

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Science alimentaire
Filière : Sciences Biologiques
Option : industrie des corps gras



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Comparaison de la qualité de principales margarines tartinables commercialisables dans le marché: Recherche des acides gras trans.

Présenté par :

Amaouche Louiza & Kerrache Hafsa

Soutenu le : 20 /06/2017

Devant le jury composé de :

Mr. TAMENDJARI A.	PR	Présidente
Mr. CHIKHOUNE A.	MCB	Encadreur
Mme. LEHOUCHE R.	MCB	Examineur
Mr. BAHIRENE		Co-Promoteur

Année universitaire : 2016/2017



Dédicace

Je dédie ce travail qui est le fruit de mes efforts :

A mon très cher père « Ahmad », qui ma permis de m'instruire

A ma très chère mère « khoukha », qui a contribuer a ma réussite ainsi que pour son soutien et son encouragement que dieu la protège et la garde au prés de ceux qu'ils l'aiment

A mon grand frère Athman et sa femme Ghania et ses enfants Ritadj, Zakaria

A mon chère frère Mourad et sa fiancer Sarah, et mes sœur Soria, Fazia, Farida, Djahida

A ma sœur Nadia et son mari Elkhayer et ses enfants Iman, Ayman, Adem

A ma sœur Dalila et son mari Abdenour et ses enfants Ayoub, Alâa

A mes amis (mes meilleures amies city Targa Ouzemoure)

Et à tous ceux qui ont contribués de prés ou de loin a la réalisation de ce mémoire

Hafsa.k



Remerciements

A terme de notre travail, on tient à remercier toutes les personnes qui nous ont aidés à accomplir ce travail.

- *On remercier d'abord DIEU de nous avoir donné assez de force et de courage pour finir ce travail.*
- *Nous chère parents pour leurs aides inestimables.*
- *Notre promoteur Mr. CHIKHOUNE Amirouche pour son suivie durant nos travaux avec une extrême bienveillance de ses remarques, ses conseils judicieux, sa rigueur et son expérience pour son suivie durant nos travaux avec une extrême bienveillance de ses remarque, ses conseils judicieux, sa rigueur et son expérience pour l'amélioration de notre travail et sa mise au point définitive*
- *Nous remercions notre examinateur Mme. R. LEHOUCHE. pour avoir accepté d'examiner notre travail, ainsi que la présidente M.A.TAMANDJARI. de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.*
- *Nous remercions également notre encadreure M.M.BAHIRENE. pour sa disponibilité et ses précieux conseils et l'ensemble du personnel du laboratoire qui a contribué au bon déroulement du stage au niveau de l'entreprise Cevital (BEJAIA).*
- *Tous les enseignes qui nous ont formés depuis notre scolarité*
- *Toute personne ayant contribué de près ou de loin pour l'élaboration de ce modeste travail*

Hafsa et Louiza

LISTE DES ABREVIATIONS

A1 ; A2: Bacs de stockage de produit fini.

A3 ; A4: Bacs de stockage de la matière première.

AESA/EFSA : Autorité Européenne de sécurité des Aliments / European Food Safety Authority.

Afssa : Agence française de la sécurité sanitaire des aliments.

AG : Acide gras.

AGCG : Acides gras à courtes chaînes.

AGI : Acides gras insaturés.

AGL : Acides gras libres.

AGLC : Acides gras longue chaînes.

AGMC : Acides gras à moyenne chaîne.

AGS : Acides gras saturés.

AGT : Acides gras trans.

ALC : Acides linoléique conjugué.

C1 : Sécheur.

C2 ; B3 : Bacs tompons.

CG : Corps gras.

CPG : Chromatographie en phase Gazeuse.

E/H : Eau/ huile

E1 ; E2; E3: Echangeur de chaleur à plaque.

F1 ; F2 ; F3 ; F4 : Filtres à poches.

HDL : Lipoprotéine à haute densité.

IC : Interestérisation chimique.

IE : Interestérisation Enzymatique.

ISO : Organisation Internationale de Standardisation.

KI : Iodure de potassium.

LDL : Low-Density Lipoprotein (Lipoprotéine de Faible Densité).

OMS : Organisation mondiale de la santé.

P1 ; P2 ; P3 ; P4 : Pompes centrifuges.

R1 ; R2 ; R3 ; R4 : Réacteur.

RMN : Résonance Magnétique Nucléaire.

SFC : Solide Fat Content (Taux de solide).

Liste des Figures

- **Figure 1** : Diagramme de fabrication de la margarine5
- **Figure 2** : photographie de la RMN basse résolution.....17
- **Figure 3** : Point de fusion de trois margarines étudiées.....21
- **Figure 4** : Taux d'humidité des margarines étudiées.....22
- **Figure 5**: pH des différents types de margarines.....23
- **Figure 6** : Taux de solides (SFC) des deux margarines étudiées.....24
- **Figure 7** : Teneur en sel des différents types de margarines analysées.....25
- **Figure 8** : Indice de peroxydes des différentes margarines.....26

Liste des figures en annexe

- **Figure 1** : Le principe général de la fabrication de la margarine au niveau de Cevital (Annexe I).
- **Figure 2** : Combinaisons de procédés générant peu ou pas d'AGT..... (Annexe II).
- **Figure 3** : Le mécanisme catalytique de l'interestérification enzymatique par la lipase.....(Annexe III).
- **Figure 4** : Schéma de l'intérestérification des huiles destinées à la margarinerie au niveau de Cevital.....(Annexe IV).
- **Figure 5** : Isomères géométriques et positionnels de l'acide oléique..... (Annexe V).
- **Figure 6**: Isomères géométriques et positionnels de l'acide linoléique.....(Annexe V).
- **Figure 7** : Etapes de la préparation des échantillons pour l'analyse CPG..(Annexe VII).
- **Figure 8** : Chromatographie de l'échantillon A(Annexe X).
- **Figure 9** : Chromatographie de l'échantillon B.....(Annexe X).
- **Figure 10** : Chromatographie de l'échantillon C.....(Annexe X).

Liste des Tableaux

- **Tableau I** : Les principaux isomères géométriques d'acides gras insaturés.....12
- **Tableau II** : Date de fabrication et de péremption des différentes margarines.....15
- **Tableau III**: Composition moyenne en acides gras totaux (en%) des différentes margarines.....27
- **Tableau IV**: Résultats des analyses organoleptiques effectuées sur les margarines analysées.....29

Liste des Tableaux en Annexe

- **Tableau I** : La composition des différentes margarines analysées (mentionnée dans l'emballage) (Annexe VI).
- **Tableau II** : Masse moléculaire et point de fusion des principaux acides gras..... (Annexe VIII).
- **Tableau III** : Résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur les deux Margarines..... (Annexe IX).
- **Tableau IV** : Résultats des SFC des deux margarines..... (Annexe IX).

Sommaire

Lise des tableaux.

Liste des figures.

Liste des abréviations.

Introduction..... 1

Partie Théorique

I. Généralités sur la margarine.....2

I.1. Définition.....2

I.2. Composition globale.....2

I.2.1. Phase grasse2

I.2.2. La phase aqueuse.....3

I.3. Typologie.....4

I.3.1. Margarine de table (tartinable).....4

I.3.2. Margarine allégée.....4

I.3.3. Margarines pour l'industrie alimentaire.....4

I.4. Processus de fabrication5

I.5. Facteur d'altération de la margarine.....6

II. Traitement de modification des huiles destinées à la margarinerie.....7

II.1. Fractionnement.....7

II.2. Hydrogénation7

II.3. L'interestérisation.....8

III. Les acides gras Trans.....11

III.1. Introduction11

III.2. Définition11

III.3. Origines.....11

III.4. Principaux acides gras trans.....12

III.5. Effets des acides gras trans sur la santé.....12

III.5.1. Effet des Acides gras trans naturels.....12

III.5.2. Effet des acides gras trans technologiques.....13

III.5.2.1. Maladies cardiovasculaire.....13

III.5.2.2. Cancer.....13

III.5.2.3. Autre pathologies	13
III.5.3. Traçabilité des acides gras trans.....	13

Partie pratique

I. Matériel et méthodes.....	15
I.1. Présentation de l'organisme d'accueil.....	15
I.1.1. Implantation.....	15
I.1.2. Margarinerie.....	15
I.2. Echantillonnage.....	15
II. Méthodes d'analyses.....	16
II.1. Analyses physicochimiques.....	16
II.1.1. Détermination de point de fusion	16
II.1.2. Détermination de la teneur en eau (humidité)	16
II.1.3. Détermination du PH de la phase aqueuse	17
II.1.4. Détermination du taux de solide par SFC.....	18
II.1.5. Détermination de la teneur en sel	19
II.1.6. Détermination de l'indice de peroxyde	19
II.2. Détermination de la composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG).....	20

Résultats et discussions

I. Résultats et discussion.....	22
1.1. Analyses physicochimiques.....	22
I.1.1. Point de fusion.....	22
I.1.2. Teneur en eau (Humidité).....	23
I.1.3. Détermination du pH de la phase aqueuse.....	24
I.1.4. Détermination du taux de solide par RMN (SFC).....	24
I.1.5. Teneur en chlorure de sodium.....	26
I.1.6. Indice de peroxyde.....	27
I.2. Résultats de la composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG).....	28

I.3. Les analyses organoleptiques.....	29
Conclusion et perspectives.....	31
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Introduction

Les huiles et graisses végétales jouent un rôle majeur dans notre alimentation ; nous les consommons directement sous forme d'huile raffinée ou vierge, ou bien indirectement via de nombreux produits de l'industrie agroalimentaire, prenant un exemple type la margarine (**Xavier, 2012**).

La margarine est une émulsion de type eau dans l'huile (E/H) dont les cristaux solides forment un réseau cristallin tridimensionnel. Les gouttelettes d'eau sont aussi minuscules que possible afin de prévenir la séparation de deux phases et le développement microbien (**Hill, 2004**).

L'industrie de la margarine a connu un essor important à l'heure actuelle. De nouvelles et meilleures méthodes de production ont été introduites et ne cessent de faire croître leur intérêt et leur efficacité. Les transformations physiques du procédé de fabrication conditionnent ainsi la création et l'évolution de la microstructure du produit (**Conway, 1954 ; Foster et al., 2009**).

Malgré les consensus scientifiques sur le caractère nocif des acides gras trans (AGT) artificiels, l'utilisation de l'huile hydrogénée est très développée dans l'industrie agroalimentaire. Ces AGT peuvent se retrouver dans de nombreux types d'aliments industriels : margarines, gâteaux, viennoiseries, produits frits, barres chocolatées et pizzas.

C'est à ce titre que nous sommes intéressés à comparer les caractéristiques physico-chimiques de trois margarines les plus consommées par les consommateurs de la wilaya de Bejaia et de projeter ainsi la lumière sur les AGT présents dans ces dernières. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail effectué au sein de l'unité de la margarinerie de CEVITAL.

Ce manuscrit est subdivisé en deux parties : la première concerne une synthèse bibliographique portant sur les traitements de modification des huiles végétales, sur les margarines et sur les acides gras *trans*. La deuxième partie dite : expérimentale, portera sur le travail pratique, qui est consacré à une présentation du matériel et les méthodes d'analyses puis discuter des résultats obtenus.

Partie Théorique

***Généralités sur la
margarine***

I. Généralités sur la margarine

I.1. Définition

La margarine est une émulsion de type eau dans l'huile (E/H) qui correspond à deux phases essentielles : une phase continue qui constitue la phase grasse, et une phase dispersée qui constitue la phase aqueuse (**Karleskind, 1992**). C'est une préparation qui renferme de nombreux additifs (lécithine, sel, colorant, antioxydants, vitamines, etc.) répartis en partie dans la phase grasse et en partie dans la phase aqueuse (**Triantafillou et al., 2003**).

La définition complète de la margarine est donc celle d'un système polydispersé de corps gras à l'état solide et à l'état liquide, d'eau et/ou lait, d'ingrédients et quelque fois de bulles de gaz (**Karleskind, 1992**).

I.2. Composition globale

La composition de la margarine varie selon l'origine des graisses et le type d'huiles ainsi que l'usage auquel elles sont destinées. Des agents émulsifiants et stabilisants sont toujours ajoutés (**Alais et al., 2008**). En général, la margarine est composée de :

I.2.1. Phase grasse

Cette phase est constituée d'un mélange d'huiles et des ingrédients liposolubles (**Graille, 2003**).

A) Le blend ou le mélange d'huiles

Le blend est défini comme étant un mélange de graisse et d'huiles raffinées en l'état et/ou modifié par fractionnement, trans-estérification ou hydrogénation. Il représente la partie la plus importante de la margarine (80 à 82%) (**Kone Issa, 2003**).

B) Les ingrédients liposolubles

Ils regroupent les émulsifiants, arômes, vitamines, et colorants.

a. Les émulsifiants

Ils ont pour but d'assurer une bonne dispersion de la phase aqueuse dans la phase grasse et de stabiliser l'émulsion par réduction de la tension inter faciale entre les deux milieux, leur rôle est donc important. On distingue la lecithine, les mono glycérides et les di glycérides (**Champetier, 1956**).

b. Les agents colorants

La couleur de la margarine doit être assez voisine de celle du beurre. Elle est obtenue soit par addition d'huile de palme rouge riche en caroténoïdes, soit de β -carotène de synthèse (**Luterotti et al., 2006**).

c. Les arômes

Les margarines et pâtes à tartiner sont aromatisées par des arômes de synthèse (par exemple, le diacétyle ou 2, 3 butanedione, l'un des nombreux composants de l'arôme de beurre), ou par des préparations aromatisants plus complexe (cocktail d'arômes) conformes aux dispositions réglementaires relatives à ces substances (**Faur et Madsen, 2002**).

d. Les vitamines

La fortification de la margarine avec de la vitamine A est obligatoire dans certains pays. Une margarine doit contenir pas moins 15.000 unités internationales (UI) par litre. L'utilisation de la vitamine D est facultative, mais une fois supplémentée, elle doit être présente à raison de 1500 (UI) par litre de margarine. Les antioxydants naturels présents dans les huiles végétales « tocophérols » sont des sources importantes de vitamine E (**O'Brien, 2009**).

I.2.2. La phase aqueuse

Elle représente une teneur comprise entre 16 et 18% du produit fini. Elle est constituée généralement d'eau et/ ou de lait. Elle comprend également les ingrédients hydrosolubles comme le sel et les correcteurs de pH (**Graille, 2003**).

a. L'eau

L'eau est le constituant le plus important de la phase aqueuse des margarines sans lait. Cette eau doit être hygiéniquement propre, neutre de goût et d'odorat. Elle ne devrait pas non plus contenir des sels de fer ou de manganèse (**O'Brien, 2009**).

b. Le lait

Concernant le lait, au départ, le lait de vache a été employé, mais ces derniers temps la poudre de lait à 0% de matière grasse est souvent la plus employée mélangée avec de l'eau. La présence du lait apporte à la margarine une saveur et un goût agréable voisin de celui du beurre (**Lefrancq et Roudaut, 2005**).

c. Les ingrédients hydrosolubles

Ils regroupent les conservateurs, le sel et les correcteurs de pH, révélateur, sucre.

d. Les conservateurs

Ils constituent une classe d'additifs indispensables, prolongent la durée de conservation des denrées alimentaires. Parmi les composés les plus utilisées, on trouve l'acide sorbique (**Becker et al., 2009**).

e. Le sel (NaCl)

Le sel est ajouté pour améliorer la sapidité mais il peut jouer un rôle de protecteur « bactériostatique ». Les teneurs peuvent varier de 0,1 à 1% et même 2%. Le sel utilisé doit être

de qualité alimentaire, pratiquement anhydre, neutre ou faiblement alcalin avec absence de sel de Mg, de Fe et d'ions SO_2 qui accélèrent l'oxydation des graisses. En solution dans l'eau il doit donner une saumure limpide et claire (**Faure, 1996**).

f. Les correcteurs de pH

L'acide citrique est un antioxydant synergiste (avec l'acide sorbique), permet le contrôle du pH de la phase aqueuse. Son utilisation est autorisée à des doses maximales de 0.1% (**Alais et Linden, 1997**).

g. Révélateur

Le révélateur (amidon de riz ou fécule de pomme de terre) sert à éviter les fraudes et permet de distinguer les margarines du beurre (**Wolff, 1994**).

h. Sucre

Il intervient dans le «profil» de flaveur. Le sucre tel que le glucose favorise également le brunissement des aliments lorsqu'on les cuit à la poêle (**Mohtadji-Lamballais, 1989**).

I.3. Typologie

Il existe un grand nombre de margarines, qui se différencient par la composition de la phase grasse mais aussi par le type d'ingrédients ajoutés (**Osório et al., 2006**). Les différents types de margarines sont résumés comme suit :

1.3.1. Margarine de table (tartifiable)

C'est une margarine à usage domestique. Ce type de margarines doit être suffisamment ferme à 20°C, tartifiable facilement et avoir des qualités organoleptiques proches de celles du beurre. Elles sont le plus souvent préparées à partir des triglycérides riches en acides gras insaturés. Elles apportent 740Kcal pour 100g du produit (**Alias et Linden, 1987**).

Il est possible de formuler une large gamme de margarines à usages spécifiques (par exemple margarine frigotartifiable, margarine pour pâtisserie...) (**Pagès-Xatart-Parès, 2008**).

I.3.2. Margarine allégée

Produit obtenu à partir de matières grasses d'origine végétale et/ou animale avec une teneur en matières grasses de 60% au moins et de 62% au maximum (**El-Khaloui, 1998**).

I.3.3. Margarines pour l'industrie alimentaire

Elles sont selon l'usage, soit stable à haute température (graisse pour la friture), soit présentant une bonne plasticité dans un large éventail de température (biscuiteries et pâtisseries). Ces produits ne doivent pas contenir d'acides gras libres et être résistants à l'oxydation. Il existe donc deux types de graisses à usage industriel : la margarine de

feuilletage destinée à la fabrication des gâteaux, pâtisseries à pâte feuilletée et les graisses émulsifiables ou shortening (Alais et al., 2003).

I.4. Processus de fabrication

La fabrication de la margarine comprend les étapes qui sont résumée dans la figure 1 :

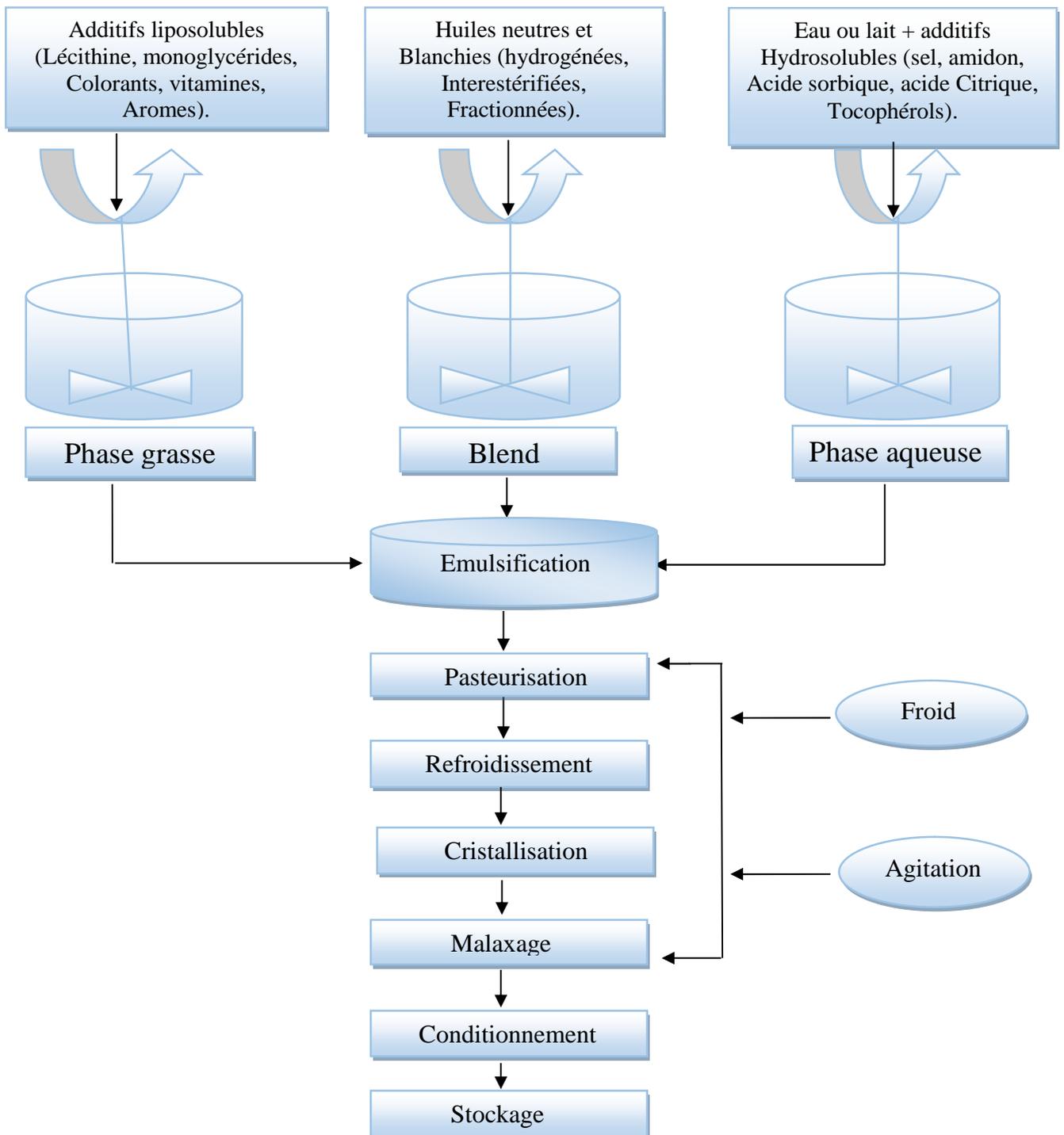


Figure 1: Diagramme de fabrication de la margarine (Cossut et al., 2002).

I.5. Facteur d'altération de la margarine

L'altération de la margarine peut être d'ordre chimique, bactériologique ou physique. La liaison ester et double liaison sont la cause des deux principales formes de l'altération des corps gras alimentaires qui sont : l'acidification et l'auto-oxydation (**Trémolieres, 1980**).

- L'acidification résulte de l'hydrolyse d'une ou deux des trois liaisons esters des triglycérides. Cette hydrolyse conduit à la formation d'acides gras libres (AGL) préjudiciable à la qualité du CG.
- L'auto-oxydation est accélérée par la lumière, la température et les métaux dits prooxydants (Cu, Fer, Mn principalement).

Des microorganismes présents dans la margarine sont généralement introduits par l'atmosphère ambiante, l'appareillage de traitement insuffisamment stérilisé, les contacts humains, les constituants de la phase aqueuse (eau, lait) surtout en présence d'amidon. Ils sont favorisés par certaines conditions de température et d'un pH du milieu supérieur à 5.

L'action de ces microorganismes a pratiquement pour résultat la formation d'enzymes génératrices d'AG, de produit d'oxydation d'aldéhydes et des cétones. Ce qui se traduit par des modifications d'apparence, de structure, de saveur et aussi par l'apparition de toxicité dans la margarine (**François, 1974**).

L'altération physique est due à la modification de la consistance de la margarine. Elle est due à son tour au phénomène de recristallisation. La formation de ces cristaux entraîne la réduction de la phase liquide par rapport à la phase solide et conduit en général à la perte de la texture, la flaveur et l'apparence recherchée (**Mc Clement et al., 2000 ; Genot et al., 2003**).

***Traitement de modification
des huiles destinées à la
margarineries***

II. Traitement de modification des huiles destinées à la margarinerie

Du fait de leur structure et de leur composition, les huiles et graisses présentent des caractéristiques de fusion spécifiques : ainsi, certaines huiles sont naturellement liquides à la température ambiante telle que les huiles de tournesol, de colza, de soja... d'autres semi-solide comme l'huile de palme, et d'autres sont totalement solides (huile de coprah). Leur utilisation dans les produits alimentaires (margarines, pâtes à tartiner, plats cuisinés...) peut nécessiter une adaptation de ces caractéristiques rhéologiques. Trois opérations, réglementairement autorisées, permettent à l'industriel de confectionner, par transformation, de matières grasses définies pouvant entrer dans la formulation de ces différents produits. Il s'agit de l'hydrogénation, du fractionnement et de l'interesterification (**Morin et Pagés, 2002**). (Annexe II).

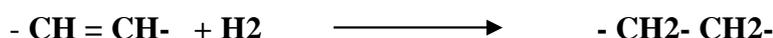
II.1. Fractionnement

La cristallisation des graisses, en présence ou pas d'un solvant, suivie d'une décantation ou d'une pression, permet de séparer ces dernières en deux fractions liquide et solide, aux propriétés physiques et chimiques différentes (**Champetier, 1956**).

Ce procédé est notamment appliqué à l'huile de palme qui présente naturellement un état semi solide : par simple fractionnement de celle-ci, il est possible d'obtenir 70% d'une fraction fluide (oléine de palme) commercialisée en qualité d'huile de table dans les pays tropicaux et 30% d'une fraction solide (concret de palme ou stéarine) trouvant ses principaux usages en margarinerie ou en savonnerie. Il existe principalement trois catégories de procédés de fractionnement : le fractionnement à sec, le fractionnement en phase solvant et le fractionnement à l'aide de tensioactifs (**Morin et Pagés, 2002**).

II.2. Hydrogénation

C'est le procédé le plus ancien et donc le plus utilisé à ce jour (**Karleskind, 1992**). Cette opération permet de durcir un corps gras par saturation des chaînes insaturées d'acides gras qui le composent. Outre des caractéristiques de fusion modifiées, le corps gras hydrogéné présente une meilleure résistance à l'oxydation. (**Kellens, 1998**). Globalement c'est une opération assez simple; qu'on peut résumer par la réaction suivant :



II.2.1. Avantages

La saturation des acides gras insaturés permet d'améliorer leur stabilité face à l'oxydation (rancissement des matières grasses). Par ailleurs, la phase continue aura un point de fusion plus élevée, et donc un meilleur maintien à basse température et à température ambiante. Ces acides gras partiellement hydrogénés sont utilisés dans l'industrie agro-alimentaire.

- Comme agent de texture pour rendre les aliments plus fermes.
- comme conservateur pour éviter le rancissement (oxydation).

Ils se retrouvent ainsi dans de nombreux produits alimentaires transformés, notamment les margarines et produits gras utilisés pour fabriquer toutes sortes d'aliments préparés (**Afssa, 2005**).

II.2.2. Inconvénients

Ce procédé génère un problème nutritionnel majeur : l'apparition d'acides gras « trans » et de composés intermédiaires. En effet, l'ajout des atomes d'hydrogène sur les doubles liaisons se fait plus ou moins rapidement sur les acides gras insaturés. Ainsi à la fin de l'étape d'hydrogénation, certains ne sont que partiellement hydrogénés. Ce sont les acides gras « trans » (**Karleskind, 1992**).

C'est pourquoi les industriels se tournent de plus en plus vers des procédés certes plus coûteux mais empêchant la formation de tels composés. Parmi ces procédés :

II.3. L'inter- estérification

II.3.1. Principe

Tous les triglycérides naturels présentent une distribution particulière des acides gras sur le glycérol estérifié (**Karleskind, 1992**).

II.3.2. Définition

Réaction qui vise à modifier la structure glycéridique des matières grasses par réarrangement moléculaire des acides gras sur le glycérol (**Trémolieres, 1980**).

Ce réarrangement moléculaire peut intervenir soit sur un seul corps gras, soit sur un mélange de deux corps gras, de ce fait, de très nombreuses combinaisons de trans-estérification sont possibles (**Alais et Linden, 1987**).

En pratique, dans le traitement des huiles et des graisses, la trans- estérification est à la fois intramoléculaires (sur la même molécule de acylglycérol), et intermoléculaires (au niveau de triacylglycérol de l'un et de l'autre) (**Cheftel et Cheftel, 1977**).

II.3.3. Avantages

L'interestification devient une technique de transformation de plus en plus importante qui a pour but de modifier le comportement à la fusion d'une huile ou d'une graisse sans modifier la composition des acides gras. Souvent, le point de fusion s'élève. Par exemple,

- L'huile de soja : le point de fusion passe de -7 °C à 6 °C .
- L'huile de palme : $+40\text{ °C}$ à $+47\text{ °C}$.
- L'huile de coprah : $+26\text{ °C}$ à $+28\text{ °C}$.

La margarine obtenue se voit conférer une structure plus stable et fine (**Robichon et al., 2001**). On distingue deux types d'interestérification :

a) L'interestérification aléatoire

C'est la plus répandue, qui va réarranger les acides gras dans les triacylglycérol, elle est basée sur la concentration en acide gras du corps gras de départ (**Trémolieres, 1980**).

b) L'interestérification dirigée

Au cours de laquelle en jouant sur un facteur, la température de réaction, pour favoriser le changement d'état d'un triacylglycérol qui passant de l'état liquide à l'état solide (**Trémolieres, 1980**).

La réaction de l'interestérification est catalysée chimiquement ou enzymatiquement :

1) L'interestérification chimique (IC)

L'interestérification chimique (IC) manque de spécificité et la réaction peut générer plusieurs TAG non souhaitables dans le mélange. Il est possible d'orienter quelque peu la réaction d'interestérification en enlevant, au fur et à mesure que la réaction se produit, les fractions recherchées à point de fusion élevé. L'interestérification chimique est relativement économique et est utilisée à l'échelle industrielle, notamment en Europe, pour produire des graisses plastiques saturées à teneur nulle ou faible en gras trans. (**Willis et al., 1999**).

2) L'interestérification enzymatique (IE)

Elle offre une meilleure maîtrise des produits de réaction générés. Les enzymes sont très spécifiques et peuvent être sélectionnées pour cliver des liaisons esters basses que l'interestérification chimique, il y a moins de dégradation. Contrairement à celles interestérifiées chimiquement, les huiles interestérifiées enzymatiquement n'ont pas besoin d'être lavées et blanchies (**Van Duijn, 2000**).

L'interestérification est devenue un outil très performant dans l'industrie des corps gras. Pour la modification et l'optimisation de la structure et des propriétés des corps gras. Un intérêt particulier est l'obtention de triglycérides avec des AG spécifiques à des positions spécifiques au sein de la molécule triglycéridique. Avec les avancées biotechnologiques

actuelles, les lipases à spécificité d'AG sont d'actualité. La catalyse enzymatique est effectuée à l'aide de lipases (Annexe III). Ces lipases sont immobilisées afin de les séparer des produits de réaction et permettre leur réutilisation. La réaction catalytique ne modifie pas la stabilité oxydative des Huiles et il n'y a aucune influence sur le degré de saturation des triglycérides (Marangoni et Rousseau, 1995 ; Holm et Cowan, 2008).

Les acides gras trans

III. Les acides gras Trans

III.1. Introduction

La mise au point des techniques d'hydrogénation partielle des huiles végétales a révolutionné l'Agro-alimentaire (et la nutrition) en lui permettant de devenir une industrie mondiale pleine de promesses.

Mais depuis trois décennies déjà, de plus en plus d'études mettent en avant l'effet délétère de certains acides gras de cette industrie, dits Acides Gras Trans (AGT) et de nombreux pays ont pris certaines dispositions, à l'image des Etats-Unis, du Canada et du Danemark qui ont déclaré la guerre aux AGT (**Berthoud et Real, 2008**).

III.2. Définition

Du point de vue chimique : les gras trans, (AGT), sont des acides gras insaturés dont la chaîne carbonée comporte une ou plusieurs liaisons doubles en position trans (**Sara Krenosky et al., 2012**).

Du point de vue nutritionnel : les acides gras trans ne sont pas fluides comme les acides gras polyinsaturés, mais bien solides comme les acides gras saturés (**Bernier et al., 2002**).

III.3. Origines

Les acides gras insaturés trans sont d'origine naturelle ou artificielle, dans ce dernier cas produits par l'hydrogénation industrielle partielle des acides gras insaturés contenus dans les huiles végétales.

A) Naturelle (bio-hydrogénation)

C'est une transformation microbienne des acides gras insaturés chez les ruminants (**Bézar, 2008**). Ces acides gras se trouvent principalement dans le lait et les produits dérivés (beurre, fromage, ...etc.) (**Binz, 2007**) à des teneurs variables selon l'alimentation du bétail (**Berthoud et Real, 2008**). Les acides gras trans sont également rencontrés dans la viande de ruminants mais à des concentrations plus modestes (**DiFrancesco, 2006**).

B) Technologiques

L'industrie des corps gras réalise des hydrogénations catalytiques partielles, dont les objectifs sont de transformer les propriétés physico-chimiques d'huiles. Au cours de ce procédé sont générés des acides gras trans (**Campbell, 2005**).

Les margarines et les shortenings sont les sources majeures d'AGT dans notre alimentation (**Karabulut et Turan, 2006**). Les AGT sont également générés au cours du chauffage et la friture au-dessus de 180°C, ainsi que durant l'étape de désodorisation des

huiles au cours de raffinage physique à une température au-dessus de 200°C (Bansal *et al.*, 2009).

III.4. Principaux acides gras trans

Les principaux isomères des acides gras sont regroupés dans le tableau I.

Tableau I: Les principaux isomères géométrique d'acides gras insaturés (Morin, 2005).

Monomères	Isomères du C 18 :1	
	$\Delta 9c$ oléique $\Delta 11c$	$\Delta 9t$ élaidique $\Delta 11t$ Vaccénique
Diènes	Isomères du C18 :2	
	$\Delta 9c$ 12c linoléique	$\Delta 9c$ 11t CLA
Triènes	Isomères du C18 :3	
	$\Delta 9c$ 12c 15c linoléinique	$\Delta 9t$ 12c 15t $\Delta 9t$ 12c 15c $\Delta 9t$ 12c 15t

III.5. Effets des acides gras trans sur la santé

Certes, les AGT consommés en quantité excessive constituent un facteur de risque cardio-vasculaire. Le taux de 2% de l'apport énergétique total en AGT est le seuil au-delà duquel est observée une augmentation significative de ce risque, selon un rapport de l'Afssa sur les effets biologiques des AGT publié en 2005. Cependant, la distinction entre origine animale et technologiques des AGT n'est pas toujours fait ni faisable dans les études épidémiologiques (Pascal, 2009).

III.5.1. Effet des Acides gras trans naturels

Deux études ont été publiées en mars 2008 dans l'American Journal of Clinical Nutrition. L'une, canadienne, montre que des apports en acides gras trans d'origine naturelle à hauteur de 1,5% de l'apport énergétique ne modifient pas significativement les facteurs du risque cardiovasculaire. La seconde étude, conduite par une équipe française, montre que les acides gras trans d'origine naturelle ne sont pas responsables d'une diminution du HDL cholestérol, même à des niveaux d'apport supérieurs à la réalité nutritionnelle (Chardigny, 2009). Ces acides gras naturels ne sont non seulement pas associés aux risques accrus de maladie cardiaque, mais ils aident à prévenir le cancer (Bishop-MacDonald, 2005).

Les acides vaccénique ($\Delta 11$ 18 :1), qui sont formés par les microbes dans la panse des ruminants sont certes présents en tant qu'isomères trans mais l'organisme est capable de les transformer en un acide linoléique conjugué (ALC) (Ruegg, 2007).

III.5.2. Effet des acides gras trans technologiques

III.5.2.1. Maladies cardiovasculaires

Au cours des quinze dernières années, plusieurs travaux ont étudié la relation éventuelle entre la consommation d'AGT et le risque de développer une maladie cardiovasculaire.

Ces études ont fait l'objet de revues générales détaillées très récentes (**Afssa, 2005**).

Les maladies cardiovasculaires sont une cause majeure d'incapacité et de décès prématurés dans le monde entier (**OMS, 2007**). Plusieurs études métaboliques ont montré un effet défavorable des acides gras trans sur les lipides plasmatiques : augmentation du cholestérol-LDL et des triglycérides ; baisse du cholestérol-HDL (**Ouellet, 2005 ; Berneis, 2007 ; Adhikari et al., 2010**).

Ces acides gras trans se comportent comme les acides gras saturés (**Tsanev et al., 1998**), mais leur effet est plus nocif (**Kandhro et al., 2008**). Ce risque de maladies cardiovasculaires est important dans le groupe de population avec des prises inférieures en acides gras essentiels (**Tsanev et al., 1998**).

III.5.2.2. Cancer

Plusieurs études ont montré que le risque de cancer est associé à une haute teneur en AGT, (**anses, 2011**). Une étude aux Etats- unis montre une association positive de l'consommation d'acide gras trans avec le risque de cancer de colon augmenté chez les femmes consommant le plus d'AG trans totaux (plus de 3g.-1), non significative chez les hommes (**Slattery et al., 2001**).

III.5.2.3. Autre pathologies

On a pu établir un lien entre un risque accru de maladies coronariennes et les AGT d'origine industrielle uniquement (**Kandhro et al., 2008**). Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'absorption d'AGT d'origine animale a été moins importante que celle d'AGT d'origine industrielle (**Schmid, 2007**).

Des études menées sur des animaux ont indiqué qu'une consommation importante en AGT par la mère présente un impact sur la croissance et le développement de fœtus et celui de jeune enfant. Ainsi que, pour le développement de la vue et du système central nerveux (**Norris, 2007**).

III.5.3. Traçabilité des acides gras trans

Mis à part des pays qui contrôlent et des pays qui obligent de mentionner les taux d'AGT sur l'étiquette, un étiquetage de ces acides gras trans reste non obligatoire dans certains pays (**Margaret et al., 2014**).

Aucune loi n'oblige les fabricants à signaler la présence ou la traçabilité des AGT dans les aliments. Il faut lire la liste des ingrédients et porter attention aux aliments dont les principaux ingrédients sont les graisses végétales hydrogénées ou partiellement hydrogénées et le Shortening d'huiles végétales ce qui constitue une façon plus juste d'évaluer la présence ou non de gras trans dans les produits. L'étiquetage des acides trans vise à sensibiliser d'avantage le consommateur aux effets nuisibles qu'ils peuvent présenter et à l'aider à faire le bon choix.

Partie Pratique



Matériel et Méthodes

I. Matériel et méthodes

I.1. Présentation de l'organisme d'accueil

Dans le but de préparer notre mémoire de fin de cycle, nous avons effectué un stage pratique d'une durée d'un mois au sein du complexe Agroalimentaire « **CEVITAL** » de Bejaia.

I.1.1. Implantation

Le complexe CEVITAL est situé au niveau du port de Bejaia, à 3Km sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN n° 09, soit à 280 Km d'Alger. La situation géographique de l'entreprise lui est d'un grand profit, car elle lui confère l'avantage de proximité économique. Les différentes unités de complexe au niveau du chef-lieu de willaya de Bejaia, se répartissent comme suit :

- Raffineries d'huiles.
- Unité d'Interestérisation des huiles.
- Margarinerie.
- Raffineries de sucre.

I.1.2. Margarinerie

Le complexe de Cevital produit une gamme variée de margarines dont certaines sont destinées à la consommation directe telle que Matina, Fleurial plaquette et Fleurial barquette. D'autres sont spécialement produites pour les besoins de la pâtisserie moderne ou traditionnelle, à l'exemple de la Parisienne, MEDINA «SMEN» en plus du Shortening pour les professionnels et industriels.

- Capacité de production : 180 000 tonnes /an.
- Part du marché national : 30%.
- Exportation d'une partie de la production vers l'Europe, le Maghreb et le Moyen-Orient.

I.2. Echantillonnage

Notre étude a porté sur trois margarines de table tartinables (barquettes 500g), codé : A, B et C. Notre choix s'est basé sur les margarines les plus utilisées et les plus consommées par la population locale. Ces échantillons ont été achetés sur le marché en mois de février 2017 et conservés à basse température (4°C à 8° C) durant toute la période d'analyses. Les dates de fabrication et de péremption des différentes margarines sont résumées dans le tableau II :

Tableau II : Date de fabrication et de péremption des différentes margarines.

Margarine	A	B	C
Date de fabrication	04/01/2017	22/01/2017	22/01/2017
Date de péremption	03/01/2018	23/01/2018	22/01/2018

La composition des différentes margarines analysées (mentionnée dans l'emballage) est indiquée dans l'annexe IV.

II. Méthodes d'analyses

II.1. Analyses physicochimiques

II.1.1. Détermination de point de fusion : «NE 1.2.91/1988».

- **Principe**

Il est basé sur le passage de la matière grasse de l'état solide à l'état liquide sous l'effet de la chaleur.

- **Mode opératoire**

- Introduire la margarine (huile, blend) dans deux tubes capillaires en verre sur une hauteur de 1 cm, les refroidir au réfrigérateur (20mn).
- Fixer les deux capillaire à un thermomètre à l'aide d'une bague en caoutchouc de tel façon que la partie basse des tube capillaires soit au même niveau que le fond de la boule de mercure du thermomètre.
- L'ensemble est immergé dans un bécher contenant de l'eau osmosée, ensuite, il est chauffé lentement (0,5°C/mn) en bain marie rempli d'eau.
- Observer alternativement et noter la température à laquelle les colonnes de margarine (huile) commencent à remonter dans les tubes.

- **Expression des résultats**

La température notée correspond au point de fusion de la margarine (huile) exprimée en degrés Celsius (°C).

II.1.2. Détermination de la teneur en eau (humidité) : «ISO 662, 2^{ème} édition.1998 ».

- **Principe**

Il consiste à provoquer le départ d'eau par l'introduction d'une quantité connue d'huile dans une étuve maintenue à la température de 105° C pendant 30 minutes.

• Mode opératoire

- Peser le bécher à vide (p1) et le poids de la prise d'essai (p2).
- Déposer sur une plaque chauffante, en agitant soigneusement de temps en temps afin d'éviter la formation d'éclaboussures et gouttelette d'eau aux parois du bécher.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser le bécher contenant l'échantillon, soit un poids (P).

• Expression des résultats :

La teneur en eau est déterminée par la formule suivant :

$$H\% = \frac{(P1+P2)-P}{P2} \cdot 100$$

Dont :

H% : humidité exprimée en pourcentage massique.

P1 : poids du bécher vide en gramme.

P2 : poids de la prise d'essai en gramme.

P : poids de bécher contenant l'échantillon après chauffage.

II.1.3. Détermination du pH de la phase aqueuse par la méthode potentiométrique :

« NE 1.2.430/1989 ».

• Principe

Mesure de la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence dans la phase aqueuse séparée de la margarine fondue.

• Mode opératoire

- Etalonner le pH mètre par solution à pH =7 et 4.
- Introduire les électrodes dans la phase aqueuse à la température de mesure.
- Lorsque la lecture devient constante, lire la valeur du pH indiqué par le mètre à 0,01 unités de pH près, sur l'échelle de l'instrument.
- Introduire le thermomètre (thermomètre étalonné précis à 1°C dans la phase aqueuse et lire la température de mesure.

• Expression des résultats

Noter la valeur mesurée da pH à 0.01 unité près et à température de mesure.

II.1.4. Détermination du taux de solide par SFC (solid Fat Content) (ISO 8292, 1995).

- **Principe**

Consiste à déterminer le taux de solides dans la matière grasse à une certaine température, elle est réalisée par RMN (Résonance Magnétique Nucléaire) (figure 2). Le taux de solide est exprimé en pourcentage, il nous renseigne sur la caractéristique physique qui influence beaucoup les propriétés technologiques et sensorielles des corps gras : la texture.



Figure 2 : Photographie de la RMN basse résolution

- **Mode opératoire**

Une quantité de margarine est fondue dans un bécher à l'étuve (100°C), puis filtrée à l'aide d'un papier filtre contenant une quantité de sulfate de sodium, à partir de la phase récupérée on procède à l'analyse ; Préparation de 03 tubes, et chacun des trois tubes est mis à différentes températures :

- 15 min à 10°C ; 5 min à 60°C ; 60 min à 0°C (cristallisation du produit).
- 30 min à 5 °C ; 30 min à 10°C, 30 min à 15°C ; 30 min à 20°C, 30min à 25 °C ; 30 min à 30°C ; 30 min à 35°C ; 30 min à 37°C (fonte du produit).

Les valeurs de SFC sont notées chaque 5nm à des températures différentes. Ensuite on trace la courbe de SFC (%) en fonction de la température (°C).

- **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés par le logiciel de l'appareil en pourcentage de solide.

II.1.5. Détermination de la teneur en sel « NE 1.2.429/89 ».

- **Principe**

Titration des chlorures avec du nitrate d'argent (0,1) en présence de chromate de potassium, comme indicateur coloré suivant la réaction ci-dessous.

- **Mode opératoire**

- Peser 5g de l'échantillon dans un Erlenmeyer.
- Ajouter 100ml d'eau distillée.
- Chauffer sur une plaque chauffante jusqu'à dissolution complète de l'échantillon (margarine).
- Laisser refroidir.
- Ajouter quelques gouttes de chromate de potassium.
- Titrer avec la solution de nitrates d'argent jusqu'à obtention d'une couleur rouge brique qui persiste pendant 30 secondes.

- **Expression des résultats**

Le taux de sel est déterminé par l'équation suivante :

$$Ts \% = \frac{N.V.Eqg (NaCl)}{M.1000} \cdot 100$$

Dont :

Ts : taux de sel exprimé en %.

N : normalité d'AgNO₃ (0,1N).

V : volume d'AgNO₃ utilisé pour le titrage en ml.

M : masse de la prise d'essai en g.

Eqg : équivalent gramme de Na Cl = 58,5.

II.1.6. Détermination de l'indice de peroxyde « ISO 3960 ».

- **Principe**

C'est le traitement d'une prise d'essai, en solution dans l'acide acétique et du chloroforme par une solution d'iodure de potassium (KI). Titration de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium.

- **Mode opératoire**

- Peser 5g de l'échantillon de margarine dans une fiole conique.
- Ajouter à la prise d'essai 25 ml du mélange acide acétique, chloroforme dans la proportion 3/2 volumes respectivement.
- Agiter jusqu'à ce que la margarine soit complètement fondue.
- Ajouter 1 ml d'iodure de potassium (KI).
- Boucher la fiole, puis agiter pendant une minute et mettre à l'abri de la lumière pendant 5 minutes (pour éviter l'oxydation par O₂ de l'air).
- Ajouter 75 ml d'eau distillée pour arrêter la réaction) et quelques gouttes d'empois d'amidon comme indicateur coloré.
- Titrer avec une solution de thiosulfate de sodium (0,01N).
- Réaliser un essai à blanc (sans margarine).

- **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés par.

$$I_p = \frac{(V - V_0) \cdot N}{M} \cdot 1000$$

Dont :

I_p : indice de peroxyde exprimé en meq.g O₂/kg.

V : volume du Na₂ S₂ O₃ de la chute de burette utilisé pour le titrage.

V₀ : volume de Na₂ S₂ O₃ utilisé pour l'essai à blanc.

M : masse de prise d'essai en g.

N : normalité du Na₂ S₂ O₃ utilisé pour le titrage (0,01 N).

II.2. Détermination de la composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

- **Préparation des esters méthyliques d'acides gras (UICPA n°2.301.1979).**

Les acides gras sont analysés sous forme d'esters méthyliques préparés suivant la méthode basée sur la saponification des glycérides, puis libération et estérification des acides par le méthanol en présence d'un solvant organique (l'heptane).

- **Mode opératoire**

- Introduire 4g de la margarine fondue dans une fiole conique.
- Ajouter 40 ml de méthanol, 0,5ml de solution KOH (solution éthanolique à 1N) et homogénéiser bien le mélange.
- Porter le mélange à l'ébullition pendant 5 à 10min.
- Refroidissement sous un courant d'eau froid.

Le contenu de la fiole est transférée dans une ampoule à décanter, et la fiole est rincée avec 20 ml d'heptane ; agité et laissé décanter.

Les ester extrait avec de l'heptane sont lavés deux fois avec 20 ml d'eau. Après décantation, les extraits sont séchés avec de sodium anhydre.

- **Caractéristique de la CPG : Chrompack CP 9002 :**

- **Colonne capillaire :** DB- 23 ; (50% Cyanopropyl).
30 m de longueur, 0,32 mm de diamètre interne et 0,25 μm de l'épaisseur.
- **Gaz vecteur :** Azote (N_2).
- **Injecteur :** SPLIT1/1100 (250°C).
- **Quantité injectée :** 0,1 μl .
- **La température de four :** 150°C (+3°C/min).
- **Détecteur :** FID (Détecteur à Ionisation de flamme), température 250°C.

Les étapes de la préparation des échantillons pour l'analyse CPG (Annexe VII).

II.3. Analyses Organoleptiques

En plus des analyses physicochimiques et chromatographiques, les trois échantillons de margarines ont été soumis à une analyse organoleptique (texture, couleur, odeur et goût) Ces analyses organoleptiques ont été effectuées au sein de l'Entreprise par un panel d'experts.

Résultats et



Discussion

I. Résultats et discussions

1.1. Analyses physicochimiques

Le détail des résultats des différents tests sont résumés en (Annexe IX).

1.1.1. Point de fusion

Les résultats de la détermination des points de fusion de trois margarines tartinables étudiées sont illustrés dans la figure 3.

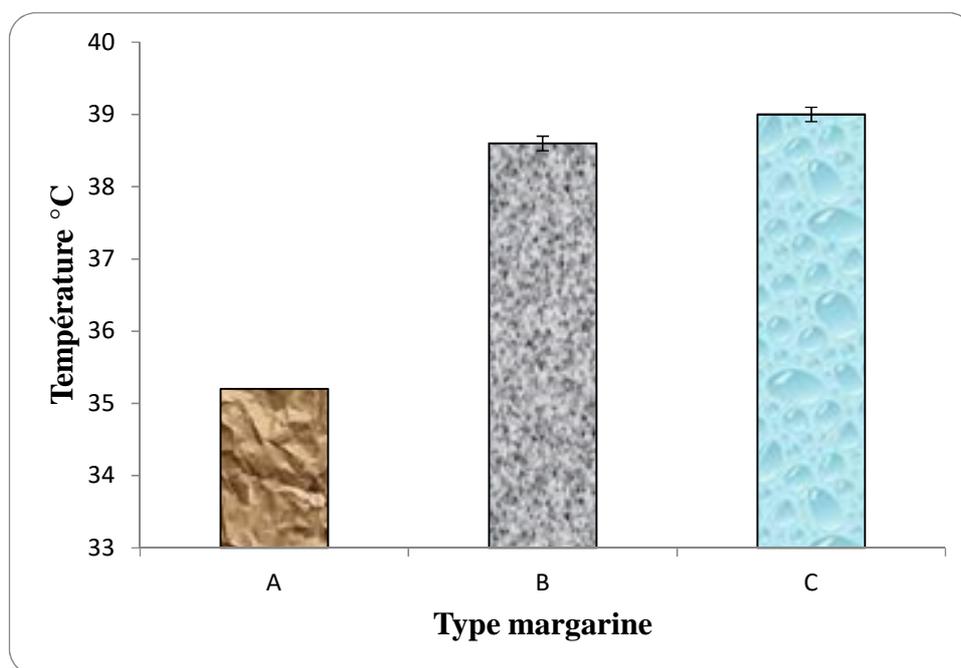


Figure 3 : Point de fusion de trois margarines étudiées.

Le point de fusion de la margarine doit être fixé de manière à ce qu'elle soit facilement fondante dans la bouche mais aussi plastique à température ambiante pour supporter le travail mécanique lors de la tartinabilité. A titre comparatif, les valeurs obtenues pour la margarine A est conforme aux normes d'entreprise (33-37°C), à l'exception des margarines B et C qui dépassent la température 37°C respectivement. Ces deux points de fusion élevée sont du probablement à leur composition en huiles ou aux additifs additionnés.

D'après (Cheftel et Cheftel, 1977), le point de fusion dépend de plusieurs paramètres attribués à la structure des triglycérides, ces paramètres sont :

- Longueur de la chaîne carbonée

- le point de fusion croit avec la longueur de chaîne carbonée.
- Nombre de doubles liaisons : les AG saturés ont un point de fusion élevé que les AG insaturés dont la chaîne carbonée est de même longueur (Norris, 2007).
- Forme géométrique : le point de fusion des formes cis est plus bas que celui des formes trans (Morin, 2008).

I.1.2. Teneur en eau (Humidité)

Les résultats du taux d'humidité de trois margarines tartinables sont illustrés dans la figure 4.

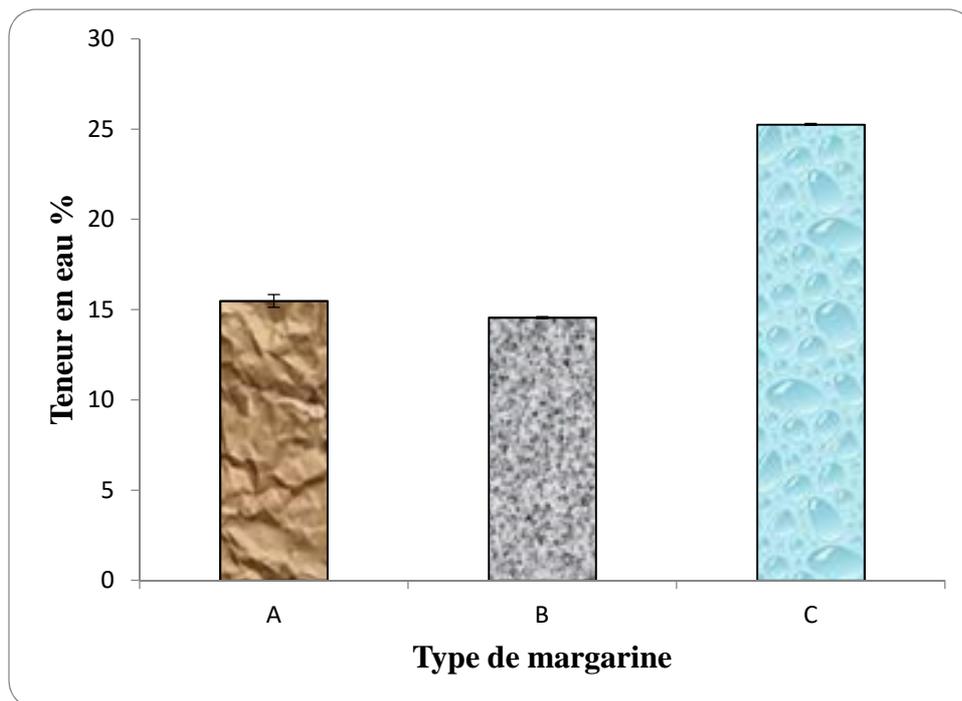


Figure 4 : Taux d'humidité des margarines étudiées

D'après les résultats nous remarquons que la teneur en eau (humidité) des deux margarines A, B sont conformes à la norme (ISO 662, 1998). dont la teneur en eau est fixée au maximum à 18%. Contrairement à la margarine C, cette dernière dépasse la norme, ceci est probablement dû à un mauvais dosage de la phase aqueuse au cours de la fabrication, ou un matériel de dosage industriel défaillant donc, c'est une conséquence de non-respect des paramètres technologiques de production.

L'augmentation de la teneur en eau favorise le développement des microorganismes, l'hydrolyse enzymatique et l'oxydation de la margarine. La diminution de la teneur en eau influence sur l'homogénéité de la margarine c'est à dire la bonne dispersion de l'eau dans la phase grasse.

I.1.3. Détermination du pH de la phase aqueuse

Le pH de la phase aqueuse de trois margarines est illustré dans la figure 5 :

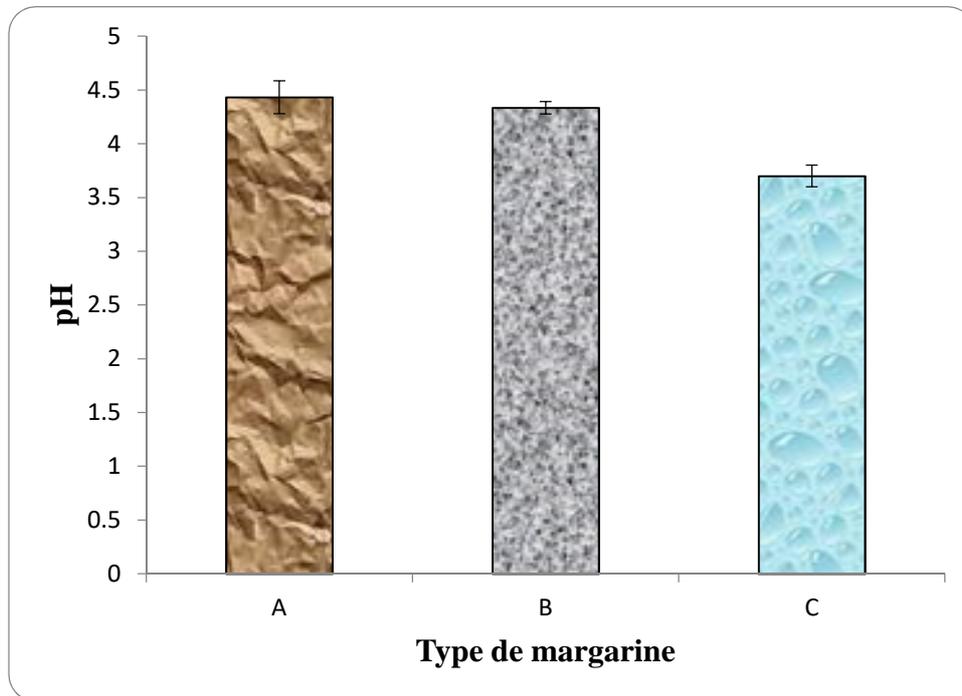


Figure 5 : pH des différents types de margarines.

D'après les résultats de la figure 5, nous remarquons que le pH de la phase aqueuse des deux margarines A, B sont proche et compris entre les deux valeurs (4 et 5,5) préconisées par **Karleskind et Wolff. (1992)** ce qui nous renseigne sur la bonne fraîcheur de deux margarines. Ceci traduit le bon suivi du pH lors de la production, Contrairement à la valeur obtenue pour la margarine C. Cette dernière est inférieure à la norme (4 et 5.5), ce qui favorise des contaminations notamment des germes d'altération lipolytiques (Champignons), cela peut être du à divers facteurs : utilisation d'une eau de grande dureté, mauvaise correction du pH.

I.1.4. Détermination du taux de solide par RMN (SFC)

Les résultats des SFC de trois margarines tartinables étudiées sont présentés en figure 6.

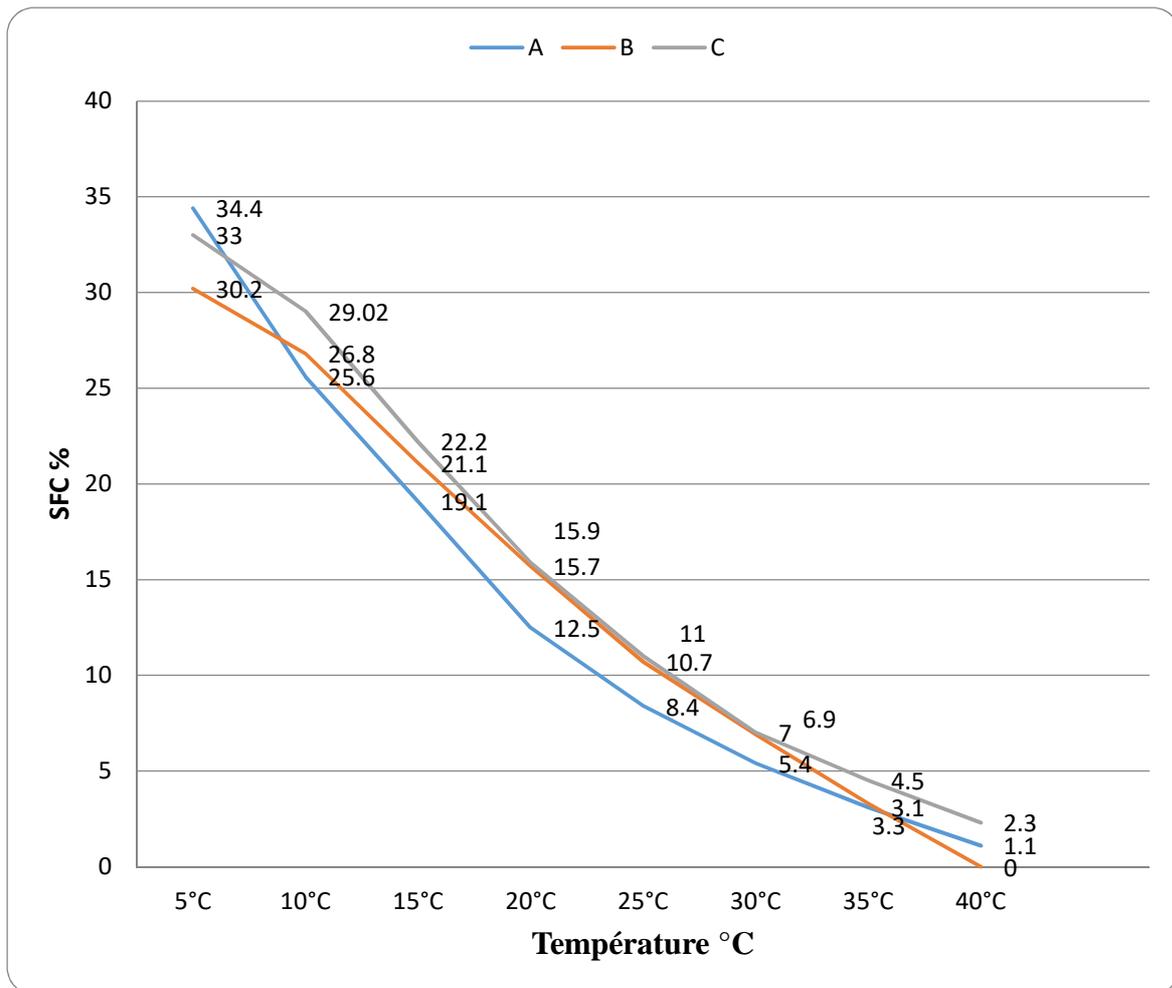


Figure 6 : Taux de solides (SFC) des deux margarines étudiées.

L'information tirée à partir des courbes du taux de solide, permet de prévoir la compatibilité du corps gras, ainsi que les caractéristiques finales du produit. Les taux de solides à diverses températures fournissent de bonnes indications du comportement général du corps gras, information utilisée avant tout pour la formulation et le développement de nouveaux produits. En fait, à chaque type de margarine (cuisine, à tartiner, crémage, feuilletage) correspond un type de courbe de solide déterminé (**Karleskind et Wolff, 1992 ; Ribeiro et al., 2009**).

D'après l'allure des courbes de la figure 6, nous observons que la diminution du taux de solide est proportionnelle à l'augmentation de températures. Le taux de solide est presque nul à 37°C ce qui indique que les trois margarines fondent facilement dans la bouche. À titre comparatif :

✓ La margarine A montre les valeurs les plus faibles en SFC, ceci explique que cette margarine présente une excellente texture fondante dans la bouche et une meilleure facilité à tartiner.

✓ Les valeurs élevées en SFC qui caractérisent la margarine C expliquent qu'elle a une texture dure et cassante, reflétant ainsi la richesse des huiles destinées à la fabrication de cette margarine en AGS.

✓ Le SFC de margarine B est moins élevée que la margarine C ; Ceci s'explique par le fait que la margarine B contient moins d'acides gras saturés par rapport à la margarine C.

Enfin, les courbes de solides se rapprochent toutes à 40°C, température à laquelle la teneur en solide est presque nulle, avec le classement suivant : SFC C > SFC B > SFC A.

Ces valeurs se rapprochent aux SFC des 15 margarines à tartiner turques mesurées par (Karabulut et Turan, 2006). Qui s'annulent à la même température (40°C).

I.1.5. Teneur en chlorure de sodium

Les résultats de la teneur en sel de trois margarines ; tartinables sont illustrés dans la figure 7.

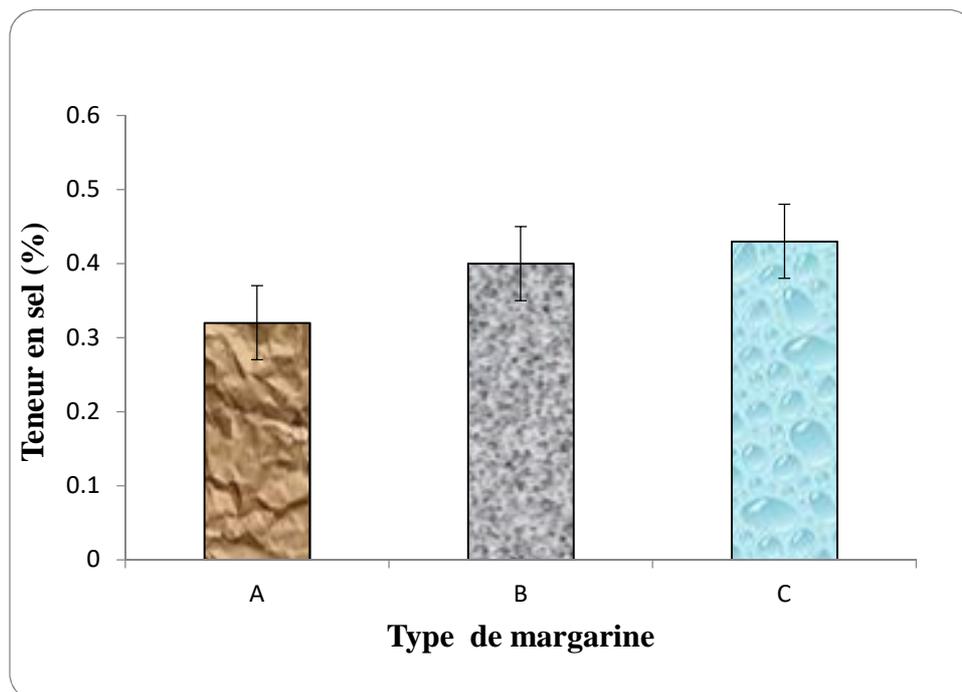


Figure 7 : Teneur en sel des différents margarines analysées.

Par rapport à la norme (0,1% à 0,4) du codex Alimentarius, les résultats sont conformes, à l'exception de margarine C qui présente un taux de sel (0,43%) supérieur à la norme, ce qui est probablement dû à un matériel de dosage industriel défaillant, ou à un mauvais dosage du sel dans la phase aqueuse.

D'après (**Karleskind et Wolff, 1992**). L'addition du sel à la margarine a pour but d'améliorer la sapidité et de jouer un rôle de conservateur, ce qui permet le prolongement de la durée de conservation.

I.1.6. Indice de peroxyde

Les résultats d'analyse de l'indice de peroxyde (IP) des deux margarines sont illustrés dans la figure 8.

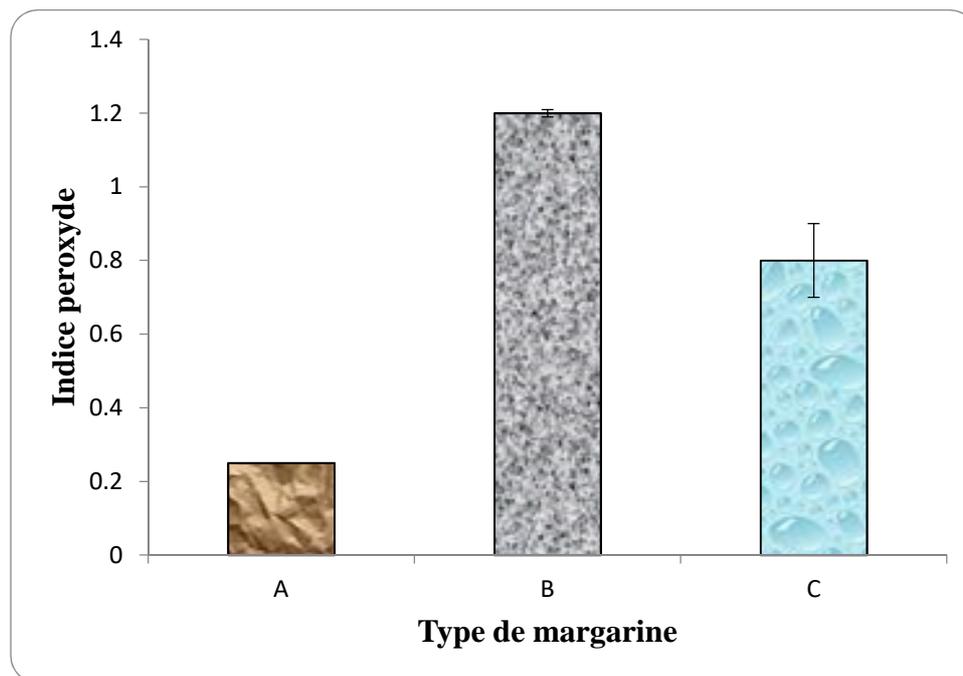


Figure 8: Indice de peroxydes des différentes margarines.

Les premiers produits formés par l'oxydation sont les peroxydes et les hydroperoxydes. Ces derniers évoluent vers des structures plus stables, produits volatils et produits non volatils (**Rahmani, 2007**).

L'indice de peroxyde est un critère très utile d'une sensibilité satisfaisante pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative (**Karleskind et Wolff, 1992**).

D'après la figure 8, nous remarquons que les trois valeurs d'IP sont nettement inférieures au seuil supérieur de la norme (<10 meq.g d'O₂/kg). A titre comparatif, la margarine A présente un indice de peroxyde le plus faible que les deux margarines résistent mieux à l'oxydation.

I.2. Résultats de la composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Les résultats de l'analyse chromatographique des acides gras constituant les margarines étudiées sont résumés dans le tableau III.

Tableau III: Composition moyenne en acides gras totaux (en%) des différentes margarines :

Acides gras	Pourcentage des acides gras des différentes margarines(%)		
	A	B	C
C6 :0	1,9	1,57	1,62
C8 :0	1,14	-	-
C10 :0	0,93	-	-
C12:0	7,45	-	-
C14 :0	3,42	0,94	0,26
C16 :0	22,85	15,23	15,55
C16 :1	-	-	0,17
C18 :0	4,11	7,51	7,58
C18 :1t	-	6,39	4,34
C18 :1	26,44	24,4	25,88
C18 :2t	-	2,53	2,66
C18 :2	31,75	36,73	37,18
C18 :3t	-	0,44	0,19
C18 :3	-	3,15	3,30
C20 :0	-	0,35	1,27
C20 :1	-	0,68	-
Total AGS%	41,81	25,6	26,28
Total AGT	Traces	9,37	7,19
Total AGMI	26,44	25,12	26,05
Total AGPI	31,75	39,88	40,48
$\omega 6/\omega 3$	0	11,66	11,26
AGI/AGS	1,39	2,54	2,53

Selon le plan quantitative et d'après le tableau (III) on remarque que la plupart des acides gras identifiées sont à longue chaîne (palmitique, stéarique, linoléique, et linoléique) qu'on retrouve dans les huiles végétales, la présence d'acides gras à courtes chaînes (AGCC) et à moyenne chaîne (AGMC) dans les trois margarines peut être reliée à l'origine de la matière première utilisée dans la fabrication de ces margarines : coprah, palme, soja, tournesol (Ferland, 2003 ; Lecerf, 2008).

Les acides gras trans sont représentés par l'**acide élaidique** (C18 :1 trans), l'**acide Méthyl linoelaidate** (C18 :2 trans) et (C18 :3 trans) dans les margarines B et C et sous forme de trace dans la margarine A.

On remarque que les acides palmitique (C16 :0), oléique (C18 :1), et linoléique (C18 :2) constituant le plus grand pourcentage de la composition en acides gras dans différents types de margarines.

Les margarines A, B, et C contiennent une forte teneur en acide linoléique. Cette teneur élevée est due à l'utilisation d'huile de tournesol et de soja connus par leur forte proportion en (C18 : 2).

Le rapport ω_6/ω_3 des trois margarines (B et C) est supérieur à la valeur recommandée par **(Martin, 2000)**.

Le rapport AGI/AGS est supérieur à celui trouvé par **(ElKhaloui, 1998)**. Qui varie de 0.3 à 0.9%.

La présence d'acide gras trans

Les AGT sont plus en plus indésirables dans les produits alimentaires, surtout dans les produits de grande consommation à titre d'exemple : les margarines **(Brisson, 1982)**. Nos margarines contiennent des AGT principalement C18 : 1 trans, C18 : 2 trans et C18 : 3 trans.

La teneur en AGT des margarines B et C sont 9,37% et 7,19%, dont l'acide élaidique est majoritaires dans les deux. Alors que la margarine A ne présente que des traces en AGT (0,02%). Ces deux valeurs relevées pour la B et la C peuvent s'expliquer par l'utilisation des huiles végétales hydrogénées qui renferment des taux d'AGT relativement élevée. La teneur en AGT des margarines B et C sont proches des intervalles des valeurs trouvées par **(Karabulut et Turan, 2006)** : 0.4 à 8.5%.

L'absence d'AGT dans la margarine A montre que cette dernière ne comporte pas de matières grasses hydrogénées, ce qui explique aussi l'utilisation de procédé industrielle moderne telle que l'interstérification pour la fabrication de cette margarine tartinable.

I.3. Les analyses organoleptiques

Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de physicochimie et les résultats sont résumés dans le Tableau IV :

Tableau IV : Résultats des analyses organoleptique effectuées sur les margarines analysées.

	Margarines		
	A	B	C
Date de production	04/01/2017	22/01/2017	22/01/2017
Date de péremption	03/01/2018	23/01/2018	22/01/2018
Numéro de lot	6134568792478	6134687921015	6134965301247
Poids en (g)	500	500	500
Texture	Bonne fondante et légère	Bonne et fondante	Dûre et cassante
Goût et odeur	Caractéristique au produit	Rance	Caractéristique au produit
Couleur	Crème jaunâtre	Jaunâtre	Jaune orangé

D'après (Cansell, 2005), l'influence de plusieurs paramètre tel que le taux de l'émulsifiant utilisée, le mode de cristallisation de la margarine, le type de huile ou graisse utilisée ; ainsi que la température de conditionnement

D'après les résultats du tableau IV, la texture des deux margarines A et B est bonne fondante et tartinable résultant d'une bonne cristallisation et au bon procédé de fabrication ; ceci explique leur valeurs les plus faibles en SFC. En revanche, la margarine C présente une texture dure et cassante, due probablement à sa teneur élevée en eau (25,25%).

La margarine A et C ont un goût et odeur caractéristique du produit, par contre la margarine B, ce qui dû à l'oxydation de notre échantillon et libération des composé volatiles responsable de rancissement.

Chaque margarine présente une couleur qui la caractérise. Cela est probablement dû à l'utilisation de quantités adéquates de Béta carotène pour la margarine A et B ; par rapport à la margarine C qui a une couleur jaune orangé qui indique l'ajout d'une dose plus élevée de Béta carotène.

Conclusion

Conclusion et perspectives

Afin de satisfaire les exigences du consommateur qui ne cessent d'augmenter, il est devenu primordiale à toute industrie agroalimentaire ayant comme objectif de conquérir le marché et de fidéliser le consommateur à ces produits, de chercher de nouveaux produits et améliorer leur qualité.

La chasse aux AGT à travers le monde est entrain de ce mettre en place en diminuant l'utilisation du procédé d'hydrogénation et en utilisant d'autres méthodes qui sont actuellement disponibles (Intérestérification).

Notre travail a pour objectif de comparer les caractéristiques physicochimiques, organoleptiques et surtout de quantifier les acides gras trans susceptibles d'être présents dans trois margarines de table en barquettes (codée A, B, C) les plus consommées localement.

Les résultats physicochimiques montrent que le point de fusion de la margarine (A), le taux d'humidité de la margarine (C) dépassent largement les normes. Cette dernière également présente un taux de sel dépassant les normes. Le taux de solide pour toutes les margarines analysées est proche de la norme. L'indice de peroxyde pour les trois margarines analysées est aussi conforme aux normes.

Les analyses organoleptiques (hédonique et sensorielle) des margarines analysées montrent que la margarine B présent une légère odeur rance par rapport aux deux autres. Une couleur jaune orangé et une texture dure et cassante pour la margarine (C).

L'analyse Chromatographie (CPG) nous a permis de mettre en évidence la richesse des deux margarines B et C en AGI et une teneur considérable en AGS de la margarine A.

Les résultats révèlent la présence des acides gras trans au niveau des margarines B et C (9,37 et 7,19% respectivement) par comparaison à la margarine A. Ces valeurs confirment que les margarines B et C sont fabriquées à base d'huiles hydrogénées, l'exception de la margarine A qui serait fabriquée à base d'huiles interestérifiées.

Des solutions technologiques alternatives à l'hydrogénation des huiles telles que l'interesterification doivent être généralisées au niveau national.

Dans la perspective de poursuivre et d'approfondir ce travail, il serait intéressant :

- D'évaluer la résistance à l'oxydation par le test d'oxydation accéléré « Rancimat » des margarines étudiées.
- D'élargir l'étude pour d'autres margarines les plus consommées au niveau national.

***Références
Bibliographiques***

Références Bibliographiques

- ❖ Adhikari P., Zhu X-M., Gautam A., Shin J-A., Hu J-N., Lee J-H., Akoh C-C. et Lee K-T. (2010). Scaled – up production of zero trans margarine fat using pine nut oil and palm stearin. *Food Chemistry*. 119: 1332-1338.
- ❖ AFSSA (Agence Française De Sécurité Sanitaire Des Aliments). (2005). Risques et bénéfices pour la santé des acides gras trans apportés par les aliments, pp 15-119.
- ❖ Alias C. et Linden G. (1997). Corps gras in : biochimie alimentaire. Masson, Paris. ISBN : 2-225-808880-5. pp202-207.
- ❖ Alais C., Linden G. et Miclo L. (2003). Biochimie alimentaire. Ed : 5. Dunod, 245: pp51-71.
- ❖ Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). (2011). Actualisation des Apports nutritionnels Conseillés pour les acides gras : Rapport d'expertise collective, pp 16-43).
- ❖ Bansal G., Zhou W. Tan T-W., Neo F-L. et Lo H-L. (2009). Analysis of trans fatty acids in deep frying oils by three different approaches. *Food Chemistry*, 116 :535-541.
- ❖ Becker L, Bendouma M, Bonnart A, Bousquiére M, Maison M, Mathieu R, Napoltano L, Obaadia E, Pelermo A et Thollet M. (2009). les additifs alimentaires. Le meilleur et le pire, 1-4.
- ❖ Bernier V et Daniel L. (2002). Consultations en nutrition : Les acides gras trans, attention gras transformés! Deuxième partie, pp 47-52.
- ❖ Berthoud L. et Real M. (2008). La margarine est elle une bonne alternative au beurre ?. *Haute école de santé* : 1-6.
- ❖ Bézard J. (2008). Données récentes sur les acides gras trans . *Académie d'Agriculture de France*. 94 (2) :1-2.
- ❖ Binz H-P. (2007). Acides gras trans dans l'alimentation : prise de position.
- ❖ Bishop-Mac Donald H. (2005). Les gras trans passés au tamis. *Le Forum des Spécialistes* :1-3.
- ❖ Brisson G. (1982). L'énigme des Acides Gras Trans in « Lipides et Nutrition Humaine ». Ed. Les presses de l'Université Laval. Ed. Masson. Canada, pp 55-58.
- ❖ Campbell S-J. (2005). Méthodes et moyens pour réduire ou éliminer les gras trans dans les aliments *Agriculture et Agroalimentaire CANADA* : 45p.
- ❖ Cansell M. (2005). Impact de la cristallisation des corps gras sur les propriétés des produits.

- ❖ Champetier G. (1956). les industries des corps gras, chap.4 : la margarine. Ed. Tec et Doc., Lavoisier, Paris. PP.283-291.
- ❖ Chardigny J-M. (2009). Les acides gras trans d'origine naturelle ne modifient pas le risque cardiovasculaire. Revue Laitière Française.(688) : 14-19.
- ❖ Cheftel J.C et Cheftel, Henri. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume I .Ed : Tec et Doc Lavoisier, (1977). p (246-264). ISBN : 2-85206-827-3.
- ❖ Conway L.F. (1954). A Brief History of Production Methods Used in the Margarine Industry. The Journal Of The American Oil Chemists' Society. 31: 30-33.
- ❖ Cossut J., Defrenne B., Desmedt C., Ferroul S., Garnet S., Humbert S., Roelstraete L., Vanuxeem, M. et Vidal D. (2002). Les corps gras : entre tradition et modernité. Lille, Université des Sciences et Technologies de Lille. 140 p.
- ❖ DiFrancesco, L. (2006).Comment réduire ou éliminer les gras trans dans les aliments au menu Canadain Restaurant and Food services Association : 1-15.
- ❖ El Khaloui M. (1998).Qualité physico-chimique de margarines produite au Maroc. Oléagineux, Corps Gras, Lipide. 5(4) : 318-322.
- ❖ Eustache I. (2009). Overdose de sel dans l'alimentation in agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa). Rapport et recommandation. P 2.
- ❖ Faur L. (1992). Technologie des margarines, in : manuel des corps gras. Tec & doc, Lavoisier, Paris. Tome 2. ISBN : 285206 662 9. p 290-297.
- ❖ Faur L. (1996). Margarine technology Oils and fats manuel. Ed. Lavoisier Publishing, Parise PP. 938-989.
- ❖ Faur L. et Madsen, J..(2002). In «Additifs et auxiliaire de fabrication dans les industries agroalimentaire », chap.27 : industries des corps gras Ed.Tec et Doc., Lavoisier, Paris. PP.654-648.
- ❖ Ferland G. (2003). Les macronutriments. In « Alimentation et vieillissement ». Les presses de L'université de Montréal, Canada. 2-7606-1851-X.) finis. OCL 2005 ; 12 : 427-31.
- ❖ Foster R., Williamson C.S. et Lunn J. (2009). Culinary oils and their health effects. British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin. 34: 4-47.
- ❖ François R. (1974). Les industries des corps gras : biochimie, extraction, raffinage ; nuisances et réglementation. Tec & Doc- Lavoisier. Paris, pp59-288.
- ❖ Genot C., Meynier A. et Riaublanc A. (2003). Lipid oxidation in emulsions. In: Kamal- Eldin, Ed. Lipid oxidation pathways. Champaign : AOCS Press, 190-234.
- ❖ Graille J. (2003). Lipides et corps gras alimentaires .Tec et Doc, Lavoisier, Paris. ISSN : 0243-5624. ISBN : 2-7430-0594-7. p1-183.

- ❖ Hill M. (2004). Product and Process Design for Structured Products. *AIChE Journal*. 50 (8) : 1656-1661.
- ❖ Holm H.C. et Cowan D. (2008). The evolution of enzymatic interesterification in the oils and fats industry. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 110 : 679-691.
- ❖ ISO Norme Internationale. (1995). Méthode ISO 8292:1995 (F). Corps gras d'origines animale et végétale – détermination de la teneur en corps gras solides par la méthode de la résonance magnétique nucléaire pulsée. Ed : 2.
- ❖ ISO 662. (1998). Corps Gras d'Origine Animale et Végétale-Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles. (2), pp 1-7.
- ❖ ISO Norme Internationale. (2007). Méthode ISO 3690 :2007. Corps gras d'origine animale et végétale – Détermination de l'indice de peroxyde – Détermination avec point d'arrêt iodométrique, pp 1-10.
- ❖ Journal Officiel de la République Française.(2005). Arrêté du 15 septembre numéro 219.Texte numéro 3 : 15-143.
- ❖ Kandhero A. (2008). Quantification of fatty acid profile including Trans fatty acid in the locally manufactures margarines of Pakistain. *Food Chmistry*. 19 : 55-58.
- ❖ Kandhro A.,Sherazi S-T-H., Mahesar S-A., Younis-Talpur M. et Rauf A. (2008). Qauntification of fatty acid prfile including trans fatty acids in the locally manufactured margarines of Pakistan. *Food Chemistry*.109 :207-2011.
- ❖ Karabulut I et Turan S. (2006). Some properties of margarines and shortenings marketed in Turkey. *Journal of food Composition and Analysis* 19, pp 55-58.
- ❖ Karleskind A.(1992).Manuel des corps gras. Tome 2.Technique et documentation-lavoisier.P803-988.
- ❖ Karleskind A. (1992). Manuel des corps gras. Tome2. Lavoisier. Ed : Tec Et Doc. 1571-1578.
- ❖ Karleskind A. et Wolff J.P. (1992). Manuel des corps gras. Ed : Tech et Doc. 1579p.
- ❖ Kellens M. (1998). Etat des lieux et évaluation des procédés de modification des matières grasses par combinaison de l'hydrogénation, de l'interestérisation, et de fractionnement, 1ere partie. PP. 91-384.
- ❖ Kone Issa B. (2003). La margarine. Volume1. Edition : BETJ. Micouleau, pp 8-22.
- ❖ Lecerf J-M. (2008). Acides gras et maladies cardiovasculaire : de l'épidémiologie à la pratique clinique. Centre de Recherche et de l'information Nutritionnelle. (110) : 1-6.
- ❖ Lefrancq È. et Roudaut H.(2005). Alimentation thiorique Biosciences et techniques. Sciences des aliments. Edition : Doin, 303p.
- ❖ Luterotti S, Bicanic Det Pojzgjaj R. (2006). New simple spectrophometric assay of total

- Carotene in margarines. *Analytica Chimica Acta*, 466-473.
- ❖ Marangoni G.A. et Rousseau D.(1995). Engineering triacylglycérol: The rôle of interestérisation. *Trends in Food Science& Technology*. 6: 329-335.
 - ❖ Margaret A, Hamburg.FDA (Food and Drug Administration ou Agence américaine en charge de la sécurité alimentaire et des produits de santé) (2014).Limitation des acides gras industriels : un pas vers une alimentation plus saine, pp 1-4.
 - ❖ Martin A. (2000). Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris : Tec et Doc.
 - ❖ Mc Clements D. J. et Decker E. A. (2000). Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. *Journal of Food Science*, 65(8): 1270–1281.
 - ❖ Mohtadji- Lambalais C. (1989). Les aliments. Ed. Maloine, paris. 2-224-01889-4 : 86-200.
 - ❖ Morin O. (2005).Acides gras trans : récents développements. *Communication Scientifique et Technique*. Direction Développement Itegr. 12 (5-6) : 414-421.
 - ❖ Morin O. (2008). Huiles végétales, margarine et phases grasses industrielles : Les solutions Technologiques à la réduction des acides gras trans (AGT). Institut des corps Gras, Bordeaux, pp 1-32.
 - ❖ Morin O. et Pagés, X. (2002). In «Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires», chap.27 : industries des corps gras. Ed. Tec et Doc., Lavoisier, Paris. PP.645-648.
 - ❖ Norris S. (2007). Les acides gras trans : Le Fardeau Pour La Santé. Service d'information et de recherche parlementaires Canadien, pp1-10.
 - ❖ O'Brien R.D. (2009). *Fats and oils: formulating and processing for applications*. Ed: CRC Press, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton London New York.744p.
 - ❖ OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (2007). Prévention des maladies cardiovasculaires in : Guide de poche pour l'évaluation et la prise en charge du risque cardiovasculaire.Genève,pp 1-30.
 - ❖ Osório N. M., da Fonseca, M. M. R., and Ferreira-Dias, S. (2006). "Operational stability of *Thermomyces lanuginosa* lipase during interesterification of fat in continuous packed-bed reactors." *European journal of lipid science and technology*, 108 (7) , 545-553.
 - ❖ Ouellet A-M. (2005). Qu'est ce que les acides linoléiques conjugués (ALC) et comment peut-on augmenter leur contenu dans la viande de bœuf .Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation : 46-47.

- ❖ Pagès-Xatart-Parès X. (2008). "Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales)." Techniques de l'ingénieur, dossier F6070, 19.
- ❖ Pascal G.(2009). Les acides gras trans : Origine,impact santé,évolution de leur teneur dans les aliments en France au cours des dernières années.Institu Français pour la Nutrition.(3) 1-7.
- ❖ Rahmani M. (2007). Méthodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides.les technologies de laboratoire. 2 :18-21.
- ❖ Razanamahefa L. (2005).Risque et bénéfiques, pur la santé des acides gras trans apportés par les aliments : 17-83.
- ❖ Ribeiro A.P.B., Basso R.C., Grimaldi R., Gioielli L.A., dos Santos A.O., Cardoso L.P. et Guaraldo Gonçalves L.A. (2009). Influence of chemical interestérification on thermal behavior, microstructure, polymorphism and crystallization properties of canola oil and fully hydrogenated cottonseed oil blends. Food Research International. 42: 1153-1162.
- ❖ Ruegg P.(2007). Acides gras trans dans les produits alimentaires.Trans Swiss Pilot Studie :22-23.
- ❖ Sara Kronosky, Mary L, Nora L, Unederhill L, Vineault M, Samuel G et Ratnayake N. (2012).Evaluation des risques que comporte l'exposition aux gras trans au Canada, pp 1-17.
- ❖ Schmid A. (2007). Ne mettons pas tous les acides gras trans dans le même panier. Département Fédérale de L'économie : 1-9.
- ❖ Slattery M-L, Benson J, M-K-N, Schaffer D et Potter J-D. (2001). Trans fatty acide and colon Cancer. Nutrition Cancer39, pp170-175.
- ❖ Trémolieres J, Serville Y, R Jacquot. Manuel d'alimentation humaine. Les bases d'alimentations. Tome I. Ed : les éditions ESF 17, rue viète.75017 paris, 1980. 143, 144 p. ISBN : 2.7101.0067.3.
- ❖ Trémolieres J. (1980). Manuel d'alimentation humaine. Les bases d'alimentation. Tome I. Ed. 17, 143-144.
- ❖ Triantafillou D., Zografos, V., et Katsikas, H. (2003). "Fatty acid content of margarines in the Greek market (including trans-fatty acids): a contribution to improving consumers' information." International journal of food sciences and nutrition, 54(2), 135-141.
- ❖ Tsanev R., Russeva A., Rizov T.et Dontcheva I. (1998).Content of trans fatty acids in eddible margarines.Journal of the Amierican Oil Chemists'Society.75(2) :143-145.
- ❖ Van Duijn G. (2000). Technical aspects of trans reduction in margarines. Oléagineux, Corps gras Lipides (Oléagineux Corps gras Lipides), 7(1) ,95-98.
- ❖ Wollf J- P. (1968). Manuel d'analyse des corps gras ; Azoulay éditeur, Parise, 524p.

- ❖ Wollf R-L. (1994). Les isomères 18 :1 trans dans l'alimentation des Européens. Oléagineux, Corps Gras, Lipide. 1(3) :209-218.
- ❖ Willis W. M. et A. G. Marangoni. "Assessment of lipase- and chemically catalyzed lipid modification strategies for the production of structured lipids." J. Am. Oil Chem. Soc. 76(4): 443-350, (1999).
- ❖ Xavier Pagés-Xatart-Parés. (2012). Huiles et graisses végétales in «Technologies des corps gras».éditions techniques de l'Ingénieure, Paris- France, pp 1-19.

Annexes

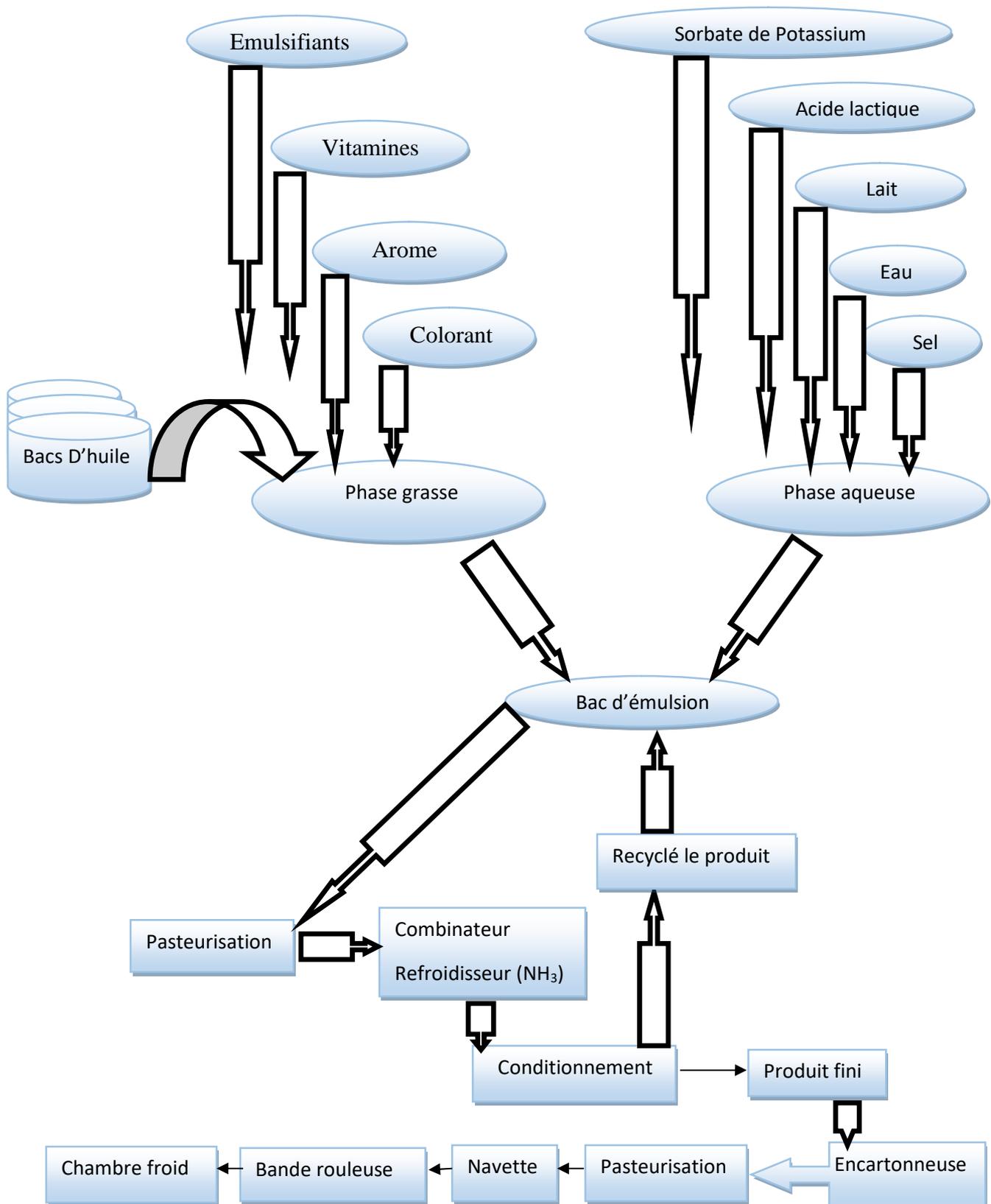


Figure 1 : Diagramme du processus de la fabrication et du conditionnement de la margarine Cevital.

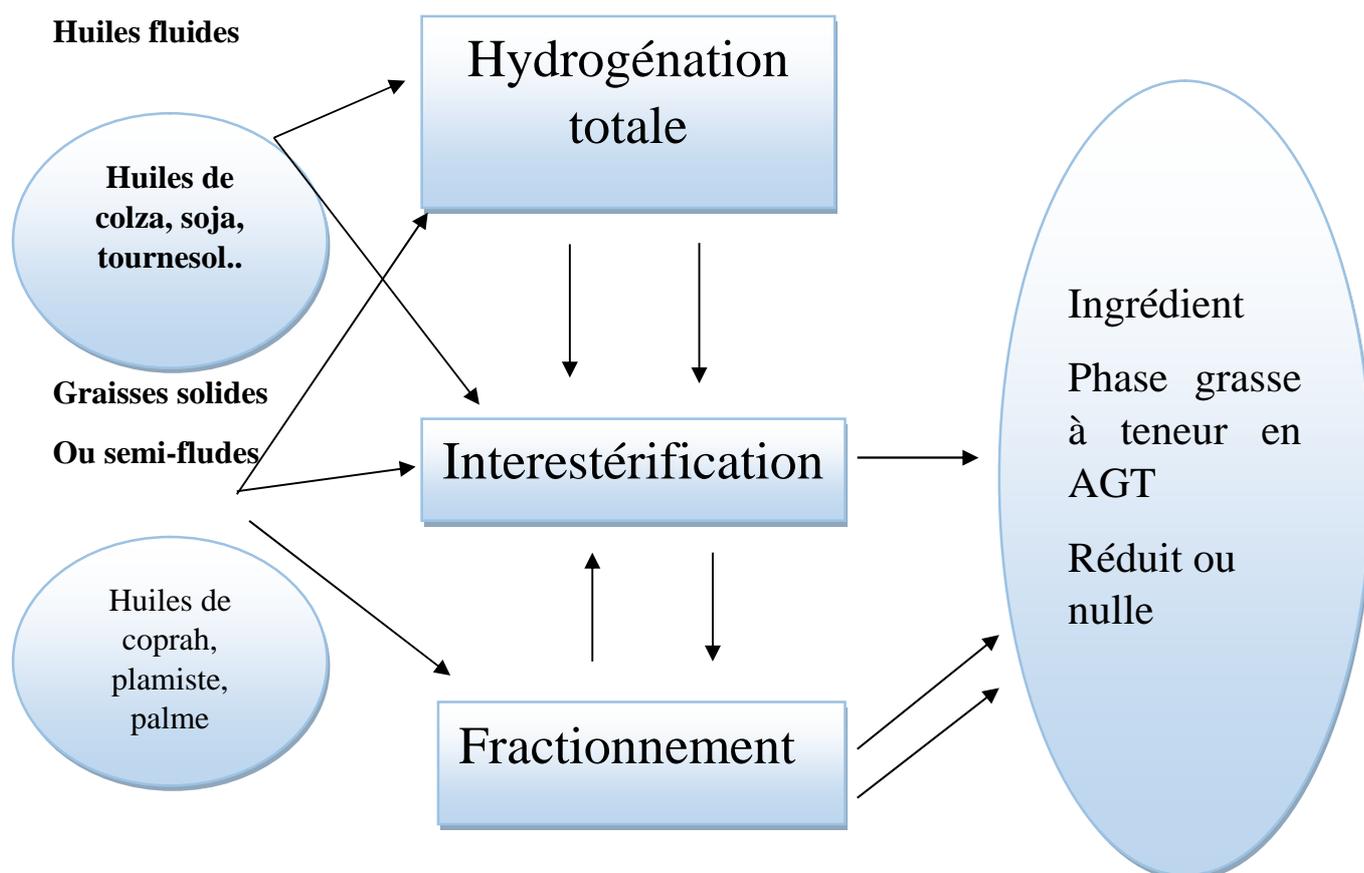


Figure 2 : Combinaisons de procédés générant peu ou pas d'AGT (Van Duijn, 2000).

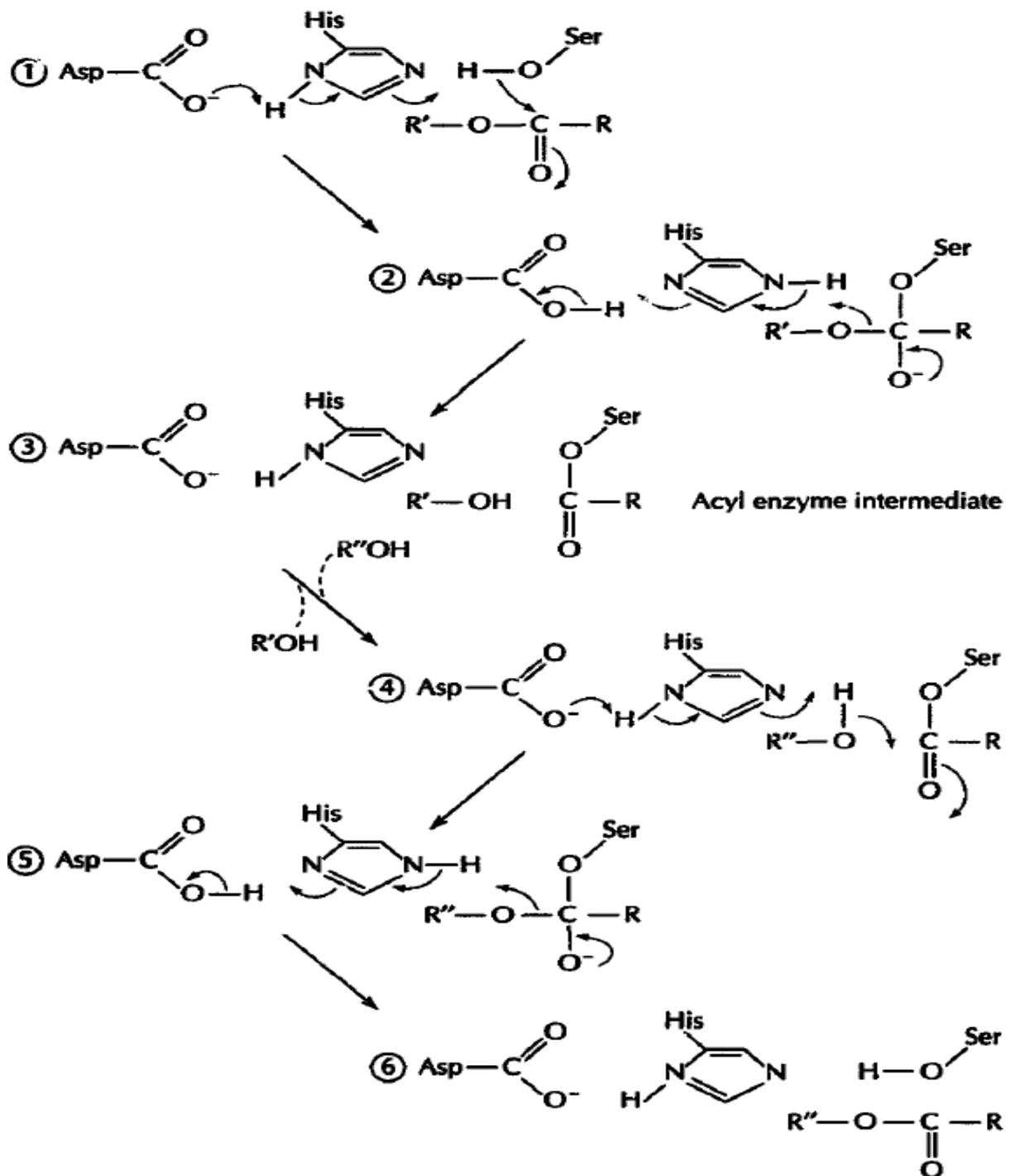


Figure 3: Le mécanisme catalytique de l'interestérification enzymatique par la lipase (Marangoni et Rousseau, 1995).

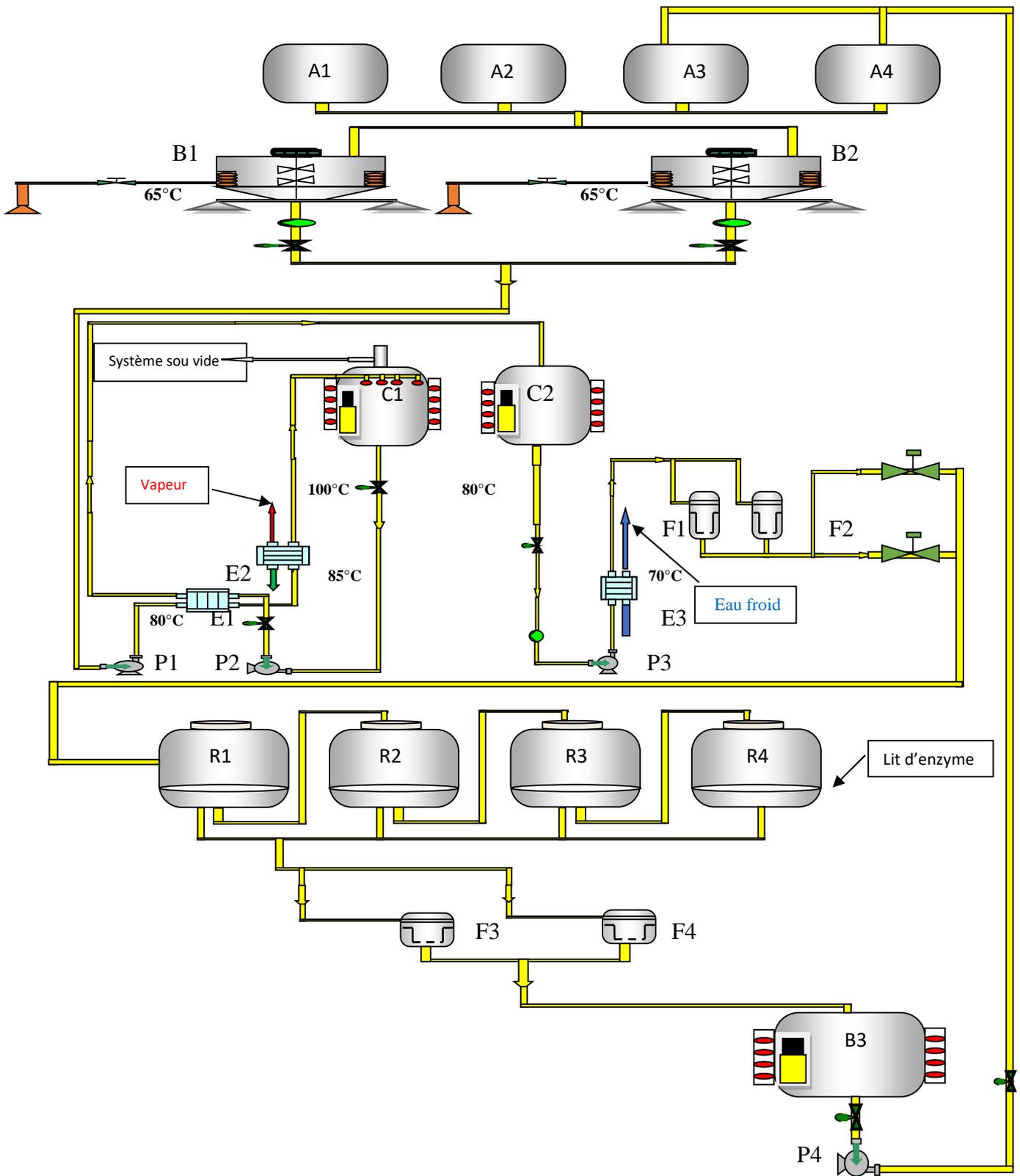


Figure 4 : Schéma de processus de l'intérestérisation des huiles destinées à la margarinerie au niveau de Cevital.

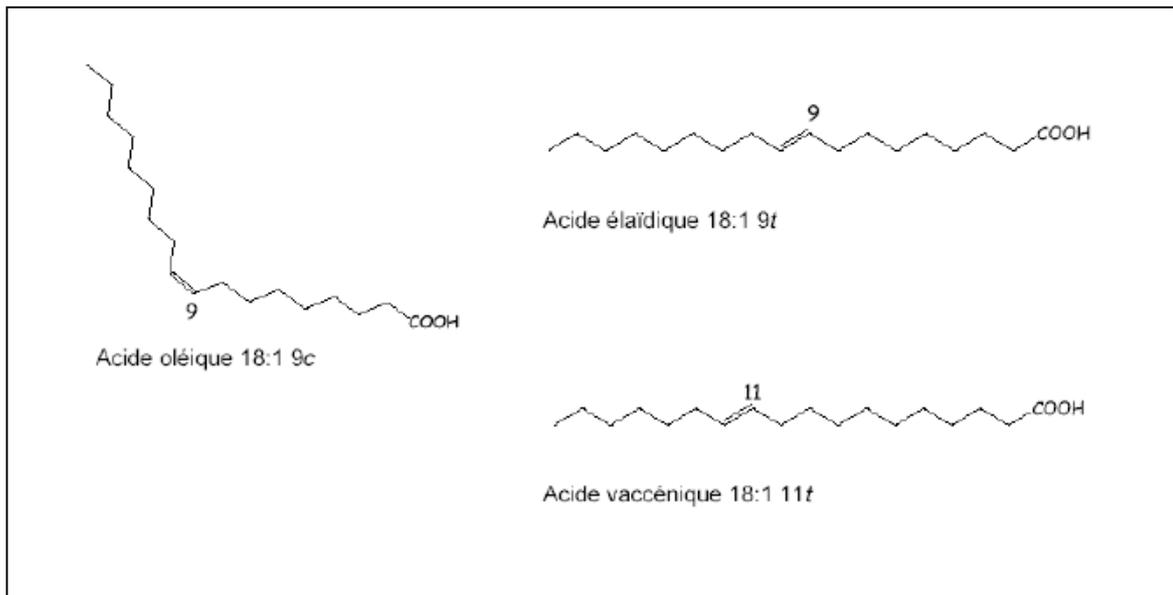


Figure 5 : Isomères géométriques et positionnels de l'acide oléique (Razanamahefa, 2005).

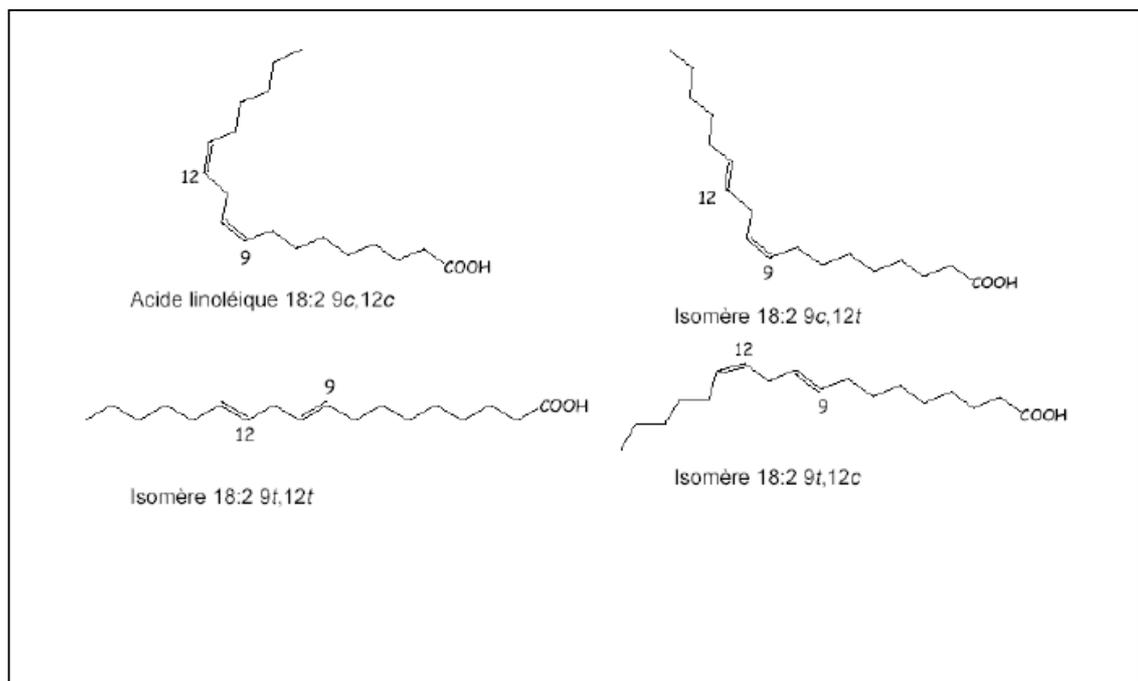


Figure 6: Isomères géométriques et positionnels de l'acide linoléique (Razanamahefa, 2005).

Tableau I: La composition des différentes margarines analysées (mentionnée dans l'emballage).

Margarines	Composition
A	Huiles et graisses végétale raffinée non hydrogéné (TS, soja, palme, et coprah), eau, lait écrémé, sel, additifs alimentaire : Mono et diglécirides végétale, lécithine de soja : émulsifiant (selon BPF) : acide lactique, acidifiant, sorbate de k ⁺ , conservateur (α tocophérols, antioxydants, colorants, vit (A D E), Béta carotène.
B	Huile végétales fluides (soja, Tournesol), huiles végétales hydrogénées, sel, Arome, beurre artificiel, vitamine AD ₃ , Additifs alimentaires : émulsifiant (SIN471, 322), Régulateur de l'acidité (SIN330), Agente de conservation (SIN200, 202), antioxydant (SIN307C), colorants (SIN160 a (i)).
C	Huiles et graisse végétales partiellement hydrogénés 82% ; eau ; les additifs alimentaires : sel ; émulsifiant : SIN 471(BPF) mono-et diglécirides d'acide gras ; colorant : Béta carotène SIN160a(i) (max200mg/kg) ; Arome ; correcteurs d'acidité : acides citrique SIN 330(BPF) ; conservateure : Sorbate de potassium SIN 202 (BPF) et les vitamines A D et E.

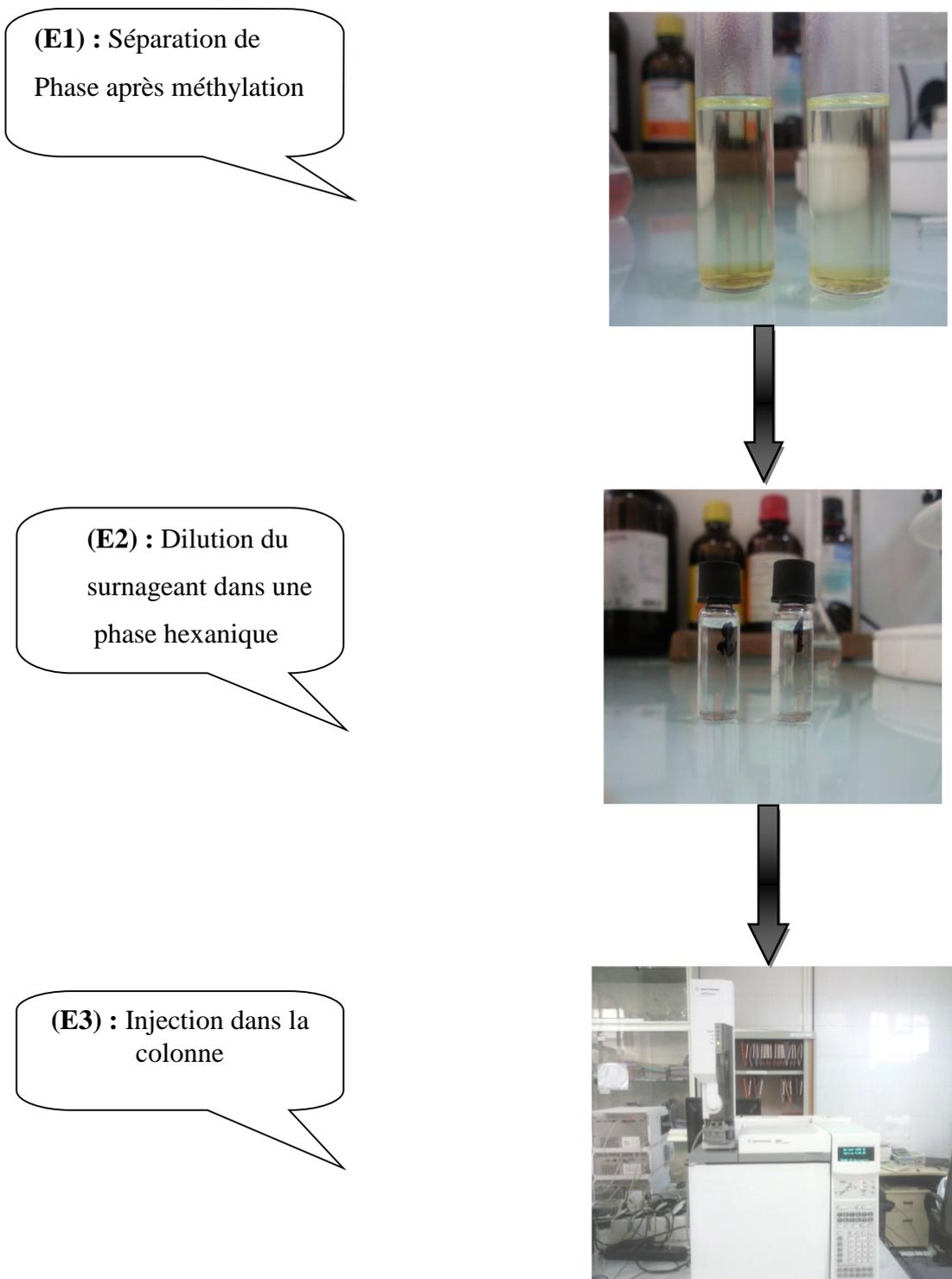


Figure 7 : Etapes de la préparation des échantillons pour l'analyse CPG.

Tableau II : Masse moléculaire et point de fusion des principaux acides gras.

Acide gras saturé	Masse moléculaire (Kda)	Point de fusion (°C)
C4 :0	butyrique	-7.9
C6 :0	caproïque	-3.4
C8 :0	caprylique	16.7
C10 :0	caprique	31.6
C12 :0	laurique	44.2
C14 :0	myristique	54.4
C16 :0	palmitique	62.9
C18 :0	stéarique	69.6
C20 :0	arachidique	75.4
C22 :0	béhénique	80.0
C24 :0	lignocérique	84.2
Insaturé		
C12 :1	laurooléique	- (1)
C14 :1	myristoléique	- (1)
C16 :1	palmitoléique	- (1)
C18 :1	oléique	- (1)
C20 :1	gadoléique	- (1)
C22 :1	érucique	- (1)
C24 :1	sélacholéique	- (1)
C18 :2	linoléique	- (1)
C18 :3	a-linolénique	- (1)
C20 :4	arachidonique	- (1)

-(1) Le point de fusion des acides gras insaturés varie de -50 à 30 °C

Tableau III : Résultats d'analyse physico-chimiques effectuée sur les Trois margarines

Echantillons	Humidité (%)	Teneur en sel(%)	IP (meq.gd'O2/Kg)	Point de fusion (°C)	PH
A	15.48	0.32+-	0.25	25.2	35.2
B	14.56	0.4+-	1.2	38.6	38.6
C	25.25	0.43+-	0.8	39	39

Tableau IV: Résultats des SFC des Trois margarines

T°C	SFC(%)		
	A	B	C
5	34.4	30.2	33
10	25.6	26.8	29.02
15	19.1	21.1	22.2
20	12.5	15.7	15.9
25	8.4	10.7	11
30	5.4	6.9	7
35	3.1	3.3	4.5
40	1.1	0	2.3

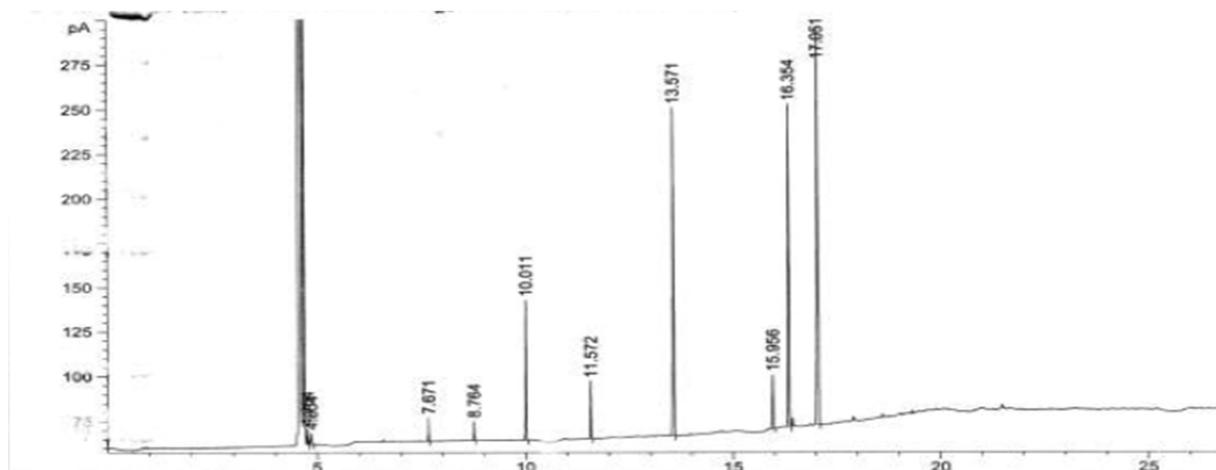


Figure 8 : Chromatogramme de l'échantillon A

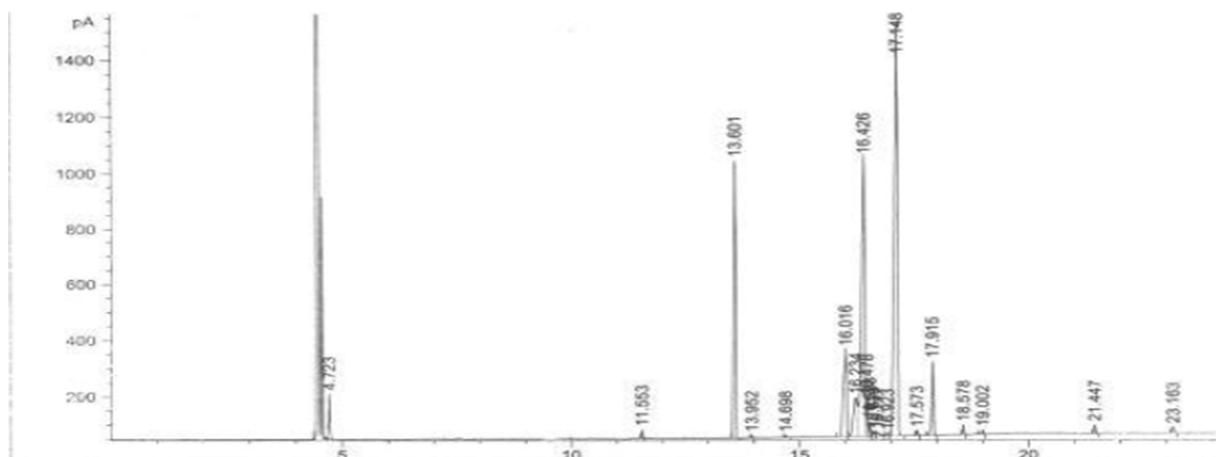


Figure 9 : Chromatogramme de l'échantillon B

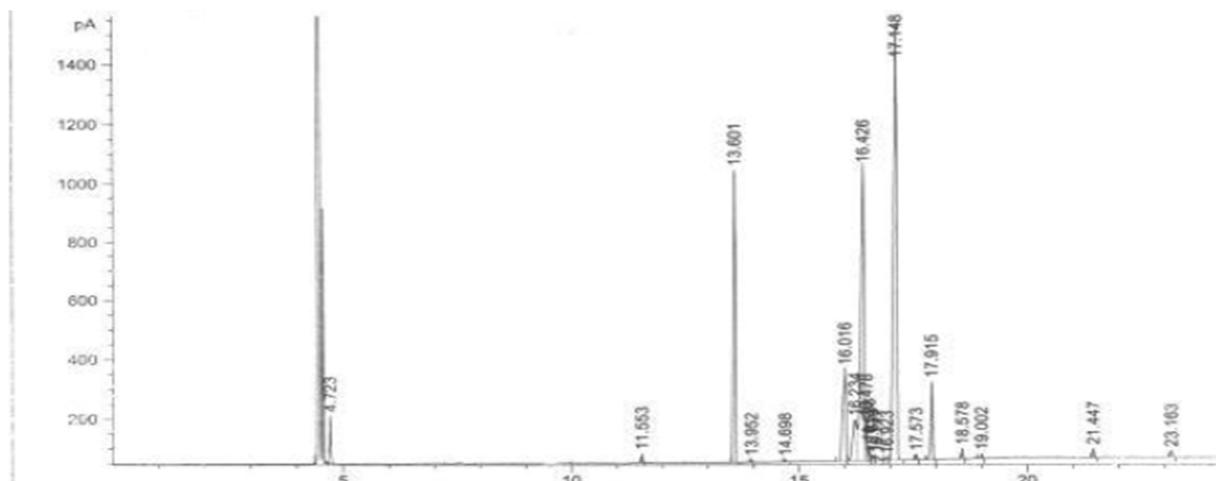


Figure 10 : Chromatogramme de l'échantillon C

Résumé

La margarine est un produit alimentaire, une émulsion de type eau dans l'huile, particulièrement hydrogénée ou interestérifiées, qui prouve la réussite humaine dans les progrès de la technologie agroalimentaire.

Notre travail a pour but de l'étude des caractéristiques physicochimiques, et la composition en acides gras trans de trois échantillons de margarines d'une fabrication locales.

Les résultats des analyses effectuées montrent que les caractéristiques physicochimiques varient d'un échantillon à l'autre, mais ils restent comparables avec les données bibliographiques

Les résultats organoleptiques différents d'une margarine à une autre en donnant à chacune sa propre caractéristique.

Parmi les trois échantillons de margarine analysée. deux échantillons présentant des teneurs en AGT élevées et qui dépassent largement le seuil (2%) de concentration limite recommandée par la réglementation en vigueur.

Mots clés : Margarine, Huile hydrogénée, Huile interestérifiée, Acides gras Trans.

Abstract

The margarine is food product, an emulsion of the type water in oil, particularly hydrogenated or Intersteficated which proves the human success in progress of agroalimentary technology.

The purpose of our work is of the physic-chemical characteristic and the composition in Trans fatty-acids of three local margarine samples of a manufacture. The results of the analyze canied out show that the physic-chemical characteristics vary from one char caterpillars from with the other, but they comparable remainder with the data biological; Organoleptic results different from a margarine to another by giving to each one its own characteristic.

Annonng the three analuze margarine samples. Two samples presenting of the contents of high TFA and which largely excced the threshold (2%) of limiting concentration recommended by the regulation in force.

Key.Words: Margarine, hydrogenated oil, Intersterified oil, TFA.