

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
مملكة تلي لاعدات حباوي ملعا ةرازو

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

En vue de l'obtention du diplôme

De MASTER en GENIE DES PROCEDES

Option : Qualité et conservation des aliments

THEME

**Modélisation des processus d'amélioration par la
méthode des plans d'expériences d'une
margarine de table enrichie par des extraits des
plantes médicinales**

Soutenu le : 12 Juillet 2017

par : BOUNOUA Hassina
TABOUKOUYOUT Nour elhouda

Devant les jurys de soutenance :

Présidente	: M ^{me} LARID R.	MAA (UMBB)
Promotrice	: M ^{me} LECHEB F.	MCB (UMBB)
Examinatrices	: M ^{me} BOUGHERARA S.	MCB (UMBB)
	: M ^{me} SMAILI	MAA (UMBB)

Promotion 2016/2017

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Avant de présenter ce mémoire, je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.

Nos remerciements vont également à nos parents pour tous les sacrifices qu'ils ont fait pour nous permettre de suivre nos études dans les meilleures conditions possibles.

Nos sentiments de reconnaissance vont en premier lieu à l'endroit de notre promotrice, Mme LACHEHAB, qu'on remercie chaleureusement pour sa gentillesse, son écoute et sa disponibilité, de nous avoir guidés et bien orienté tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Veillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines. Ce travail est pour nous l'occasion de vous témoigner notre profonde gratitude et le plus grand respect.

Au chef de service du laboratoire de l'unité de LABELLE qui nous a ouvert les portes de son laboratoire et nous a toujours réservé le meilleur accueil, malgré ses obligations professionnelles.

Au chef département de Génie alimentaire Monsieur BEN AKMOUM qui sans lui cette spécialité n'aurait jamais vu le jour, tout en lui exprimant notre gratitude pour tous ces sacrifices.

A tous nos Enseignants pour leurs contributions à notre formation.

Et Je tiens à exprimer mes remerciements aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer notre travail.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amies et collègues surtout MQCA 15 qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche

Nos profonds remerciements sont adressés à tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à l'aboutissement de ce travail.



Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire :

*A mes chers parents **saidet yamina**, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresses, leurs soutiens et leurs prières tout au long de mes études : je veux dire qu'aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous*

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

Puisse Dieu, le tout puissant, Vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

*A mes très chers frères **samiet amine**, pour leurs appuis et leurs encouragements.
Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.
Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.*

*A tous les membres de ma famille, petits et grands, surtout mes cousines.
À tous mes amis et collègues qui sont comme des sœurs pour moi .*

À tous les étudiants de MQCA₁₅. A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

NOUREL HOUDA



DÉDICACES

Je tiens à dédier ce mémoire :

A mes chers parents mohamed et baya, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresses, leurs soutiens et leurs prières tout au long de mes études : je veux dire qu'aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

Puisse Dieu, le tout puissant, Vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

Mon chère marie ISSAM A mon très chers frère sidali, et mes soeurshadia et ikram et ma belle famille pour leurs appuis et leurs encouragements.

Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

A tous les membres de ma famille, petits et grands, surtout mes cousines.

A tous mes amis et collègues qui sont comme des sœurs pour moi.

A tous les étudiants de MQCA₁₅. A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

HASSINA

Liste des abréviations

E : Ephedraalataalenda (*Ephedraalata*)

EA : Extrait Aqueux

EHA:ExtraitHydroalcoolique

F : Feuille d'olive (l'oléastre)

R : Romarin (*Romarinusofficinalis* L.)

TS : taux de sel

VC : Valeur codée

VR: Valeur réaelle

BHT : butyl hydroxy toluéne

BHA : butyl hydroxy anysol

Liste des figures

Figure 1 :	Diagramme de fabrication de la margarine	11
Figure 2 :	feuilled'olive.....	12
Figure 3 :	Romarin (<i>Rosmarinusofficinalis L</i>)	15
Figure 4 :	<i>Ephedra alata</i>	17
Figure 5 :	Diagramme de préparation des extraits des plantes étudiées)	24
Figure 6 :	Diagramme de l'incorporation de la margarine par les déférentes extraites .	26
Figure 7 :	Graphique des effets principaux de A (%) des EA	38
Figure 8 :	Graphique des effets principaux de TS (%) des EA	39
Figure 9 :	Graphique des effets principaux de TS (%) des EHA.....	39
Figure 10 :	Graphique des effets principaux de A (%) des EHA.....	.40
Figure 11 :	Graphique des effets principaux de A (%) des (EA).....	42
Figure 12 :	Graphique de contour de TS(%) des extraits (EA)43
Figure 13 :	Graphique de contour de TS(%) des extraits (EHA).....	45
Figure 14 :	Graphique de contour de A(%) des extraits (EHA).....	46
Figure 15:	Surface de réponse de A (%)des(EA).....	48
Figure 16:	Surface de réponse de TS (%)des(EA)	50
Figure 17:	Surface de réponse de A (%)des(EHA)	52
Figure 18:	Surface de réponse de TS (%)des(EHA)	54

Liste des photos

Photo 1 : <i>Ephedraalata</i>	20
Photo 2 : Feuilles d'olive	20
Photo 3: Romarin.....	20
Photo 4 : lyophilisateur de type TELSTAR.....	20

Liste des tableaux

Tableau 1	: les niveaux des EA lyophilisées incorporées en ppm	21
Tableau 2	les niveaux des EH lyophilisées incorporées en ppm.....	21
Tableau 3:	Aspect, couleur et rendement des extraits secs.....	30
Tableau 4 :	Plan d'expérience résultat d'analyse du l'extrait aqueux du la margarine	32
Tableau 5 :	Plan d'expérience résultats d'analyse d'extraits H du la margarine.....	33
Tableau 6 :	Analyse de la variance et des paramètres statistiques du modèle de A.	34
Tableau 7 :	Analyse de la variance et des paramètres statistiques du modèle de TS	35
Tableau 8:	Analyse de la variance et des paramètres statistiques du modèle de TS	36
Tableau 9:	Analyse de la variance et des paramètres statistiques du modèle de A	37
Tableau10:	les paramètres de couleur de margarine incorporée en EH.....	55
Tableau 11:	les paramètres de couleur de margarine incorporée en EA.....	56

Sommaire

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Etude bibliographique

Chapitre I:Généralités sur la margarine

I. Généralités sur la margarine.....	3
I.1. Définition.....	3
I.2. Composition de la margarine.....	3
I.2.1. La phase grasse	3
I.2.2. La phaseaqueuse	3
I.2.3. Lesadditifsalimentaires	3
I.3. Déférents typesdemargarines	6
I.3.1.Margarine à usage domestique.....	6
I.3.2. Margarines à usage industriel.....	6
I.3.3. Margarines diététiques.....	6
I.4. Technologie de fabrication de la margarine.....	7
I.4.1. Fabrication de margarine	7
I.4.1.1. Préparation de la phase grasse.....	7
I.4.1.2. Préparation de la phase aqueuse.....	7
I.4.1.3.Emulsification	8
I.4.1.4.Refroissement,cristallisation	8
I.4.1.5.Malaxage	8
I.4.1.6. Conditionnementetemballage	9
I.4.1.7.Etiquetage	9
I.4.1.8.Stockage	9
I.4.1.9.Distribution	10
I.4.2.Différent procédés de fabrication delamargarine	10

Chapitre III Les plantes médicinale

II. Les plantes médicinale.....	12
---------------------------------	----

II.1. Feuille d'olive	12
II.1.1. Description	12
II.1.2. Composition de l'extrait	13
II.1.3. Activités biologiques des composés phénoliques	13
II.1.4. L'effet des principaux composants d'oleuropéine	14
II.2. Romarin	15
II.2.1. Description	15
II.2.2. Composition et effet antioxydant de l'extrait aqueux du romarin.....	16
II.2.3. Activité antioxydante de l'extrait de romarin.....	16
II.3. Ephedra alata	16
II.3.1. Généralités sur la famille des Ephedraceae	16
II.3.2. Nom vernaculaire d'Ephedra alata.....	17
II.3.3. Présentation et description botanique de la plante E.....	17
II.3.4. Composition chimique.....	18
II.3.5. Répartition géographique	18
II.3.6. Propriété et utilisation de la plante E	18

Etude expérimentale

Chapitre I Matériel et méthode

I. Matériel et méthode	19
I.1. Matériel biologique.....	19
I.1.1. Matériel végétal.....	19
I.1.2. Collecte des plantes	19
I.2. Préparation des extraits.....	22
I.3. Calcul du rendement	23
II. Méthodes d'analyse.....	25
III. Elaboration et caractérisation d'une margarine enrichie en plant.....	26
III. Les analyses physicochimique	27
III.1. Détermination de l'Indice d'acide et d'acidité.....	27

III.2. Détermination de la teneur en sel (NaCl)	28
III.3. Détermination de la couleur.....	29
IV. Les analyses organoleptiques de la margarine	29
IV.1. L'odeur	29
IV.2. La couleur.....	29
IV.3. Le goût.....	29

Chapitre II Résultat et discussion

II.1. Rendement des extraits lyophilisés aqueux ethydro-alcoolique.....	30
II.2. Optimisation des processus d'amélioration sur la qualité de la margarine	31
II.3. Modélisation statistique de processus d'enrichissement.....	34
II.3.1. Modélisation de la réponse AA.....	34
II.3.2. Modélisation de la réponse ES.....	35
II.3.3. Modélisation de la réponse AS.....	36
II.3.4. Modélisation de la réponse EA.....	37
II.4. Graphique des effets principaux de A (%) et TS(%).....	38
II.4.1. Graphique des effets principaux de A (%) et TS(%) des extraits aqueux ...	38
II.5. Graphiques de contour des réponses.....	40
II.5.1. Graphique de contour de A(%) et TS(%) des extraits (EA)	41
II.5.2. Graphique de contour de A(%) et TS(%) des extraits (EHA).....	44
II.6 Estimation statistique du model d'optimisation d'enrichissement de la margarine par	47
II.6.1. Diagrammes de surface des réponses.....	47
II.7. Propriétés de la couleur.....	55
Conclusion et perspectives.....	57

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Les analyses statistiques telles que la conception expérimentale et les analyses multi-réponses sont des outils puissants pour la caractérisation et l'optimisation du processus industriels, en étudiant les effets des variables qui les affectent. Dans ce travail, ces analyses (**Conception par Box-Behnken**) ont été appliquées lors du développement et l'optimisation d'un procédé de fabrication d'une margarine de table par l'utilisation des extraits de trois plantes médicinales steppiques, ces dernies ont été extraites à froid et par lyophilisation. Considérant les facteurs sont des constituants, les résultats ont permis de déterminer les variables qui affectent significativement le processus d'amélioration de la qualité, et ont permis de déduire les microquantités (ppm) ajoutés qui favorisent la diminution de taux de sel et augmentent la qualité nutritionnelle.

Mots clés : la margarine, plan d'expérience, optimisation, plantes médicinales, lyophilisation

Abstract

Statistical analysis such as experimental design, regression and multi-response analyses are powerful tools for the characterization and optimization of the industrial process by studying the effects of variables affecting them and their possible interactions. In this paper, these analyses were detailed presented during the development and optimization of a process for the product of a type of margarine by used of three dry extract and lyophilized of medicinal plants. Considering the factors are constituents, the results allowed to determine the variables that significantly affect the process of quality improvement, and allowed to deduce the added microquantities (ppm) which favors the decrease of salt rate and increase the quality nutritional.

Keywords: margarine, experimental plan, optimization, medicinal plants, freeze-drying

ملخص

التحليلات الإحصائية مثل التصميم التجريبي والتحليل متعدد الاستجابة هي من بين الأدوات القوية للتوصيف الأمثل للعمليات الصناعية، ودراسته آثار المتغيرات . في هذا العمل، قمنا بتطبيق هذه التحليلات (التصميم Box-Behnken) لغرض تطوير وتحسين عملية تصنيع مارجرين المائدة بإضافة مستخلصات ثلاثة أعشاب مجففة ومجمدة. وبالنظر للعوامل المكونة، استخدمنا النتائج لتحديد المتغير التي تؤثر تأثير كبير على عملية تحسين الجودة، حيث أن تعزير مستويات الملح أدب إلى انخفاض جودة التغذية
كلمات البحث: التصميم التجريبي، مار قرين، النباتات الطبية، تجفيف وتجميد

Introduction

Mettre en évidence un lien entre l'occurrence de certaines maladies et l'alimentation est un domaine d'étude qui retient l'attention de nombreux chercheurs. Certes, l'origine de la plupart des états pathologiques est multifactorielle, mais la possibilité d'influencer leur apparition et leur développement grâce à l'alimentation présente un grand intérêt. L'utilité de certaines plantes médicinales semble aujourd'hui reconnue. Il s'agit, en particulier des principes actifs et des composés phénoliques ayant une activité antioxydante, permettant de lutter contre les radicaux libres.

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. Son processus met en jeu des entrées (graisses et huiles, eau, lait, additifs divers) et une sortie qui est le produit avec les propriétés recherchées. Les transformations physiques du processus conditionnent ainsi la création et l'évolution de la microstructure du produit (**Conway, 1954 ; Foster et al., 2009**).

Comme la margarine est une matière grasse préparée, et destinée à remplacer le beurre qui est cher, et souvent rare. La margarine, émulsion plastique constituée essentiellement de deux phases grasse et aqueuse, contient en outre 2 % d'additifs hydro et liposolubles. Sa composition est représentée à 82 % par un mélange d'huiles : première cible de l'oxydation, 16 % à 18 % d'eau et/ou lait (**Karleskind, 1992**).

Les extraits aqueux et hydro-alcooliques des substances végétales utilisées doivent être facilement incorporables, efficaces à faible dose, non toxiques, n'entraînent ni coloration, ni odeur, ni saveur indésirables, résistantes aux processus technologiques et stables dans le produit fini (**Himed et Barkat, 2014**). Dans ce contexte, s'inscrit ce présent travail dont les principaux objectifs sont de valoriser l'utilisation des extraits de plante sous forme de poudre lyophilisée comme additif alimentaire naturel dans la margarine de table. Vu les propriétés bénéfiques des plantes étudiées (feuille d'*oléastre*, *Rosmarinus officinalis*, *Ephedra alata alenda*) sur la santé humaine et leur utilisation surtout dans la cuisson des aliments ou pour l'assaisonnement et aussi que leurs caractéristiques aromatique, culinaires et médicales, bien que ces extraits ont montrés une activité antioxydante intéressante (**Farag et al., 1989 ; Heerramann, 1989 ; Kim et al., 1994**) par étude qui permettrait d'affirmer l'importance de l'utilisation bénéfique de ces substances naturelles.

Introduction

C'est pour ce contexte que notre travail de recherche est centré sur :

Notre travail de recherche est centré sur :

- 1- La synthèse des molécules pouvant prévenir et/ou bloquer les effets délétères du stress oxydant et des métaux.
- 2- La réduction du taux de sel par le processus de piégeage des radicaux libres.
- 3- La limitation du pourcentage d'oxydation des lipides (huiles) provoquée par les minéraux catalyseurs principaux de la dégradation.
- 4- L'amélioration d'un produit alimentaire de large consommation.
- 5- L'utilisation des outils statistiques permettant d'optimiser et de modéliser les démarches technologiques.
- 6- La minimisation de la concentration de sel présente dans la margarine.

Ce travail est structuré en trois parties, initiée par une synthèse bibliographique mettant l'accent sur la présentation de l'unité de *LABELLE*, la margarine, la technologie de fabrication de margarine, les plantes médicinales étudiées (feuille d'*oléastre*, *Rosmarinus*, *Ephedra alata*) La deuxième partie concerne la méthodologie expérimentale subdivisée en deux volets :

Le premier traite l'extraction aqueuse et hydro-alcoolique des plantes à froid, ainsi que l'étude de leur pouvoir sur la margarine ; le deuxième volet élucide l'élaboration des margarines en incorporant les deux extraits et la comparaison par rapport à la margarine témoin par l'analyse de taux de sel et de l'acidité . Enfin la dernière partie regroupe l'ensemble des résultats obtenus et leurs discussions statistiques suivies d'une conclusion générale et perspectives.

I. Généralité sur la margarine

I.1. Définition

La margarine est un aliment qui se présente sous forme d'une émulsion solide ou liquide et malléable, principalement de type eau dans l'huile, produit essentiellement à partir de graisses et d'huiles comestibles d'origine non exclusivement laitière.

La margarine est un système polydispersé de corps gras à l'état solide et à l'état liquide, d'eau et/ou de lait et d'ingrédients.

I.2. Composition de la margarine

La margarine est constituée d'une phase grasse dans laquelle se trouve dispersée une phase aqueuse, et des adjuvants (**Graille, 2003**).

I.2.1. La phase grasse

Elle représente la partie la plus importante de l'émulsion (80-82%) dans les margarines traditionnelles. Elle comprend selon le cas des huiles et des graisses végétales, ou animales, fluides ou hydrogénées partiellement.

La composition du mélange des corps gras varie avec la saison et dépend des quantités et des prix des matières disponibles plus ou moins sur le marché mondial. (**Winnacker, 1969 ; Karleskind, 1992**).

Différentes matières grasses peuvent être utilisées comme : palme, tournesol, soja, l'huile d'olive etc.

I.2.2. La phase aqueuse

Elle est constituée d'eau et/ou lait, cette eau doit être ; potable, pure, bactériologiquement saine de bon goût (**Karleskind, 1992**).

Le lait utilisé peut être du lait frais ou en poudre reconstituée, il doit être pasteurisé pour éviter toutes les contaminations. (**Fredot, 2005 ; Karleskind, 1992**).

I.2.3. Les additifs alimentaires

Le terme « additif » désigne toute substance qui n'est pas un constituant normal des aliments et dont l'addition intentionnelle a un but qui peut être de type :

- Technologique : émulsifiants (lécithine, monoglycéride).
- Conservateur : sel, acide citrique, acide sorbique et antioxydants.
- Nutritionnel : vitamines (vitamine A ou rétinol, vitamine D).

-Législatif : amidon.

-Sensoriel : colorant et aromes (**Scriben, 1988**).

Il existe deux types d'ingrédients, ou encore, d'additifs (**Allais.c et linden, (1997)**).

➤ Additifs liposolubles

Ces ingrédients sont solubles dans la phase grasse, on distingue :

- Emulsifiants

D'une manière générale, un émulsifiant doit être amphiphile et posséder donc une structure chimique composée d'une partie hydrophile soluble dans l'eau et d'une partie lipophile soluble dans l'huile afin d'aboutir à la formation d'un mélange homogène à partir de deux phases normalement non miscibles.

Deux types d'émulsifiants peuvent être utilisés dans la margarine ; ce sont :

Les lécithines et les monoglycérides et diglycérides.

- Lécithines

Les lécithines sont non seulement des agents émulsionnants hydrophiles et importants pour l'organisme, elles jouent également le rôle d'anti-éclaboussant d'antioxydants et comme lubrifiants.

Le premier de ces émulsifiants fut le jaune d'œuf avec lequel BERNEGAU stabilisa la margarine. Le jaune d'œuf contenant des phosphatides sous forme de lipoprotéines. Les lécithines techniques extraites d'huiles végétales alimentaires « SOJA » sont des produits pâteux à forte viscosité de couleur brune orange à brune foncée et d'odeur très particulière.

Comme tous les émulsifiants, ils possèdent un groupe lipophile et un groupe hydrophile.

- Mono et di-glycérides

Ce sont les mono et di-esters de glycérol et d'acides gras pouvant provenir de l'hydrolyse partielle des triglycérides.

Ils présentent également une certaine amphiphilie d'où leur emploi comme émulsifiant en margarine ; pour les margarines allégées de 40 à 60% d'eau ; la teneur des mono et di-glycérides doit être plus importante (0.5 à 1.5%).

- Agents colorants

La coloration de la margarine est obtenue par addition soit d'huile de palme rouge soit de carotène ou d'un colorant « L'ANNATO » (celui utilisé à l'UP01) extrait de la graine de rocouyer « BISCA ORELLENA », ajouter des colorants à la margarine fait augmenter sa ressemblance avec le beurre.

- Les aromes

Ce sont des substances aromatiques synthétiques sont ajoutées à la margarine pour donner à celle-ci l'odeur du beurre, on utilise le « diacétyl » ou « butanedione »(2-3) qui est un produit formé au cours de l'acidification du lait , il provient de la fermentation de l'acide lactique par des bactéries spécifiques et les quantités introduites sont faibles.

- Vitamines

L'addition de vitamine n'est pas obligatoire, selon les besoins de chaque pays. Cependant, une margarine de bonne qualité doit contenir les vitamines A, B, D et parfois E, ayant pour but d'améliorer la valeur nutritive du produit ; ou encore utilisées comme antioxydant ;(cas de la vitamine E).

- Les antioxydants : les antioxydants sont ajoutés pour protéger la phase grasse de l'auto-oxydation chimique responsable du rancissement, ils peuvent être ajoutés individuellement ou en mélange ; butylhydroxytoluène (BHT) et butylhydroxyanisole (BHA) sont les plus utilisés.

(Roger,1974).

- Additifshydrosolubles

- Le sel(NaCl)

Le chlorure de sodium est depuis longtemps un des principaux conservateurs, le sel sert en premier lieu à améliorer le goût, car il est considéré comme un agent de stabilité, les teneurs peuvent varier de 0.1 à 1 et même 2% ; le sel doit être de qualité alimentaire, neutre ou faiblement alcalin avec absence de sel de magnésium qui accélère l'oxydation des graisses **(Karleskind, 1992)**. ; en second lieu il joue un rôle d'un protecteur vis-à-vis des microorganismes (rôle bactériostatique), il est additionné sous forme d'une saumure limpide **(Oteng, Gyang1984)**.

- Lesucre

L'addition du sucre est faite surtout dans le cas des margarines pour pâtisserie à raison de 0.2 à 0.3%.**(Karleskind, 1992)**

- Lesconservateurs

Pour la margarine, on additionne comme conservateur l'acide sorbique (un acide gras insaturé avec six atomes de carbone). L'instauration de cet acide carboxylique accroît son activité antimicrobienne, en inhibant les moisissures et possède une action inhibitrice sur croissance d'Escherichia coli **(Oteng, Gyang1984)**.

Emploi autorisé si le pH de la phase aqueuse est inférieur à 5.5 **(Karleskind, 1992)**.

- Les correcteurs de pH

Les plus utilisés sont l'acide citrique, lactique et ses sels de sodium, potassium et de calcium, ils sont autorisés par la législation. L'acide citrique est un antioxydant synergiste puissant. Il contrôle le pH de la phase aqueuse.

I.3. Différents types de margarines

La margarine est un terme général, à l'heure actuelle il n'existe pas une, mais des margarines dont les caractéristiques nutritionnelles dépendent pour une large part des huiles avec lesquelles elles sont produites (**Dupin, Michaud, 2000**) ; d'autre part celles-ci peuvent varier en fonction des utilisations des régions et des saisons (**Thermoliere, 1984**).

I.3.1. Margarine à usage domestique

Elles doivent être suffisamment fermes à 20°C, aisément tartinables et avoir des qualités organoleptiques proches de celle du beurre (**Cheflel, 1986**), une teneur maximale en eau de 16%, peut apporter 740 kcal pour 100g. On peut distinguer des nombreuses variétés selon la teneur en acides gras polyinsaturés qui leur confère une dureté différente : moins de 10% durs, 10 à 20% semi-durs, 20 à 30% molles, plus de 30% extra-molles (**Scriben, 1988**).

I.3.2. Margarines à usage industriel

Selon l'usage, doit être stable à haute température, elle doit présenter une bonne plasticité dans un large éventail de température. Ces produits doivent, notamment, ne pas contenir d'acides gras libres et être résistants à l'oxydation (**Allais et Linden, 1997**).

I.3.3. Margarines diététiques

Ces produits contiennent de 20 à 72% de la phase grasse. Ils ont une image de santé car la quantité de lipides y est réduite et la quantité de phase aqueuse y est élevée, (**Graille, 2003**) elles apportent donc moins de calories (380 Kcal/100 g) (**Aefelbum, Romon et Dubus, 2004**).

I.4. Technologie de fabrication de la margarine

La formulation ou recette d'une margarine, consiste à réaliser un mélange de deux phases non miscible, une phase grasse et une phase aqueuse, et d'additifs, pour donner un type spécifique de margarine (Slimani, 2008).

Le choix de l'équipement pour la chaîne de fabrication est très important pour la production des margarines. Pour chaque segment dans la chaîne de production, des spécificités d'équipements doivent être considérées pour différents types de margarines pour s'assurer du bon fonctionnement de la chaîne de fabrication et l'obtention de produits répondant aux normes de qualité (Gunstone, 2008). Les étapes de base de fabrication la margarine sont donnée dans la (Fig1).

Le même schéma de fabrication s'applique à toutes les margarines, cependant il faut veiller à la régulation de la température et du taux d'incorporation des divers ingrédients (dosage des ingrédients) afin d'assurer un mélange homogène et une émulsion stable dans le temps (O'Brien, 2009).

I.4.1. Fabrication de margarine

Selon DeMan et al. (1994), la fabrication de la margarine est une technologie connue et maîtrisée. Elle comprend succinctement les phases suivantes :

I.4.1.1. Préparation de la phase grasse

Huile et graisse (telles quelles, raffinées ou modifiées par hydrogénation, inter estérification ou fractionnement), lécithine, mono et di glycerides, et c'est la phase grasse complète. Cette dernière, maintenue liquide dans des réservoirs à double paroi, (température de l'ordre de 40°C, est pompée en quantité déterminée par la formule choisie et envoyée dans un appareil où s'effectue le mélange des constituants (Ahmad M., Clyde S., 1992).

I.4.1.2. Préparation de la phase aqueuse

Dans un bac mélangeur, on prépare par pesées les divers ingrédients de la phase aqueuse dont la composition correspond à la margarine désirée.

Les additifs hydrosolubles sont dissous dans l'eau et /ou lait pasteurisé et refroidis, selon des proportions correspondant à la recette (Sekkak, 1996).

I.4.1.3. Emulsification

Les deux phases grasse et aqueuse sont pompées à des quantités précises dans la cuve d'émulsion munie d'un agitateur, permettant la dispersion de la phase aqueuse dans la phase grasse jusqu'à l'obtention d'une émulsion eau/huile suffisamment stable et homogène (**Slimani, 2008**).

I.4.1.4. Refroidissement, cristallisation

L'émulsion obtenue est acheminée par une pompe à haute pression vers le refroidisseur formé principalement de tubes refroidisseurs à double enveloppe dans lesquels circule l'ammoniac, qui est un fluide réfrigérant (**Slimani, 2008**).

C'est ainsi que l'émulsion se cristallise sous forme d'un film mince au contact avec la paroi froide des tubes. Donc la cristallisation joue un rôle très important dans la création de la margarine et contribue à sa stabilité (**Cansell, 2005**).

La cristallisation est tout particulièrement une étape importante voire déterminante de la qualité des margarines et des corps gras en général. La stabilisation finale du système polydispersé étant capitale, les phénomènes de cristallisation jouent un rôle très important, car ils vont permettre la création de la structure du produit et contribuer à sa stabilisation (**Karleskind et Wolff, 1992**).

I.4.1.5. Malaxage

Le refroidissement est complété par un malaxage, il s'effectue dans des cylindres malaxeurs lamineurs ou dans des tubes munis de grilles, sous vide afin d'éliminer l'air inclus. Il joue un rôle important dans l'amélioration de la qualité plastique de la margarine.

Le film est gratté puis brassé énergétiquement grâce aux couteaux racleurs, ce qui permet de ramollir la margarine pour lui donner un aspect pâteux.

La cristallisation et malaxage de la margarine constitue l'étape essentielle de la fabrication de la margarine, et les technologies utilisées se différencient par l'équipement de refroidissement qui peuvent être réalisés soit à la surface d'un tambour soit dans des types refroidisseurs, lorsque la surface du tambour, le procédé est réalisé en discontinu ou semi continu, lorsque type refroidisseur le procédé continu (moderne) (**Slimani, 2008**).

I.4.1.6. Conditionnement et emballage

Cette opération est réalisée dans une série de machines qui, automatiquement et en continu, forment, moulent et enveloppent la margarine en pots en plastique aux formes et dimensions diverses.

L'emballage qui est directement en contact avec la margarine doit être imperméable autant que possible aux agents extérieurs air, humidité, lumière, etc., pour protéger les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du produit, il doit aussi répondre aux normes d'hygiène sur le plan bactériologique (Sekkak, 1996).

I.4.1.7. Etiquetage

C'est l'apposition d'inscription sur l'emballage afin d'identifier le produit et certains de ses aspects et qualités.

Les margarines doivent être conformes à la norme générale relative à l'allégation concernant les indications obligatoires portées sur l'étiquetage (loi 03.03.2013):

- Nom du produit.
- liste des ingrédients
- étiquetage nutritionnel.
- nom du producteur.
- date et entreposage.

I.4.1.8. Stockage

Le stockage de la margarine se fait dans des chambres froides à température de 0°C à 5°C dans le cas où la vente serait rapide et à température de 10 à 20°C pour une conservation de plusieurs mois ; cela a pour but de :

- Réduire les risques d'oxydation,
- Ralentir l'activité microbologique,
- Limiter les risques d'exsudation huileuse,
- Assurer une bonne stabilité de la texture,
- Permettre une meilleure manutention.

I.4.1.9. Distribution

La distribution des cartons jusqu'au lieu de vente, se fait par camions ou wagons frigorifiques pour une bonne conservation du produit.

La chaîne du froid doit être respectée au cours du transport dont la température ne doit pas être supérieure à celle du stockage, ainsi que la surveillance de la mise en palette pour éviter les chutes au cours du stockage (**slimani, 2008**).

I.4.2. Différents procédés de fabrication de la margarine

Deux techniques sont utilisées pour la réalisation de l'ensemble d'opération : (**françois 1974**)

- le procédé discontinu (TOMBOUR), dans lequel les différentes étapes (émulsification, refroidissement, cristallisation et malaxage) sont effectuées successivement mais avec des temps de repos.
- le procédé continu (COMBINATOR), où l'ensemble des opérations est réalisé en une seule étape à travers un système de tubes refroidisseurs et tubes refroidisseurs et cristalliseurs. (**Multon1992**)

Comparé au procédé discontinu, le procédé continu présente certains avantages à savoir :

- Système totalement clos d'où la diminution du risque de contamination microbologique et de l'oxydation.
- une grande capacité de production avec simplicité d'entretien.
- un temps de travail et de main d'œuvre réduits par rapport au procédé discontinu.

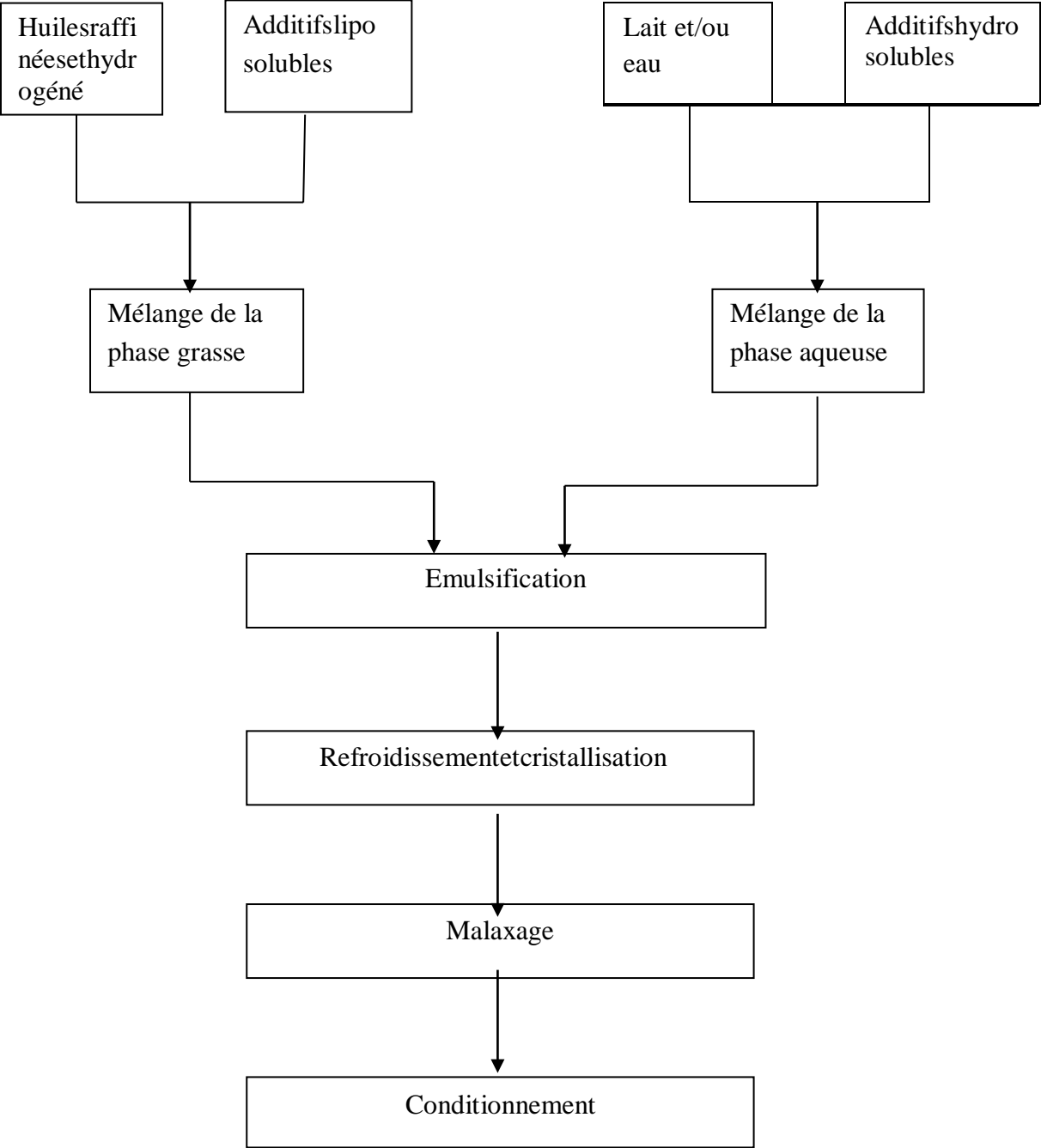


Figure 1 : Diagramme de fabrication de la margarine (Jouve, 1996).

II.1. Feuilles d'olive (l'oléastre)

II.1.1. Description

La classification botanique de l'arbre de l'olivier selon **Cronquist (1981)** est la suivante :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Scrophulariales

Famille : Oleaceae

Genre : Olea

Espèce : europaea

Sous-espèce : europaea



Figure 2 : feuilles d'olive.

II.1.2. Composition de feuille d'olive

Les feuilles d'olivier peuvent contenir des traces d'éléments vitaux pour la bonne santé tels que le sélénium, le fer, le zinc, la vitamine C, le β -carotène et une grande partie d'acides aminés (**Polzonetti et al, 2004**).

Les composants phénoliques actifs dans l'extrait de feuilles d'olivier font partie de la famille des secoiridoides, connus par leur capacité à piéger le H_2O_2 (**visiolietal, 1994**).

Malgré que (**benavente-Garcia et al,2000**), ont quantifié différents polyphénols dans *Oleuropea L.* dont l'oleuropéine présente la plus large fraction, de nombreux autres composés phénoliques sont isolés comme l'hydroxytyrosol, le tyrosol, la rutine, la lutéoline, le flavanole catéchine et l'apigénine (**Polzonetti et al,2004, Benvente-Garcia et al,2000**) et (**Murphy et al,2003**), qui sont responsables de la plus part des effets pharmacologiques des feuilles (**benvente-Garcia,2000**).

Les feuilles sont particulièrement riches en carbohydrates. La matière organique est constituée par des protéines, des lipides, des monomères et polymères phénoliques (tel que les tannins) et principalement par des polysaccharides (tel que cellulose, hémicelluloses).

II.1.3. Activités biologiques des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont connus par leurs rôles physiologiques très importants aussi bien dans le règne végétal qu'animal. En raison de leur structure, les composés phénoliques sont capables de se fixer sur certaines enzymes et protéines, et de modifier ainsi les équilibres enzymatiques : ils joueraient un rôle dans les chaînes d'oxydo-réduction et modifieraient certaines réactions concernant la croissance, la respiration et la morphogénèse.

En phytothérapie, l'effet de nombreuses plantes médicinales est attribué en tout ou partie aux composés phénoliques dans ces plantes. Ces substances possèdent des activités biologiques qui les rendent bénéfiques à la santé humaine. Beaucoup d'études indiquent que les polyphénols pourraient diminuer le risque de survenue d'un certain nombre de pathologies, en particulier celles liées au vieillissement et aux lésions oxydatives (cancers, maladies cardiovasculaires)

(Leong et Shui, 2002). Les composés phénoliques sont principalement reconnus pour leur activité antimicrobienne et antioxydant, cette dernière est d'un intérêt général avec les récentes découvertes sur la prévention des cancers (Karakaya, 2004). Ils agissent aussi parfois comme piègeurs de radicaux libres et comme inhibiteurs enzymatiques. L'extrait phénolique des feuilles d'olivier est caractérisé par un pouvoir antioxydant important. Comme un antioxydant, l'extrait de feuilles d'olivier protège les vaisseaux sanguins et améliorer la circulation sanguine. Il a été montré qu'il peut être efficace dans la protection du cœur lors d'une l'occlusion coronaire. Actuellement, et avec l'évolution de la technologie et l'amélioration des connaissances, les domaines d'utilisation des feuilles d'olivier ont été élargie et diversifié. Les feuilles d'olivier sont utilisées pour l'extraction des composés d'intérêt tel que le mannitol, les stérols, les alcools gras, les composés phénoliques, principalement l'oleuropéine.

Les feuilles d'olivier ont aussi trouvées des applications dans l'industrie alimentaire. Elles sont principalement utilisées pour l'amélioration de la qualité et la conservation des aliments tels que la margarine.

II.1.4. L'effet des principaux composants l'oleuropéine

Enormément de travaux ont étudié le rôle thérapeutique de l'oleuropéine et de ses mécanismes d'action. Des recherches scientifiques poussées ont prouvé que l'oleuropéine et les composants comme le tyrosol, le verbasconside, le ligustroside, et la deméthyleuropéine, agissent en tant que antioxydant et réduisent le risque des maladies coronaires (Visioli et al., 1994 ; Wiseman et al, 1996 ; Coni et al., 2000 ; Benavente-Garcia et al., 2000), antimicrobienne et antivirale (Bisignano et al., 1999 ; Fleming et al , 1973), anti-inflammatoire (Puel et al., 2006) hypoglycémique hypotensive (Panizzi, 1960), hypolipidimique (Andreadou et al., 2006), anti-mycoplasmal (Furneri et al., 2002), immunomodulateur (Giamarellos-Bourboulis et al., 2006).

II.2. Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

II.2.1. Description

Le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) est un arbrisseau de la famille des lamiacées originaire des pourtours de la méditerranée. Il est très rameux et couvert d'une écorce écailleuse portant des tiges ligneuses feuillées, généralement érigées et pouvant atteindre jusqu'à 1.50 m de haut.

Les racines sont pivotantes (Moyse et Paris, 1971), les feuilles sont opposées, persistantes, aromatiques et sub-sessiles. Elles sont linéaires, mesurant 2 à 3 cm de longueur sur 1 à 2 mm de largeur. Il possède des feuilles persistantes sans pétiole, coriaces, légèrement enroulé aux bords, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous, avec une odeur très camphrée. Les fleurs varient du bleu pâle au violet (williams, 1997).

Elles sont disposées en grappes à l'aisselle des feuilles. Le calice est en cloche, la lèvre supérieure est ovale et les lobes de la lèvre inférieure sont lancéolés L'androcée est formé de deux étamines. Il possède de nombreuses vertus phytothérapeutique, mais c'est aussi une herbe condimentaire et une plante mellifère, ainsi qu'un produit fréquemment utilisé en parfumerie. Les fruits sont des tetrakènes bruns et luisants (Moyse et Paris, 1971).

Le romarin est utilisé en cuisine comme un aromate dans les ragoute. il est aussi réputé pour sa propriété antispasmodique et son action stimulante sur le système nerveux d'où son effet bénéfique.



Figure 3 : Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.).

La classification botanique du romarin selon **Cronquist (1981)**

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales Famille : Lamiaceae

Genre : Rosmarinus

Espèces: *Rosmarinus officinalis* L.

II.2.2. Composition et effet antioxydant de l'extrait aqueux du romarin

Le romarin (*rosmarinus officinalis* L.) peut produire des antioxydants similaires aux antioxydants synthétiques. Et l'activité antioxydante de ses extraits est en effet produite par des polyphénols qui sont essentiellement l'acide rosmarinicus, carnosole, rosmanole et acide carnosique0 (**Ibanez, 1999**)

Selon de nombreuses études précédentes, l'extrait de romarin contient principalement des composés aromatiques comme le bornéol, le camphène, le camphre et le cinéol, des flavonoïdes comme l'apigénine et l'diosmine, des tanins, de l'acide rosmarinique, des diterpènes et de la romaricine.

En effet, les propriétés du romarin sont contenues dans les feuilles, on peut le prendre en infusion pour lutter contre les indigestions, digestions difficiles et les grippe, ou bien, pour des traitements de longue durée.

II.2.3. Activité antioxydante de l'extrait de romarin

Il était établi que l'extrait de romarin inhibe la formulation de substances polaires, les polymères décomposition des triglycérides polyinsaturés, en particulier dans le cas de l'huile de colza, et améliore la qualité des frites (**Reblova et al., 1999**). Pour extraire les différents composés antioxydants du romarin.

II.3. Ephedra alata (alenda)

II.3.1. Généralités sur la famille des Ephedraceae

La famille des Ephedraceae inclue environ 40 espèces dans le monde, représentée par le seul genre Ephedra. Les espèces de ce genre peuvent pousser dans des conditions semi-arides et désertiques, ce qui rend les six contiennent appropriés pour la croissance de ce genre.

Ce dernier se développe habituellement dans des sols sableux, des pentes sèches et des cotes

secs de montagnes et qui poussent surtout dans la Chine, l'Inde, l'Égypte, le Moyen-Orient,

en Europe et dans les Amériques (Limberger et *al.*, 2013 ; Evans, 2009 ; Hegazi et EL-Lamey, 2011)

II.3.2. Nom vernaculaire d'*Ephedra alata* (alenda)

Alenda est le nom populaire en Algérie, en français Ephèdra en anglais, et en allemand est appelée Wallisermeerträubchen.

II .3.3. Présentation et description botanique de la plante E

C'est un arbuste de 1 à 3 mètres de haut, à rameaux et très ramifiés d'une couleur vert-jaunâtre, portant au niveau des nœuds à l'autre. Les fleurs sont en petits cônes blanchâtres, dioïques (fleurs mâles et femelles sur pieds différents) et les fruits entourés de bractées largement membraneuses. Elle présente un système de racines latérales extrêmes puissant. Elle est réputée pour sa tolérance élevée à la carence en eau dans les régions sahariennes (Ozenda, 1991 ; Derbel et *al.* 2010).



Figure 4 : *Ephedra alata*

Classification systématique d'*Ephedra alata* (Ozenda, 1991)

Classe : Gnetopsida

Ordre : Ephedrales

Famille Ephedraceae

Genre : *Ephedra*

Espèce : *Ephedra alata*

Sous espèce : *Ephedra alata alata*

II.3.4. Composition chimique

Selon **kebili (2016)**, les espèces de *Ephedra* sont des sources naturelles de nombreux phytoconstituants incluant des alcaloïdes, des tanins (principalement les proanthocyanidines), des saponines, des acides phénoliques, des flavonoïdes (la vicénine II, la leucine III, le kaempferol 3-rhamnoside, la quercétine 3-rhamnoside et l'herbacétine 7-O-glucoside sont les flavonoïdes qui ont été isolés de l'*Ephedra alata*) et des huiles essentielles. Leurs propriétés biologiques sont attribuables en grande partie aux alcaloïdes de types éphédrine, protoalcaloïdes dérivés de la phénylalanine. Notons que la (-) éphédrine et l' (+) pseudoéphédrine sont généralement les plus abondantes, ils représentent environ 80 % de la teneur en alcaloïdes dans la plante séchée (**Phinney et al., 2005 ; Soni et al., 2004 ; Caveney et al., Hegazi et El-Lamey, 2011**).

II.3.5. Répartition géographique

L'espèce : *Ephedra alata* est une plante médicinale appartenant au genre : *Ephedra* originaire d'Asie, y compris l'Arabie Saoudite. Elle est commune dans le Sahara du Maroc à la Libye jusqu'à l'Égypte (**Ozenda, 1991 ; Al-Qarawi et al. 2011**).

En Algérie, *E. alata* se trouve dans le Sahara septentrional et occidental au niveau des terrains sableux, des regs et les lits sablonneux des oueds. Elle est même rencontrée dans le sable de l'étage tropical et la Hamada de Tinghert (**Ozenda, 1991**).

II.3.6. Propriété et utilisation de la plante *E*

En Algérie : *E* s'utilise contre la grippe, la coqueluche et la faiblesse générale en tisane et par inhalation ainsi que sous forme de goutte nasales contre les rhumes. Au Maroc, elle est utilisée pour lutter contre le diabète. Ainsi, les tiges broyées d'*Ephedra alata* et cuites dans du

beurre, seraient ingérées par les femmes du Sahara pour avorter (**Bellakhdar ,1997 ; Ouled El Hadj et al ., 2003 ; Ghourri et al.,2013**).

En Egypte, *E. alata* est utilisée en médecine traditionnelle comme dépurative, hypotensive, antiasmatique et agent astringent (**Nawwar et al., 1984**).

En Asie, elle est utilisée dans la fabrication clandestine d'une drogue de rue, de la méthamphétamine (d-desoxy-éphédrine) (**Caveney et al., 2001**).

Une étude réalisée par (**Boozer et al., 2001**) a montré qu'un mélange d'*Ephedra* et de guarana favorise efficacement et à court terme (8 semaines) la perte de poids chez des sujets en surpoids.

L'extrait alcoolique de l' *E alata* présente un abaissement persistant du taux de glucose sanguin une heure après son administration à des rats à jeun (**Shabana et al, 1990**).

Cette partie a été effectuée du 11 mai au 21 mai 2010 au niveau de l'unité de production de margarine *labelle* d'dar el Bida.

I. Matériel et méthode

I.1. Matériel biologique

I.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé correspond à la partie aérienne composée des rameaux et des feuilles (*Ephedra alata* et *Rosmarinus officinalis* L), tandis que pour l'oléastre, la partie utilisée est les feuilles seulement.

Les plantes ayant servi à l'extraction des composés actifs se justifient par :

- la richesse de la partie aérienne par rapport aux autres parties de la plante (**Robert et Lobstein, 2005**).
- la capacité de ces extraits à piéger les radicaux libres (activité antioxydante) (**Padrini et Lucheroni, 1996**);
- la possibilité de valorisation des plantes médicinales par l'incorporation de ses extraits comme additif alimentaire biologique, moins coûteux par rapport à un additif synthétique coûteux.

I.1.2. Collecte des plantes

Les feuilles d'olive (l'oléastre) et Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) ont été récoltées au mois de février 2017, au niveau de la commune d'Ouled-Moussa de la wilaya de Boumerdes et de la wilaya de Boumerdes respectivement. Alors que la récolte d'*ephedra alata* est effectuée en automne au niveau de la wilaya de Sétif ;

Les plantes ainsi utilisées pour l'extraction ont préalablement subi un lavage, une élimination des taches et un essuyage. Les trois plantes ont été broyées par un broyeur électrique avant chaque utilisation.



Photo 1 : *Ephedra alata*.



Photo 2 : Feuilles d'olive. **Photo 3** : Romarin (*Rosmarinus*)
(L'oléastre)



✚ Méthodologie expérimentale

✚ La partie modélisation est subdivisée en deux principaux volets

Selon Masmoudi et al. (2008), quand beaucoup de facteurs influencent sur la réponse désiré, ca peut être une tâche épuisant d'optimiser un processus par conséquence, la méthodologie de surface de réponse peut être un outil efficace pour optimiser la réponse (Garlson, 1992 ;Montgomey, 1991).

- Le premier volet : préparation des extraits aqueux et hydro-alcoolique des plantes sélectionnées, tous les extraits effectués ont pour but de préparer des extraits sec lyophilisés. La réalisation de ce volet a été effectuée du 22 Février au 4 mai 2017 au niveau des laboratoires de la faculté FSI-Boumerdes;

- Le deuxième partie traite les procesuss d'enrichissement d'un seul type de margarine (margarine de table) par l'application d'un modèle statistique expérimental, ce dernier a été utilisé pour optimiser les facteurs d'amélioration et de correction taux de sel (le sel est l'un des paramètres qui favorise la dégradation des lipides et qui a un effet négatif sur l'hyper tension) sans modifier les processus technologiques et la composition. Le plan impliqué basé sur l'effet de l'addition de trois facteurs ou constituant lyophilisé de trois plantes choisis (l'oléastre, *Ephedraalata*, *Rosmarinusofficinalis*). Cette conception permet la construction d'un modèle polynomial de second ordre, qui peut être utilisé pour caractériser ou optimiser un processus. Les niveaux des facteurs, ont été codés pour les paramètres bas (-1), moyen (0) et haut (+1) selon l'équation n° 1. Les facteurs étudiés comprennent les extraits aqueux et hydro-alcoolique lyophilisés d'*Ephedrsalata*(10-40), d'oléastres (10-40) et de rosmarin (5-15). Le logiciel (mintab 16), exploité nous a défini 15essais.

Tableau 1 : les niveaux des EA lyophilisées incorporées en ppm

	-1	0	+1
(F) ppm	40	100	160
(E) ppm	40	100	160
(R) ppm	10	20	30

Tableau 2: les niveaux des EH lyophilisées incorporées en ppm

	-1	0	+1
(F) ppm	20	40	70
(E) ppm	40	80	120
(R) ppm	20	40	70

$$V_c = \frac{V - \bar{V}}{\Delta V / 2}$$

Où

V_c : est la variable codée.

V : est la valeur moyenne de la variable.

ΔV : est l'intervalle de variation.

Le modèle résultant a la forme suivante :

$$Y_i = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_1X_2 + a_5X_2X_3 + a_6X_1X_3$$

Où, a₀ à a₆ sont les coefficients de régression, X₁ à X₃ désigne les facteurs, Y est la moyenne relative ou la réponse attendue associée aux facteurs et E représente l'erreur expérimentale.

I.2. Préparation des extraits

Différents types d'extraits ont été préparés à partir des plantes fraîches. Afin de préserver l'intégrité des molécules et de minimiser toute fermentation qui risquerait de dégrader les matières organiques, la partie utilisée a été broyée directement après la récolte. (Romarin, l'oléastre et *Ephedra alata*). L'extraction des composés actifs est effectuée comme suit :

- Une macération aqueuse a été effectuée sur 25 g de poudre avec 100 ml d'eau distillée pendant 2h. Après filtration, les extraits ont été concentrés sous vide à 60° C au rota-vapor puis lyophilisé (Sanogoet *al.*,2006).

- Une extraction avec un solvant polaire a été effectuée sur 25 g de poudre avec 100 ml d'un mélange d'eau distillée et l'éthanol (50-50ml) pendant 2h. Après filtration, les extraits ont été concentrés sous vide à 40° C au rota-vapor puis lyophilisé dans un lyophilisateur de type TELSTAR Cryodos à -50°C et 0.448 bars (photo 4). (Dialloet *al.*2004)



Photo 4 : lyophilisateur de type TELSTAR (FSI).

I.3. Calcul du rendement:

Le rendement est le rapport entre le poids d'extraite et le poids du plantes **utilisé (Carée, 1953. In Mohammadi, 2006).**

Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R\% = (M_1 / M_2) .100$$

Où

R% : le rendement de l'extrait en pourcentage.

M₁ : la masse de l'extrait après évaporation.

M₂ : la masse de la matière végétale fraîche utilisée pour l'extraction.

Deux répétitions ont été appliquées pour l'extraction précédente, et la moyenne fut considérée.

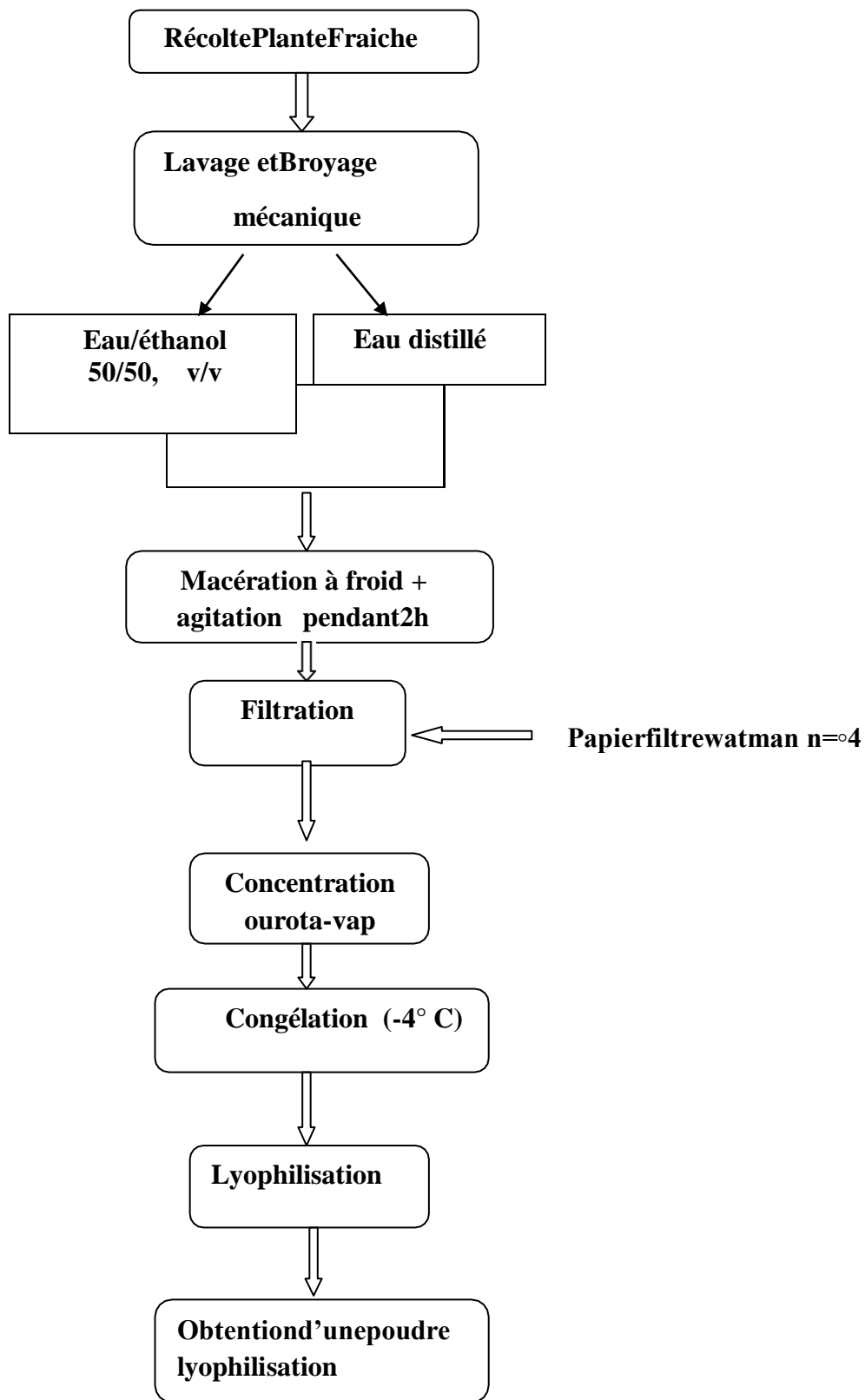


Figure 5 : Diagramme de préparation des extraits des plantes étudiées

II. Méthode d'analyse

Les analyses décrites dans ce chapitre sont d'ordre physico-chimique, organoleptique qui sont effectuées sur :

Le produit fini (margarine de table enrichie avec les extraits des lyophilisés des plantes)

Le matériel utilisé pour effectuer ces analyses est :

➤ Matériels

Balance analytique.

Plaque chauffante.

Eprouvettes, burette, pipette.

Fioles coniques et jaugées.

Réfrigérateur.

➤ Réactif

KOH à 0.1 N.

Solution de chromate de potassium à 10%.

Solution alcoolique de phénolphaléine 0.1%.

Solution de nitrate d'argent à 0.1%.

III. Elaboration et caractérisation d'une margarine enrichie en plantes

L'incorporation des extraits aqueux et hydro-alcoolique lyophilisés dans la margarine de table et effectuée selon le diagramme suivant

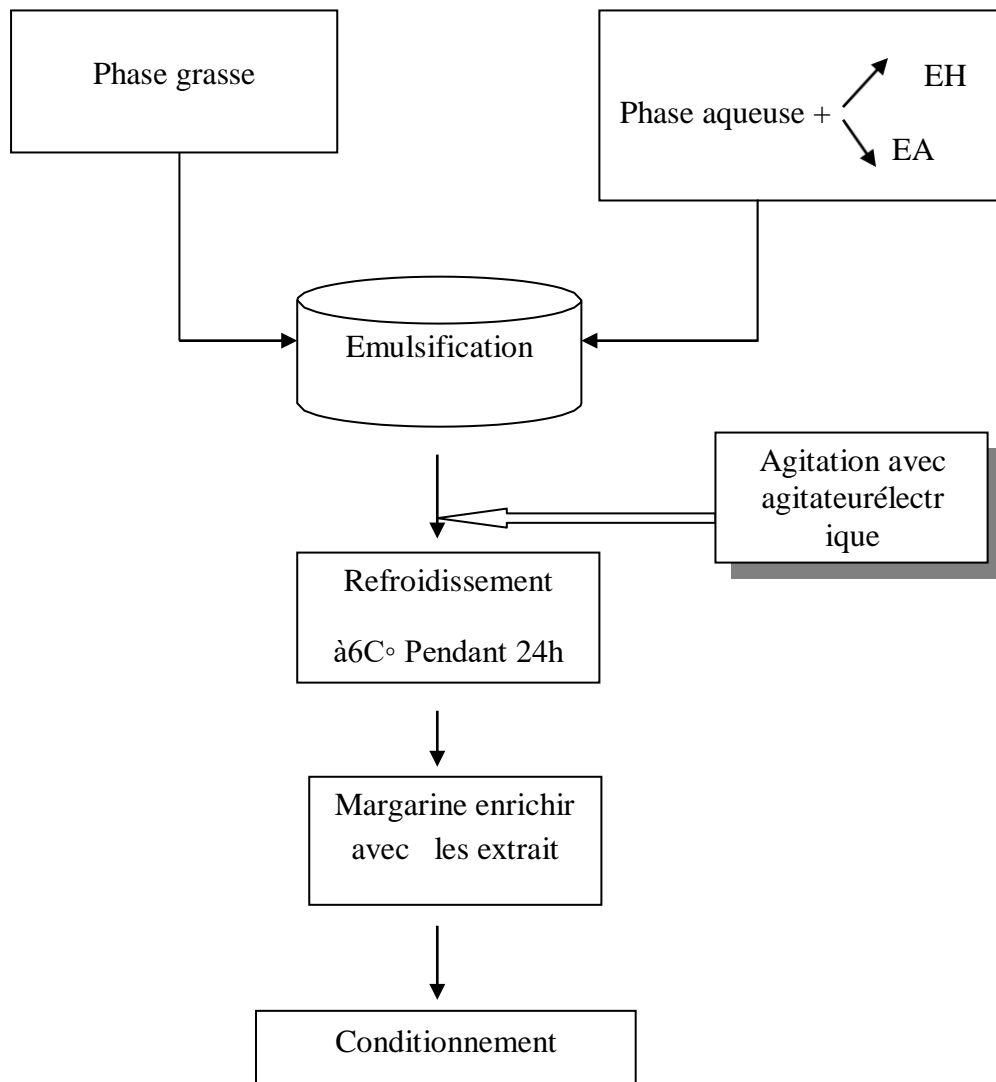


Figure 6 : Diagramme de préparation d'une margarine avec les différents extraits

III. Les analyses physicochimiques

III.1. Détermination de l'Indice d'acide et l'acidité

La présente norme (NE 1-2-43 1985) est en concordance technique avec la norme internationale de la normalisation.

Définition :

C'est le pourcentage d'acide gras libre exprimé selon la nature de corps gras, (acide gras le plus dominant) en acide oléique, palmitique, laurique de poids oléculaires respectifs ; 282gr, 260gr, 200gr.

Principe :

Il consiste à la mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvants, puis titrage des acides gras libres présente à l'aide d'une solution d'hydroxyde de potassium.

Mode opératoire :

- 75ml d'alcool (éthanol 95% envolume)
- préalablement neutralise par une solution d'hydroxyde de potassium 0.1N. jusqu'au virage de l'indication (coloration rose de la phénophtaléine persistante au moins 10 secondes).

Expression des résultats:

L'indice d'acide :

$$IA = \frac{V.C.56.1 \text{ mg de KOH/g de corps gras}}{M}$$

Ou

V : le volume, en ml de solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisé (0.1N).

C : la concentration exacte, en moles par litre de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisé.

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

$$IA = 2.A$$

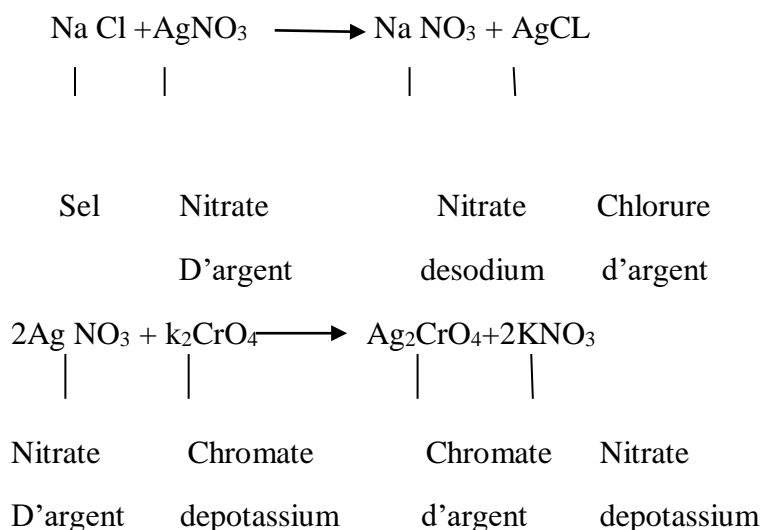
III.2. Détermination de la teneur en sel (NaCl) (NE1.2429 ,1989)

La teneur en sel, exprimée en pourcentage est la quantité de chlorure de sodium contenue dans lamargarine.

Principe :

Il est basé sur la formation d'un précipité de chlorure d'argent par addition de nitrate d'argent.

La fin de la réaction est mise en évidence par le chromate de potassium, qui forme un complexe rouge brique en présence d'un excès de nitrate d'argent



Mode opératoire:

- On pèse 5 g demargarine.
- On ajoute 100 ml d'eau distillée bouillante.
- On laisse refroidir pendant 10 minutes
- On ajoute quelques gouttes de chromate de potassium 2ml.
- On obtient une couleur jaune, puis on titre avec une solution de nitrate d'argent 0.1N jusqu'à une coloration rouge brique.

Expression des résultats :

La teneur en chlorure de sodium exprimée en pourcentage est donnée par la formule suivante :

$$\boxed{\% \text{Na Cl} = \frac{5.85 * (V - V_0) * N_{\text{AgN}}}{M_0}}$$

V : volume en ml d'Ag NO₃ utilisé.

N : normalité de la solution d'AgNO₃.

M₀ : masse en gramme de la prise d'essai.

5.85 : masse moléculaire réduite du chlorure de sodium.

V : volume de l'essai à blanc en (ml).

III.3. Détermination de la couleur

Trois lectures directes sont prises sur l'échantillon de margarine lyophilisées, soigneusement placées dans des boîtes Pétri couvertes de verre optique. La couleur est mesurée par un chroma Mètre à réfractance (CM- 2025 Minolta Japon) utilisant le système CIE Lab, calibré par le « rose tile » ($L^* 44.88$, $a^* 25.99$, $b^* 6.67$) et une source lumineuse D-65 (Calvo, M., 2007). La tonalité est calculée comme $\tan^{-1}(a^*/b^*)$: $90^\circ =$ jaune, $180^\circ =$ vert, $0^\circ =$ rouge. L'indice de saturation est calculé comme $(a^* + b^*)^{1/2}$: distance entre l'origine et le point de la couleur déterminée. L^* : 0 = noire et 100 = blanc ; $a^* - 60 =$ vert et $+60 =$ rouge ; $b^* - 60 =$ bleu et $+60 =$ jaune.

IV. Les analyses organoleptiques de la margarine:

IV.1. L'odeur

Lorsque on ouvre la boîte de margarine, on apprécie l'odeur qui se dégage, celle-ci doit pas piquer les narines, ni les yeux, elle doit répondre à la même sensation olfactive que celle du beurre.

IV.2. La couleur

On apprécie visuellement la couleur de la margarine sur toutes les surfaces.

IV.3. Le goût

La margarine doit avoir un goût frais rappelant celui du beurre.

II.1. Rendement des extraits lyophilisés aqueux et hydro-alcoolique

Le tableau 01 donne une idée générale sur les résultats (exprimés en : aspect, la couleur et le rendement des extraits) obtenus après lyophilisation.

Tableau 3 : Aspect, couleur et rendement des extraits secs.

Les plantes	<i>Rosmarinus</i>		<i>Ephedra alata</i>		<i>Feuille d'olive</i>	
Solution extradite	A	HA	A	HA	A	HA
Aspect	poudre	Pate collante	poudre	Pate collante	Poudre	Pate collante
Couleur	Vert	Ver foncée	jaune	brun	Vert	Vert foncée
Rendement (%)	2,5978 ±1.29	3,17775 ±2.16	17,3264 ±6.76	10,86555 ±0.58	13,9604± 2.7	6,2853 ±1.49

A : extrait aqueux ; HA : extrait hydro-alcoolique.

Le rendement de l'extraction varie en fonction de l'espèce végétale, l'organe utilisé dans l'extraction, les conditions de séchage, le contenu de chaque espèce en métabolites (de son métabolisme) et de la nature du solvant utilisé dans l'extraction et de sa polarité (Mohammedi Z., 2013). Les rendements des extraits aqueux et hydro-alcoolique (50/50;v/v) de *Rosmarinus* enregistrés sont très proche et très faible, par contre l'extrait aqueux chez *E.alata* semble être très important dans l'eau distillé que dans le mélange hydro-alcoolique. En effet, Chez les feuilles d'olive on a obtenue des rendements moyens dans les deux types de solvant d'extraction (aqueux et hydro-alcoolique).

Le rendement des extraits A lyophilisés d'*Ephedra alata* (17.3264%) est proche à celle trouvé par Kebili Z. (2016) (10,96%) pour la même plante de Ouargla, tandis que le rendement d'extrait hydro-alcoolique est de 10.865% qui est faible par rapport au valeur trouvée par Jerbi, et al., (2016) dans l'*E.alata* extraite par le méthanol (9,18 %).

Les différences marquées entre les rendements des extraits aqueux et hydro-alcooliques peuvent être attribuées à la polarité de solvant d'extraction et la solubilité des composés dans ces solvants.

II.2. optimisation des processus d'amélioration par la méthode de surface de réponse sur la qualité de la margarine reformulée

L'analyse de l'effet des paramètres (ou les constituants qui sont des extraits lyophilisés de 03 plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis L*, *Ephedra alata* et l'oléastre) sur la variation du processus d'amélioration de la qualité nutritionnelle d'une margarine de table a été étudiée en se basant sur les réponses de TS (taux de sel) et A (l'acidité). Les résultats trouvés pour chaque condition d'amélioration sont résumés dans le tableau 5.

Ces résultats mettent en évidence la diminution relative des valeurs des paramètres de salinité TS de 0,79 % (de l'échantillon témoin) à 0,22 % (margarine avec des extraits) et la diminution de la valeur de l'acidité de 0,17 % (de l'échantillon témoin) à -0,14 % (margarine avec des extraits).

Tableau 4 : plan d'expérience des résultats d'analyse du l'extrait aqueux de la margarine

N° d'essai	Valeurs Codées			Valeurs Réales			Réponses	
	R	E	F	R	E	F	Taux de sel (%)	L'acidité(%)
1	1	0	-1	7,5	25	10	0,220	0,141
2	-1	-1	0	2,5	10	25	0,865	0,141
3	0	1	1	5	40	40	0,304	0,169
4	-1	0	-1	2,5	25	10	0,452	0,155
5	0	-1	1	5	10	40	0,234	0,141
6	1	1	0	7,5	40	25	0,339	0,169
7	0	0	0	5	25	25	0,959	0,169
8	-1	1	0	2,5	40	25	1,053	0,169
9	-1	0	1	2,5	25	40	1,390	0,282
10	0	0	0	5	25	25	0,460	0,169
11	0	0	0	5	25	25	1,170	0,225
12	0	1	-1	5	40	10	1,390	0,310
13	1	0	1	7,5	25	40	0,725	0,190
14	-1	-1	0	2,5	10	25	2,451	0,225
15	0	-1	-1	5	10	10	0,280	0,169
T							0,791	0,169

Tableau 5: plan d'expérience des résultats d'analyse d'extraits hydro-alcoolique du la margarine.

N° d'essai	Valeurs codés			Valeurs Réels			Réponses	
	R	E	F	R	E	F	Taux de sel (%)	L'acidité(%)
1	1	0	-1	7,5	25	10	0,220	0,141
2	-1	-1	0	2,5	10	25	0,865	0,141
3	0	1	1	5	40	40	0,304	0,169
4	-1	0	-1	2,5	25	10	0,452	0,155
5	0	-1	1	5	10	40	0,234	0,141
6	1	1	0	7,5	40	25	0,339	0,169
7	0	0	0	5	25	25	0,959	0,169
8	-1	1	0	2,5	40	25	1,053	0,169
9	-1	0	1	2,5	25	40	1,390	0,282
10	0	0	0	5	25	25	0,460	0,169
11	0	0	0	5	25	25	1,170	0,225
12	0	1	-1	5	40	10	1,390	0,310
13	1	0	1	7,5	25	40	0,725	0,190
14	-1	-1	0	2,5	10	25	2,451	0,225
15	0	-1	-1	5	10	10	0,280	0,169
T							0,791	0,169

La diminution de la valeur de TS (%) et la diminution des valeurs de l'A (%), montrent que les margarines enrichies avec des extraits des plantes présentent une faible teneur en sel que la margarine témoin (margarine sans extraits). En effet, comme le montre la tab. 4 et la tab. 5, les composés actifs (telle que les antioxydants) agit sur les minéraux telle que le NaCl et piègent la formation des acides gras libres. Ceci entraîne la diminution de TS (%) et de A (%).

II.3. Modélisation statistique de processus d'enrichissement

Grâce à l'estimation d'une surface de réponse pour chaque paramètre, nous avons pu déterminer la relation entre les variables d'entrée (les constituants) et les réponses.

II.3.1. Modélisation de la réponse AA

Tableau 6: Analyse de la variance et des paramètres statistiques du modèle de A%.

Coefficient de régression	Valeurs	t-valeur	p-valeur	Modèle
B ₀	0,18	12,47	0,00	A(%) = 0,18 - 0,00 R + 0,01 E + 0,0008 C - 0,008RR - 0,003 EE +0,01 FF - 0,021 R*E - 0,01 R*F - 0,02 E*F
B ₁	0,00	-0,13	0,89	
B ₂	0,01	0,85	0,41	
B ₃	0,0008	0,04	0,96	
B ₁₁	-0,008	-0,22	0,83	
B ₂₂	-0,003	0,08	0,93	
B ₃₃	0,01	0,34	0,75	
B ₁₂	-0,02	-0,071	0,49	
B ₂₃	-0,01	-0,66	0,52	
B ₁₃	-0,02	-0,96	0,36	

L'analyse de la variance résumée dans le **tab 6**, montre que l'effet linéaire des variables extraits (plantes..) n'est pas significatif. En effet, nous remarquons que le coefficient de régression de l'effet linéaire de R, de E et de F présente une valeur de p supérieur à 0,05. Tous les autres coefficients ont des valeurs de p supérieures à 0,05. Ce qui montre l'absence d'effets d'interaction et d'effets quadratiques significatifs. Afin de simplifier le modèle nous allons donc éliminer les autres termes de l'équation. Donc la réponse de TS peut se résumer dans le modèle empirique suivant : TS (%) = 0,18

II.3.2. Modélisation de la réponse ES

Tableau 7 : Analyse de la variance et des paramètres statistiques du modèle de TS

Coefficient de régression	Valeurs	t-valeur	p-valeur	Modèle
B0	0,62	7,40	0,00	$TS (\%) = 0,62 - 0,29 R + 0,20 E + 0,31 F - 0,06 + 0,21 RR + 0,30 EE + 0,1 FF - 0,22 R * E + 0,29 E * F$
B1	-0,29	-2,59	0,00	
B2	0,20	1,75	0,11	
B3	0,31	2,68	0,02	
B11	0,21	1,52	0,18	
B22	0,30	2,20	0,08	
B33	0,10	0,75	0,49	
B12	-0,06	-0,39	0,70	
B23	-0,22	-1,39	0,19	
B13	0,29	1,79	0,11	

L'analyse de la variance présentée dans le **tab7**, montre que les effets linéaires de R et de F sont significatifs. En effet, nous remarquons que les coefficients de régression B1, B3 présentent des valeurs de p inférieures à 0,05. Ceci montre que chacun des deux extraits (R et F) présente un effet spécifique sur le taux de sel. Toutefois, nous remarquons aussi l'absence des effets quadratiques et des effets d'interaction car les coefficients de régression qui correspondent à chacun de ces effets présentent des valeurs de p qui sont supérieures à 0,05. Ceci prouve l'absence d'effets synergiques entre les facteurs (constituants) étudiés. Pour simplifier le modèle les termes relatifs aux effets quadratiques et d'interaction seront éliminés. Donc la réponse de TS peut se résumer dans le modèle empirique suivant :

$$TS (\%) = 0,62 - 0,29 R + 0,31 F$$

II.3.3. Modélisation de la réponse AS

Tableau 8: Analyse de la variance et des paramètres statistiques du modèle de TS.

Coefficient de régression	Valeurs	t-valeur	p-valeur	Modèle
B0	0,81	4,76	0,00	TS(%) = 0,81 -
B1	-0,003	-0,01	0,99	0,003 R - 0,09
B2	-0,09	-0,39	0,70	E + 0,03 C -
B3	0,03	0,16	0,87	0,57 R*E - 0,10
B11	0,23	0,60	0,57	+ 0,23 RR+
B22	0,08	0,22	0,83	0,08 EE -
B33	-0,39	-1,03	0,35	0,39 FF
B12	-0,57	-1,72	0,12	R*F -
B23	-0,10	-0,32	0,75	0,26 E*F
B13	-0,26	-0,78	0,45	

Le **Tab8** montre que les effets linéaires des extraits R, E et F ne sont pas significatifs. En effet, les valeurs de p des trois coefficients de régression B1, B2 et B3 sont supérieures à 0,01. Les autres termes de modèles ne sont pas significatifs car la valeur de p est supérieure à 0,05; ils seront ainsi éliminés afin de simplifier le modèle. La réponse de TS (%) peut se résumer dans le modèle empirique suivant : $TS (%) = 0,81$.

II.3.4. Modélisation de la réponse EA

Tableau 9 : Analyse de la variance et des paramètres statistiques du modèle de A.

Coefficient de régression	Valeurs	t-valeur	p-valeur	Modèle
B0	0,35	4,11	0,00	R (%) = 0,35 +
B1	0,02	0,17	0,86	0,02 R +
B2	0,06	0,56	0,58	0,06 E -
B3	-0,02	-0,20	0,83	0,02 F - 0,01
B11	-0,21	-1,59	0,17	- 0,21 RR - 0,23 EE
B22	-0,23	1,74	0,14	- 0,27 FF
B33	-0,27	-2,06	0,09	R*E - 0,01 R*F
B12	-0,01	-0,07	0,94	+ 0,02 E*F
B23	-0,01	-0,09	0,93	
B13	0,02	0,11	0,90	

L'analyse de la variance (**tab9**) montre que les effets linéaires des extraits lyophilisés des plantes médicinales R, E et F ne sont pas significatifs. En effet, nous remarquons que les coefficients de régression B1, B2 et B3 présentent des valeurs de p supérieur à 0,05. Ceci montre que chacun des trois paramètres (R, E et F) présente un effet antagoniste sur la valeur de l'acidité. Toutefois, nous remarquons aussi l'absence des effets quadratiques et des effets d'interaction car les coefficients de régression qui correspondent à chacun de ces effets présentent des valeurs de p qui sont supérieures à 0,05. Ceci prouve l'absence d'effets synergiques sur l'acidité entre les facteurs étudiés. Pour simplifier le modèle les termes relatifs aux effets linéaires, quadratiques et d'interaction seront éliminés. Donc la réponse de A (%) peut se résumer dans le modèle empirique suivant : $A (\%) = 0,35$

II.4. Graphique des effets principaux de A (%) et TS(%)

II.4.1. Graphique des effets principaux de A (%) et TS(%) des extraits aqueux

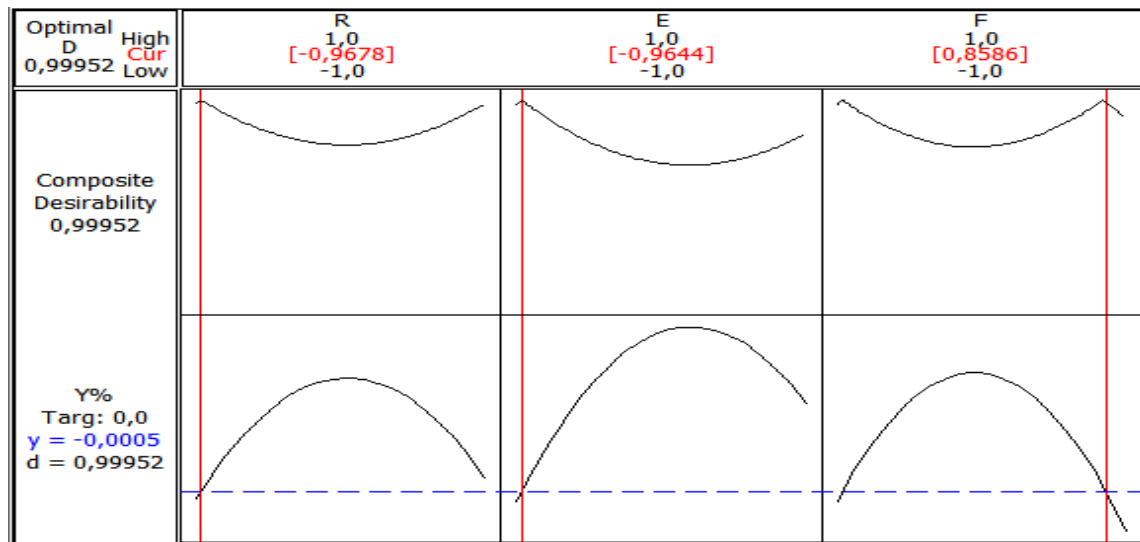


Figure 7 : Graphique des effets principaux de A (%) des EHA.

Le graphique des effets principaux montre un effet important de la concentration de R, de E et de F sur la variable de réponse A (%) pour une margarine enrichie avec des EHA. En effet, nous observons sur la Fig7. Que la diminution de la concentration des extraits provoque une augmentation importante de la valeur de A (%). Quant au R, E et F on remarque un maximum de A (%) atteint à la moitié mais avec un changement significatif et contraire dans les valeurs de A (%) pour les trois extraits.

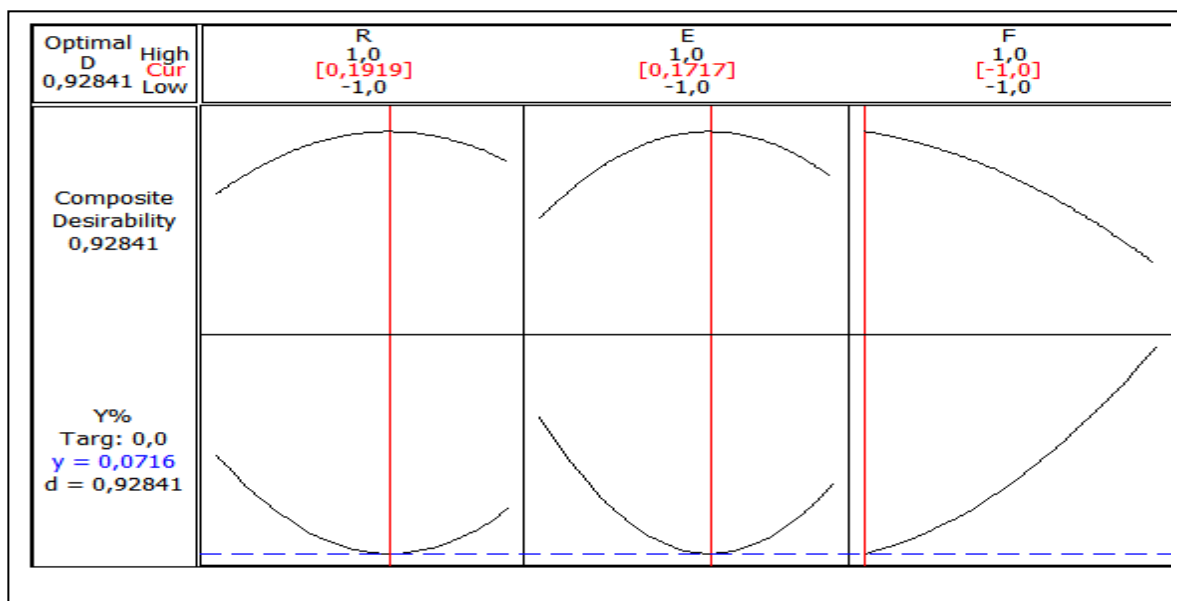


Figure 8 : Graphique des effets principaux de TS (%) des EA.

Le graphique des effets principaux pour TS (%) (Fig. 8) confirme les résultats observés dans le diagramme de surface. En effet, nous remarquons qu'une légère augmentation puis diminution de la concentration de R et E permet la diminution puis une augmentation de taux de sel (en %). Nous constatons que la diminution de la concentration de F (de 40 ppm à 10 ppm) augmente la valeur de TS (%) et cette augmentation est plus considérable lorsqu'on dépasse la concentration de 25 ppm de l'extrait lyophilisé de F.

II.4.2. Graphique des effets principaux de A (%) et TS (%) des extraits hydroalcoolique

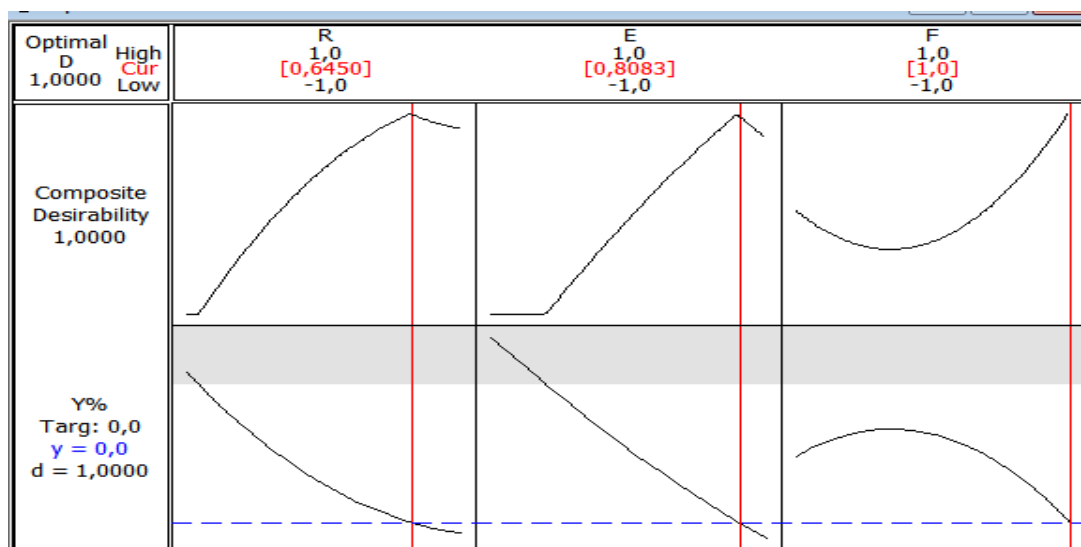


Figure 9 : Graphique des effets principaux de TS (%) des EHA.

L'étude du graphique des effets principaux concorde avec les résultats des surfaces de réponse. En effet, la Fig.9 montre qu'une augmentation de la concentration des extraits de R et de E provoque une diminution importante de taux de sel (NaCl) dans la margarine améliorée avec des extraits hydro-alcooliques de Alors que nous remarquons que l'effet du F n'est pas significatif. En effet, il y a une diminution importante de TS (%) pour une concentration de F allant de 25 - 40 ppm par la suite on observe plus d'évolution.

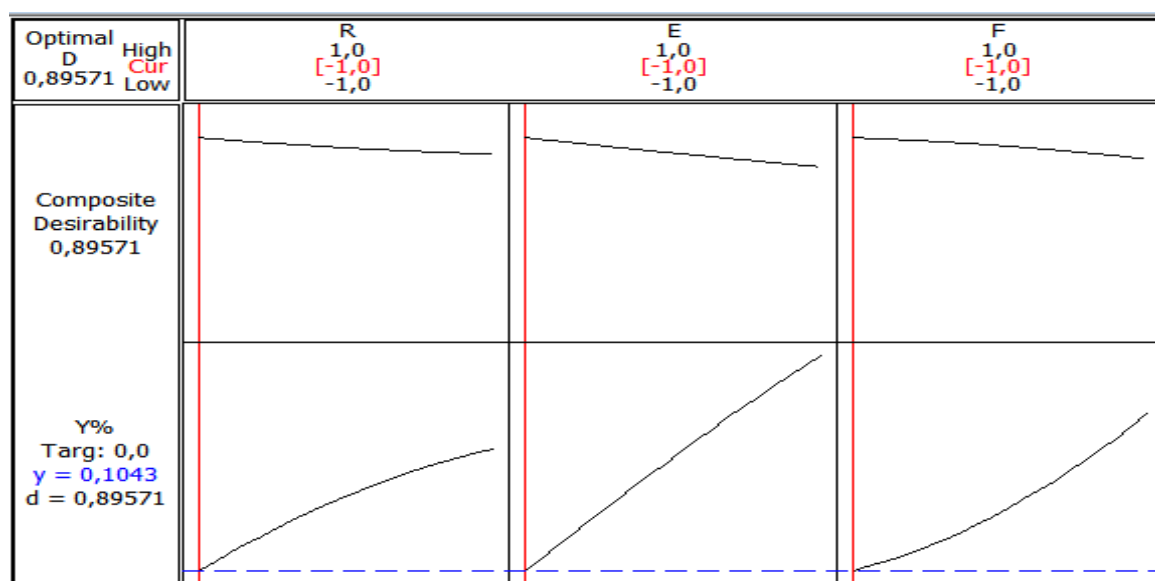


Figure 10 : Graphique des effets principaux de A (%) des EHA.

L'étude du graphique des effets principaux concorde avec les résultats des surfaces de réponse. En effet, la Fig. 10 montre qu'une diminution de la concentration de R, E et F provoque une augmentation importante de l'acidité de la margarine. La figure montre une légère diminution en concentration des extraits et les courbes sont presque constantes.

II.5. Graphiques de contour des réponses

Les graphiques de contour permettent d'étudier les réponses en fonction des conditions d'exploitation. Ils représentent la surface de réponse avec une vue à deux dimensions où les points ayant la même réponse sont reliés pour produire des lignes de contour de réponses constantes, ce qui nous donne des intervalles de réponse qui varient selon les conditions d'exploitation.

II.5.1. Graphique de contour de A(%) et TS(%) des extraits(EA)

Pour l'indice d'acidité (en %) de la margarine modifiée, les valeurs qui nous intéressent sont les valeurs inférieures à 0,2% qui donneront un produit final faible relatif à un degré d'oxydation moins important. D'après la Fig. 11, ces valeurs se situent dans la zone bleue sombre et verte (fig. 11 a et b). La meilleure réponse est obtenue avec une concentration de R stable (25 ppm), et une concentration de F qui peut aller de 10 à 40 ppm, et une quantité de E qui se situe dans l'intervalle [10 ppm, 40 ppm]. Donc pour diminuer les valeurs de A (%), il faut se situer dans la limite supérieure de la conception expérimentale ; C'est-à-dire qu'il faut réaliser la réaction d'enrichissement en diminuant le plus possible les valeurs des paramètres de la réaction à savoir : la concentration de R, E et F.

Pour le graphique de contour de TS (%) (Fig. 12), les zones de les réponses les plus intéressantes, caractérisées par des valeurs de TS (%) qui s'approchent de zéro, sont les zones colorées en bleue et bleue foncé pour les Fig. 12 a et b et par le vert blanche pour la Fig.12 c. En effet, dans ces zones la valeur de TS (%) varie de 0,6 -0,2 %. Ces réponses sont obtenues avec une concentration de F comprise entre [10ppm - 40 ppm], une concentration de E de 25 ppm et une concentration de R [2,5 ppm, 7,5 ppm]. Ceci montre que pour avoir une valeur de TS (%) proche de zéro il faut réaliser un mélange avec une concentration de R, E et F qui se trouve dans les valeurs des deux extrêmes.

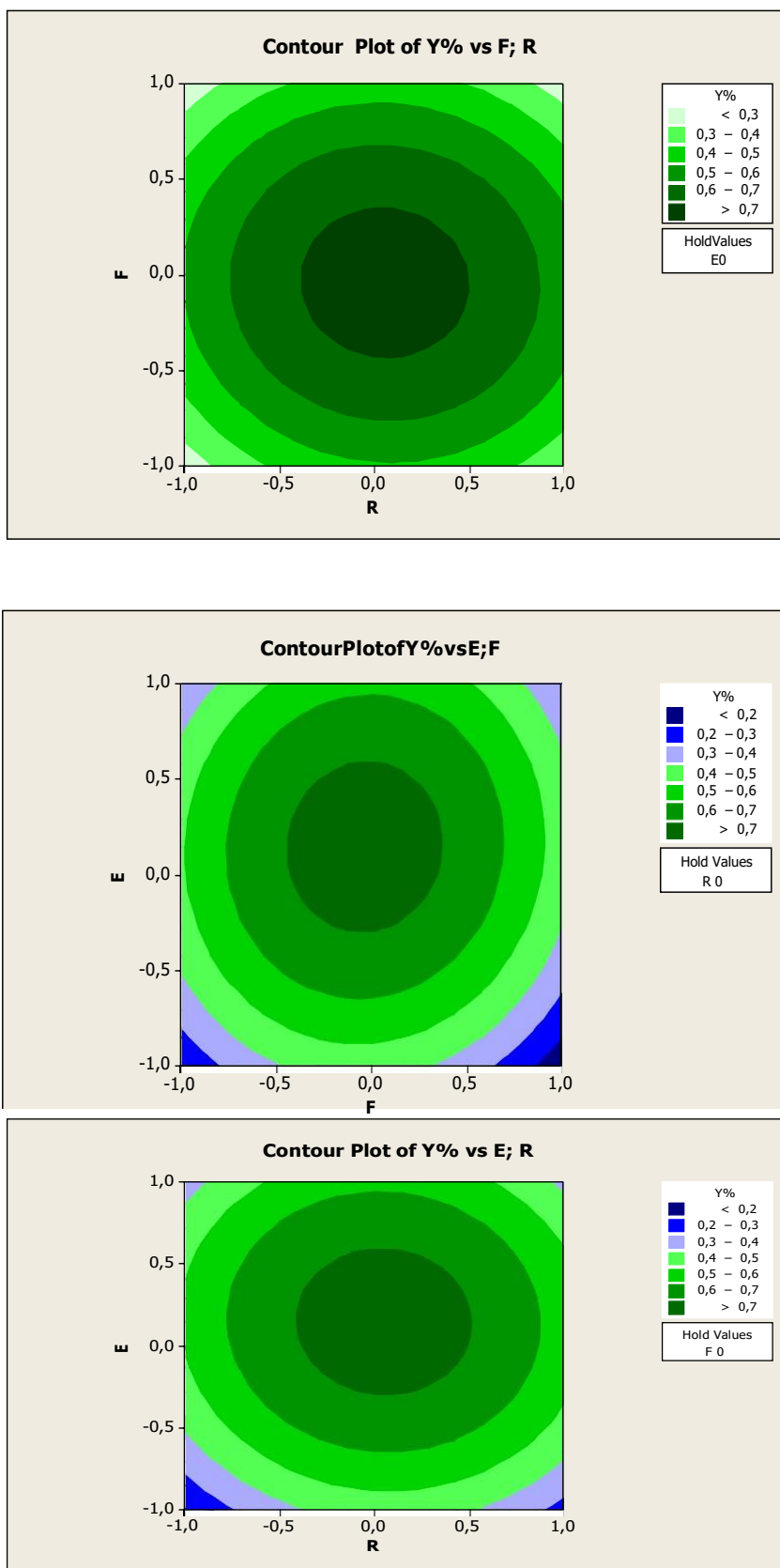


Figure 11 : Graphique de contour de A (%) des extraits (EA)

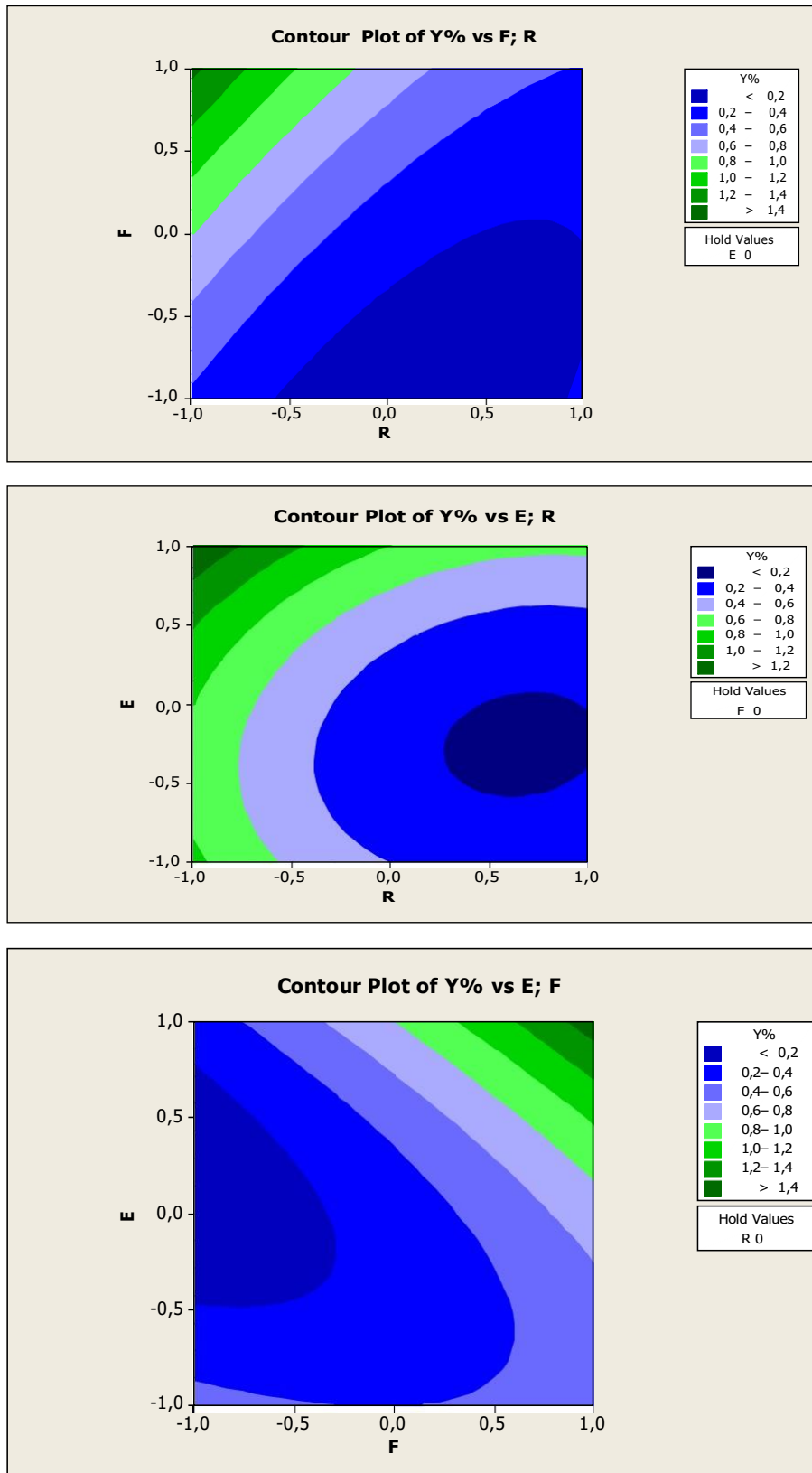


Figure 12 : Graphique de contour de TS(%) des extraits (EA)

II.5.2. Graphique de contour de A(%) et TS(%) des extraits(EHA)

Dans notre étude nous nous intéressons à faire baisser les valeurs de TS d'une margarine de table, pour qu'elles s'approchent de zéro. En effet, plus les valeurs de TS diminuent plus la concentration en E présentera une teinte vert blanchâtre. Donc les réponses de TS qui nous intéressent sont les réponses les plus petites. Selon les Fig. 13 (a, b et c), Ces réponses se situent dans les zones colorées en vert. Nous remarquons que ces zones se situent à la limite supérieure de la conception. C'est-à-dire que pour diminuer les valeurs de TS il faut augmenter la concentration de F et diminuer concentration de R.

L'indice d'acidité, est un indicateur important de l'oxydation de la matière grasse. Il est en fonction de la présence des acides gras libres dans un produit gras. Comme nous cherchons à diminuer la valeur de l'acidité d'une margarine de table de large consommation, et pour pouvoir incorporer des extraits des plantes à pouvoir antioxydant très important dans une margarine sans altérer sa qualité, nous visons la diminution des valeurs de A (%). Donc les zones qui nous intéressent sont les zones où la réponse A est la moins élevée. Ces zones comme le montre le graphique de contour de la Fig. 14 (a, b et c) sont colorées en vert et bleue. Ceci montre que pour diminuer la valeur de l'indice d'acide, il faut réaliser le mélange réactionnel dans la margarine avec une concentration de E (10 ppm), une concentration de F (5 ppm) et une concentration en R de 5ppm.

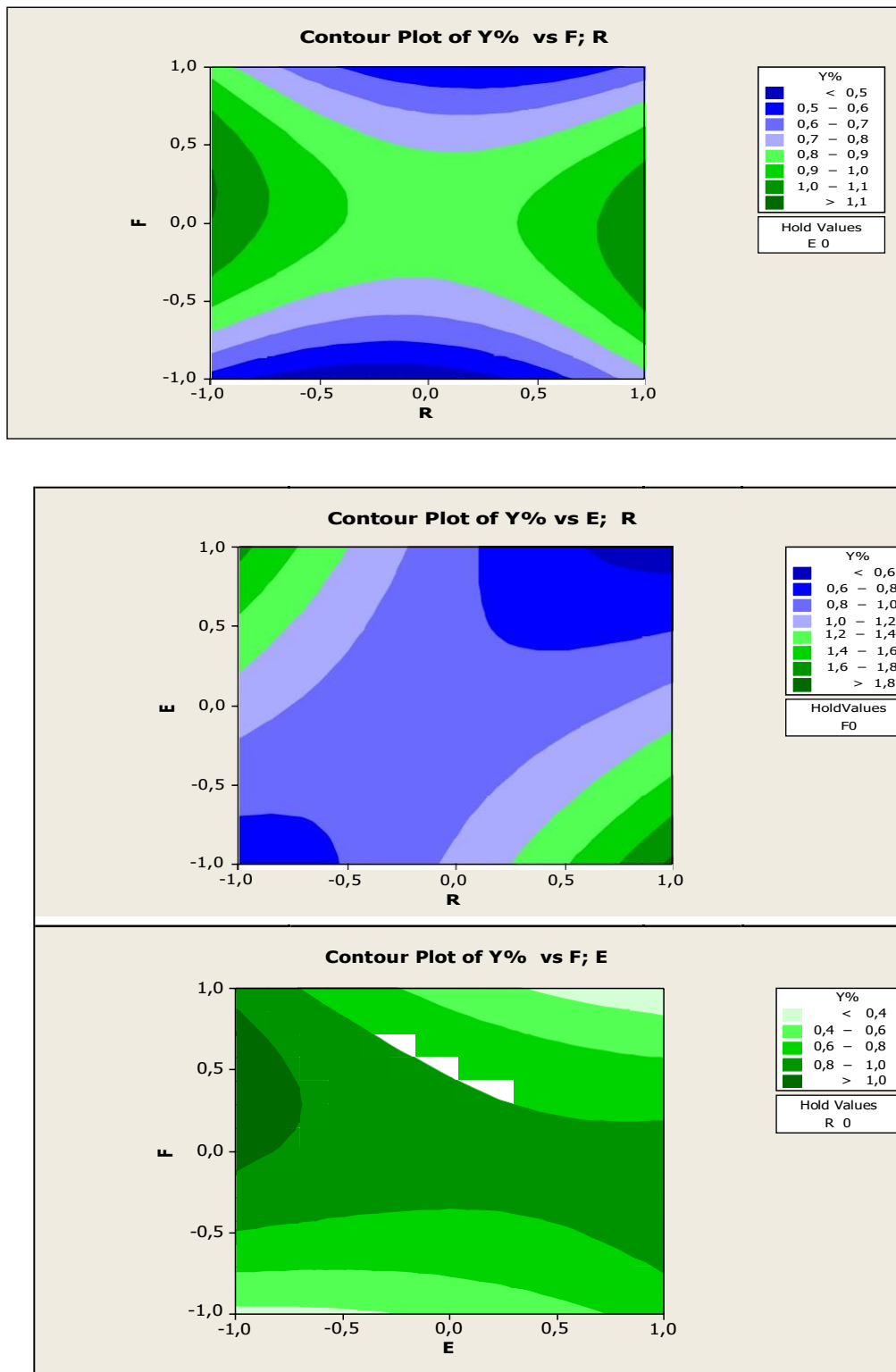


Figure 13 : Graphique de contour de TS(%) des extraits (EHA).

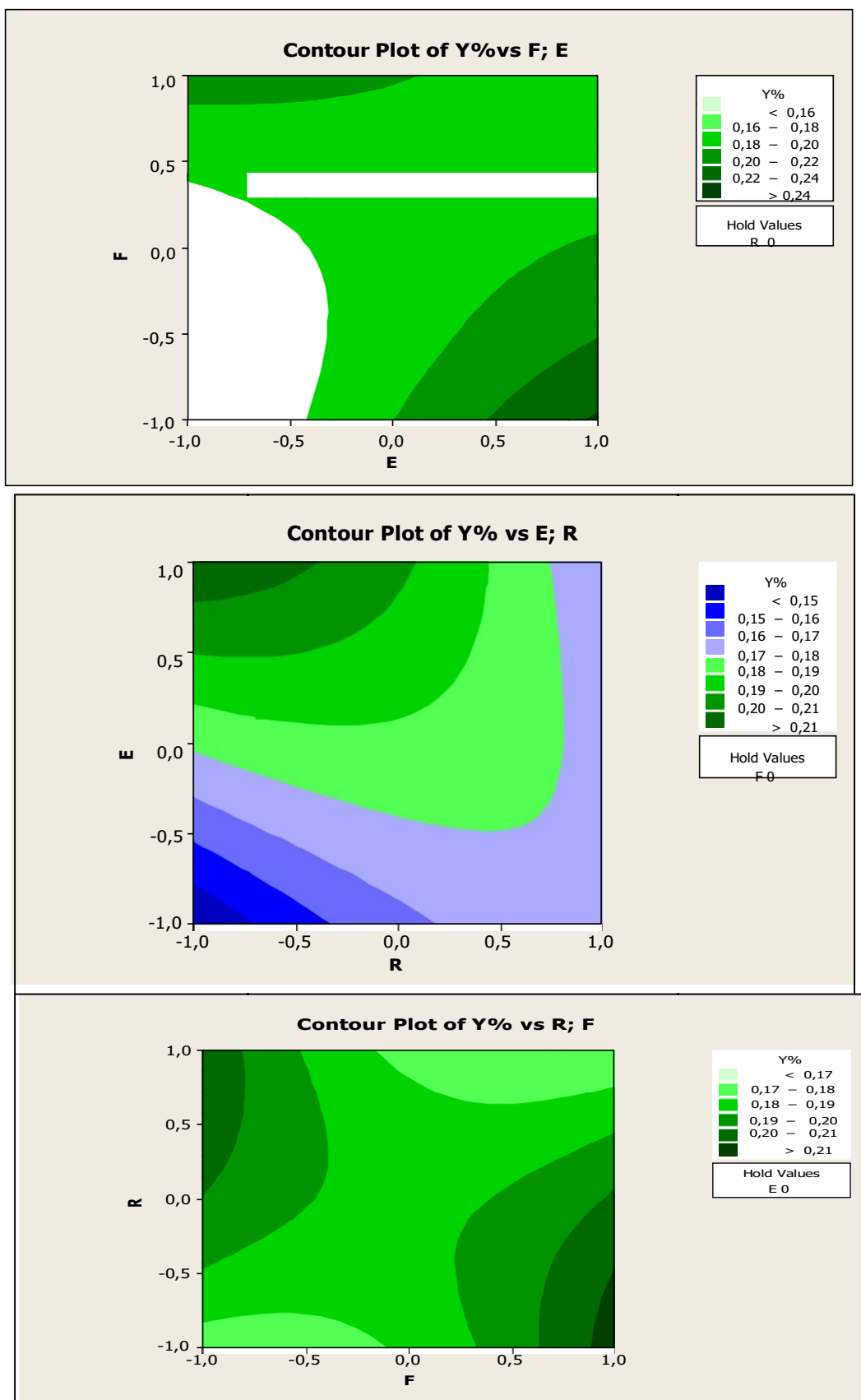


Figure 14 : Graphique de contour de A(%) des extraits (EHA).

II.6. Estimation statistique du modèle d'optimisation d'enrichissement de la margarine par des extraits lyophilisés

II.6.1. Diagrammes de surface des réponses

Les diagrammes de surface des modèles quadratiques sont obtenus en maintenant une variable constante au niveau central et en faisant varier les deux autres dans les limites expérimentales qui sont : 2,5 - 7,5 ppm de concentration de R, 10-40 ppm de concentration de E et F pour les extraits obtenus par l'eau et de 5-15 ppm de concentration de R, de 10-30 ppm de concentration de E et de 5-15 de concentration en F pour les extraits obtenus par le mélange éthanol/eau (50/50; v/v). Ces diagrammes permettent d'illustrer les effets linéaires, quadratiques et interactifs sur chaque variable de sortie (taux de sel (en %) et l'acidité (en %)).

Optimisation en 3D de A% (EA)

Concernant l'acidité (A%) de la margarine après l'incorporation des extraits lyophilisés des plantes médicinales, les surfaces de réponse indiquent que les réponses optimales se situent dans les limites supérieures de la conception. En effet, la **Fig. 15** montre que A (%) atteint des valeurs maximales lorsque la concentration de R est égale à 7,5 ppm, la concentration de F varie de 10 à 25 ppm et avec une concentration de E varie de 25 à 40 ppm. Nous notons également l'absence d'effet quadratique et l'effet d'interaction entre R et F. A la **Fig. 15.b** nous observons deux effets linéaires importants de E et de F, l'absence d'interaction entre les deux variables (E et F) et l'absence d'effets quadratiques. La **Figure 15.c** montre qu'il n'y a pas d'effet significatif exercé sur A (%) lorsque nous avons fait varier les deux paramètres R et E. Ces résultats montrent que la réponse A (%) de la margarine dépend de la concentration de E et F. En effet, l'augmentation de la quantité de E et F provoque une diminution de l'acidité.

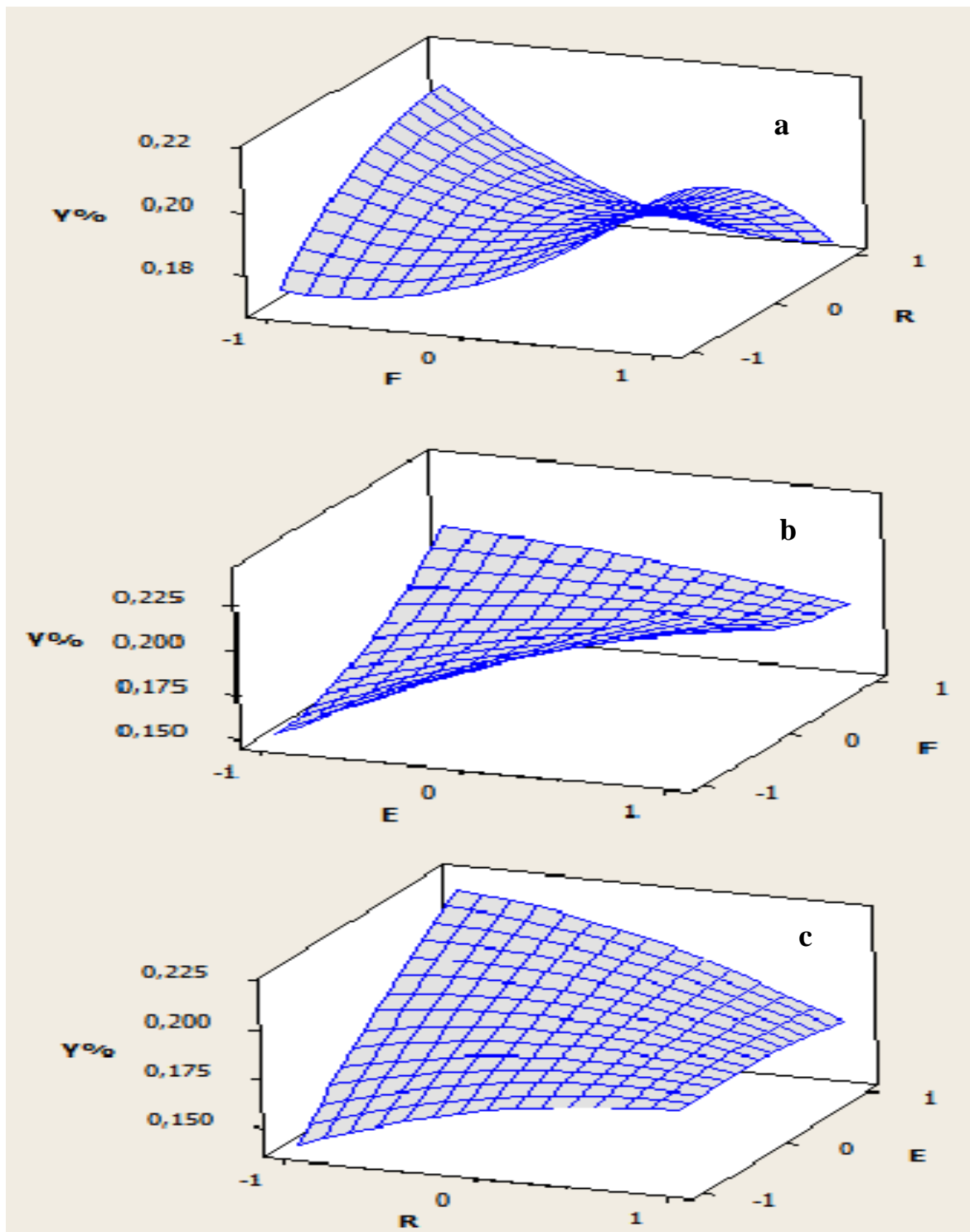


Figure 15 : Surface de réponse A%, (EA)

Optimisation en 3D de TS % (EA)

La **Fig. 16.a** montre un effet linéaire important de E sur le taux de sel (%), mais il n'y a pas d'effet quadratique et d'effet d'interaction. Dans la Fig 16.b où on a fixé la variable R et on a fait varier F et E, nous constatons qu'il n'y a pas un effets significatifs linéaires entre F et R sur la variable TS (%) de la margarine enrichi avec des extraits lyophilisés des plantes médicinales extraites par l'eau distillé. Dans la **Fig 16.c** nous observons que la variable F n'a pas d'effet important sur la variation de TS (%) et on observe un effet linéaire de R. Aucun effet significatif n'est observé dans la **Figure 16.c**. qui mettent en évidence que la concentration de E et F ont un effet significatif sur TS (%) et la combinaison de la concentration de R et F affecte le paramètre TS(%) de la margarine enrichie avec les extraits préparés auparavant.

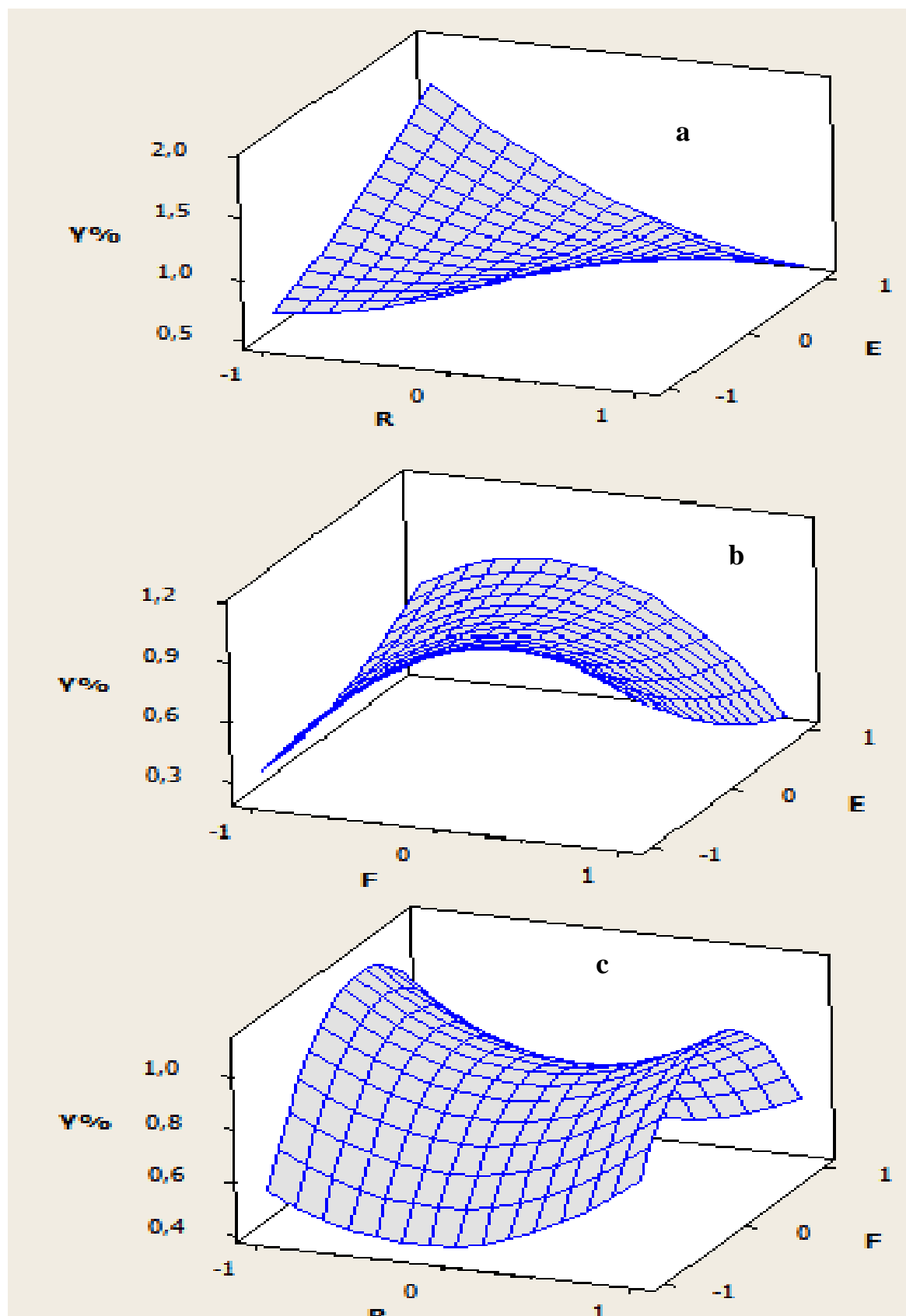


Figure 16 : surface de réponse TS% (EA)

La **Fig 17.a** montre que les effets linéaires de E et F sont significatifs, alors que leurs effets quadratiques et les effets d'interaction sont absents. À la **Fig 17.b** nous observons la présence d'effet linéaire de E et de F. La **Fig 17.c** est caractérisée par deux effets linéaires significatifs celui du R et du F. Nous remarquons qu'en fixant la concentration de E et en faisant varier la concentration de R et le F, le taux de sel s'accroît suite à l'augmentation de la concentration de F, mais il diminue en fonction de l'augmentation de la concentration de R. Ceci montre que pour une même concentration de E, lorsqu'on augmente la concentration de R on doit diminuer la concentration de F pour avoir un taux de sel dans la margarine de table enrichi avec les extraits de HA bas.

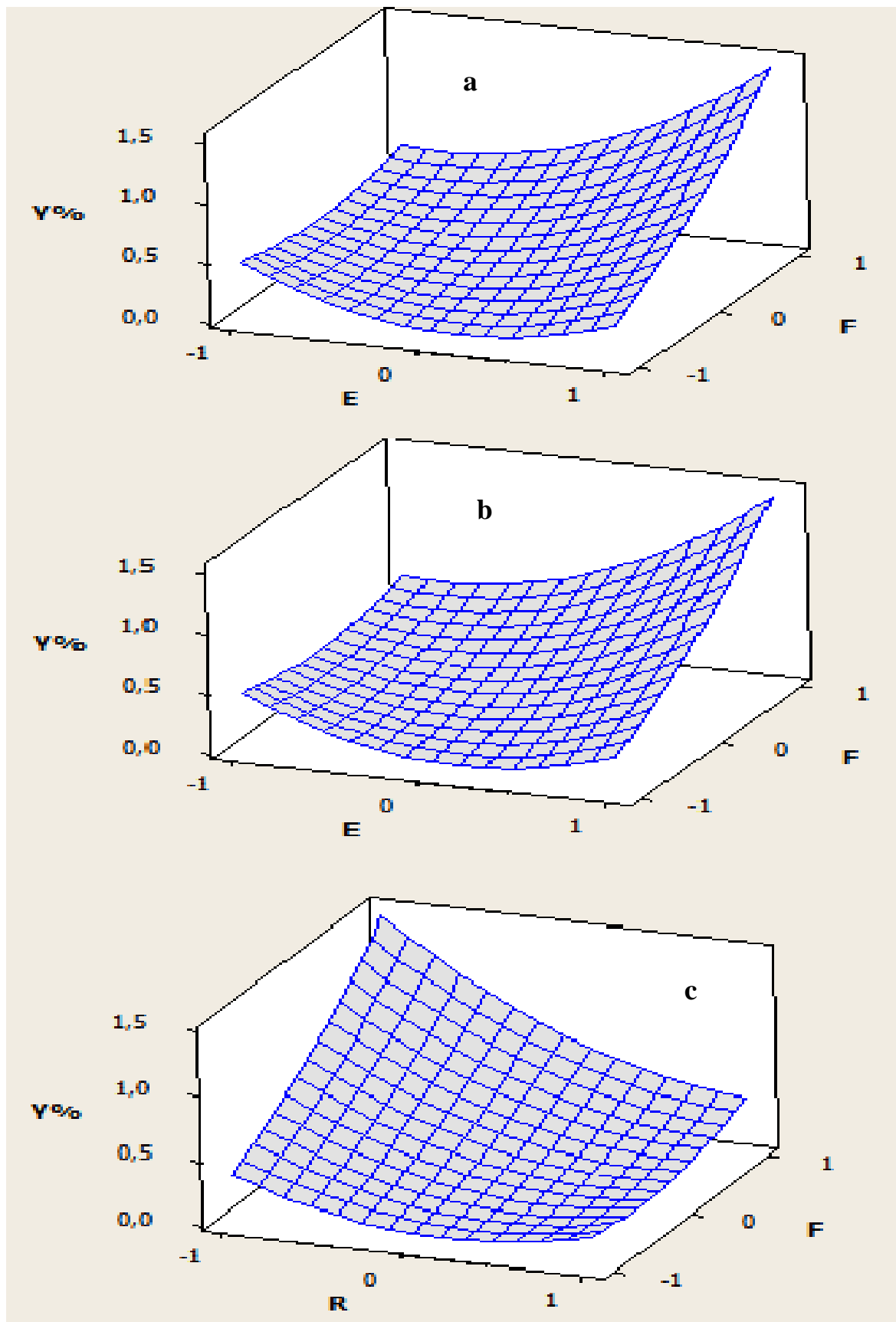


Figure 17 : Surface de réponse TS (EHA)

La **Fig. 18.a** montre la présence d'effets linéaires pour R et E. Nous notons également la présence d'effet quadratique et l'effet d'interaction entre ces deux variables. A la **Fig. 18.b** nous observons un effet linéaire de F et de E, la présence d'interaction entre les deux variables F et E, et la présence d'effets quadratiques. La **Fig. 18.c** montre la présence d'effet linéaire significatif exercé sur l'acidité (A%) de la margarine lorsque nous avons fait varier les deux paramètres R et F. Ces résultats montrent que le paramètre A (%) de la margarine dépend de la concentration de R, de F et de E. En effet, les valeurs basses de R, de E et de F provoquent une diminution progressive des acides gras libres dans le milieu réactionnel ce qui entraîne une diminution de l'acidité de la margarine préparée avec des extraits lyophilisés extraits par le mélange eau/Ethanol.

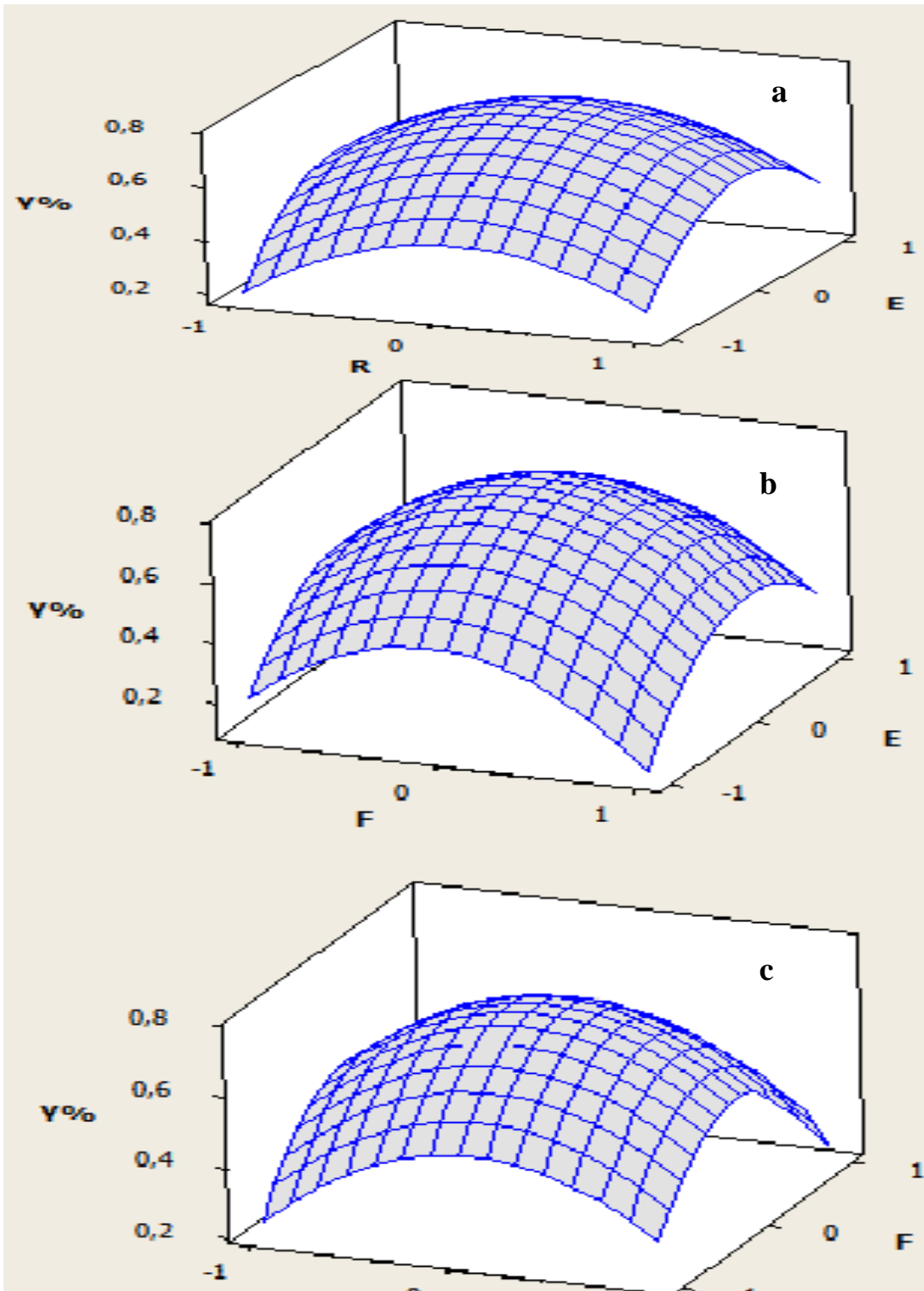


Figure 18 : Surface de réponse A% (EHA)

II.7. Propriétés de la couleur

Les paramètres de la couleur (tableau) du produit fini. La margarine témoin (non prétraitées) présentent une couleur jaune et donc a^* et b^* les plus faibles et par conséquent un indice de saturation plus faible.

Tableau 10: les paramètres de couleur de margarine incorporée en EH des plantes

N° d'essai	Couleur		
	L	a	b
1	71.56	+68.9	+24.06
2	70.7	+9.93	+24.03
3	70.73	+20.96	+27.2
4	68.4	+21.96	+21.93
5	70.43	+20.13	+23.7
6	64.93	+45.33	+14.86
7	64.36	+34.4	+25.33
8	62.83	+16.6	+19.33
9	73.8	+18.7	+25.2
10	65.4	+32.85	+21.16
11	69.93	+23.86	+17.16
12	62.03	+18.73	+18
13	83.63	+142.76	+19.2
14	72.1	47.7	+20.03
15	69.8	52.41	+18.7
T	68.1	1.25	30

La margarine incorporée par EH lyophilisés, présente une couleur verte claire et par conséquent les valeurs de la tonalité (L). La valeur élevée de a^* et b^* sont dues à la couleur des extraits des plantes. La différence entre le témoin et la margarine incorporée traitées est observée pour le paramètre a^* .

Tableau 11: les paramètres de couleur de margarine incorporée en EA des plantes

N° d'essai	COULEUR		
	L	A	B
1	68.4	+1.7	+31.35
2	69.15	+2.3	+33.7
3	62.9	+0.85	+23.8
4	65.45	+1.45	+25.55
5	63	+1.05	+23.3
6	62.5	+1	+31.3
7	57.1	+2.75	+20
8	58.55	+0.35	+24.3
9	67.4	+0.25	+24.75
10	63.55	+1.9	+26.15
11	71.6	+0.5	+26.6
12	70	+1.35	+23.15
13	61.2	+0.75	+28.5
14	67.1	+1.3	+25.5
15	66.2	+1.24	+27.8
16	63.5	+1.05	26.3
T	67	+1.25	29.95

La margarine incorporée par EH lyophilisés, présente une couleur verte claire et par conséquent les valeurs de la tonalité (L). La valeur élevée de a^* et b^* est due à la couleur des extraits des plantes. Il n'y a pas une grande différence entre le témoin et la margarine incorporée.

Conclusion et perspectives

Lors de cette étude, nous avons optimisé le processus d'enrichissement d'une margarine de tables par l'incorporation des extraits lyophilisés de trois plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis L*, *Ephedra alata* et les feuilles d'oléastre) obtenus par deux solvants : aqueux et hydro-alcoolique par la méthode de surface de réponse dite **Box-Behenking**.

A l'issue des résultats obtenus, Les rendements des extraits aqueux et hydro-alcoolique (50/50;v/v) des trois plantes lyophilisés, possèdent (17.3264, %), (10,865 %) respectivement pour *Ephedra alata*, (2,6597%), (3.177) respectivement pour *Rosmarinus* et (13.960 4.), (6.2853%) respectivement pour *feuilles d'olive*, avec un rendement important pour *Ephedra alata* dans l'eau distillé, que dans le mélange hydro-alcoolique et élève par rapport ou moyenne chez les *feuilles d'olive* dans les deux types de solvant d'extraction (aqueux et hydro-alcoolique) et très faible pour le *Rosmarinus*.

Les résultats de nos travaux ont montré l'effet des paramètres (ou les constituants qui sont des extraits lyophilisés de 03 plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis L*, *Ephedra alata* et l'oléastre) sur la diminution relative de taux de sel avec 0,79% (de l'échantillon témoin) à 0,22 % (margarine avec des extraits) et la diminution de la valeur de l'acidité de 0,17 % (de l'échantillon témoin) à 0,14 % (margarine avec des extraits). Ce qui montrent que la margarine enrichie avec des extraits des plantes présente une faible teneur en sel que la margarine témoin. En effet, les composés actifs (telle que l'antioxydant) agit sur les minéraux telle que le NaCl et piège la formation des acides gras libres. Ceci entraîne la diminution de TS (%) et de A (%).

En perspective, il est souhaitable d' :

- Utiliser de nouvelles substances bioactives naturelles pouvant répondre aux différents problèmes de santé humaine.
- Valoriser l'activité anti-oxydante des plantes (*Rosmarinus officinalis L*, *Ephedra alata* et l'oléastre) dans le domaine non seulement industriel mais plutôt médical.
- Etudier les autres activités biologiques de ces plantes (activités antimicrobiennes)
- Un travail complémentaire par d'autres techniques (GC/MS et HPLC) sur le produit fini est important vis à vis le mécanisme réactionnel (synergie) entre les différentes plantes choisies et la diffusion des extraits lyophilisés dans le produit traité.

Conclusion et perspectives

- Etudier l'effet d'inhibition des principes actifs extraits à partir des plantes locales sur les minéraux anioniques et cationiques.
- D'autres plantes médicinales locales méritent d'attirer l'attention des chercheurs scientifiques ainsi leurs utilisations dans les aliments comme additifs et/ou conservateurs.
- Des études l'utilisation d'autres processus d'amélioration et d'enrichissement (par modélisation ou optimisation) sur d'autres produits alimentaires en incorporant d'autres composés actifs sont souhaitables.

Références bibliographiques

- **Aefelbum.m, Romon.M et Dubus.M(2004)** : Diététique et nutrition, p :535.
- **Ahmad M., Clyde S., 1992** : Les matières grasses destinées aux produits de boulangerie. Quesont-elles ? Comment fonctionnent-elles. *United SoybeanBoard*.
- **Allais.C et Linden.G(1997)** : Abrégé à biochimie alimentaire, 4ème édition. ISBN :2-225-82853-9 ; p:1-31.
- **Al-QarawiA.A .,Abd-Allah E.F. et Abeer H., 2011** : *Ephedra alata* as biologically-based strategy inhibit aflatoxigenicseedborne mold. African journal of Microbiology Research, Vol.5, N°16,pp. 2297-2303 An herbal suplement containing Ma Huang-Guarana for weight loss : a randomized, doubleblindtrial.Int J ObesRelatMetabDisord., Vol.25, N°3, pp.316-324
- **Andreadou, I., Iliodromitis, E.K., Mikros, E., Constantinou, M., Agalias, A., Magiatis, P., Skaltsounis, A.L., Kamber, E., Tsantili-Kakoulidou, A., Kremastinos, D.T., (2006)** :The olive constituent oleuropein exhibits anti-ischemic, antioxidative, and hypolipidemic effects in anesthetized rabbits. J Nutr., 136(8): 2213-2219.Arch ExpVeterinarmed. Vol.44,N°3,pp.389-394
- **Bellakhdar J., 1997** ;:La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoir populaires. Ed. Ibis Press.764p.
- **benavente-Garcia , O., Castillo, J., Lorente, J., Ortuno, A., Del Rio, J. A., (2000)**. Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L-leaves. Food Chemistry, 68(4),457-462.
- **Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Lorente, J., Ortuno, A., Del Rio, J. A., (2000)**. Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L-leaves. Food Chemistry, 68(4), 457-462. Bisignano, G., Tomaino, A., Lo Cascio, R., Crisafi, G., Uccella, N., Saija, A., (1999). On the in-vitro antimicrobial activity of oleuropein and hydroxytyrosol. Pharm Pharmacol, 51(8),971-974.
- **Boozer C.N.; Nasser JA.;HeymsfieldS.B.;WangV.,Chen G. ET Solomon J.L.,2001:**
- Calvo, M.M. Garcia, M.L. Selgas, M.D.,(2007) : Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. Meat Science xxx(2007).
- **cansell, 2005**: Impact de la cristallisation des corps gras sur les propriétés des produits finis. OCL. 12 (5-6).427-431.

- **Carée P., 1953.** Précis de technologie et de chimie industrielle. Tome III. Ed : Ballière J.B. et fils. Cité par Mohammedi Z., 2006. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse pour l'obtention du diplôme de magister en Biologie. Option : Produits naturels, activités biologiques et synthèse. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 155p.
- **Caveney et al. 2001** : New observation on the secondary chemistry of world Ephedra (Ephedraceae). American journal of Botany .Vol.88,N°7.PP.1199-1208
- **Cheftel.J-C et Cheflel.H(1986)** : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments (tome1), Lavoisier : TEC et DOC.ISBN2-85205-071.
- Coni, E., Di Benedetto, R., Di Pasquale, M., Masella, R., Modesti, D., Mattei, R., **Carlini, E.A., (2000)**. Protective effect of oleuropein, an olive oil biophenol, on low density lipoprotein oxidizability in rabbits. Lipids, 35(1),45-54.
- **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.
- **Cronquist, A., (1981)**. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia UnivesityPress.
- **DeMan et al. (1994)** : Functionality of palm oil and palm kernel oil in margarine and shortening, PORIM Occasional Papers; (32) :1-14.
- **Dupin. H, Michaud .C(2000)** : Aliment, alimentation et santé ; 2éme édition TEC ET DOC Lavoisier-paris, ISBN :2-7430-0418-5 ;p:57-59.
Et al. (2003)- Dietary flavanols and procyanidin oligomers from cocoa (Theobroma Cocoa) inhibit plateletfunction. Am J Clinnutr. 2003, 77, pp. 1466-1473.
- **Faur.L(1992)** : Transformation des corps gras à des fins alimentaires (tome 2).In manuel des corps gras, paris : Tec et DOC Lavoisier. ISBN/ 2-85206-428-6,p:11.
- **Fleming H.P., Walter W.M .et Etchells J.L (1973)**. Antimicrobial properties of Oleuropein and products of its hydrolysis from green olives. Appl Microbial1973, 26, pp777-782.
- **Foster et al.,2009** : **Foster R.,** Williamson C.S. et Lunn J. (2009). Culinary oils and their health effects. British Nutrition Foundation, *Nutrition Bulletin*. 34:4-47.
- **Furneri, P.M.,** Marino, A., Saija, A., Uccella, N., Bisignano, G., (2002). In vitro antimycoplasmal activity of oleuropein. Int J Antimicrob Agents., 20(4),293-296.
- **Ghourri M., Zidane L .;Douira A., 2013** : Usage des plantes médicinales dans le traitement du Diabète au sahara marocain (Tan-Tan).*Journal of animal and plant sciences*,Vol.17,pp.

- **Giamarellos-Bourboulis, E.J., Geladopoulos, T., Chrisofos, M., Koutoukas, P., Vassiliadis, J., Alexandrou, I., Tsaganos, T., Sabracos, L., Karagianni, V., Pelekanou, E., Tzepe, I., Kranidioti, H., Koussoulas, V., Giamarellou, H., (2006).** Oleuropein: a novel immunomodulator conferring prolonged survival in experimental sepsis by *Pseudomonas aeruginosa*. *Shock*, 26(4),410-416.
- **Graille .J ,2003).** Lipides et corps gras alimentaires, paris : Tec et Doc Lavoisier ISBN :2-7430-0594-7 ;p:1-31.
- **Hegazi G.A.E et El-Lamey T.M., 2011 :**In vitro production of some phenolic compounds from *Ephedra alata*Decne.*J.Appl.Eviron. Biol.Sci.*,Vol,1,N°8,pp.158-163
- **Hill M. (2004) :** Product and Process Design for Structured Products. *AIChE Journal*. 50 (8) :1656-1661.
- **Ibanez E.Aranzazu O.,** Supercritical Fluid Extraction and Fractionation of Different Preprocessed Rosemary Plants, *J.Agric. Food Chem*, No. 47, 1999,p.1400-1404.
- **Jouve, 1996 L :** la qualité microbiologique des aliments maitrise et critères ; polytechnique ; p(140-144).
- **Karakaya, S., (2004).** Bioavailability of phenolic compounds. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 44 (6),453-64.
- **Karleskind A. et Wolff J.P, 1992:** Manuel des corps gras. Ed : Tech et Doc.1579p.
- **Karleskind.A :** Manuelle des corps gras, édition : TEC et DOC ,Lavoisier
- **Kebili Zohra., 2016 :** contribution a l'étude de quelque activités biologique des extraits de *Ephedraalata*, *launaearesdifolia* and *oudneyaafricana*. Diplôme d'ingénieur d'Etat. Université des bioproduits.UniversitéKasdiMerbah-Ouargla.102p
- **Leong, L.P., Shui, G. (2002).** An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem*. 76,69-75.
- **Ma G.; Bavadekar S.A.; Davis Y.M .; Lalchandani S.G.;Nagmani R .;SchanebergB.T.;Khan I.A.; et Feller D.R., 2007 :** Pharmacological Effects of Ephedrine alkaloids on Human α_1 - and α_2 Adrenergic Receptor subtypes. *The journal of pharmacology and Experimental Therapeutics*, Vol.143,N°1,pp.214-221.
- **Murphy K.J., Chronopoulos A.K, Singh I, Francis M.A., Moriaty H. et PikeM.J.**
- **Nawwar M.A.M. El-Sissi H.I. et Barakat H.H.,1984 :** Flavonoid constituents of *Ephedra alata*.*Phytochemistry*, Vol.23, N°12,pp.2937-2939

- **OTeng, Gyang.K (1984)** : Introduction à la microbiologie alimentaire dans les pays chauds, édition : TEC& DOK Lavoisier. ISBN : 2-8506-244-2,p :43-92
 - **Ouled El Hadj M.D.; Hadj-Mahammed M.et Zabeirou H., 2003** :place des plantes spontanée dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (sahara septentrional est). Courrier du savoir. n°3, pp.47-5
 - **Ozenda P., 1991** : flore et végétation du Sahara. Centre National De La recherche scientifique, Paris (3émeEd).662p
 - **Padrini P. et Lucheroni M.T, 1996** : Le grand livre des huiles essentielles -guide pratique pour retrouver vitalité, bien-être et beauté avec les essences. Ed : De Vecchi, Paris. Pages 11, 15, 61 et111.
 - **Panizzi, L., 1960** :The constitution of oleuropein, a bitter glucoside of the olive with hypotensive action. Gazz. Chim. Ital., 90,1449-85.
 - **Phinney K.W. ; Ihara T. et Sander L.C., 2005** : Determination of Ephedrine alkaloids stereoisomers in dietary supplements by capillary electrophoresis.Journal of chromatography A, Vol.1077, pp.90-97
 - **Polzontti V., Egidi D., Vita A., et al.(2004)**-Involvement of oleuropeininDigestive metabolic pathways. Food Chemistry .2004, 88, pp11-15.
 - **Prior E., 2003** : Usage des corps gras alimentaires dans les différents secteurs de la technologie alimentaire. In :Graille J, ed. Lipides et corps grasalimentaires :87-147.
 - **Puel C., Mathey, J., Agalias, A., Kati-Coulibaly, S., Mardon, J., Obled, C., Davicco, M.J., Lebecque, P., Horcajada, M.N., Skaltsounis, A.L., Coxam, V., (2006)**: Dose-response study of effect of oleuropein, an olive oil polyphenol, in an ovariectomy/inflammation experimental model of bone loss in the rat. ClinNutr., 25(5), 859-868.
- Reblova Z., Kudrnova J., Trojakova L. etPokorny J.** Effect of rosemary extracts onThe stabilization of frying oil during deep fat frying. J Food Lipids, 1999 6 13-23.
- **Robert A. et Lobstein A., 2005** :. Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed : Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 522p.
 - **Roger.F (1974)** : les industries des corps gras, édition : TEC & DOC Lavoisier-paris.
 - **Scriben.R(1988)** : les industries des corps gras, édition : TEC et DOC Lavoisier-paris. ISBN 2-225-82853-9, p :234-241

- **Sekkak S., 1996** : Etude comparative entre la margarine importée (labelle) et la margarine diététique produit au niveau du laboratoire de l'I.I.A. UniversitéUMBB.
- **ShabanaM.M. ;Mirhom Y.W. ;Genenh A.A. ;Aboutable E.A et Amer H.A.,1990** : Study into wild Egyptian plants of potential medicinal activity. Ninth communication : hypoglycaemic activity of some selected plants in normal fasting and alloxanisedrats.
- **slimani, 2008** : Elaboration d'un plan de contrôle de qualité de la margarine de l'unité la belle. UniversitéUMBB.
- **Soni M.G. ; Carabin I.G. ; Griffiths J.C. ; et Burdock G.A., 2004** : Safety of Ephedra :lessons learned.ToxicologyLettersn,Vol,150,pp.97-110
- **ThermolierE. J, Serville.Y, Jaquot.R et Dupin.H(1984)** : les aliments (tome2).ISBN :2-7101-0067-3,p:166.

Visioli, F.; Petroni, A.; Galli, C. phenolic compounds extracted olive oil Prevent oxidation of low-density lipoproteins and inhibit platelet function and Platelet and leukocyte eicosanoid production in vitro. In Oxidative processes and antioxidants; paoletti, R., et al., Eds., Raven press : New York, 1994; pp 199-206.

Annexe 1

I.1. Présentation de l'unité «labelle»

L'unité la belle est une margarinerie créée le 2004 par M^R Dahmani Djilali, elle se trouve dans la zone industrielle de DAR EL BEIDA à proximité de la gare ferroviaire et occupe une superficie de 500 m².

I.1.1. L'activité principale de l'unité est la fabrication de différents types de margarines

dont:

- la margarine de table (*LaBelle* poids 500g, 250g).
- la margarine allégée (*Hambondi* poids 500g, 250g).
- la margarine pâtissière plaquette (*LaBelle* poids 250g).

Sa capacité de production est de 45 tonnes/jours.

I.2. Principales étapes de fabrication de la margarine de table :

I.2.1. Description du processus de fabrication de margarine à la «la belle»:

Le procédé utilisé au niveau de la belle, est le procédé continu, type combinatoire.

(SCHRODDER)

I.2.1.1. Présentation des équipements de l'unité

L'unité ne dispose pas d'un atelier d'hydrogénation et de raffinage, donc les huiles hydrogénées sont portées de Bejaïa.

Elle comprend deux laboratoires, un fondoir, deux chambres froides, une chambre de stockage des huiles et un atelier de production.

- Lefondoir

C'est un bac traversé par un serpentin d'eau chaude dont la température est de 60°C.

Son rôle est de faire fondre les graisses conditionnées dans des cartons.

Il est localisé à l'extérieur de l'unité de production.

- La chambre de stockage des huiles

Elle comprend 4 cuves:

- Cuves n°1 et 2 : de capacité 500m³.
- Cuves n°3 et 4 : utilisées pour le stockage des huiles raffinées fluides.

- L'atelier de production

Il comprend:

a. Cuves de préparation

- cuve de préparation de la phase grasse.
- cuve de préparation de la phase aqueuse.
- Deux cuves d'émulsion.
- cuve de stockage de la margarine à recycler.
- cuve de fonte.

b. Stérilisateur

La phase aqueuse subit une stérilisation par UV avant de passer à l'émulsification.

c. Combinateur

C'est un cristalliseur constitué de deux tubes refroidisseurs et un cristalliseur où l'émulsion pompée est cristallisée et malaxée de manière à acquérir une souplesse et une homogénéité recherchée.

d. Conditionneuses

L'unité dispose d'une conditionneuse pour la margarine de table en pots de 250g et 500g.

e. Chambre froide

La margarine est stockée dans une chambre froide à une température maintenue entre 6 et 15°C.

I.3. Technologie de fabrication

La quantité nécessaire du mélange d'huiles (raffinée et hydrogénées) sont pompées à partir des cuves de stockage vers la cuve de préparation dans laquelle sont ajoutés les ingrédients liposolubles, le tout est chauffé sous agitation jusqu'à dissolution complète de ces derniers.

La quantité d'eau aspirée est additionnée des ingrédients hydrosolubles, les deux phases ainsi préparées sont pompées vers des cuves d'émulsification.

L'émulsion est pompée vers le cristalliseur où elle sera refroidie et cristallisée, elle est ensuite malaxée pour avoir un aspect pâteux.

Enfin, la margarine est conditionnée dans des pots de 250 et 500 g, Après conditionnement, la margarine est stockée à la température ambiante pendant 24 h dans un espace libre juste en face de la conditionneuse, puis elle est stockée dans la chambre froide à une température de 10°C jusqu'à sa commercialisation.