne de leur bonne foi

à mas frères ABDELAZIZ; OMAR, BACHIR et NOURDDIN.

à mes aimable sœur, à toute ma famille.

Tous les parents : cousines, oncles, tantes, Vieux et nièces.

Aux famille : BENBEGUARA, SAKET, BELABED, SALEM, HAMADI,
REGUEIG, BOULENOIR, AZZI, BELKHAROUBI, SAOUDI et KALAI.

à ma femme BELBED. K

à mes amies BOUABDELLA, ADDA, SAID, MOKHTAR, KAMAL,
BOUGRINE, CHARIT, KHALAT, HADJARI, BENADJENIA, MOKHTAR
RAMDAN, ZEROUKI, DANDANI, ZAZA, NAÂB.

à tous mes amis de la promotion 1999-2002.

Et à tous ceux dont je n'ai pu citer les noms qu'ils croient en ma gratitude et ma
considération.

Mourad .B

Liste des abréviations

FAO :	
C° :	Degré celçus .
MS :	Matière sèche
g :	Gramme .
mg :	Milligramme
% :	Pourcentage
INRA :	Institut national de recherche agronomique
Kg :	Kilogramme .
µm :	Micromètre .
mN/m :	Millimètre Nioton mètre .
J/m ² :	Joul mètre carré .
mn :	Minute .
CS :	Caseinate de sodium .
LSAR:	Lactosérum acide issu du lait reconstitué .
LSAV :	Lactosérum acide issu du lait de vache .
LSDR :	Lactosérum doux issu du lait reconstitué .
LSDV :	Lactosérum doux issu du lait de vache .
HA :	Huile d'amande douce .
HO :	Huile d'olive .
H/LS :	Huile dans le lactosérum .
LSAR/ HA/CS:	huile d'amande douce dans le lactosérum acide issu du lait reconstitue en présence de caseinate de sodium .
LSAVT/HA/CS :	huile d'amande douce dans le lactosérum acide issu du lait de vache en présence de caseinate de sodium traitées aux microondes.
AFNOR:	Association française de normalisation .
C m ² :	Centimètre carré .
Cm ³ :	Centimètre cube .
OCC :	Oléagineux corps gras lipides .

Liste des tableaux

- Tableau 01 : Les différents types de lactosérum
- Tableau 02 : Teneur moyenne en éléments minéraux du lactosérum .
- Tableau 03 : Compositions moyennes rapportées à 100g de MS des trois types de lactosérum .
- Tableau 04 : Principales propriétés fonctionnelles des protéines du lait .
- Tableau 05 : Impact des traitements particuliers sur la valeur nutritionnelle du lactosérum obtenu .
- Tableau 06 : Les différents types de dispersions .
- Tableau 07 : Aspect des dispersions .
- Tableau 08 : Effet de la taille des gouttelettes sur l'aspect de l'émulsion .
- Tableau 09 : Principaux facteurs physiques affectant la stabilité et la rhéologie des émulsions .
- Tableau 10 : Les différentes méthodes de mesure des propriétés émulsifiantes .
- Tableau 11 : L'indice de réfraction de différent lactosérum étudiés .
- Tableau 12 : La matière sèche des différents lactosérums étudiés exprimés en g/l .
- Tableau 13 : Cendres des différents lactosérums étudiés exprimés en g/l .
- Tableau 14 : Les résultats de la densité des différents lactosérums étudiés .
- Tableau 15 : Les résultats du pH des différents lactosérums étudiés .
- Tableau 16 : L'acidité des différents lactosérums étudiés exprimé en degré Dormc (°D) .
- Tableau 17 : Caractérisation des émulsions obtenus à partir des différents lactosérums et huiles traitées et non traitées en microonde.

Listes des figures .

- Figure 01 : Schéma technologique d'obtention des principaux types de sérum issu de la première transformation du lait .
- Figure 02 : Fractionnement des substances azotées du lait .
- Figure 03 : Schéma de fabrication de la poudre du lactosérum .
- Figure 04 : Schéma de fabrication du lactose spray .
- Figure 05 : Principales transformations industrielles du lactosérum .
- Figure 06 : Diverses possibilités de valorisation du lactosérum .
- Figure 07 : Représentation schématique d'une émulsion .
- Figure 08 : L'émulsion eau dans l'huile et l'huile dans l'eau .
- Figure 09 : Echelle des ordres de grandeur des particules dispersées dans l'eau .
- Figure 10 : Schéma des mécanismes de déstabilisation d'une émulsion .
- Figure 11 : Evaluation de la conductivité d'une émulsion lors de l'inversion de phases.
- Figure 12 : Processus de coalescence .
- Figure 13 : Action de l'agent émulsifiant .
- Figure 14a : Schéma pour la préparation du lactosérum .
- Figure 14b : Schéma du protocole expérimentale .
- Figure 15 : Préparation des différents types d'émulsions .
- Figure 16 : Représentation schématique de l'évaluation de la stabilité des émulsions .
- Figure 17 : Evolution du nombre des globules gras en fonction du temps pour les émulsion non traitées .
- Figure 18 : Evolution du nombre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions non traitées .
- Figure 19 : Evolution du nombre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions traitées .
- Figure 20 : L'évolution du nombre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions traitées .
- Figure 21 : L'évolution du diamètre des globules gras en fonction du temps pour les mulsions non traitées .
- Figure 22 : L'évolution du diamètre des globules gras en fonction du temps pour les mulsions

Figure 23 : L'évolution du diamètre des globules gras en fonction du temps pour les mulsions traitées .

Figure 24 : L'évolution du diamètre des globules gras en fonction du temps pour les mulsions traitées .

Figure 25 : L'évolution de la stabilité au cour du temps pour les émulsions non traitées

Figure 26 : L'évolution de la stabilité au cour du temps pour les émulsions non traitées

Figure 27 : L'évolution de la stabilité au cour du temps pour les émulsions traitées

Figure 28 : L'évolution de la stabilité au cour du temps pour les émulsions traitées.

Figure 29 : L'évolution de l'index de stabilité au cour du temps pour les émulsions non traitées

Figure 30 : L'évolution de l'index de stabilité au cour du temps pour les émulsions non traitées

Figure 31 : L'évolution de l'index de stabilité au cour du temps pour les émulsions traitées.

Figure 32 : L'évolution de l'index de stabilité au cour du temps pour les émulsions traitées

Figure 33 : L'évolution de la surface interfaciale au cour du temps pour les émulsions non traitées.

Figure 34 : L'évolution de la surface interfaciale au cour du temps pour les émulsions non traitées.

Figure 35: L'évolution de la surface interfaciale au cour du temps pour les émulsions traitées.

Figure 36: L'évolution de la surface interfaciale au cour du temps pour les émulsions traitées.

Sommaire

INTRODUCTION .

PREMIERE PARTIE : Etude bibliographique.

CHAPITRE I : Caractérisation du lactosérum .

.1. Généralité	1.
.1.1. Définition	1.
.1.2. Différents types de lactosérum	1.
.1.2.1. Le lactosérum doux	1.
.1.2.2. Le lactosérum acide	1.
.1.3. Composition des lactosérums	4.
.1.3.1. Le lactose	4.
.1.3.2. Protéines du lactosérum	4.
.1.3.3. Les vitamines	6.
.1.3.4 Les élément minéraux	6.
.1.3.5. Les matières grasses	6.
.1.4. Les principales propriétés fonctionnelles des protéines du lait	7.
.1.5. Utilisation des constituants du lactosérum	7.
.2. Les différentes technologies appliquées au lactosérum	8.
.2.1. Différents traitements	8.
.2.1.1. Séparation de l'eau	8.
.2.1.1.1. L'osmose inverse	8.
.2.1.1.2. L'évaporation sous vide	8.
.2.1.2. Extraction du lactose	10.
.2.1.3. Extraction des protéines	11.
.2.1.4. Séparations des éléments minéraux	11.
.2.2. Impact des traitements particuliers sur la valeur nutritionnelle de lactosérum obtenus	11.
.3. Valorisation du lactosérum	11.
.3.1. Utilisation dans l'alimentation de jeunes animaux	12.
.3.2. Utilisation dans l'alimentation humaine	12.
.3.2.1. Produits de boulangerie	12.
.3.2.2. Produits de substitution de l'œuf	12.
.3.2.3. Produits de viande	12.
.3.2.4. Produits de confiserie	12.
.3.2.4. Substitution de lait humain	12.
.3.3. Les principales transformation industrielles du lactosérum	13.

CHAPITRE II : Les émulsions .

.1. Les systèmes dispersés	15.
.1.1. Définition	15.
.1.2. Les différents types de dispersions	15.
.1.2.1. Dispersion solide-liquide ou suspension	15.
.1.2.2. Dispersion liquide -liquide ou émulsion	15.
.1.2.3. Dispersion gaz-liquide ou mousse	15.
.2. Les émulsions	16.
.2.2. Constituants d'une émulsion	16.
.2.3. Classification et propriétés des émulsions	16.
.2.3.1. Emulsion " lipide /eau "	17.
.2.3.2. Emulsion " eau/lipide"	17.
.2.3.3. Etude schématique de la forme des émulsions	17.

.2.3.4. Classification des émulsions selon leur finesse	18.
.2.3.5. Propriétés physiques des émulsions	19.
.2.3.5.1. Diamètre	19.
.2.3.5.2. Tension de surface	20.
.2.3.5.3. Viscosité	20.
.2.3.5.4. pH	21.
.2.4. Aspects généraux de la formation et de la rupture des émulsions	21.
.2.4.1. Conditions de création d'une émulsion	21.
.2.4.1.1. Activité de surface	21.
.2.4.1.2. Création de gouttelettes dispersées dans une phase constituée	21.
.2.4.2. La rupture des émulsions	21.
.2.5. Paramètre de milieu conditionnant la stabilité d'une émulsion	27.
.2.5.1. Paramètres agissant sur le crémage	27.
.2.5.2. Influence de la concentration des protéines à l'interface lipide / eau sur la floculation	27.
.2.5.3. Influence de la concentration des protéines à l'interface lipide /eau sur la coalescence	27.
.2.5.4. Effet du pH sur la stabilité d'une émulsion	27.
.2.5.5. Influence de la dénaturation thermique préalable des protéines sur la stabilité d'une émulsion	28.
.2.6. Les méthodes d'évaluation de la stabilité d'émulsion	28.
.2.6.1. Mesure rhéologique	28.
.2.6.2. Méthodes optiques	28.
.2.6.3. Conductimétrie	28.
.2.6.4. Les ultra son	28.
.2.6.5. La centrifugation	29.
.2.6.6. Estimation du diamètre des gouttelettes	29.
.2.6.7. Estimation du nombre de gouttelettes	29.
.2.7. Les émulsifiants (Amphiphiles)	29.
.2.7.1. Définition	29.
.2.7.2. Rôle de l'émulsifiant	30.
.2.7.3. Classification des émulsifiants	32.
.2.7.3.1. Les émulsifiants naturels	32.
.2.7.3.2. Les émulsifiants synthétiques	33.
.2.7.4. Choix de l'émulsifiant	35.
.2.8. Méthodes de détermination des propriétés émulsifiantes des protéines.....	35.
.2.8.1. Capacité émulsifiante (CE)	36.
.2.8.3. Activité émulsifiante	36.
.2.9. Comparaison des propriétés émulsifiantes de quelques protéines du lait	38.
.2.10. Intérêts des émulsions	38.
.2.10.1. Les émulsions en industrie alimentaires	38.
.2.10.2. Les émulsions en cosmétologie	39.
.2.10.3. Les émulsions dans l'industrie des lubrifiants	39.
.2.10.4. Les émulsions dans la saponification des graisses	39.

DEUXIEME PARTIE : Matériels et méthodes .

I. Matériels	40.
.1.1. Appareillage	40.
.1.2. Produits utilisés	40.
.1.3. Matière première	40.
II. Méthodes	40.
.2.1. Préparation du lactosérum	40.
.2.2. Protocole expérimental	40.
.2.3. Méthodes d'analyse physique	43.
.2.3.1. Densité	43.
.2.3.2. L'indice de réfraction	43.
.2.3.3. Taux de cendre	44.

.2.3.4. Détermination de la matière sèche	44.
.2.4. Méthodes d'analyse chimique	45.
.2.4.1. Mesure du pH	45.
.2.4.2. Détermination de l'acidité	45.
.2.5. Préparation et études des émulsions	46.
.2.5.1. Préparation des émulsion	46.
.2.5.2. Observations microscopiques à la lumière polarisée	48.
.2.5.3. Estimation du nombre de gouttelettes	48.
.2.5.4. Evaluation du diamètre des globules gras des émulsions utilisée	49.
.2.5.6. Détermination de la surface interfaciales	49.
.2.5.7. Evaluation de la stabilité des émulsions	50.
.2.5.7.1. Mesure de la stabilité de l'émulsion	51.
.2.5.7.2. Mesure de l'indice de stabilité	51.

TROISIEME PARTIE : Résultats et discussions .

.1. Caractérisation physico-chimique des lactosérums	52.
.1.1. Les paramètres physiques	52.
.1.1.1. Index de réfraction.	52.
.1.1.2. Matière sèche	52.
.1.1.3. Cendre	53.
.1.1.4. Densité	54.
.1.2. Les paramètres chimiques	54.
.1.2.1.pH	54.
.1.2.2. Acidité	55.
.2. Caractérisation des émulsions	55.
.2.1. Caractérisation des émulsions traitées et non traitées aux microondes obtenues à partir des différents lactosérums et huiles	55.
.2.2. Nombre de globules gras	59.
.2.3. Diamètre des globules gras	64.
.2.4. Stabilité	69.
.2.5. Index de stabilité.	74.
.2.6. Surface interfaciale	79.

CONCLUSION GENERALE .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .

Introduction

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 elle sont maintenant connues .

Ces protéines présentent une grande diversité de structures et des propriétés physico-chimiques et fonctionnelle .

Malgré les progrès récents réalisés dans la connaissance de la structure des protéines du lait et de leur comportement technofonctionnel , il subsiste de nombreux points d'interrogation qui sont autant de technologique qu'à une diversification des utilisations des protéines laitières . Parmi ces protéines , on a le lactosérum qu'est un sous produit de la fabrication fromagères .

Il faut signaler les excellentes propriétés fonctionnelles des protéines de sérum : solubilité , capacité , à absorber et fixer l'eau , gélification , propriétés émulsifiantes et moussantes .

Généralement le lactosérum est éliminé , soit par une consommation animale proche , soit par déversement dans les cours d'eau , où il serait a l'origine de pollution grave due à la fermentation de ses matières organiques .

Le mélange des lipides avec l'eau est fréquent dans les industries alimentaires pour avoir des émulsions , la nature et la qualité de ces dernières repose sur plusieurs paramètres .

Une combinaison harmonieuse des mélanges eau -lipides et des techniques de préparation adéquates assurent une bonne stabilité de l'émulsion .

Notre étude comporte deux parties :

-la première partie traite de l'étude physico-chimique des lactosérums utilisés .

-dans la deuxième partie , nous étudierons les caractéristiques des émulsions , et l'effet du traitement microondes sur ces caractéristiques .

PREMIERE PARTIE
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I
CARACTERISATION DU
LACTOSERUM

I . Généralité

1. Définition

Le lactosérum ou plus simplement sérum est la phase aqueuse qui se sépare du caillé lors de la fabrication des fromages ou de caséine (CLEMENT , 1978 ; SOTTIEZ , 1990) .

D'après LINDEN et *al* (1994)) , le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous produit de la fabrication des fromages , ou de caséine .

2 . Différents types de lactosérum

Les caractéristiques des différents types de sérum dépendent de la qualité du lait mis en œuvre , de la technologie fromagère utilisée et des traitements subis par le sérum après séparation (ANONYME) .

Selon l'acidité du sérum , on distingue deux types de sérum :

2.1. Le lactosérum doux

Résulte généralement de la coagulation du lait non acide par la présure , et provenant de la fabrication des fromages des types GRUYERE et SAINT - PAULIN et des fromages à pâtes molles (Acidité <18 Dornic) (LAHL et BRAUN, 1994) .

2.2. Le lactosérum acide

Résulte soit de la fabrication des fromages à pâte fraîche ou à pâte molle , soit de la fabrication de la caséine lactique ou acide (Acidité >18 Dornic) .

La coagulation du lait est la conséquence d'une déstabilisation des micelles de caséine qui peut se faire par acidification ou protéolyse (LARPENT et *al* , 1992) .

On peut citer d'autres types que l'on peut rencontrer :

- le lactosérum de Cheddar qui est un lactosérum acidifié ;
- le lactosérum déprotéiné obtenu après coagulation à chaud (90 C°) des protéines ;
- le lactosérum de caséine présuré qui est un sérum doux analogue au sérum d'Emmental.

Le tableau 1 résume les différents types de lactosérum .

Tableau 1: Les différents types de lactosérum (ECK , 1987 ; SOTTIEZ , 1990 ; FAO , 1995) .

Types Compositions	Lactosérum doux			Lactosérum acide		Lactosérum de protéines permeât doux d'ultrafiltration
	Pâte pressée cuite (Emmental)	Pâte pressée non cuite (ST- Paulin Edam)	Camembert	Pâte fraîche	Caséine	
-Liquide						
extrait sec (%)	6.5	5	6.5	6	6	4.5
pH	6.7	6.5	6.1	4.6	4.6	6.4
- Matière sèche (%)						
Lactose	76	75	75	65.5	74	85
Protéines	13.5	13.5	13	12	12	4
Cendres	8	8.5	9	12	12	9
Acide lactique	1.8	2	2.2	10	1.8	2
Matière grasse*	1	1	1	0.5	05	0
-Minéraux (%)						
Ca	0.6	0.65	0.7	1.9	1.8	0.6
P	0.6	0.65	0.7	1.5	1.5	0.6
Chlorures en (Nacl)	2.5	2.5	2.5	2.5	7.5	2.8

*: après écrémage

La figure 1 résume les différents types de lactosérum .

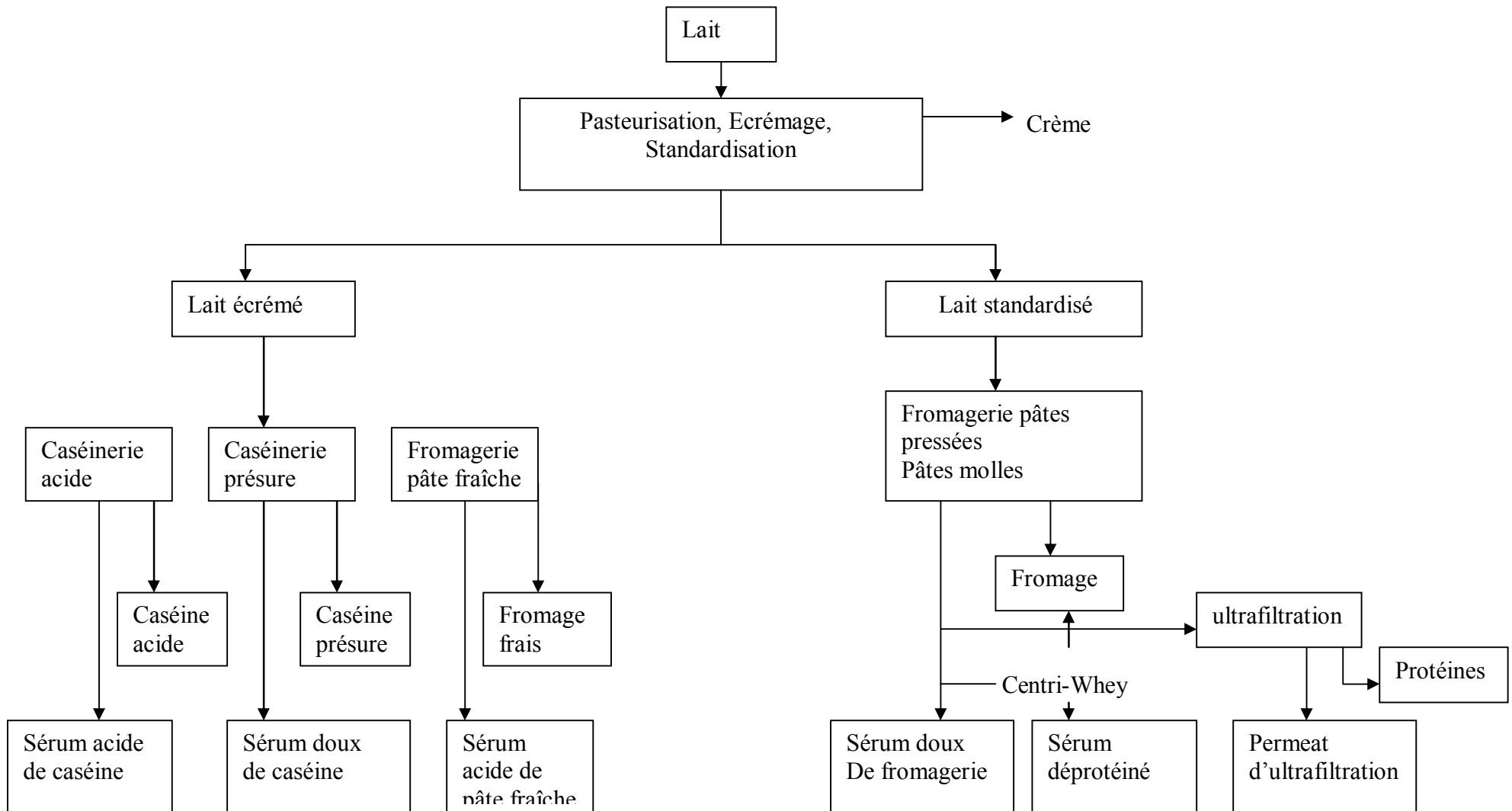


figure1 : Schéma technologique d'obtention des principaux types de sérum issus de la première transformation du lait (SOTTIEZ,1990)

3.Composition des lactosérums

La composition des lactosérums varie suivant la qualité du lait et leur origine (FAO ,1995)

On peut citer les compositions suivante :

3.1. Le lactose

Le lactose est le constituant majeur de la matière sèche du lait . Il existe deux qualités principales de lactose :

- le lactose alimentaire à 99 % minimum de lactose .
- le lactose pharmaceutique à 99.8 % minimum de lactose .

3.2. Protéines du lactosérum

D'après CAYOT (1998) et MATHIEU (1998) . Il existe quatre grandes fractions :

- les albumines ;
- les globulines ;
- les protéosel - peptones
- les protéines mineures .

La figure 2 donne un exemple du fractionnement des substances azotées du lait .

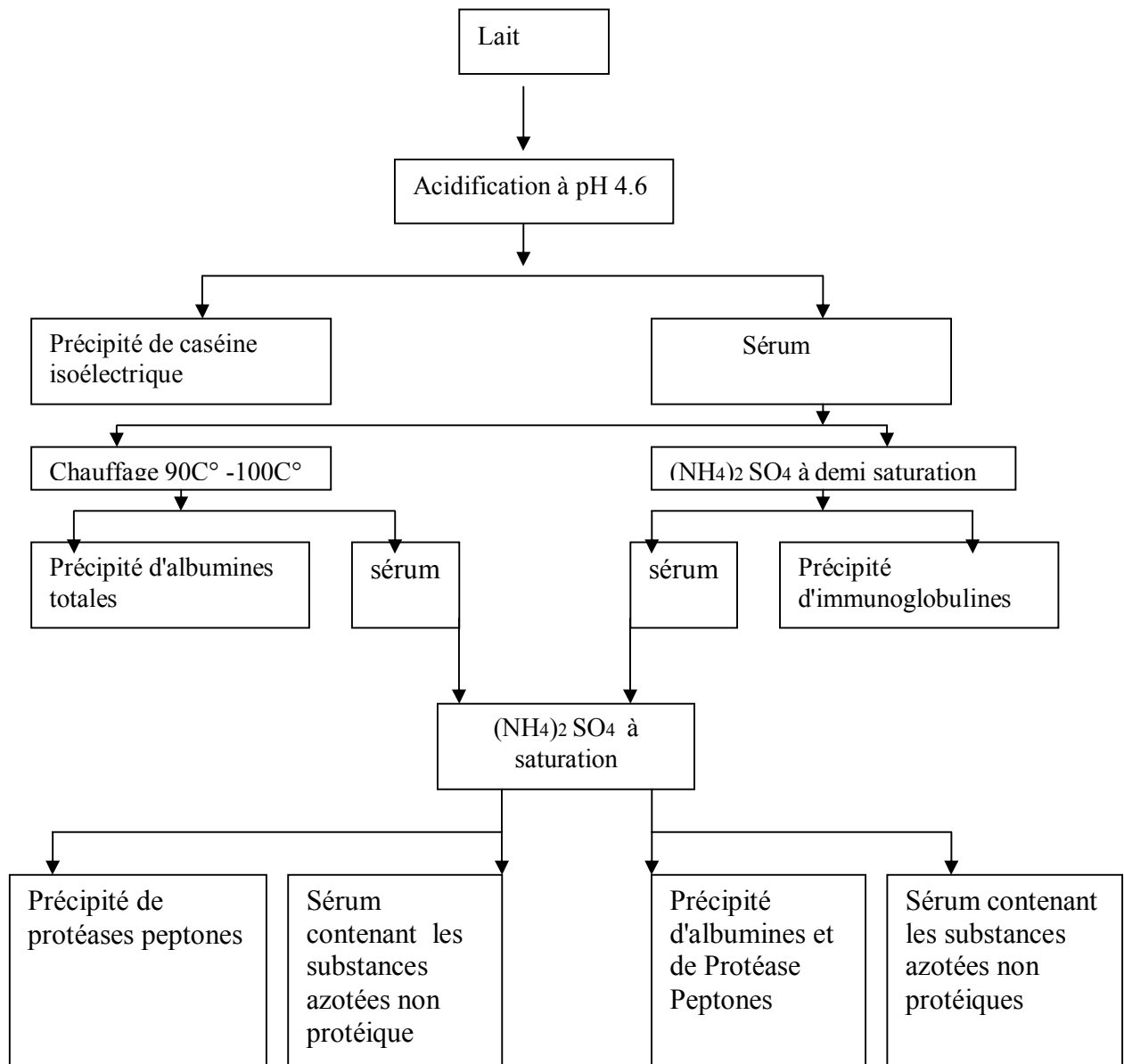


Figure 2 : Fractionnement des substances azotées du lait
(CHEFTEL , 1985 ; MATHIEU, 1998)

3.4. Les vitamines

Le lactosérum contient la majeure partie des vitamines hydrosolubles présentes dans le lait (MEREIO , 1971 ; ROGER , 1979) . D'après LINDEN (1994) le lactosérum couvre une proportion importante en vitamine du groupe B surtout (B₂, B₅, B₆) .

3.5. Les éléments minéraux

Les élément minéraux se trouvent dans le lactosérum sous forme de sels : Chlorure , Sulfate , Nitrate , Bicarbonates (PERRE et *al* , 1978 ; LINDEN , 1994) .

Le tableau 2 donne la teneur moyenne en éléments minéraux de lactosérum .

Tableau 2 : Teneur moyenne en éléments minéraux de lactosérum
(MEREIO , 1971 ; FAO ,1995)

Eléments minéraux	Teneur en mg / 100g .M.S
Calcium	500 - 725
Sodium	650 - 950
Potassium	2400 - 2900
Magnésium	80 - 160
Phosphore	700 - 800
Chlore	1500 - 1800

3.6. Les matières grasses

BOUDIER et LUQUET (1980) ont confirmé que dans le lactosérum brut , les lipides se trouvent en faible quantité.

Le tableau 3 résume les compositions des différents lactosérums .

Tableau 3 :Compositions moyennes rapportées à 100g de MS des trois types du lactosérum
(BOUDIER et LUQUET , 1980 ; VRIGNAUD ,1983) cité par (ACEM , 2001) .

Matière sèche totale (%)	LACTOSERUM		
	Présure	Lactique	Acide minéral
Lactose	70 à 80	60 à 70	65 à 75
Protéines	9 à 13.5	9 à 13.5	9 à 13
Azote non protéique	0.6 à 0.8	0.5 à 0.7	0.3 à 0.5
Matière minérale	7.5 à 9	9 à 14	9 à 13
Acidité (en % d'acide lactique)	0.05 à 0.11	0.5 à 0.8	0.4 à 0.5

4. Les principales propriétés fonctionnelles des protéines du lait

On peut résumer les propriétés fonctionnelles des propriétés du lait dans le tableau 4 .

Tableau 4: Principales propriétés fonctionnelles des protéines du lait

(LINDEN et LORIENT , 1994 ; INRA, 1999)

Propriétés	Caséine	Protéine de lactosérum
Solubilité	Insoluble à pH 4.6	Très solubles à tous pH
Viscosité	Solution très visqueuse à pH neutre et alcalin Viscosité minérale au pH 4.6	Solution peu visqueuses sauf si thermodénaturées
Hydratation	Rétention d'eau élevée avec formation de colle à forte concentration . Minimum au pH	Rétention d'eau s'accroissant avec la dénaturation.
Gélification	Pas de gélification thermique sauf en présence de calcium . Gélification de la micelle par la chymosine .	Thermogélification à partir de 70C°. Influence du pH et des sels .
Propriétés émulsifiantes	Excellentes propriétés émulsifiantes à pH neutre et alcalin .	Bonne propriétés émulsifiantes sauf à pH 4 à 5 si thermodénaturation .
Propriétés moussantes	Bon foisonnement mais faible stabilité des mousses .	Bon foisonnement et excellente stabilité des mousses .
Rétention d'arômes	Bonne rétention	Rétention très variable avec l'état de dénaturation .

5. Utilisation des constituants du lactosérum

On peut modifier certaines fractions du lactosérum de manière à obtenir des coprécipités, des protéines sériques coagulées à la chaleur ou encor des protéines sériques concentrées obtenue par ultra centrifugation (INRA, 1999).

- Les coprécipités possèdent un profil en acides aminés comparable à celui des protéines entières du lait . Ces produits servent à améliorer la teneur protéique du yaourt , des biscuits , des produits de boulangerie ...

- Les protéines coagulées à la chaleur trouvent leur meilleure application comme produit d'addition : on l'ajoute aux fromages blancs , aux yaourts et toutes sortes de produits laitiers fermentés .
- Les produits d'ultra centrifugation sont surtout utilisés en diététique infantile .

D'une manière générale la bonne qualité du lactosérum en fait un produit d'addition particulièrement approprié pour enrichir les aliments ou les régimes pauvres en protéines .

En pathologie , on pense particulièrement à l'alimentation des diabétiques , des maladies hépatiques ou des sujets souffrant de malnutrition .

En alimentation de soutien on pense aux sportifs , aux personnes âgées ainsi qu'à certaines catégories d'enfants .

2. Les différentes technologies appliquées au lactosérum

2.1. Différents traitements

2.1.1. Séparation de l'eau

Le but de la séparation de l'eau est d'augmenter la concentration du lactosérum soit en utilisant les techniques suivantes (figure 3)

2.1.1.1. l'osmose inverse

D'après DALGLEISH (1982) l'osmose inverse est une technique plus poussée de la filtration , elle est basée sur la séparation des molécules par leur tailles .

2.1.1.2. L'évaporation sous vide

Actuellement , la plupart des évaporateurs sous vide , sont à récompression mécanique des vapeurs

La figure 3 présente un schéma de la fabrication de la poudre de lactosérum.

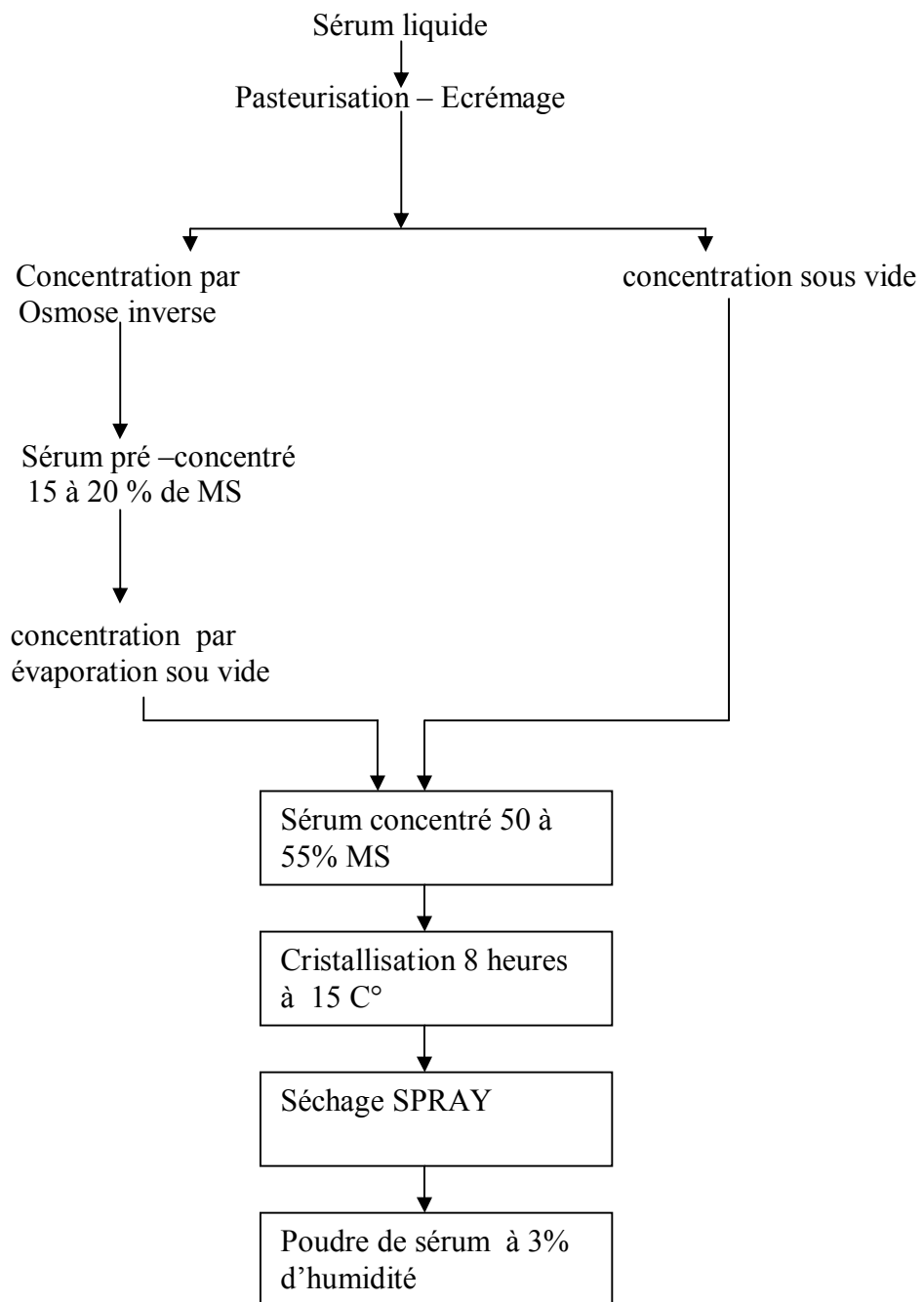


FIGURE 3: Schéma de fabrication de la poudre de lactosérum (WESTERGAARD , 1978 ; SOTTIEZ , 1990).

2.1.2. Extraction du lactose

Le lactose est le principal constituant du lactosérum , de fromagerie (LANDRE *et al* , 1981) .

La figure 4 montre la fabrication du lactose.

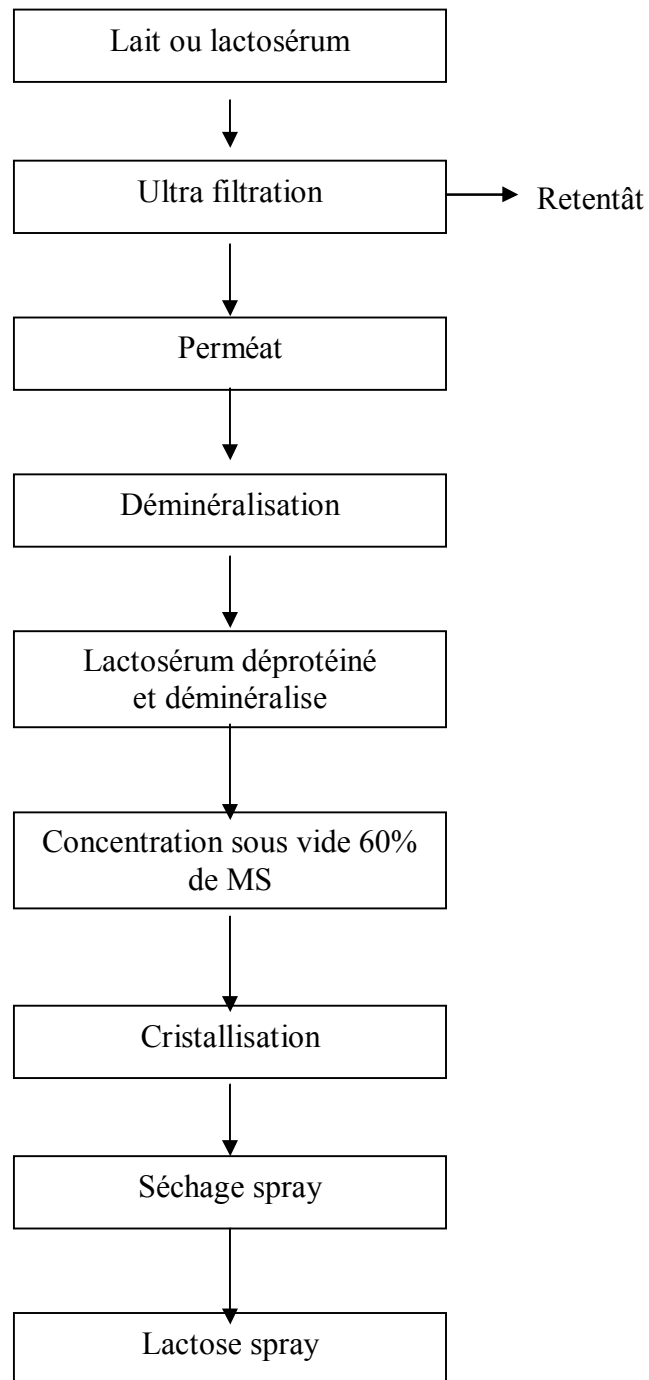


Figure 4 : Schéma de fabrication du lactose spray (SOTTIEZ , 1990) .

2.1.3. Extraction des protéines

Les protéines du lactosérum présentent un intérêt nutritionnel important . On peut considérer qu'elles sont supérieures aux protéines du blancs d'œuf , qui sont prises comme protéines de référence (DEWIT et *al* , 1981 ; SOTTIEZ , 1990; ARILAIT, 2000) .

Plusieurs techniques sont utilisées pour l'extraction des protéines .On cite à titre d'exemple : l'ultrafiltration , adsorption les protéines par échange d'ions .

2.1.4. Séparations des éléments minéraux

La déminéralisation peut se faire par deux moyens :

- un moyen électrochimique = électrodialyse ;
- un moyen chimique = l'échange d'ions .
-

2.2.Impact des traitements particuliers sur la valeur nutritionnelle du lactosérum obtenu

Le tableau 5 résume les impacts des traitements .

Tableau 5 : Les impacts du traitements particuliers sur la valeur nutritionnelle du lactosérum obtenue (HILAIRE , 1977 ; MAUBOIS , 1982 ; SOTTIEZ , 1990 ; HENRI, 1996) .

Type de traitement	Impacts
-Dessiccation (séchage)	-n' altère pas la poudre (évapore l'eau) .
-Coagulation	-augmente la digestibilité des protéines .
-Ultrafiltration	-provoque l'abaissement de la matière minérale de 10 à 4 % et la teneur du lactose de 70 à 20 % .
- Osmose inverse	- subit une légère perte de tous les minéraux , et une diminution de la teneur de l'eau .

3. Valorisation du lactosérum

Le lactosérum est un élément intéressant non seulement par la présence du lactose mais aussi par la teneur en protéines solubles riches en acide aminés indispensables , et par la présence de nombreuses vitamines du groupe B (ROGER , 1979 ; YVES, 2002)

Ces caractéristiques correspondent aux sources de protéines recherchées soit pour l'alimentation des jeunes animaux soit pour l'alimentation humaine .

3.1. utilisation dans l'alimentation de jeunes animaux

L'utilisation du lactosérum dans l'alimentation des jeunes bovins se heurte à un facteur limitant qui est l'absence de lactose dans le gros intestin. D'après (THERNOUTH , 1969) le veau peut consommer quotidiennement , sans risque , 10g /kg de poids vif .

On obtient de bons résultats en remplaçant jusqu'à 30% de la matière sèche de l'alimentation des ruminant par du lactosérum sous forme liquide (BOUDIER et *al* , 1978) .

3.2. L'utilisation dans l'alimentation humaine

3.2.1. Produits de boulangerie

D'après (SADLER et *al*, 1985 ; RAFFIREt DUREWSKI, 1992) les avantages qu'offrent le lactosérum lorsqu' il est utilisé en boulangerie sont :

- Apport protéique , rétention d'eau , bon gélifiant , texture (interaction avec gluten).
- Amélioration du goût , de l'arôme ainsi que les propriétés organoleptiques du produits fini .
-

3.2.2. Produit de substitution de l'œuf

Le lactosérum trouve également une application croissante comme ingrédient de produits de substitution de l'œuf à la suite des recherches sur les propriétés émulsifiantes du lactosérum.

MANN , (1986) a développé de nouveaux produits à base de lactosérum remplaçant la poudre de l'œuf ; de lait écrémé dans la mayonnaise .

3.2.3. Produits de viande

D'après RUYTER (1982) un substitut de viande texturisé est fabriqué à partir d'un concentré protéique de lactosérum .

3.2.4. Produits de confiserie

Le lactosérum est utilisé dans la fabrication de certains bonbons .Il est le moins cher des produits laitiers utilisés en confiserie (LUQUET , 1976) .

3.2.5. Substitution du lait humain

Selon LEMPEDES (1977) et CHEVALLIER (2000) les composants de lactosérum ont permis l'élaboration d'un lait pour nourissant à partir d'un lait de vache permettant ainsi la substitution du lait humain ayant une valeur nutritionnelle égale à ce dernier

3.3. Les principales transformation industrielles du lactosérum

Nous constatons que les débouchés du lactosérum sont nombreux figure (5) et figure (6)

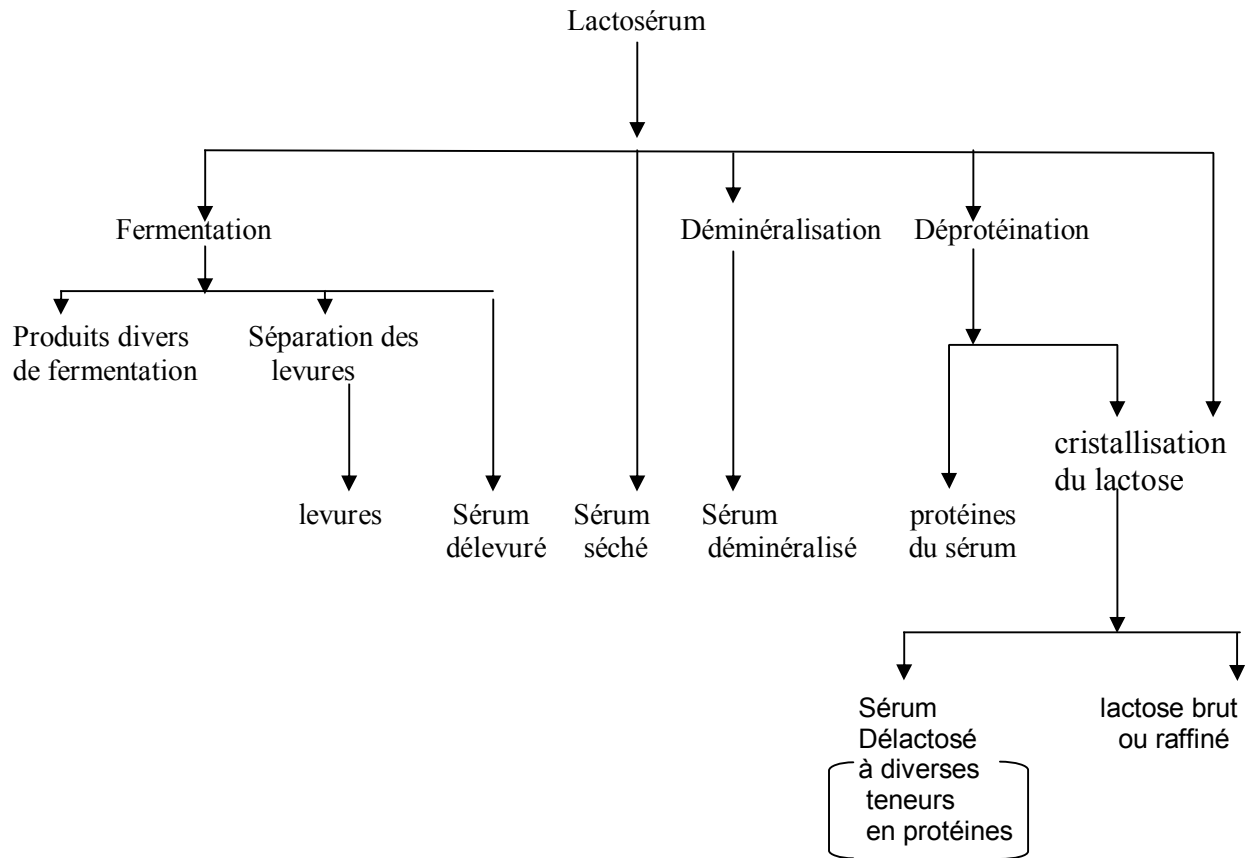


Figure 5: Principales transformations industrielles du lactosérum (ROGER , 1979) .

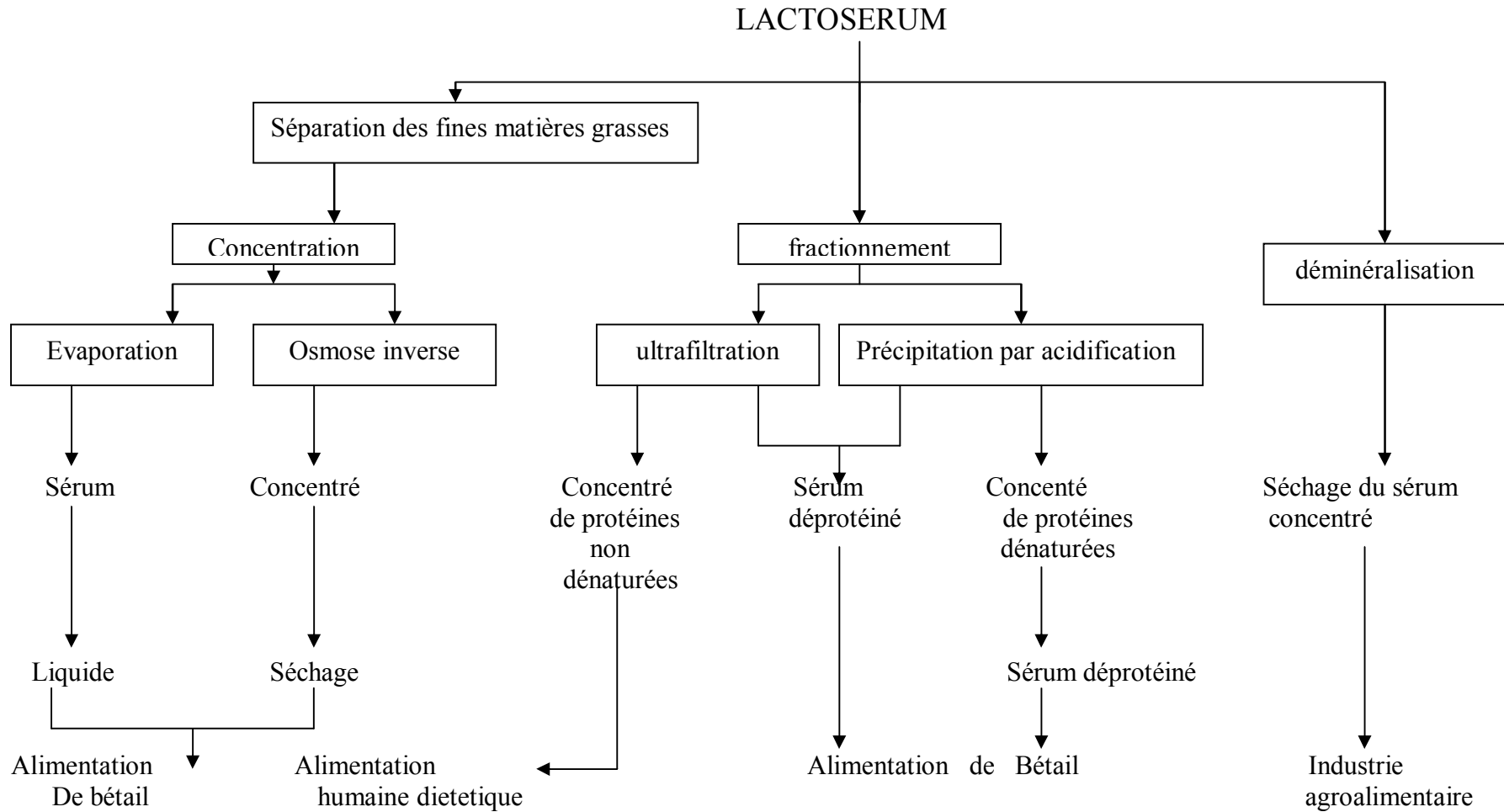


figure6 : Diverses possibilités de valorisation du lactosérum (MANN ,1980)

CHAPITRE II

LES EMULSIONS

1. Les systèmes dispersés

1.1. Définition

une dispersion est un mélange hétérogène mais intime de deux ou plusieurs phases non miscibles, qu'elle soit liquide, solide ou gazeuse.

Une dispersion est dite aqueuse si l'une des phases en présence est de l'eau

(CHITOUR,1992)

1.2. Les différents types de dispersions

1.2.1. Dispersion solide, liquide ou suspension

D'après CHITOUR (1992) les dispersions de matières solides en milieu liquide peuvent varier de la taille de grosses particules en suspensions à la taille des molécules entrant en solutions. On peut rencontrer des dispersions de fines particules (micromolécules).

1.2.2. Dispersion liquide-liquide ou émulsion

C'est une suspension de particules liquides au sein d'une autre phase non miscible.

Dans les émulsions, l'une des phases liquides est aqueuse et la seconde n'a qu'une solubilité limitée dans l'eau.

1.2.3. Dispersion gaz-liquide ou mousse

Une mousse est une dispersion de bulles de gaz dans une phase continue, liquide, solide, ou semi solide (CHITOUR, 1992, Cayot 1998), les mousses liquides peuvent être considérées comme des émulsions « gaz/ eau ».

Le tableau 6 résume les différents types de dispersions

Tableau 6: Donne les différents types de dispersions

Dispersion	Nom de la dispersion	Phase continue	Phase dispersée
Solide/liquide	Suspension	Liquide	Solide
Liquide/liquide	Emulsion	Selon le type d'émulsion : huile ou bien eau	Huile ou l'eau
Gaz/liquide	Mousse	Eau	Gaz

2. Les émulsions

2.1. Définition

Dickinson (1998) définit une émulsion comme un système hétérogène contenant un liquide dispersé dans un autre, sous forme de gouttelettes de tailles colloïdales ou microscopiques. Plus généralement, une émulsion est une dispersion d'une phase non miscible dans une autre quel que soit son état physique (Clayton, 1930; PORE, 1995; CAYOT 1998).

2.2. Constituants d'une émulsion

Dans chaque type d'émulsion on distingue les phases suivantes :

- **Phase aqueuse (Phase continue)**

Généralement c'est un liquide ou un milieu dispersif présent en plus grande quantité, par exemple l'eau c'est une solution aqueuse.

- **Phase dispersée (Phase ouverte)**

Les gouttelettes en suspensions constituent la phase dispersée qui est divisée en particules dans le milieu dispersif

- **L'agent émulsifiant stabilisant**

Il provoque la formation du système et empêche la dissociation du produit formé et stabilise l'émulsion; comme le présente la figure 7:

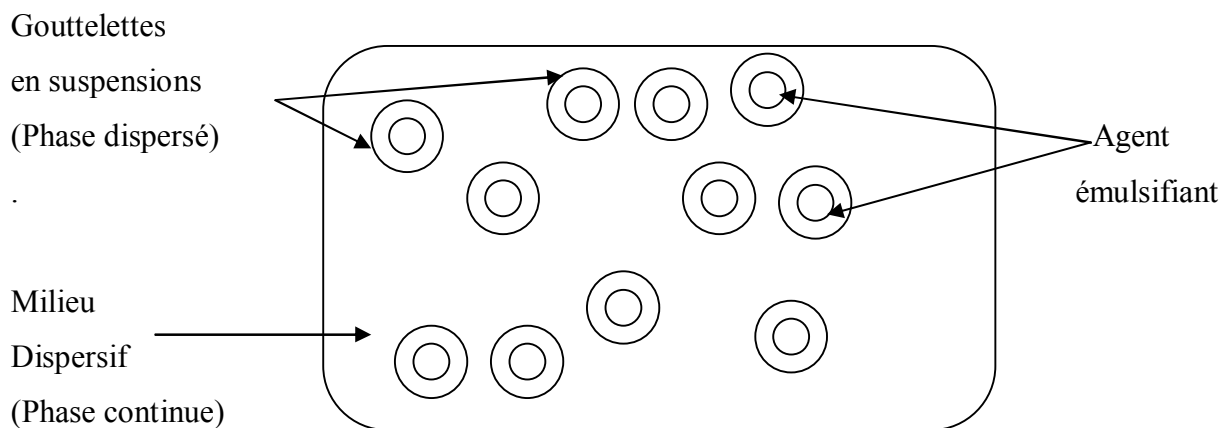


Figure 7 : Représentation schématique d'une émulsion

2.3 Classification et propriétés des émulsions

Deux sortes d'émulsion sont rencontrées dans les aliments :

2.3.1 Emulsion « Lipide / eau »

Il s'agit d'une dispersion de matière grasse sous forme de gouttelettes lipidiques (Diamètre de 0.1 à quelques dizaines de μm en moyenne) dans l'eau (phase continue) (Cayot et Lorient 1998). Le lait, la mayonnaise, la vinaigrette . . . etc, se sont des émulsions « lipide / eau ».

2.3.2 Emulsion «Eau / lipide »

Dans ce cas, l'eau se trouve dispersée dans le corps gras sous forme de fines gouttelettes de quelques microns de diamètre. Comme par exemple le beurre ou la margarine.

Selon WALSTRA et ROOS (1993), ce type d'émulsion ne peut pas être stabilisé avec des protéines.

2.3.3 Etude schématique de la forme des émulsions

Les deux types d'émulsions eau dans l'huile et l'huile dans l'eau caractérisée par l'orientation des molécules émulsifiantes dans ces deux milieux (figure 8)

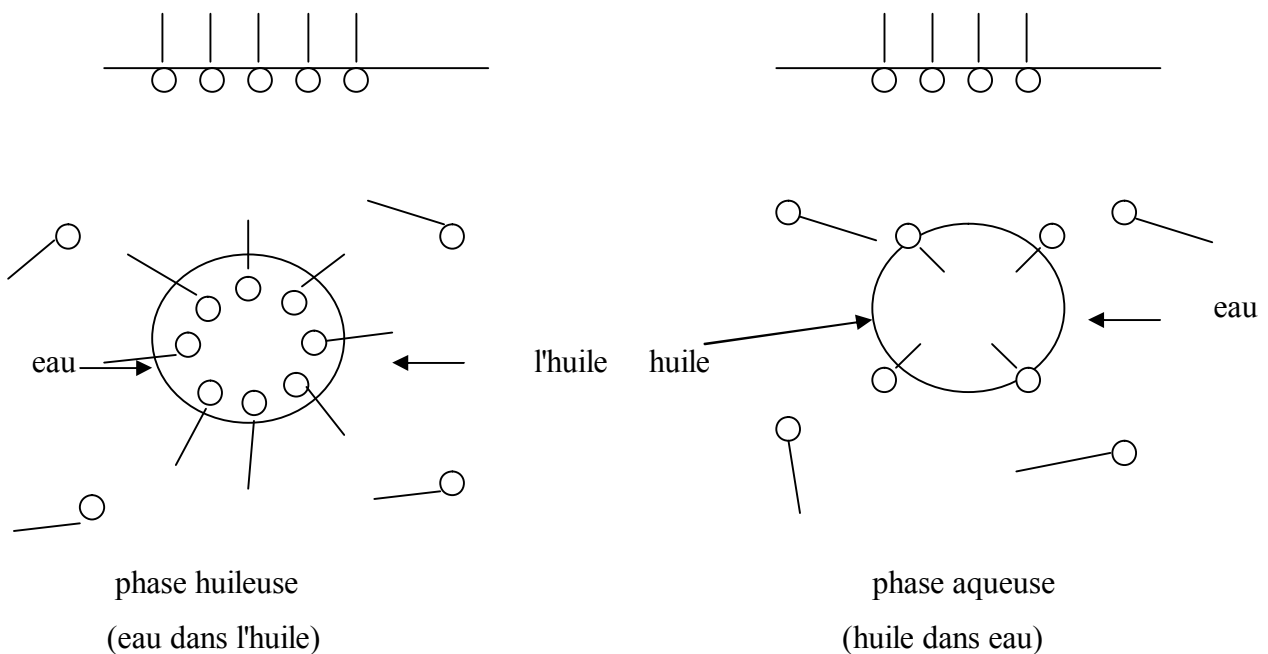


Figure 8 : Emulsion eau dans l'huile et huile dans l'eau (PORE, 1995)

Dans les émulsions eau dans l'huile, la partie hydrophobe de la molécule d'émulsifiant se trouve dans la phase dispersante et inversement, dans l'émulsion l'huile dans l'eau.

2.3.4 Classification des émulsions selon leur finesse :

Les émulsions se distinguent entre elles par:

- leur finesse;
- l'homogénéité propre des phases dispersées.

D'après CAMEFORT (1976) et PORE (1995), lorsque les gouttelettes dispersées deviennent, par l'emploi de tensioactifs appropriés:

- Dix fois plus petites, c'est la dispersion colloïdale;
- si leur diamètre est voisin de 50 μm , c'est la microémulsion.

La figure 9 présente l'échelle des ordres de grandeur des particules dispersées dans l'eau.

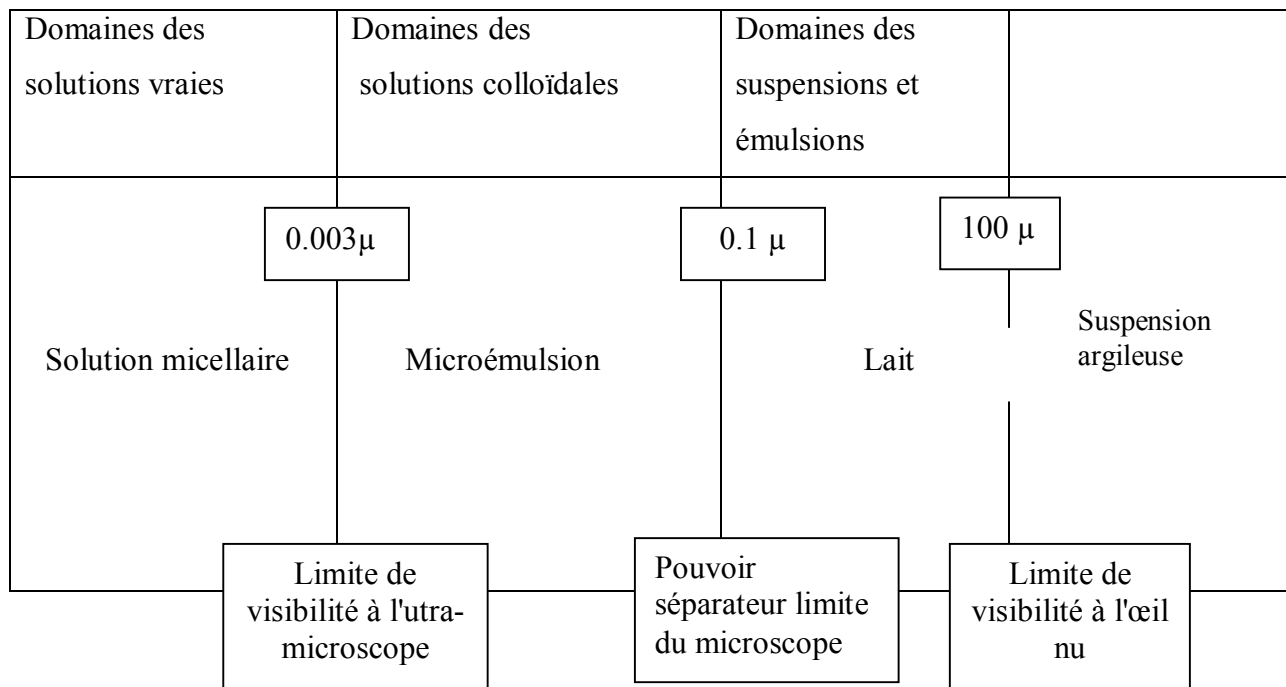


Figure 9 : Echelle des ordres de grandeur des particules dispersées dans l'eau (CAMAFORT, 1979)

Le tableau 7 donne l'aspect des dispersions :

Tableau 7 : Aspect des dispersions (PORE, 1992).

Aspect de la dispersion	Exemple de dispersion	Diamètre moyen des particules (μm)
Visible à l'œil nu	Suspension argileuse	500
Limite de visibilité	Empois d'amidon	100
Opaque laiteux	Lait	10
Laiteux très blanc	Lait homogène	1
Laiteux bleuté	Limite de l'émulsion	0.1
Transparent bleuté	Micro-émulsion	0.05
Opalescent	Micro-émulsion	0.001
Transparent	Solution micellaire	0.0002-0.0006

La distinction entre une émulsion, une solution micellaire et une microémulsion se fait par la taille des particules dispersées :

- ❖ Solution : gouttelettes $< 100 \text{ \AA}$ (ou 10nm)
- ❖ Microémulsion : gouttelettes comprises entre 100 et 1000 \AA (ou 10 et 100 nm).
- ❖ Emulsion : gouttelettes $> 100 \text{ \AA}$ (ou $> 100\text{nm}$)

L'aspect des émulsions dépend de l'importance de la réflexion des rayons lumineux qui les traversent.

2.3.5 Propriétés physiques des émulsions

2.3.5.1 Le diamètre

L'aspect d'une émulsion est lié au diamètre des gouttelettes qui les constituent, généralement, les émulsions sont des liquides opaques ou de couleur crème.

L'effet de la taille des gouttelettes sur l'aspect de l'émulsion est donné par le tableau 8

Tableau 8 : Effet de la taille des gouttelettes sur l'aspect de l'émulsion (BENAZI, 1992)

Taille des gouttelettes	Aspect de l'émulsion
Micro-globules	Les deux phases distinctes
Supérieur à 1 µm	Bloc-laiteux
(1 à 0.1) µm	Bleu-blanc
(0.1 à 0.05) µm	Semi-transparent
(0.05 µm et inférieur	Transparent

2.3.5.2 La tension de surface

Une molécule se trouve dans un champ déséquilibré, dans le cas d'une interface gaz, liquide, les molécules de liquide situées en surface sont attirées au sein du liquide par une énergie libre superficielle, le même phénomène est observé à l'interface de deux liquides non miscibles.

LINDEN et LORIENT (1994) ont défini cette énergie comme un travail par unité de surface et s'exprime en J/m² :

Selon les mêmes auteurs la tension superficielle décroît avec l'augmentation de la température.

Pour la plupart des composés organiques la tension inter faciale est de 25-40mN/m et la tension superficielle de l'eau est de 73 mN/m à 20°C (FOX et McDONALD, 1998).

2.3.5.3 La viscosité :

La viscosité d'un liquide reflète sa résistance à l'écoulement, elle est exprimée par le coefficient de viscosité μ ; qu'est le rapport entre la force de cisaillement t et la vitesse relative de cisaillement $\dot{\gamma}$ (CHEFTEL et al 1985).

$$t = \mu \cdot \dot{\gamma}$$

Selon PORE (1995) l'utilisation des émulsions dépend beaucoup de leurs caractéristiques rhéologiques.

La viscosité des émulsions peut être fortement affectée par les changements relativement minimes dans la nature et dans la concentration de l'émulsifiant (CHITOUR, 1992).

Le principal facteur influençant le comportement viscosimétrique des fluides protéiques est le diamètre apparent des molécules.(TUNG, 1978;McDONALD et FOX 1998)

2.3.5.4 Le pH :

BERTHOD et SALIBA (1987) ont montré que les ions hydroxydes et les protons qui définissent le pH étaient exclus de la phase organique pour se concentrer dans la phase aqueuse, ce qui explique que la phase aqueuse d'une émulsion est prédominante.

2.4 Aspects généraux de la formation et de la rupture des émulsions :

2.4.1 Conditions de création d'une émulsion :

2.4.1.1 Activité de surface :

Pour qu'une émulsion existe, le système doit contenir un composé « à activité de surface » qu'est une substance qui abaisse la tension superficielle d'un liquide ou tension interfaciale entre deux liquides non miscibles.

L'émulsifiant permet d'abord la production d'émulsion en abaissant l'énergie libre au niveau de la nouvelle interface (DICKINSON, 1992).

Il faut généralement une concentration molaire 100 fois plus importante de petites molécules surfactantes que les protéines pour que s'adsorbent à l'interface, ces petites molécules amphiphiles (WALSTRA et ROOS, 1993) .

2.4.1.2 Création de gouttelettes dispersées dans une phase continue :

FRIBERG (1976) ; HALLING (1981) et Dickinson (1992) ont établi que pour fabriquer une émulsion, il faut pouvoir augmenter l'aire interfaciale, c'est-à-dire l'énergie libre de surface.

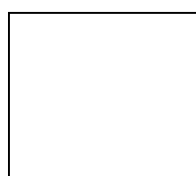
Cette surface interfaciale augmente exponentiellement lorsque le diamètre des gouttelettes diminue.

On utilise en général des mélangeurs rapides, des homogénéisateurs ou des systèmes à ultrasons pour fournir cette énergie.

Le mélange est la base de formation et la composition d'une émulsion ; ceci est obtenu soit en agitant vigoureusement ces deux liquides, soit en giclant un liquide dans un autre par un appareil approprié, soit les deux liquides sont mélangés dans un mouvement turbulent au moyen d'un mélangeur, homogénéisateur . . . etc.

2.4.2 La rupture des émulsions :

L'émulsion résultante est cependant instable en raison de cinq phénomènes principaux de déstabilisation résumé sur la figure 10 :



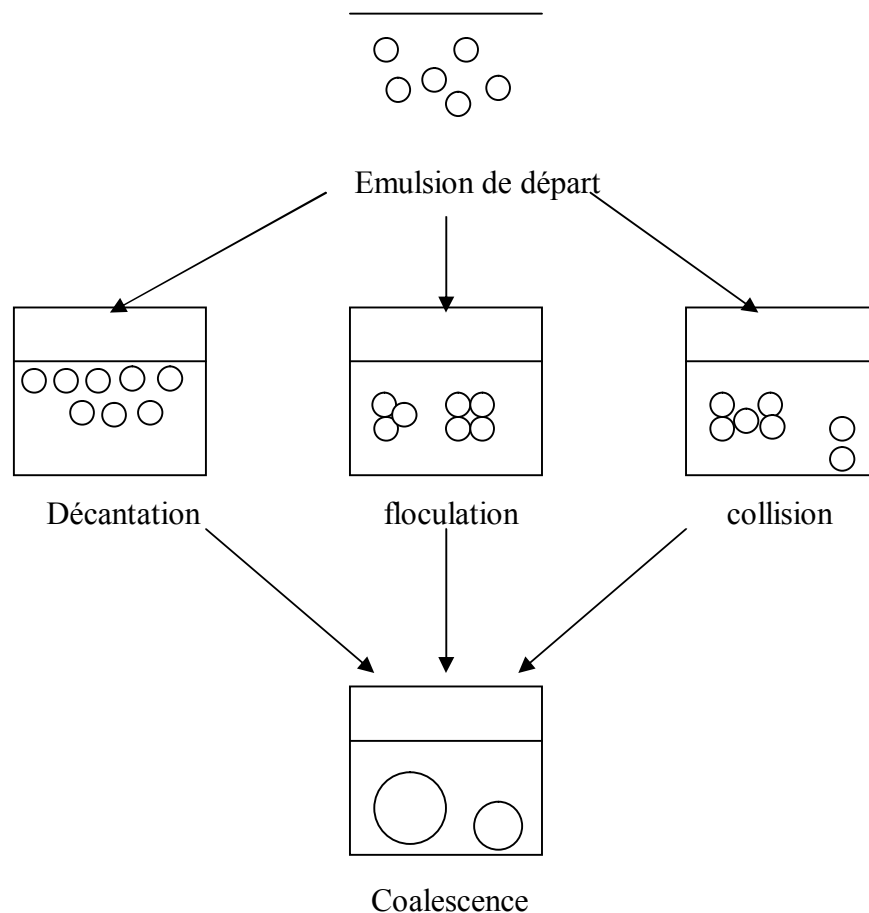
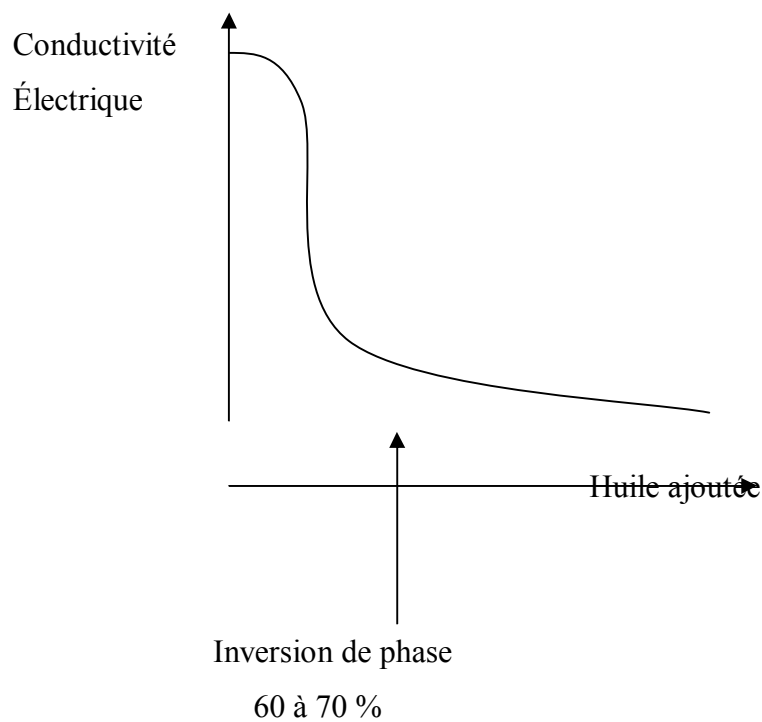


Figure 10 : Schéma des mécanismes de déstabilisation d'une émulsion (HALLING, 1981).

Selon CHITOUR (1992); CAYOT et LORIENT (1998) Les cinq facteurs de déstabilisation sont:

- 1- **le crémage** : le crémage est dû à la poussée d'ARCHIMED, les gouttelettes d'huile migrent vers le sommet de l'émulsion par centrifugation ou simple effet de gravité, en une zone distincte du reste de l'émulsion, les tailles des gouttelettes n'ont pas varié.
- 2- **La floculation** : une agrégation des gouttelettes s'opère sous l'effet de forces attractives, à la suite de modification de pH et / ou de force ionique. Il y'a formation d'un flocculat plus ou moins important sans changement de taille des gouttelettes prises individuellement.
- 3- **La coalescence** : la coalescence survient à la suite d'un crémage ou d'une floculation. Elle provoque la fusion des gouttelettes en une plus grosse ; phénomène spontané du point de vue thermodynamique, ce phénomène conduit à la séparation des deux phases.

- 4- **Le phénomène de maturation d'OSTWALD** : les gouttelettes croissent en taille sous l'effet d'un transfert de masse depuis la phase continue dans la phase dispersée. L'échange de matière grasse entre globules gras dépend de la solubilité de matière grasse dans la phase continue.
- 5- **L'inversion de phase** : l'inversion de phase est le passage brutal d'une émulsion « lipide / eau » à une émulsion « eau / lipide ». D'après LINDEN et LORIENT (1994) l'inversion de phase est résumée dans la figure 11 et la figure 12



Gouttelettes
d'huile

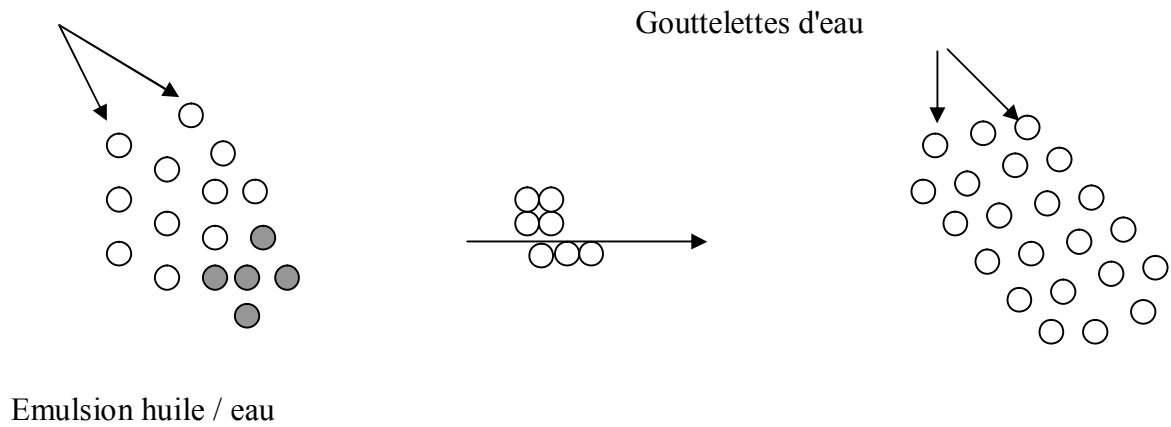


Figure 11 : Evaluation de la conductivité d'une émulsion lors de l'inversion de phases (LINDEN et *al* 1994)

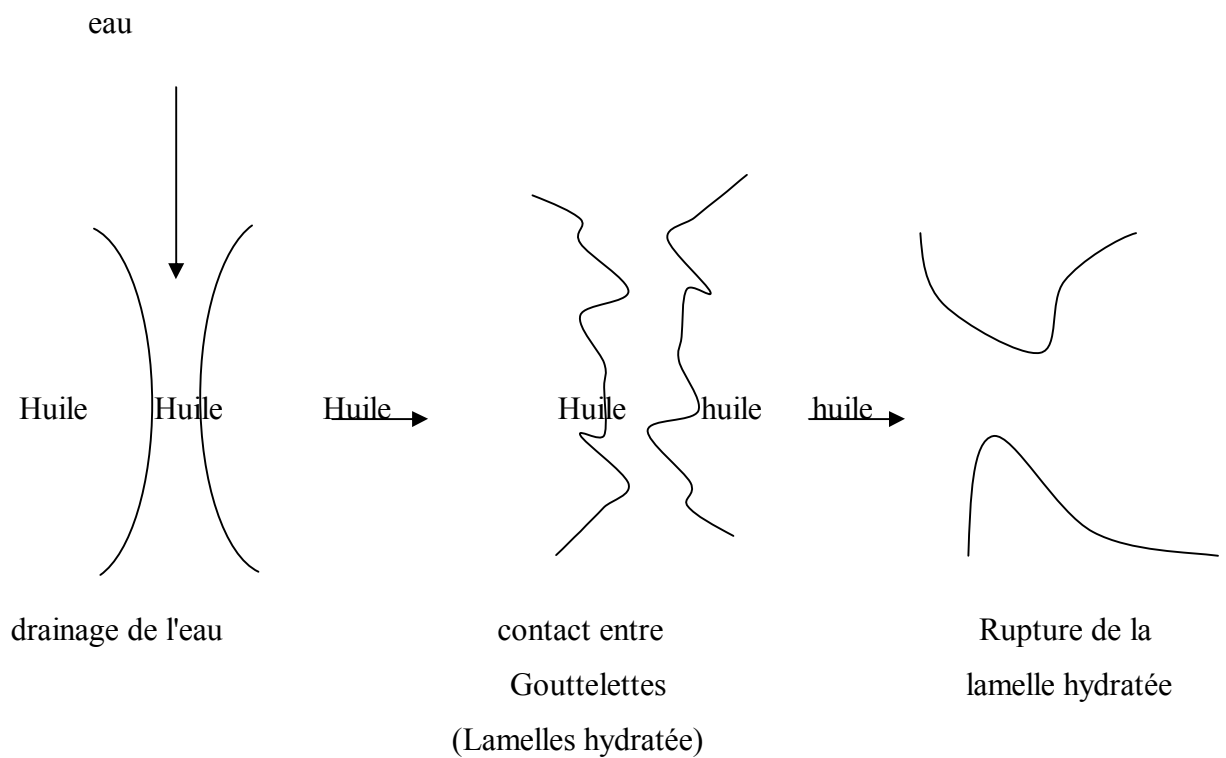


Figure 12: Processus de coalescence (LINDEN et *al* 1994)

Les principaux facteurs concernant la stabilité des émulsions et influençant leurs caractéristiques rhéologiques, sont résumés dans le tableau 9

Tableau 9 : principaux facteurs physiques affectant la stabilité

et la rhéologie des émulsions (CAYOT et *al* 1998)

	Crémage	Floculation	Coalescence	Rhéologie
Taille des gouttelettes	★★★	★★★	★	★
Distribution de taille	★★★	★★		★
Fraction volumique de la phase dispersée	★★★	★★★	★★★	★★★
Différence de densité entre les phases	★★★			
Viscosité de la phase continue	★★★	★★★	★★	★★★
Interaction macro moléculaire entre les gouttelettes	★	★★	★★	★
Cristallisation de la matière grasse			★★★	★★★
Phases cristallines liquides	★	★	★★	★★
Interaction électrostatique entre les gouttelettes	★	★★	★★	★
Epaisseur de la couche adsorbée		★★	★★★	★★
Viscosité de la phase adsorbée à l'interface			★★★	★★

★★★: Effets généralement important

★★: Souvent important

★: Parfois important

2.5 Paramètres de milieu conditionnant la stabilité d'une émulsion :

D'après le tableau précédent, la stabilité d'une émulsion alimentaire dépendrait de la nature de l'agent émulsifiant, de sa charge, donc du pH et de la force ionique de la phase

continue, de la viscosité du milieu dispersant, de la densité des gouttelettes, de la température, de la structure à l'interface de l'émulsifiant et des propriétés mécaniques et physiques du film interfaciale (LEMAM et KINSELLA, 1989; MEKHALDI et TOBAL , 1998).

2.5.1 Paramètres agissant sur le crémage :

Le crémage dépend de la différence de densité entre la phase continue et de la phase dispersée, sous l'effet d'un champ gravitationnel.

Le crémage est indépendant de la nature des protéines.

2.5.2 influence de la concentration des protéines à l'interface lipide / eau sur la floculation :

La floculation a lieu fréquemment durant la formation de l'émulsion quand la charge protéique est insuffisante pour couvrir toute l'interface (BABAK, 1992; HUNT et *al* ,1995). Pour limiter la floculation, il faut en revanche, agir sur les forces responsables d'attraction et de répulsion en surface des gouttelettes lipidiques.

2.5.3 Influence de la concentration de protéines à l'interface lipide / eau sur la coalescence :

La saturation de l'interface en protéines dépend beaucoup du type de protéines. Selon CAYOT (1998) la concentration limite des protéines sériques dans la phase aqueuse pour obtenir une charge maximale de l'interface est très rapidement atteinte, contrairement à ce qui se passe pour les caséines.

2.5.4 Effet du pH sur la stabilité d'une émulsion :

Le pH influence beaucoup la stabilité des émulsions et notamment en ce qui concerne la coalescence.

Pour une émulsion stabilisée par un concentré de protéines sériques, lorsque le pH diminue de 7 à 3.9 la taille des globules gras augmente et la coalescence est plus rapide (HUNT ,1995; CAYOT, 1998).

2.5.5 Influence de la dénaturation thermique préalable des protéines sur la stabilité d'une émulsion :

D'après HUNG et *al* (1996) et CAYOT (1998), les propriétés émulsifiantes des caséinates ne sont pas affectées par les traitements thermiques. Par contre le chauffage des isolâts de protéines sériques thermodénaturées (température > 65°C : pH = 7) possèdent une capacité émulsifiante plus faible et stabilisent moins bien les émulsions que les mêmes protéines avant dénaturation. Si l'on chauffe cette fois l'émulsion obtenue en présence de protéines sériques (non dénaturation), on renforce sa stabilité.

L'aspect microscopique est différent de celui d'une émulsion faite à l'aide de protéines prédénaturées (CAYOT ,1998).

2.6 Les méthodes d'évaluation de la stabilité d'émulsion :

2.6.1 Mesure rhéologique :

D'après VANDENTEMPEL (1963) la floculation entraîne une augmentation de la viscosité tandis que la coalescence provoque sa diminution; la viscosité est le seuil de constituant des indices de contrôle qualitatif de mélanges simples émulsionnés (COIH et STAUFER, 1987).

2.6.2 Méthodes optiques :

On peut déterminer la stabilité d'une émulsion au cours du temps en utilisant les méthodes optiques tel que le spectrophotomètre en mesurant les changements de propagation de lumière.

2.6.3 Conductimétrie :

Le passage d'un type d'émulsion à un autre peut se suivre facilement par mesure de la conductivité électrique ; on passe d'une phase dispersante aqueuse contenant des ions et ayant une conductivité électrique élevée à une phase lipidique dispersante très mauvaise conductrice (WEBB et *al*, 1970; LINDEN et LORIENT, 1994).

2.6.4 Les ultrasons :

D'après HOWETAL (1986) et CAYOT (1998) la vitesse des ultrasons à travers une dispersion dépend de leur vitesse dans chacune des phases et de la composition de produit, si les gouttelettes dispersées sont plus petites que la longueur d'onde.

2.6.5 La centrifugation :

Elle consiste à une évaluation de la quantité d'huile ou de phase aqueuse séparée après un traitement de déstabilisation tel que la centrifugation (LINDEN et LORIENT 1994).

2.6.6 Estimation du diamètre des gouttelettes :

La détermination du diamètre des gouttelettes consiste à utiliser un micromètre (TURAINÉ et *al* 1987, CHEFTEL 1992).

Selon CLAYTON (1930), la stabilité des émulsion est d'autant plus grande que les gouttelettes de la phase dispersée sont plus petites.

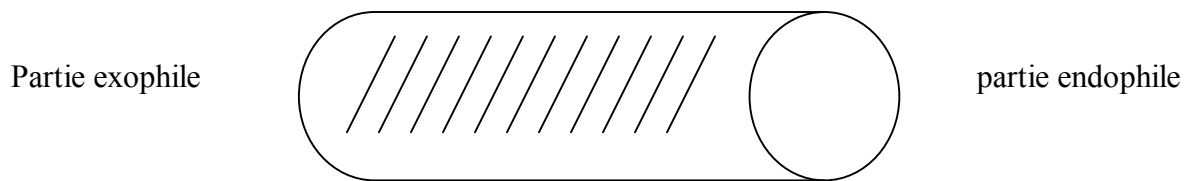
2.6.7 Estimation du nombre de gouttelettes :

La grandeur de la tension superficielle est inversement proportionnelle au nombre des gouttelettes, l'huile dotée du plus grand nombre de gouttelettes est celle qui forme le plus facilement des émulsions.

2.7 Les émulsifiants (Amphiphiles) :

2.7.1 Définition :

Ce sont des composés qui ont deux propriétés antagonistes : l'une exophile (hydrophobe), qui rejette la molécule à la surface, l'autre endophile (hydrophile), qui fait prolonger le site au sein du liquide, (PORE, 1995).



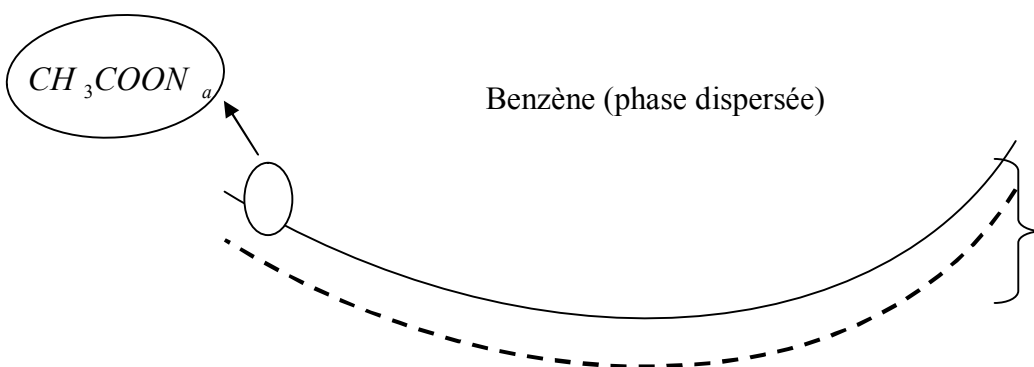
Représentation schématique de l'émulsifiant

Selon FAUR (1992) ce sont des composés qui ont des propriétés tensioactives, dues à leur caractère amphiphatique.

2.7.2 Rôle de l'émulsifiant :

La structure particulière de l'émulsifiant lui permet, grâce à sa double affinité de se concentrer aux interfaces. Chaque groupe se dirigeant vers la phase pour laquelle il a le plus d'affinité, il réalise un système ordonné. Les émulsifiants se distinguent des stabilisants qui ne peuvent seuls permettre la création d'une émulsion (Dickinson, 1992) les stabilisants confèrent une stabilité à l'émulsion une fois celle-ci créée.

La figure13 représente l'action de l'agent émulsifiant :



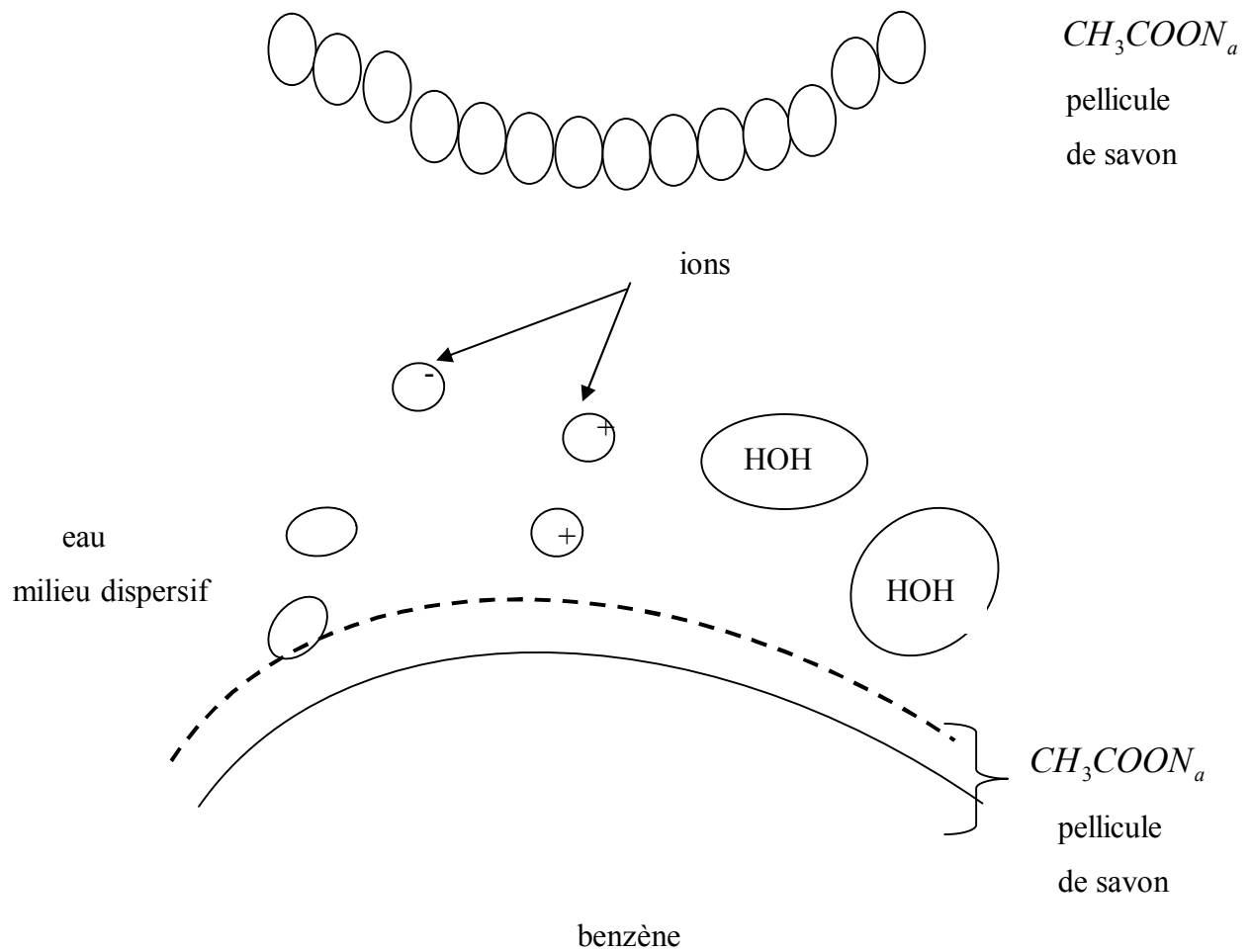
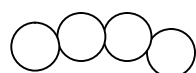
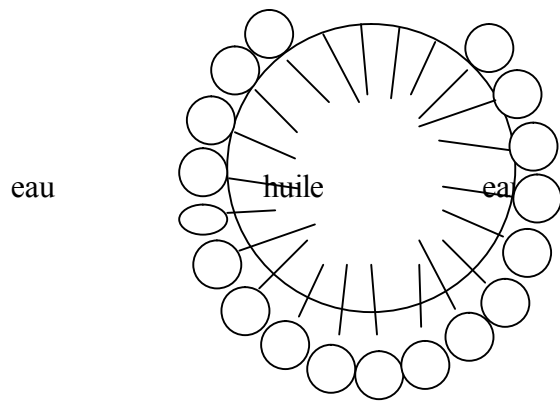


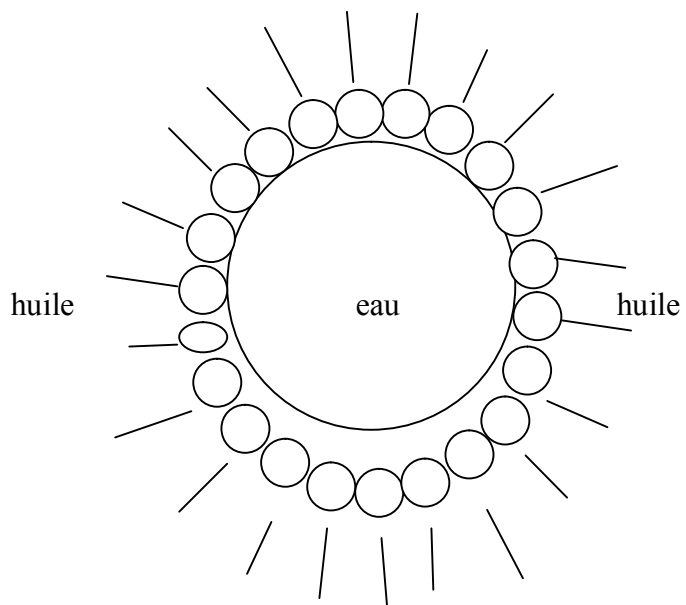
Figure 13 : Action de l'agent émulsifiant

Il favorise ainsi la formation de la phase dispersée sous forme de particules plus ou moins fines et assure la liaison intime entre les phases lipidiques. Le mode d'action de l'émulsifiant est représenté par la figure suivante :





Émulsion huile dans l'eau



Émulsion eau dans huile

Mode d'action de l'émulsifiant (FRIEDMAN 1980 et PORE, 1995)

2.7.3 Classification des émulsifiants :

On peut distinguer deux types d'émulsifiants :

- ❖ Les émulsifiants naturels
- ❖ Les émulsifiants synthétiques

2.7.3.1 Les émulsifiants naturels :

- Chocolatine : permet de baisser la viscosité
- Diététique : Apport des acides gras essentiels
- Industrie de cuisson : augmente la capacité de rétention

2.7.3.2 Les émulsifiants synthétiques :

La plupart des émulsifiants sont d'origine synthétiques et peuvent être divisés en quatre groupes :

-Les émulsifiants anioniques :

Ils sont ionisés en solution aqueuse et la partie hydrophile est chargée négativement.



Émulsifiant anionique

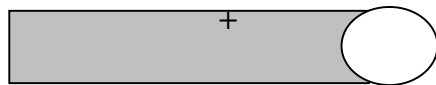
Ils sont très hydrophiles et sont surtout détergents, mouillants et moussants (PORE, 1995).

Exemple :

- Savon $R - COO^- - Na^+$
- Alkyl sulfates
- Alkyl phosphates

-Les émulsifiants cationiques :

Ils sont ionisés en solution aqueuse et la partie hydrophile est chargée positivement.



Émulsifiant cationique

Ils sont surtout antiseptiques, conditionneurs

Exemple :

- Aminés gras et dérivés
- Amines primaires, acétates et chlorures d'amines grasses $NH_4^+ X^-$
- Sels d'ammonium quaternaire $R - N^+ -$

- Les émulsifiants amphotères :

D'après BRANCQ (1989), le groupement hydrophile présente une charge positive ou négative en fonction du pH de la solution, ils sont cationiques en milieu acide et anioniques en milieu alcalin.



Émulsifiant amphotère

Ils sont relativement utilisés.

Exemple :

-Les phospholipides

-Lécithine

-Les émulsifiants non ioniques :

Ils ne sont pas ionisables en solution aqueuse, donc insensibles aux électrolytes.



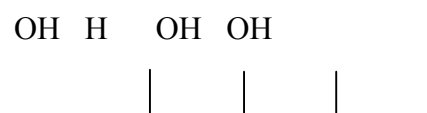
Émulsifiant non ionique

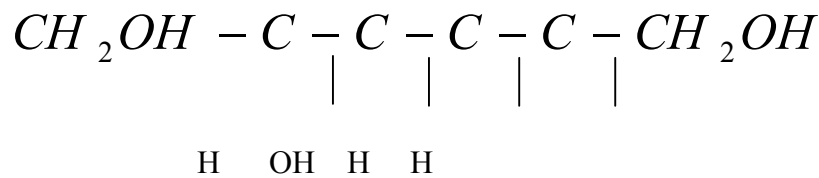
Ils sont surtout émulsionnants, mouillants et solubilisants.

Exemple :

- Esters d'acide gras et de polyols

- Sorbitols (mono et diester)





- Alcools gras éthoxylés

- Esters de sucres

2.7.4 Choix de l'émulsifiant :

D'après VAUTION (1983), le choix de l'émulsifiant dépend de différentes contraintes et exigences telles que :

- ❖ Le type d'émulsion recherché : H/E ou E/H, microémulsion, suspension, . . . etc.
- ❖ La composition qualitative et quantitative de chacune des phases dispersées ou continues de l'émulsion.
- ❖ Les caractéristiques rhéologiques et l'exigence de stabilité physique, thermique requise, selon la destination de l'émulsion.
- ❖ L'examen de la composition chimique de l'émulsifiant.

2.8 Méthodes de détermination des propriétés émulsifiantes des protéines :

La détermination de la taille des gouttelettes et de leur répartition par grosseur, est nécessaire pour caractériser les émulsions alimentaires.

Selon CHEFTEL (1985), elle peut être réalisée par microscopie, diffusion de la lumière, sédimentation par centrifugation ou utilisation des procédés tel que le compteur coulter (passage des gouttelettes à travers des orifices de diamètres connus).

Les différentes mesures des propriétés émulsifiantes sont exprimées par la capacité émulsifiante, stabilité émulsifiante, activité émulsifiante (LORIENT et *al*, 1994).

2.8.1 Capacité émulsifiante : (C.E)

Elle représentée par la quantité d'huile émulsifiée par gramme d'émulsifiant au point d'inversion de phase.

D'après CHEFTEL (1985), la tendance à l'inversion s'accroît particulièrement quand le diamètre dépasse 0.74.

2.8.2 Stabilité de l'émulsion : (S.E)

La stabilité d'une émulsion est souvent exprimée par le rapport :

$$S.E = \frac{\text{Volume de l'émulsion finale}}{\text{Volume de l'émulsion initiale}} \times 100$$

Volume de l'émulsion initiale

Elle est définie comme étant l'aptitude de l'émulsion à conserver sa structure au cours du temps (LINDEN, 1994).

2.8.3 Activité émulsifiante :

Définie comme l'aire d'interface stabilisée par une concentration donnée d'émulsifiant en (m²/g).

Phase séparée (Crémée)

$$I.S = \frac{\text{Phase séparée (Crémée)}}{\text{Phase totale}} \times 100 \text{ à un temps } t.$$

Le tableau N° : résume les différentes méthodes de mesure des propriétés émulsifiantes : (LORIENT et *al*, 1994) cité par NASRI (1999).

2.9 Comparaison des propriétés émulsifiantes de quelques protéines du lait :

Le classement des sources de protéines laitières varie parfois d'un auteur à l'autre.

Selon plusieurs auteurs cités par CAYOT (1998) ont montré que :

- ❖ Pour la capacité et l'aptitude à la stabilisation des émulsions, l'ordre selon HUNG et ZAYAS (1991), s'établit ainsi : caséinate de sodium > Concentrés protéiques ≈ lait écrémé séché.
- ❖ De même pour BRITTEN et GIROUX (1991), la caséine de sodium stabilise mieux les émulsions que les isolâts des protéines sériques à pH=7.

- ❖ Par contre KINSELLA (1984), signale que la poudre de lait Low-heat possède des propriétés émulsifiantes supérieures aux caséinates.
- ❖ Pour MORR et HA (1993), les caséinates de sodium et les concentré des protéines sériques possèdent une activité émulsifiante assez voisine.

Pour la stabilité de l'émulsion, tout dépend du pH et de la température du système colloïdal.

Par exemple à pH = 6 à 8, l'émulsion faite à l'aide de caséinate de sodium possède une stabilité supérieure à celle obtenue avec un concentré de protéines sériques.

2.10 Intérêts des émulsions :

2.10.1 Les émulsions en industrie alimentaire :

Les émulsions en industrie alimentaire recouvrent un grand nombre de produits tels que :

- ❖ La margarine : se sont des émulsions de type eau dans l'huile (E/H) qui comprend deux phases :
 - Une phase continue : la phase grasse (80%)
 - Une phase dispersée : la phase aqueuse (≈20%)

(HAIGHTON, 1992)
- ❖ Le beurre : est une émulsion de type eau dans l'huile qui contient :
 - Des matières grasses (82%)
 - Des non gras : eau et extrait sec (12%)
- ❖ La mayonnaise : selon PLATON (1992), c'est une émulsion essentiellement constituée d'huile de consommation d'origine végétale, de vinaigres de fermentation et jaune d'œuf.

2.10.2 Les émulsions en cosmétologie :

COTT (1991) et PLATON (1992), ont montré que ces émulsions sont plus souvent destinées à véhiculer en plus ou moins grandes quantités des substances dites actives, hydrosolubles, liposolubles ou insolubles sous forme solide ou liquide.

2.10.3 Les émulsions dans l'industrie des lubrifiants :

La technique des émulsions dans l'industrie des lubrifiants joue un rôle très important lorsqu'il s'agit de récupérer les huiles de graissages usagées.

2.10.4 Les émulsions dans la saponification des graisses :

La saponification peut se faire soit en milieu homogène, soit en milieu hétérogène.

En milieu hétérogène, on utilise une émulsion (FRANCOIS ,1974).

-Si on utilise de la soude diluée, on obtient une émulsion (H/E)

-Si on utilise de la soude concentrée, on obtient une émulsion (E/H).

Enfin, la principale préoccupation pour la technique des émulsions est toujours :

-du point de vue chimique, d'obtenir ou de décomposer des savons.

-du point de vue physique, de préparer des solutions colloïdales ou les flocculer.

-du point de vue physico-chimique, de former des pellicules superficielles ou d'en déterminer.

Deuxième partie

Matériel et méthodes

Deuxième Partie : Matériels et méthodes

I. Matériels

1. Appareillage

- Balance de précision (Sartorius), model BP110S.
- Pycnomètre
- Réfractomètre relié au bain thermostaté par circulation d'eau grâce à une pompe.
- Spectrophotomètre (UV Visible) (Shimadzer) (U.V 1202).
- Appareil à ultrason (sonorex, TH 52)
- Appareil ultra turrax (Homogénéisateur).
- pH mètre : CG 822 SGH.
- Pompe sous vide : 370 C55, ELNOR.
- Microscope polarisant équipé d'un appareil photos.
- Four : HEREAUS, D-63450 HANAN.
- Four micro-ondes de cuisine.

2. Produits utilisés

- Acide chlorhydrique (Hcl) 37% concentré.
- Présure 1%
- Solutions tampons (pH10 et pH 4)
- Caséinate de sodium 1%
- Colorants utilisés : Bleu de Méthylène à 1% dans l'eau distillée.

3. La matière première

- poudre de lait écrémée (0% MG) provenant de l'OROLAITde Tiaret.
- Lait de vache cru provient d'une ferme privée située dans la région de Tiaret
- Nous avons utilisé l'huile d'amande douce et l'huile d'olive . ces huiles proviennent du commerce

4. Préparation du lactosérum

La figure 13 présente un schéma pour la préparation des différents types du lactosérum (L S A R, L S D R) et le même principe pour lait de vache cru.

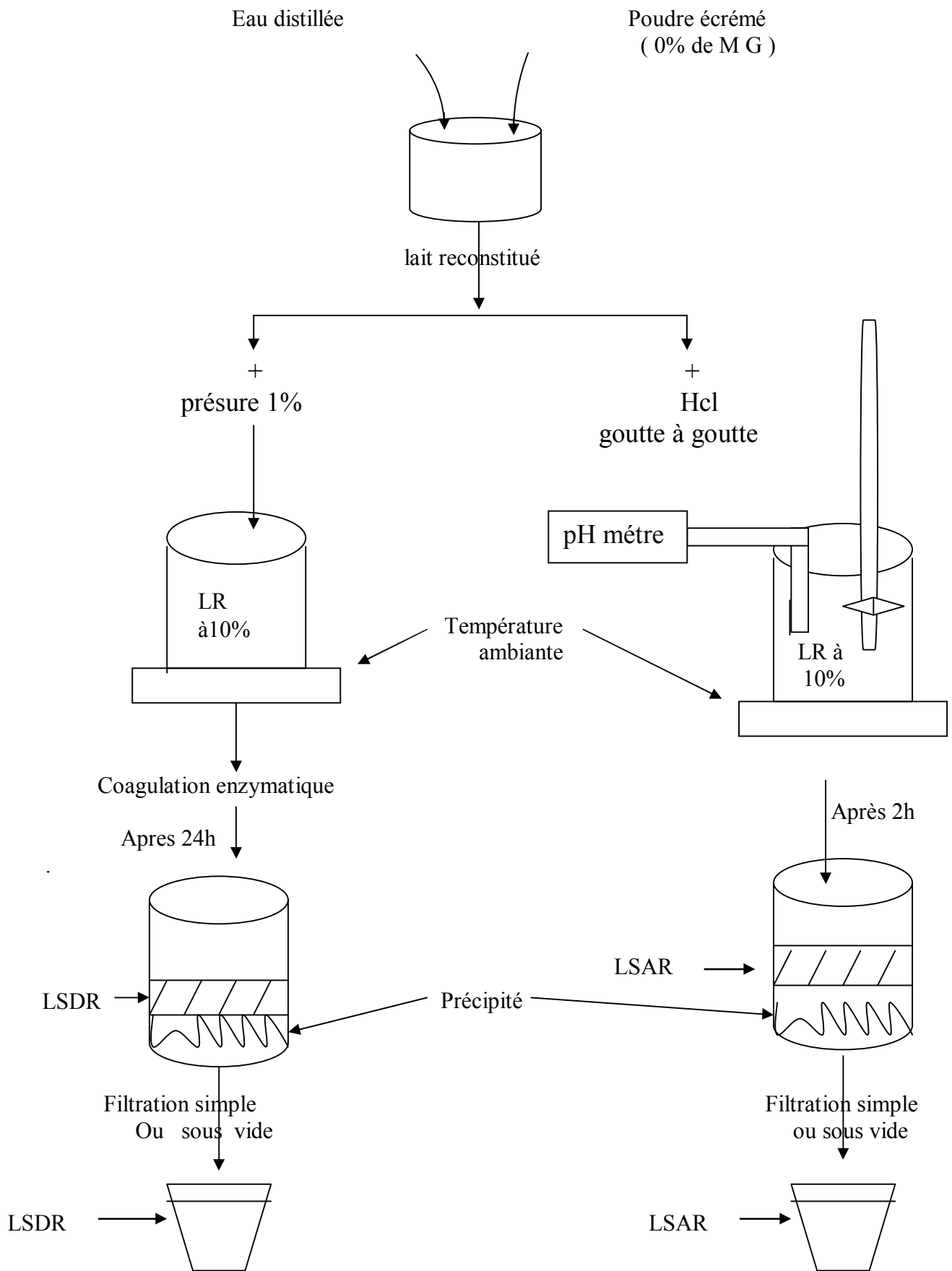


Figure 14 a: Schéma pour la préparation du lactosérum

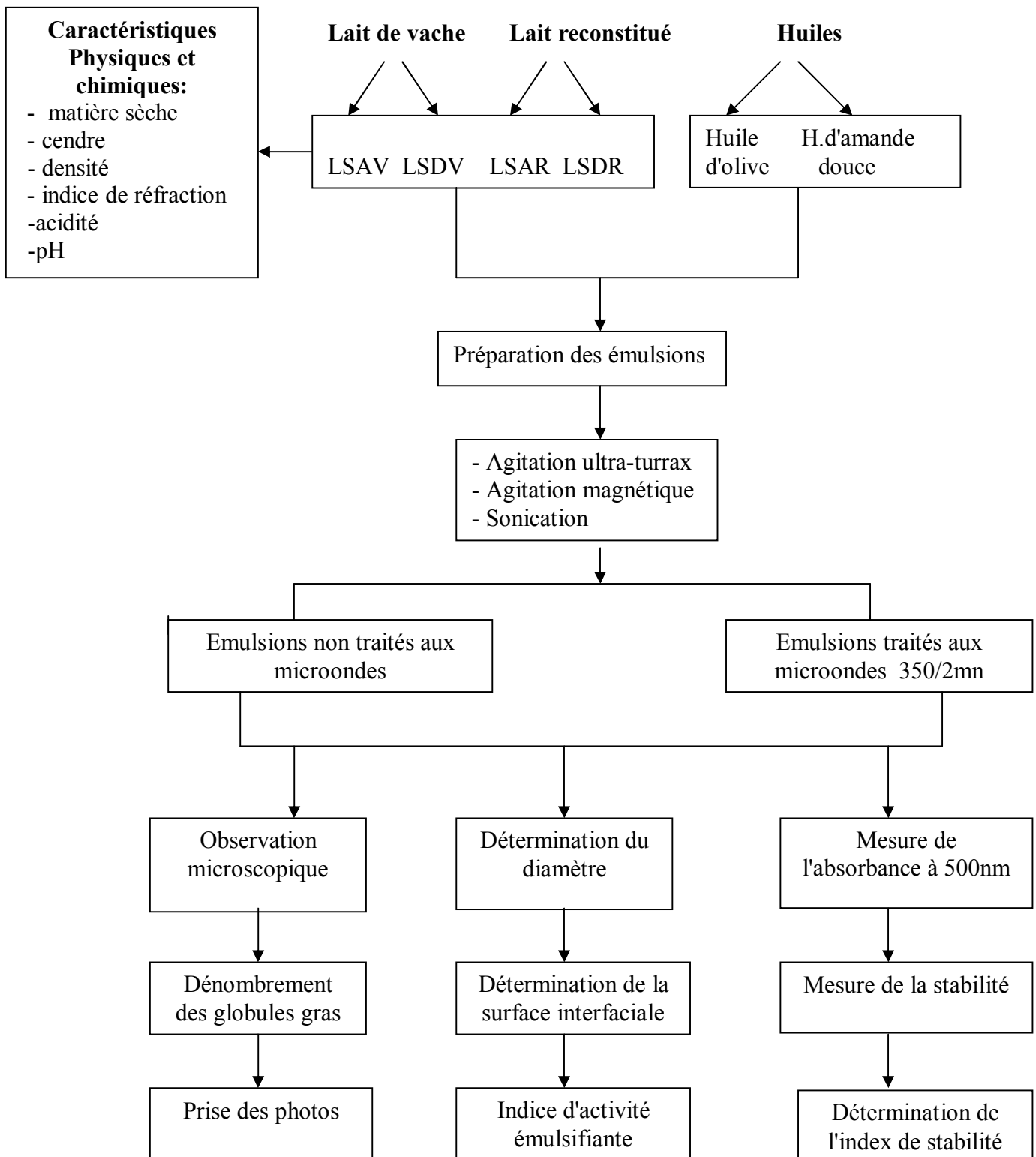


Figure 14 : Schéma du protocole expérimental

2. Méthodes d'analyse physique

2.1 Densité

C'est la masse de l'unité de volume exprimée en gramme par cm³ à la température T°. Elle renseigne sur le groupe auquel appartient une graisse ou une huile, la détermination précise de la densité des corps gras et du lactosérum se fait à l'aide d'un pycnomètre selon la méthode AFNOR (NF 60 – 214, 1969), qui consiste à :

- peser le pycnomètre vide (P₀) et plein d'eau (P₁).
- Sécher le pycnomètre, puis le remplir avec l'échantillon et le peser (P₂).

Les résultats sont donnés par la formule suivante :

$$d = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

Où :

P₀ : Poids du pycnomètre vide

P₁ : Poids du pycnomètre rempli d'eau

P₂ : Poids du pycnomètre rempli de l'échantillon

2.2 L'indice de réfraction

Cet indice permet de connaître le degré de pureté d'un liquide ou de connaître la dose de solide dissoute dans une solution. Il est mesuré à l'aide d'un réfractomètre muni d'un thermomètre dont l'échelle couvre les valeurs des mesures de 20°C à 80°C ou plus et d'un dispositif de circulation de liquide permettant de maintenir l'appareil à ces températures et pour cela, nous avons utilisé la méthode AFNOR (NF 60-22, 1968), qui consiste à :

- Etalonner le réfractomètre avec l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égal à 1.333
- Laver les prismes du réfractomètre à l'acétone et les essuyer avec un papier hygiénique.
- Verser entre les prismes 2 à 3 gouttes de l'échantillon.
- Déplacer alors la lunette de visée pour que la ligne de séparation de la plage claire et de plage sombre se situe à la croisée des fils du réticule.
- Enfin lire l'indice de réfraction du corps à étudier.

2.3 Taux de cendre

D'après AMARGLIO (1986), cité par ACEM(2001), l'évaluation de cendre du lactosérum repose sur l'incinération de la matière sèche, cette méthode consiste à :

- peser 5 ml de lactosérum dans une capsule.
- mettre la capsule dans un four à 530°C / 2 heures.
- peser la capsule après avoir refroidi dans un dessiccateur

Les résultats sont donnés par la formule suivante :

$$Tc = (M_1 - M_0) \times (1000/V)$$

Ou :

Tc : Taux de cendre en g/l

M₀ : La masse de la capsule vide en g

M₁ : La masse de la capsule plus les cendres en g

V : Le volume de la prise d'essai en ml

2.4 Détermination de la matière sèche

La teneur en matière sèche totale est le résultat obtenu après évaporation de l'eau du lactosérum. Elle est exprimé en gramme par litre ou en pourcent en masse, autrement dit en grammes pour cent gramme de lactosérum, (MATHIEU, 1998) d'après SOTTIEZ (1990), la teneur en matière sèche du lactosérum, varie de 5 à 6.5%, selon les types de fromages, et les différentes technologies.

La méthode utilisé consiste à :

- peser 5 ml du lactosérum dans une capsule.
- placer la capsule pendant 30 mn sur un bain marie bouillant, puis mettez la dans une étuve à 130°C / 3 Heures .
- laisser la refroidir dans un dessiccateur.
- et puis, peser la capsule.

Les résultats obtenus sont donnés par la formule suivante :

$$MS = (M_1 - M_0) \times (1000/V)$$

MS : Matière sèche du lactosérum en g/l

M_0 : La masse de la capsule vide en g

M_1 : La masse de la capsule plus le résidu en g

V : le volume de la prise d'essai en ml

3. Caractérisation chimique

3.1 Mesure du pH

le pH d'une solution est le cologarithme de la concentration molaire de l'ion hydronium $\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+]$ (Mathieu 1998), l'appareil utilisé pour mesurer le pH est un pH mètre préalablement étalonné par des solutions tampons à $\text{pH} = 4$ et $\text{pH} = 9$.

Le pH vari avec la richesse du lait en phosphates, citrates et caséines.

3.2 Détermination de L'acidité

D'après Mathieu (1998), l'acidité est une mesure indirecte de sa richesse en caséines, phosphates, citrates et hydrogénocarbonates.

En exprime couramment l'acidité en degrés Dornic officiellement et par convention, on la donne en gramme d'acide lactique par litre de lait :

$$1\text{D}^\circ = 0.1 \text{ g d'acide lactique / l de lactosérum}$$

Mode opératoire :

- Mettre 10 ml du lactosérum additionné de 3 gouttes de phénolphtaléine
- Titrer la solution par la soude $\text{NaOH } 1/9 \text{ de mol.l}^{-1}$, jusqu'au virage de la couleur au rose.

Dans ces conditions 0.1 ml de la solution basique définie précédemment correspond à un degré dornic.

Mode de calcul

l'acidité du lactosérum est donnée par la formule suivante :

$$A = 10 (V_1 / V_0)$$

Où :

A : L'acidité exprimée en g / l de lactosérum.

V_0 : Volume en ml de la prise d'essai

V_1 : le volume de la soude versé (N/9).

4. Préparation et études des émulsions

4.1 Préparation des émulsions

Pour la composition de l'émulsion, nous avons essayé plusieurs proportions différentes , la meilleure composition retenue est la suivante:

Composition	Pourcentages
Huile	4%
Lactosérum	95%
Stabilisant	1%

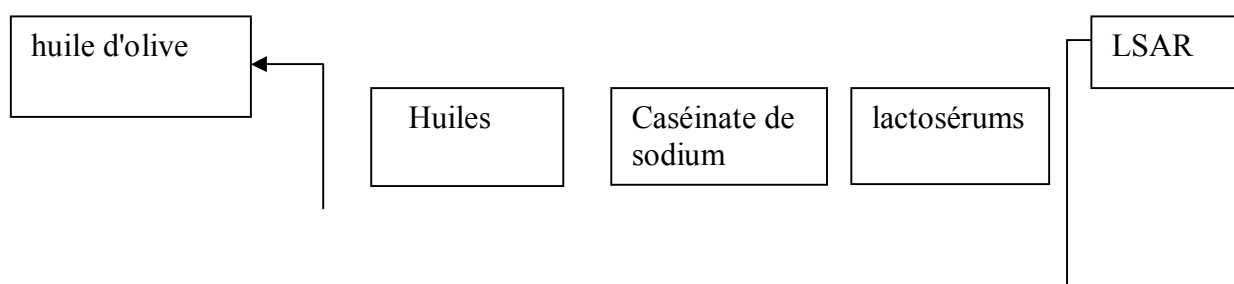
Le stabilisant utilisé : caséinate de sodium 1%.

-Le mélange est mis dans un Becher et agiter pendant 30mn à 30°C à l'aide d'un agitateur magnétique pour les émulsions traitées par agitation magnétique.

-Le mélange est homogénéisé à l'aide d'un homogénéisateur à raison de 8000 tr/2mn (ultra-turrax)

-Pour les émulsions traitées par l'ultrason on fait une préagitation magnétique pendant 15mn à 30°C et puis on met le mélange dans un appareil d'ultra son pendant 15mn.

On peut résumer la préparation des émulsions dans la figure 15:



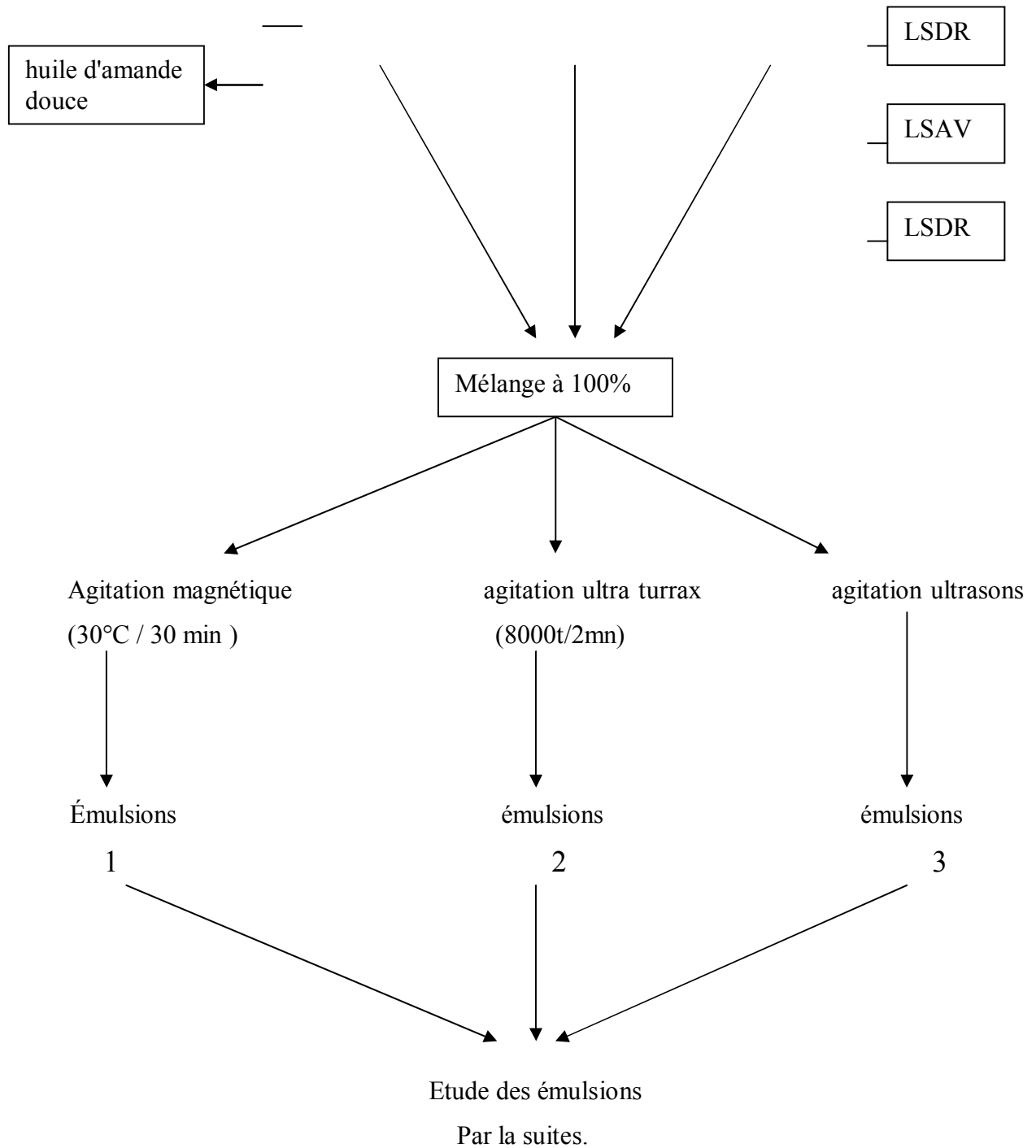


Figure 15: préparation des différents types d'émulsions

5.2 Observations microscopiques à la lumière polarisée :

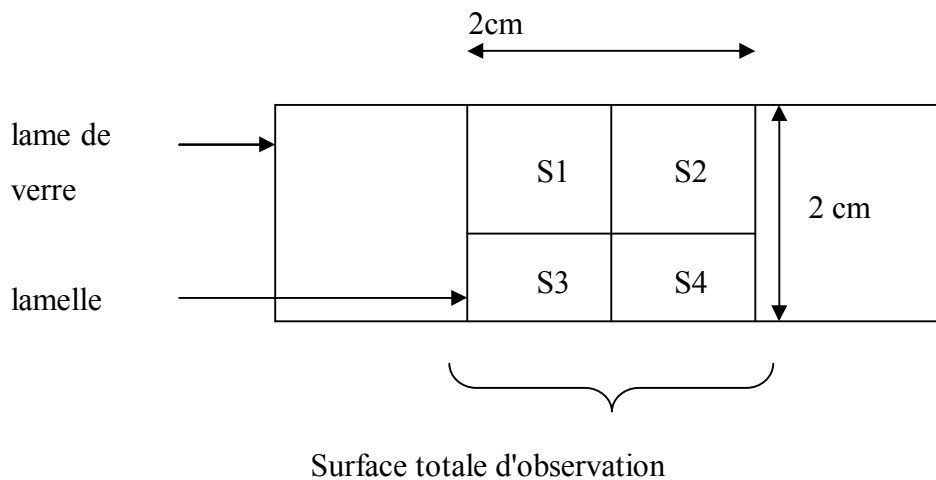
Après la préparation des émulsions et avec une pipette pasteur, une goutte de l'émulsion est prélevée et déposée sur une lame de verre propre puis étalée à l'aide d'une petite lamelle ; on ajoute une goutte du bleu de méthylène.

La préparation étant prête à l'observation microscopique (microscope polarisant), après la mise au point des photos sont alors directement prises grâce à un montage de microphotographie.

5.3 Estimation du nombre de gouttelettes

Pour le dénombrement des gouttelettes d'huile dans le lactosérum c'est une estimation qui consiste à :

après la préparation de l'émulsion, on prélève avec une pipette de pasteur une goutte et la déposer sur une lame à raison de 0.01 ml/cm^2 de surface. Nous avons dénombré les gouttelettes comme suit :



- Nombre de surface de $1 \text{ cm}^2 = 4$ (S1, S2, S3, S4)
- Surface totale = 4 cm^2
- Dépôt par surface = 0.01 ml/cm^2
- Dépôt total = 0.04 ml .
- Nombre de champs par surface = 100 champs
- Nombre de champs total = 400 champs.

Nombre des gouttelettes = $400 \times$ Nbre des gouttelettes par champ

5.4 Evaluation du diamètre des globules gras des émulsions utilisées

Nous avons déterminé le diamètre moyen des globules gras à l'aide d'un micromètre oculaire gradué de 0 à 5 achures, les achures sont distantes les unes des autres de $0.5 \mu\text{m}$.

Pour avoir une répartition statistique, on se déplace au hasard sur la surface du rectangle en réalisant 10 déterminations successives (TOURAINÉ et DRAPRON, 1997).

La détermination du diamètre est donnée par la formule suivante :

$$\Phi_t = \frac{k}{10} \left(\sum_{i=1}^{i=10} D_i \right)$$

Où:

i : Nombre de globules gras fixé au hasard

k : coefficient oculaire

t : temps

D : diamètre de globules gras (μm)

Φ_t : Diamètre moyen des globules gras au temps (t) (μm)

5.6 Détermination de la surface interfaciales

Pour évaluer l'aire interfaciale des émulsions utilisées on détermine le diamètre des globules gras, comme on a cité précédemment.

Lorsqu'on connaît le diamètre moyen (d), on peut alors calculer la surface totale (S), selon l'équation donnée par TOURAINÉ et DRAPRON (1987) dans la formule suivante :

$$\frac{S}{V} = \frac{\pi d^2}{\frac{\pi}{6} d^3} = \frac{6}{d} \quad \text{d'où} \quad \boxed{S = \frac{6V}{d}}$$

Ou :

V : Représente le volume de la phase émulsifiante.

S : Surface totale.

d : diamètre des globules gras.

5.7 Evaluation de la stabilité des émulsions

A partir de l'émulsion mère, on prépare deux dilutions successives l'une au 1/20ème et l'autre au 1/20ème de la deuxième solution, comme le montre la figure 16.

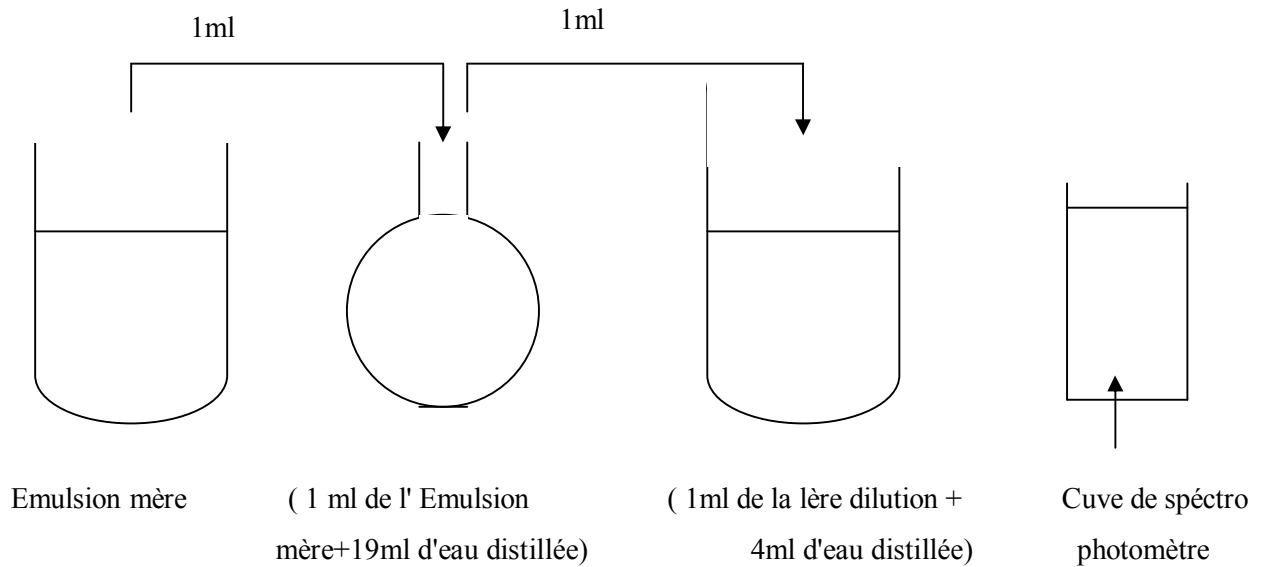


Figure 16: Représentation schématique de l'évaluation de la stabilité des émulsions .

Une cuve de spectromètre est remplie avec la dilution, on lit l'absorbance à 500nm, le blanc est constitué par une cuve remplie d'eau distillée (l'étalonnage de l'appareil).

D'autre part, la deuxième dilution conservée en tube à essai pendant un temps:

$$T_2 = 2h, T_4 = 4h, T_5 = 6h, T_8 = 8h, T_{24} = 24heures .$$

Chaque fois on effectue la mesure de l'absorbance à 500 nm.

.5.7.1 Mesure de la stabilité de l'émulsion

La détermination de la stabilité est donnée par la formule suivante :

$$S(\%) = \frac{100 AT}{AT_0} \quad \text{Exprimée en pourcentage}$$

Où

AT_0 : Absorbance à $T = 0$ h

AT : Absorbance à $T = T$

.5.7.2 Mesure de l'index de stabilité

L'index de stabilité : est le nombre d'heures nécessaire pour la déstabilisation totale de l'émulsion exprimé en heures et donnée par la formule

$$IS(\text{heures}) = \frac{AT_0}{AT_0 - AT} x(T - T_0)$$

L'ensemble de ces paramètres sont examinés pour les émulsions traitées aux microondes pour déterminer l'effet du microondes sur le comportement des émulsions.

Troisième partie

Résultats et discussions

1. Caractérisation physico-chimique des lactosérums

1.1. Les paramètres physiques

1.1.1. Indice de réfraction

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 11

Tableau 11 : Les indices de réfraction des différents lactosérums étudiés

Les échantillons Les essais	LSDV	LSDR	LSAV	LSAR
E ₁	1,3431	1,3428	1,3444	1,3432
E ₂	1,343	1,3426	1,3445	1,3432
E ₃	1,343	1,3429	1,3448	1,3433

D'après les résultats trouvés nous remarquons que les valeurs de l'indices de réfraction sont très proches entre elles que se soit pour le lactosérum acide ou doux pour les deux types du lait (vache ou bien reconstitué) .

Sauf pour le lactosérum acide issu de lait de vache qui présente une valeur légèrement supérieure aux autres échantillons .

L'indice de réfraction varie généralement , suivant la température et la composition chimique du corps gras .

Les valeurs trouvées se rapprochent de celles données par ACEM (2001) qui varie de 1.393 à 1.3446 .

1.1.2. La matière sèche

Les résultats de la matière sèche obtenus des différents lactosérums étudiés sont donnés dans le tableau 12

Tableau12 : la matière sèche des différents lactosérums étudiés exprimée en g/l.

Les échantillons Les essais	LSDV	LSDR	LSAV	LSAR
E ₁	60	61	60	60
E ₂	60	60	53	60
E ₃	56	58	58	60
Moyenne des essais	58,66	59,66	57	60

D'après le tableau 12 , on remarque que les valeurs de la matière sèche des lactosérums étudiés sont peu variables d'un échantillon à un autre .

Les résultats obtenus sont légèrement inférieurs à ceux obtenus par LORIENT et LINDEN (1994) qui varient entre 75 et 76 g/l pour le lactosérum doux et 65.5 à 74 pour le lactosérum acide .

La variation de la matière sèche dépend de l'origine du lactosérum c'est à dire la composition initiale du lait ainsi que la technique de séparation pour obtenir le lactosérum (filtration).

1.1.3.Cendres

Le tableau 13 donne les résultats obtenus concernant les cendres .

Tableau13 les cendres des différents lactosérums étudiés exprimés en g/l.

Les échantillons Les essais	LSDV	LSDR	LSAV	LSAR
E ₁	18	20	20	118
E ₂	18	20	20	120
E ₃	20	22	18	80
Moyenne des essais	18,66	20,66	19,33	106

D 'après les résultats du tableau 13 les valeurs des cendres étudiées sont comparables sauf pour le lactosérum acide issu du lait reconstitué qui présente une valeur cinq fois plus élevée par rapport aux autres lactosérums étudiés ; généralement le taux des cendres des lactosérums varie en fonction de la technologie d'obtention . Ainsi que l'acidification du lait provoque une déminéralisation plus importante du caillé ; par conséquent , les lactosérums acides se caractérisent par un pH plus bas et une teneur minérale plus élevée que les lactosérums doux (ADRIAN et *al* , 1981) .

D'après MATHIEU (1998) les cendres possèdent par ailleurs un caractère basique .

1.1. 4. Densité

Les résultats obtenus concernant les densités sont donnés dans le tableau 14

Tableau 14 : les résultats de la densité des différents lactosérums étudiés.

Les échantillons Les essais	LSAR	LSDR	LSAV	LSDV
E ₁	1,029	1,014	1,026	1,019
E ₂	1,029	1,027	1,027	1,018
E ₃	1,028	1,019	1,027	1,01
Moyenne des essais	1,0286	1,02	1,0266	1,015

D'après le tableau 14 les résultats obtenus concernant la densité des lactosérums étudiés sont légèrement identiques à celles du lait de vache qui se situent entre 1.028 et 1.032 g/ml⁻¹

Selon KARLESKIND (1992) et MATHIEU (1998) la densité dépend de la composition chimique des graisses, de la température, ainsi que du taux de saturation des corps gras.

Notons que le lactosérum acide présente une valeur plus élevée par rapport aux autres lactosérums étudiés.

1.2. Les paramètres chimiques

1.2.1. Le pH

Les résultats du pH obtenus sont donnés dans le tableau 15.

Tableau 15 : les résultats du PH des différents lactosérum étudiés

Les échantillons Les essais	LSDV	LSDR	LSAV	LSAR
E ₁	4,9	6,51	4,15	3,92
E ₂	4,86	6,52	4,17	3,84
E ₃	4,86	6,48	4,96	3,88

D'après les résultats obtenus, nous constatons que le pH varie sensiblement d'un type de lactosérum à l'autre, notons aussi que le pH de lactosérum doux issu de lait reconstitué est plus proche du pH du lait frais normal de vache qui est de l'ordre de 6.7.

Par contre on registre que la valeur du pH la plus basse est enregistrée chez le lactosérum acide issu de lait reconstitué.

D'après MAHIEU(1998) le pH varie avec la richesse du lait en phosphore , citrates et la caséines , et selon le même auteur la valeur du pH est due en grande partie aux groupements basiques ionisable et acide dissociables des protéines , aux groupements esters phosphoriques des caséines et aux acides phosphoriques et citriques .

1.2.2. l'Acidité

Le tableau 16 donne les différents résultats de l'acidité des lactosérum étudiés

Tableau 16 : l'acidité des différents lactosérums étudiés exprimée en degré Dornic (°D).

Les échantillons Les essais	LSAR	LSDR	LSAV	LSDV
E ₁	59,51	69	62	65
E ₂	59,5	69	61,9	65
E ₃	59,51	68,9	62	65
Moyenne des essais	59,506	68,86	61,96	65

Le tableau ci-dessus montre que les résultats obtenus sont généralement supérieurs à ceux trouvés par APRIA (1977) , LORIENT et LINDEN (1994) , et FAO (1995) qui varient de 1 à 5 g/l. L'acidité du lait est une mesure indirecte de sa richesse en caséines , phosphates , citrates et hydrogénocarbonates .

2. Caractérisation des émulsions

2.1. Caractérisation des émulsions traitées et non traitées aux micro onde obtenues à partir des différents lactosérums et huiles :

Les émulsions obtenues à partir des différents lactosérums et huiles traitées et non traitées aux microondes sont présentées dans les photos numérotées de 1 à 11 et caractérisées dans le tableau 17

Tableau 17 : Caractérisation des émulsions obtenus à partir des différents lactosérums et huiles traitées et non traitées aux microondes.

N° de photos	Echantillon	Agitation appliquée	Différents types d'émulsions			
			Non traitées		Traitées	
			Taille et forme	Etat de dispersion	Taille et forme	Etat de dispersion
1	LSAV/HA/CS	Ultra turrax	Petite et arrondie	Plus au moins Dispersées		
2	LSAV/HO/CS	Ultra turrax	Petite et arrondie	Plus au moins Regroupées		
3	LSART/HO/CS	Ultra turrax			Très petite et arrondie	Regroupée
4	LSDRT/HA/CS	Ultra turrax			Moyenne et arrondie	Dispersées
5	LSDR/HA/CS	Ultra son	Grosse et moyenne arrondie	Plus au moins dispersées		
6	LSAR/HO/CS	Ultra son	Petite et moyenne arrondie	Plus au moins dispersées		
7	LSART/HA/CS	Ultra son			Grosse moyenne et petite arrondie	Plus au moins dispersées
8	LSAR/HA/CS	Magnétique	Grosse et moyenne arrondie	Plus ou moins dispersées		
9	LSAR/HO/CS	Magnétique	Petite et arrondie	Plus ou moins dispersées		
10	LSART/HO/CS	Magnétique			Petite et moyenne arrondie	Plus au moins regroupées
11	LSDRT/HA/CS	Magnétique			Moyenne arrondie	Regroupées

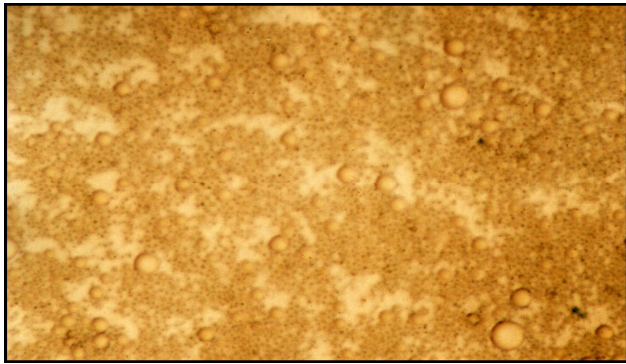


Photo 1

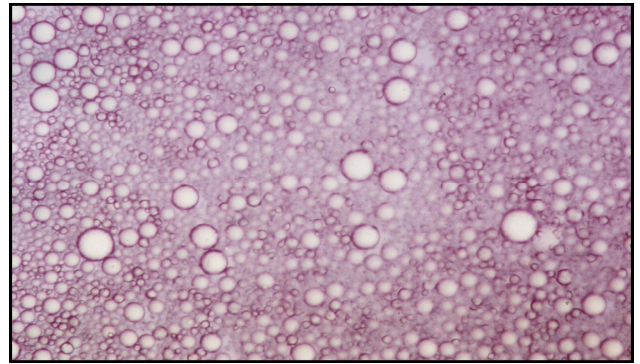


Photo 2

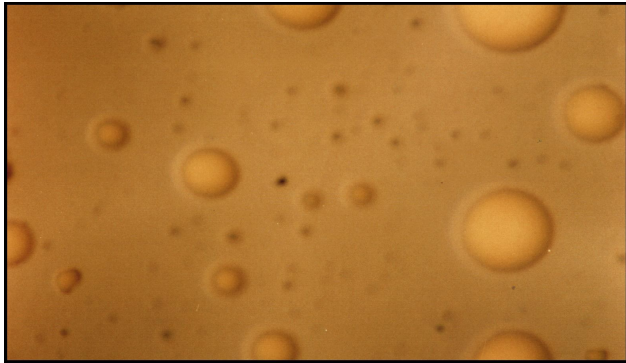


Photo 3

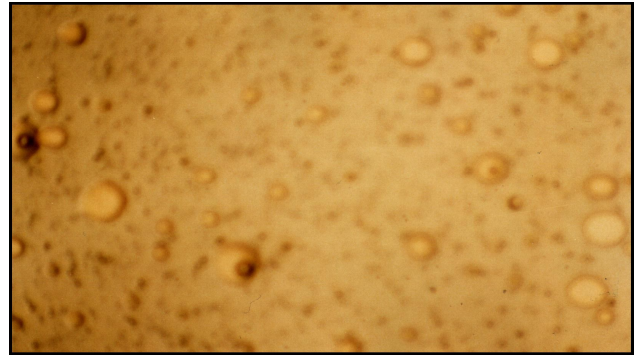


Photo 4

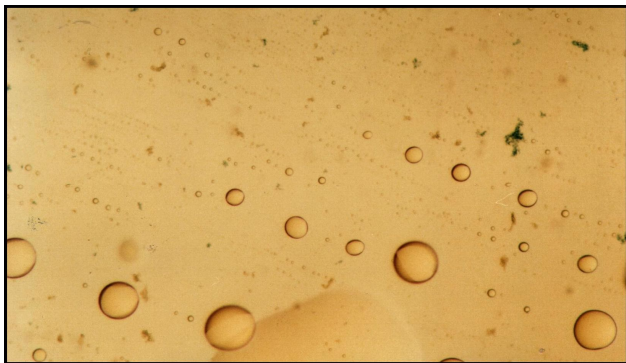


Photo 5

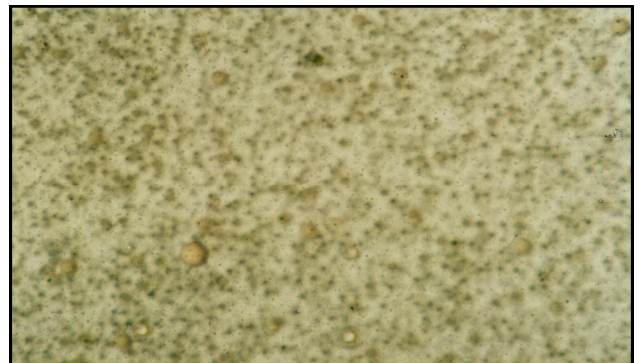


Photo 6

Observations microscopiques des différentes émissions étudiées, préparées à partir des différents lactosérums et huiles traitées et non traitées en micro-ondes et à différentes agitations.

- Photo1: LSAV/HO/CS(G10) Agitation ultra Turrax.
- Photo2: LSAV/HA/CS(G10) Agitation ultra turrax
- Photo3: LSDR/HA/CS(G10) Agitation ultra son
- Photo4: LSDRT/HO/CS(G10) Agitation ultra son
- Photo5: LSAV/HO/CS(G10) Agitation ultra son
- Photo6: LSART/HO/CS(G10) Agitation ultra Turrax.

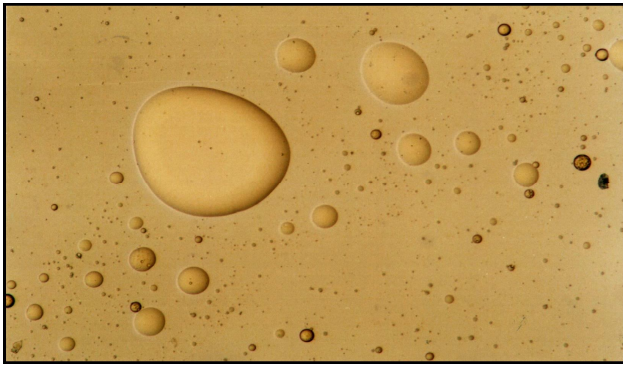


Photo7

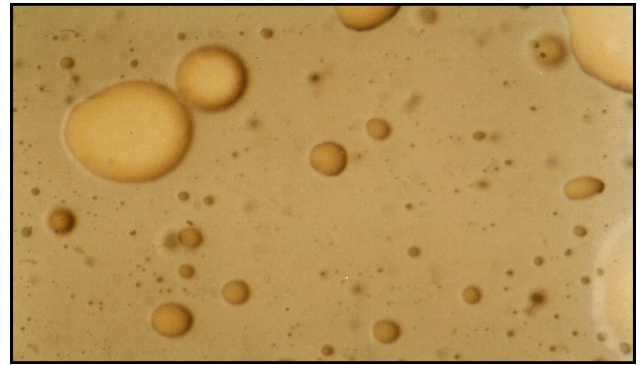


Photo8

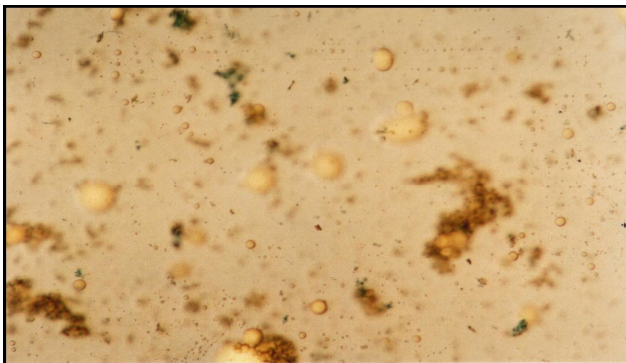


Photo9

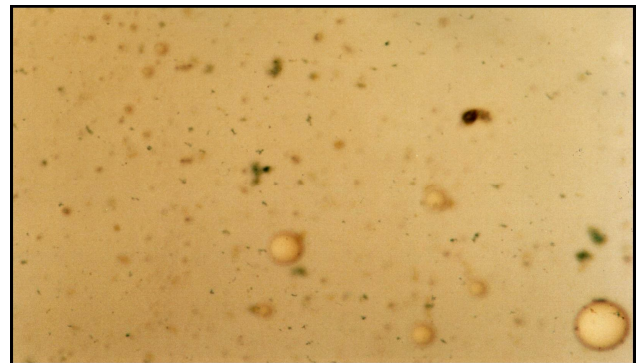


Photo10

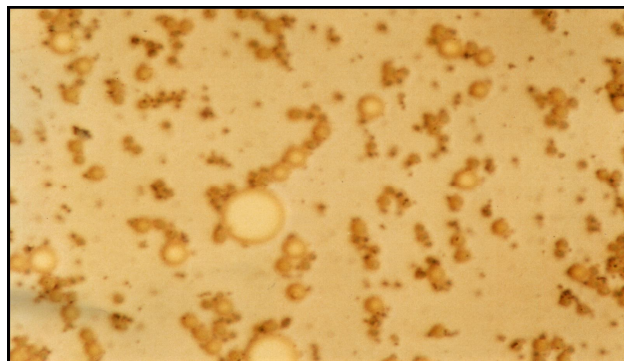


Photo11

Observations microscopiques des différentes émissions étudiées, préparées à partir des différents lactosérums et huiles traitées et non traitées en micro-ondes et à différentes agitations.

- Photo7: LSART/HA/CS(G10) Agitation ultra son.
- Photo8: LSAR/HA/CS(G10) Agitation magnétique
- Photo9: LSART/HA/CS(G10) Agitation magnétique
- Photo10: LSAR/HA/CS(G10) Agitation magnétique
- Photo11: LSDRT/HO/CS(G10) Agitation magnétique

2.2. Nombre de globules gras

Les figures (17 , 18 ,19, 20) représentent le nombre moyen des globules gras pour les échantillons traités et non traités aux microondes des différentes émulsions étudiée .

Nous constatons que le nombre des globules gras est variable selon le type de lactosérum et l'huile utilisée ainsi que selon l'agitation appliquée.

D'après les résultats obtenus on remarque que le nombre des globules gras a des allures décroissantes au cours du temps .

D'après CHEFTEL et *al* (1985) ; cette diminution est due principalement aux trois phénomènes ; le crémage, la floculation et la coalescence.

D'autre part le nombre le plus élevé est enregistré dans les émulsions obtenues par agitation ultra-Turrax par rapport à celui obtenu par sonication ou agitation magnétique .

Après le traitement des émulsions par microondes , nous constatons que les valeurs du nombre des globules gras des émulsions traitées ont une tendance vers l'augmentation .

Cette augmentation peut être expliquée par le fait que le traitement facilite en premier temps la formation des émulsions par la division des globules gras .

Pour les échantillons traités l'émulsion (LSAVT/HA/CS) obtenue par agitation Ultra-Turrax présente un nombre élevé des globules gras par rapport aux autres types d'émulsions à différentes agitations.

La même remarque est faite pour les courbes comparées à celle non traitée.

D'une manière générale l'huile douée du plus grand nombre de gouttelettes est celle qui forme facilement des émulsions .

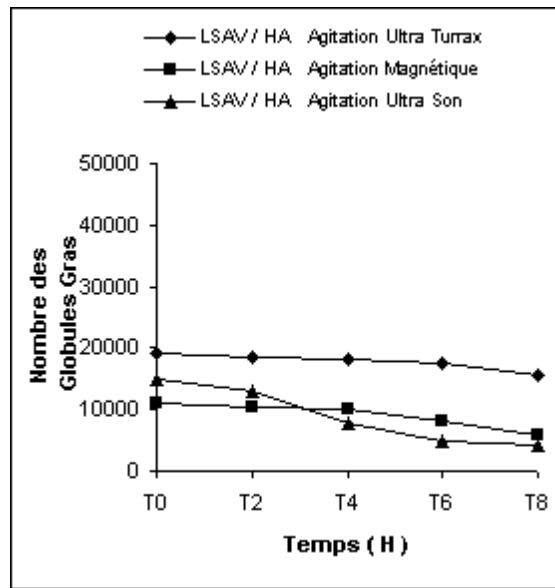
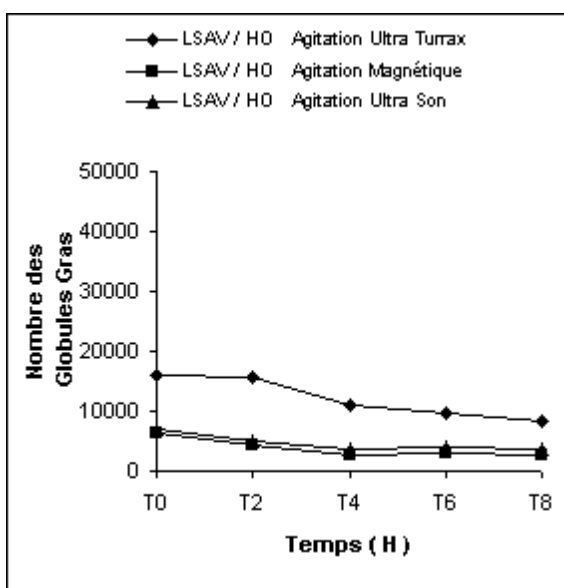
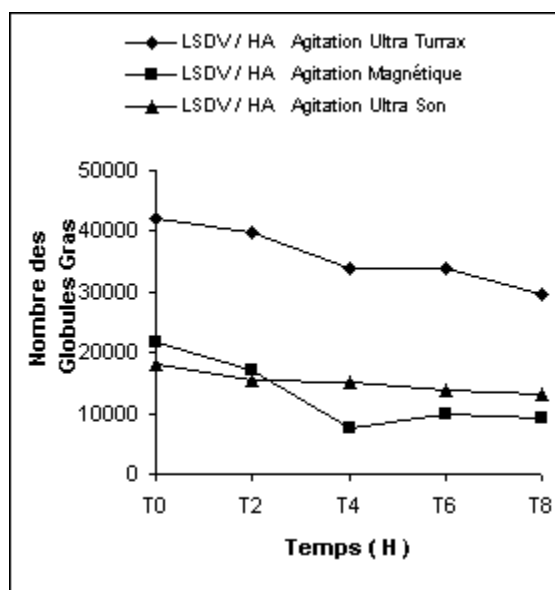
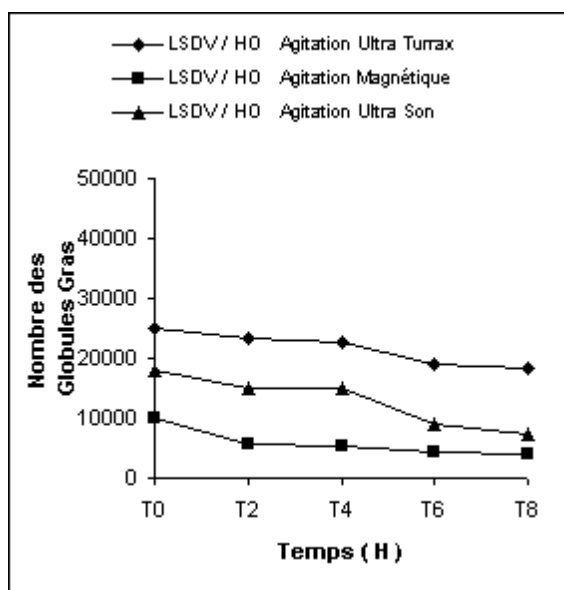


Figure 17 : Evolution du nombre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions non traitées .

- a- Emulsion de type : LSDV/HO/CS .
- b- Emulsion de type : LSDV /HA/CS.
- c- Emulsion de type : LSAV/HO /CS.
- d- Emulsion de rype : LSAV/ HA /CS.

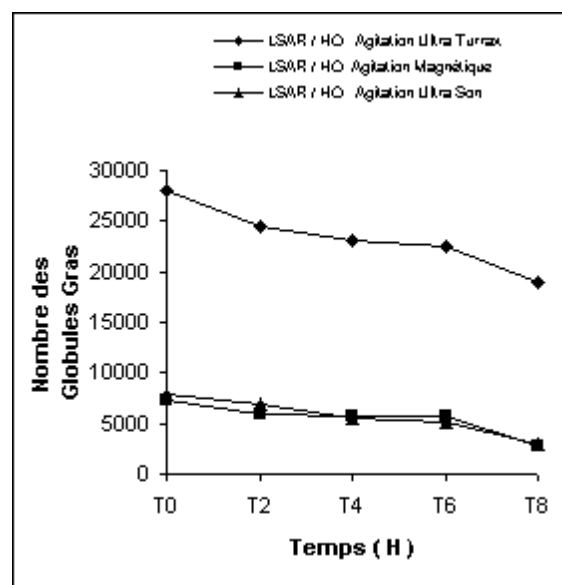
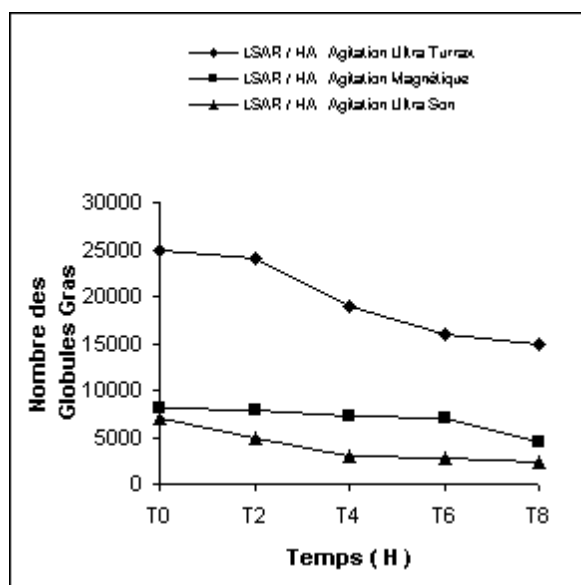
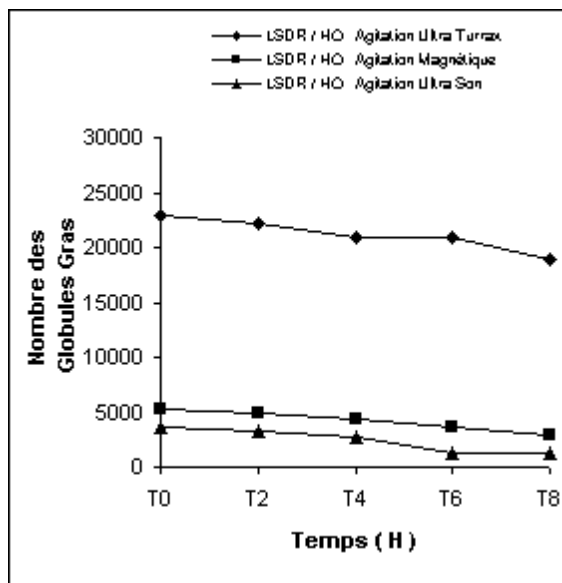
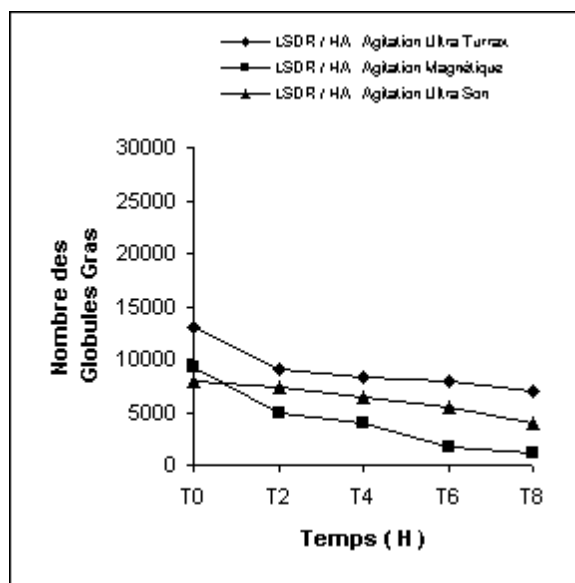
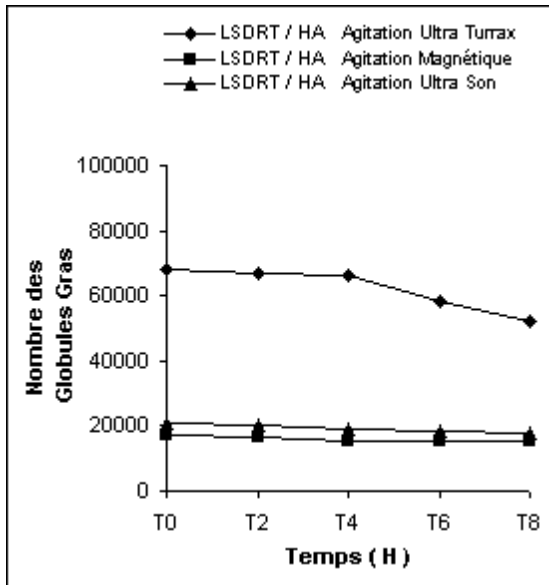
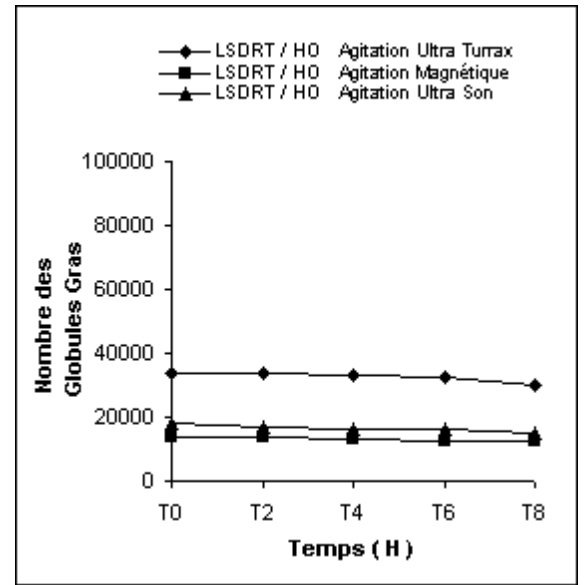


Figure 18 : Evolution du nombre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions non traitées .

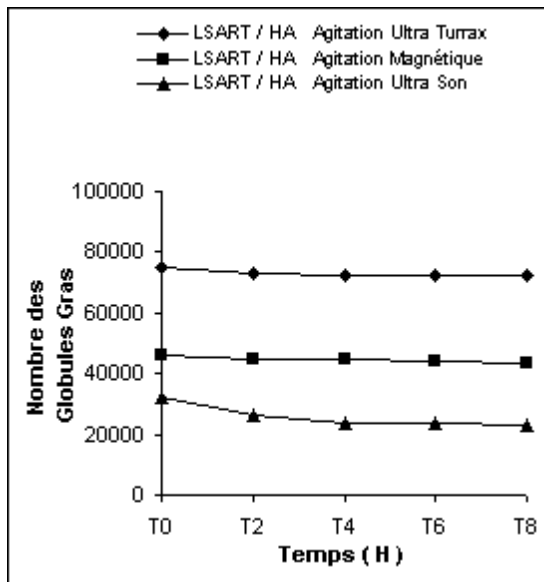
- a- Emulsion de type : LSDR/HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSDR /HO/CS.
- c- Emulsion de type : LSAR/HA /CS.
- d- Emulsion de type : LSAR/ HO /CS.



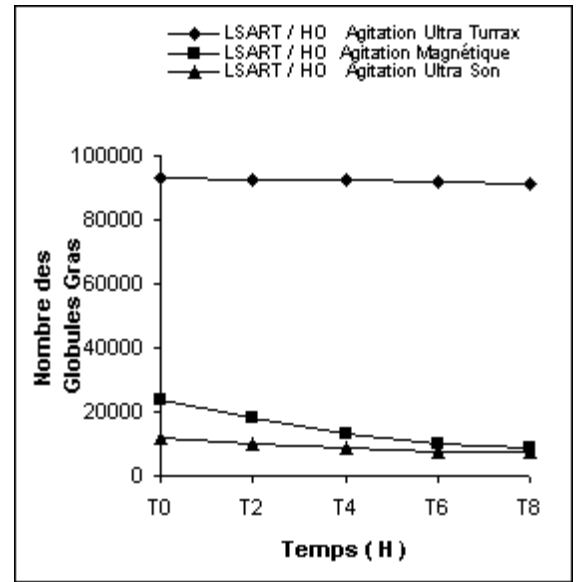
a



b



c



d

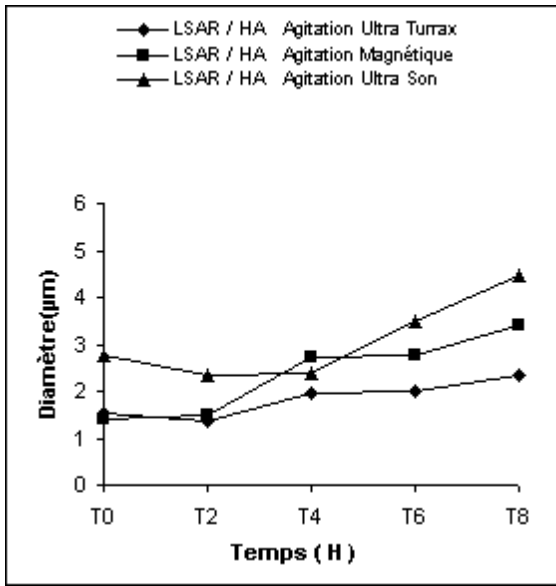
Figure 20: Evolution du nombre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions traité

a- Emulsion de type : LSDRT/HA/CS .

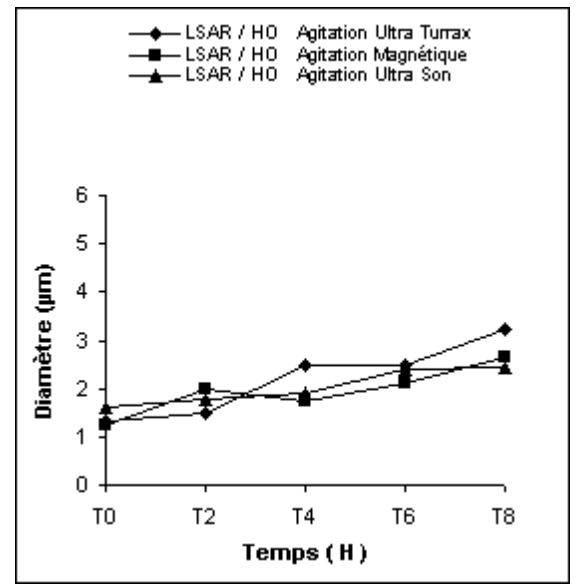
b- Emulsion de type : LSDRT/HO/CS.

c- Emulsion de type : LSART /HA /CS.

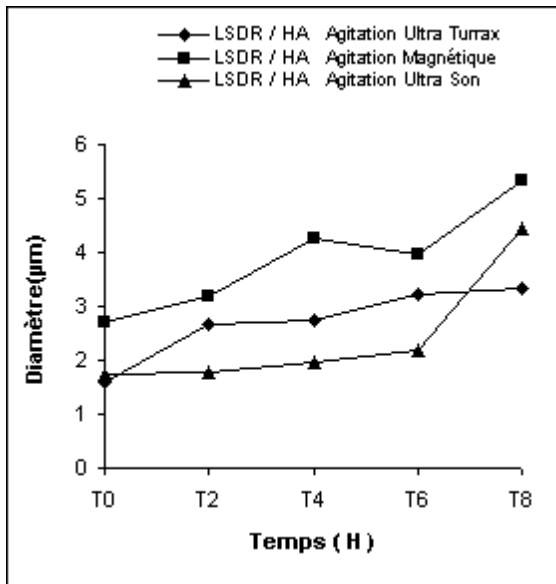
d- Emulsion de rype : LSART/ HO /CS.



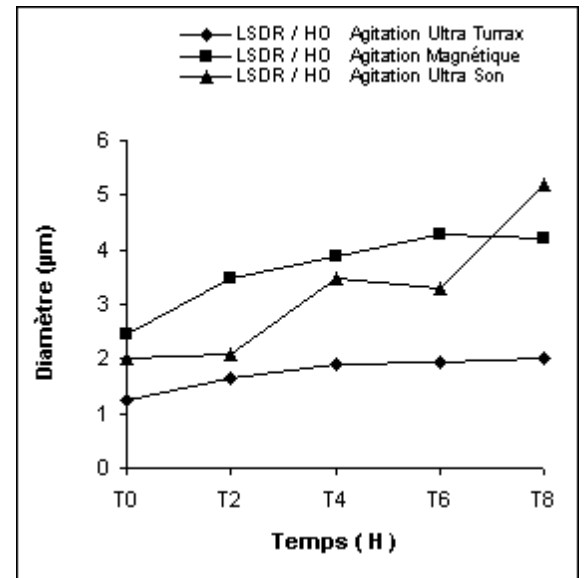
a



b



c



d

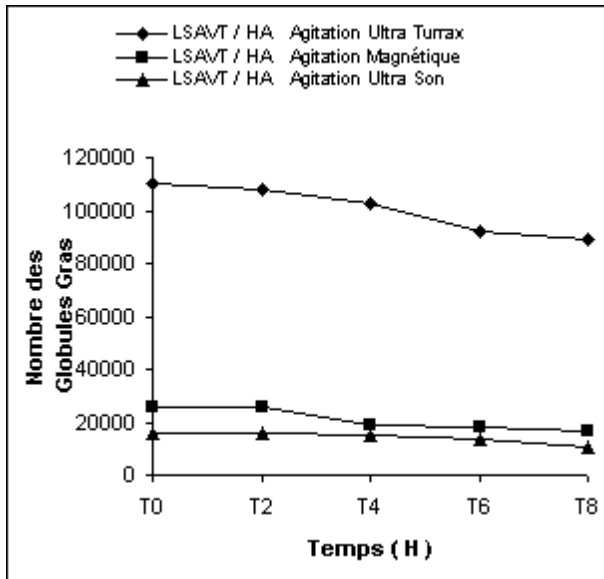
Figure 21: Evolution du diamètre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions non

a- Emulsion de type : LSAR /HA/CS .

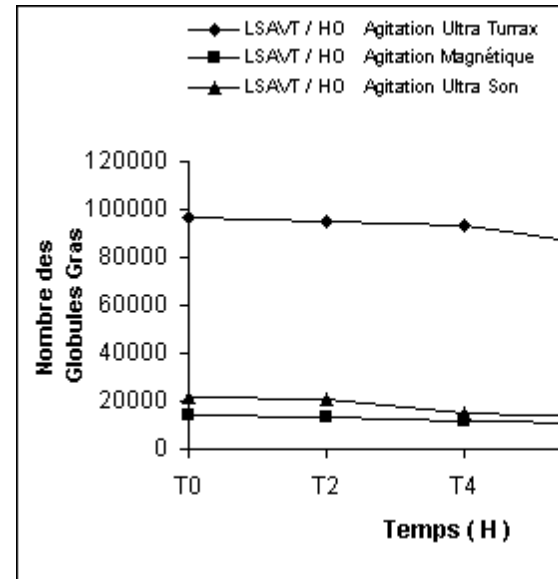
b- Emulsion de type : LSAR/HO/CS.

c- Emulsion de type : LSDR /HA /CS.

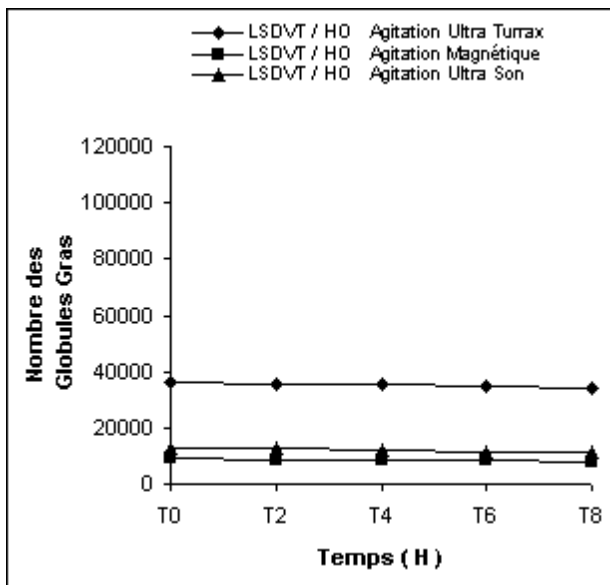
d- Emulsion de rype : LSDR/ HO /CS.



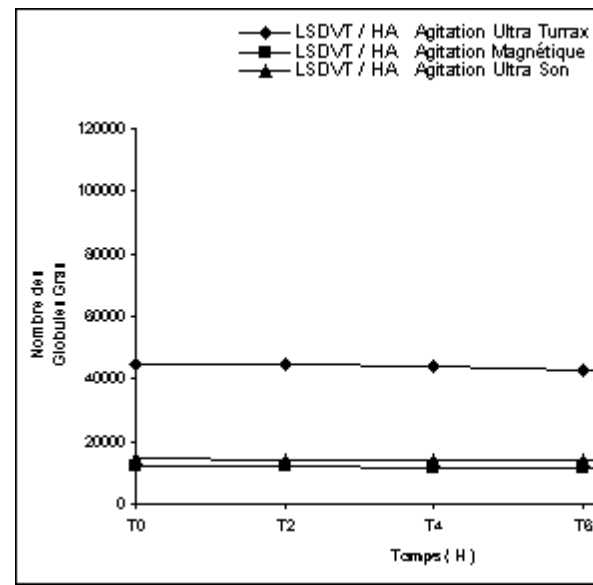
a



b



c



d

Figure 22: Evolution du diamètre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions traitées

a- Emulsion de type : LSAVT/HA/CS .

b- Emulsion de type : LSAVT/HO/CS.

c- Emulsion de type : LSDVT/HO/CS.

d- Emulsion de type : LSDVT/HA/CS.

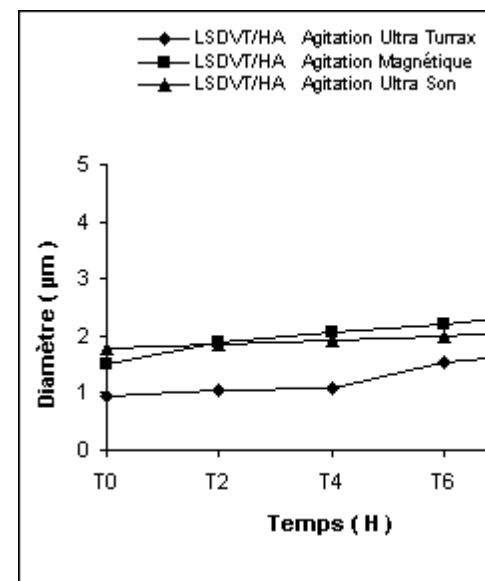
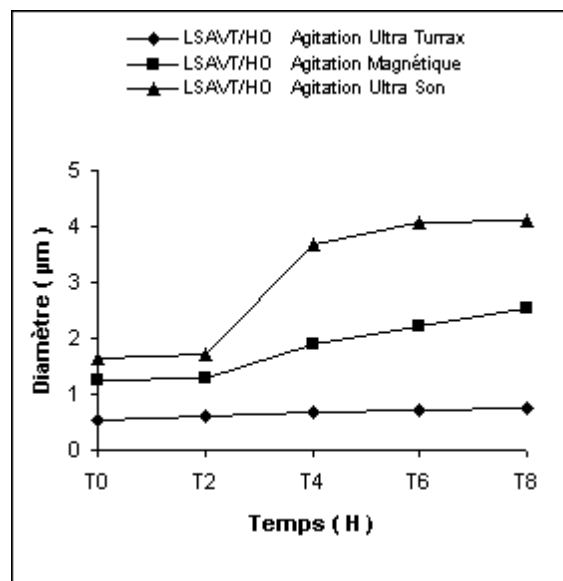
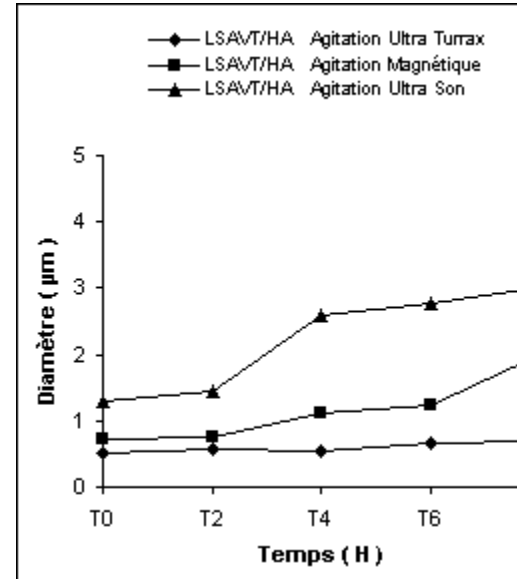
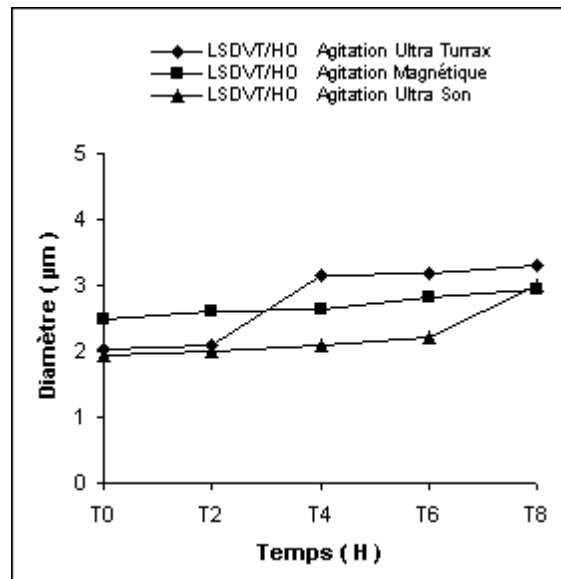


Figure 23 : Evolution du diamètre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions

- a- Emulsion de type : LSDVT/HO/CS .
- b- Emulsion de type : LSAVT /HA/CS.
- c- Emulsion de type : LSAVT/HO /CS.
- d- Emulsion de type : LSDVT/ HA /CS.

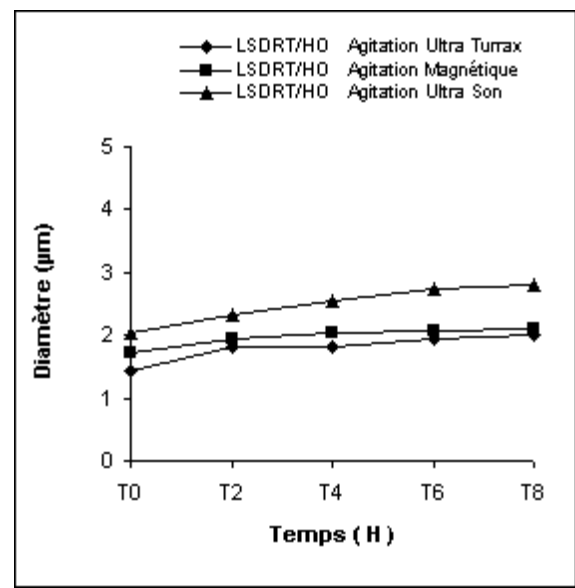
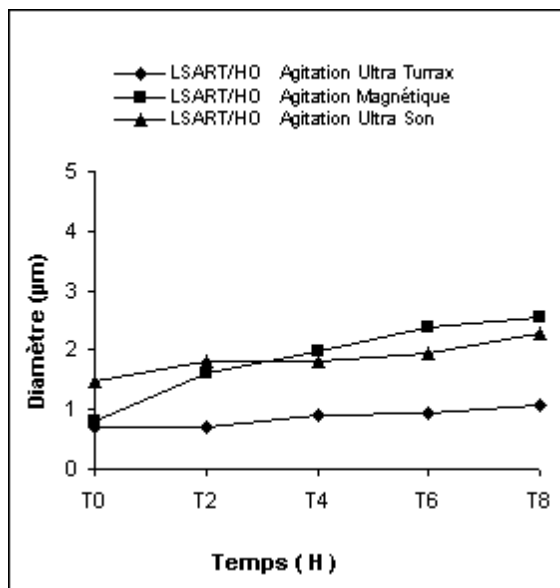
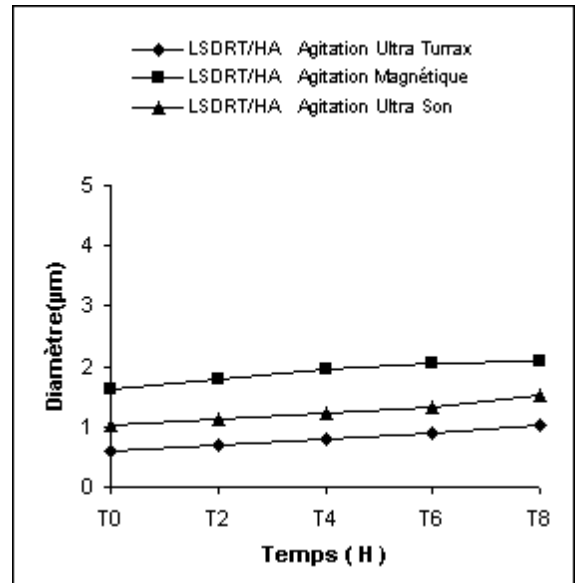
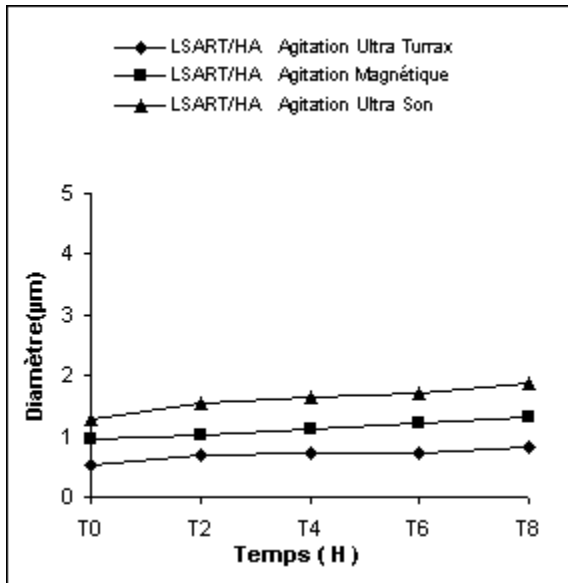


Figure 24 : Evolution du diamètre des globules gras en fonction du temps pour les émulsions tra

- a- Emulsion de type : LSART/HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSDRT /HA/CS.
- c- Emulsion de type : LSART/HO /CS.
- d- Emulsion de type : LSDRT/ HO /CS.

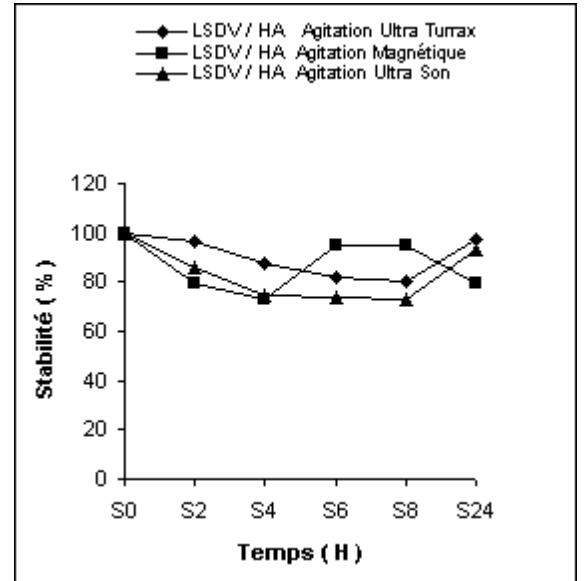
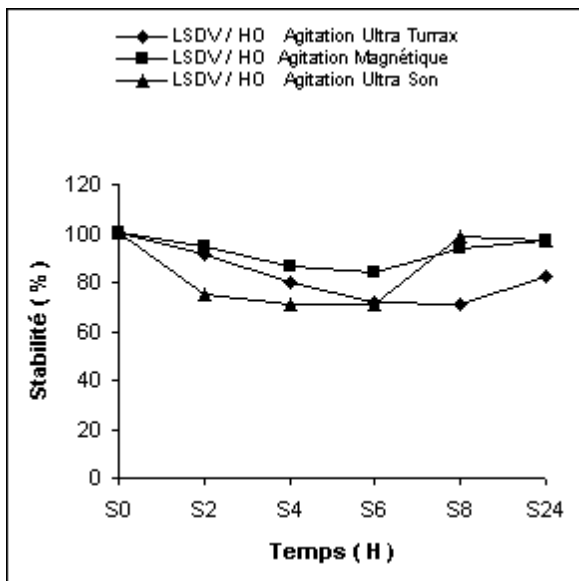
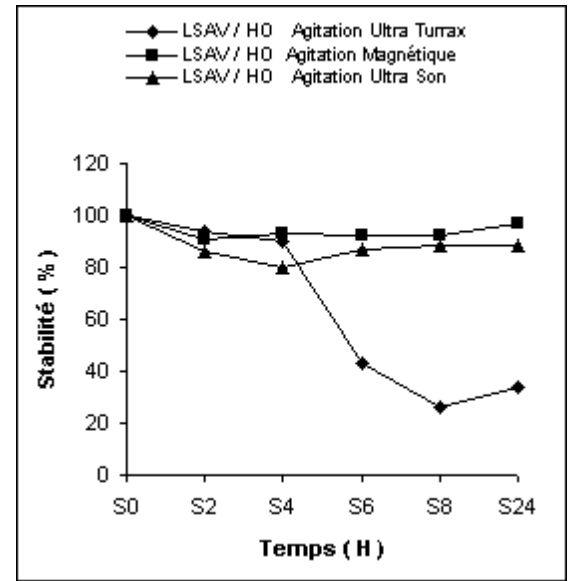
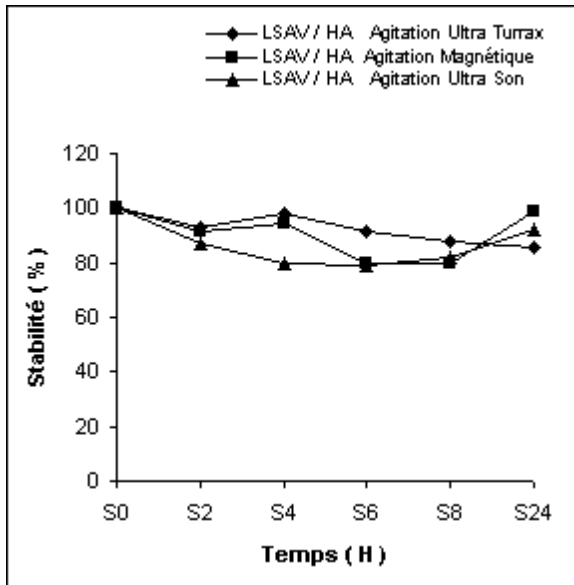


Figure 25 : Evolution de la stabilité au cours du temps pour les émulsions non traitées

- a- Emulsion de type : LSAV /HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSAV /HO/CS.
- c- Emulsion de type : LSDV /HO /CS.
- d- Emulsion de rype : LSDV/ HA /CS.

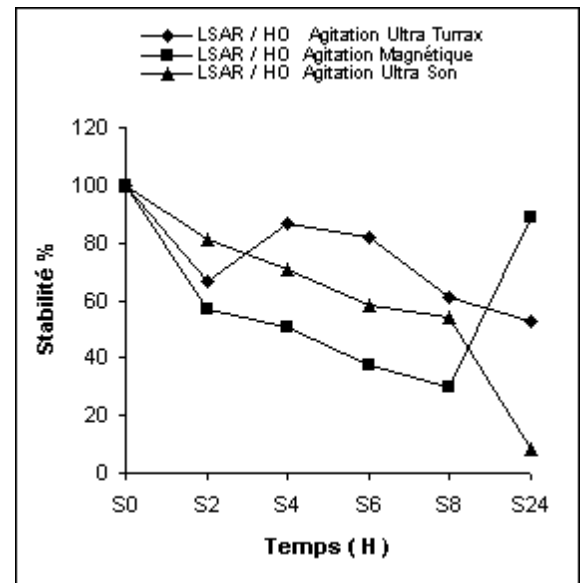
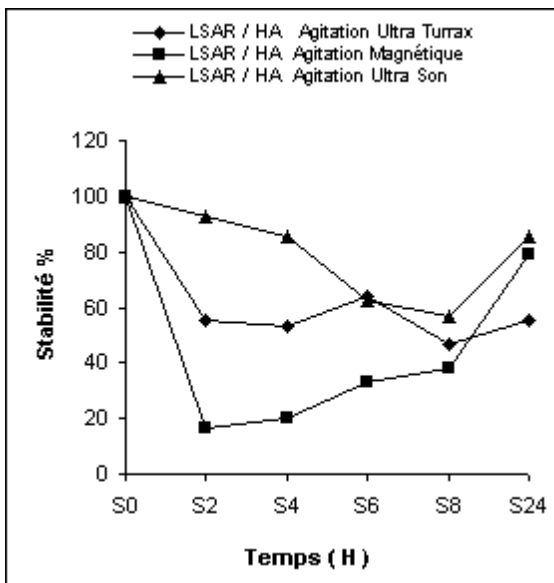
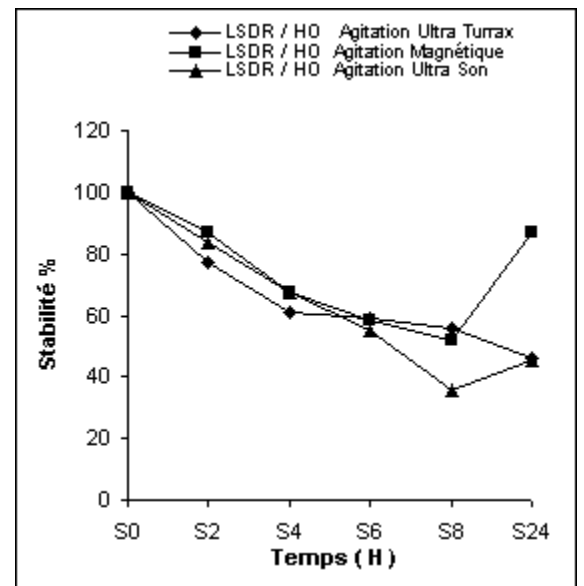
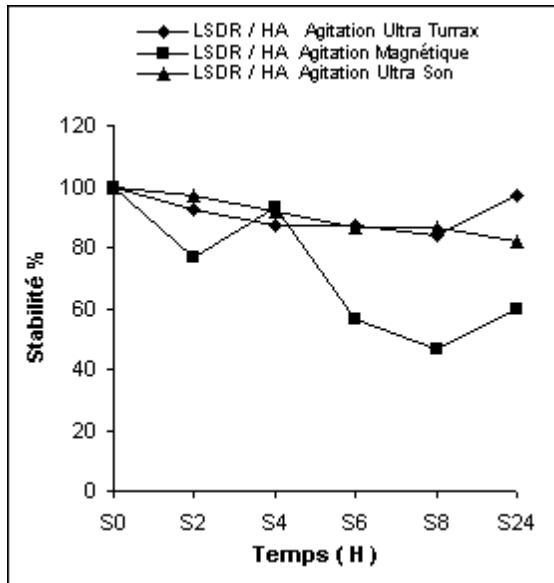


Figure 26 : Evolution de la stabilité du temps pour les émulsions non traitées .

- a- Emulsion de type : LSDR /HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSDR /HO/CS.
- c- Emulsion de type : LSAR /HA /CS.
- d- Emulsion de type : LSAR/ HO /CS.

2.3. Diamètre des globules gras

Les figures (21, 22, 23, 24) représentent l'évolution du diamètre moyen des gouttelettes des émulsions traitées et non traitées par microondes au cours du temps .

Les courbes des échantillons non traités présentent une allure croissante et varie entre 1 et 5,5 μm ;d'après FRIBERG (1976) et HALLING (1981) cité par LORIENT et al(1985), dans la plupart des cas , le diamètre des gouttelettes liquides dispersées est compris entre 0.1 et 50 μm donc ces résultats sont comparables à ceux donnés par CHEFTEL (1985) .

Selon les résultats obtenus le diamètre le plus faible est enregistré dans la plupart des émulsions préparées par une agitation Ultra-turrax comparées à celles obtenues par d'autre agitation sonication ou magnétique. Cela est confirmé par (DICKINSON, 1992) qui a trouvé que le facteur limitant qui détermine la taille des gouttelettes et l'apport d'énergie que peut fournir l'équipement , on utilise généralement des mélangeurs rapides , des homogénéisateurs, ou des systèmes a Ultrasons pour fournir cette énergie .

Pour casser une gouttelette , il faut appliquer en effet un très fort gradient de pression externe.

Par contre pour les émulsions traitées au micrones les valeurs de diamètre moyen sont inférieurs à celle enregistrée dans les émulsions non traitées qui varie entre 0.5 et 4.5 μm .

La valeur la plus petite est notée à T_0 pour l'émulsion (LSAVT/ HO/ CS) qui est de 0.55 μm .

Les courbes présentent une allure croissante à un rythme lent par rapport à celle enregistrée dans les émulsions non traitées , cela s'explique par le fait que le chauffage appliqué sur les émulsions par les micrones conduise à une gélification plus prononcée des protéines à l'interface et la formation d'un film plus rigide (CAYOT, 1998),provoque la stabilité de l'émulsion .

Enfin , d'après les résultats on peut dire que l'agitation ultra turrax (homogénéisateur) a un effet remarquable sur la taille des gouttelettes ainsi que le traitement par microonde joue un rôle important pour la stabilité des émulsions .

2.4. stabilité

Les valeurs de la stabilité des émulsions traitées et non traitées aux microondes sont données dans les figures (25 , 26 , 27, 28).Les courbes ont une allure décroissante au cours du temps .

Nous remarquons que l'émulsion de type (LSDR / HA /CS) préparée par une agitation ultra-son présente un rythme décroissant lent qui varie entre 92.2 et 82 % par rapport aux autres émulsions , par contre l'émulsion de type (LSAR/ HO/ CS) varie entre 81.25 et 8.3 %

DICKINSON (1998) montre que pour fabriquer une émulsion ,il faut pouvoir augmenter l'air interfaciale ; c'est à dire l'énergie libre de surface .

On remarque aussi que la stabilité de l'émulsion est en fonction de l'huile utilisée , du stabilisant ainsi que l' agitation appliquée .

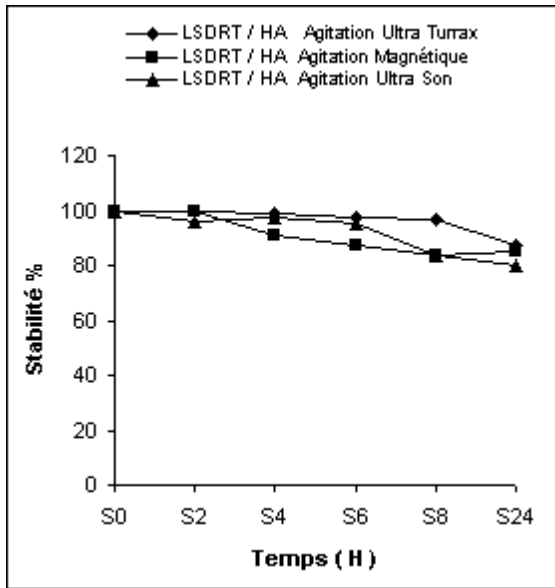
Dans notre cas les émulsions obtenues par agitation ultra turrax et par sonication sont plus stables que celles préparées par agitation magnétique , cela peut s'expliquer , par le fort gradient de pression externe qui peut être produit par une agitation intense (homogénéisateur, ultra-son) .

En comparant les résultats de la stabilité des émulsions traitées à ceux des non traitées , nous constatons que les valeurs de la stabilité des émulsions ont une tendance vers l'augmentation de la stabilité c'est à dire des valeurs importantes , et pressentent une allure décroissante avec un rythme plus lent pour toutes les émulsions. A titre d'exemple pour l'émulsion (LSAR /HO/CS) la stabilité varie de 81.25 à 8.3 % mais après traitement aux microondes la stabilité de la même émulsion varie entre 98.36 et 65.57 % cela est du selon DICKINSON (1998) à la gélification des protéines qui forment un film autour des gouttelettes et par conséquent favorisent la stabilité de l'émulsion.

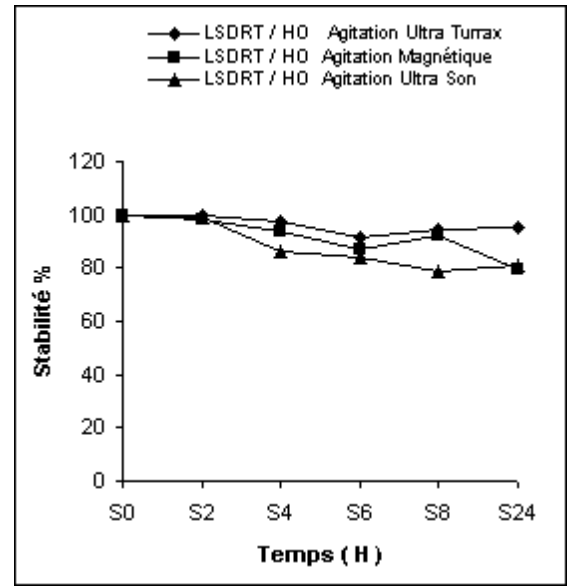
Plus l'émulsion est uniforme , plus la stabilité est importante .

D'après CHEFTEL (1985) divers phénomènes tendent cependant à stabiliser les émulsions :

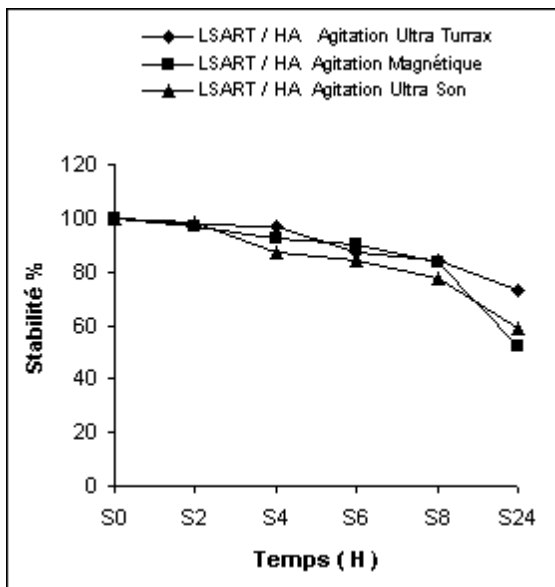
- une faible tension interfaciale entre les deux phases ;
- la présence d'une couche interfaciale résistante , constitué par un film de protéines adsorbées , qui s'oppose mécaniquement à la coalescence des gouttelettes;
- la présence des charges électrostatiques de même signe à la surface des gouttelettes dispersées;
- un petit diamètre des gouttelettes(et une distribution uniforme des diamètres);
- une forte viscosité de la phase continue , qui entraîne une faible vitesse de crémage .
-



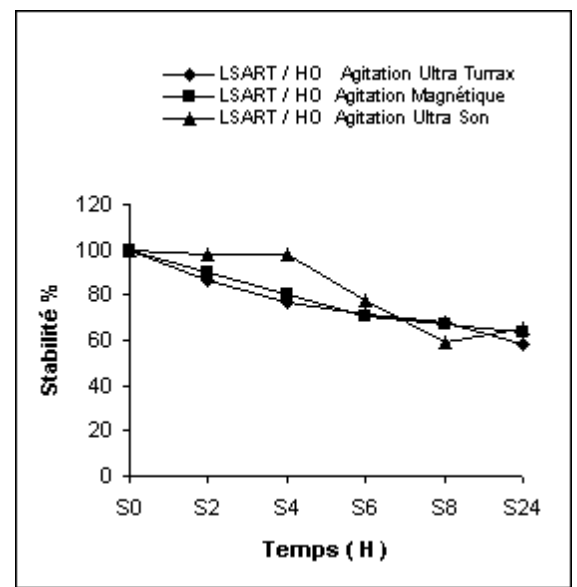
a



b



c



d

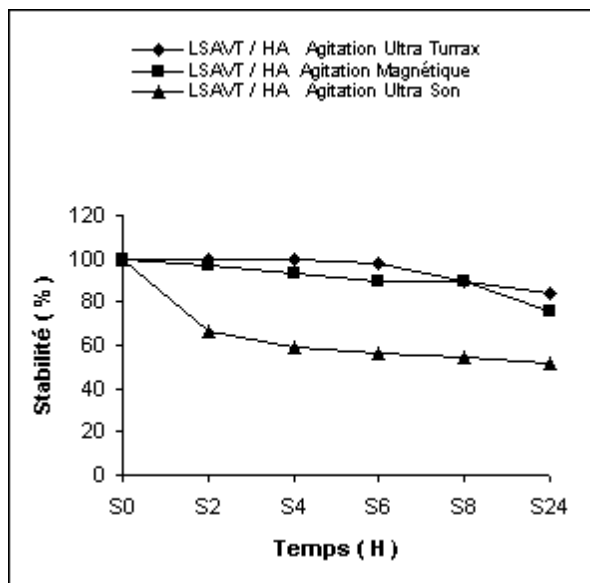
Figure 27: Evolution de la stabilité au cours du temps pour les émulsions traitées .

a- Emulsion de type : LSDRT /HA/CS .

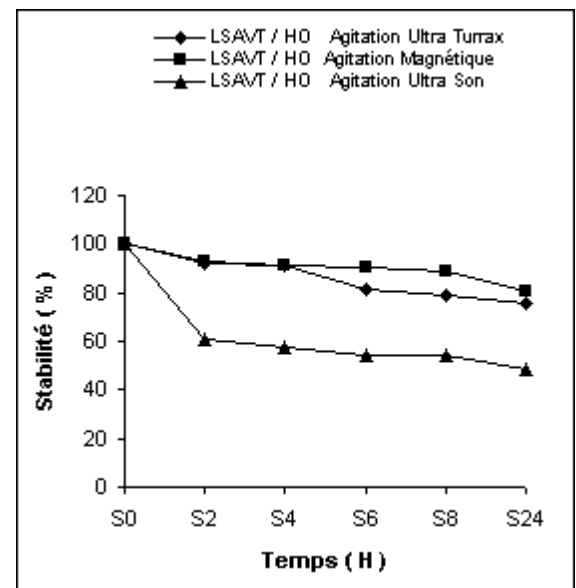
b- Emulsion de type : LSDRT/HO/CS.

c- Emulsion de type : LSART /HA /CS.

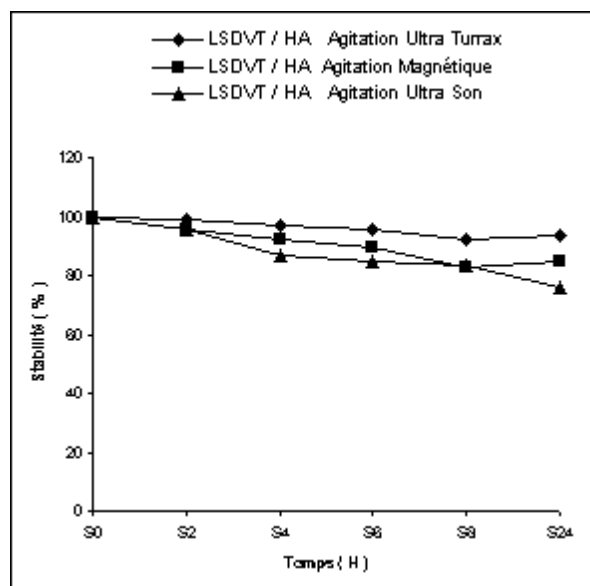
d- Emulsion de rype : LSART/ HO /CS.



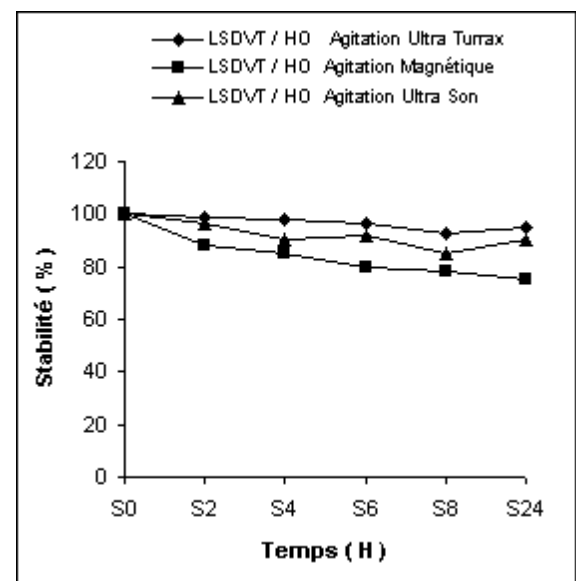
a



b



c



d

Figure 28: Evolution de la stabilité au cours du temps pour les émulsions traitées .

a- Emulsion de type : LSAVT / HA / CS .

b- Emulsion de type : LSAVT / HO / CS.

c- Emulsion de type : LSDVT / HA / CS.

d- Emulsion de type : LSDVT / HO / CS.

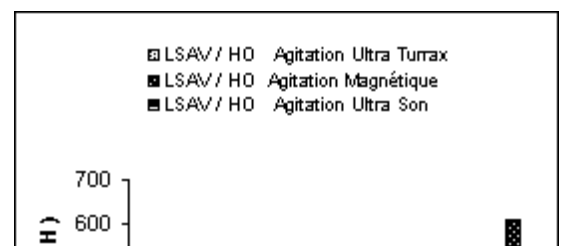
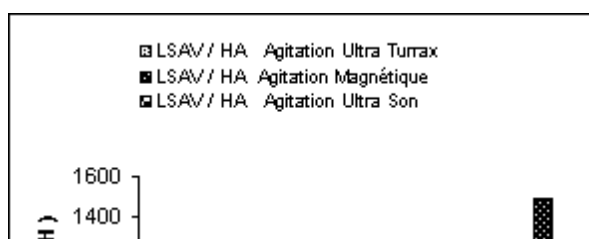
2.5.L'index de stabilité

Les figures (29 , 30 , 31, 32) montre des histogrammes représentant les valeurs de l'index de stabilité pour les émulsions non traitées et traitées aux microondes .

Pour estimer la durée de la stabilité d'émulsion étudiées , nous avons calculé l'index de la stabilité qui nous a permis de donner les constatations suivantes :

- D'une manière générale les valeurs de l'index de stabilité augmentent aux cours du temps .
- Pour le type d'émulsion l'huile d'amande dans le lactosérum acide issu de lait de vache (LSAV/HA/CS) présente la valeur la plus importante pour l'agitation magnétique à T24 ; la même remarque est faite pour le type d'émulsion huile d'olive dans le lactosérum acide issu de lait de vache (LSAV/HO/CS) , par contre pour le type d'émulsion huile d'olive dans lactosérum doux issu de lait de vache(LSDV/HO/CS) , la valeur la plus élevée est notée chez les émulsions préparée par agitation ultrason , et d'autre part d' une manière générale les émulsions de type huile d'amande dans le lactosérum(LS/HA) , la valeur la plus importante est celle de l'émulsion préparée par agitation ultra-turrax .

Après traitement aux microondes , nous remarquons que les valeurs de l'index de stabilité subissent une augmentation pour tous les types d'émulsions préparées à différentes agitations et les valeurs les plus importantes sont enregistrées chez les types des émulsions : huile d'amande dans le lactosérum doux issu de lait reconstitué (LSDR/HA/CS) et huile d'olive dans le lactosérum doux issu de lait vache (LSDV/HO/CS); le traitement aux microondes semble influencer sur la taille et la forme des gouttelettes , en les protégeant par la formation d'un film rigide aux tours des globules gras par la gélification des protéines de lactosérum .



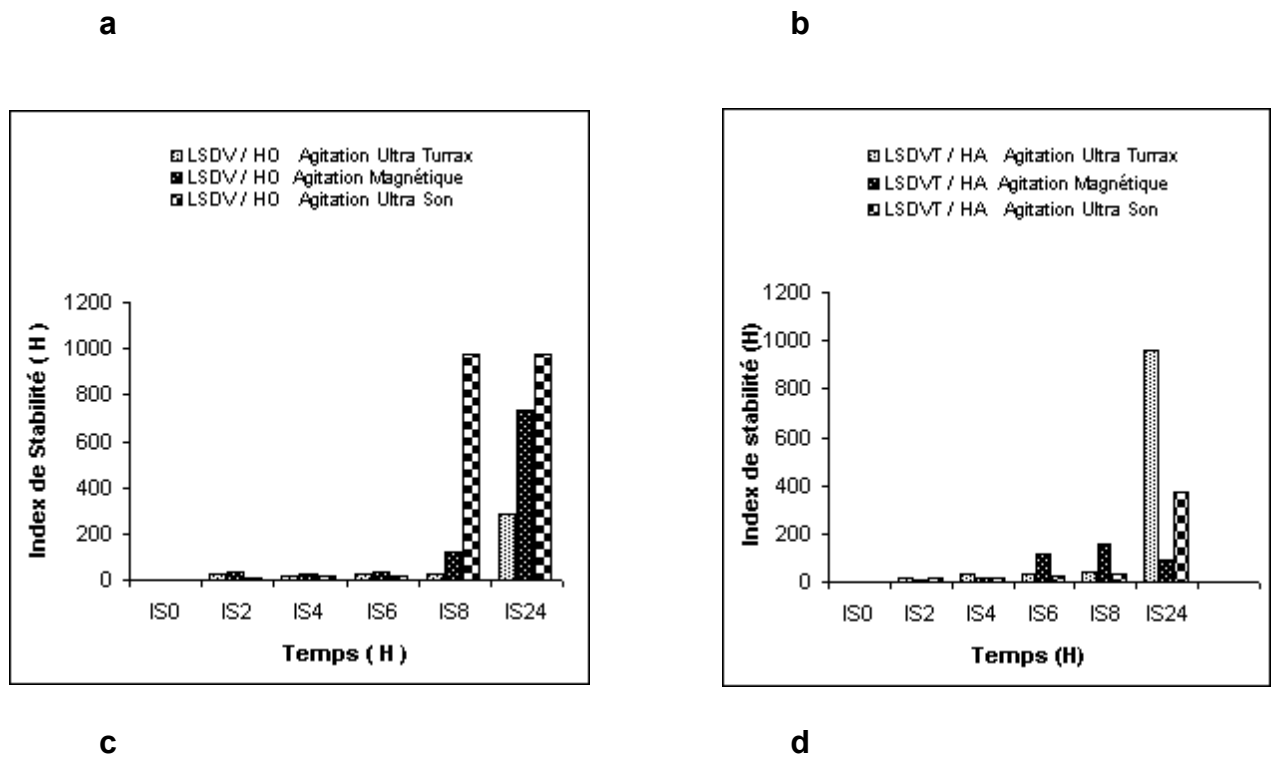
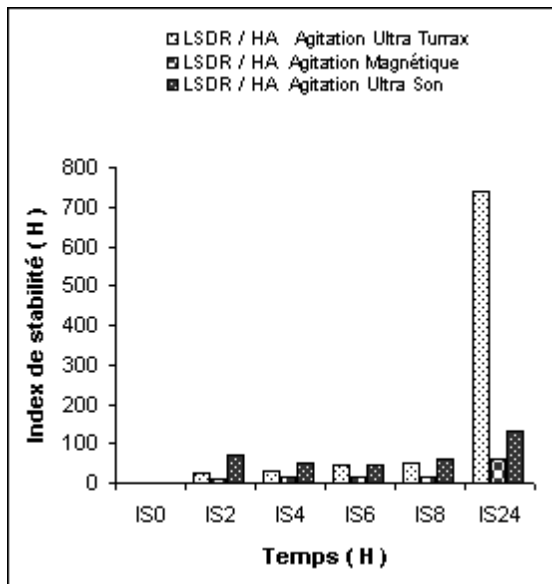
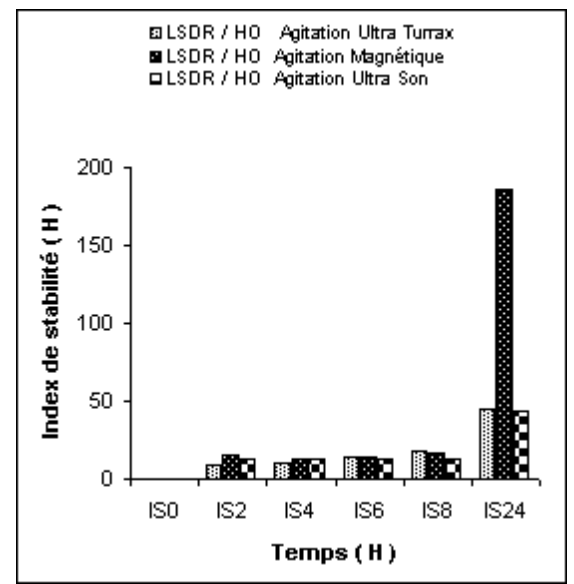


Figure 29 : Evolution de l'index de stabilité au cours du temps pour les émulsions non traitées .

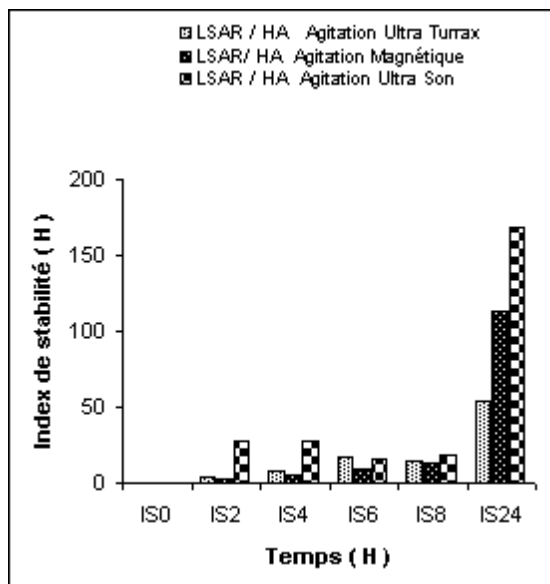
- a- Emulsion de type : LSAV /HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSAV /HO/CS.
- c- Emulsion de type : LSDV /HO /CS.
- d- Emulsion de rype : LSDV/ HA /CS.



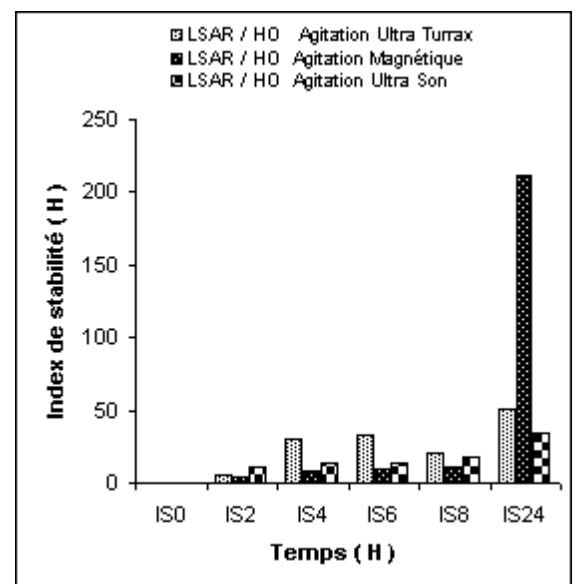
a



b



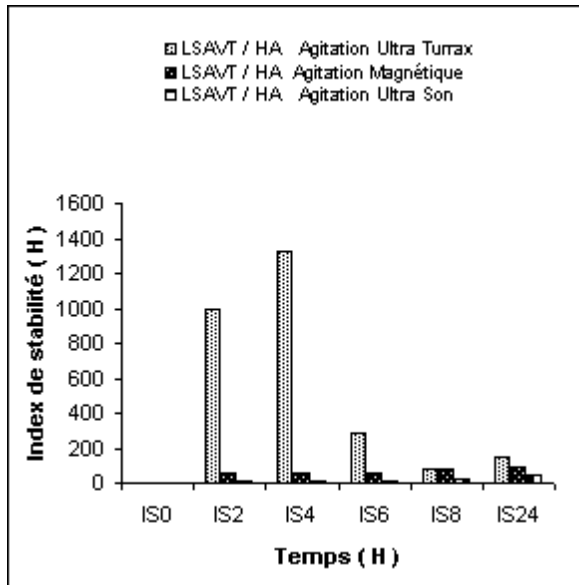
c



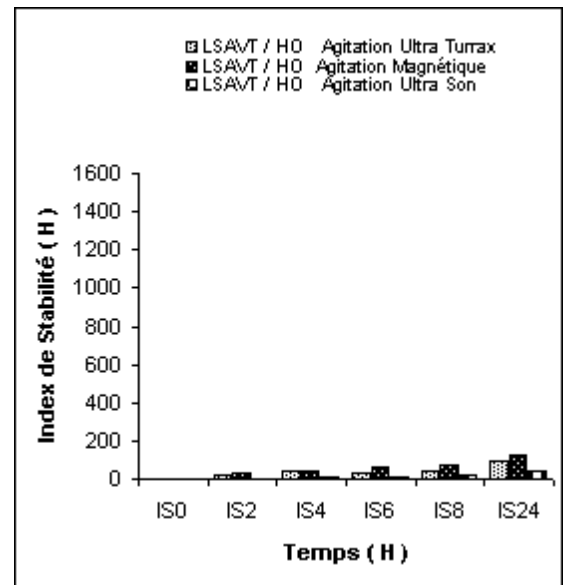
d

Figure 30 : Evolution de l'index de stabilité au cours du temps pour les émulsions non traitées .

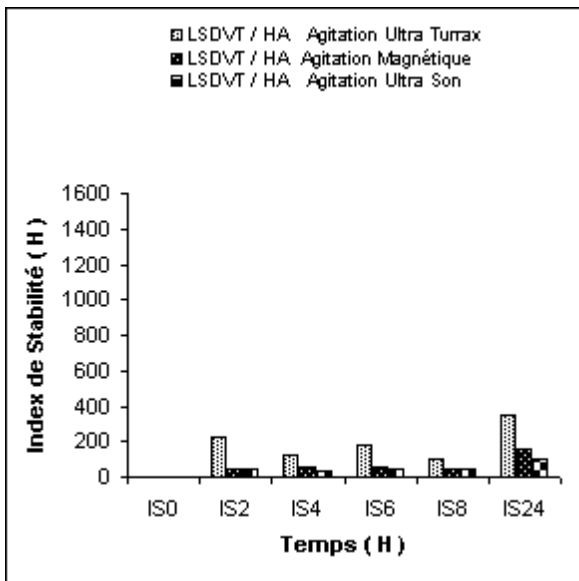
- a- Emulsion de type : LSDR /HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSDR /HO/CS.
- c- Emulsion de type : LSAR /HA /CS.
- d- Emulsion de rype : LSAR/ HO /CS.



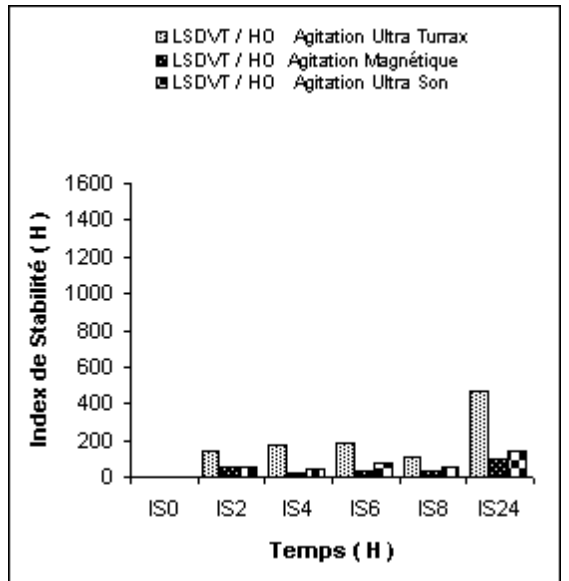
a



b



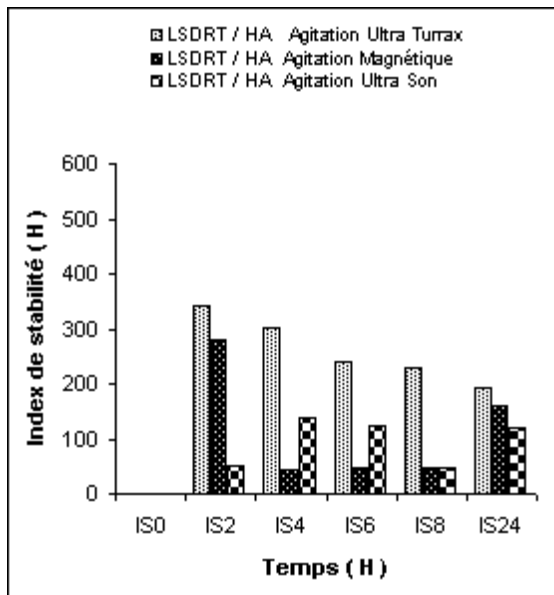
c



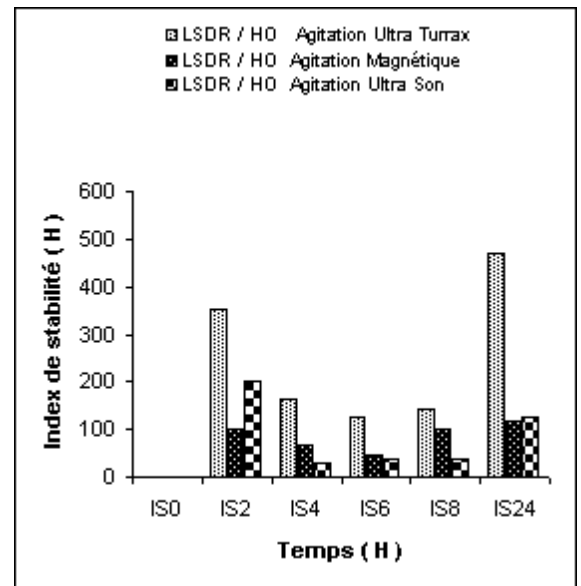
d

Figure 31: Evolution de l'index de stabilité au cours du temps pour les émulsions traitées .

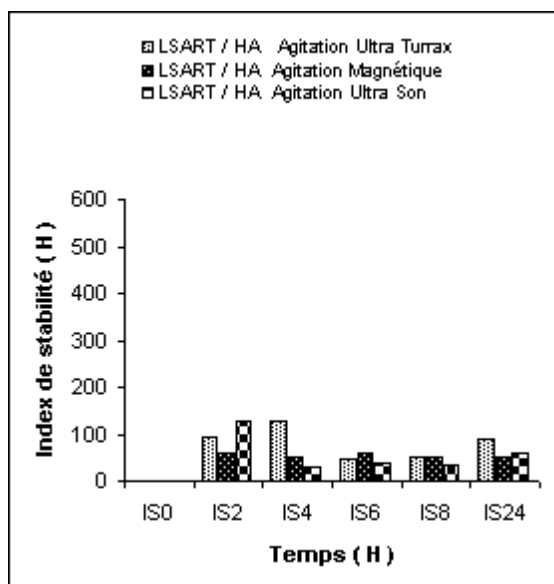
- a- Emulsion de type : LSÁVT /HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSÁVT /HO/CS.
- c- Emulsion de type : LSDVT /HA /CS.
- d- Emulsion de rype : LSDVT/ HO /CS.



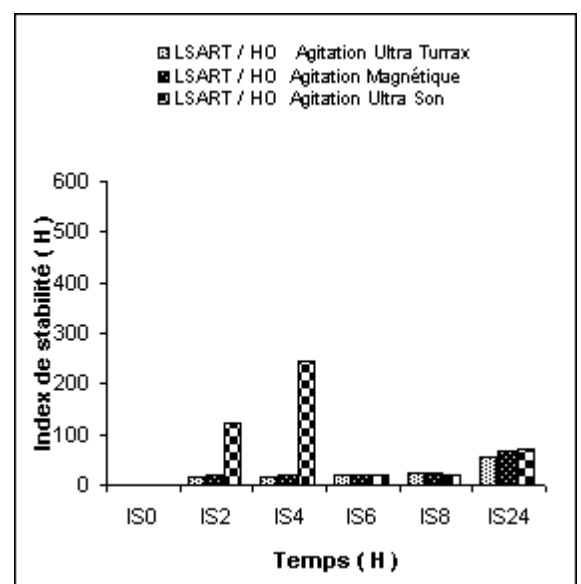
a



c



b



d

Figure 32: Evolution de l'index de stabilité au cours du temps pour les émulsions traitées .

- a- Emulsion de type : LSDRT / HA / CS .
- b- Emulsion de type : LSDRT / HO / CS.
- c- Emulsion de type : LSART / HA / CS.
- d- Emulsion de rype : LSART / HO / CS.

2.6. surface interfaciale

L'évolution de surface interfaciale des différentes émulsions étudiées au cours du temps sont données dans les figures (33,34,35,36).

Un système dispersé est dit stable quand ses particules ne se soudent pas mais au contraire restent séparées par le milieu de dispersion (MATHIEU, 1998).

Contrairement aux diamètres moyens des globules gras, la surface interfaciale se présente avec une allure décroissante dans le temps pour toutes les d'agitation.

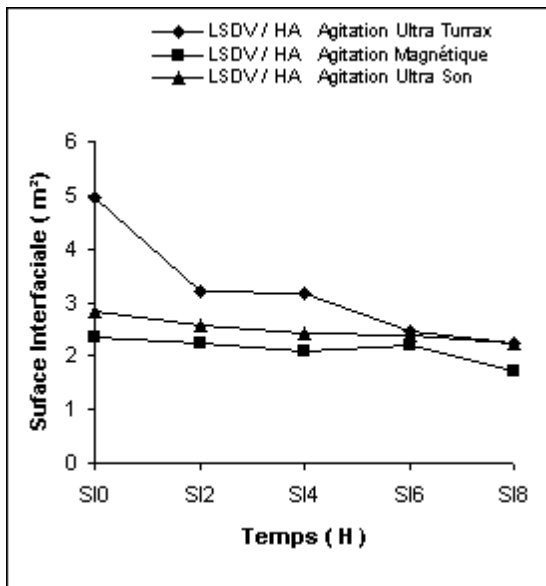
Les valeurs les plus élevées de la surface interfaciale sont enregistrées dans le type émulsion (LSDV/HA/CS) préparées par une agitation ultra-turrax.

Les valeurs les plus faibles ont été obtenues dans l'émulsion de type (LSDR/HA/CS) préparées par une agitation magnétique.

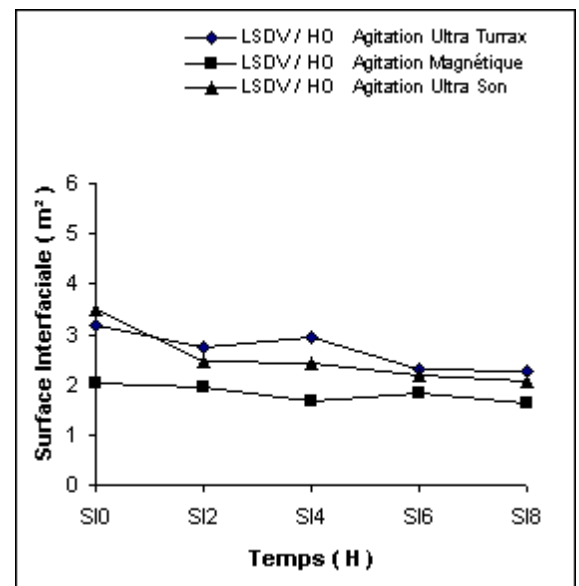
D'après CHEFTEL (1985) , les protéines sont généralement de médiocres stabilisants d'émulsion eau / huile , plus la quantité de l'émulsifiants est importante , plus la tension interfaciale est faible .

Après traitement aux microondes on constate que les valeurs de la surface interfaciale pour la plus part des émulsions ont une tendance vers l'augmentation et présentent toujours des allures décroissantes .

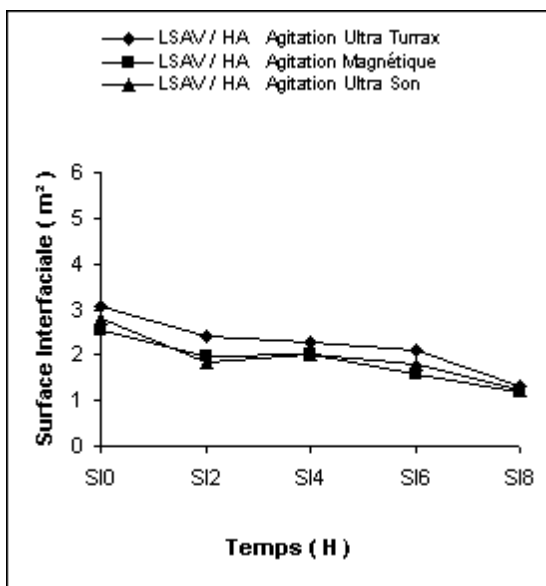
La tension interfaciale décroît avec la température du milieu , mais surtout , lorsqu' à l'interface des composés surfactants s'adsorbent , la tension diminue (DICKINSON , 1992 , cité par CAYOT , 1998) .



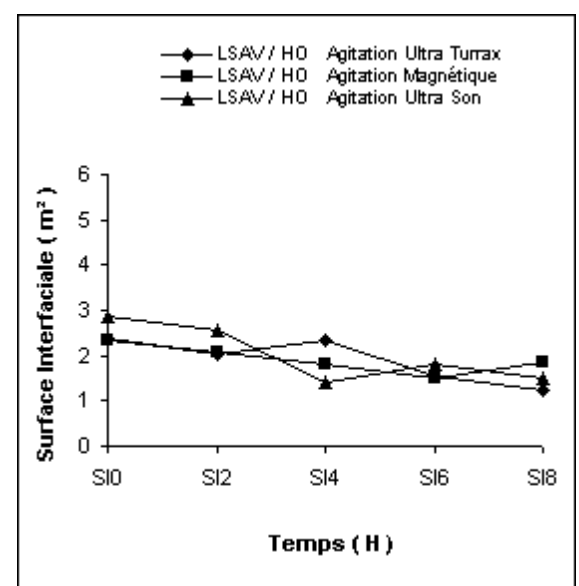
a



b



c



d

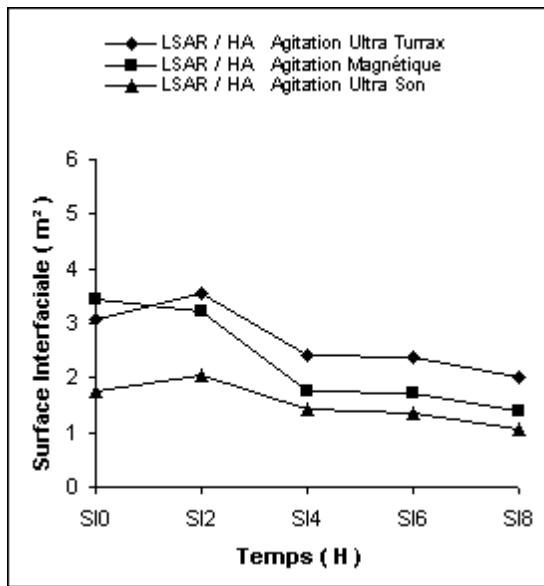
Figure 33: Evolution de la surface interfaciale en fonction du temps pour les émulsions non traitées

a- Emulsion de type : LSDV /HA/CS .

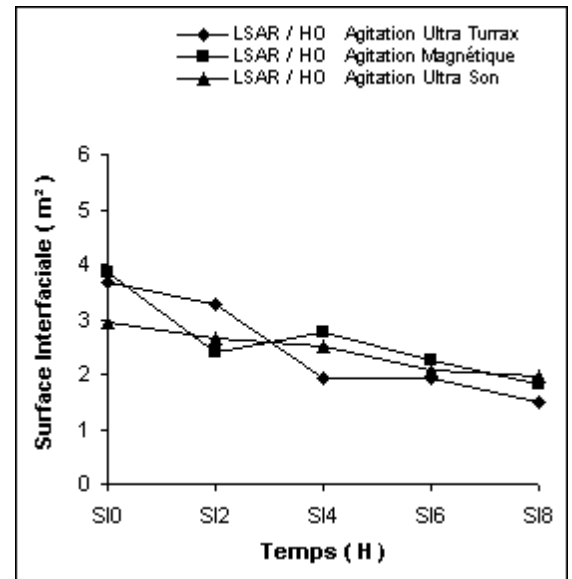
b- Emulsion de type : LSDV/HO/CS.

c- Emulsion de type : LSAV /HA /CS.

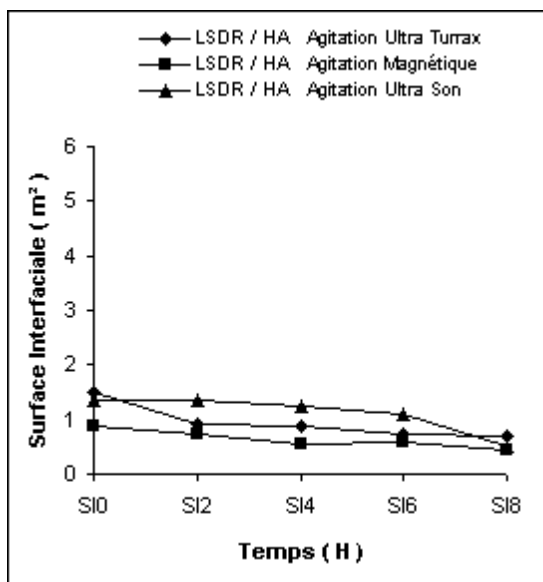
d- Emulsion de rype : LSAV/ HO/CS.



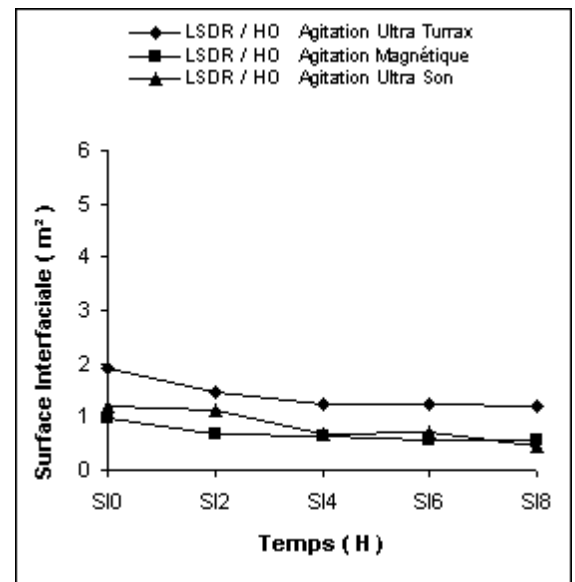
a



b



c



d

Figure 34: Evolution de la surface interfaciale en fonction du temps pour les émulsions non traitées

a- Emulsion de type : LSAR /HA/CS .

b- Emulsion de type : LSAR/HO/CS.

c- Emulsion de type : LSDR/HA /CS.

d- Emulsion de rype : LSDR/ HO/CS.

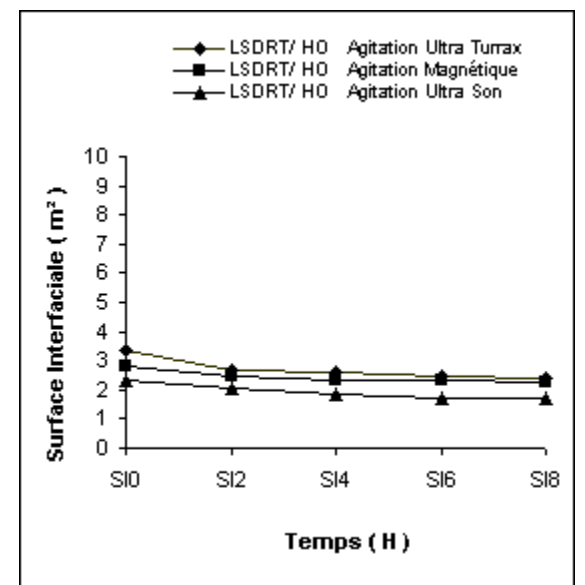
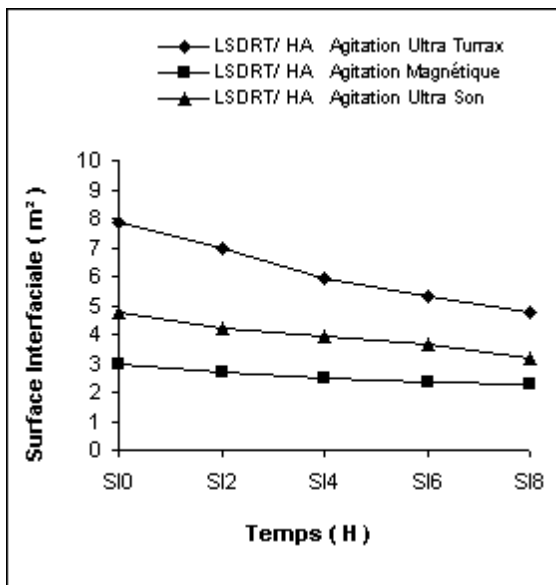
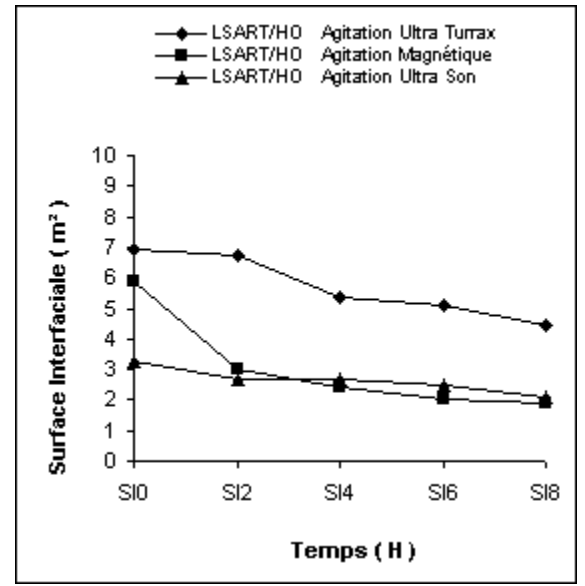
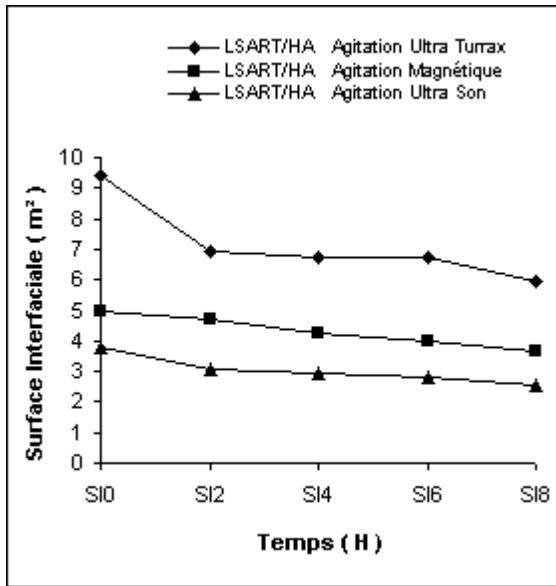


Figure 35 : Evolution de la surface interfaciale en fonction du temps pour les émulsions traitées

- a- Emulsion de type : LSARTT/HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSART /HO/CS.
- c- Emulsion de type : LSDRT/HA /CS.
- d- Emulsion de type : LSDRT/ HO /CS.

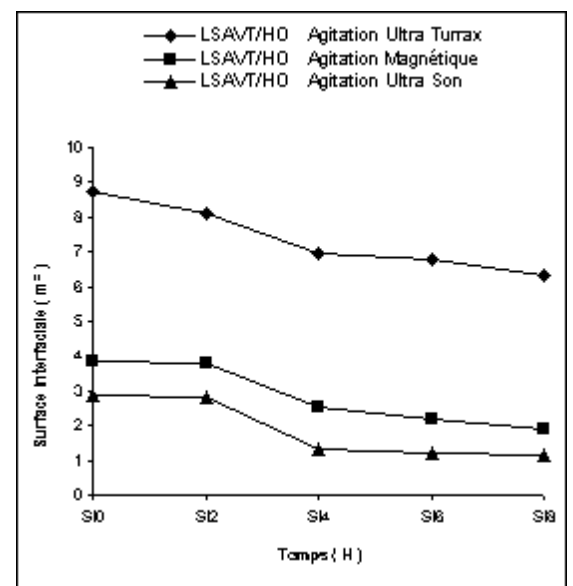
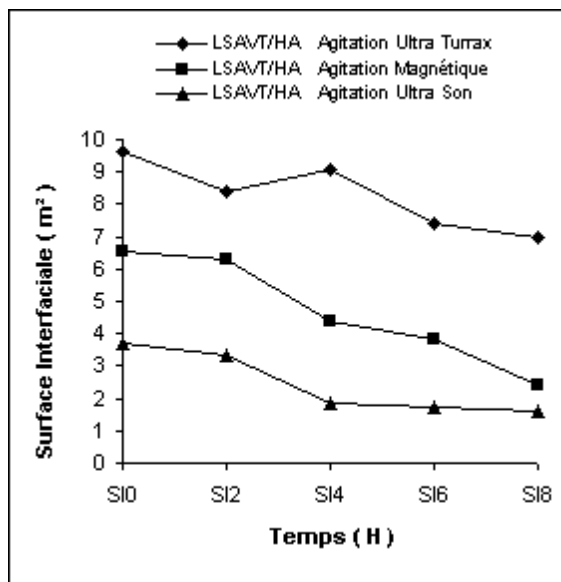
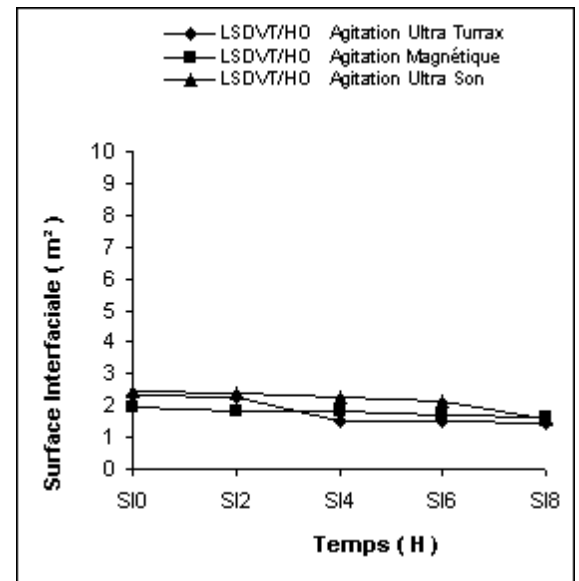
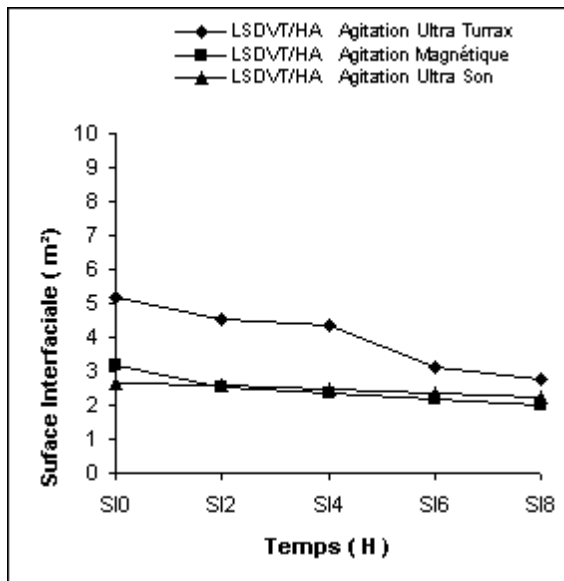


Figure 36 : Evolution de la surface interfaciale en fonction du temps pour les émulsions traitées

- a- Emulsion de type : LSDVT/HA/CS .
- b- Emulsion de type : LSDVT /HO/CS.
- c- Emulsion de type : LSAVT/HA /CS.
- d- Emulsion de type : LSAVT/ HO /CS.

Conclusion générale

L'étude des propriétés fonctionnelles des protéines est souvent confrontée à un problème de la variabilité des définitions et le manque de standardisation .

Le travail que nous avons effectué se rapportant à l'étude de l'effet des traitements microondes sur les propriétés émulsifiantes du lactosérum .

Cette étude nous à montré divers résultats et nous retrouvons les points suivants :

les paramètres physico-chimiques des lactosérums étudiés , a savoir la densité , l'indice de réfraction et l'acidité dépendent fortement de la composition chimique et l'origine et les techniques appliquées aux lactosérums.

l'existence de plusieurs émulsions de type H/LS qui différent suivant le lactosérum et l'huile utilisée.

Les formes sont différentes d'un échantillon à un autre ainsi que l'état de dispersion.

La taille des gouttelettes est variable selon le type d'émulsion et l'agitation appliquée , des petites , moyennes et grosses gouttelettes ont été obtenues .

Le nombre des gouttelettes estimé dans les émulsions préparées s'est avéré également très variable . A noter que le nombre le plus élevé est enregistré dans les émulsions préparées par une agitation ultra-turrax (homogénéisateur) .

Une étude comparative de l'effet de trois types d'agitation (ultra-turrax , magnétique , sonication) sur les différents types d'émulsions obtenues à révélé l'efficacité de l'agitation ultra-turrax, en ce qui concerne la taille , le nombre de globules gras , la stabilité et l'index de stabilité .

L'étude de la stabilité des émulsions à montré que les émulsions préparées à partir du lactosérum acide issu du lait de vache /huile d'amande donc est la plus stable .

Les traitements thermiques appliqués sont de manière général mal maîtrisés , notamment en ce qui concerne les paramètres comme :

- La vitesse d'augmentation de la température ;
- La durée du chauffage ;
- L'importance de la température maximale atteinte ;
- L'inertie thermique du système du chauffage .

Mais dans notre cas l'étude de l'effet du traitement microondes sur les émulsions à montrés que :

Tous les paramètres étudiés (Nombre de globule gras , Diamètre , Stabilité, Index de la stabilité , Surface interfaciale) ont subi un changement après le traitement par microondes , notamment en ce qui concerne les paramètres suivants :

- le nombre de globules gras augmente ;
- la taille des globules gras diminue ;
- une augmentation de la stabilité des émulsions .

Dans les perspectives , nous prenons qu' une étude plus approfondie est à prendre en considération la variation de la durée de chauffage en fonction du temps , ainsi qu'une étude comparatif entre le chauffage ordinaire et les microondes , ainsi que l'amélioration de l'application du traitements microondes dans le domaine agroalimentaire pour avoir des produits de bon qualité.

Références bibliographiques

-CHITOUR CH 19992 :

physico-chimiques des surfaces vol (1) les interfaces liquide –liquide et gaz –liquide office des publications universitaire , spt .

-CLUTON, 1930 :

La technique des émulsions .

In Bitumage d'émulsion

Ed . Lassailly et Bichebors , laboratoire de technologie pp 1-11 .

-PORE, 1995 :

emulsion , micro émulsions , émulsions multiples .

Ed : les éditions techniques des industries des corps gras 118, Avenue Achille Peritti 92200 Newlly Sursem 270p.

-CAYOT PH, et DENIS LORIENT (1998) :

Structures et technofonctions des protéines du lait

Ed : Tec et Doc , LAVOISIER ,Paris pp287-315.

-WALSTRA P, DROS (1993) :

Protéines at avi- water and oil –water interfaces :

Static and dynamic aspects.

Ed: Tec et Doc , LAVOISIER ,Paris pp305-525.

-CAME FORTH 1976 :

Anatomie et physiologie animale ed N°5 ISBN , Paris ,pp42,43.

-BENAZI , 1992 :

Etude rhéologique et granulométrique des émulsions d'huile de coupe : thèse doctorat , institut polytechnique de Toulouse , pp 66-82 .

-FOX , MCDONALD 1998 :

Introduction to fluide mécanique , ed : john niely and soon (USA) pp 25 –72 .

-BRANCQ .D , 1989 :

Les esters de sorbitan et polysorbates des émulsionnants multifonctionnels .industrie Agro Alimentaire ed SEPPIC PARIS , pp 745 – 746 .

-VAUTION (1983) :

Les agents de surface in O.C.L vol 4 . N°4 , pp 272 –280 .

-NASRI . G . (1999) :

Etude comparative de l'effet de trois émulsifiants sur le comportement cirg , agr , ISA Tiaret, p 79

- COTTA .J , (1991) :

Le lait , est une druatère d'avecir pour la cosmétique .

ELSVIER , INRA , Paris , Revue lait , vol 1 pp 433 – 469 .

-FRAN COISR 1974 :

Les industries des corps gras : biochimie , extraction , raffinage , nuisance et réglementation et tec et doc , Paris p 431 .

-DIKINSON . E , 1998 :

Protéins at interfaces and émulsions , stabiliyy , réology and interaction j . chenu suc , FARADY Trams , vol 94 university of leeds , london pp 1657 – 2669 .

-MEKHALDI . W , TOBAC .M , 1998 :

Valorisation d'un bons produit de raffinage des corps gras par formulation d'une crème cosmétique . thèse ing . USTHB .BAB EL ZOUAR , Alger p 62 .

-COIA KA , STAUFFER KR ; 1987 :

Schlf lif study of oil / water emulsions various commercial hydrocolloid J . Food Scie , N°52 pp 166 – 172 .

-BABAC VG (1992):

Principles of stabilization of emulsions , films Revue food hydrocoll N° 6 pp 45-68

-HUNT JOSEPHINE A ; DOUGLAS G DALGLISH 1995M:

Heat stability of oil in water emulsions containing milk journal of food science vol 60N°5 pp 1120-1125 .

-HUANG W ANN H KARINS 1996

Antioxidant activity of α -tocopherol and trolox in different lipid substrates bulk oils us oil in water emulsion journal agricol , food chem N°44 pp 444 – 452.

-VANDENTEMPEL M.1963

Effect of droplet flocculation on emulsion viscosity in rheologie of emulsion

Ed sher man pp 1 – 14

-WEBB. N ;1970

The measurement of emulsifying capacity by electrical resistance journal food science vol 35
pp301 – 504

Résumé

Le travail que nous avons effectué porte sur l'étude de l'effet du traitement microonde sur les propriétés émulsifiantes du lactosérum.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs des propriétés physico-chimiques des lactosérums étudiés diffèrent d' un échantillon à un autre.

Les paramètres des propriétés émulsifiantes du lactosérum sont variable en fonction du temps telles que l' augmentation du diamètre, la diminution du nombre des globules gras et la stabilité

Chaque type d'agitation a un effet sur la taille, le nombre de globules gras et la stabilité des émulsions.

Le traitement microondes a un effet remarquable sur le comportement des émulsions.

Evolution de la stabilité, le nombre de globules gras , le diamètre, la surface interfaciale et l' index de stabilité après traitement aux microondes a subi des modification .

Les mots clés :

Chauffage , microondes, émulsions, valorisation, lactose , stabilité .

ملخص

العمل اللذي قمنا به يرتكز على دراسة تأثير المعالجة بالميكرو اوند على الخصائص الاستحلابية للمصل

الحليبي.النتائج المتحصل عليها تثبت إن قيم الخصائص الفيزيائية و الكيمائية للمصل الحليبي المدروسة تختلف من عينة

الى اخرى .

أسس الخصائص الاستحلابية للمصل الحليبي تتغير بدلالة الزمن كارتفاع القطر انخفاض عدد القطيرات الدسمة و النباتية .

كل نوع من أنواع المزج به تأثير على حجم القطيرات الدسمة و ثباتية المستحلبات كما إن المعالجة بالميكرو اوند لها تأثير ملاحظ على سلوك المستحلبات .
إن تطور النباتية ، عدد القطيرات الدسمة ، القطر ، المساحات البينية بعد المعالجة بالميكرو اوند عرفت تغيرات .

مفاتيح الأطروحة : ميكرو اوند ، مستحلبات ، تقويم المصل الحليبي ، المعالجة الحرارية .