

© Encyclopædia Britannica, Inc.

SOMMAIRE

1- Analyse et caractérisation des surfactants

- Mesure des tensions interfaciales
- Critères de choix des Surfactants en production et leur analyse
- Caractérisation des suspensions (formes, tailles et potentiel zêta)

- Stabilité des émulsions, micro-émulsions et multi-émulsions
- Principes de fabrication en émulsion, rhéologie, méthodes d'analyse

3- Mousse et antimousse

- Mécanisme de formation de mousse
- Evaluation de moussage et démoussage
- Domaine d'utilisation
- Détergence**
- Principe et évaluation
- Mécanismes physico-chimiques mis en jeu dans le processus de détergence
- Choix de surfactants pour la Formulation (en milieux aqueux et organique)

- Biodégradabilité des surfactants dans l'environnement
- Latex
- Mouillage des poudres
- Obtention et application industrielle (domaine phytosanitaire)
- Formulation des lotions, pommades

I. Introduction

De nombreuses expériences de la vie quotidienne ne peuvent pas trouver d'explication avec les lois vues jusqu'ici. C'est en tenant compte des propriétés des interfaces que l'on peut les justifier notamment grâce au concept de tension superficielle. La capillarité est la science qui s'intéresse à ces phénomènes et qui joue un rôle majeur dans de nombreux domaines scientifiques (climat, chimie de formulation, industrie du verre etc.). À la surface d'un milieu dense (liquide ou solide) ou à l'interface entre deux milieux denses, la matière n'est pas, localement, rigoureusement dans le même état qu'au sein des milieux denses : les molécules présentes à l'interface interagissent avec celles de l'autre milieu, alors que celles situées au sein de la matière n'interagissent qu'avec leurs semblables. L'interaction entre les deux milieux produit une certaine instabilité (par comparaison avec l'intérieur) : l'état local à l'interface possède une énergie légèrement supérieure. À la surface ou interface est donc associée une certaine énergie par unité de surface (exprimée en joules par mètre carré — J/m^2) dont l'origine est la force de cohésion entre molécules identiques. Un point de vue équivalent est qu'il existe, au voisinage de la surface ou interface, une certaine contrainte en tension dans le milieu ; c'est une force par unité de longueur, exprimée en N/m.

I.2. Tension superficielle

La **tension superficielle** est un phénomène physico-chimique La **tension superficielle** est définie comme la force, existant à la surface d'un liquide, due à l'attraction entre les molécules qui s'opposent à la rupture de la surface. **La tension superficielle σ est la force de traction agissant sur un élément de surface situé dans un plan tangent à la surface et qui s'oppose à la dilatation de celle-ci.** Ce coefficient est homogène au quotient d'une force par une longueur.

La tension superficielle a souvent été exprimée en $\text{dyn} \cdot \text{cm}^{-1}$ ($1 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-1} = 1 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$).

La tension interfaciale σ_i est la force nécessaire pour rompre la surface entre deux liquides immiscibles. lié aux interactions moléculaires d'un fluide. Elle résulte de l'augmentation de l'énergie à l'interface entre deux fluides. Le système tend vers un équilibre qui correspond à la configuration de plus basse énergie, il modifie donc sa géométrie pour diminuer l'aire de cette interface. La force qui maintient le système dans cette configuration est la tension superficielle.

La tête polaire porte une charge positive, l'agent de surface est cationique et donnent en solution aqueuse un ion chargé positivement. Ils sont représentés par des sels d'ammonium quaternaire.

I.3.2.3 Les non ioniques

Sont constitués d'une tête polaire non ionisable en solution aqueuse. La formation de liaisons hydrogène entre les molécules d'eau et certaines fonctions du groupement hydrophile les rendent solubles. les «éthers de polyéthylène-glycols» $R(OCH_2CH_2)_nOH$ en sont l'exemple le plus courant.

I.3.2.4 Les amphotères : possèdent un ou plusieurs groupements fonctionnels capables de s'ioniser en solution aqueuse en conférant au composé la caractéristique de tensioactif anionique ou cationique selon les conditions du milieu.

La structure amphiphile détermine les propriétés des tensioactifs. Ils présentent principalement des pouvoirs mouillant, solubilisant, détergent et émulsifiant.

Propriétés fondamentales Propriétés superficielles Présents à faibles doses dans l'eau, les tensioactifs sont adsorbés positivement à l'interface et abaissent fortement la tension de surface. Propriétés micellaires à faible concentration (<1mg/l), la solution est constituée de molécules tensioactives situées à l'interface eau-air formant une couche mono moléculaire continue. Une fois la solution saturée, les nouvelles molécules ajoutées se regroupent au sein du liquide soit par leurs parties hydrophiles soit par leurs parties hydrophobes; on assiste alors à la formation de micelles. On distingue différents types de micelles : les sphériques qui existent en solution diluée et les lamellaires qui sont présentes en solution concentrée. La présence de micelles a pour conséquence une augmentation importante de la solubilité et de la solubilisation.

Propriétés pratiques

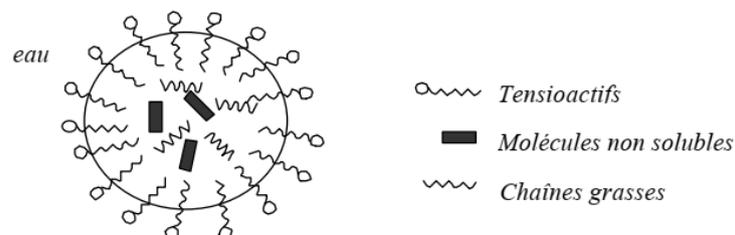


Figure 3 : Solubilisation de molécules insolubles dans les micelles

Le mouillage : le pouvoir mouillant se définit par la faculté d'étalement du liquide sur un substrat donné et par son pouvoir de pénétration dans les pores Mousse.

La mousse : est un film dans lequel le tensioactif est adsorbé aux deux interfaces eau-air formant une double couche. La dispersion Pour maintenir des particules dispersées, deux techniques sont possibles : on les enrobe d'un film colloïdal protecteur ou on utilise un électrolyte qui produit leur répulsion mutuelle.

L'émulsion : est définie comme étant une suspension de particules liquides au sein d'une autre phase liquide non miscible.

La solubilisation : les tensioactifs ont la propriété de dissoudre les liquides organiques insolubles dans l'eau. Cette solubilisation résulte de l'enveloppement de ces derniers par les micelles suivant l'orientation préférentielle des tensioactifs. Le mode d'action des tensioactifs repose sur un phénomène physique.

2. Propriétés des agents tensioactifs

Afin de définir quelques critères de choix des tensioactifs pour une utilisation donnée, il est nécessaire de rappeler quelques concepts de base concernant les propriétés des composés tensioactifs.

Les deux propriétés essentielles des composés tensioactifs qui permettent de comprendre les phénomènes observés et qui déterminent leurs domaines d'application sont :

- **l'adsorption aux interfaces** qui provoque une diminution des tensions interfaciales. Cette propriété est responsable des **phénomènes de mouillage, de dispersion, de détergence et d'émulsifiations** ;
- **l'autoagrégation** en solution ou micellisation qui gouverne les propriétés de **solubilisation et de microémulsification**.

2.1 Adsorption aux interfaces

L'adsorption des tensioactifs aux interfaces et la diminution consécutive de la tension interraciale sont responsables des deux phénomènes qui suivent :

- **la dispersion** est favorisée puisque l'énergie nécessaire à l'augmentation de l'aire de l'interface est d'autant plus faible que la tension interfaciale est faible. Ce concept

s'applique aussi bien aux dispersions liquide-liquide (émulsions), aux dispersions solide-liquide (suspensions) qu'aux dispersions air-liquide (mousses) ;

- **le mouillage** est favorisé par la...

3. Utilisations et critères de choix

3.1 Émulsions

La préparation et la stabilisation d'émulsions, dispersions d'un liquide (eau ou huile) dans un liquide non miscible (huile ou eau), requiert la présence d'un ou de plusieurs composés tensioactifs dont le rôle est de diminuer la tension interfaciale eau / huile afin de permettre la dispersion (augmentation de l'aire de l'interface).

Par conséquent, la capacité du tensioactif à diminuer la tension interfaciale entre les deux phases à émulsionner constitue un critère de choix du tensioactif.

D'autres critères de choix plus facilement accessibles peuvent être utilisés. En règle générale, le tensioactif doit présenter une bonne affinité pour la phase continue : **l'obtention d'une émulsion de type huile dans eau (H/ E)** nécessite un tensioactif à caractère plutôt **hydrophile** et inversement une émulsion de type eau dans l'huile (**E/ H**) fera appel à un tensioactif à **caractère lipophile**.

3.1.1 Balance hydrophile lipophile : hlb

Le concept de **balance hydrophile-lipophile** (hlb) qui permet de préciser la nature plutôt hydrophile ou plutôt lipophile d'un tensioactif est couramment utilisé. Le paramètre hlb, qui croît avec le caractère hydrophile du tensioactif, a été défini par Griffin dès les années 50. **Il est facilement accessible par le calcul dans le cas des tensioactifs non ioniques** : il est d'ailleurs souvent précisé par les fournisseurs.

Plusieurs équations empiriques permettent de calculer la hlb à partir de la formule chimique du tensioactif.

- Pour les tensioactifs non ioniques polyéthoxylés (esters d'acides gras ou polyols polyéthoxylés), la hlb est donnée par l'équation :

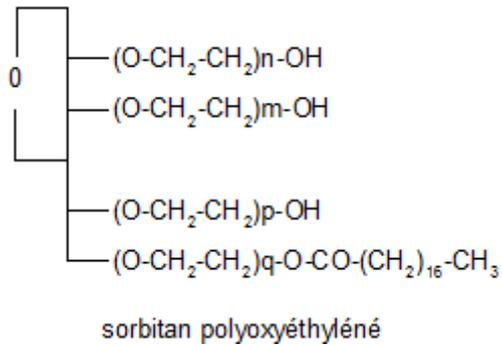
$$\text{hlb} = \frac{E + P}{5}$$

avec :

E : pourcentage en masse des motifs éthoxy

P :pourcentage...

E représente le pourcentage de fonction oxyéthylénique, P représente le pourcentage d'alcool polyhydroxylé.



Dans le cas d'un sorbitol polyoxyéthylénique comme représenté dans la figure ci-dessus, si les valeurs de n,m, p et q sont identiques et égales à l' unité, E est estimé à 29% et P à 8% . La HLB est équivalente à 7,4:

$$HLB = (29 + 8)/5 = 7,4$$

La valeur de la HLB préconiserait d'utiliser cet émulsifiant pour stabiliser une émulsion eau dans huile. Si les valeurs de n, m, p et q augmentent cela entraînera l'augmentation de la valeur de E et en conséquence celle de la HLB. En modulant l'éthérification on pourra obtenir des dérivés couvrant à la fois les valeurs hydrophobes et hydrophiles.

Une autre méthode est utilisable pour le calcul de la HLB, elle prend en compte les masses moléculaires des parties hydrophiles et la masse moléculaire de l'ester.

$$HLB = 20 \frac{\text{Masse moléculaire partie hydrophile}}{\text{Masse moléculaire de la molécule}}$$

Ainsi pour l'ester suivant : $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{10}\text{-CO-O-(O-CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_8\text{-H}$ la HLB sera équivalente à 13

$$HLB = 20 \frac{(8 \times 44) (\text{partie oxyéthylène})}{(8 \times 44 + 186) (\text{masse moléculaire de l'ester})}$$

car

Enfin il est possible de définir et d'affecter à chaque groupement fonctionnel la valeur de l'énergie libre de transfert des groupes lipophiles et hydrophiles de l'émulsifiant au niveau de l'interface.

Davies et Lin ont effectué ces calculs, ils sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau1 : valeurs des HLB de différents groupements hydrophiles et hydrophobes

Groupements hydrophiles	Valeur attribuée au groupement	Groupements hydrophobes	Valeur attribuée au groupement
-O-	1,3	=CH-	-0,475
-OH libre	1,9	-CH2-	-0,475
-OH d'un sorbitan	0,5	-CH3	-0,475
-COOH	2,1	CH2-CH2-CH2-O-	-0,15
-COO ⁻ Na ⁺	19,1	-CH(CH3)-CH2-O-	-0,125
-CH2-CH2-O-	0,35	Phényl	-1,66

Explication

Ce qui permet de calculer la HLB comme étant :

$$HLB = 7 + \sum \text{groupements hydrophiles} + \sum \text{groupements lipophiles}$$

Ainsi pour un oléate de sodium on pourra définir :

Σ des groupements hydrophiles	-COO ⁻ Na ⁺	19,1
Σ des groupements lipophiles	1 -CH3	-0,475
	14 -CH2-	-6,65
	2 -CH=	-0,95
$HLB = 7 + 19,1 - 8,075 = 18,02$		

Toutes les valeurs affectées aux groupements ne font pas l'unanimité de la classe scientifique et il faut noter aussi que certains groupements n'ont pas été quantifiés, cependant cela reste une façon aisée de déterminer la HLB d'un émulsifiant.

Quand on utilise un mélange d'émulsifiant les valeurs de HLB sont additives. Le concept de la HLB est intéressant quand on veut comparer la qualité des émulsions et les propriétés stabilisatrices des émulsifiants. Cependant ce concept souffre de certaines insuffisances :

- un émulsifiant commercial est généralement un mélange de molécules
- la HLB ne prend pas en considération certains facteurs comme : l'ionisation en fonction du pH, l'influence de la température, la concentration en émulsifiant, l'interaction possible avec d'autres molécules et enfin la concentration respective des phases continues et dispersées.

3.2 Classification des tensioactifs en fonction de leur HLB :

HLB 0 à 3 = antimousse

HLB 4 à 6 = émulsion eau dans huile

HLB 7 à 9 = mouillant

HLB 8 à 20 = émulsion huile dans eau

HLB 13 à 15 = détergents

HLB 10 à 20 = solubilisant

3.3. Caractéristiques physiques des tensioactifs : Balance Hydrophile Lipophile (HLB en anglais)

La BHL ou HLB est une caractéristique physique qui indique pour chaque tensioactif l'importance de la partie hydrophile par rapport à la partie lipophile. Par convention...et avec des unités arbitraires :

- HLB > 7 : tensioactif à tendance hydrophile = se mélange ou se dissout dans la phase hydrophile de l'émulsion

- HLB < 7 : tensioactif à tendance lipophile = se mélange ou se dissout dans la phase lipophile de l'émulsion

3.4. Classification chimique des tensioactifs

- **Tensioactifs anioniques** : la charge négative est portée par la partie la plus importante du tensioactif (chaîne laurylsulfate) Ex. Laurylsulfate de sodium

- **Tensioactifs cationiques** : la charge positive est portée par la partie la plus importante du tensioactif : Ex. Chlorure de benzalkonium

- **Tensioactifs amphotères** : portent sur la même molécule une charge – et une charge + : Ex. les dérivés de la bétaine

- **Tensioactifs non ioniques ou neutres** : les deux parties du tensioactif ne sont pas chargées.

Les liaisons qui relient ces deux parties sont de deux types :

- liaison ESTER ou RCOOR' Ex. Esters de sorbitane polyoxyéthylénés : polysorbates (Tween®)

- liaison ETHER ou ROR' Ex. Ethers d'alcools aliphatiques et de PEG

3.5. Instabilité des émulsions

Malgré la stabilisation par les tensioactifs, une émulsion demeure potentiellement instable sur le plan physique.

Rapprochement des globules, sans fusionner = Flocculation

Globules rassemblées au fond = sédimentation

Globules rassemblées au-dessus = crémage

Floculation = phénomène réversible car globules peuvent être remis en suspension par agitation de la préparation.

Rapprochement des globules et fusion = Coalescence.

Coalescence = phénomène irréversible : émulsion coalescée, «cassée»

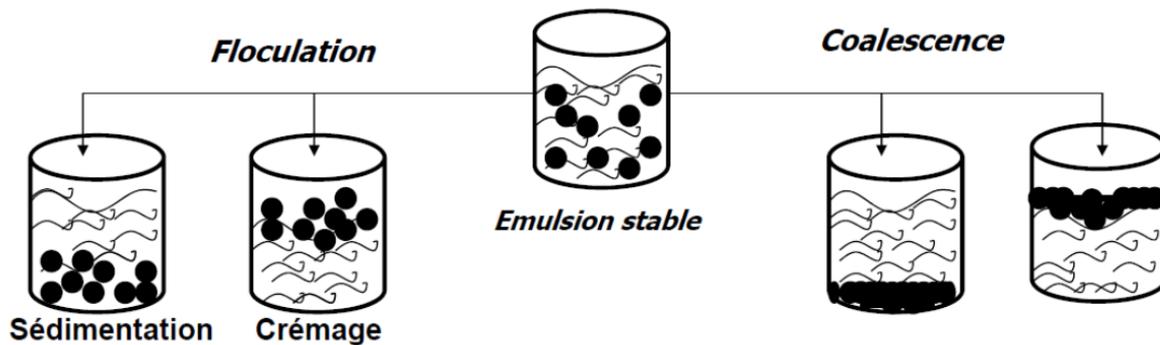


Figure 4 : différents phénomènes d'instabilité des émulsions

3.5.1. Taille des gouttelettes

3.5.1.1. Coalescence

Définition : Les gouttelettes dispersées fusionnent pour donner des gouttelettes de taille supérieure. C'est l'inverse d'une émulsification, c'est-à-dire la fragmentation de grosses gouttes en petites gouttelettes (voir Figure 13). Ce phénomène aboutit à une rupture de phase (séparation des deux phases).

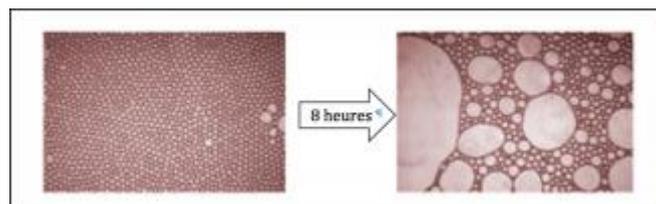


Figure 5 : *Coalescence de gouttelettes observée au microscope*

La plupart des phénomènes qui impliquent un rapprochement des gouttelettes dispersées conduisent à une coalescence et, à terme, à une rupture de l'émulsion (déphasage).

La coalescence peut être maîtrisée de plusieurs manières :

- En limitant les phénomènes de floculation, de crémage et de sédimentation.
- En augmentant le phénomène de répulsion entre des gouttelettes dispersées.

3.5.1.2. Mûrissement d'Ostwald

Lorsque la solubilité entre les ingrédients des phases dispersées et dispersantes n'est pas nulle, les gouttelettes les plus fines de la phase dispersée diffusent dans la phase dispersante d'où le terme de mûrissement (voir Figure 14).

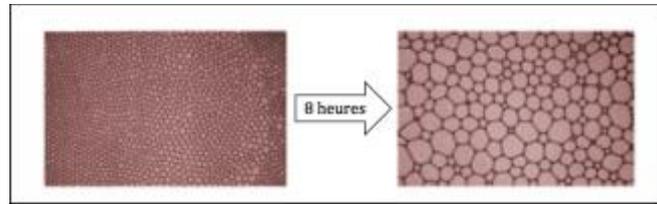


Figure 6 : *Mûrissement d'Ostwald observé au microscope*

Le mûrissement d'Ostwald peut être maîtrisé en :

- Homogénéisant les gouttelettes.
- Veillant à ce que la phase dispersante ne contienne pas de substance capable de solubiliser les molécules de la phase dispersée.
- Ajoutant des émulsifiants : ils favorisent la répulsion entre les gouttelettes dispersées.

3.5.2. Migration des gouttelettes

3.5.2.1. Crémage et sédimentation

La différence de densité entre les phases dispersées et dispersantes est à l'origine du crémage et de la sédimentation.

Définition : Le crémage correspond la migration des gouttelettes de la phase dispersée vers le haut tandis que la sédimentation est la migration des gouttelettes vers le bas (voir Figure 15).

La force entraînant ces gouttelettes dépend de leur taille, de la différence de densité entre les deux phases ainsi que de la pesanteur. Si la densité est supérieure à celle de la phase dispersante, il y a un crémage. Dans le cas contraire, il y a une sédimentation.

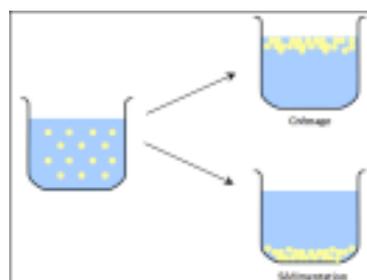


Figure 7 : *Schémas d'un crémage et d'une sédimentation*

Le crémage et la sédimentation peuvent être maîtrisés en :

- Réduisant la taille des gouttelettes.
- Augmentant la viscosité de la phase dispersante.
- Choissant des ingrédients permettant d'avoir des phases dispersées et dispersantes de densité proche.

3.5.2.2. Floculation

Définition : Lors de l'agitation, les gouttelettes dispersées dans la phase continue peuvent s'agréger entre-elles pour former des agglomérats. Ce phénomène conduit ensuite à une coalescence des gouttelettes et donc à une rupture de phase (voir Figure 16).

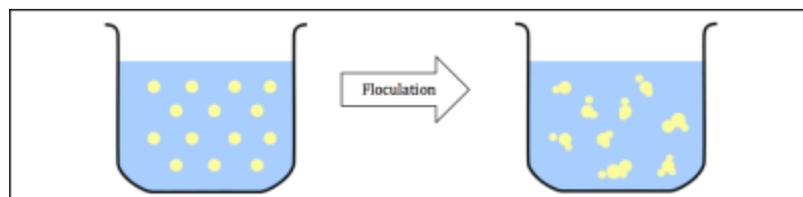


Figure.8 : Schémas d'une floculation

La floculation peut être maîtrisée de deux manières différentes :

- o En augmentant la viscosité de la phase dispersante : l'épaississement de cette phase diminue la fréquence de collision entre les gouttelettes.
- o En ajoutant des émulsifiants.

3.5.2.3 Inversion de phase

Définition : Une inversion de phase est le passage d'une émulsion H/E à une émulsion E/H, ou inversement. Ce phénomène modifie les propriétés du produit (voir Figure 17).

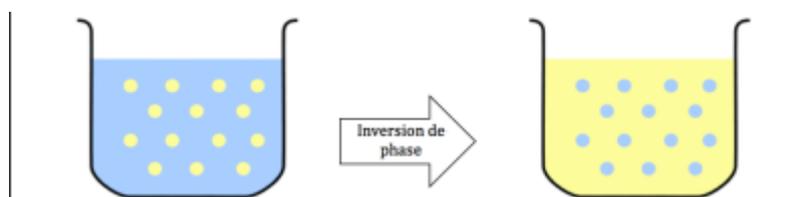


Figure 9 : Schémas d'une inversion de phase

L'inversion de phase peut être maîtrisée en contrôlant les paramètres suivants :

- La concentration de l'émulsion.

- Le type et la concentration de l'émulsifiant.
- La température.

Il existe deux types d'inversion de phase : une inversion de phase « traditionnelle » (réversible) et une inversion de phase « catastrophique » (irréversible). L'inversion de phase a généralement lieu lors de la préparation ou de la conservation du produit.

Par exemple, lorsque le taux de gouttelettes de la phase dispersée excède 75 % (Emulsion très concentrée), des inversions de phase « catastrophique » peuvent être observées.

3.4. Récapitulatifs

La stabilité d'une émulsion dépend :

- De la couche interfaciale entre les gouttelettes et la phase dispersante faible
- De la tension interfaciale entre les phases dispersée et dispersante faible
- Des tensioactifs favorisant la répulsion entre les gouttelettes
- Des gouttelettes homogènes de faible diamètre
- De la forte viscosité de la phase dispersante

Le tableau 2 : et la figure 18 récapitulent les causes d'instabilité des émulsions :

Tableau 2 : Phénomènes et causes de l'instabilité des émulsions

Phénomènes	Causes
Coalescence	Rapprochement des gouttelettes
Murissement d'Ostwald	Solubilité de la phase dispersée dans la phase dispersante
Crémage et Sédimentation	Différence de densité entre les phases
Floculation	Répulsion insuffisante entre les gouttelettes
Inversement de phase	Température

4. Caractérisation des suspensions

De nombreuses applications nécessitent de caractériser la taille et la forme des particules qui composent les poudres.

4.1. Potentiel zêta

Le potentiel zêta est la mesure de l'intensité de la répulsion / attraction électrostatique ou électrique entre particules. C'est l'un des paramètres fondamentaux connus pour affecter la stabilité. La mesure apporte une vision détaillée des causes de dispersion, d'agrégation ou de floculation et peut être appliquée pour améliorer la formulation de dispersions, d'émulsions ou de suspensions.

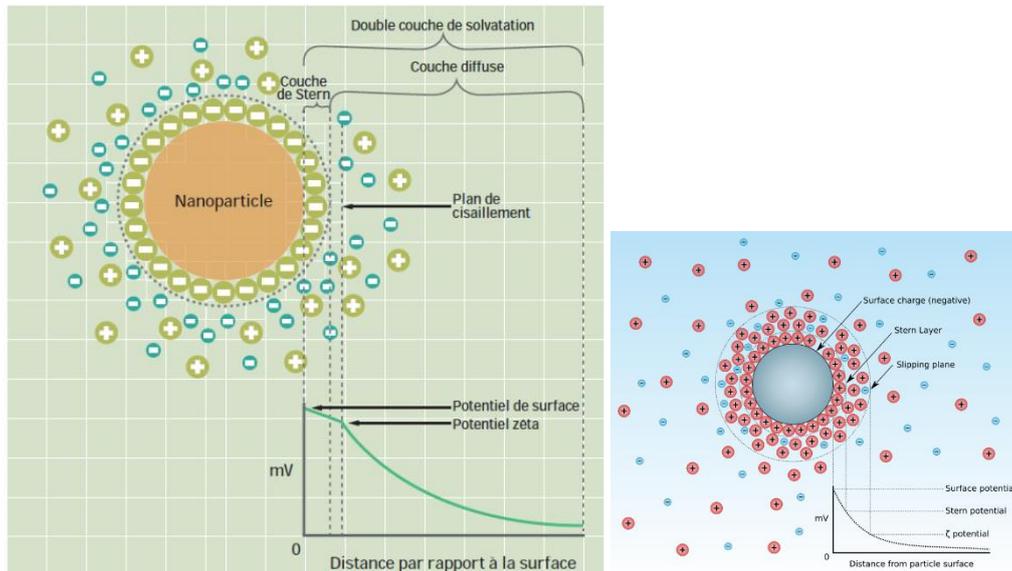


Figure 10 :

Le **potentiel zêta** représente la charge électrique qu'une particule acquiert grâce au nuage d'ions qui l'entourent quand elle est en **suspension** ou en **solution**. En effet, lorsque celle-ci est en mouvement dans un liquide, elle s'entoure d'ions organisés en une « double couche électrique » :

- une partie des ions s'accroche à la particule formant ainsi une couche d'ions adhérents dite couche dense
- l'autre partie des ions forme une couche non liée dite diffuse.

Selon W. Pollack, concernant l'hémagglutination, le potentiel ζ est proportionnel à la charge σ des hématies, inversement proportionnel à la constante diélectrique D du milieu, et à la racine carrée de la force ionique μ , soit $\zeta = f(\sigma / D \cdot \mu^{0.5})$.

Le potentiel zêta des particules ne peut pas être directement mesuré en solution. Pour en obtenir la valeur, il faut plutôt en mesurer la mobilité électrophorétique (μ) en plaçant la particule dans un champ électrique (E). La mobilité est alors définie comme la vitesse de la particule (v) par rapport au champ électrique appliqué, et est dépendante de la charge nette de la particule (Q), mais également de son rayon hydrodynamique et de la viscosité du solvant. Différents modèles (Hückel, Henri ou Smoluchowski) permettent par la suite

de retrouver le potentiel zêta en fonction de l'épaisseur de la double couche par rapport au rayon de la particule.

$$\mu = \frac{v}{E} = \frac{Q}{6\pi\eta R_h}$$

4.2. La turbidimétrie

Une technique de mesure qui consiste à mesurer l'atténuation de la lumière diffusée par une suspension en fonction de la taille des particules dispersées

$$\tau = \frac{1}{L} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

Avec :

L= longueur du trajet optique

I₀, I= les intensités lumineuses incidente et émergente

La turbidimétrie est une des techniques qui nous permettent de déterminer la taille moyenne des particules, une technique largement utilisée dans ces dernières cinquante années.

Cette technique nécessite l'utilisation d'instruments facilement mis en œuvre en industrie ou au laboratoire (6, 26).

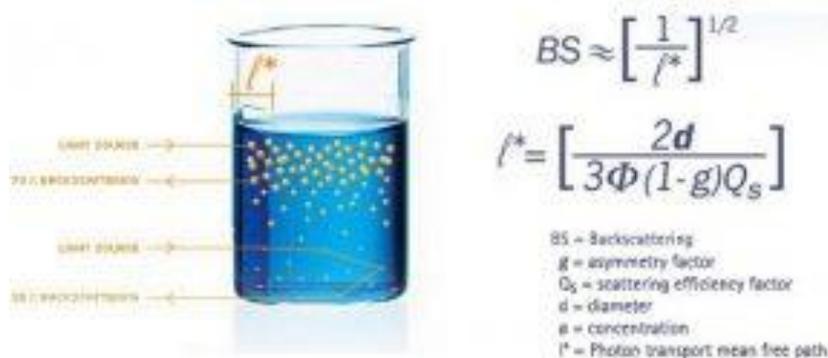


Figure 11 :

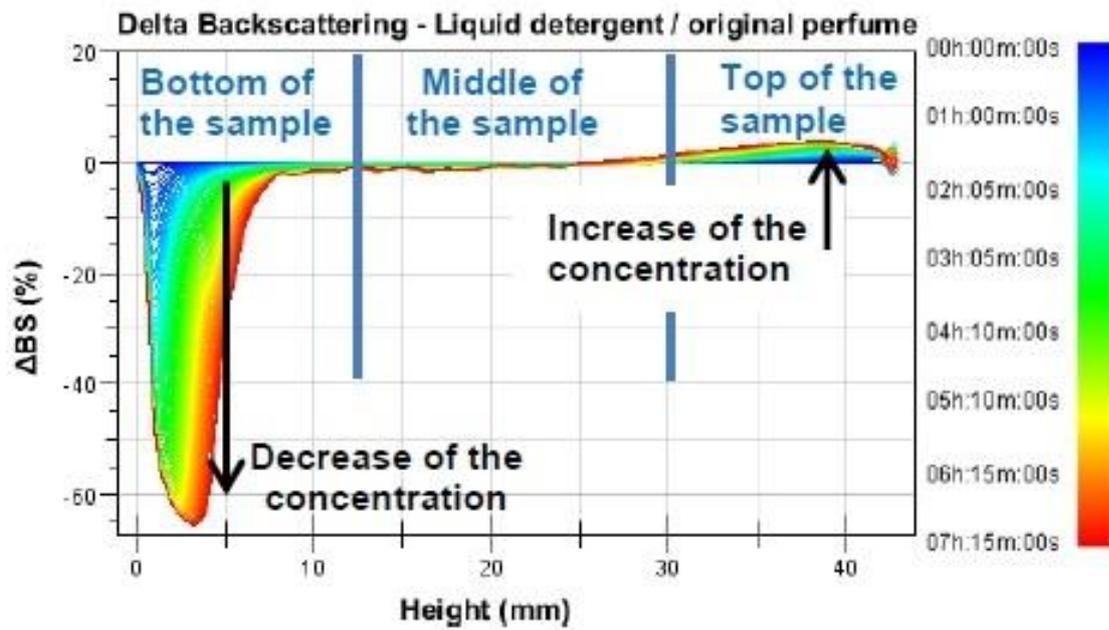


Figure 11 :

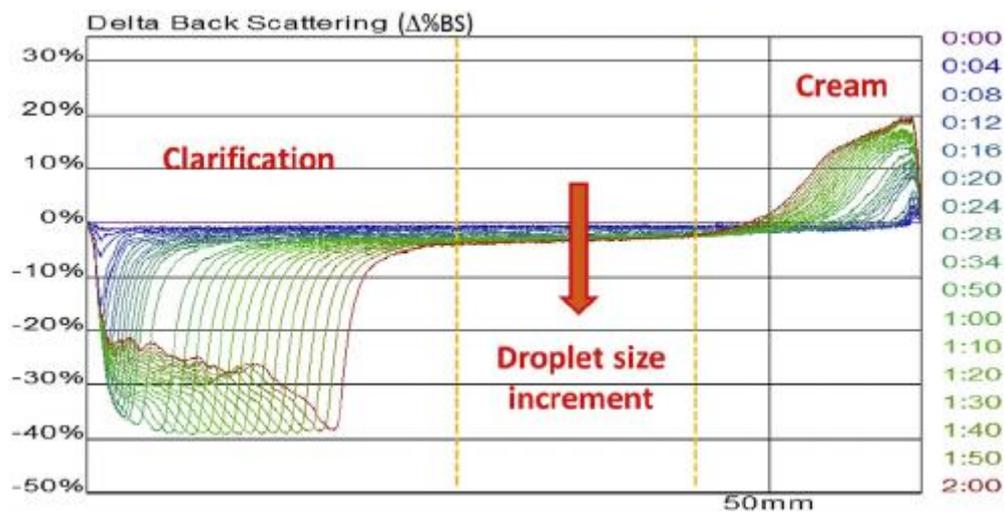


Figure 12 :

4.2. Analyse des variations de taille

La variation globale de l'intensité lumineuse correspond à l'augmentation de la taille.

- Cinétique de taille
- Diamètre moyen
- Taux d'agglomération
- Taux de coalescence
- Rapport de dispersion

4.2.1. Granulométrie

La granulométrie consiste en la mesure de la taille des gouttelettes de la phase dispersée appelée distribution granulométrique. Elle peut être réalisée simplement à l'aide d'un microscope optique et d'un logiciel de traitement. Il est également possible de faire appel à la granulométrie laser. La granulométrie laser permet de mesurer la taille des gouttelettes plus précisément et rapidement (de l'ordre d'une centaine de nanomètres à quelques millimètres) notamment en s'appuyant sur le principe de la diffraction lumière. (Figure 13)

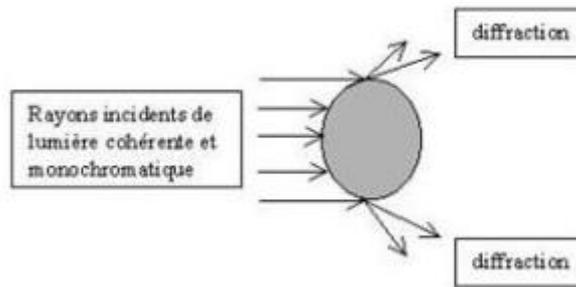


Figure 13 : Principe de la diffraction lumière

La distribution granulométrique (Figure 13) obtenue permet ainsi de caractériser plus spécifiquement l'émulsion :

Tableau 3 :

Caractéristique de la distribution granulométrique	Type d'émulsion
(un seul pic)	Monomodale
Deux pics	Bimodale
Resserrée	Homogène
Élargie	Hétérog

4.2.2. Microscopie optique :

La microscopie optique est basée sur la simple mesure de la taille des gouttelettes de distribution, d'un échantillon placé sur une lame de microscope. Cette technique permet aussi de prendre des photos, de façon numérique (Figure16) ou classique qui vont permettre par la suite de déterminer en précision la taille des gouttelettes

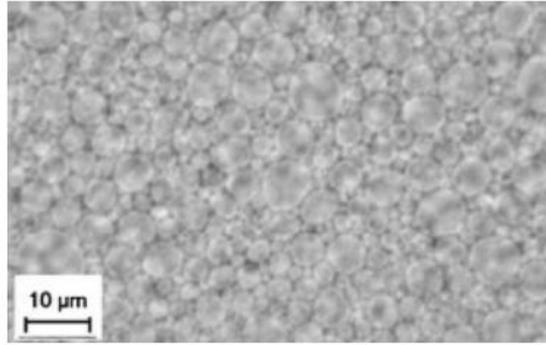


Figure 16 : Image microscopique d'une émulsion concentrée(11)

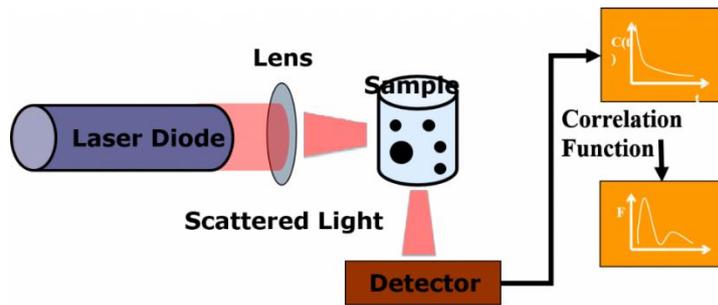
N.B : il est à préciser que la microscopie conventionnelle consiste à diluer les échantillons à 1 /100 ou 1/1000 puis de rajouter un fluorescent, une technique valable pour les gouttelettes de 100nm (6,25).

4.2.3 Diffusion statique de la lumière

La technique de la diffusion statique de la lumière (Static Light Scattering(SLS)) permet de mesurer la taille des particules sur une large gamme, de quelques nanomètres à quelques millimètres. Les particules peuvent être un aérosol ou une matière solide dispersée dans un liquide ou un gaz. Cette technique est connue aussi sous le nom de la technique de la diffusion élastique de la lumière (Elastic Light Scattering) parce que la longueur d'onde n'est pas modifiée par le processus de diffusion. Cette technique est particulièrement intéressante de par sa large gamme de tailles mesurables, la haute reproductibilité de ses résultats et sa rapidité de mesure.

4.2.4. DLS (Dynamic Light Scattering)

La diffusion dynamique de la lumière (DLS) permet de mesurer la taille des particules, dispersées dans une suspension diluée, dont la taille peut varier de quelques nanomètres à quelques micromètres. Cette technique est connue sous deux autres appellations : la spectroscopie par corrélation de photons (Photon Correlation Spectroscopy(PCS)) ou la diffusion quasi-élastique de la lumière (Quasi-Elastic Light Scattering).



La **loi de Stokes-Einstein** ou **loi de Stokes-Einstein-Sutherland** donne le coefficient de diffusion d'un soluté dans un solvant. Elle est basée sur les lois du mouvement brownien et de la loi de Stokes donnant la force exercée par un liquide sur une particule solide. Cette loi est ainsi nommée pour les travaux d'Albert Einstein

$$D_T = k_B T / 3\pi\eta D$$

Où k_B , T et η sont respectivement la constante de Boltzmann, la température absolue de l'échantillon et la viscosité du milieu de dispersion.

Pour suivre les caractéristiques d'une émulsion au cours du temps un autre appareil est utilisé le Turbiscan. Il permet de suivre la cinétique des phénomènes de déstabilisation de l'émulsion en utilisant la diffusion multiple de la lumière.

Grâce au graphique précédent, l'effet des deux tensioactifs peut être comparé à la référence. Le Tween 65 n'a aucune influence sur la stabilisation de la coalescence dans cet échantillon, car son HLB n'est pas suffisamment élevé pour jouer un rôle stabilisant, par rapport au Tween 80 qui diminue significativement la cinétique de coalescence. Afin d'augmenter la stabilité de l'émulsion, Le tensioactif Tween 80 doit être ajouté à cette formulation. Cependant, le tensioactif est toujours une partie coûteuse de la formulation finale et la stabilité globale n'est pas proportionnelle à la quantité de tensioactif. La deuxième étape consiste ensuite à identifier la quantité optimale de tensioactif afin d'avoir la meilleure stabilité pour le prix le plus bas. L'analyse a été effectuée avec 0%, 0,5%, 1% et 2% d'agent tensioactif. Le TSI (Turbiscan Stability Index), a été calculé pour chaque formulation après 1 jour de vieillissement

Destabilisation Kinetics (Global)

