

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département des Sciences de la Matière



Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.



Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.

Mémoire Présenté en vue de l'Obtention du Diplôme de Master

FILIERE : Chimie

Spécialité : Chimie analytique

Intitulé :

*Synthèse et caractérisation d'un détergent pour les
applications de liquide vaisselle*

Présenté par :

Rafik AY

Soutenu le : 12/06/2025

Devant le jury :

Président :	Dr. Behloul Hamza	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadreur :	Dr. M. Hamla Meriem	MCA	Université de Bordj Bou Arreridj
Examineur :	M ^{me} . Bounab Farida	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2024/2025

Dédicaces

*À la mémoire de ma chère mère, que Dieu ait son âme en paix,
qui m'a inculqué l'amour du savoir et m'a inspiré patience et force.
Je prie Dieu de faire de ce succès une lumière dans sa tombe et une œuvre de
bienfaisance continue qui éclaire son chemin dans l'au-delà.*

*À mon cher père, que Dieu le protège,
qui a toujours été mon soutien et mon appui à chaque étape de ma vie.
Que Dieu bénisse sa santé et sa longue vie, et le récompense grandement.*

*À la chère épouse de mon père,
qui a été une mère affectueuse et un substitut béni pour ma défunte mère.
Je demande à Dieu de la préserver et de veiller sur elle.*

*À mes chers oncles et tantes, en particulier mon oncle Abdelkarim et sa famille,
pour leur soutien et leurs encouragements constants.*

*À mes chers amis, chacun à sa place et valeur,
qui ont été pour moi un véritable soutien dans les bons comme dans les mauvais
moments.*

*À mes camarades d'études, en particulier Abdelrahman, Ikram et Iman,
qui ont partagé avec moi le chemin de l'apprentissage et du soutien.*

*À mes professeurs respectés,
qui ont éclairé ma voie du savoir et de la connaissance, et qui ont été la clé de ce
succès.*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui ont marqué ma vie et mon parcours
académique,
et grâce à leur soutien, le rêve de mes chers parents s'est réalisé.*

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude et mes louanges à Allah, qui m'a accordé la santé, la patience et la persévérance, et qui m'a guidé tout au long de mon parcours universitaire, jusqu'à l'aboutissement de ce travail, fruit de plusieurs années d'efforts, particulièrement en cette dernière année de mon cursus en chimie.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à ma superviseure, Mme Hamla Mariem, pour son accompagnement constant, ses conseils avisés, et sa bienveillance tout au long de la réalisation de ce projet. Sa disponibilité, son soutien scientifique et moral, ont été d'une grande aide pour surmonter les difficultés. Qu'Allah la récompense et bénisse son savoir et son engagement.

Je remercie également les membres du jury, M^{me} Bounab Farida et Mr Behloul Hamza, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire, ainsi que pour leurs remarques constructives qui enrichiront sans aucun doute mon parcours académique.

Je ne saurais oublier d'exprimer ma gratitude à l'ensemble de mes enseignants du département de chimie de notre chère faculté, pour leur enseignement, leur encadrement et leur contribution à ma formation scientifique et humaine. À chacun d'eux, j'adresse mes salutations les plus respectueuses.

Je tiens également à remercier mes camarades de promotion pour leur soutien et leur camaraderie durant ces années universitaires, en particulier :

Brahimi Abdelrahmane, Boudkak Ikram, et Bouaissi Imen, ainsi que mes deux frères de cœur Salah Eddine Ay et Rezki Saoudi, pour leur soutien sincère, leur gentillesse, et les moments inoubliables partagés.

Enfin, je dédie mes remerciements les plus chaleureux à mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien moral, leurs prières et leurs sacrifices. Ce travail est avant tout le reflet de leurs efforts et de leur confiance. Je prie Dieu que ce modeste accomplissement soit une source de fierté pour eux et une juste récompense pour leur dévouement.

Table des matières

Liste des abréviations.....	i
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	iv
Introduction Générale	1
Références Bibliographiques.....	3

Chapitre I : Étude Bibliographique

Introduction	4
I.1. Historique des détergents	5
I.2. Origine et développement des produits pour liquide-vaisselle	6
I.3. Définition et classification des détergents	7
I.3.1. Définition	7
I.3.2. Structure des détergents	7
I.3.3. Classification de détergent	8
I.4. Matières premières utilisées	9
I.5. Propriétés des détergents.....	10
I.5.1. Surfactants (agents tensioactifs).....	10
I.5.2. Pouvoir émulsifiant	10
I.5.3. Pouvoir solubilisateur.....	10
I.5.4. Pouvoir tensioactif.....	10
I.5.5. Pouvoir antibactérien.....	11
I.5.6. Pouvoir antistatique.....	11
I.5.7. Pouvoir biologique	11
I.6. Types de détergents.....	11
I.6.1. Classification par aspect ou composition	11
I.6.2. Classification par provenance géographique.....	12
I.6.3. Classification par usage spécifique	12
I.7. Détergents écologiques	13
I.7.1. Définition et caractéristiques des détergents écologiques.....	13
I.7.2. Ingrédients couramment utilisés dans les détergents écologiques	14

I.7.3. Propriétés des détergents écologiques	15
I.8. Tensioactifs d'origine naturelle	17
I.8.1. Définition et classification	17
I.8.2. Avantages des tensioactifs naturels	19
I.9. Comportement dans des formulations écologiques	20

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Synthèse d'un liquide vaisselle.....	22
II.1.1. Matériels et produits utilisés	22
II.1.2. Caractéristiques des produits utilisés	22
II.1.3. Caractéristiques des équipements utilisés	24
II.1.3.1. Le PH-mètre	24
II.1.3.2. Le viscosimètre	24
II.1.4. Mode Opérateur	26
II.2. Etude des propriétés d'un liquide vaisselle	27

Chapitre III : Résultats et Discussion

III.1. Aspect et texture.....	28
III.2. Résultats des analyses physico-chimiques	28
III.2.1. Résultats des analyses physico-chimiques du liquide vaisselle.....	28
III.2.2. Etude comparative	29
III.2.4. Analyse microbiologique.....	31
III.3. Discussion	31

Conclusion Générale.....	33
---------------------------------	-----------

Références Bibliographiques.....	34
---	-----------

Liste des abréviations

Abréviations Chimiques et Techniques :

°C : Degré Celsius

APG : Alkyl PolyGlucosides (tensioactifs non ioniques d'origine naturelle)

C₃H₈O₃ : Glycérine

CH₃(CH₂)₁₁(OCH₂CH₂)_nOSO₃Na : Formule moléculaire du SLES(tensioactif anionique)

CMC : Concentration Micellaire Critique

CO₂ : Dioxyde de carbone

COOH : Groupe carboxyle

H₂O : Eau

H₃O⁺ : Ion hydronium

HLB : Hydrophilic-Lipophilic Balance

HSO₂OH : Acide sulfonique

J.-C. : Jésus-Christ

KOH : Hydroxyde de potassium (Potasse caustique)

NaCl : Chlorure de sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium (Soude caustique)

NEKAL : Marque de tensioactif (sulfonate de sodium alkylnaphtalène)

PH : Potentiel Hydrogène

PH-mètre : Appareil de mesure du pH

RSO₃H ou RS(=O)₂OH : Formule des acides sulfoniques

SLES : Sodium Lauryl Ether Sulfate (tensioactif anionique)

SO₃H : Groupe sulfonate

Unités et Symboles :

η : Viscosité dynamique

ρ : Masse volumique

t : Temps (dans la formule $\eta = k \cdot \rho \cdot t$)

Pa.s : Pascal-seconde (unité de viscosité)

Abréviations Microbiologiques :

UFC/g : Unité Formant Colonie par gramme

UFC/ml : Unité Formant Colonie par millilitre

m(3) : Limite d'acceptation microbiologique (10^3 ufc/g)

M(4) : Limite de rejet microbiologique (2×10^3 ufc/g)

Abréviations Normatives et Réglementaires :

ISO : Organisation internationale de normalisation

ISO 8287 : Micro-organismes aérobies mésophiles

ISO 16212 : Levures et moisissures

ISO 21150 : Escherichia coli

ISO 22717 : Pseudomonas aeruginosa

ISO 22718 : Staphylococcus aureus

ISO 18416 : Candida albicans

NA : Norme d'Analyse

N0 : Numéro (ex : Journal Officiel N°16)

REACH : Règlement européen sur les produits chimiques

Autres :

X : Produit testé (ECO CLEAN)

X1, X2 : Produits commerciaux de référence

Liste des figures

Figure I-1. Représentation des molécules tensioactives.....	7
Figure I-2. Disposition des ions R-COO ⁻ à la surface de l'eau	8
Figure I-3. Classification des détergents selon les valeurs du pH.....	9
Figure I-4. Schéma simplifié d'un tensioactif.....	16
Figure I-5. Tensioactif anionique : Dodécyl benzène sulfonate de sodium	17
Figure I-6. Tensioactif ionique : "Chlorure de n-dodécyl pyridine"	17
Figure I-7. Tensioactif amphotère : Alkyl bétaine	17
Figure II-1. Formule moléculaire de Le Tixapon N70.....	23
Figure II-2. Le pH-mètre.....	24
Figure II-3. Les types de viscosimètre	26
Figure III-1. PRIL ISIS (X1), ISIS TEST (X2) et notre détergent X	29
Figure III-2. Valeurs du pH des produits (les produits X).....	30
Figure III-3. Présentation graphique comparative de la viscosité en Ps.s des produits.....	30
Figure III-4. Mesure du pH des trois détergents (X1, X2 et X).....	31
Figure III-5. Mesure de la viscosité des trois détergents (X1, X2 et X).....	32

Liste des tableaux

Tableau I-1. Les différents types de tensioactifs	18
Tableau III-1. Premières vérifications sur le produit.....	28
Tableau III-2. Résultats des mesures physico-chimiques.....	28
Tableau III-3. Effets liés à une forte teneur en eau	29
Tableau III-4. Analyses physicochimiques d'une autre liquide vaisselle algérienne (X1) et (X2)	30
Tableau III-5. Résultats d'analyse microbiologique	31

Introduction

Générale

Introduction Générale

L'importance croissante accordée à l'hygiène, à la propreté et à la sécurité sanitaire dans les sphères domestique et industrielle a stimulé le développement de solutions de nettoyage sophistiquées. Au sein de ce marché, les produits détergents, et plus particulièrement les liquides vaisselle, constituent des éléments pivots répondant aux exigences contemporaines. Ces formulations ne se limitent plus à une simple action de nettoyage ; elles incarnent désormais des systèmes complexes, optimisés pour concilier efficacité, ergonomie d'utilisation, sécurité pour le consommateur et minimisation de l'impact environnemental [1-2].

Malgré l'intégration croissante des lave-vaisselles dans les foyers des pays développés, le liquide vaisselle maintient sa position prééminente parmi les produits d'entretien ménager. Son succès persistant repose sur des attributs fondamentaux : une facilité d'emploi inhérente, une accessibilité économique et une capacité avérée à émulsifier et disperser efficacement les graisses et les résidus organiques. La conception de ces produits est le fruit d'une ingénierie chimique précise, impliquant la sélection judicieuse et la synergie de multiples composants chimiques [3-4]. Ces derniers incluent, sans s'y limiter, des agents tensioactifs (responsables de la réduction de la tension superficielle), des épaississants (modulateurs de la viscosité), des solvants (facilitant la dissolution), des additifs parfumés (améliorant l'expérience sensorielle) et des conservateurs (prolongeant la durée de vie du produit), chacun contribuant de manière spécifique à la performance globale et à la stabilité de la formulation finale [5-6].

Ce mémoire de fin d'études décrit une démarche scientifique de formulation et de caractérisation d'un liquide vaisselle à usage ménager. Ce travail repose sur une base théorique solide, une méthodologie expérimentale rigoureuse et une analyse comparative avec des produits commerciaux.

L'objectif principal était de concevoir un liquide vaisselle stable, efficace, esthétiquement satisfaisant et conforme aux normes physico-chimiques et microbiologiques. Pour ce faire, les propriétés clés (pH, viscosité, pouvoir moussant et nettoyant, stabilité, innocuité) ont été optimisées. Le produit développé a ensuite été comparé objectivement à deux détergents commerciaux.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres principaux :

- **Chapitre I** : Une synthèse bibliographique présentant l'historique, les propriétés, la classification des détergents, ainsi que les enjeux liés à leur formulation écologique.
- **Chapitre II** : Une description détaillée des matériels, matières premières et méthodes opératoires utilisés pour la formulation du liquide vaisselle.
- **Chapitre III** : La présentation des résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques, suivie d'une discussion critique des performances du produit fabriqué.

En définitive, ce travail vise non seulement à valider une formulation locale compétitive, mais aussi à stimuler l'innovation dans le domaine des produits ménagers, orientant les recherches futures vers des solutions plus durables, biodégradables et respectueuses de la santé.

Références Bibliographiques

1. Cutler, W. G., & Kissa, E. (Eds.). (1987). *Detergency: Theory and technology*. CRC Press. (Un ouvrage classique, bien que daté, sur les fondamentaux de la détergence).
2. Schambil, F., & Zoller, U. (2013). *Handbook of detergents, Part E: Applications*. CRC Press. (Plus récent et axé sur les applications, incluant les détergents ménagers).
3. Falbe, J. (Ed.). (1987). *Surfactants in consumer products: Theory, technology and application*. Springer Science & Business Media. (Un classique pour les tensioactifs et leurs applications dans les produits de consommation).
4. Holmberg, K., Jönsson, B., Kronberg, L., & Lindman, B. (2001). *Surfactants and Polymers in Aqueous Solutions*. John Wiley & Sons. (Approfondit les aspects physico-chimiques des tensioactifs).
5. Rieger, M. M. (Ed.). (2000). *Harry's Cosmeticology*. Chemical Publishing Company. (Bien que centré sur les cosmétiques, ce type d'ouvrage contient des informations pertinentes sur les excipients et additifs communs aux produits de soin et d'entretien).
6. Barel, A. O., Paye, M., & Maibach, H. I. (Eds.). (2009). *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. CRC Press. (Idem, utile pour la compréhension des fonctions des différents composants).

Chapitre I

Étude Bibliographique

Introduction

Les détergents représentent une innovation majeure dans l'histoire du nettoyage, ayant profondément transformé nos habitudes et nos pratiques quotidiennes. Le terme « détergent » trouve son origine dans le mot latin « détergere », qui signifie « nettoyer », reflétant ainsi leur fonction première : éliminer les salissures et assurer une hygiène optimale. Ces substances chimiques, dont les premières formes remontent à plus de 600 ans avant J.-C., ont évolué au fil des siècles pour devenir des produits complexes et sophistiqués, adaptés aux besoins modernes. Historiquement, le savon a été le premier détergent utilisé par l'humanité, fabriqué initialement à partir de graisses animales et de cendres de bois.

Cependant, avec l'industrialisation et l'accroissement des besoins en produits de nettoyage, les scientifiques ont développé des formulations synthétiques plus performantes et polyvalentes. L'apparition des premiers détergents synthétiques au début du 20^e siècle, notamment pendant la Seconde Guerre mondiale, a marqué un tournant décisif dans cette évolution. Aujourd'hui, les détergents sont des mélanges élaborés contenant des tensioactifs, des enzymes, des agents de blanchiment et d'autres composants spécifiques, conçus pour répondre à des exigences variées, qu'il s'agisse de lessive, de vaisselle ou de nettoyage domestique.

La diversité des salissures, l'évolution des textiles, les progrès technologiques et les préoccupations environnementales ont conduit à une grande variété de formulations. Disponibles sous forme liquide, solide, en poudre ou en tablettes, ces produits se sont adaptés aux besoins spécifiques des consommateurs tout en intégrant des innovations pour minimiser leur impact écologique.

Ce chapitre propose une exploration approfondie des détergents, en abordant leur historique, leur composition chimique, leurs propriétés et mécanismes d'action. Nous examinerons également leur classification selon différents critères, ainsi que leur rôle dans les applications quotidiennes, notamment dans le cadre des lave-vaisselles. Enfin, nous mettrons en lumière les défis actuels liés à leur développement, tels que la réduction des phosphates et l'amélioration de leur biodégradabilité, pour répondre aux exigences croissantes en matière de durabilité et de respect de l'environnement.

I.1. Historique des détergents

Le mot « détergent » vient du latin « détergere », qui signifie « nettoyer ». Les détergents, comme les savons, sont des substances chimiques cruciales dans notre vie quotidienne. Ils modifient la tension superficielle de l'eau, permettant ainsi de nettoyer, de créer de la mousse, de dégraisser, de disperser, d'émulsionner et de mouiller. Ces agents, appelés tensioactifs, comprennent les savons et les détergents de synthèse modernes.

Le savon est le détergent le plus ancien, découvert il y a plus de 600 ans avant J.C. par les Phéniciens, qui l'ont fabriqué en chauffant des graisses animales avec des cendres de bois. Le terme « savon » provient de Savona, en Italie.

Pendant des siècles, la production de savon était une petite industrie, servant principalement les riches. Cependant, à la fin du 18^e et au 19^e siècle, des avancées scientifiques et sociales ont fait évoluer cette production en une industrie majeure. La consommation de savon a considérablement augmenté, menant à la création de différents types de savons [1].

Entre 1900 et 1910, le manque de graisses animales a poussé les fabricants à rechercher des matières premières alternatives, comme les huiles végétales tropicales ou les huiles d'animaux marins. Avec l'augmentation de la population et du niveau de vie, la demande de ces produits a continué de croître, incitant les scientifiques à développer un détergent qui ne nécessiterait ni huiles végétales ni graisses animales. En 1907, la marque « Persil » a été lancée, avec la première poudre à laver contenant un agent de blanchiment, le perborate de sodium. En 1916, l'Allemagne a produit le NEKAL, un sulfonate de sodium

Les véritables détergents synthétiques sont apparus pendant la Seconde Guerre mondiale aux États-Unis, où des entreprises ont développé le tétrapropylbenzènesulfonate de sodium, base des premiers détergents modernes. En 1963, les producteurs américains ont commencé à remplacer cette substance par un produit linéaire plus biodégradable, le dodecylbenzènesulfonate de sodium. Aujourd'hui, seuls ces alkylbenzènesulfonates sont autorisés pour la fabrication de détergents [2].

La diversité des salissures, l'évolution des textiles, les procédés de lavage et l'importance croissante de l'hygiène dans une société industrialisée ont conduit à une variété de formulations de détergents. Ces produits, disponibles sous forme liquide, solide, en poudre ou en paillettes, sont devenus des éléments essentiels de la vie quotidienne dans chaque foyer. Notre intérêt pour cette industrie découle de leur rôle crucial dans notre vie.

I.2. Origine et développement des produits pour liquide-vaisselle

L'origine et le développement des produits de lavage de la vaisselle reflètent une évolution progressive des formulations et des technologies pour répondre aux exigences spécifiques du nettoyage domestique. Dès les années 1920-1930, l'industrie des produits d'entretien a commencé à se diversifier avec l'apparition des premiers détergents destinés au lavage manuel de la vaisselle. Ces premières formulations, à base de savon et d'alkyl sulfonâtes, offraient une efficacité de nettoyage supérieure aux méthodes traditionnelles. Cependant, leur performance restait limitée, notamment en présence d'eau dure, qui réduisait l'action des agents nettoyants.

À partir du milieu du XXe siècle, l'introduction des agents complexants, tels que les phosphates, a constitué un tournant majeur. Ces composés permettaient de neutraliser les ions calcium et magnésium de l'eau dure, améliorant ainsi l'efficacité des tensioactifs. Par la suite, les formulations de liquides vaisselle ont continué d'évoluer avec l'incorporation de tensioactifs plus performants, de substances moussantes et parfois d'enzymes comme les lipases ou les amylases. Ces dernières contribuent à la dégradation des graisses et des résidus alimentaires, renforçant l'efficacité du produit tout en réduisant l'effort de lavage [3].

Dans les années 1960-1970, les liquides vaisselle ont connu un essor important grâce à l'introduction de formulations plus pratiques et économiques, répondant aux besoins croissants des foyers modernes. Ces produits contenaient des agents tels que les silicates et les phosphates, qui amélioraient le pouvoir nettoyant tout en contribuant à la protection des ustensiles de cuisine. L'intégration d'enzymes dans certaines formules a renforcé leur efficacité, même à température ambiante, en facilitant la dégradation des graisses, des amidons et des protéines.

Au fil des décennies, les liquides vaisselle ont continué à évoluer, avec l'émergence de nouvelles générations de tensioactifs plus performants et plus doux pour la peau. L'attention croissante portée aux impacts environnementaux a également conduit à une réduction progressive, voire à l'élimination, des phosphates dans les formulations. De plus, des efforts ont été faits pour rendre ces produits plus respectueux de l'environnement, à travers le développement de compositions biodégradables, à faible toxicité et utilisant des ingrédients d'origine végétale. Aujourd'hui, les liquides vaisselle modernes allient efficacité, sécurité d'utilisation et durabilité, en s'adaptant aux attentes des consommateurs tout en respectant les normes écologiques en vigueur. [4].

I.3. Définition et classification des détergents

I.3.1. Définition

Un détergent est une substance chimique utilisée pour nettoyer, dégraisser et éliminer les impuretés des surfaces ou des objets. Les détergents agissent en réduisant la tension superficielle entre l'eau et les salissures, ce qui permet aux particules de se détacher plus facilement. Ils contiennent généralement des tensioactifs, qui sont des molécules ayant une partie hydrophile (attirant l'eau) et une partie hydrophobe (attirant les graisses et les huiles). Cette structure leur permet de solubiliser les graisses et les huiles, facilitant ainsi leur élimination.

I.3.2. Structure des détergents

Les détergents possèdent une structure moléculaire dissymétrique, caractérisée par deux parties distinctes qui leur confèrent leurs propriétés uniques de nettoyage. Cette structure leur permet de réduire la tension superficielle entre l'eau et les impuretés, facilitant ainsi leur élimination.

- a. **Partie hydrophile :** Cette portion de la molécule est polaire et a une forte affinité pour l'eau. Elle est soluble dans l'eau, ce qui permet au détergent de se dissoudre et de se disperser dans la solution aqueuse. La partie hydrophile peut être composée de groupes fonctionnels tels que des groupes carboxyles (-COOH), des groupes sulfonâtes (-SO₃H) ou des groupes polyéthylène glycol.
- b. **Partie hydrophobe :** Cette portion de la molécule est non polaire et insoluble dans l'eau, mais soluble dans les huiles et les graisses. Elle est souvent constituée de longues chaînes alkyles ou aromatiques. La partie hydrophobe est responsable de l'adsorption des graisses et des huiles, permettant ainsi de les solubiliser et de les éliminer lors du nettoyage.

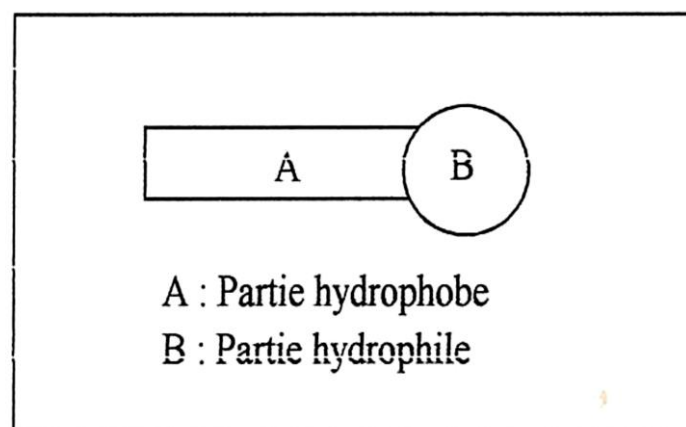


Figure I-1. Représentation des molécules tensioactives [5].

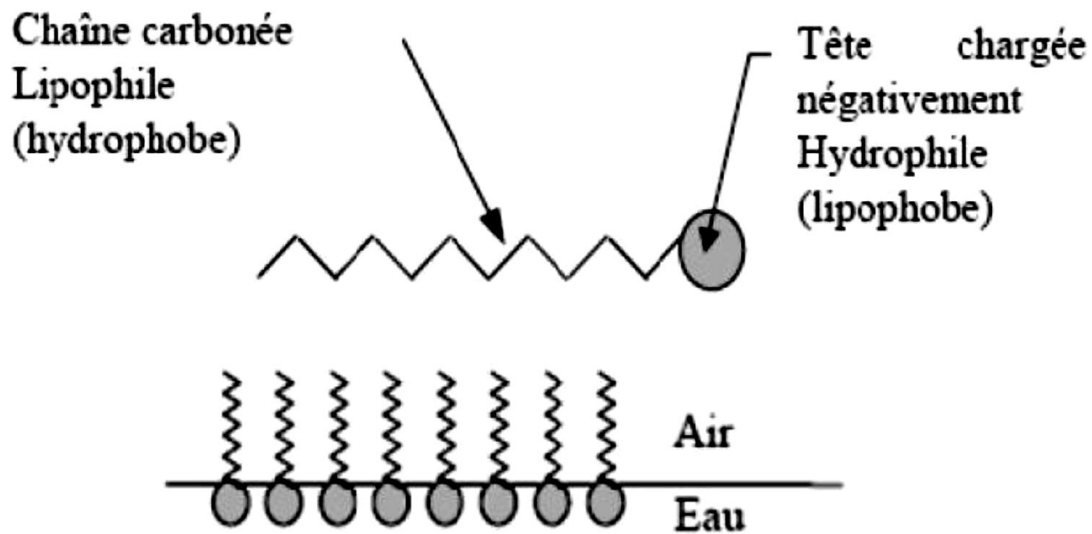


Figure I-2. Disposition des ions R-COO⁻ à la surface de l'eau [5].

Ces deux parties forment une structure amphiphile, ce qui signifie que la molécule a à la fois une affinité pour l'eau (hydrophile) et pour les substances grasses ou huileuses (hydrophobe). Cette configuration est essentielle pour les propriétés de détergence, car elle permet aux molécules de se positionner à l'interface entre l'eau et les graisses, réduisant la tension superficielle et facilitant l'émulsification des graisses et leur élimination [6].

I.3.3. Classification de détergent

Les détergents se classent principalement en deux catégories : les détergents alcalins et les détergents acides, chacun ayant des applications spécifiques selon le type de salissures à éliminer :

a. Détergents alcalins : Les détergents alcalins, avec un pH supérieur à 7, sont largement utilisés pour éliminer les résidus gras, les huiles et les protéines adhérant aux surfaces. Leur efficacité repose sur leur capacité à saponifier les graisses, facilitant ainsi leur élimination. Pour être performants, ces détergents doivent être solubles dans l'eau et posséder de bonnes propriétés mouillantes, émulsionnantes et dispersantes, tout en ayant une faible tension superficielle. On distingue deux catégories selon leur force :

- Détergents « forts » : Extrêmement caustiques et dangereux pour la peau, ils sont réservés aux nettoyages automatisés pour minimiser les risques pour les opérateurs.
- Détergents « faibles » : Moins agressifs, ils conviennent aux nettoyages manuels sans présenter de risques majeurs pour les utilisateurs.

b. Détergents acides : Les détergents acides, avec un pH inférieur à 7, sont spécifiquement formulés pour éliminer les dépôts minéraux tels que le tartre ou le calcaire. Leur acidité favorise la dissolution de ces dépôts. On distingue deux familles d'acides utilisés :

- Acides minéraux : Puissants (par exemple, acide chlorhydrique, sulfurique), ils sont très efficaces pour éliminer les dépôts tenaces, mais leur nature corrosive peut endommager les surfaces et présenter des risques pour la sécurité. Il est donc courant d'ajouter des agents anticorrosion pour limiter ces effets indésirables.
- Acides organiques : Moins agressifs (par exemple, acide citrique, lactique), certains possèdent un pouvoir séquestrant, capturant les ions métalliques pour prévenir les dépôts. Ils offrent une alternative plus douce pour le nettoyage des surfaces sensibles [9].

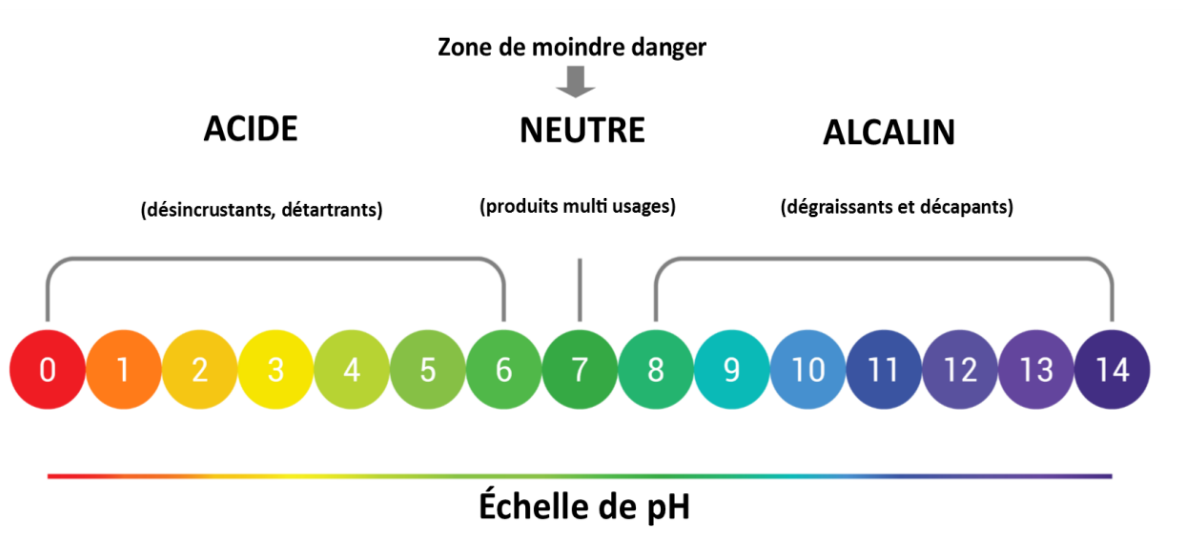


Figure I-3. Classification des détergents selon les valeurs du pH [9].

I.4. Matières premières utilisées

Les matières premières indispensables à la fabrication du détergent comprennent :

- a. Les esters d'acides gras :** Les triglycérides, composés d'acides gras et de glycérol, sont les esters les plus utilisés pour produire des détergents de toilette et de ménage. Ces triglycérides proviennent principalement d'huiles végétales ou de graisses animales, telles que le suif, l'huile de palme, de coprah ou de palmiste. Dans un cadre industriel, on peut également utiliser des esters méthyliques ou des cires (composées d'acides gras et d'alcools gras) pour fabriquer certains types de détergents [10].

- b. Les alcalis :** La saponification nécessite des bases fortes. Les plus courantes sont :
- L'hydroxyde de sodium (NaOH), ou soude caustique, utilisé pour fabriquer des détergents durs destinés à la toilette et au ménage.
 - L'hydroxyde de potassium (KOH), ou potasse caustique, utilisé seul ou combiné avec NaOH pour produire des détergents mous et spécifiques, comme les détergents noirs ou les détergents à barbe.
- c. L'eau :** Une eau pure est essentielle pour la saponification. Les eaux salées, acides ou riches en minéraux ne conviennent pas. L'eau de pluie ou une eau de source peu minéralisée est idéale [11].
- d. Additifs :** Tels que le sel, les colorants, les parfums ou les charges peuvent être ajoutés, mais ils ne sont pas indispensables. Le choix des matières premières dépendra des ressources disponibles sur le marché, des moyens financiers, ainsi que des compétences et du matériel à disposition.

I.5. Propriétés des détergents

I.5.1. Surfactants (agents tensioactifs)

Les surfactants sont des molécules amphiphiles, possédant une tête hydrophile (attirée par l'eau) et une queue hydrophobe (repousse l'eau mais attire les graisses). Cette structure leur permet de réduire la tension superficielle entre l'eau et les substances non miscibles, comme les huiles et les graisses. Permet de nettoyer les surfaces grasses en dissolvant les huiles dans l'eau, rendant le nettoyage plus efficace [12].

I.5.2. Pouvoir émulsifiant

Les détergents ont la capacité de stabiliser les mélanges d'eau et d'huile en formant des micelles. Ces micelles capturent les particules de graisse et les dispersent dans l'eau. Essentiel dans les nettoyants pour vaisselle et les produits de nettoyage industriel.

I.5.3. Pouvoir solubilisateur

Les détergents facilitent la dissolution des impuretés, des salissures et des taches dans l'eau. Ils agissent en brisant les liaisons entre les particules de saleté et les surfaces. Utilisé dans les lessives pour textiles, les nettoyants pour sols et les produits ménagers [13].

I.5.4. Pouvoir tensioactif

En réduisant la tension de surface de l'eau, les détergents permettent à l'eau de pénétrer plus facilement dans les tissus et les pores des surfaces. Cela améliore l'efficacité du nettoyage, même sur des surfaces difficiles d'accès. Utilisés pour le Nettoyage de tissus, de tapis et

d'autres surfaces poreuses.

I.5.5. Pouvoir antibactérien

Certains détergents contiennent des agents antimicrobiens ou antibactériens qui détruisent les micro-organismes, comme les bactéries, les levures et les moisissures. Utilisé dans les désinfectants pour surfaces, les savons antibactériens et les nettoyeurs pour hôpitaux [5].

I.5.6. Pouvoir antistatique

Certains détergents, notamment ceux utilisés dans le lavage de textiles ou de surfaces électroniques, réduisent la charge électrostatique qui peut s'accumuler. Essentiel dans les assouplissants pour textiles et les produits pour nettoyer les appareils électroniques.

I.5.7. Pouvoir biologique

Les détergents biologiques contiennent des enzymes (comme les amylases, protéases et lipases) qui dégradent les taches organiques, comme les protéines, les amidons et les graisses [14].

I.6. Types de détergents

Les détergents peuvent être classés de différentes manières en fonction de leurs caractéristiques, de leur provenance et de leur usage. Voici une classification détaillée des détergents, avec un focus particulier sur les détergents à base de polymères naturels pour l'élimination des taches.

I.6.1. Classification par aspect ou composition

Les détergents se distinguent par leur composition chimique et les ingrédients actifs qu'ils contiennent.

- a. Détergents synthétiques :** Ces détergents sont fabriqués à partir de composés chimiques de synthèse. Ils sont généralement très efficaces pour le nettoyage mais peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement en raison de leur biodégradabilité limitée.
- b. Détergents naturels :** Ces détergents utilisent des ingrédients d'origine naturelle, comme les huiles végétales ou les extraits de plantes. Ils sont souvent biodégradables et respectueux de l'environnement.
- c. Détergents à base de polymères naturels :** Ces détergents exploitent les propriétés des polymères naturels pour nettoyer efficacement, en particulier pour l'élimination des taches. Ces polymères sont souvent biodégradables et non toxiques.

I.6.2. Classification par provenance géographique

La localisation géographique influence souvent la composition des détergents, en fonction des ressources naturelles disponibles et des traditions locales.

a. Détergents locaux : Ces produits sont fabriqués à partir de ressources naturelles spécifiques à une région. Ils peuvent avoir des formulations traditionnelles ou artisanales.

- Savon à l'huile d'olive : L'huile d'olive est une ressource abondante en Algérie, et elle est souvent utilisée dans la fabrication de savons artisanaux. Le savon à l'huile d'olive est doux et hydratant, et est utilisé pour le nettoyage de la peau et des textiles.
- Savon au romarin : Le romarin est une plante médicinale couramment utilisée en Algérie. Le savon au romarin est fabriqué en infusant des feuilles de romarin dans de l'huile d'olive ou d'autres huiles végétales. Il est apprécié pour ses propriétés antiseptiques et purifiantes, et est utilisé pour le nettoyage de la peau et des surfaces.

b. Détergents internationaux : Ces détergents sont produits par des entreprises multinationales avec des formulations standardisées pour répondre aux besoins d'une large publique nourriture [15]. Exemples :

- Tide : Une marque de lessive populaire à l'échelle mondiale, connue pour son efficacité à éliminer les taches et à blanchir les vêtements.
- Persil : Connu pour ses performances élevées dans le nettoyage des textiles, avec des formulations adaptées à différents types de tissus et de saletés.

I.6.3. Classification par usage spécifique

Les détergents sont souvent formulés pour répondre à des besoins spécifiques. Voici une classification détaillée selon leur usage :

a. Détergents pour le linge : Conçus pour éliminer les taches et les salissures des vêtements et textiles. Il y a 2 types :

- Lessives en poudre : Efficaces pour les taches tenaces et le linge blanc. Elles contiennent souvent des agents blanchissants et des enzymes pour décomposer les taches.
- Lessives liquides : Pratiques pour les cycles de lavage à froid ou pour les tissus délicats. Elles sont souvent plus douces pour les tissus et peuvent contenir des agents adoucissants.

b. Détergents pour la vaisselle : Formulés pour dégraisser et nettoyer la vaisselle. Type :

- Liquides vaisselle : Utilisés pour le lavage manuel. Ils contiennent des tensioactifs pour éliminer les graisses et des agents moussants pour faciliter le nettoyage.

- Tablettes pour lave-vaisselle : Contiennent des agents nettoyants et dégraissants pour les machines. Elles sont souvent enrichies en enzymes pour éliminer les résidus alimentaires.
- c. Détergents pour surfaces :** Utilisés pour nettoyer les surfaces dures dans les maisons ou les lieux de travail. Exemples :
- Nettoyants multi-usages : Conviennent pour diverses surfaces comme les comptoirs et les éviers. Ils contiennent des tensioactifs et des agents désinfectants pour éliminer les saletés et les bactéries.
 - Nettoyants pour sols : Formulés pour éliminer les salissures et les résidus sur les sols. Ils peuvent contenir des agents brillants pour laisser les sols propres et brillants.
- d. Détergents pour l'élimination des taches :** Ces produits sont spécialement conçus pour éliminer les taches spécifiques, souvent difficiles à traiter. Les types :
- Détergents à base de polymères naturels :
 - ✓ Chitosan : Efficace pour éliminer les taches de graisse ou d'huile. Le chitosan peut se lier aux impuretés et les éliminer facilement.
 - ✓ Alginate : Particulièrement adapté pour les taches d'origine organique. L'alginate forme des gels qui encapsulent les taches et les éliminent.
 - Détergents enzymatiques : Contiennent des enzymes qui décomposent les protéines, les graisses et les glucides à l'origine des taches. Ils sont souvent utilisés pour les taches de sang, de vin... [16].

I.7. Détergents écologiques

I.7.1. Définition et caractéristiques des détergents écologiques

Les détergents écologiques, aussi appelé 'détergents verts' ou 'biodégradables', sont des produits de nettoyage formulés pour minimiser leur impact environnemental tout en assurant une efficacité similaire aux détergents conventionnels. Ils se distinguent par leur composition respectueuse de l'environnement, leurs procédés de fabrication durables, et leur capacité à se dégrader naturellement sans laisser de résidus toxiques dans les écosystèmes.

Caractéristiques principales :

- **Biodégradabilité :** Les tensioactifs et autres composants utilisés dans ces détergents se décomposent rapidement dans l'environnement, réduisant ainsi la pollution des eaux et des sols.

- **Absence de phosphates** : Les phosphates, responsables de l'eutrophisation des cours d'eau, ont été remplacés par des alternatives plus respectueuses de l'environnement, comme les agents chélatants naturels.
- **Origine renouvelable** : Les ingrédients sont souvent issus de ressources naturelles renouvelables, comme les huiles végétales, les sucres, ou d'autres matières premières biosourcées.
- **Faible empreinte carbone** : Leur production et leur conditionnement visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- **Compatibilité avec les cycles de lavage modernes** : Ces détergents sont conçus pour fonctionner efficacement même à basse température, ce qui contribue à économiser l'énergie.
- **Éco-emballages** : De nombreuses marques adoptent des emballages recyclables, réutilisables, ou même des systèmes de recharge pour limiter les déchets plastiques.

I.7.2. Ingrédients couramment utilisés dans les détergents écologiques

Les détergents écologiques sont formulés à partir d'ingrédients naturels ou biodégradables, qui remplacent les produits chimiques traditionnels jugés néfastes pour l'environnement. Voici les principaux composants utilisés :

a. Tensioactifs biodégradables

- **Origine végétale** : Les tensioactifs sont souvent dérivés d'huiles végétales (comme l'huile de colza ou de coco) ou de sucres (comme le glucose). Ces molécules amphiphiles permettent de réduire la tension superficielle de l'eau et d'émulsionner les graisses.

b. Agents chélatants naturels

- **Substituts des phosphates** : Pour adoucir l'eau et empêcher la formation de dépôts calcaires, des agents chélatants biodégradables comme l'acide citrique ou l'acide gluconique sont employés.
- **Rôle** : Ils capturent les ions métalliques (calcium, magnésium) présents dans l'eau dure, améliorant ainsi l'efficacité des tensioactifs.

c. Enzymes naturelles

- **Fonction** : Les enzymes, comme les protéases, lipases et amylases, décomposent les résidus organiques (graisses, protéines, amidons) en petites molécules faciles à éliminer.

- Avantages : Elles permettent un nettoyage efficace à basse température, réduisant ainsi la consommation d'énergie.

d. Conservateurs naturels

- Exemples : Des conservateurs d'origine naturelle, comme les extraits de plantes (romarin, thym) ou les acides organiques (acide benzoïque), sont utilisés pour prolonger la durée de vie des produits sans nuire à l'environnement.

e. Parfums et colorants naturels

- Parfums : Les fragrances proviennent souvent d'huiles essentielles ou d'extraits botaniques, évitant les composés synthétiques potentiellement irritants.
- Colorants : Les pigments naturels, comme ceux extraits de plantes ou de minéraux, remplacent les colorants artificiels.

f. Agents de blanchiment écologiques

- Peroxydes naturels : Des agents comme le percarbonate de sodium (à base de carbonate de sodium et d'eau oxygénée) sont utilisés pour leur pouvoir oxydant, sans produire de sous-produits toxiques.
- Enzymes de blanchiment : Certaines enzymes spécifiques sont ajoutées pour éliminer les taches tenaces tout en respectant les fibres textiles et l'environnement.

g. Éco-emballages

- Matériaux recyclés : Les emballages sont souvent fabriqués à partir de plastique recyclé ou de matériaux biodégradables, comme le carton ou le papier.
- Systèmes de recharge : Certains produits sont commercialisés sous forme de recharges liquides ou solides, réduisant ainsi la quantité de déchets plastiques [20].

I.7.3. Propriétés des détergents écologiques

Les détergents écologiques sont conçus pour minimiser leur impact environnemental tout en garantissant une efficacité comparable aux détergents traditionnels. Leurs caractéristiques principales sont les suivantes :

- a. **Composition naturelle** : Ils sont fabriqués à partir d'ingrédients d'origine végétale ou minérale, minimalement transformés. Par exemple, les saponines, issues de plantes comme la saponaire, agissent comme tensioactifs naturels.

- b. Biodégradabilité élevée :** Ces détergents se décomposent rapidement sans laisser de résidus chimiques nocifs. Ils respectent souvent des normes strictes, comme la norme OCDE 301 sur la biodégradabilité.
- c. Douceur pour la peau :** Sans parfums synthétiques ni colorants artificiels, ils conviennent aux peaux sensibles et réduisent le risque d'allergies ou d'irritations cutanées.
- d. Emballage éco-responsable :** Proposés en capsules biodégradables, emballages recyclables ou rechargeables, ils limitent la production de déchets plastiques.
- e. Efficacité à basse température :** Ils sont conçus pour être efficaces même à température réduite, permettant ainsi d'économiser l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau.
- f. Réduction des émissions de CO₂ :** Grâce à leur formule concentrée et à leur emballage optimisé, leur transport génère moins d'émissions de CO₂, contribuant ainsi à la lutte contre le changement climatique.
- g. Transparence des ingrédients :** Les fabricants de détergents écologiques mettent en avant une composition claire et traçable, répondant ainsi à la demande croissante de produits plus naturels et sans substances controversées.

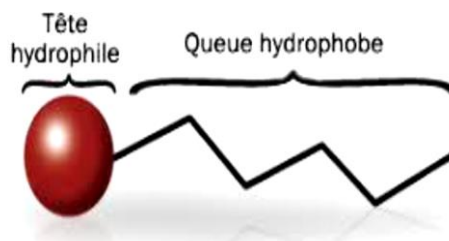


Figure I-4. Schéma simplifié d'un tensioactif [5].

- h. Fragrances naturelles :** Plutôt que des parfums artificiels, ces détergents utilisent des huiles essentielles, offrant des senteurs subtiles et naturelles.
- i. Préservation des ressources naturelles :** Ils sont formulés avec des matières premières renouvelables, et leur fabrication requiert moins d'énergie que celle des détergents conventionnels.
- j. Compatibilité avec les machines et les canalisations :** Sans composants chimiques agressifs, ils préservent la longévité des machines à laver et des canalisations, réduisant ainsi les risques d'accumulation de résidus et d'obstruction [21].

I.8. Tensioactifs d'origine naturelle

I.8.1. Définition et classification

Les agents de surface ou tensioactifs sont des composés chimiques capables de modifier les propriétés de surface des solutions, même à faible concentration. Ces composés possèdent une structure amphiphile, avec une partie hydrophile soluble dans l'eau et une partie lipophile soluble dans les huiles et les graisses. Leur classification repose sur la nature du groupe hydrophobe, influençant leur comportement dans les solutions aqueuses.

- a. Tensioactifs anioniques :** Les tensioactifs anioniques comportent une chaîne grasse liée à un groupe anionique, souvent sous forme de sulfonates ou de sulfates alcalins.

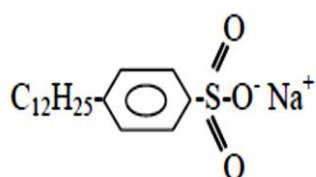


Figure I-5. Tensioactif anionique : Dodécyl benzène sulfonate de sodium [5].

- b. Tensioactifs cationiques :** Les tensioactifs cationiques présentent une partie hydrophobe liée à un groupe cationique, souvent un sel d'ammonium fixé sur une chaîne grasse.

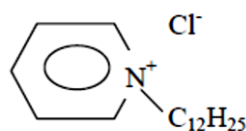
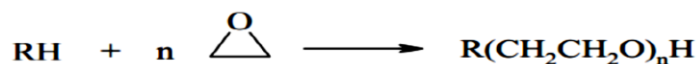


Figure I-6. Tensioactif ionique : "Chlorure de n-dodécyl pyridine" [5].

- c. Tensioactifs non-ioniques**

Les tensioactifs non-ioniques possèdent une partie hydrophile constituée de groupements polaires (par exemple, polyesters), assurant leur solubilisation dans l'eau et leur stabilité dans une large gamme de pH et en présence d'électrolytes.



- d. Tensioactifs amphotères**

Les tensioactifs amphotères possèdent à la fois des groupes ioniques et cationiques dans leur structure.

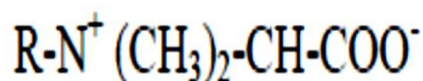


Figure I-7. Tensioactif amphotère : Alkyl bétaine [5].

Tableau I-1. Les différents types de tensioactifs [22].

Nom	Définition	Principales propriétés	Exemples
Non ioniques	Groupements fonctionnels ayant une grande affinité pour l'eau mais ne s'ionisant pas	Bonne synergie avec les anioniques ; Peu moussants ; Bons mouillants ; Bons dispersants ; Bons dégraissants et empêche la redéposition	Ether de polyéthylène-glycol Polyxyéthylène d'alkylphénol Ethanol amide d'acide gras N, N- éthanol amide d'acide gras
Anioniques	Groupements fonctionnels s'ionisant dans l'eau pour fournir des ions organiques chargés négativement	Les plus courants, peu onéreux, bonne activité détergente, moussante et mouillante, bonne Biodégradabilité	Sulfate d'alkyle Alkyle benzène sulfonate Oléfinesulfonate (oléfinesulfonate si R=H) Sulfate d'alkyle éther
Cationiques	Groupements fonctionnels s'ionisant en solution aqueuse pour fournir des ions chargés positivement	Activité désinfectante ; Peu Mouillants	Amine grasse primaire ; Acétate d'amine ; Amine grasse N ; N-substituée Chlorhydrate d'amine ; N- substituée Polyxyéthylène d'amine grasse Sel d'ammonium quaternaire
Zwitterioniques (amphotères ou ampholytes -/+)	Groupements fonctionnels qui peuvent suivant les conditions du milieu s'ioniser dans l'eau positivement ou négativement	Peu agressifs sur les tissus vivants, présents dans certains détergents désinfectants	Dérivés d'acides aminés Acylamphoacetate Alkyl aminopropionic acid Sodium coco glycinate Aminopropyl alkylglutamide

I.8.2. Avantages des tensioactifs naturels

Les tensioactifs naturels, issus de ressources végétales ou biologiques, se distinguent par leurs performances environnementales, leur innocuité pour l'utilisateur et leur compatibilité avec les produits écologiques. Voici les principaux avantages qu'ils présentent par rapport aux tensioactifs synthétiques :

- a. Biodégradabilité élevée :** Les tensioactifs naturels sont facilement biodégradables, ce qui signifie qu'ils se décomposent rapidement sous l'action des micro-organismes présents dans l'environnement. Cette caractéristique limite fortement l'accumulation de résidus dans les sols ou les milieux aquatiques. Contrairement aux agents de surface pétrochimiques qui peuvent persister dans l'environnement pendant plusieurs semaines ou mois, les tensioactifs d'origine naturelle sont minéralisés en CO₂, eau et biomasse dans des conditions normales de traitement des eaux usées.
- b. Faible toxicité pour les organismes aquatiques :** Les produits issus de tensioactifs naturels sont généralement moins toxiques pour la vie aquatique (poissons, algues, invertébrés). Cela permet de limiter l'impact des produits d'entretien ménagers ou industriels sur les écosystèmes en cas de rejet dans les eaux usées ou les milieux naturels. Plusieurs études ont montré que les alkyl polyglucosides (APG), par exemple, ont un profil écotoxique très faible, ce qui les rend adaptés aux produits biodégradables certifiés.
- c. Provenance renouvelable :** Contrairement aux tensioactifs issus de la pétrochimie, les tensioactifs naturels proviennent de ressources renouvelables telles que :
 - Les huiles végétales (coprah, palme, ricin, tournesol, etc.),
 - Les sucres (glucose, saccharose),
 - Les acides gras (issus des plantes ou de la fermentation bactérienne).Cela garantit une durabilité à long terme de leur production et réduit la dépendance aux énergies fossiles.
- d. Douceur pour la peau et biocompatibilité :** Les tensioactifs naturels sont souvent moins agressifs pour la peau et les muqueuses. Leur tension superficielle modérée et leur pouvoir nettoyant équilibré permettent un nettoyage efficace sans altérer le film hydrolipidique de la peau. De ce fait, ils sont largement utilisés dans :
 - Les cosmétiques bio (gels douche, shampoings, lotions),
 - Les produits d'entretien ménagers à usage fréquent (liquides vaisselle, lessives manuelles).

e. Meilleure compatibilité avec les écolabels : Les organismes de certification écologique (ex : Ecolabel Européen, Ecocert, Nordic Swan) imposent des critères stricts en termes de biodégradabilité, de toxicité et de provenance des matières premières. Les tensioactifs naturels répondent facilement à ces exigences grâce à :

- Leur profil toxicologique favorable,
- Leur traçabilité,
- Leur capacité à être intégrés dans des formules « clean label » (sans parfum, sans conservateur controversé, etc.).

f. Compatibilité avec les procédés de nettoyage doux et respect des matériaux : Grâce à leur structure amphiphile naturelle, les tensioactifs végétaux peuvent nettoyer efficacement sans attaquer les surfaces délicates (inox, verre, plastique, céramique). Cela en fait des agents de choix dans :

- Le nettoyage professionnel (hôpitaux, crèches),
- Les formulations pour personnes sensibles (bébés, peaux atopiques),
- Les applications alimentaires (nettoyants pour surfaces de cuisine, équipements industriels).

Ils permettent ainsi une réduction des risques d'endommagement ou de corrosion des matériaux, contrairement à certains agents synthétiques plus agressifs.

I.9. Comportement dans des formulations écologiques

Les tensioactifs naturels occupent une place centrale dans les formulations écologiques. Leur comportement spécifique, lié à leur structure chimique d'origine renouvelable, permet de formuler des produits efficaces, sûrs pour l'utilisateur, et respectueux de l'environnement. Voici les principaux aspects de leur comportement :

a. Intégration facile dans des formulations à faible impact environnemental : Les tensioactifs naturels sont généralement d'origine végétale (ex : sucres, acides gras, alcools gras) et sont facilement intégrables dans des formulations dites "vertes". Leur compatibilité avec des solvants écologiques (comme l'eau ou l'éthanol végétal) permet d'éviter l'utilisation de solvants organiques volatils (COV), réduisant ainsi les émissions de composés nocifs dans l'atmosphère. Cela les rend particulièrement intéressants dans les produits écolabellisés.

- b. Formation rapide et efficace de micelles à la CMC :** La concentration micellaire critique (CMC) est généralement basse pour de nombreux tensioactifs naturels, ce qui signifie qu'une petite quantité suffit pour initier la formation de micelles. Ces structures sphériques permettent de piéger les graisses, huiles et autres salissures hydrophobes, rendant le nettoyage plus efficace. Cela contribue à limiter la quantité de produit nécessaire pour obtenir un bon pouvoir nettoyant.
- c. Stabilité chimique dans des formulations sans additifs lourds :** Les formulations écologiques évitent souvent les conservateurs synthétiques, stabilisants chimiques, ou agents de viscosité artificiels. Les tensioactifs naturels présentent une bonne stabilité chimique dans ces conditions : ils conservent leur efficacité même dans des formulations simplifiées, ce qui est un avantage considérable pour la durabilité des produits "propres" sans conservateurs agressifs.
- d. Point de trouble maîtrisé (pour tensioactifs non ioniques) :** Le point de trouble, caractéristique des tensioactifs non ioniques, est la température à laquelle le produit devient trouble (démixion). Les tensioactifs naturels ont souvent un point de trouble bien défini, facilitant leur usage dans des conditions normales (température ambiante). Toutefois, ce point reste sensible à la présence d'impuretés ou aux variations de pH, ce qui nécessite une formulation maîtrisée pour garantir une performance constante.
- e. Balance hydrophile-lipophile (HLB) ajustable selon l'usage :** Le système HLB (Hydrophilic-Lipophilic Balance) permet de choisir le bon tensioactif selon le type de formulation (émulsion huile-dans-eau, eau-dans-huile, détergent, agent moussant, etc.). Les tensioactifs naturels, notamment les esters de sucre, les alkyl polyglucosides (APG), ou les dérivés de protéines, couvrent une large gamme de valeurs HLB. Cette diversité permet leur utilisation polyvalente, depuis les nettoyants ménagers jusqu'aux produits cosmétiques certifiés bio.
- f. Libération minimale de sous-produits polluants :** Contrairement à certains tensioactifs synthétiques (comme les alkylbenzènes sulfonés), qui peuvent libérer des résidus persistants ou des composés organiques volatils toxiques, les tensioactifs naturels se dégradent en produits inoffensifs. Ils respectent ainsi les normes environnementales (comme REACH, Ecolabel, Ecocert) et ne contribuent pas à l'eutrophisation ni à la pollution des eaux [22].

Chapitre II

Matériels et Méthodes

Ce chapitre présente la formulation d'un liquide vaisselle, en explorant les matières premières indispensables et les équipements nécessaires à sa fabrication. Nous détaillerons chaque composant, de sa fonction à son rôle dans l'efficacité du produit final, et présenterons le matériel adéquat pour une production optimisée et sécurisée. Une compréhension approfondie de ces éléments est fondamentale pour développer un liquide vaisselle performant, stable et répondant aux exigences de qualité.

II.1. Synthèse d'un liquide vaisselle

II.1.1. Matériels et produits utilisés

a. Matériels

- Cuve ouverte
- Mélangeur
- Agitateur magnétique.
- Barreau magnétique.
- Balance analytique
- PH-mètre
- Burette graduée
- Bécher 250 ml, pipette graduée de 100 ml, pissette d'eau distillée.

b. Produits

- Acide sulfonique HSO_2OH
- Texapon $\text{C}_{12} + 2n \text{H}_2^{\text{S}^+} + 4n \text{NaO}_4 + n\text{S}$
- Hydroxyde de sodium NaOH
- Glycérine $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
- Chlorure de sodium NaCl
- Arôme de citron
- L'eau H_2O

II.1.2. Caractéristiques des produits utilisés

❖ **Acide Sulfonique** : L'acide sulfonique désigne une classe de composés organiques sulfonylés, caractérisés par la formule générale $\text{RS}(=\text{O})_2\text{OH}$, où R représente un groupe organique alkyle ou aryle, tandis que $\text{S}(=\text{O})_2\text{OH}$ correspond au groupement hydroxyle de sulfonyle.

Parmi ces composés, l'acide sulfonique est un tensioactif anionique couramment utilisé après sulfonation dans la formulation des agents de lavage et de nettoyage, qu'ils soient sous forme liquide ou en poudre. Dans les détergents liquides, il est présent à hauteur de 90 % en matière active.

- ❖ **Le Tixapon N70** : Le Tixapon N70, abréviation du Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES), est un tensioactif anionique largement utilisé comme agent nettoyant et moussant dans divers produits de soins personnels tels que les savons, shampooings et dentifrices. Apprécié pour ses performances élevées et son coût abordable, il possède des propriétés nettoyantes et émulsifiantes similaires à celles du savon. D'autres tensioactifs, comme le laureth sulfate de sodium, le lauryl sulfate d'ammonium et le bareth sulfate de sodium, sont également présents dans de nombreux produits cosmétiques pour leurs effets similaires. Sa formule moléculaire est $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OSO}_3\text{Na}$.

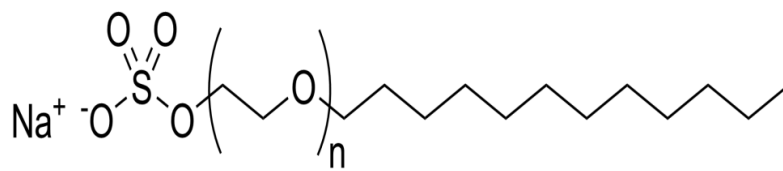


Figure II-1. Formule moléculaire de Le Tixapon N70.

- ❖ **Hydroxyde de Sodium (NaOH)** : L'hydroxyde de sodium est couramment utilisé dans l'industrie des détergents liquides pour neutraliser l'acide sulfonique. Il joue un rôle essentiel dans l'industrie chimique, notamment pour contrôler le pH des milieux alcalins et réguler l'acidité des procédés de fabrication.
- ❖ **Eau (H₂O)** : L'eau c'est l'ingrédient le plus courant dans les détergents car c'est un liquide ; Il constitue un grand pourcentage dans le détergent.
- ❖ **Autres composants** : Il existe de nombreux ingrédients mineurs qui sont moins importants, mais ils donnent au produit un côté consommateur (Mettre en petites quantités) :
 - Les colorants.
 - Les produits conservateurs
 - Les produits parfumés

II.1.3. Caractéristiques des équipements utilisés

II.1.3.1. Le PH-mètre

C'est un appareil permettant de mesurer le pH d'une solution, il est constitué de 2 éléments :

- Un boîtier électronique qui affiche la valeur du PH.
- Une électrode qui mesure cette valeur.

Le fonctionnement du PH-mètre est basé sur le rapport entre la concentration en ions H_3O^+ et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans l'électrode de verre.

En général cette électrode est une électrode combinée, c'est-à-dire qu'elle est constituée de deux électrodes : Une dont le potentiel est connu et constant, l'autre dont le potentiel varie avec le pH. Le potentiel entre ces deux électrodes est nul à $pH = 7$. On peut alors déterminer la valeur du pH par corrélation car la différence de potentiel entre deux électrodes évolue proportionnellement au pH.



Figure II-2. Le pH-mètre [24].

II.1.3.2. Le viscosimètre

C'est un appareil utilisé pour déterminer la viscosité, c'est-à-dire une résistance liquide au mouvement de quelque chose, il existe nombreux types de viscosimètre dans lesquels les méthodes de mesure diffèrent [5].

Il en existe de différentes sortes mais les plus communs sont les quatre suivants :

a. Viscosimètre à tube capillaire : On en distingue trois types : Ostwald, Cannon-Fenske et Ubbelohde. Il serve à mesurer le temps d'écoulement (t) d'un volume à travers un tube capillaire. Ils sont utilisables laminaire. On mesure le temps d'écoulement d'un volume fixe compris entre deux repères. Le fonctionnement s'appuie sur la loi de poiseuille de manière à ce que viscosité dynamique soit proportionnelle à la durée d'écoulement. C'est-à-dire :

$$\eta = k. \rho. t$$

Où : k est la constante d'étalonnage, ρ est la masse volumique et t est la durée d'écoulement.

b. Viscosimètre à rotation : Il mesure les actions mécaniques qui permettant de faire tourner une tige qui est en total immersion dans un fluide. La résistance à l'écoulement (viscosité) augmente en fonction de la grosseur de la tige. Ce type de viscosimètre n'est pas adapté à l'industrie, cela est dû à la présence du moteur et à la fréquence utilisation. De plus, avec ces systèmes, il est impossible de mesurer des fluides de très haute viscosité comme des produits fibreux. Parmi ce type de viscosimètre, on peut citer le viscosimètre de couette. Il est construit de deux cylindres concentriques. Le premier à l'intérieur est fixé et celui à l'extérieur est en mouvement, en rotation entraîné par un moteur.

c. Viscosimètre Stabinger : Son fonctionnement se base sur le même principe que le viscosimètre de couette. Il mesure la viscosité cinématique sur une plage de mesure étendue avec précision. Il suit les normes du système international. Le cylindre extérieur est un tube qui tourne à vitesse constante dans un bloc de cuivre. Le cylindre intérieur, lui flotte librement dans l'échantillon.

d. Viscosimètre à chute de bille : Ce viscosimètre permettant de déterminer la viscosité cinématique des liquides selon la loi de Stocks. Ce viscosimètre est utilisé pour les fluides newtoniens et transparents. Le viscosimètre est constitué d'un tube intérieur, de billes de différentes dimensions et d'une cuve extérieure :

- Le tube intérieur transparent généralement en verre sert à contenir le fluide à étudier et une bille. Le diamètre du tube est suffisamment large pour pouvoir négliger les effets de ses parois sur la chute de la bille ;
- Les billes sont calibrées sphériques pleines ou creuses généralement en acier et plus rarement en verre ou en ferronickel. Elles ont une masse (ou masse volumique) ainsi qu'un diamètre connu ;

- La cuve extérieure est cylindrique et transparente. Elle sert à réguler la température du liquide à étudier.



Figure II-3. Les types de viscosimètre [5].

II.1.4. Mode Opérateur

a. Préparation de la phase de neutralisation :

- Dans un bécher équipé d'un système d'agitation lente, introduire l'acide sulfonique et l'hydroxyde de sodium.
- Ajuster le pH du mélange pour qu'il soit compris entre 6,5 et 7,5, assurant ainsi la neutralisation complète de l'acide sulfonique.

b. Incorporation du tensioactif principal :

- Préalablement, diluer le Texapon N70 (Sodium Lauryl Ether Sulfate - SLES) dans de l'eau.
- Ajouter cette solution neutralisée dans le bécher tout en maintenant l'agitation.
- Poursuivre le brassage pendant 15 à 20 minutes pour obtenir une homogénéisation optimale.

c. Ajout des additifs :

- Une fois le mélange homogène, incorporer progressivement les additifs, à savoir :
 - Glycérine (effet hydratant pour les mains)
 - Arôme de citron (effet rafraîchissant et désodorisant)
 - Colorant et parfum (aspect visuel et olfactif du produit)
- Continuer l'agitation pour assurer une répartition uniforme des composants.

d. Ajustement de la viscosité :

- Ajouter progressivement de l'eau pour atteindre la consistance souhaitée, garantissant un pouvoir nettoyant optimal du liquide vaisselle.
- Tout en maintenant l'agitation, incorporer le chlorure de sodium (sel de table) en dernière étape, afin d'épaissir et stabiliser la viscosité du produit.

e. Vérification finale et ajustement du pH :

- Vérifier que le pH final est bien compris entre 6,5 et 8 (zone de neutralisation optimale).

II.2. Etude des propriétés d'un liquide vaisselle

a. Aspect : L'aspect d'un liquide pour vaisselle est normal visqueux et aussi translucide bien clair.

b. Couleur : sans coloration (si nous colorons le liquide : on ajoute la couleur).

c. PH : Le PH d'un liquide vaisselle est 7, c'est neutre comme l'eau de robinet et les produits multi-usage comme les liquide vaisselles. Alors ce n'est pas corrosif et facile d'emploi. Les valeurs du PH doivent être déterminées pour chaque étape de préparation et pour le produit fini. Ces valeurs de PH sont déterminées à l'aide d'un PH-mètre.

Le PH mètre est un appareil permettant de mesurer le potentiel d'hydrogène d'une solution, il est constitué de deux éléments : un boîtier électronique qui affiche la valeur du PH et une électrode qui mesure cette valeur.

Pour mesurer les différents PH, le PH-mètre est tout d'abord étalonné à l'aide de trois solutions tampon du PH à 4,0 et 7,0 et 10,0 puis on introduit l'électrode du PH-mètre dans l'échantillon à tester et on note sa valeur du pH affiché par l'appareil.

d. Viscosité : la viscosité est l'ensemble des phénomènes de résistance au mouvement d'un fluide pour un écoulement avec ou sans turbulence. La viscosité diminue la liberté d'écoulement du fluide et dissipe son énergie. La viscosité d'un liquide vaisselle peut être contrôlée à l'aide d'un viscosimètre.

- e. **Test microbiologique** : les tests microbiologiques sont l'un des derniers tests qu'un liquide vaisselle traverse pour déterminer les propriétés du produit final afin de créer la confiance des consommateurs, car il comprend des tests microbiologiques de nombre total de bactéries, de taille moyennes de bactéries aérobies, le nombres de levures totales et le nombre de champignons.

Chapitre III

Résultats et Discussion

Ce chapitre expose les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur la formulation développée. Suivie par une étude comparative avec des produits commerciaux de référence est également incluse, visant à évaluer l'efficacité et la conformité des propriétés obtenues.

III.1. Aspect et texture

L'importance de cette étape est de s'assurer que le produit est prêt à l'emploi et de s'assurer qu'il obtient l'approbation du consommateur.

Premières vérifications sur le produit :

Tableau III-1. Premières vérifications sur le produit.

Détermination	Résultats	Retirances normatives
Aspect	Liquide visqueux	Visuelle
Couleur	Jaune	Visuelle
Odeur	Citron	Inactive

III.2. Résultats des analyses physico-chimiques

III.2.1. Résultats des analyses physico-chimiques du liquide vaisselle

Après avoir effectué les analyses au laboratoire, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau III-2. Résultats des mesures physico-chimiques.

Détermination	Résultats	Unités
pH (T=27.0 °C)	7.02	/
Viscosité	65.86	Pa.s

a. Point de trouble :

- En dessous de cette température, le détergent commence à devenir trouble.
- Cela reflète une solubilité limitée à basse température, ce qui est atypique, car la plupart des tensioactifs non ioniques deviennent troubles à température élevée (30–80 °C).

b. Teneur en matière active :

- Elle détermine l'efficacité du produit : plus la matière active est élevée, plus le pouvoir nettoyant est fort (mais aussi plus le produit est coûteux ou potentiellement irritant).
- Elle est essentielle pour :

- ✓ Le dosage lors de la formulation,
- ✓ L'évaluation de l'impact environnemental,
- ✓ La conformité réglementaire (fiche technique ou fiche de données de sécurité).

c. Teneur en eau :

Tableau III-3. Effets liés à une forte teneur en eau.

Élément	Conséquence
Haute teneur en eau	Moins agressif, adapté à un usage quotidien
Facile à rincer	Moins de résidus
Moins économique à transporter	Contient surtout de l'eau
Faible concentration active	Moins efficace pour tâches lourdes ou industrielles

III.2.2. Etude comparative

Le but de cette étape est de comparer le produit avec le produit X₁ et X₂ et avec les normes internationales et pour vérifier l'engagement de l'entreprise aux règles mondiales de la fabrication de ce détergent X (ECO CLEAN).

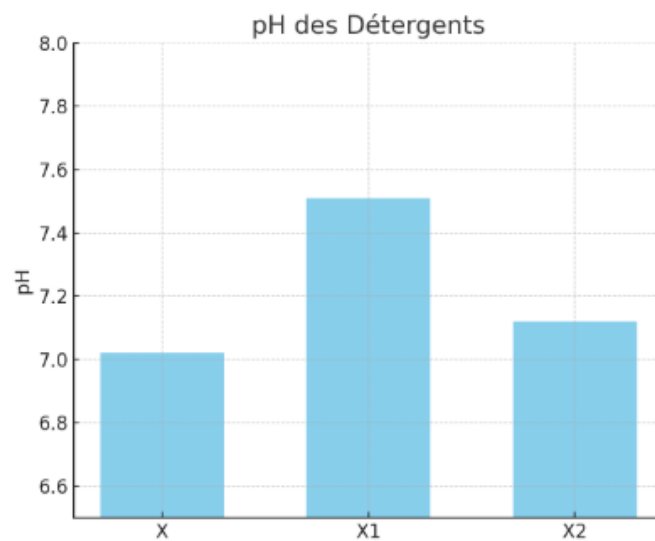
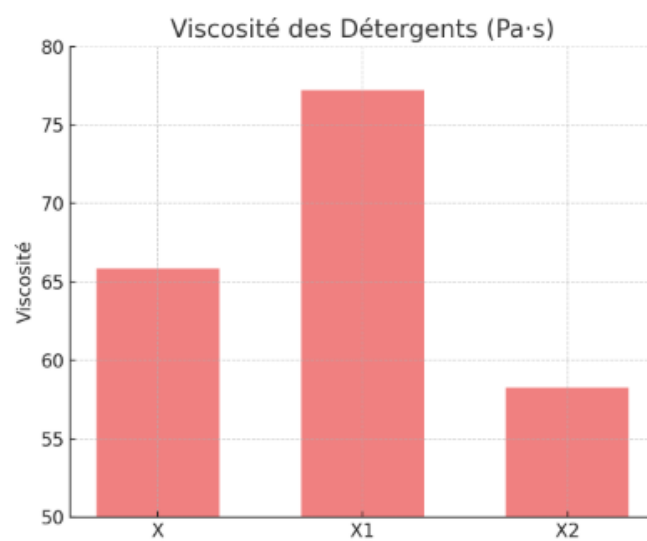


Figure III-1. PRIL ISIS (X₁), ISIS TEST (X₂) et notre détergent X.

Tableau III-4. Analyses physicochimiques d'une autre liquide vaisselle algérienne (X1) et (X2).

Détermination	X ₁	X ₂
PH	7.51	7.12
Viscosité	77.20 Ps.s	58.26 Ps.s

La comparaison des différents résultats d'analyse physico- chimiques obtenus pour le produit X et produit X₁ et X₂ sont représentés sur les figures suivants :

**Figure III-2.** Valeurs du pH des produits (les produits X).**Figure III-3.** Présentation graphique comparative de la viscosité en Ps.s des produits.

III.2.4. Analyse microbiologique

Tableau III-5. Résultats d'analyse microbiologique.

DETERMINATIONS	ECHANTILLONS					Ref/Meth d'analyse	Limites microbiologiques ufc/g ou ufc/ml	
	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}		m ⁽³⁾	M ⁽⁴⁾
Micro-organismes aérobies mésophiles totaux	2,3.10 ²	2,2.10 ²	2,6.10 ²	2,1.10 ²	2,5.10 ²	NA 8287	≤ 10 ³	≤ 2.10 ³
Levures et moisissures	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	NA ISO 16212	≤ 10 ²	
Escherichia coli	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	NA ISO 21150	Absence dans 1 g ou 1 ml	
Pseudomonas aeruginosa	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	NA ISO 22717	Absence dans 1 g ou 1 ml	
Staphylococcus aureus	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	NA ISO 22718	Absence dans 1 g ou 1 ml	
Candida albicans	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	NA ISO 18416	Absence dans 1 g ou 1 ml	

CONCLUSION : En application des dispositions de l'arrêté interministériel du 21 octobre 2019 portant règlement technique fixant les critères microbiologiques des produits cosmétiques et d'hygiène corporelle, publié au journal officiel N0 16 du 24 mars 2020, ce produit est d'une qualité microbiologique **satisfaisante**.

Bulletin établi le : 26/04/2025.

III.3. Discussion

La valeur du pH pour les trois échantillons (X, X1 et X2) se situe dans les normes recommandées, avec des valeurs proches de la neutralité. Le pH du produit X1 est légèrement plus élevé (7,51) que celui de X (7,02) et X2 (7,12). Cette légère augmentation pourrait être due à la dégradation partielle de l'acide, utilisé comme régulateur de pH, durant le processus de fabrication ou à cause des conditions de stockage.



Figure III-4. Mesure du pH des trois détergents (X1, X2 et X).

En ce qui concerne la viscosité, les résultats montrent une variation notable entre les formulations : la viscosité du produit X1 est la plus élevée (77,20 Pa·s), suivie de X (65,86 Pa·s) et enfin X2 (58,26 Pa·s). La diminution de viscosité observée dans le cas de X2 peut être attribuée à une variation dans la qualité ou l'origine des matières premières, ainsi qu'à d'éventuelles conditions de stockage défavorables (exposition à la chaleur, humidité, etc.). Une viscosité plus faible peut rendre le produit plus fluide, mais moins adhérent sur les surfaces verticales.



Figure III-5. Mesure de la viscosité des trois détergents (X1, X2 et X).

Ce produit est d'une qualité microbiologique satisfaisante. Les résultats obtenus ainsi que les comparaisons réalisées démontrent que le produit X, un liquide vaisselle, est élaboré conformément aux normes internationales. Ce produit respecte les exigences physico-chimiques et microbiologiques en vigueur :

- ✓ Il est neutre pour la peau, stable à température ambiante et présente une formulation bien équilibrée.
- ✓ Il garantit une bonne qualité hygiénique, sans contamination par des micro-organismes pathogènes.
- ✓ Il est recommandé pour un usage domestique quotidien.

Conclusion

Générale

Conclusion Générale

Ce travail mis en évidence l'importance et la pertinence de la synthèse en laboratoire d'un liquide vaisselle à usage ménager. En adoptant une approche scientifique rigoureuse, nous avons pu concevoir une formulation innovante répondant pleinement aux exigences de qualité et de sécurité.

Les résultats obtenus sont particulièrement encourageants : le produit formulé présente un pH neutre (7,02), une viscosité adéquate (65,86 Pa·s), un excellent pouvoir moussant et nettoyant, ainsi qu'une bonne stabilité dans le temps. Les analyses microbiologiques ont confirmé l'absence de pathogènes, garantissant ainsi une utilisation sûre pour le consommateur.

La comparaison avec des liquides vaisselle commerciaux a démontré que notre formulation, bien que réalisée à l'échelle de laboratoire, est tout à fait compétitive, voire supérieure sur certains critères. Cela souligne le potentiel réel de la recherche scientifique locale à proposer des alternatives efficaces et de qualité aux produits industriels importés.

Ce travail ne se limite pas à la validation d'un produit : il illustre également l'impact positif que peut avoir la maîtrise des procédés de formulation sur le développement de produits ménagers innovants, plus sûrs et potentiellement plus durables.

En fin de compte, ce mémoire contribue à la promotion de solutions de nettoyage non seulement efficaces, mais aussi plus responsables.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

1. Kralj.C et Kralj.M, « *Surfactants and Detergents: Compliance with Current Environmental Standards* », Environmental Science& Technology, 2019.
2. H.E. Sayfislam, memoire d'ingénieur d'Etat en génie Chimique, « *Formulation d'un détergent liquide* », ENP El-Harrach, 2012.
3. Kirk.Othmer, Encyclopedia of chemical technology. Fourth Edition. « *Surfactant and Detergents* », 1992.
4. K. M, « *The Evolution of Detergents: Past, Present, and Future* », Society of Surfactants and Detergents (SOT) Annual Meeting., 2003.
5. Bouslama. Hala, Zragnia. B, Mémoire de fin d etude, En vue de l'obtention du diplôme : Professeur d'Enseignement Moyenne, Ecole normale supérieure d'Enseignement technologique Skikda,2000.
6. K. Messikh, memoire de master: « *Analyse physico-chimique des détergents poudre* », Universite de Guelma, 2011.
7. S. P. à. léonard, « *Entretien des locaux et du linge. ANNEXE. LES DETERGENTS* » Savons et détergents à travers l'histoire, [En ligne]. Available: <http://leonardvinci.emonsite.com/medias/files/00.detergents.pdf>. [Accès le 8/1/ 2025].
8. BROZE Guy. « *Handbook of Détergents Part A: Properties* ». CRC Press: 814p, 1999.
9. Spitz, L. « *Soaps and Détergents* ». AOCS Press, San Diego, 2000.
10. Magai M., Okahata Y., Tammamachi S et Kunitake T., Colloid interface, Sci 82.P: 401-405, 1981.
11. S. Mihoubi.S, Mémoire d'ingénieur, « *Procédé de fabrication des detergents* », Universite de Guelma.2012.
12. BRIKA Nacera, Mémoire de magister: « *Synthèse et formulation d'un tensioactif anionique* », université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (USTHB) faculté de chimie, Alger. 2013.
13. Mameri Yazid, Mémoire de magister : « *Phototransformation de tensiocatif anionique induite par un oxyhydroxyde de fer en solution aqueuse* », université Ccostantine, 2010.

14. M. J. M. S. N. a. H.Tamura, «*Chitosan and its derivatives for wound healing applications*» *Biomaterials*, vol. 31, n° 129, pp. 6415-6430, 2010.
15. K. a. D.J.Moony, «*Alginate: Properties and biomedical applications*» *Progress in Polymer Science* , vol. 37, n° 11, p. 106_126, 2012.
16. R. A. J. a. Youngblood, «*Cellulose nanocrystals Structure, properties and applications*» *Chemical Reviews* , vol. 111, n° 19, pp. 4737-4798, 2011.
17. C. abdelghani, Mémoire de magister, «*Étude et synthèse de composés tensioactifs à base de souches naturelles et obtention de détergents industriels biodégradables*», Université Mentouri Constantine, Faculté des Sciences Exactes, Département de Chimie, 2007.
18. M.Benyoucef, Mémoire de master, « *Etude comparative des détergents synthétiques et naturels en Algérie* », Université de Costantine, Algérie, 2021.
19. A.Bouزيد, mémoire de master, « *Role des agents tensioactifs dans les détergents industriels en Algérie* », Université de Sétif. Algérie, 2020.
20. ECOCERT Greenlife, *Référentiel des Détergents Écologiques*, Aug. 2009.
21. L. Bensari, *Mémoire de fin d'études : « Formulation d'un détergent liquide-vaisselle »*, École Nationale Polytechnique (ENP), Alger, 2002.
22. R. Mahfoud, rapport de soutenance, « *Contrôle de qualité d'un détergent liquide vaisselle ATACK-NET* », Licence professionnelle en Génie de la formulation, Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira, Institut de Technologie, 2020.

Résumé

L'objectif principal de ce travail est de développer un produit local performant, conforme aux normes physico-chimiques et microbiologiques. La formulation obtenue présente des caractéristiques optimales : un pH neutre de 7,02, une viscosité de 65,86 Pa·s, un bon pouvoir moussant et nettoyant, ainsi qu'une stabilité satisfaisante dans le temps. Les analyses microbiologiques ont confirmé l'absence de pathogènes, garantissant l'innocuité du produit. La comparaison avec plusieurs produits commerciaux a démontré la compétitivité de la formulation synthétisée en laboratoire, tant en termes d'efficacité que de qualité.

Ce travail met en évidence le potentiel de la recherche appliquée dans le domaine des détergents ménagers et offre une base solide pour de futurs développements intégrant des critères de durabilité, de biodégradabilité et de respect de la santé humaine et de l'environnement.

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى تطوير سائل جلي محلي عالي الأداء، يتوافق مع المعايير الفيزيائية-الكيميائية والميكروبيولوجية المعتمدة. أظهرت التركيبة المطورة في المختبر خصائص مثالية، من بينها: درجة حموضة متعادلة (7.02)، لزوجة مناسبة (65.86 باسكال-ثانية)، قدرة جيدة على إنتاج الرغوة والتنظيف، وثبات جيد مع مرور الوقت، بالإضافة إلى أمان مثبت من خلال غياب الكائنات الممرضة.

أظهرت المقارنة مع عدة منتجات تجارية أن التركيبة المختبرية تتمتع بمستوى تنافسي عالٍ من حيث الأداء والجودة. وتبرز هذه النتائج أهمية البحث التطبيقي في مجال منتجات التنظيف المنزلية، كما تفتح آفاقاً واعدة لتطوير تركيبات مستقبلية تأخذ بعين الاعتبار معايير الاستدامة، القابلية للتحلل البيولوجي، وحماية صحة الإنسان والبيئة.

Abstract:

The main objective of this study was to develop a high-performance, locally produced dishwashing liquid that meets current physicochemical and microbiological standards. The formulation developed in the laboratory demonstrated optimal properties: neutral pH (7.02), appropriate viscosity (65.86 Pa·s), good foaming and cleaning power, stability over time, and safety confirmed by the absence of pathogens.

Comparison with several commercial products revealed a high level of competitiveness, both in terms of performance and quality. These results highlight the value and relevance of applied research in the field of household cleaning products and provide a promising foundation for future formulations that incorporate sustainability, biodegradability, and respect for human health and the environment.