



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Djillali Bounama de Khemis- Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre

Département des sciences biologique

Spécialité : Microbiologie appliquée

Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Thème

*Réalisation d'une préparation alimentaire à base
de Café et de graines de Lupinus albus*

Présenté par :

Melle : BOUDJELLAL Nawal

Melle : MELLOUK Ahlam

Soutenu le : 16/09/2018

Devant le jury :

- ❖ *Présidente : NABTI.D*
- ❖ *Promotrice : M^{me} ZAOUADI. N*
- ❖ *Examinatrice : M^{me} OUAZIB. M*

*MCB UKM
MAB UKM
MAB UKM*

Année universitaire : 2017/2018.

Remerciements

Tout d'abord, louange à « Allah » qui nous a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et nous a inspiré les bons pas et les justes reflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.

On tient à exprimer toute nos reconnaissances et remerciements :

A **Mm. N. Zaouadi**. Pour avoir accepté la charge d'être promotrice de ce mémoire. On la remercie pour sa disponibilité, ses pertinents conseils, ses orientations et pour les efforts qu'elle avait consentis durant la rédaction de ce mémoire, ainsi pour son soutien moral et scientifique qui nous a permis de mener à terme ce projet.

A **Mm. D. NABTI** qui nous a fait l'honneur de présider le jury. Merci pour avoir accepté d'évaluer ce travail et votre disponibilité,

A **Mm. M. OUAZIB**, pour avoir gracieusement accepté de siéger parmi les membres du jury.

A **Mr. HAMDANE IBRAHIM**, directeur général de « S.A.R.L. ALGOFOOD », à **Mr. TOUHAMI SAID**, responsable technique et de production , **Mr HADDAD ADEL** ; responsable de production de nous avoir encadré pendant notre stage et de nous avoir transmis leur connaissances ainsi que l'ensemble du personnel de **SARL AROMA** , pour nous avoir accueilli au sein de leurs S.A.R.L et pour leurs précieuses aides et **Mlle RAZIKA DERRICHE**, contrôleuse de qualité qu'on remercie sincèrement pour son aide et sa vaste gentillesse et pour tous les bons moments passés ensemble et **Mr MOURAD AROUDJ**, chef de groupe.

A **Mm. Nawal et Mlle Aicha**, ingénieurs de Laboratoire de Biochimie et de Microbiologie à la Faculté de Khemis-Miliana, pour nous avoir permis de travailler au sein du Laboratoire et d'utiliser tout le matériel dont on avait besoin, et pour leur disponibilité, leur bonne humeur, et pour nous avoir fait partager leur expérience.

Au personnel de Laboratoire de contrôle de qualité « SACQEM » à Oran.

Et à tous ceux qui se sont intéressés à notre sujet et qui portent désormais un regard nouveau
Sur le café !

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

A mon père et ma mère qui m'ont éclairé mon chemin et qui m'ont
Encouragé et soutenu tout au long de mes études depuis ma naissance.

A mes frères Mohammed, Azzeddine.

Mon frère Foudhil, sa femme Yasmine

Ma soeur Fatima Zohra, son mari Mohammed, et leurs enfants
Imen, Kholoud, Nour el houda, Abd elrraouf.

Ma soeur Fayza, son mari Abd el kader, et ses petits abd el moemin,
Meriem.

A toute ma famille.

Mes très chère amies : Noura, Fuozia, Hafidha,
Malika ; Habiba, Akila, Hafidha, Lobna, Ahlem, Amina,
Nassima, Sara, Djihad, Imene.

Je tiens à remercier Sabrina, Amina, Abde Essalam, Amine,
Fatiha, Nadia pour m'avoir aidé à réaliser ce mémoire.

A Bakhta, Nabila, fatiha, Malika, Fethia, Walid, Soumia, Siham,
Imene, Hassiba, Nacera, ayed Fatima, Houria, Hakima.

Et pour toute la promotion Master2 microbiologie appliquée 2018.

Melle Nawal

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

À mon père et ma mère pour m'avoir permis de faire ces études, pour vos encouragements et votre présence aimante que le Dieu leur garde .

À mes frères FARID et HOCINE, pour leur présence confiante et apaisante tout au long de mes études.

À mes sœurs HAYAT, SAMAH et KHIERA et son petit LOUAY-ISMAIL qui j'aime de tout mon cœur et qui fait entrer la joie dans mon cœur.

À toute ma famille.

À mon binôme, pour ces inoubliables moments passés ensemble.

À mes très chères amies de promo : AMINA, NASSIMA, SARA, JIHADE, HABIBA, HAFIDA ET MALIKA. Merci pour ces belles années étudiantes et pour tous ces moments qu'il nous reste encore à partager.

Melle AHLAM

ملخص :

وراء فوائد البن على صحة الإنسان ، وجدنا أن الاستهلاك المفرط له يؤدي إلى آثار ضارة.

الهدف من هذا العمل هو إعداد منتج مركب على أساس حبوب البن والترمس الأبيض (Lupinus albus) ، وبالتالي تكون قادرة على تقديم بديل للقهوة التي تقدم المنتج الوظيفي مع الحفاظ على الخصائص الحسية للمنتج.

نتائج توصيف الاختبارات المصاغة تظهر:

- محتوى الرطوبة بين 0.6-8.35% نتيجة لمعاملة المعالجة (عامل الوقت والحرارة) ، بالنسبة للمنتج المرجعي هو 2.25%.
- محتوى الرماد بين 5.13-9.18% ، بينما 5.62% للمنتج المرجعي.
- مستوى السكر بين 0.49-3.49% ، بينما 2.78% للمنتج المرجعي.
- محتوى الدهون بين 7.6 - 21.04 % ، في حين أن المنتج المرجعي هو 11.04% .

مستوى مرتفع من البروتين بين 15.61-43.29% ؛ مع 15.35% فقط للمنتج المرجعي. يمكن تفسير هذه النتيجة بوجود 40.05% بروتين في حبيبات الترمس مقابل 13.56 و 15.86% لقهوة ارابيكا و قهوة روبوستا على التوالي.

إن الدراسة الحسية التي اختبرت سمات اللون والرائحة و العبير والطعم والمرارة من قبل عدد من المستهلكين تعطي نتائج إيجابية لذلك فإن إضافة الترمس إلى القهوة لا يؤثر على الخصائص الحسية للمنتج.

أظهرت نتائج التحليل الميكروبيولوجي للمواد الخام غياب كلي للجراثيم التالية: الكوليفورم الكلي والبرازي ، العنقوديات الذهبية ، كلوستريديوم SR ، السالمونيلا ووجود GAMT ، الخمائر والقوالب ولكن مع القيم وفقا للمعايير الجزائرية . من ناحية أخرى ، سعى الغياب الكلي للجراثيم في المستحضرات المصنعة بسبب فعالية المعالجة الحرارية أثناء التحميص.

في نهاية هذا العمل تمكنا من الحصول على صيغة مثالية تتكون من 15% قهوة أرابيكا و 35% من الترمس الأبيض و قهوة روبوستا 50%.

الكلمات المفتاحية: إعداد منتج غذائي ، الترمس الابيض ، قهوة أرابيكا ، قهوة روبوستا .

Résumé

Au-delà des actions bénéfiques du café sur la santé humaine, nous avons constaté que sa surconsommation entraîne des effets néfastes.

L'objectif de ce travail est de réaliser une préparation alimentaire à base de café et de grains de lupin blanc (*lupinus albus*), et donc arriver à offrir une alternative au café offrant un aliment fonctionnel tout en préservant les propriétés sensorielles du produit.

Les résultats de la caractérisation des essais formulés montrent :

-Un teneur en humidité compris entre 0.6 et 8.35% due à la déférence de traitement (facteur de temps et de température). Alors que pour le produit de référence est de 2.25%.

-Une teneur en cendre compris entre 5.13 et 9.18 %, alors que de 5.62 % pour le produit de référence (café Aroma).

-Taux de sucre compris entre 0.49 et 3.49%, alors que de 2.78% pour le produit de référence.

-Taux de matière grasse entre 7.6 et 21.04 %, alors que pour le produit de référence est de 11.04 %.

Un taux important de protéines compris entre 15.61 et 43.29 % ; avec 15.35% seulement pour le produit de référence. Ce résultat peut être expliqué par la présence de protéine à 40.05 % dans le grain de lupin contre 13.56 et 15.86% pour café Arabica et Robusta respectivement.

L'étude sensorielle par un certain nombre de consommateurs donne des résultats positifs donc l'ajout de lupin au café n'influe pas sur les caractères organoleptiques de produit.

Le résultat de l'analyse microbiologique de la matière première a révélé une absence totale des germes pathogènes. Et une absence totale des germes recherchés dans les préparations formulées dues à l'efficacité du traitement thermique lors de la torréfaction.

A la fin de ce travail nous avons réussi à avoir une formule optimale composée de 15% de café Arabica, 35% de lupin blanc et 50% de café Robusta.

Mots clés : Préparation alimentaire, *Lupinus albu* , Café Arabica, Café Robusta.

Abstract:

Beyond the beneficial actions of coffee on human health, we found that its overconsumption leads to adverse effects.

The objective of this work is to make a food preparation based on coffee and white lupin (*Lupinus albus*) grains, and thus be able to offer an alternative to coffee offering a functional food while preserving the sensory properties of the product.

The results of the characterization of the formulated tests show:

- A solids content between 0.6-8.35% due to the treatment deference (time and temperature factor). For the reference product is 2.25%.
- A moisture content between 5.13-9.18%, while 5.62% for the référence product.
- Sugar level between 0.49-3.49%, while 2.78% for the reference product.
- Fat content between 7.6 - 21.04%, while for the reference product is 11.04%.

A high level of protein between 15.61-43.29%; with only 15.35% for the reference product. This result can be explained by the presence of 40.05% protein in the lupine grain versus 13.56 and 15.86% for Arabica and Robusta coffee respectively.

The sensory study that tested the attributes of color, smell, aroma, taste, bitterness by a number of consumers gives positive results so the addition of lupine to coffee does not affect the organoleptic characteristics of the product.

The result of the microbiological analysis of the raw material revealed a total absence of the following germs: Total and faecal coliforms, Staphylococcus aureus, Clostridium.S.R, Salmonella and the presence of the GAMT, Yeasts and molds but with values according to the Algerian standards. On the other hand a total absence of the germs sought in the formulated preparations due to the effectiveness of the heat treatment during roasting.

At the end of this work we managed to have an optimal formula composed of 15% Arabica coffee, 35% white lupine and 50% Robusta coffee.

Key words : Food préparation, *Lupinus albu*, Arabica coffee, Robusta coffee.

Liste des Abréviations

BLVBRP : gélose Lactosée au Vert Brillant et au Rouge de Phénol

Caco3 :

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique de France.

ISO : Organisation Internationale de normalisation.

Gélose PCA : Gélose Plate Count Agar.

Milieu VF : Milieu viande foie.

M S : Matière sèche.

OGA : Oxytétracycline Glucose Agar.

PR : Produit de référence.

SFB : Bouillon Sélénite-Cystine.

UFC : Unité formant colonie.

VRBL : Lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre.

Liste des tableaux

Tableau n° 01 : Propriété et caractéristiques des deux variétés de café (Arabica/Robusta).....	07
Tableau n° 02 : Composition chimique moyenne des grains de café verts et torréfiés.....	08
Tableau n° 03 : Classement non exhaustif des pays selon leur consommation de café par Habitant en 2014.....	17
Tableau n°04 : Caractéristiques nutritionnels de grains le lupin blanc.....	25
Tableau n°05 : Composition en acides aminés des graines de lupin.....	25
Tableau n°06 : Composition en acides gras dans les graines de lupin blanc.....	26
Tableau n°07 : Présentation des deux variétés de café importés par la société.....	31
Tableau n°08 : Tableau de méthode de réalisation des essais.....	50
Tableau n° 09 : Résultats de la caractérisation physico-chimique des matières première.....	53
Tableau n°10 : Résultats de recherche des différents germes dans les matières premières.....	54
Tableau n°11 : Résultats de la recherche des différents germes dans les préparations formulés.....	64

Liste des figures

Figure n° 01 : Caféier.....	04
Figure n° 02: Coupe transversal de la cerise de café.....	05
Figure n° 03: Photographie des graines des deux principales variétés du café; Arabica et Robusta.....	07
Figure n° 04 : Structure de la caféine.....	10
Figure n° 05: Triage des drupes.....	11
Figure n°06 : lupin blanc.....	21
Figure n° 07: Fleure et les graines de lupin blanc.....	23
Figure n° 08: Café vert nettoyé.....	31
Figure n° 09: Photographie de grain de lupin blanc.....	32
Figure n° 10: Stockage de matières premières (café vert, sucre).....	43
Figure n°11 : Station de charge et décharge du café vert à l'usine AROMA.....	43
Figure n°12: Machines de torréfaction.....	44
Figure n°13: Café torréfié sans et avec ajout de sucre.....	45
Figure n°14: Système de refroidissement.....	45
Figure n°15: Silos de stockages.....	46
Figure n°16: Moulin.....	46
Figure n°17: Silos de dégazage.....	47
Figure n°18: produit fini café Aroma.....	48
Figure n°19: Etapes de la production du café.....	48
Figure n°20 : Grains de lupin torréfié avec et sans tigulant.....	49
Figure n°21: Photographie du Torréfacteur, et du Broyeur.....	50
Figure n°22 : Analyse sensorielle des produits formulés au niveau de SARL Aroma.....	55

Figure n° 23: Représentation graphique des valeurs moyennes de couleur des produits formulés et de produit de référence.....	56
Figure n°24 : Représentation graphique des valeurs moyennes d'odeur des produits formulés et de produit de référence.....	56
Figure n°25 : Représentation graphique des valeurs moyennes d'acidité des produits formulés et de produit de référence.....	57
Figure n°26 : Représentation graphique des valeurs moyennes de goût des produits formulés et de produit de référence.....	57
Figure n°27 : Représentation graphique des valeurs moyennes d'arôme des produits formulés et de produit de référence.....	58
Figure n°28 : Représentation graphique des valeurs moyennes d'amertume des produits formulés et de produit de référence.....	58
Figure n°29 : Teneur en humidité des produits formulés et du produit de référence.....	59
Figure n°30 : Teneur en cendres des produits formulés et du produit de référence.....	60
Figure n°31 : Taux des sucres totaux des produits formulés et du produit de référence.....	60
Figure n°32: Taux de protéines des produits formulés et du produit de référence.....	61
Figure n°33 : Teneur en matière grasse des produits formulés et du produit de référenc....	62
Figure n°34: Valeurs de PH des produits formulés et du produit de référence.....	62
Figure n°35: Taux de matière soluble des produits formulés et du produit de référence...	63
Figure n° 36: Courbes iso réponses du taux de protéines, taux de cendres et taux de matière grasse.....	65

TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicaces

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale01

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: Généralités sur le café :

1/Historique :.....	03
2/Description botanique :.....	04
3/ Les variétés de caféier :.....	05
3-1/ Définitions :.....	05
3-2/Classification de caféier :.....	06
3-3/ Espèces de caféier :.....	06
4/Composition du café :.....	08
4-1/ L'eau :	09
4-2/ Vitamines et minéraux :.....	09
4-3/ Les fibres alimentaires :.....	09
4-4/Les alcaloïdes :.....	09
5/Processus technologique de la fabrication du café :.....	10
5-1/La Cueillette des cerises	11
5-2/Les traitements post-récolte des cerises :.....	11
5-3/Le triage des grains :.....	12
5-4/Le calibrage et classification des grains :.....	13
5-5/Emballage et stockage du café vert :.....	13
5-6/La torréfaction :.....	13
5-7/Dégazage :.....	14
5-8/Mouture, conditionnement ; emballage et conservation :.....	14

5-9/Commercialisation :.....	14
6/la qualité de café :.....	15
7/ Le marché du café :.....	15
8/Les effets de café sur la santé humaine :.....	16
8-1/ Effets bénéfiques :.....	17
8-2/Les effets préjudiciables :.....	18

Chapitre II: Généralités sur *Lupinus albus* :

1/Généralité sur le lupi...n blanc :.....	20
2/L'histoire du lupin blanc :.....	20
3/ Classification :	21
4/Origine et répartition géographique :.....	22
5/Écologie :.....	22
6I/Description botanique :.....	23
7/ Production et commerce international :.....	24
8/ Propriétés nutritionnelles :.....	24
9/ Les domaines d'Utilisation de lupin blanc:	26

PARTIE PRATIQUE

Chapitre III : Matériel et méthodes

1/Présentation du lieu de stage :.....	30
2/Matériel.....	31
2.1/ Présentation des Matières premières :	31
2.2/ Produit de Référence :	32
3/Méthodes :.....	32
3.1/ Caractérisations physicochimiques des matières premières :	32
3.2/ Analyse microbiologique :.....	35

3.2.1/ Objectif de contrôle microbiologique :	35
3.2.2/ Préparation des dilutions décimales :.....	35
3.2.3/Recherche et dénombrement des microorganismes :.....	36
3.3/Etape de pré formulation :.....	41
3.3.1/Procès de fabrication du café :	42
3.3.2/ Les étapes de la production du café :.....	42
3.4/Etape de formulation :.....	49
3.4.1/Préparation du café Arabica et robusta :.....	49
3.4.2/ préparation des graines de <i>lupinus albus</i> :.....	50
3.4.3/réalisation des différentes formules :.....	50
3.5/ caractérisation des essais formulés :.....	50
3.5.1/ Analyses sensorielles:.....	50
3.5.2/Les analyses physicochimique :.....	51
3.5.3/Les analyses microbiologique :.....	52

Chapitre IV : Résultats et discussion

1/ Résultats de la caractérisation physico-chimique de la matière première :.....	53
2/ Résultats de la caractérisation microbiologique de la matière première :.....	54
3/ Caractérisation organoleptiques des préparations formulés et de produit de référence.....	55
4/ Résultats de l'analyse physicochimique des préparations formulés et produit de Référence :.....	59
5/Résultats des Analyses microbiologique des produits formulés :.....	65
6/ Optimisation de la formule :.....	67
Conclusion.....	68
Références bibliographiques.....	69

Annexes



Introduction général

Introduction

Depuis des siècles, le café est l'une des principales denrées alimentaires d'origine agricole échangée sur les marchés internationaux, et le deuxième bien de consommation échangé dans le monde, derrière le pétrole et avant le charbon, la viande, le blé et même le sucre **(Benbabouche, 2013)**.

Plus qu'une simple boisson, le café est devenu l'objet d'un rituel: à la fin des repas ou pendant les pauses, au travail comme à la maison, entre collègues ou en famille, boire du café est désormais une habitude ancrée dans notre quotidien. Les « pause-café » deviennent des moments privilégiés pour tisser un lien social, discuter et échanger **(Bonnin, 2016)**.

Les deux espèces de caféier les plus cultivées sont l'Arabica et le Robusta. Le Robusta, moins coûteux et plus facile à cultiver, l'Arabica, dont le prix peut être 50% plus cher que le Robusta, a par contre un goût plus savoureux, avec un taux de caféine moindre **(Benbabouche, 2013)**.

Boire du café est la promesse d'une action stimulante : vigilance et éveil sont augmentés, le sommeil est éloigné et la concentration améliorée **(Bonnin, 2016)**.

Le café est une boisson populaire largement consommée dans tous les pays et appréciée par toutes les tranches d'âge.

Le café est reconnu depuis longtemps comme un bon stimulant du corps et de l'activité cérébrale grâce à la caféine qu'il contient. De nombreuses études scientifiques ont montré qu'il améliore la performance mentale et la concentration, améliore la performance physique réduit la sensation de fatigue et peut agir favorablement dans la régulation de la prise de poids grâce à son effet satiétogène **(Benbabouche, 2013)**.

Une trop grande quantité ingérée peut aussi devenir source de désagréments : Tachycardies, palpitations, insomnies, nervosités. De ce fait, une consommation prudente sera de mise pour plusieurs catégories de la population. Les femmes enceintes ou en âge de procréer devront ainsi être attentives à leur prise de café en raison de possibles effets néfastes sur les chances de concevoir ou sur un retard de croissance fœtale. Les enfants et les adolescents seront quant à eux particulièrement sensibles aux troubles du sommeil qu'engendre le café **(Bonnin, 2016)**.

Malgré certains bénéfices liés à la consommation de café, c'est une boisson à consommer avec modération, donc ce dernier a pris divers alternatives telle que la chicorée (**Hindmarch et al, 1998**), café de noyaux de datte, et café de lupin.

Le lupin blanc, est une légumineuse qui produit des grains riches en protéines et en matière grasse. La teneur en protéines se situe entre 35 et 47%, et la teneur en matière grasse varie de 6 à 13% avec une concentration importante en acides gras polyinsaturé (**Gallais et Bannerot, 1992**).

Notre travail consiste à réaliser une préparation alimentaire qui est une alternative au café, constituée de deux variétés du café Arabica et Robusta et de la graine de *lupinus albus*, celle-ci est utilisée afin d'améliorer les propriétés nutritionnelles de la boisson (apport en protéines, acides gras insaturés, sels minéraux).

De plus le lupin possède différentes propriétés thérapeutiques démontrées par plusieurs travaux antérieurs.

Pour la réalisation de notre préparation alimentaire, nous avons utilisé la méthodologie des plans d'expériences passant par 3 étapes : la Préformulation, la Formulation, et enfin la Caractérisation des essais formulés en comparaison avec le café Aroma comme produit de référence.

Synthèse
Bibliographique

Chapitr I :
Généralité sur le café

1/Historique :

Plusieurs légendes existent sur la découverte de cette plante. Il se trouve également quelques histoires sur la façon dont le café était consommé au début. Il est assez difficile de savoir lesquelles d'entre elles sont justes **(Jónína, 2009)**.

Une histoire qui est souvent citée date de l'an 850 et parle d'un jeune berger Yéménite appelé Kaldi. Ce jeune homme voit ses chèvres devenir excités et pleins d'énergie après avoir mangés ces petits fruits rouges et elles en perdent le sommeil. Kaldi décide de goûter ce fruit lui-même et le présente à d'autres qui manquent d'énergie **(Jónína, 2009)**.

Une autre légende veut que Le cheik Omar exilé dans les monts du Yémen, presque mort de faim, le cheik Omar survive, dit-on, grâce à l'absorption d'une décoction de petites baies rouges. Il en fit boire un jour à une troupe de pèlerins égarés et assoiffés et réussit ainsi à les sauver. Le cheik Omar fit alors découvrir le café au Sultan dont il devint un proche. Ce serait ainsi, raconte-t-on, que l'usage du café s'est répandu dans la ville d'Aden **(Mary et al, 2001)**.

Une autre histoire, qui semble être la plus juste, raconte que la découverte a eu lieu en Éthiopie dans la région de Kaffa, il semble être logique que ce soit la région d'origine du café uniquement en pensant au nom de cette région, Kaffa, très proche du mot café. Le caféier y aurait été découvert dans les environs de l'an 575. Entre 575 et 850 les arabes ont découvert ce fruit et l'ont importé au Yémen **(Jónína, 2009)**.

Mais ce n'est que dans les environs du XIV^e siècle que le grain serait passé du sud de l'Arabie au nord, puis jusqu'en Turquie. Il est dit que les arabes buvaient une décoction du fruit bouilli dans l'eau, depuis le VIII^e siècle. Mais avant il était mangé directement de l'arbuste. Ce n'est qu'à partir du XIV^e siècle que les arabes ont commencé à faire sécher et griller le grain de café. La culture a progressé assez vite et au XVI^e l'exportation commence depuis le port de Constantinople envers l'Europe, aujourd'hui appelé Istanbul **(Jónína, 2009)**. Pour empêcher que d'autres pays puissent commencer eux-même ce commerce du café, les arabes ont interdit que le grain soit exporté sans être bouilli auparavant. Puisque une fois bouilli le grain de café ne peut pas être replanté **(Jónína, 2009)**.

Ainsi les arabes gardaient le monopole de ce commerce jusqu'à la fin du XVII^e siècle. Mais à partir de la fin du XVII^e siècle, la propagation du caféier commence grâce aux individus sans scrupule qui ont réussi à dérober des grains non bouillis et les ont plantés dans d'autres pays **(Jónína, 2009)**.

2/ Description botanique :

Le caféier est un arbuste composé généralement de plusieurs troncs, qui a l'aspect d'un buisson (**Guy haler, 2013**).

Au niveau de sa description botanique, le caféier est une plante pouvant atteindre dix huit mètres de hauteur pour certaines espèces comme *Coffea liberica*. Cependant, dans les plantations, les caféiculteurs la conservent à trois mètres pour qu'elle soit à la hauteur des cueilleurs afin de faciliter son exploitation. Les fleurs blanches et parfumées sont groupées par cymes à l'aisselle des feuilles et forment des verticilles de huit à quinze fleurs en moyenne. Elles ont l'aspect de glomérules floraux. Les feuilles, disposées par deux, sont opposées et demeurent vertes toute l'année. Le caféier possède la particularité de pouvoir porter en même temps, selon les conditions climatiques, la fleur et le fruit. Le fruit du caféier est un fruit rouge ou jaune (Caturra Amarelo et autres variétés) appelé cerise, charnu à noyau (**Piccino, 2011**).



Figure n°01 : Le caféier (Bonnin, 2016)

Plusieurs couches entourent deux graines vertes appelées les fèves ou grains de café vert. Les fruits sont des drupes de forme ovoïde, d'abord verte puis jaune et enfin rouge cramoisi de 1,6 cm à 1,8 cm. Deux loges séparées renferment chacune une graine avec une face plane creusée d'un sillon.

La drupe est entourée d'une pellicule rouge lisse, l'exocarpe qui recouvre la pulpe de teinte jaunâtre. La pulpe adhère à une paroi dure et cellulosique, la parche (ou l'endocarpe). L'ensemble forme la coque qui sera éliminée pour recueillir les deux graines (**Piccino, 2011**).

La graine, recouverte d'une pellicule argentée et très mince appelée spermoderme, renferme l'embryon (germe). Les dimensions des graines et leurs formes diffèrent sensiblement en fonction des espèces, des variétés et des conditions de culture (**Piccino, 2011**).

Un schéma d'une coupe de la cerise de café est donné sur la (**figure02**).

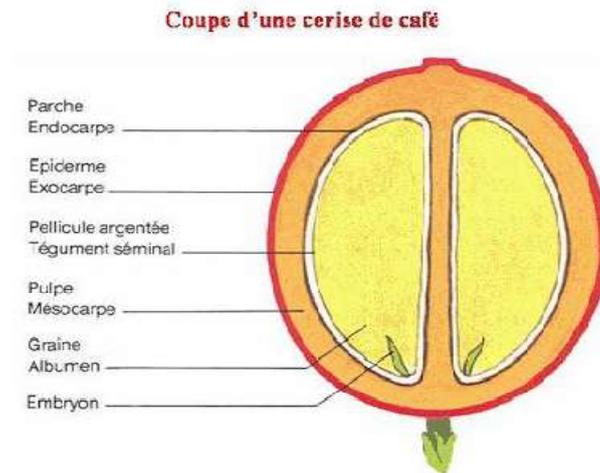


Figure n°02: Coupe transversal de la cerise de café (**Asiedu, 1991**)

3/ Les variétés de caféier :

3-1/ Définitions :

Le café est une boisson aromatique excitante obtenu à partir d'une infusion de grain de caféier torréfiés et moulus (**Wibout, 1986**).

Le « café » vient du mot arabe "Cahouah" ou « Qahwah » qui désignait cette boisson. Il se transforma ensuite en "qahvè" en turc puis en "caffè" en italien, d'où le terme français de "café" qui est apparu vers 1600. En France, on emploie familièrement l'argot caoua, dérivée de l'arabe d'Algérie (**Michelle et al, 2003**).

Le café demeure l'un des produits les plus consommés au monde et constitue la deuxième boisson après l'eau. On estime à 400 milliards le nombre de tasses de café bues par an dans le monde, soit environ 12 000 tasses par seconde (**Benbabouch, 2013**).

Selon le Journal Officiel Algérien de 26-01-1992, il a été établi les définitions suivantes :

- **Café vert** : la dénomination « café vert » est réservée aux graines saines issues des fruits du genre coffee, débarrassées totalement de la pellicule argentée.
- **Café torréfié** : la dénomination « café torréfié » est dite du café résultant de la torréfaction du café vert tel que défini précédemment.

- **Café moulu** : la dénomination « café moulu » est liée au produit obtenu par mouture du café torréfié tel quel défini précédemment (Aissaoui, 2011).

3-2/Classification de caféier :

Du point de vue taxonomique, le caféier appartient à la famille des Rubiacées comportant 500 genres dont le genre *Coffea*. Le genre *Coffea* comprend environ 120 espèces en tenant compte des *coffea* sauvages. Le genre *Coffea* est le plus étudié. Ce classement botanique a été créé par Linné en 1735 et a subi des aménagements successifs. Il divise le genre *Coffea* en quatre groupes parmi lesquels *Eucoffea* est le plus important. Le groupe *Eucoffea* est subdivisé en cinq sous-groupes dont le sous-groupe *Erythrocoffea* auquel appartiennent les espèces *Arabica* et *Canephora* (Piccino, 2011).

La classification botanique est la suivante: (Mary et al, 2001)

Règne: Plantae

Division: Angiospermae

Classe: Dicotyledonae

Ordre: Rubiales

Famille: Rubiaceae

Genre: *Coffea*

3-3/Les espèces de caféier :

Les deux seules qui sont réellement exploitées et commercialisées dans le monde sont: *Coffea Arabica* L. et *Coffea Canephora*.

Les grains de Robusta, d'Arabica et de certaines autres variétés peuvent se distinguer par leurs caractères macroscopiques. Les fèves de café Arabica sont de forme allongée et plate et plus grandes que celles du café Robusta et le rapport longueur/largeur est plus important, la longueur varie de 8 à 12 mm et largeur de 6 à 8 mm, le rapport longueur/largeur étant généralement de 1,3 à 1,5. Les fèves de café Robusta sont plus petites et plus rondes ; elles ont généralement de 6 à 8 mm de long, de 6 à 7 mm de large et le rapport longueur/largeur est de 1,0 à 1,15 (Asiedu, 1991).



Figure n° 03: Photographie des graines des deux principales variétés du café; Arabica et Robusta (Benbabouche, 2013).

Sur les espèces de caféier connues, seules deux sont cultivées :

➤ **Coffea Arabica :**

Elle est appelée aussi Arabica, représente 75% de la production mondiale, cultivé surtout en Amérique du sud et en Asie, il existe plus de 200 variétés. Il est originaire de l’Ethiopie et longtemps cultivé en Arabie. Cette plante donne un café doux, aromatique, acide, peu corsé, moins riche en caféine que le Robusta et d’une excellent qualité (Fredot, 2005).

➤ **Coffea Canéphora :**

Elle est appelé aussi Robusta, représente 25% de la production mondiale, cultivé surtout en Afrique et en Indonésie, il existe plus de 75 variétés.

Le Robusta tire son nom de son caractère résistant, il a une teneur supérieure en caféine, ses grains ont une forme arrondie, irrégulière, plus petites que L’Arabica. Le Robusta donne un café au gout un peut terreux et âpre peu aromatique, peu acide, amer et corsé (Thorn, 2004).

Le tableau 01 montre quelques propriété et caractéristiques des deux variétés de café.

Tableau n° 01 : propriété et caractéristiques des deux variétés de café (Aissaoui ,2011).

Caractéristiques	Arabica	Robusta
Taille	6-8 mm	10 mm
Milieu	Altitude	Plaine
Génotype	44 chromosomes	22chromosomes
Taux de caféine	0.8-1.7 %	1.5-4%

4/Composition du café :

La composition chimique du café est complexe et n'est pas encore totalement élucidée à l'heure actuelle. De plus, celle-ci varie selon plusieurs paramètres tels que l'origine, l'espèce ou la variété considérée, les conditions de culture ainsi que le mode de préparation et de conservation du café. La torréfaction du café vert a un impact important sur les constituants finaux : alors que certains sont dégradés, d'autres apparaissent suite à la réaction de Maillard. Parmi eux, les melanoïdines –composés azotés- qui jouent un rôle dans la constitution de la saveur du café (Bonnin, 2016).

L'ajout de sucre, de lait ou de crème sont autant de facteurs qui interfèrent avec l'arôme, la saveur et la valeur nutritionnelle du café. La composition chimique moyenne des grains de café verts et torréfiés est donnée dans le **tableau n°2**.

Tableau n°02 : La composition chimique moyenne des grains de café verts et torréfiés (Debry, 1993).

Composants	Arabica		Robusta		Poudre de café instantané soluble
	Vert	Torréfié	Vert	Torréfié	
Minéraux	3 - 4.2	3.5-4.5	4 - 4.5	4.6 - 5.0	9 – 10
Caféine	0.9 - 1.2	~1	1.6 – 2.4	~2	4.5 -5.1
Trigonelline	1 - 1.2	0.5 - 1	0.6 – 0.75	0.3 – 0.6	-
Lipides	12 – 18	14.5- 20	9 - 13	11 – 16	1.5 – 1.6
Acides chlorogéniques	5.5 – 8	1.2 - 2.3	7 - 10	3.9 – 4.6	5.2 – 7.4
Acides aliphathiques	1.5 – 2	1 – 1.5	1.5 - 2	1 – 1.5	-
Oligo-saccharides	6 – 8	0 – 3.5	5 – 7	0 – 3.5	0.7 – 5.2
Polysaccharides Totaux	50 – 55	24 - 39	37 - 47	-	~ 6.5
Acides aminés	2	0	2	0	0
Protéines	11 – 13	13 - 15	11 - 13	13 – 15	16 – 21
Acides humiques	-	16 - 17	-	16 – 17	15

4-1/ L'eau :

Elle est de l'ordre de 9 à 11% dans le café vert et de 1 à 3% suite à la torréfaction.

Cette baisse de la teneur en eau est principalement responsable de la perte de poids finale du grain de café (**Bonnin, 2016**).

Pour que le grain de café puisse se conserver dans de bonnes conditions il faut que sa teneur en eau soit faible. Sous l'effet de la torréfaction, le taux d'humidité du grain vert diminue de 12.5% à 4.3% (**Debry, 1989**).

4-2/ Vitamines et minéraux :

Le café contient de nombreux minéraux dont le principal est le potassium (environ 55 à 65 mg pour une tasse de 100 ml). Viennent ensuite le magnésium, le calcium et le sodium ainsi que le fer, le zinc et le cuivre en plus faibles quantités (**Bonnin, 2016**).

Parmi les vitamines, c'est la vitamine B3 qui est majoritairement retrouvée, à raison de 400 à 1200 µg par tasse de café. On estime qu'un bol de café de 250 ml permettrait de couvrir jusqu'à 15% des apports nutritionnels conseillés en vitamine B3 qui sont de l'ordre de 16 mg par jour. En comparaison, la même tasse de café contiendra également les vitamines B5 (Environ 80 µg), B2 (2 µg) et B6 (0.6 µg). Les vitamines B1 et C sont dégradées lors de la torréfaction (**Bonnin, 2016**).

4-3/ Les fibres alimentaires :

Solubles et insolubles (cellulose) sont apportées par le café de l'ordre de 470 à 750 mg pour une tasse de 100 ml (**Benbabouche, 2013**).

4-4/ Les alcaloïdes :

❖ la caféine

Est le constituant majeur du café. La dose de caféine contenue dans un café varie en fonction de l'espèce de caféier utilisé (arabica ou robusta), de leur proportion respective (les deux types de cafés sont le plus souvent mélangés), de la finesse de la mouture ainsi que de la température de l'eau.

La caféine est une composante naturellement présente dans les grains du café et dans quelques plantes. Elle est inodore, incolore et au léger goût amer. Elle fait partie d'un groupe de stimulants appelés méthylxanthines, c'est un alcaloïde de formule chimique naturel basique d'origine végétale (**Aissaoui, 2011**).

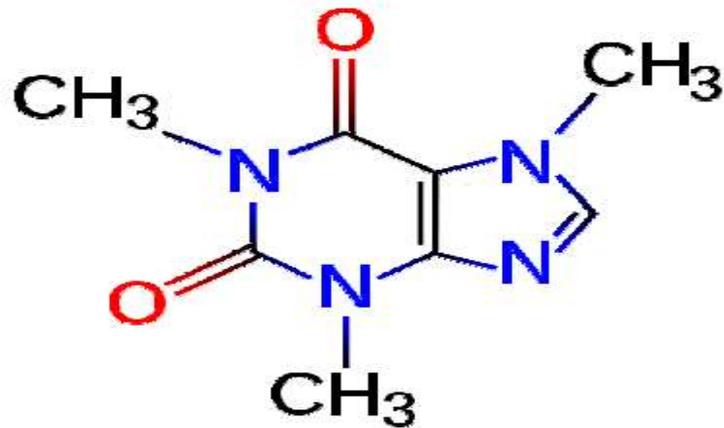


Figure n°04 : structure de la caféine (Benbabouche, 2013)

❖ Les effets de caféine :

🚩 Les effets positifs:

- Traiter des migraines,
- Favorise la dilatation des bronches, améliorant ainsi la capacité respiratoire ce qui est bénéfique pour les asthmatiques,
- Contribuer à une meilleure digestion (stimulation des sécrétions salivaires et d'enzymes digestives) (Benbabouche, 2013)

🚩 Les effets négatifs :

- Stimuler la vigilance et donc l'attention,
- Favoriser l'utilisation des acides gras ce qui permet d'économiser les réserves musculaires et de ralentir l'apparition de la fatigue lors d'effort intense.
- Provoquer parfois des brûlures d'estomac en cas de pathologie à l'œsophage ou à l'estomac (Benbabouche, 2013).

5/Processus technologique de la fabrication du café :

5-1/La Cueillette des cerises :

Comme beaucoup de fruits, ceux de caféier ne murissent pas tous en même temps et change progressivement de couleur, passant du vert au rouge (au jaune d'or pour certaines variétés), c'est pourquoi, il ya deux méthodes de cueillette, l'une est appelée (**piking**) et l'autre le (**strip picking**) (Aissaoui, 2011).

5-1-1/Le piking :

C'est une cueillette dite sélective, elle est entièrement manuelle qui consiste à recueillir uniquement les fruits murs, donc elle nécessite une main d'œuvre abondante et beaucoup plus de temps, mais offre de loin les meilleurs résultats ; elle est surtout réservée aux arabicas (Aissaoui, 2011).



Figure n° 05: Le triage des drupes (Bonnin ,2016)

5-1-2/ Le strip picking :

Cette méthode est plus grossière, elle consiste à ramasser toute la récolte en une seule fois ; indépendamment du degré de la maturation des cerises.

5-2/Les traitements post-récolte des cerises :

Les traitements post-récolte du café répondent à deux objectifs :

- * Abaisse la teneur en eau de la cerise fraîche jusqu'à un niveau qui permet la bonne conservation des grains

- * Débarrasser le grain vert de l'ensemble des enveloppes qui l'entourent.

Après la cueillette des cerises, deux modes de traitement sont possibles : La voie humide et la voie sèche (Aissaoui, 2011).

5-2-1/La voie humide :

C'est une série d'opérations comprend :

- **Un dépulpage** : A l'aide d'une machine qui combine l'utilisation de la friction et d'un jet d'eau, on sépare le grain de la pulpe.

- **Une fermentation** : les grains sont alors placés dans des cuves en béton et laissés fermenter une douzaine d'heures à quelques jours. Cette opération vise à développer l'hydrolyse du mucilage associé d'une acidification du milieu, et la diffusion de sucre, acide caféique vers l'extérieure de la fève.
- **Un lavage** : Après la fermentation, un bon lavage s'impose. On fait passer les grains de café contre courant d'eau afin de les libérer du maximum d'impuretés.
- **Un séchage** : les grains sont séchés au soleil une à trois semaines. La couleur du grain reste verte.
- **Un décortilage** : le grain est de couleur vert olive (**Aissaoui, 2011**).

5-2-2/La voie sèche :

Cette méthode consiste à laver les cerises pour ôter les pierres, Le sable, les petites branches et les mauvais fruits qui se sont mêlés à la récolte. Les bons fruits sont ensuite étalés au soleil pour sécher. Le séchage est terminé lorsque la teneur en humidité des cerises est de l'ordre de 12% (**Aissaoui, 2011**).

5-3/Le triage des grains :

Les critères de tri des grains varient d'un pays à un autre avec des systèmes se classes plus ou moins complexes et nombreux. Le nettoyage permet d'éliminer les dernières impuretés ainsi que les grains indésirables, il existe différents types de triage qui suit le nettoyage:

-**Triage granulométrique** : les grains traversent ensuite une grille percée de trous de différentes grosseurs ; ils sont alors calibrés.

-**Triage densitométrique** : les éléments n'ayant pas la même densité que les grains sont éliminés.

-**Triage colorimétrique** : les grains trop ou pas assez murs sont filtrés à l'aide d'une machine monochromatique (selon le degré plus ou moins sombre des grains) ou par une caméra qui permet d'apprécier la couleur réelle.

-**Triage par Ultra-violet** : les grains fermentés qui pourraient contaminer les bon grains sont éliminés ; ces derniers sont observés sous la lumière UV.

-**Hand picking** : c'est un triage manuel (**Aissaoui, 2011**).

5-4/Calibrage et classification des grains :

Après le triage des grains ; on procède au calibrage a l'aide d'une calibreuse automatique, les grains doivent traverser une grille percée de trous de différentes grosseurs en fonction des mailles des tamis ; il existe quatre calibres (16 ; 14 ; 12 ; 10) définis selon la quantité de fèves retenues dans les tamis. Pour le grade du lot ; il déterminé après la pesée des fèves retenues dans chaque tamis **(ISO ,1991)**.

Grade 1 (G1) /calibre 16 ; grade 2(G2) /calibre 14 ; grade 3(G3)/calibre 12 ; grade 4(G4)/calibre 10. En principe ; chaque calibre devrait pouvoir retenir toutes les fèves correspondant au grade ; mais on admet en tolérance selon l'Organisation Internationale du café (2000) **(Aissaoui, 2011)**.

5-5/Emballage et stockage du café vert :

C'est une opération très délicate ; car les grains du café vert sont très sensibles aux odeurs ; donc ils ne doivent pas être exposés aux parfums artificiels dont ils prendraient à coup sur l'odeur que nous retrouvions dans nos tasses. Le café vert est emballé et stocké dans des sacs en toile de jute de 60Kg (considéré comme unité de mesure internationale) **(ISO ; 1986)**.

5-6/La torréfaction :

Triés ; calibrés et enfermés dans leur sacs en toile de jute ; les grains de café vert quittent leurs terres d'origine pour arriver aux pays consommateurs ou ils vont subir une opération essentielle a la formation des aromes et à la qualité du produit fini : la torréfaction. Elle consiste à faire cuire les grains verts à une température de 230 C° à 250 C° et elle nécessite les plus grands soins et doit procéder par étapes **(Duris et al, 2003)**.

En effet, les grains sont d'abord mis a chauffage (180Kg pas plus chaque torréfaction) pendant 10 min jusqu'à 150 C : l'eau libre (10 a 13%) s'évapore et seulement trois arome de développent. Puis a la 11^{eme} min ; les réactions dite de Maillard se déclenche ; combinant acide et sucre ; elles produisent quelques 900 aromes différents que l'on est loin d'avoir tous identifiés. Au même temps ; l'amertume augmente et l'acidité diminue avec la température.

La 3^{eme} phase est la plus délicate ; la température continue de grimper de 150 à 230C° ; tandis que les grains cuisent et change de couleur sous l'effet de réactions chimiques dite de Stucker **(Franca et al, 2005)**.

5-7/Dégazage :

Après la torréfaction ; on laisse le café reposer pendant plusieurs heures ; afin que les gazes qui se sont formés sous l'effet de la chaleur s'en échappent avant de le conditionner. Toutefois pendant ce délai une partie de l'arome disparaît (**Fredot ; 2005**).

5-8/Mouture, conditionnement ; emballage et conservation :

La mouture complète le dégazage et la libération du gaz carbonique inclus dans le grain du café. Pour qu'elle soit facile ; elle exige une torréfaction intense ; car celle légère produit des grains mous qui s'aplatissent à la mouture plutôt qu'ils ne se réduisent en poudre (**Débry ,1989**).

Une fois torréfiés, le café en grain s'oxyde en 15 à 20 jours au contact de l'air, et en 5 jours quand il est moulu, il doit donc être conditionné dans des emballages adaptés à la conservation s'il n'est pas préparé rapidement après la torréfaction (**Débry, 1989**.)

L'invention de la technologie sous vide à valve a permis d'allonger très nettement la durée de vie torréfié et moulu. Pour les cafés moulus de grande qualité, les entreprises privilégient souvent la boîte métallique dans laquelle le café est enfermé sous vide tout de suite après la torréfaction (**Aissaoui, 2011**).

Pour maintenir l'intégralité des arômes du café, le mieux est de le conserver au congélateur ou au réfrigérateur, car le froid provoque la décomposition du CO₂ et son maintien à l'intérieur du grain du café torréfié (**Platt, 2006**).

5-9/Commercialisation :

La majeure partie du café commercialisé sur le marché international est du café vert, le reste étant vendu sous forme de café soluble ou torréfié.

Les échanges entre les pays producteurs et les pays consommateurs portent surtout sur le café vert et le café soluble. Ce dernier type de café est généralement mélangé et reconditionné dans les pays consommateurs, les cafés verts et solubles peuvent être conservés pendant longtemps tandis que le café torréfié perd plus rapidement sa fraîcheur, c'est pourquoi le négoce du café torréfié se déroule exclusivement entre les pays consommateurs situés à proximité l'un de l'autre (**Aissaoui, 2011**).

6/la qualité de café :

Dans sa norme **ISO 8402**, l'Organisation Internationale de Normalisation définit la qualité comme étant l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit, d'un processus ou d'un service qui permet de satisfaire des besoins implicites ou explicites. La qualité matérielle du café est le fruit de facteurs endogènes et exogènes.

Selon **Daviron et Ponte (2007)** ; les facteurs dits (endogènes) comprennent :

- Le type génétique du caféier (Arabica, Robusta)
- Le cultivar (Bourbon, bleu Mountain, Kent,...)
- Les conditions agro climatiques (type de sol, altitude ;....)

Les facteurs dits exogènes désignent (**Daviron et Ponte, 2007**) :

- Les pratiques culturales (utilisation des intrants, émondage, sarclage, paillage, irrigation le cas échéant, culture ensoleillé ou d'ombrage).
- Les méthodes de récolte (cueillettes des cerises murent uniquement).
- La transformation primaire (méthode humide ou sèche).
- La préparation pour l'exportation.
- La manutention et le stockage à différentes étapes de la chaîne de commercialisation.

La transformation primaire de café n'en améliore pas la qualité matérielle, son but est de préserver la qualité originelle de la fève, ce qui n'est possible que lorsque celle-ci est sèche. Ainsi, le contrôle de qualité à tous les niveaux de la transformation et de la commercialisation, joue un rôle déterminant dans la qualité finale du café, de mauvaises conditions de manutention, de dépulpage, de fermentation ; de séchage, de stockage ou d'expédition se traduisent par la détérioration de l'apparence de la fève et de l'arôme de la liqueur extraite. Un mauvais triage, classement ou nettoyage accroît la proportion de défauts dans l'échantillon, réduisant ainsi les prix et l'éligibilité d'une cargaison de café à l'exportation (**Daviron et Ponte, 2007**).

7/ Le marché du café :

7-1) L'exportation :

- 🇳🇵 Le café est la deuxième marchandise la plus échangée au monde après le pétrole.
- 🇳🇵 9.21 millions de sacs (60 kg) exportés en février 2016 contre 9.05 millions en février 2015 ;
- 🇳🇵 70.98 millions de sacs d'arabica exportés de février 2015 à février 2016 contre 68.59 millions l'année précédente;

🚩 41.86 millions de sacs de Robusta exportés de février 2015 à février 2016 contre 45.80 millions l'année précédente.

Les principaux pays exportateurs en 2014-2015 sont le Brésil (~15 millions de sacs), le Vietnam (~9 millions de sacs) et la Colombie (~5 millions de sacs) (**Bonnin, 2016**).

7-2) L'importation :

- 🚩 18.9 millions de sacs (60 kg) importés en Union Européenne en 2015 ;
- 🚩 6.7 millions de sacs importés aux Etats-Unis en 2015 ;
- 🚩 1.8 millions de sacs importés au Japon en 2015 (**Bonnin, 2016**).

7-3) La production mondiale :

- 🚩 143.4 millions de sacs (60 kg) produits en 2015-2016 ;
- 🚩 +1.4% de production en 2015-2016 par rapport à l'année 2014-2015 ;
- 🚩 +3.7% de production de Robusta en 2015-2016 ;
- 🚩 -0.1% de production d'Arabica en 2015-2016 (**Bonnin, 2016**).

A l'image des exportations, les principaux pays producteurs en 2015 sont le Brésil (~43 millions de sacs), le Vietnam (~27 millions de sacs) et la Colombie (~13 millions de sacs).

7-4) La consommation de café :

- 🚩 150.2 millions de sacs (60 kg) consommés dans le monde en 2014 ;
- 🚩 +2.5% de consommation depuis 2011 ;
- 🚩 5.6 millions de sacs consommés en France en 2014 ;
- 🚩 5.2 kg/an/habitant de café consommés en France ;
- 🚩 11.4 kg/an/habitant de café consommés en Finlande, plus grand consommateur mondial de café (tableau n° 3) (**Bonnin, 2016**).

Tableau n° 3 : Classement non exhaustif des pays selon leur consommation de café par Habitant en 2014 (**Bonnin, 2016**).

Pays	Consommation annuelle de café /habitant
Finlande	11.4 kg
Suède	10.4 kg
Norvège	8.68 kg
Autriche	8.3 kg
Danemark	8 kg
Suisse	7.63 kg
Canada	6.67 kg
Allemagne	6.3 kg
Grèce	5.93 kg
Brésil	5.90 kg

8/Les effets de café sur la santé humaine :

8-1/ Quelques effets bénéfiques :

De très nombreuses études ont mis en évidence des effets bénéfiques de la consommation de café sur la santé, principalement une activité anti-oxydante, anti-cancérigène et antimutagène (**Benbabouche, 2013**).

❖ L'une des boissons les plus riches en antioxydants :

Avec les fruits, les légumes, le cacao et le thé, le café est l'une des principales sources d'antioxydants de notre alimentation. Les antioxydants sont des éléments qui ont pour mission de lutter contre le vieillissement cellulaire en neutralisant les radicaux libres.

❖ Les polyphénols: Constituent les composés antioxydants les plus abondants de l'alimentation (**Benbabouche, 2013**).

Consommer 3 à 4 tasses de café par jour permet d'absorber la quantité journalière recommandée de 1 g/jour de polyphénols.

❖ De plus ces composés phénoliques, grâce à certains antioxydants seraient bénéfiques pour la prévention de risque de certaines maladies ou cancers:

***Maladie de Parkinson:** de nombreuses études montrent que la consommation de café est associée à une diminution du risque de la maladie de Parkinson.

***Maladies cardio-vasculaires:** malgré de nombreuses études il est encore difficile de dire si le café est bénéfique ou néfaste.

***Diabète de type 2:** le risque de diabète de type 2 est diminué de 35 % lors de la consommation de six tasses de café par jour.

***Cancer:** la consommation de café serait liée à une réduction du risque de certains types de cancers:

Cancers colorectal, gastrique ou cancer du sein (**Benbabouche, 2013**).

❖ Goutte :

Le café semble donc exercer un effet protecteur contre la goutte. Même si les taux sériques en acide urique ne sont que modérément diminués chez les femmes, davantage chez l'homme,

l'incidence d'une crise de goutte est nettement diminuée chez les deux sexes, surtout pour les grands consommateurs de café. la protection est plus importante avec du café caféiné (**Guy haler, 2013**).

8-2/Quelques effets préjudiciables :

Plusieurs études menées sur le café boisson, ou plus récemment le café instantané, ont montré une corrélation vraisemblable entre l'ingestion de café et différents effets préjudiciables pour la santé de l'homme, même si ce ne sont que des suppositions puisque ces études sont menées via des essais *in vitro* (sur des cultures cellulaires) ou *in vivo* (le plus souvent chez des rongeurs), et que leur extrapolation à l'homme reste donc difficile en l'état actuel des connaissances (**Benbabouche.B, 2013**).

❖ L'activité hypercholestérolémiante :

Plusieurs études épidémiologiques ont mis en évidence une causalité entre la consommation de café bouilli et l'augmentation de la teneur en cholestérol dans le plasma sanguin.

❖ L'activité mutagène ou génotoxique :

Il semble qu'il puisse y avoir une relation entre consommation de café et cancer de la vessie.

Pour le cancer de vessie et la consommation de café, en dépit de la non- concordance de certaines études, une tendance semble se dessiner qui est que le café favorise ce type de cancer, surtout à doses élevées (plus de cinq tasses par jour) (**Guy haler, 2013**).

❖ Autres effets préjudiciables possibles :

- La consommation de café entraîne une augmentation de la pression artérielle, liée à la caféine présente.

- Il est désormais bien établi que la consommation de caféine chez la femme enceinte peut induire un avortement spontané ou une fausse couche ; il est donc conseillé aux femmes enceintes de ne pas consommer plus de 3 tasses de café par jour, soit une consommation quotidienne d'environ 300 mg de caféine (**Benbabouche, 2013**).

Chapitr II :
Généralité sur Lupinus albus

1/Généralité sur le lupin blanc :

Les lupins, sont cultivés dans de nombreux pays en tant qu'engrais ou alimentation pour le bétail. Quatre espèces de ce genre ont fait et font l'objet de culture dans le monde avec trois utilisations principales (**Gallais et Bannerot, 1992**).

Le lupin blanc présente les intérêts agro-écologiques communs à la famille des légumineuses, la culture est considéré comme technique, son air de culture est limité aux sols de pH neutre à l'acide. La composition nutritionnelle de la graine lui confère un intérêt majeur pour l'alimentation animale (35-40%) de protéine. Le lupin est valorisé dans des marchés de niche à plus forte valeur ajoutée : alimentation animale via les thermo-extrusions ; en alimentation humaine sous forme de farine. Une grande coopérative française qui a déposé un brevet sur le processus de Transformation en farine pour le marché de l'alimentation humaine « sans gluten » (**Meynard et Messéan , 2014**).

Les graines des lupins moulus en farine ont servi à faire une sorte de pain. On les a également torréfiées pour en faire un succédané du café (**Couplan, 1992**).

2/L'histoire du lupin blanc :

Le lupin est cultivé en Europe depuis plus de 2000 ans. Grecs et Romains le cultivent intensivement. Ces derniers le considéraient comme un aliment de pauvres, ils cuisaient d'énormes chaudronnées de lupins lors de festivités et de fêtes religieuses et les distribuaient gratuitement (**Fortin et Francois, 1996**).

En France les lupins n'ont été utilisés de la sorte que pendant la dernière guerre mondiale. Huit espèces de lupins sont citées dans la flore de France, les graines sont utilisées en alimentation humaine. Quatre espèces annuelles présentent un intérêt économique : les lupins blanc (*L. albus*), le lupin bleu (*L. angustifollus*), le lupin jaune (*L. luteus*), le lupin changeant. (*L. mutabilis*) (**Pesson et Lauveau, 1984**).

Traditionnellement, les espèces cultivées (*L. albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus*, *L. mutabilis*) ont été utilisées en alimentation humaine en raison de leur forte teneur en protéines et en huile. Elles entrent aussi de façon non négligeable dans l'alimentation des ruminants soit sous forme de fourrage vert dans les zones de culture traditionnelle, soit en grains introduits dans les rations en tant que concentrés (**Gallais et Bannerot, 1992**).

Le lupin blanc (*lupinus albus*) est probablement le plus consommé, car depuis 1930 des variétés exemptes de substances toxiques ont été créées, il est surtout consommé en Italie, au Moyen-Orient, en Afrique du Nord et en Amérique du Sud. Il est peu connu en Amérique du Nord. Il en existe environ 100 espèces, dont quelques-unes contiennent des alcaloïdes toxiques qui leur confèrent une saveur amère, elles ne sont comestibles qu'après une longue préparation (Fortin et François, 1996).

Selon Ducommun (2016), le lupin blanc doux est un protéagineux originaire du bassin méditerranéen, très récemment cultivé en France (début des années 1980).

Les premières sélections ont été conduites par le centre INRA de Lusignan en Poitou-Charentes et son 'bassin de production français' actuel est essentiellement limité à l'ancienne région Poitou-Charentes, aux pays de la Loire et la Bretagne (75 % des surfaces).

Restant, aujourd'hui très marginale, incertain, cette culture très riche en protéines peut remplacer le Soja dans de nombreuses rations pour les ruminants et occuper des niches dans le domaine de l'alimentation humaine.

3/Systématique de *lupinus albus* :

3-1/Classification :

Les lupins appartiennent à l'embranchement des spermaphytes, le sous embranchement des Angiospermes, la classe des *Magnoliopsidae* (Dicotylédones), la sous classe des *Rosidae*, l'ordre des fabales, la famille des *Fabaceae* (Légumineuses), tribu des genistées et le genre *Lupinus*. Ce genre comporte 200 à 500 espèces (Sbabou, 2009).



Figure n°06 : le lupin blanc (Gallais et Bannerot, 1992)

4/Origine et répartition géographique :

Le lupin est originaire du sud-est de l’Ethiopie et de l’Asie occidentale où des types sauvages sont encore présents. Sa culture est connue depuis l’antiquité en Grèce, en Italie, en Egypte et à Chypre. Au cours de l’histoire de sa culture, son importance a souvent fluctué ; actuellement, il a quasiment disparu d’Europe centrale, alors qu’il est de plus en plus répandu en Amérique. De nos jours, c’est un légume sec traditionnel secondaire, cultivé autour de la Méditerranée et de la mer Noire, dans la vallée du Nil, jusqu’au Soudan et en Ethiopie. Il est aussi parfois cultivé ailleurs par exemple, au Kenya, en Tanzanie, au Zimbabwe, en Afrique du Sud, à l’île Maurice, aux Etats-Unis et en Amérique du Sud (**Brink et Belay, 2006**).

5/Ecologie :

Le lupin blanc sauvage préfère les milieux perturbés et les sols pauvres, où la concurrence avec les autres espèces est moindre. Il est généralement cultivé à des températures mensuelles moyennes de 15 et 25 °C, des températures supérieures de même que le stress dû à l’humidité retardent la floraison et la formation des gousses. Le lupin blanc tolère le froid mais des températures de -6 à -8 °C nuisent à la germination et des températures de -3 à -5 °C à la floraison.

Les espèces de lupin sont tolérantes à la sécheresse grâce à la profondeur de leurs racines, mais sont sensibles à la carence en humidité pendant la période reproductive.

Le lupin est adapté aux sols bien drainés, légèrement acides ou neutre, de texture légère à moyenne, à pH compris entre 4,5 et 7,5. La croissance est ralentie sur des sols d’argile lourde engorgée, alors que les sols calcaires ou alcalins limitent la croissance, empêchant souvent la culture. Le maximum de CaCO₃ toléré dans les sols lourds que la plupart des autres plantes cultivées (**Brink et Belay, 2006**).

Les lupins fixent l’Azote en symbiose avec *Bradyrhizobium lupini*, *Rhizobium* à croissance lente que l’on rencontre fréquemment dans les sols acides ou neutre. Les souches de *Rhizobium* isolées présentent une large gamme de variation tant pour leur spécificité vis-à-vis de certaines espèces de certains génotypes que pour leur efficacité (**Gallais et Bannerot, 1992**).

6/ Description botanique :

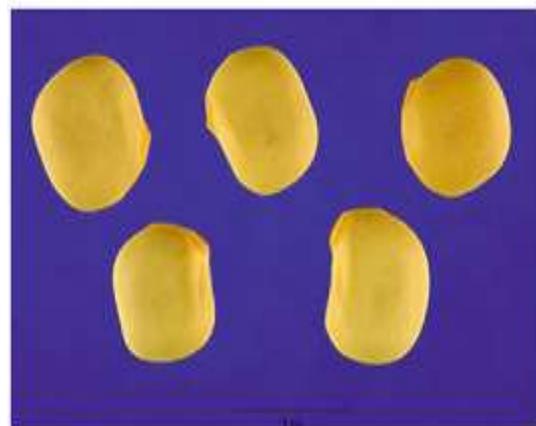
Lupinus albus est un complexe de plantes cultivées, adventices et sauvages avec une large variabilité tant chez les sauvages que cultivés. Tout les deux ont été classés comme sous-espèces alors qu'une classification en groupe de cultivars et cultivars serait plus appropriée. Les types cultivés sont distingués sous le nom de subsp, *albus* (synonyme : *lupinus termis* Forssk). Est une Plante herbacée annuelle, érigée, ramifiée, buissonnante, à forte racine pivotante. Feuilles alterne, composées digitées à 5-9 foliole; stipules linéaires à étroitement triangulaires Adnées à la base du pétiole jusqu'à 1 cm.

La plante de lupin blanc a une corole blanche, des gousses de 9-15 cm x 1,5-2 cm, des graines de 10-14 mm x 8-12 mm x 3-5 mm, qui ne s'égrènent pas à maturité, blanc rosâtre ou blanche avec un tégument perméable. En Ethiopie on trouve deux types de plantes cultivées : un type à grosse graines cultivé aussi en Egypte et au Soudan, mais aussi un type à petite graines et à petites feuilles. Dans les parties septentrionales de l'aire de répartition du lupin blanc, en Afrique du Sud ainsi qu'aux Amériques, ce sont principalement des cultivars moderne doux (contenant peu d'alcaloïdes) qui sont cultivés tandis qu'en Méditerranée et en Afrique de l'est, ce sont les variétés traditionnelles amères qui prédominent (**Brink et Belay, 2006**).

La Figure n° 10 nous présente une photographie de la fleur (a), et les graines du lupin blanc (*lupinus albus*), (b).



a/ Fleur de *lupinus albus*



b/ les graines de *lupinus albus*

Figure n° 07: la fleur et les graines de lupin blanc (**Lim, 2012**)

7/ Production et commerce international :

Il n'existe pas de statistiques spécifiques à *lupinus albus*. Près de 2 millions d'ha de lupin (toutes espèces confondues) sont cultivés dans le monde, dont 60% pour la production de graines principalement et 40% pour le fourrage et l'engrais vert. Le principal producteur de graines de lupin est l'Australie, avec environ 1,4 million t/an sur 1,2 million d'ha au début des années 1990 (**Brink et Belay, 2006**).

La production de lupins dans l'union européenne arrive en troisième position des protéagineux les surfaces ont progressé depuis 2000 passant de 56000ha dans l'union européenne à 15 à 74000 ha en 2004. L'Allemagne est le premier producteur assurant environ 50% de la production (**Guéguen et Duc, 2008**).

8/Propriétés nutritionnelles :

Le lupin blanc (*lupinus albus*) fait partie des lupins 'doux' qui sont développés pour leur très faible teneur en alcaloïdes. D'un point de vue nutritionnel, le lupin, fait partie des légumes secs qui contiennent le plus de protéines ; entre 35% et 45%, alors que la viande en contient entre 15 et 25%. Par rapport à la viande, les légumineuses ont l'avantage de contenir très peu de matière grasse même si le lupin fait partie de celles qui contiennent le plus avec 17%, avec l'intérêt qu'il s'agit de lipides riches en acides gras insaturés, dépourvus de cholestérol (Omega-3 et Omega-6).

Le lupin contient également beaucoup de fibres (25%) et fait partie des aliments sans gluten. La graine ne contient pas d'amidon. Les glucides de réserves sont essentiellement des téguments celluloseux sont épais et représentent environ 18% de matière sèche.

Les populations traditionnelles de lupin blanc produisent des grains contenant de 1 à 3% de substances antinutritionnelles. Il s'agit essentiellement d'alcaloïdes de type quinolizidine avec des noyaux tétracycliques, principalement la lupanine et la spartéine (**Gallais et Bannerot, 1992**).

Le lupin est très nourrissant. Bouilli, il est une bonne source de magnésium, de potassium et de zinc. Il contient du phosphore, du cuivre, de la thiamine, du fer et du calcium (**Fortin et François, 1996**).

Le tableau suivant représente les caractéristiques nutritionnelles du lupin blanc.

Tableau n°04 : les caractéristiques nutritionnels de grains le lupin blanc (**Guillaume *et al*, 1999**).

Caractéristiques	Quantité (%)
Matière sèche	87
Protéines brutes	47,1
Matière grasses	9,6
AG saturés	1,19
AG monosaturés	4,96
Cholestérol	0
Cendres brutes	3,4
Calcium	0,18
Phosphore total	0,40
Sodium	0,01
Chlore	0,02
Magnésium	0,15
Energie brute	
K Cal/kg	4,35
Protéines digestibles	54,9

Le lupin est une Légumineuse qui produit des grains riches en protéines le tableau suivant représente les principaux acides aminés que contient la graine de lupin blanc.

Tableau n°05 : composition en acides aminés des graines de lupin (**FAO, 1990**)

Acide aminés	Quantité (g/100g)
Lysine	5,3
Méthionine	0,6
Cystine	1,7
Histidine	3,5
Phénylalanine	3,4
Tyrosine	2,9
Leucine	6,0
Isoleucine	3,6
Thréonine	3,3
Arginine	11,0
Valine	3,4

La teneur en acides gras est variable, le tableau suivant illustre les acides gras dans la graine du lupin blanc.

Tableau n°06: composition en acides gras dans les graines de lupin blanc (FAO, 1990).

Acide gras	Quantité (g/100g)
Myristique	0,2
Palmitique	10,4
Stéarique	7,0
Oléique	36,0
Linoléique	39,0
Linolénnique	4,6
Archidique	0,7
Belérique	2,0

9/ Les domaines d'Utilisation de lupin blanc:

9-1/ Le lupin dans l'alimentation humaine :

Le lupin blanc est cultivé traditionnellement pour la consommation humaine. En Ethiopie, on obtient un alcool de grande qualité en distillant des graines fermentées (**Brink et Belay, 2006**).

On mange souvent les lupins tels quels ou arrosés de jus de citron, avec ou sans leur peau. On les sert nature en amuse-gueule à la manière des olives surtout en Italie et au Moyen-Orient. On transforme les lupins en farine que l'on met notamment dans les soupes, les sauces, les biscuits, les pâtes alimentaires et les pains : ils peuvent aussi être rôtis et moulus pour en faire un substitut de café (**Fortin et François, 1996**).

Ils peuvent être incorporés comme une source protéique dans une vaste gamme de produits alimentaires.

Deux entreprises, l'une chilienne, Avelup, l'autre australienne, Coorow Seeds, produisent des fibres à partir de téguments de lupin (*Lupinus albus*). Elle est utilisée depuis de nombreuses années par des boulangeries industrielles, et la formulation de produits

agroalimentaires, à base d'ingrédients issus de graines de lupin et prêts à l'emploi (boissons végétales, biscuits, muffins, snacks, produits extrudés et crèmes glacées) **(Schneider et Huyghe, 2015)**.

Deux extraits riches en protéines et exempts de toxines ont été préparés à titre expérimentale à partir des graines de lupin par des techniques semblables à celles que l'on utilise pour préparer les farines de soja enrichies en protéines.

Au Chili, on a préparé artisanalement, à partir de *L. albus* une farine jaune douce dont la teneur en protéines est en moyenne de 55%, en vue de compléter les aliments locaux à base de céréales **(FAO, 1990)**.

9-2/Le lupin : propriétés thérapeutiques :

En médecine traditionnelle, il sert à traiter plusieurs affections, servant ainsi d'anthelminthique, de carminatif, de désobstruant, et de pectoral. La farine de lupin mélangée à du miel ou du vinaigre est utilisée en cure contre les vers alors que des infusions ou des cataplasmes sont appliqués en cas de furoncles et de problèmes de peau. On fait brûler les graines pour éloigner les insectes **(Brink et Belay, 2006)**.

Autrefois, on se servait parfois de cette espèce comme diurétique et comme emménagogue ou encore pour courantes aujourd'hui **(Hans, 2007)**.

Le repas de lupin supplémentaire avec le miel ou le vinaigre est utilisé comme un traitement pour des vers. Tandis que l'infusion ou des cataplasmes sont appliqués pour des plaintes de peau et l'ébullition **(Lim, 2012)**.

➤ Effet sur le cholestérol :

Des études sur animaux ont démontré que les vicilines représentent la fraction active des protéines de soja. Les vicilines sont présentes en quantité importante dans la graine de lupin. Compte-tenu de la forte homologie entre les vicilines de soja et de lupin, les auteurs ont émis l'hypothèse que les graines de lupin avaient des propriétés intéressantes de diminution du cholestérol.

La teneur propre de fibres elle permet de réduire le cholestérol dans le sang dû à l'absorption réduite des graisses **(Arnoldi, 2011)**.

➤ **Effet sur l'hypertension :**

Grâce aux propriétés d'une substance appelée tocophérol, la consommation de lupin peut même prévenir l'hypertension et permet des améliorations dans la prévention du diabète de type 2 et le cancer du côlon, le lupin est extrêmement riche en acides gras essentiels **oméga 3** et **oméga 6**, qui sont importants pour notre santé et ne peuvent pas être synthétisés par notre organisme. Le lupin présente également un rôle intéressant pour les personnes qui souffrent de l'intolérance au gluten, cette légumineuse n'en contient pas (**Brink et Belay, 2006**).

➤ **Effet sur les maladies cardiovasculaires :**

La présence d'arginine dans le lupin présente des effets bénéfiques sur les parois internes des vaisseaux sanguins et contribue à améliorer la fonction endothéliale, ce qui est précisément l'une des principales causes de maladies cardiovasculaires, l'origine des accidents vasculaires cérébraux, crises cardiaques, l'hypertension artérielle, etc. la grande quantité d'oméga-3 dans lupins apporte de grands avantages pour le cœur, qui, combinée à une bonne prise de fibre améliore l'activité cardio-vasculaire (**Yeheyis, et al, 2011**).

9-3/Le lupin dans l'alimentation animale :

Le lupin blanc (*lupinus albus*) suscite vivement l'intérêt des cultivateurs, des éleveurs, des nutritionnistes et des technologues de l'alimentation animale (**Poisson.1980**).

Le lupin est très bien accepté par les volailles jeunes et adultes. L'incorporation de lupin dans une ration augmente le besoin en acide folique du poulet en croissance (**INRA ,1989**).

Les lupins blancs présentent un plus fort potentiel de d'utilisation chez les volailles, et les variétés cultivées sont pratiquement dépourvues d'alcaloïdes.

Les graines entières de lupin, plus riches en matières azotée et plus adaptées aux chèvres en lactation. Elles peuvent être introduites dans les rations des ruminants à raison de 15 à 20 %de la MS sans pénaliser les performances.

Des introductions plus importantes conduiraient à croître les rejets d'azotes du fait de la forte dégradabilité des protéines dans le rumen.

Les ovins (agneaux et brebis) peuvent également valoriser les protéagineux avec quantités quotidiennes pouvant aller jusqu'à 600 à 700 g de lupin (**Schneider et Huyghe, 2015**).

Selon **(Rosset, 2012)**, le cheval peut consommer directement les graines de lupin lorsqu'elles sont distribuées en complément des rations riches en céréales. Le lupin blanc doux peut être également distribué, à raison de 0,5 kg par 100 kg de poids vif et par jour. Leur valeur azotée est élevée et les matières azotées sont assez bien équilibrées en acides aminés indispensables, sauf en lysine et tryptophane.

9-4/ le lupin comme engrais vert :

Lupin blanc est une plante utilisée traditionnellement comme engrais vert dans les vignobles et les oliveraies **(Brink et Belay, 2006)**.

Les lupins sont souvent plantés pour améliorer la nature du sol car ils vivent en symbiose avec des bactéries particulières grâce auxquelles ils sont en mesure de fixer l'azote **(Hans, 2007)**.

D'après **(Gallais et Bannerot, 1992)**, dans les régions à sols pauvres, elles sont fréquemment utilisées pour permettre une amélioration de la structure, par une augmentation des teneurs en matière organique et par des reliquats azotés importants qui sont valorisés par la culture suivante. Le lupin est surtout à cette fin dans les régions bordant la Baltique.

Chapitre III :
Matériel et méthodes

Notre travail consiste à élaborer une préparation alimentaire faite à base de café et de graines de lupin blanc, ce dernier permet d'améliorer les propriétés nutritionnelles du produit, en apportant protéines, acides gras insaturés, et sels minéraux.

La partie expérimentale de ce travail a été réalisée au niveau de la **Sarl ALGOFOOD « AROMA CAFE »** de Béraki Alger pendant une durée d'un mois du 26/03/2018 à 26/04/2018. Où nous avons suivi le processus de fabrication du café, la torréfaction des grains de *lupinus albus*, la réalisation des différentes formules de notre préparation alimentaire, ainsi que toutes les opérations d'autocontrôle qui se font tout au long de la chaîne de fabrication.

Certaines analyses physicochimiques et microbiologiques ont été faites au niveau du laboratoire de biochimie, et au laboratoire de microbiologie à l'université Djilali Bounàama de khemis miliana, et aussi au laboratoire d'analyses médicales du docteur Zibouche de Ain defla.

1/Présentation du lieu de stage :

ALGOFOOD avec sa marque **AROMA CAFE** est une entreprise qui intervient dans le domaine de la production de café, elle est engagée depuis 2012. Située dans la zone industrielle de Baraki à Alger, son activité actuelle se focalise sur la torréfaction, la mouture et le conditionnement du café venant de plusieurs coins du monde, Cette dernière a réussi à se faire l'une des premières places parmi les marques les plus anciennes en peu de temps grâce à sa nouvelle technologie de fabrication et la qualité du produit, elle veille à sélectionner les meilleurs grains de café d'Amérique latine et d'Asie , afin de les transformer en tasse de café spéciale pour plonger le consommateur dans un univers de qualité et lui permettre de savourer le bon goût du café authentique, c'est pourquoi la marque a réussi à se faire une place sur le marché en peu de temps, L'entreprise a récemment obtenu la certification **ISO 22000** qui est une norme internationale , relative à la sécurité des denrées alimentaires.

2/Matériel

2.1/ Présentation des Matières premières :

❖ Café :

Tableau n°07 : Présentation des deux variétés de café importés par la société

	Café Arabica	Café robusta
Produit	Café vert	Café vert
Pays d'origine	Brésil	Vietnam
Poids net	60Kg	60 kg
Date limite de consommation	01/2020	11/2021
Récolte	2018	2016/2017

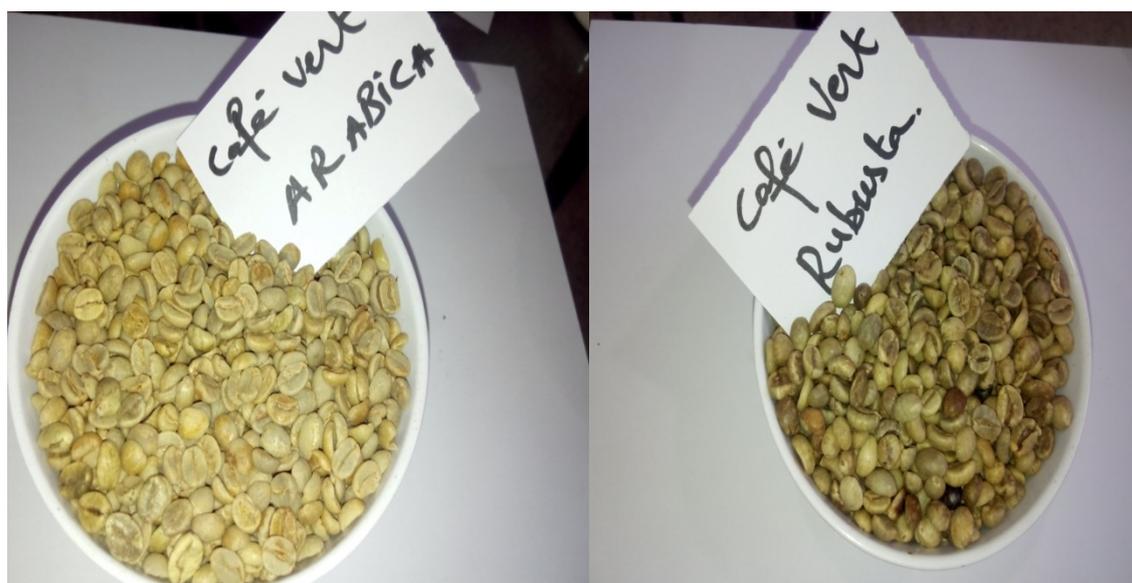


Figure n° 08: Photographie du café vert nettoyé (Arabica, et Robusta)

❖ Grain de Lupin blanc :

Les grains de lupin blanc ont été achetés sur un marché public à Khemis Miliana, elles sont d'origine égyptienne (**figure 09**).



Figure n° 09: Photographie de grain de lupin blanc

2.2/ Produit de Référence :

Un échantillon de café fourni par la SARL Aroma, est considéré comme produit de référence (café Aroma), elle constitué d'un mélange des deux variétés de café avec des proportions différentes de l'Arabica et de Robusta.

3/Méthodes :

3.1/ Caractérisations physicochimiques des matières premières :

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les différentes matières premières sont :

3.1.1/ Teneur en matière sèche (A.O.AC, 1990) :

Mode opératoire :

Trois creusets vides sont séchés à l'étuve pendant 15 min à $103 \pm 2^\circ\text{C}$, puis tarés après refroidissement dans un dessiccateur. 2g d'échantillon sont pesés dans chacun des creusets. Puis placés dans une étuve réglée à $70 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 6 heures. Les creusets sont retirés de l'étuve et pesés après refroidissement dans un dessiccateur.

La teneur en eau des échantillons est calculée selon la formule suivante :

$$\text{MS}\% = (\text{M1} - \text{M2}) \frac{100}{\text{P}}$$

Avec :

MS % : humidité ;

M1 : masse du creuset contenant la matière fraîche avant étuvage (g) ;

M2 : masse du creuset contenant la matière fraîche après étuvage (g) ;

P : masse de la prise d'essai (g).

3.1.2/ Teneur en matière organique et en cendre (A.O.AC ,1990) :

Mode opératoire :

Cette méthode consiste à calciner l'échantillon à 550°C dans un four à moufle jusqu'à l'obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant. 2g d'échantillon sont pesés dans des creusets et sont ensuite placés dans un four à moufle réglé à 550°C pendant 5 heures, jusqu'à l'obtention des cendres blanchâtres. Les creusets sont pesés après refroidissement dans un dessiccateur.

La matière organique est calculée selon la formule suivante:

$$MO(\%) = \frac{(M1 - M2)}{P} \times 100$$

Avec :

MO : matière organique (%)

M1 : masse du creuset contenant la prise d'essai (g)

M2 : masse du creuset et des cendres (g)

P : prise d'essai (g)

La teneur en cendres est calculée comme suit : **cendres (%) = 100- MO**

3.1.3/ Dosage des sucres totaux :

Mode opératoire :

Les sucres totaux sont dosés selon la méthode de **Dubois et al. (1956)** :

1ml de la solution à doser sont mis dans un tube à essai avec 1ml de phénol à (5% dans l'eau). 5 ml H₂SO₄ sont ajoutés rapidement sans les faire couler le long de parois et le mélange est agité immédiatement. Une coloration jaune se développe, stable durant plusieurs heures. Les tubes sont placés au bain-marie à 25-30°C pendant 20 minutes puis refroidis sous l'eau à 20°C. L'absorbance est mesurée à 485 nm les teneurs sont déterminés en référence à une gamme étalon de glucose (**Annexe II**).

3.1.4/ Détermination de l'azote total et de la teneur en protéines totales (méthodes de Kjeldahl) (AOAC, 1990) :

Cette méthode est considérée comme référence internationale pour déterminer l'azote total et la teneur en protéines totales contenus dans les produits alimentaires. Elle est réalisée en trois étapes, la digestion (minéralisation), la distillation, et le titrage. Le café est digéré dans l'acide sulfurique (H₂SO₄), en utilisant comme catalyseur le sulfate de cuivre (CuSO₄.H₂O) avec le sulfate de potassium K₂SO₄ (la fonction du sulfate de potassium est d'élever le point d'ébullition de l'acide sulfurique et de permettre d'obtenir un mélange oxydant plus fort pour la minéralisation.), l'azote des protéines libéré et retenu sous forme de sel d'ammonium. Addition d'hydroxyde de sodium NaOH excédentaire au minéralisât refroidi concentré pour libérer de l'ammoniac (NH₃), qui est ensuite distillé, et recueilli dans un excédent de solution d'acide borique H₃BO₃, et titré par une solution d'acide chlorhydrique. L'azote total est déterminé en pourcentage par unité de masse selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'Azote} = 1,4007 \times (V_s) \times N W$$

- Où : **VS** : volume titrant (ml) pour l'échantillon.
- **N** : normalité de l'acide titrant.
- **W** : masse (g) de l'échantillon à analyser.

La teneur en protéines totales est calculée en multipliant l'azote total par un facteur de conversion spécifique.

- **%Protéines = % N x K**
- **K** = facteur de conversion de l'azote en protéine, **K= 6.25**

3.1.5/ Teneur en matière grasse :

Méthode de Soxhlet :

L'extraction par soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première (**Penchev, 2010**).

Principe :

L'aliment solide est pesé (5g) et placé dans une cartouche de cellulose. L'échantillon est extrait en continu par (175 ml) d'éther diéthylique à ébullition (P.E. 35C°) qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète (4 à 5 heures). Une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée (AOAC, 1984).

$$MG\% = \frac{M2 - M1}{M0} \times 100$$

Avec : **M0** = masse de l'échantillon (g).

M1 = masse du ballon vide (g) ; **M2** = masse du ballon contenant les lipides extraits (g).

3.2/ Analyse microbiologique :**3.2.1/ Objectif de contrôle microbiologique :**

Le contrôle microbiologique doit permettre de garantir une bonne qualité hygiénique et marchande du produit fabriqué, de plus il doit permettre de minimiser les pertes dues à des mauvaises conditions de fabrication.

Les analyses microbiologiques effectuées dans notre travail sont recommandées par le Journal Officiel de la République Algérienne (1998).

3.2.2/ Préparation des dilutions décimales :

La réalisation des analyses microbiologiques nécessite d'effectuer une série de dilutions décimales, en vue d'obtenir une répartition aussi uniforme que possible des microorganismes contenus dans la prise d'essai, et de réduire le nombre de microorganismes par unité de volume, afin de faciliter l'examen microbiologique. La préparation est réalisée selon la norme (NF V 08-010, 1996)

3.2.3/Recherche et dénombrement des microorganismes :

3.2.3.1/La flore aérobie mésophile totale à 30 °C (FAMT) :(NF V 08-011N et NF V 08-51)

La flore mésophile totale représente l'ensemble des microorganismes adaptés à se multiplier aux températures moyennes situées entre 25 et 40 °C (Singleton, 2008).

Cette flore est un bon indicateur de la qualité générale et de la stabilité des produits. Le dénombrement a été réalisé sur gélose PCA, par un ensemencement en profondeur ou en masse.

Mode opératoire :

- ✓ porter aseptiquement 1 ml à partir des dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-2} dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.
- ✓ compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA fondue puis refroidie.
- ✓ Faire des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée.
- ✓ laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses. Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures.

3.2.3.2/ Les coliformes totaux et coliformes thermo tolérants :(NF V 08-050 et NF V 08-060)

Les coliformes sont des bactéries à Gram négatif non sporulé, aérobies ou anaérobies facultative. Capable de se multiplier en présence de sel biliaire et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz (CO_2 et H_2). Sont des entérobactéries moyennement acidifiantes (pH=5). Les coliformes sont répartis en 2 groupes distincts :

- **Coliformes totaux** : Ils sont détectés à 30 °C.
- **Coliformes fécaux** : dont l'origine essentielle est le tube digestif, qui sont plus thermo tolérants (détecté à 44°C).*Escherichia coli* fait partie de ce dernier groupe.

Mode opératoire :

Consiste à ensemencer en profondeur, dans les mêmes conditions, une quantité déterminée (1ml) de dilutions décimales 10^{-1} et 10^{-2} dans un milieu gélosé à la bile, au cristal violet et au lactose (VRBL), coulé dans une boîte de Pétri.

- Recouvrir les boîtes avec une couche 5 ml du même milieu.

- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va- et- vient en forme de « 8 » pour bien mélanger la gélose à l'inoculum.
- Les incubé, couvercle en bas pendant 24 h à 48 h à 30 °C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes thermo tolérants.

Le dénombrement repose sur le comptage des colonies caractéristiques qui sont violacées, d'un diamètre de 0,5 mm ou plus, et parfois sont entourées d'une zone rougeâtre, due à la précipitation de la bile.

3.2.3. 3/ Recherche des *Staphylococcus aureus* (NF V 08-057) :

Les *Staphylococcus aureus* appartiennent à la famille des *Micrococcaceae*. Ce sont des Cocci à Gram positif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, immobiles, halophiles, se divisent en plusieurs plans en formant des amas irréguliers, coagulase, protéase et catalase positives. (**Bourgois et al., 1996**).

C'est un germe pathogène capable de produire une entérotoxine pouvant causer une intoxication alimentaire. Sa recherche permet de savoir si le produit présent des risques d'atteinte à la santé du consommateur.

Principe :

Le dénombrement du staphylococcus aureus peut se faire de différente façon (sur une gélose Baird Parker classique, sur une gélose Chapman ou encore en milieu liquide dans le milieu de Giolitti cantonii (**Alian et al, 2007**).

- L'enrichissement sur le milieu Giolitti cantonii permet une meilleure revivification des souches stressées.
- L'isolement sur le milieu Chapman qui a un pouvoir inhibiteur, est obtenu par des fortes concentrations chlorures de sodium (7,5%). Il sélectionne les microorganismes halophiles permis lesquels figurent les staphylocoques entourés d'un halo jaune qui est dû à l'utilisation du mannitol avec acidification du milieu et virage de l'indicateur «le rouge de phénol» du rouge au jaune.

Mode opératoire :

Méthode d'enrichissement au milieu de Giolitti cantonii.

➤ **Préparation du milieu d'enrichissement :**

- Au moment de l'emploi, ouvrir aseptiquement le flacon 225ml contenant le milieu Giolitti Cantinii pour y ajouter 15ml solution de Télurite de potassium.
- Mélanger soigneusement. Le milieu est prêt à l'emploi.

➤ **Ensemencement :**

- A partir de dilutions décimales retenues, porter aseptiquement 1ml par dilution dans tube à vis stérile.
- Ajouter par la suite environ 15ml du milieu d'enrichissement.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37°C pendant à 24 à 48heures.

Lecture :

- Seront considérés comme positifs, les tubes virés au noir.
- Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, cestubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boite de Pétri et bien séchées.
- Les boites de Chapman ainsi ensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- Après ce délai, on va repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune et pourvues d'une coagulase et d'une catalase.

3.2.3.4/ Recherche des Salmonelles :(NF V 08-052)

Sont des entérobactéries bacilles à Gram négatif, mobiles, anaérobies facultatives à forte contagiosité et mobiles grâce à une ciliature péritriche.

La recherche des salmonelles et leur identification permet de savoir si le produit dangereux à consommer ou non (**Leveau et bouix, 1993**), car les salmonelles sont responsables de gastro-entérites, de toxi-infection alimentaires, des fièvres typhoïdes et paratyphoïde.

Mode opératoire :

La recherche des Salmonelles nécessite une prise d'essai à part :

➤ Jour 1 : **Pré-enrichissement :**

- Prélever 25g de produit à analyser dans sachet stérile de contenant 225ml d'eau peptonnée tamponée.
- Broyer cette suspension dans un broyeur de type Stomacher, la transposer dans un flacon stérile puis l'incuber à 37°C pendant 18 heures.

➤ Jour 2 : **Enrichissement :**

L'enrichissement doit s'effectuer :

Le milieu de **Sélinite-cystéine** (SFB) réparti à raison de 100ml par flacon.

L'enrichissement proprement dit, se fait donc à partir du milieu de pré-enrichissement de la façon suivante :

0,1ml en double pour les flacons de **(SFB)**

Incubation :

- Le premier tube de (SFB) sera incubé à 37°C, 24 h.
- Le deuxième tube de (SFB) sera incubé à 42°C, 24 h.

➤ Jour 3 : **Isolement :**

Chaque tube et chaque flacon fera l'objet d'un isolement sur deux milieux gélosés différents à savoir :

- Le milieu gélosé Hektoen.
- Le milieu gélosé Bilié lactosé au vert brillant et au rouge de phénol.

Toutes les boîtes ainsi ensemencés seront incubée à 37°C pendant 24 h.

➤ **Lecture des boîtes et identification**

La salmonelle présentée la façon suivante :

- Colonies roses entourée d'une zone rouge sur gélose BLVBRP.
- Colonies le plus souvent gris bleu à centre noir sur gélose Hektoen.

3.2.3.5/ Recherche de *Clostridium sulfito-réducteur* :

Genre *Clostridium* : Gram positif ; Cellules : habituellement des bâtonnets (environ 0,3-1,9 x 2-10 µm). Mobiles ou non. Endospores. Anaérobies obligatoires (ou dans quelques cas aérotolérants). Métabolismes habituellement fermentatif, se trouvent notamment dans le sol et dans les intestins de l'homme et autre animaux (**Singleton, 2008**).

Leur résistance est beaucoup plus importante que celle des autres germes car ils sont sporulés. A l'échelle alimentaire, ils causent de très graves intoxications (**Aissaoui, 2011**).

Mode opératoire :

Préparation des milieux :

- Faire fondre la gélose VF et laisser refroidir.
- Ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium.
- Mélanger soigneusement et aseptiquement puis maintenir ce milieu dans une étuve à 0°C jusqu'au moment d'utilisation.

Ensemencement :

Les tubes contenant les dilutions 10^{-1} et 10^{-2} seront soumis d'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 min, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées. A partir de ces dilution, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stériles, puis ajouter environ 15 ml de gélose VF, prête à l'emploi, dans chaque tube et laisser solidifier sur paillasse pendant 30 min.

Incubation :

Ces tubes seront incubés à 37°C pendant 16,14 ou au plus tard 48 h.

Lecture :

La première lecture doit se faire impérativement à 16h, car :

- D'une part les colonies de *Clostridium sulfito-réducteur* sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.
- D'autre part, il faut absolument repérer toute colonies noire ayant poussée en masse et d'un diamètre supérieure à 0.5 mm.

Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique réincuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24h à 48h.

Le nombre de colonies trouvées doit être multiplié par l'inverse de la dilution.

La figure 9 résume les étapes de la recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs.

3.2.3.6/ Recherche et dénombrement des levures et des moisissures :

Les levures et moisissures sont des germes facultativement aérobies, leur dénombrement se fait sur milieu Sabouraud au Chloramphénicol ou sur gélose OGA.

Mode opératoire :

A partir des dilutions décimales 10^{-1} et 10^{-2} porter aseptiquement quelques gouttes dans une boîte de pétrie vide et stérile contenant de la gélose Sabouraud. Etaler les gouttes à l'aide d'un râtelier stérile, puis incuber à 22°C pendant 5 jours.

Lecture :

Étant donné qu'on a pris 0.1 ml des dilutions décimales et que 1ml contient 20gouttes, pour revenir à 1ml, on multiplie le nombre par 10.

D'autre part, puisqu'on a travaillé avec des dilutions décimales, on doit multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution correspondante et calculer ensuite la moyenne arithmétique, puis exprimer le résultat final en ml ou en g de produit à analyser.

3.3/Étape de pré formulation :

L'étape de préformulation est plus que nécessaire, puisqu'elle permet de définir les paramètres les plus importants, à savoir la qualité nutritionnelle, physico-chimique et organoleptique. Ces paramètres sont liés aux variables de la formulation, à savoir, les éléments constituant la préparation alimentaire et aux variables du procédé.

Le but de cette phase de travail, est de faire ressortir les principaux ingrédients, susceptibles d'avoir un effet significatif sur les réponses choisies.

Étant donné que le nombre de facteurs est faible et que ces facteurs sont quantitatifs, on recherche à ce stade de travail à optimiser la formule. La stratégie adoptée sera donc celle de l'optimisation des réponses engendrant ainsi l'utilisation de la méthodologie des plans d'expériences « plan de mélange ».

Les facteurs retenus sont ceux qui sont considérés comme étant des facteurs clés de formulation : le café Arabica, le café Robusta, et la graine de *Lupinus albus*. D'autres facteurs qui sont liés au procédé de fabrication à savoir le temps et la température de torréfaction de la graine de lupin sont également pris en considération (ils ont une influence directe sur l'objectif recherché).

3.3.1/Procès de fabrication du café :

Pour la production du café de bonne qualité, il y a lieu de respecter les paramètres de chaque étape de production.

Au niveau de l'usine le procédé de production est géré par un système automatisé qui garantit un contrôle constant de la qualité et permet d'entreprendre à tout moment les interventions nécessaires, afin d'adapter la production et le conditionnement aux standards de qualité adoptés.

Actuellement, au sein de l'usine, la production du café passe par neuf étapes principales montrées dans la figure suivante :

3.3.2/ Les étapes de la production du café :

3.3.2.1/Stockage de matières premières :

L'entreprise ALGOFOOD importe plusieurs variétés de grains de café vert déjà nettoyés, et conditionnés dans des sacs en jute de 60 kg, de différentes régions à climat tropical, elle achète aussi du sucre au niveau de l'entreprise Algérienne CEVITAL. Ces matières sont stockées dans un hangar (**Figure 10**).



Figure n°10: Stockage de matières premières (café vert, sucre).

3.3.2.2/Charge et Décharge de café vert :

La chaîne de production du café commence par la charge du café vert (**Figure 11**) et cela en vidant les sacs de jute dans une trémie, la matière est envoyée vers des silos de stockage d'une capacité de 5 tonnes, cela est fait à l'aide d'un système pneumatique, qui se compose d'une pompe souffleuse et d'un aspirateur qui permet d'éliminer la poussière.



Figure n°11 : Station de charge et décharge du café vert à l'usine AROMA

3.3.2.3/la torréfaction :

Lors de la torréfaction, les grains de café changent de couleur, deviennent plus légers, prennent du volume et acquièrent plus d'arômes, c'est cette exposition à des températures élevées qui permet aux grains de développer leurs qualités aromatiques.

- _ À 100 C° les grains prennent un teint doré, c'est à partir de cet instant que les arômes commencent à se former.
- _ À plus de 150-180 C° les grains deviennent gros et prennent une couleur marron.
- _ Entre 200-230 C°, la torréfaction atteint son niveau optimal et le café prend son goût caractéristique.
- _ Une fois qu'il a été extrait de la torréfaction le café est rapidement ramené à une température ambiante grâce aux courants d'air et à une eau froide vaporisée.



Figure n°12: Machines de torréfaction

Il existe deux types de café torréfié : le café naturelle sans sucre et le café caramélisé en ajoutant du sucre (**figure 13**).



café naturel sans sucre



café caramélisé

Figure n°13: café torréfié sans et avec ajout de sucre

Dans nos préparations nous utilisons le café (arabica et robusta) sans ajout de sucre, par contre le café Aroma (PR) contient du sucre ajouté à moins de 3 % (quantités autorisées par le **J.O.R.A, 1998**), au moment de la torréfaction cet ajout permet la caramélisation.

3.3.2.4/Refroidissement :

Dès que le café est torréfié, il doit être refroidi. Pour cela, il sera versé dans un tamis ou il sera refroidi à l'aide d'une forte ventilation. Cette opération prend jusqu'à 7 à 8 minutes (**Figure n°14**), elle doit être effectuée rapidement juste après la torréfaction pour éviter le conglomérat des grains de café torréfié chaud.



Refroidissement de café naturel



Refroidissement de café caramélisé

Figure n°14: Système de refroidissement

3.3.2.5/Stockage du café torréfié :

Avant de passer à la mouture le café doit être stocké dans des silos (figure n°15). Où il va se reposer pendant une durée de 4 heures.



Figure n°15: Silos de stockages

3.3.2.6/la mouture :

Les grains de café torréfiés doivent être moulus, la mouture du café est la dernière étape de transformation avant l'infusion du café. Elle est aussi une étape essentielle.

A chaque type de cafetière correspond une mouture. On parle de **mouture fine**, **mouture moyenne** ou **mouture grossière**.

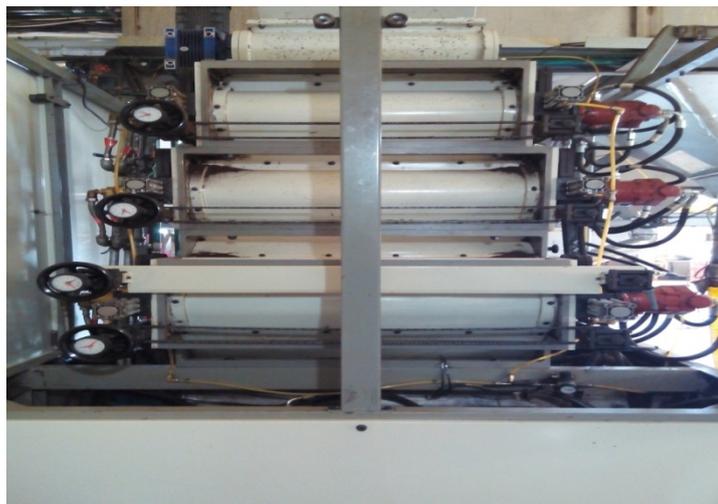


Figure n°16: Moulin

3.3.2.7/Stockage café moulu et le dégazage :

Le café moulu doit être mis dans des silos de stockage de capacité de 3.5t chacun (figure n°17).

Actuellement l'entreprise est équipée de 20 silos de stockage, divisée en deux lignes, chaque ligne comporte 10 silos, ces derniers sont réparties sur deux cyclones, chaque cyclone relie 5 silos de stockage. Le café moulu stocké sera dégazé pendant une durée de 12 heures au minimum. Cette étape est très importante car elle permet d'extraire tous les gaz et l'air contenu dans le café pour qu'il soit prêt pour le conditionnement. Le café express est celui utilisé pour la production de café capsule, il est moulu très finement afin d'être dégusté et de mieux libérer tous ses arômes.



Figure n°17: Silos de dégazage

3.3.2.8/Conditionnement et emballage :

Il s'agit d'une phase très importante puisque lorsque le café entre en contact avec l'air, il se détériore rapidement, ses compositions s'oxydent tout en faisant disparaître l'arôme.

Pour conserver la qualité du café, la poudre est emballée de suite après son dégazage dans des emballages sous-vide, à valve unidirectionnelle. Ils permettent à la fois au café de respirer tout en empêchant l'oxygène d'y entrer et altérer la qualité du produit.

L'usine AROMA dispose de trois types de conditionnements :

- Aroma pot / Aroma paquet / Aroma capsule de 7 g avec différents arômes.



Figure n°18: produit fini café Aroma

3.3.2.9/Stockage final :

Une fois le produit conditionné ; il est fardelé et stocké dans des palettes avant d’être distribué.

L’ensemble des étapes de fabrication du café Aroma sont résumées dans le diagramme suivant :

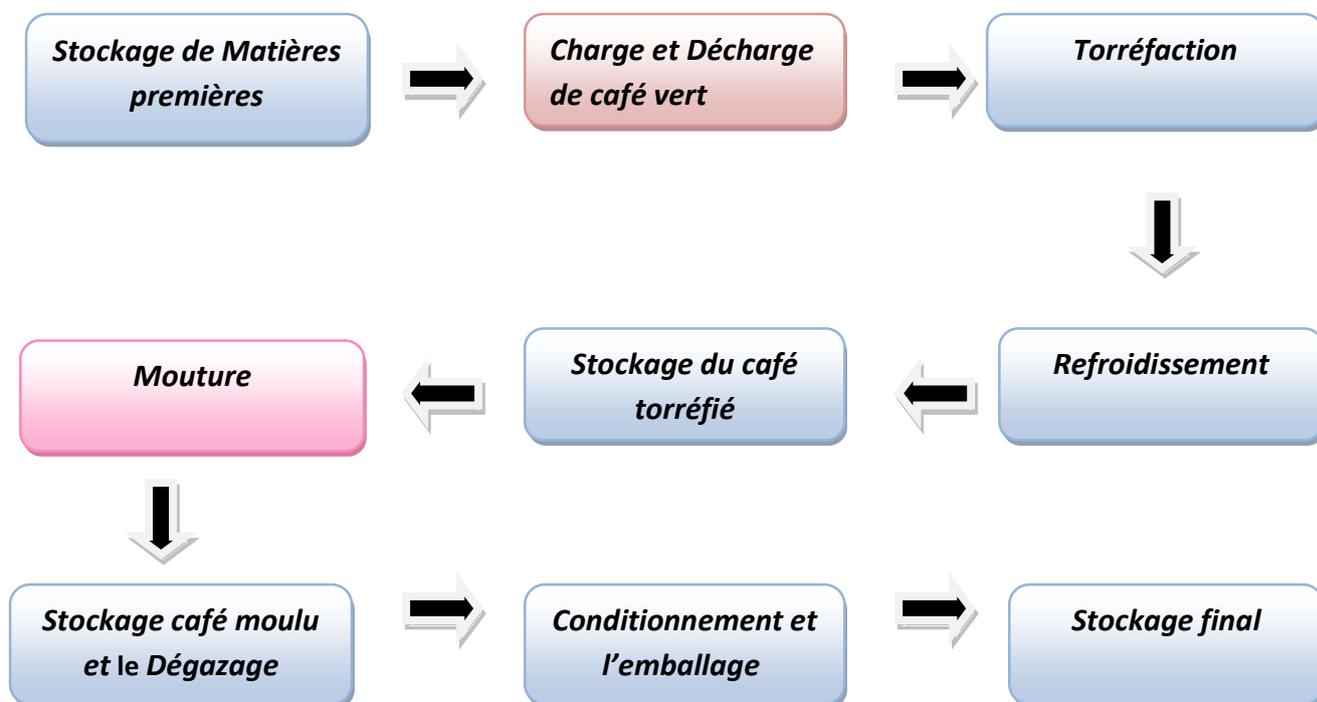


Figure n°19: Les étapes de la production du café

3.3.3/ Préparation des grains de lupin blanc :

Dans un premier temps nous avons effectué deux essais de torréfaction des graines, avec et sans pellicule avec une température de 220 C° pendant 20 minutes (température et temps de traitement du café). C'est à partir de ce test qu'on décidera si la graine de lupin doit être dépelliculée avant ou après torréfaction.

Les grains de lupin dépelliculés puis torréfiés ne présentent pas une torréfaction, certains cotylédons ont une couleur très foncée alors que d'autre ont une couleur claire. Par contre les grains qui ont été torréfiés en présence de leur pellicule, les cotylédons ont une couleur homogène brune ce qui traduit une bonne répartition de la chaleur et donc une bonne torréfaction.



Cotylédons torréfiés



Graines torréfiées avec tigulant

Figure n°20 : Grains de lupin torréfié avec et sans tigulant

Dans nos préparations formulées on utilise que de café torréfié (naturelle) sans l'ajout de sucre pour obtenir un produit naturelle a des effets bénéfiques pour la santé et de ne pas tromper les consommateurs.

3.4/Etape de formulation :

3.4.1/Préparation du café Arabica et robusta :

La préparation du café (un de la variété Arabica et l'autre de la variété Robusta) se fait selon les étapes suivantes :

La torréfaction des grains du café vert pendant 25min à 200°C (Figure 24); et après le refroidissement, la mouture des grains torréfiés a été effectuée à l'aide d'un broyeur professionnel de marque Misserco (**Figure n°21**); les échantillons ont été récupérés après broyage et mis dans des sacs de conservation.



Torréfacteur



Broyeur

Figure n°21: Photographie du Torréfacteur, et du Broyeur

3.4.2/ préparation des graines de *lupinus albus* :

Les graines de lupins non moulus sont torréfiées à des températures variant de 100 à 280 C°, et avec un intervalle de temps allant de 5 à 40 min.

3.4.3/réalisation des différentes formules :

A l'aide de la méthode des plans d'expériences, nous avons obtenu 17 formules à réaliser, qui varient en fonction des quantités de café Arabica, café Robusta, et graines de lupin blanc torréfiées, dépelliculées puis moulues.

Le tableau suivant résume l'intervalle des valeurs de chaque ingrédient.

Tableau n°08: Tableau de méthode de réalisation des essais

Les ingrédients	Quantités
Café Arabica	0-100%
Café Robusta	0-100%
Lupin blanc	0-100%

3.5/ caractérisation des essais formulés :

3.5.1/ Analyses sensorielles:

L'arôme, la saveur et le goût de la tasse de café dépendent d'une multitude de facteurs tels que l'effet du milieu, pratiques humaines, mélange de différentes origines, torréfaction, méthode de préparation de la boisson.

Pour connaître la qualité d'un lot de café, l'analyse physique des cafés verts ne suffit pas elle doit être complétée par une analyse organoleptique à la tasse.

L'analyse sensorielle ou évaluation sensorielle permet de définir, mesurer, analyser et interpréter les caractéristiques d'un produit perçues par l'intermédiaire des organes des sens, c'est-à-dire ses propriétés gustatives, olfactives, visuelles, auditives et tactiles. Certaines normes définissent simplement l'analyse sensorielle comme suit : examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens (**Benbabouche, 2013**).

L'analyse sensorielle a été effectuée par dix-sept dégustateurs, certains sont des employés de la société **ALGOFOOD**, les autres sont des étudiants de l'université de khemis miliana, leur âge varie de 22 à 45 ans, (10 femmes et sept hommes).

L'évaluation des produits se fait sur une fiche de dégustation (**annexe III**) basée sur toutes les caractéristiques sensorielles selon une échelle de notation structurée de 0 à 5.

3.5.2/ Les analyses physicochimique :

Nous avons déterminé les paramètres physicochimiques par les mêmes méthodes appliquées sur la matière première. À l'exception de la méthode de détermination de la Matière soluble ; Ainsi le pH des préparations formulés.

Voici les méthodes :

3.5.2.1/ Le PH :

*** Mesure de pH (à 25°C) :**

- Régler le pH-mètre : le calibrage se fait avec une solution tampon à pH=9 et pH=4 ;
- Introduire la sonde pH-métrique dans le premier échantillon et relever la valeur de pH ;
- Nettoyer le pH-mètre et mesurer le pH des autres solutions avec le même pH-mètre.

3.5.2.2/ Détermination du taux d'extrait aqueux :

Principe :

Le taux d'extrait aqueux est le taux des matières solubles du café moulu, il est influencé par la nature du café mis en œuvre, par la torréfaction plus ou moins poussée qu'il a subit et par la finesse de la mouture (**Aissaoui, 2011**).

Mode opératoire :

- peser 5g du café moulu et les placer dans un erlenmeyer.
- Ajouter 100 ml d'eau distillée et porter à une douce ébullition pendant un quart d'heure au moins.

-Jeter sur un filtre taré et recevoir le liquide dans une fiole jaugée.

-Laver soigneusement le filtre avec de l'eau distillée chaude jusqu'à ce que le liquide passe incolore.

-Sécher le filtre à l'étuve jusqu'à poids constant 24h et peser.

Expression des résultats :

Le taux des matières insolubles pour 100g du café desséché est représenté par la formule suivante :

$$I\% = \frac{(p \times 20) \times 100}{100 - H}$$

Où : **I%** : Taux des matières insoluble.

P : L'augmentation du poids du filtre.

H : Taux d'humidité.

Les matières solubles pour 100g du café déshydraté sont égales à : **100-I%** par conséquent calculées directement selon la formule suivante :

$$S\% = 100 - \frac{(p \times 20) \times 100}{100 - H}$$

Où : **S%** : Taux de matières solubles.

3.5.3/Les analyses microbiologique :

Nous recherchons les mêmes germes que nous avons recherchés dans les matières premières, et suivons les méthodes mentionnées précédemment.

Chapitr IV :
Résultats et discussions

1/Résultats de la caractérisation physico-chimique de la matière première :

A partir du tableau suivant on constate que la teneur en humidité des trois graines est presque identique, allant de 9.2 (g/100g) pour la graine de lupin jusqu'à 10.5 (g/100g) pour la graine de café Robusta. Ces valeurs sont conformes à la norme donnée par le **J.O.R.A, (1992)** qui doit être inférieure ou égale à 12.5.

La graine de lupin contient une teneur non négligeable en glucides (28g/100g) alors que les graines de café Arabica, et Robusta ont des valeurs négligeables en glucides 0.3g/100g, et 0.4g/100g respectivement.

Le taux de protéines est très important dans les grains de lupin 40.05 g /100g, et un taux moyen dans les deux variétés de café (Arabica =13.56g /100g et Robusta = 15.86g/100g). Selon **Alamanou et Doxastakis(1995)** cette valeur peut varier de (34 et 48 %), alors que (**Mikic et al, 2009**) ont signalé 38,8% .

La graine de lupin contient également 11 % de matière grasse, tel que rapporté par (**Salomon ; 2007**) et (**Kohajdova et al, 2011**) la graine entière contient environ 5 à 20 % de matière grasse.

La teneur en cendre est de 7.93 g/100g pour le café Arabica, 7.2 g/100g pour le Robusta ; la graine de *Lupinus albus* contient 4.34 g/100g, ce qui correspond aux valeurs données par **Feldheim (1999)** et **Salomon (2007)** qui varient entre 3-5%.

Tableau n°09 : Résultats de la caractérisation physico-chimique des matières premières.

Matières premières Caractères	Café Arabica	Café Robusta	Lupin blanc
Humidité (g/100g)	9.3	10.5	9.2
Taux des sucres totaux (g/100g)	0.3	0.4	28
Taux des protéines (g/100g)	13.56	15.86	40.05
Taux de matière grasse (g/100g)	12.24	9.41	11
Teneur en cendre (g/100g)	7.93	7.2	4.34

:

2/Résultats de la caractérisation microbiologique de la matière première :

La plupart des denrées alimentaires au cours de leur préparation, et surtout de leur entreposage et stockage sont susceptible d'être détériorées par des différents germes.

Les résultats de la recherche et le dénombrement des différents germes dans les matières premières sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau n°10 : Les résultats de recherche des différents germes dans les matières premières

MP Germes recherchés	Café Arabica	Café Robusta	Lupin Blanc	Normes (UFC/1mg)
FAMT	320 UFC/g	480 UFC/g	Abs	10 ³
Coliformes (Totaux/Fécaux)	Abs	Abs	Abs	/
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	/
Salmonelles	Abs	Abs	Abs	/
<i>Clostridium Sulfitoréducteur</i>	Abs	Abs	Abs	/
Levures et moisissures	620 UFC/g	580UFC/g	480UFC/g	10 ³

Les résultats montrent l'absence de la flore de contamination (coliformes totaux et fécaux), les Germes pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Clostridium* et *Salmonelles*).

Nous avons noté la présence de la flore aérobie mésophile totale, et Levures et moisissures mais à des valeurs inférieures aux normes qui décrit au **(J.O.R.A ,2016)**.

Nous pouvons déduire que le café vert et la graine de lupin ont été conservés dans de bonnes conditions de stockage.

3/ Caractérisation organoleptiques des préparations formulés et du produit de référence :

L'analyse sensorielle a été effectuée sur les préparations formulées et le produit de référence **figure (n°22)**. Après avoir sélectionné pour chaque produit les termes la couleur, l'odeur, l'acidité, gout, l'arôme, l'amertume, que nous avons trouvé les plus appropriés à la

description des préparations. L'intensité de ces descripteurs ont été noté selon une échelle 0 à 5.



Figure n°22 : L'analyse sensorielle des produits formulés au niveau de SARL Aroma

3.1/ La couleur :

D'après la **figure (n°23)**, la majorité des produits formulés ont une couleur proche de celle du produit de référence (PR), mais il y'a certains produits qui ont une couleur différente de PR cas de produit 5, 6, 16 et 17 car ces produits contiennent plus de lupin que les autres ou ne contiennent que le lupin.

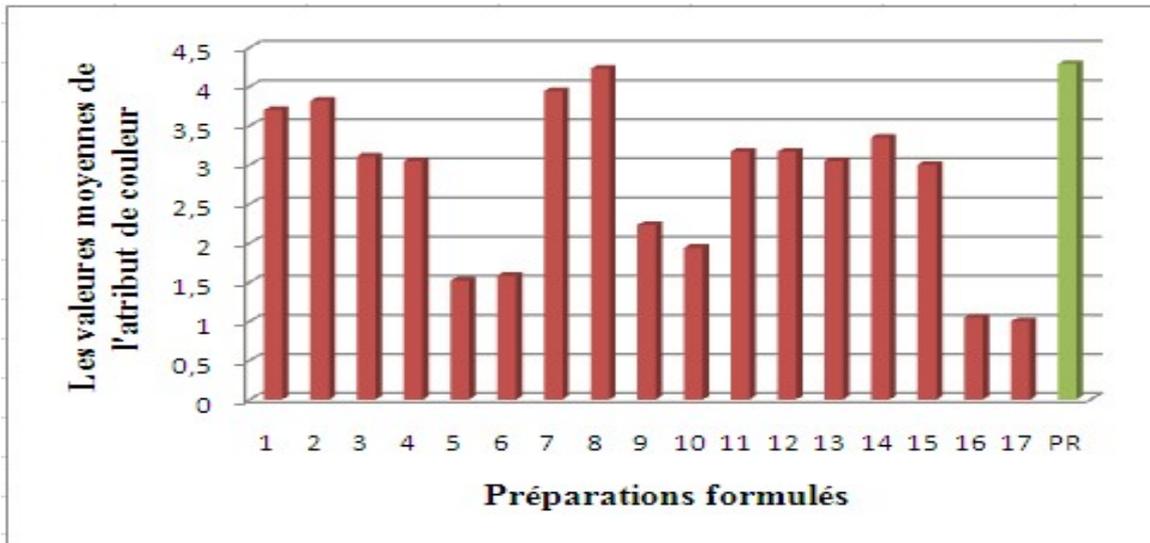


Figure n°23: Représentation graphique des valeurs moyennes de couleur des produits formulés et de produit de référence.

3.2/L'odeur :

Les majorités des produits formulés ont une odeur acceptable, c'est l'odeur typique du café. Cependant certains essais ont une odeur différente au PR cas des produits 5, 6, 16 et 17, ces produits contiennent que du lupin ou une quantité importante de lupin par rapport au café.

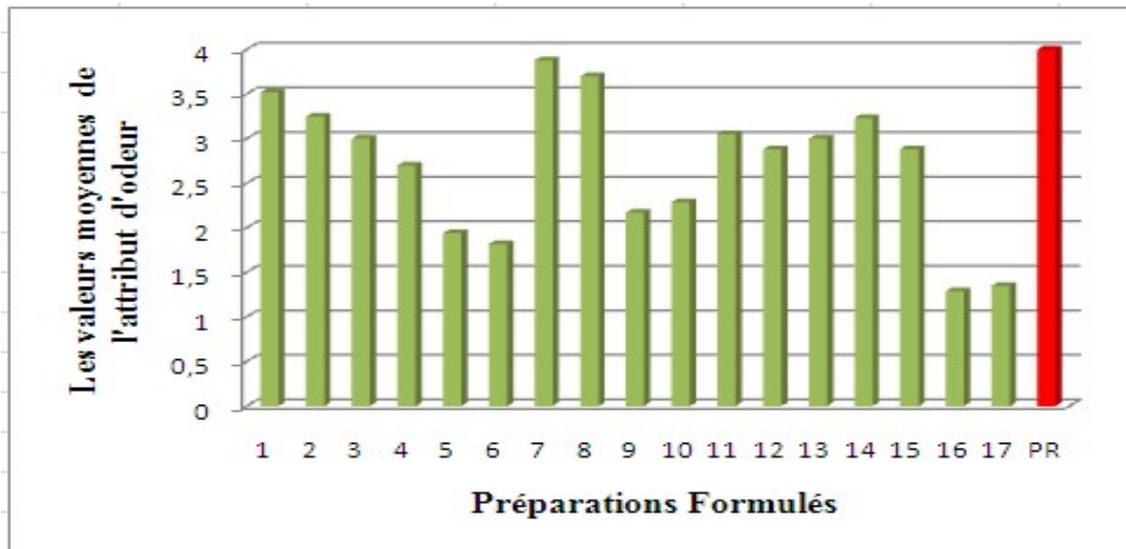


Figure n°24 : Représentation graphique des valeurs moyennes d'odeur des produits formulés et de produit de référence.

3.3/ L'acidité :

Les produits formulés ont un goût faiblement acide, qui est accepté par les dégustateurs. La majorité des produits sont une acidité acceptable.

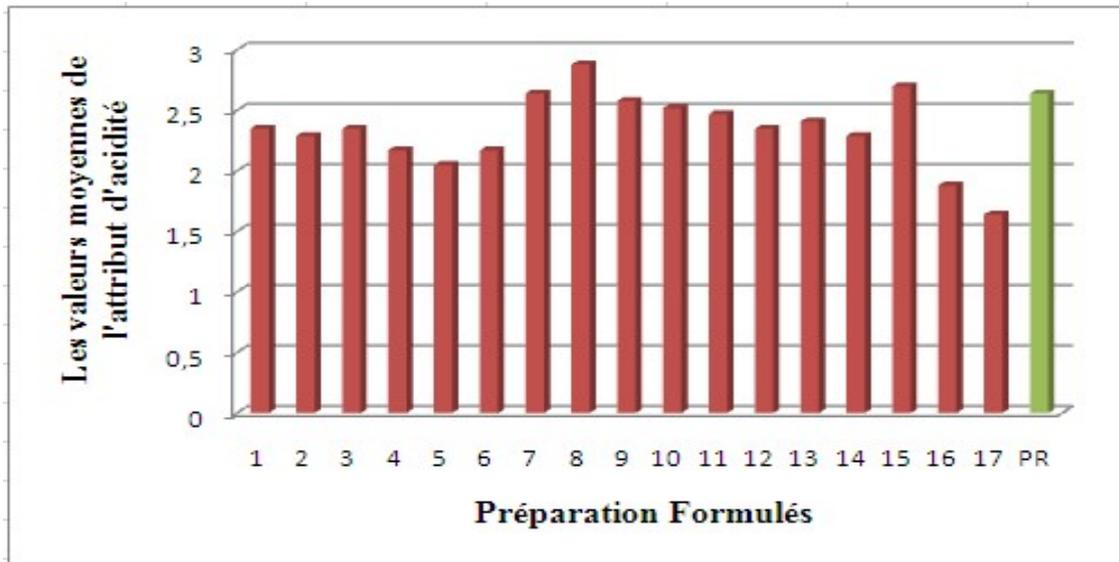


Figure n°25 : Représentation graphique des valeurs moyennes d'acidité des produits formulés et de produit de référence.

3.4/ Le goût :

Certains produits formulés ont un goût proche du produit de référence, ces essais contiennent des quantités de lupin qui n'affectent pas le goût du café, par contre d'autres produits ont un goût différent cas des produit 5, 6,16, et 17 due à la présence de lupin en grande quantité qui influe le goût.

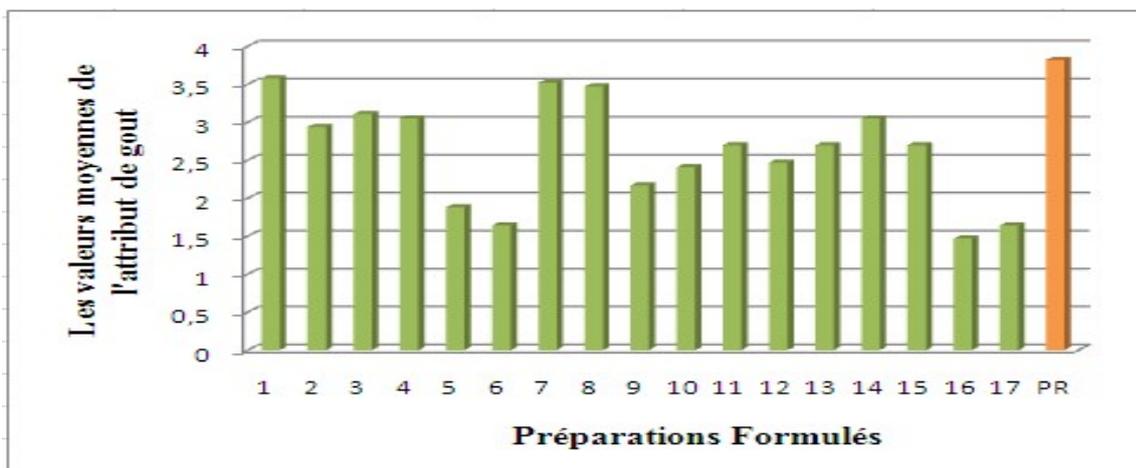


Figure n°26 : Représentation graphique des valeurs moyennes de goût des produits formulés et de produit de référence.

3.5/ L'arôme :

Dans les essais 1, 2, 7 et 8, l'arôme du café est présent, ces essais contiennent peu de lupin par rapport au grains de café, ainsi l'arôme n'est pas affecté. Alors que pour les essais 6, 16 et 17 on trouve que les valeurs moyennes des arômes sont très faibles par rapport au PR due à la présence des quantités importante de lupin.

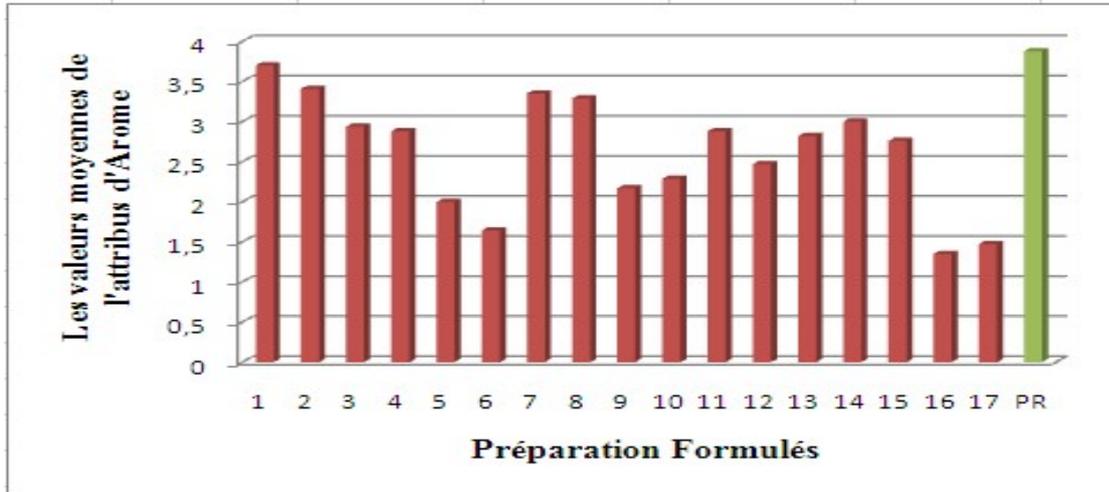


Figure n°27 : Représentation graphique des valeurs moyennes d'arôme des produits formulés et de produit de référence.

3.6/ L'amertume :

D'après la figure nous avons remarqué que les valeurs se rapprochent à celle de produit de référence sauf pour certains qui ne contiennent pas de café cas des produits 5, 16 et 17 donc le café est le responsable de l'amertume des produit formulés.

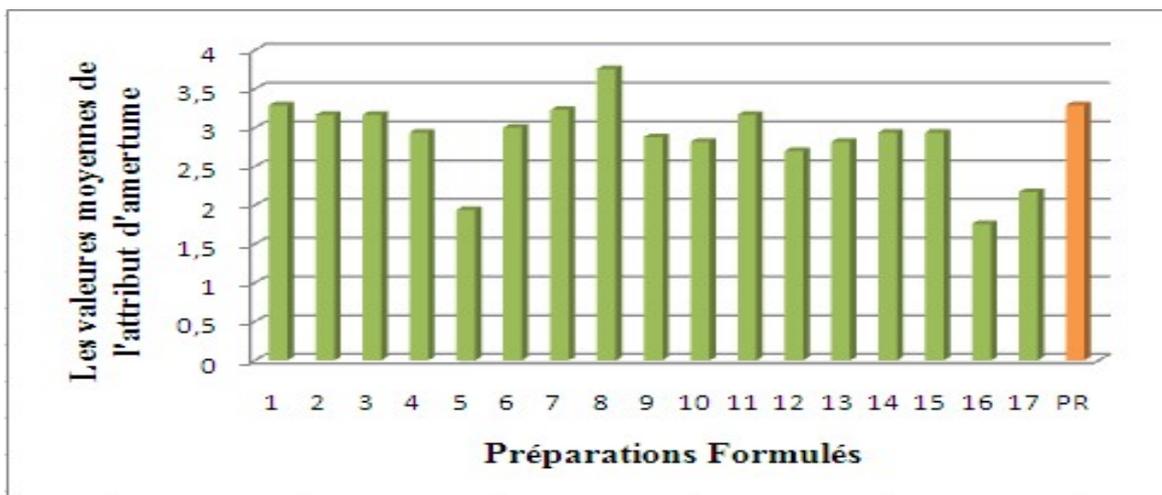


Figure n°28 : Représentation graphique des valeurs moyennes d'amertume des produits formulés et de produit de référence.

4/Résultats de l'analyse physicochimique des préparations formulés et produit de

Référence :

4-1/Teneur en humidité :

Les résultats sont représentés dans la figure suivante :

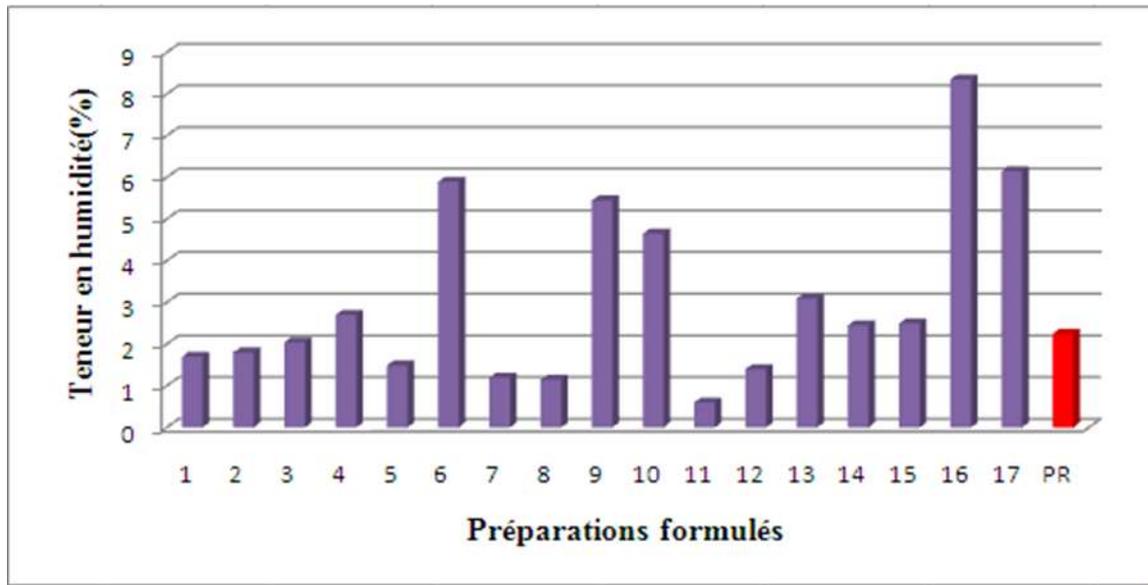


Figure n°29 : Teneur en humidité des produits formulés et du produit de référence

Le taux d'humidité de nos essais varie entre 0.6 et 8.35 %, avec 2.25% pour le produit de référence, **Debry (1993)** a trouvé un taux d'humidité de 2.65% pour le café moulu. On explique cette variation de valeurs par la différence entre facteurs de température et de temps.

4-2/Teneur en cendre :

Les teneurs en cendres des préparations formulés et de produit de référence sont représentés dans la figure suivante :

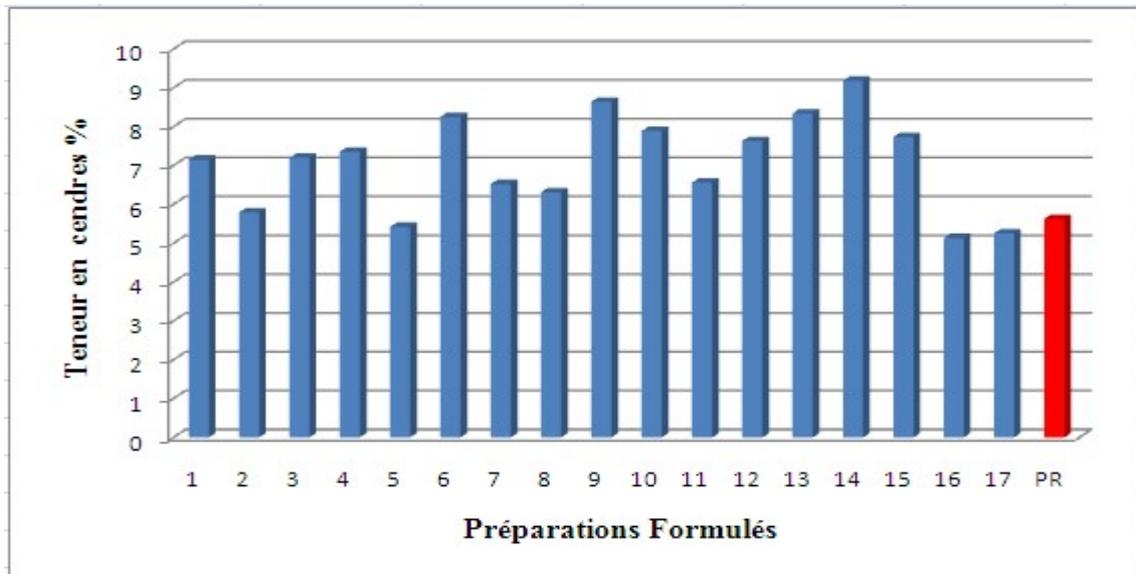


Figure n°30 : Teneur en cendres des produits formulés et du produit de référence

La teneur en cendre des essais varie entre 5.13 et 9.18 %. Alors que la valeur de produit de référence est de 5.62 % qui est proche à celle d'Aissaoui (2011) qui avait trouvé 5.26% pour le café moulu.

4-3/Taux des sucres totaux :

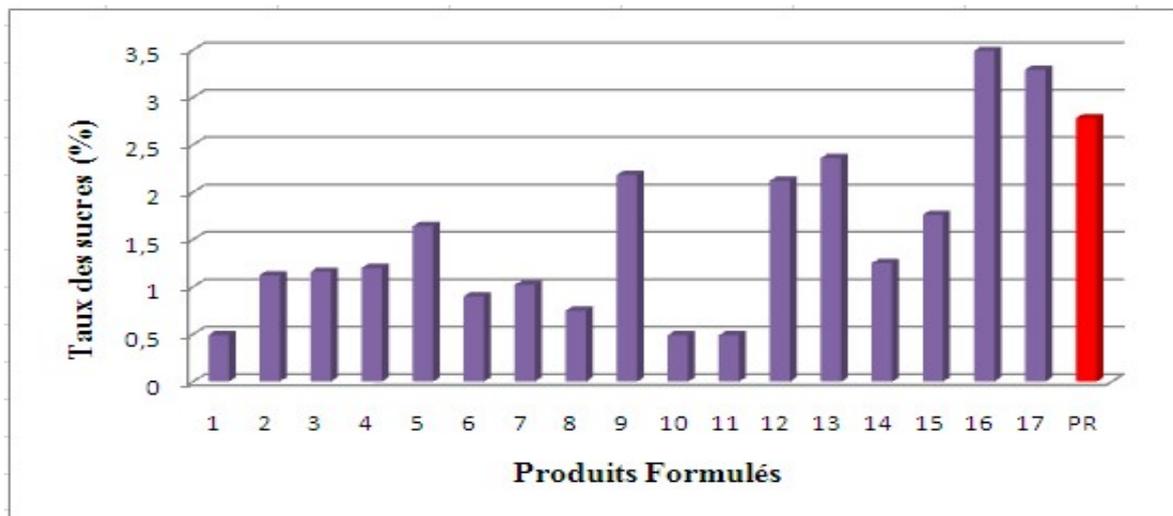


Figure n°31 : Taux des sucres totaux des produits formulés et du produit de référence.

D'après la figure (n°31), nous avons des proportions de sucres qui varient entre 0.49 et 3.49 % dans les préparations. Alors que la valeur de produit de référence est de 2.78 %.

Nous avons noté que certains produits ont un taux de sucre très faible cas des produits 1, 8, 10 et 11, Alors que d'autres représentent des valeurs plus importantes cas des produits 9, 12, 13, 16 et 17 ; ceci est due à la présence du lupin, qui contient 20.5% (CIQUAL, 2017).

En comparant avec la norme qui définit la valeur maximale du sucre dans lecafé qui ne doit pas dépassée 2% selon le **décret exécutif n° 92-30 du 20janvier 1992 relatif aux spécifications et à la présentation des cafés.**

4-4/ Taux de protéines :

La figure suivante représente le taux de protéine dans les produits formulés et le produit de référence.

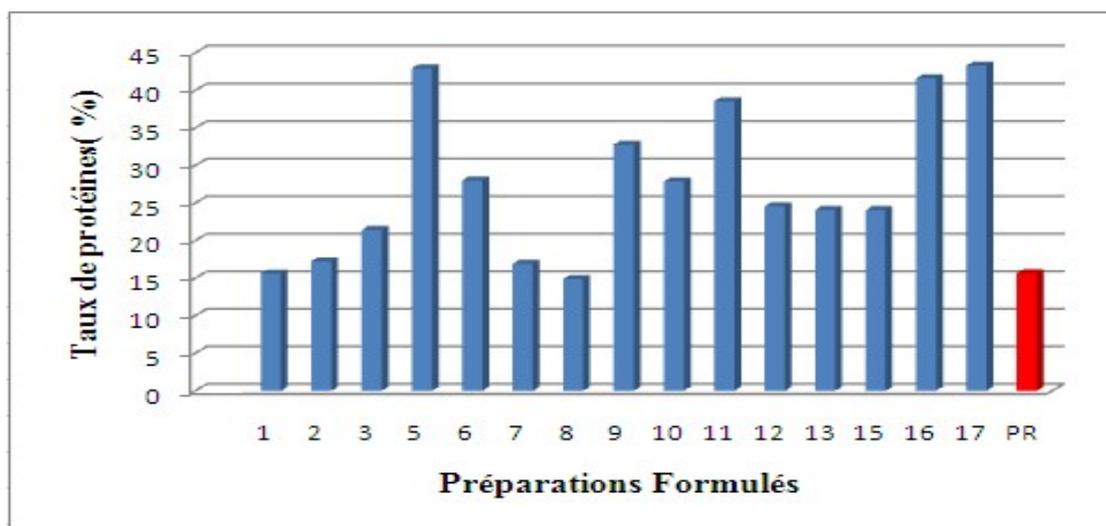


Figure n°32:Taux de protéines des produits formulés et du produit de référence

D'après la **figure (n°32)**, nous avons des proportions de protéines qui varient entre 15.61% et 43.29%, et 15.36% pour le produit de référence. Cela indique que l'ajout de des grains de lupin, augmente la proportion de protéines dans le produit.

Nous avons noté que certain essais ont des proportions faible cas des produits 1, 2, 7 et 8 due à la présence des petites quantités de lupin ou l'absence total. Cela indique que l'ajout de des grains de lupin, augmente la proportion de protéines dans le produit.

L'augmentation de la teneur en protéine dans nos produits est due à la présence de

protéines dans la graine de *Lupinus albus* à 40,5 % et aussi dans les deux variétés de café compris entre 11 et 13 g/100g (Costentin, Delaveau, 2010).

4.5/Teneur en matière grasse :

La figure suivante représente les teneurs en matière grasse des produits formulés et le produit de référence.

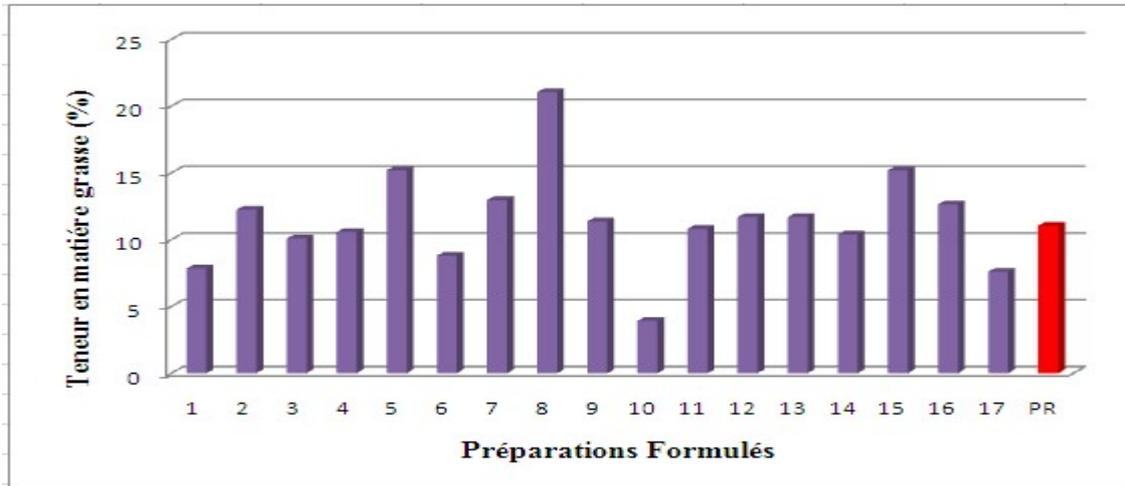


Figure n°33 : Teneur en matière grasse des produits formulés et du produit de référence

La teneur en matière grasse de nos produits formulés varie de 7.6% et 15.2%, Ces résultats sont proches de celle de café, estimée à 15.4% selon la table de composition nutritionnelle des aliments (Ciqual, 2017).

4-6/Valeur de PH :

La figure suivante représente la valeur de pH des produits formulés et le produit de référence.

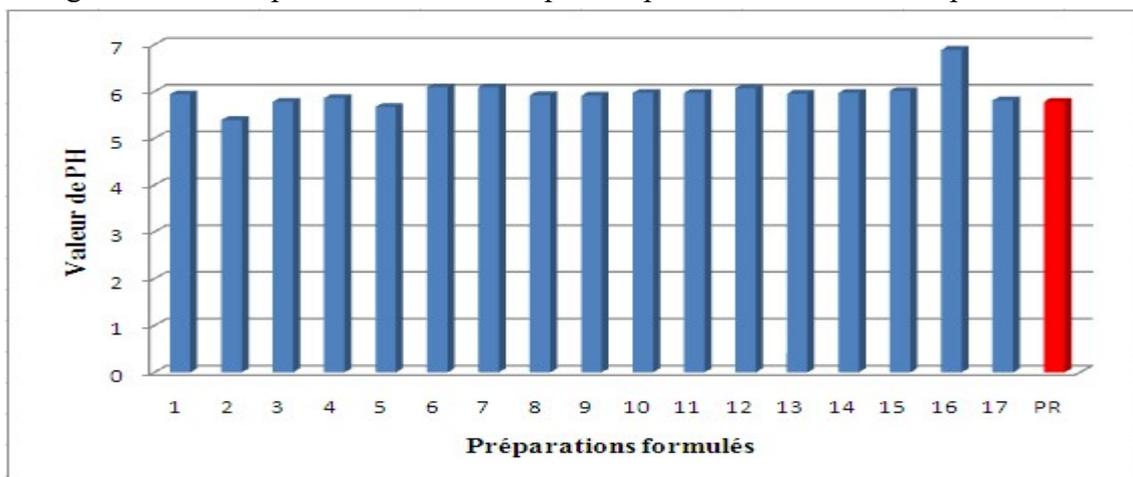


Figure n°34: Valeurs de PH des produits formulés et du produit de référence

Les valeurs du pH de nos préparations formulés fluctuent entre 5,39 et 6,89, avec 5.78 pour le produit de référence.

Les majorités de préparations formulées ont des valeurs de PH proche de PR.

Les préparations ont des valeurs supérieures à 6, Alors que **Mc Ardle (2004)** avait trouvé des résultats inférieureà6. Cela peut être dû aux divers paramètres tels que la pureté de l'échantillon après torréfaction et moulage, la durée et les conditions de conservation et de stockage.

4-7/Taux d'extrait aqueux :

La figure suivante représente le taux d'extrait aqueux des produits formulés et le produit de référence.

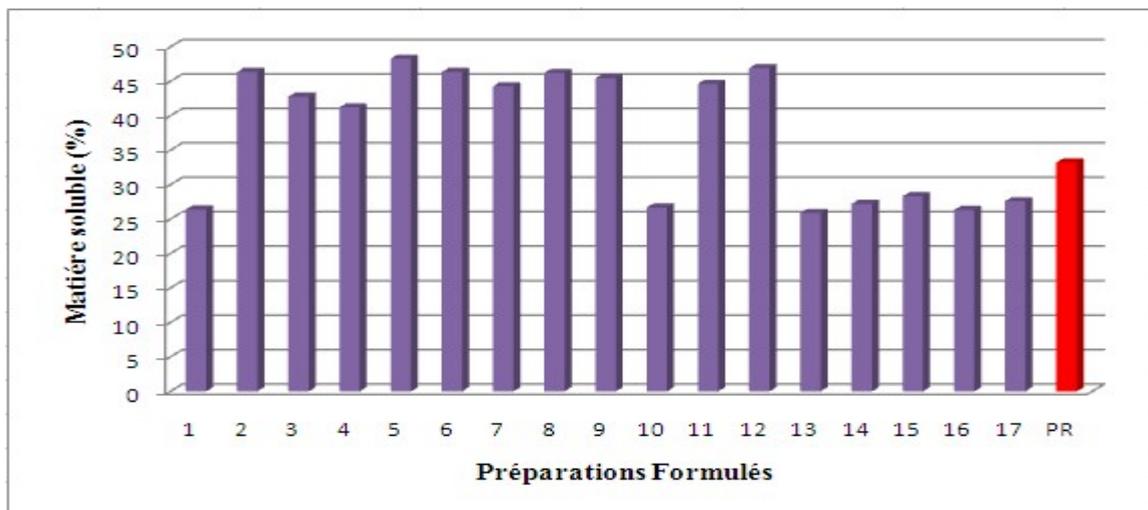


Figure n°35 : Taux d'extrait aqueux (matière soluble) des produits formulés et du produit de référence

D'après les résultats obtenus, les valeurs de l'extrait aqueux varient entre 25.89% et 48.27%, alors que pour le produit de référence est de 33.2%, Certaines valeurs sont très proches à celle rapporté par le **Coq (1965)** qui avait trouvé un taux de 26.87%.

Certains produits formulés ont des valeurs de matière soluble supérieures à la valeur de produit de référence due aux conditions de la torréfaction et sa composition. Selon **Debry (1993)**, le degré de la torréfaction influe sur le taux d'extrait aqueux ; plus la torréfaction est intense, plus le taux d'extrait aqueux diminue.

5/ Analyses microbiologique :

Tableau n°11 : regroupe les résultats de la recherche des différents germes dans les préparations formulés

Produits Germes Recherché	Café Arabica Torréfié	Café Arabica Torréfié	PR	Normes (J.O.R.A) 1998)
FAMT	Abs	Abs	Abs	5.10^4
Coliformes (Totaux/Fécaux)	Abs	Abs	Abs	1/0.01 g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	1
<i>Salmonelles</i>	Abs	Abs	Abs	Abs/30g
<i>Clostridium sulfito- réducteur</i>	Abs	Abs	Abs	1/0.1 g
Levures et moisissures	Abs	Abs	Abs	3.10^2

On remarque une absence totale des Coliformes totaux, et fécaux, Salmonelle, *Clostridium.S.R* et de *Staphylococcus aureus*. Cela est dû au bon respect des règles d'hygiène au cours de la chaîne de production.

D'après **Guiraud (2003)**, l'absence totale des coliformes indique l'efficacité des traitements thermiques subits sur les matières premières. Selon **Bourgeois et Larpent (1996)**, l'absence de germe pathogène confirme la maîtrise des risques microbiologiques de la matière première jusqu'au produit fini. Nos résultats sont donc conformes à la norme **J.O.R.A, (1998)**.

6/ Optimisation de la formule

Les réponses sélectionnées sont le taux de protéines, taux de matière grasse, et le taux de cendres des préparations alimentaires. Au terme de la modélisation, on se propose de présenter les paramètres conditionnant la qualité au sens statistique des résultats de la modélisation en surface de réponses.

Les modèles mathématiques sont représentés graphiquement par des courbes dites courbes iso réponses qui ont le rôle de représenter les différentes relations entre les facteurs composants un modèle mathématique prédictif dans les limites du domaine d'étude.

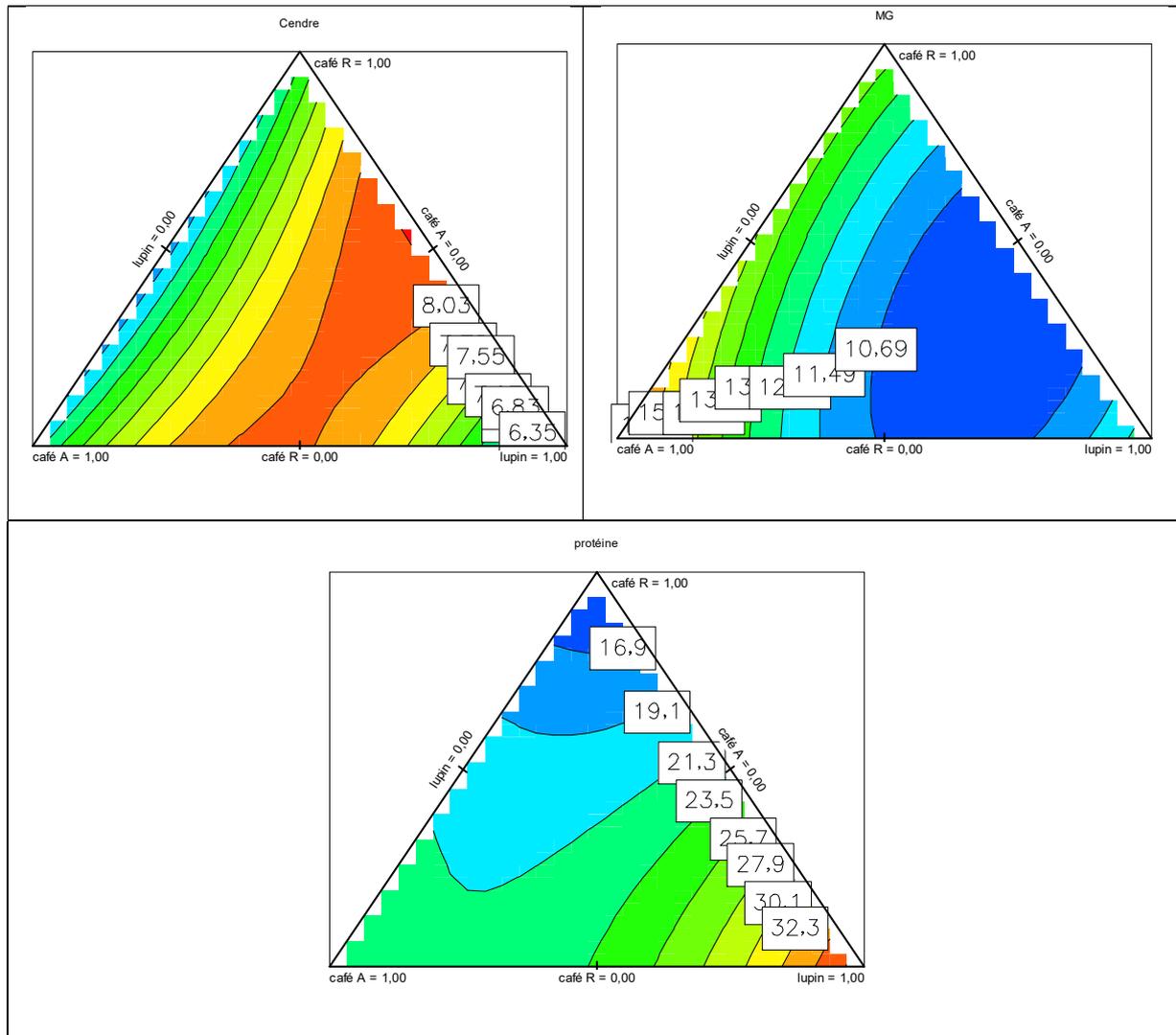


Figure n °36: Courbes iso réponses du taux de protéines, taux de cendres et taux de matière grasse.

En ce qui concerne le café Arabica et Robusta, il semblerait qu'ils agissent pratiquement de la même manière sur la teneur en matière grasse, ils en constituent un apport.

On note que les graines de lupin accentuent la teneur en protéines, alors que le café arabica et robusta, agissent de manière négative sur la réponse.

On remarque un accroissement du taux de cendres en fonction de la présence des trois facteurs (café Arabica, Robusta et *lupinus albus*).

On cherche en fait à obtenir une préparation alimentaire, contenant un taux satisfaisant de protéines, de cendres, et de matière grasse. On choisit de ce fait de maximiser les trois réponses. L'optimum se déduira par dérivation de l'équation du modèle pour trouver les valeurs x des niveaux des facteurs. Ainsi les résultats d'optimisation ont donné la formule où

le café Arabica est le constituant majeur avec un taux de 15% suivit de la graine de *Lupinus albus* à 35%, et 50 % de café Robusta, la Température de torréfaction du lupin est de 220°C pendant 20 min.

Conclusion

Conclusion

Le café est l'une des boissons les plus consommées au monde. Grâce à son origine naturelle et à ses bienfaits, le café est conseillé pour débiter la journée. Mais à force de trop en consommer peut provoquer un risque sur notre santé.

Pour cela nous avons pensé à élaborer le café à base de lupin qui a un effet bénéfique sur la santé.

Les graines du lupin sont intéressantes pour apport protéique, équivalent à celui de viande rouge et supérieure à celui des œufs.

Le lupin détermine : d'autres avantages, elles sont très digestes, leur consommation régulière préviendrait d'hypertension et réduirait le taux de mauvais cholestérol.

A partir de notre résultat obtenu sur les 17 formules élaborées nous avons pu faire ressortir une formule optimale contient : 15% de café Arabica, 35% de lupin, 50% de café Robusta.

D'après les composants de la formule optimale, et les études sensorielles on conclut que l'ajout de lupin blanc au café en plus de ces propriétés nutritionnelles, il ne s'influe pas sur les propriétés organoleptiques de café en gardant son arôme.

Se qui rendre le café d'une simple boisson chaude a un aliment fonctionnelle.

*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

- ✚ **Aissaoui Karima., 2011.** Contrôle macroscopique, Physicochimique et Microbiologique du café produit par SARL Boukhari. Mmoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie. Université Saad Dahlab de Blida.61p.
- ✚ **Alamanou S., Doxastakis G., 1995.**Propriétés physico-chimiques des protéines de graines de lupin (*Lupinus albus* , ssp. Graecus).Lebensm. Wiss. Technol, 28: 641-643.
- ✚ **Alian B.,Marie-Madeleine R .,Sebastien., 2007.**alimentation et sécurité et contrôle microbiologique.Educagri édition.208p.
- ✚ **André Gallais, et Hubert. Bannérot.,1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées. objectifs et critères de sélection. édition Quae. Paris. P (215).
- ✚ **Anne-Laure BONNIN., 2016.** Autour du Café. Thèse en vue d'obtention de Diplôme d'état de Docteur en Pharmacie. Université engers. 215p.
- ✚ **Anne Schneider, Christian Huyghe, 2015.** Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentation durables. éd : Quae . Paris p 473.
- ✚ **Arnoldi.A ., 2005.** Optimised processes for preparing healthy and added valu food ingredients from lupin kernels, the european protection-riche seeds legume. In proceedings of the final conference of european project. Milan, november 9-10.2005. Aracne 202 p.
- ✚ **Benbabouche Bahia., 2013.**Contribution à l'étude Qualitative des cafés de consommation commercialisés dans la région de Tlemcen.Envue de l'obtention du diplom de master en biologie.Algérie.pp :3-20.
- ✚ **Bonoit Daviron, Stefano Ponte., 2007.**Paradox de café.Edition Quae.France.359p.
- ✚ **Bourgeois C .M.,Larpent J.P.,1996.**Microbiologie alimentaire.Tom1 :aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliment.Ed ;Technique et documentation .Lavoisier,Paris .714p.
- ✚ **Christophe Dcommun., 2016.** Les cartes et les données pédologiques. Des outils au service des territoires. Edition educagri, Paris, P (87).

- ✚ **Duris.D , Jeanguyot. M et Seguuier-Guis.M.,2003.**Terre de café.Ed.Cirad Montpellier.144p.
- ✚ **FAO., 1990.** L'utilisation des aliments tropicaux : légumineuses tropicales.
- ✚ **Feldheim W., 1999.**L'utilisation de lupin dans l'alimentation humaine. Actes de la 9e Conférence internationale lupin, 20-24 Juin 1999, Allemagne.
- ✚ **Fortin, François ., 1996.** l'encyclopédie visuelle des aliments, éd : Québec Amérique. Canada , pp149.p 685.
- ✚ **François Couplan ., 2009.** Le régal végétal ; plantes sauvages comestibles et toxiques de l'Europe éd ; sang de la terre. Paris pp216 p 525.
- ✚ **Fredot E., 2005.** La connaissance des aliments : Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique.Ed. Technique et documentation Lavoisier ; Paris : 397p.
- ✚ **Gérard Debry ., 1989 :** Le café, sa composition, sa consommation, ses incidences sur la santé. Ed .Communication économique et société. Paris : 232p.
- ✚ **Gérard Debry ., 1993.**Café et Santé .Editeur :John libbey Eurotext, (Amazon France).Paris.pp :19-78.
- ✚ **Guiraud J.P., 2003.** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod. Paris. p . 136-139
- ✚ **Hans. W-Kothe ., 2007.**1000 Plantes aromatiques et médicinales, terre édition .France .pp 336 p580.
- ✚ **Institue National de la Recherche Agronomique ., 1989.** L'alimentation des monogastriques ; porc, lapin, volailles. Edition Quae, Paris. P(159).
- ✚ **ISO 8455 ., 1986 :** **Café vert en sacs-lignes directrices pour l'entreposage et le transport.**
- ✚ **ISO 4150 ., 1991 :** Café vert-analyse granulométrique, tamisage manuel.
- ✚ **J. Guillaume, S. Kaushik, P. Bergot, R. Métailler., 1999.**nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Edition Quae. Paris. P (373).
- ✚ **Jacque Guéguen, Gérard Duc ., 2008.** La filière des protéagineuses, quels défis ? Edition Quae. Versailles. P53
- ✚ **Jean-Marc Meynard et Antoine Messéan ., 2014.** La diversification des cultures : Lever les obstacles agronomiques et économiques. Edition Quae. France. P(24).
- ✚ **J.J. Asiedu., 1991.** La transformation des produits Agricoles en zone tropicale.France (Paris) : Karthala Edition.335p.
- ✚ **Jonina.S.T., 2009.** Le Café : Aspects principaux. T hase de Doctorat. Université Sigillum Islande.

- 📖 *Journal Officiel de la République Algérienne. N° 06 du 26 Janvier 1992.*
- 📖 **J.O.R.A.n°35 ., (1998).** Arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 23 juillet 1994. Relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires. p.17.
- 📖 **Kohajdova Z., Karovicova J.,Schmidt S., 2011.**Composition de lupin et de l'utilisation possible dans la boulangerie-Un examen. Tchèque.J. Food Science, 29: 203-211.
- 📖 **Leveau J-Y, 1993.**Microbiologie industrielle:les microorganismes d'intérêt industriel .Tec et Doc,Lavoisier, Paris :612p.
- 📖 **M. Brink et G. Belay, 2006.** céréales et légumes secs, Ressources végétales de l'Afrique tropicale Pays-Bas, pp108-111 p 328.
- 📖 **Mary.Banks, Christine Mc Fadden et Catherine Atkinson., 2001.**Le grand livre de café. Franc : manise.Minerva.Ed1.P156.
- 📖 **Michelle.J,Martine.S.G ,Daniel.D .,2003.**Terres de Café.France :Editions Quae.Ed1 ,p 121.
- 📖 **Mikis A.,Peric V.,Dordevic,Srebric M.,Mihailovic V.,2009.**Facteur anti-nutritionnels dans certains grains légumineuse,Biotechnologie en élevage ISSN 1450-9165 Institut de l'élevage,Belgarde Zemun UDC 633.3

- 📖 **NF : V 08-010 Mars (1996).** Microbiologie des aliments-Règles générales pour la préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique; Analyse microbiologique tome 1 ; Méthodes horizontales.AFNOR 6eme ED.67-75.NF V08 050.

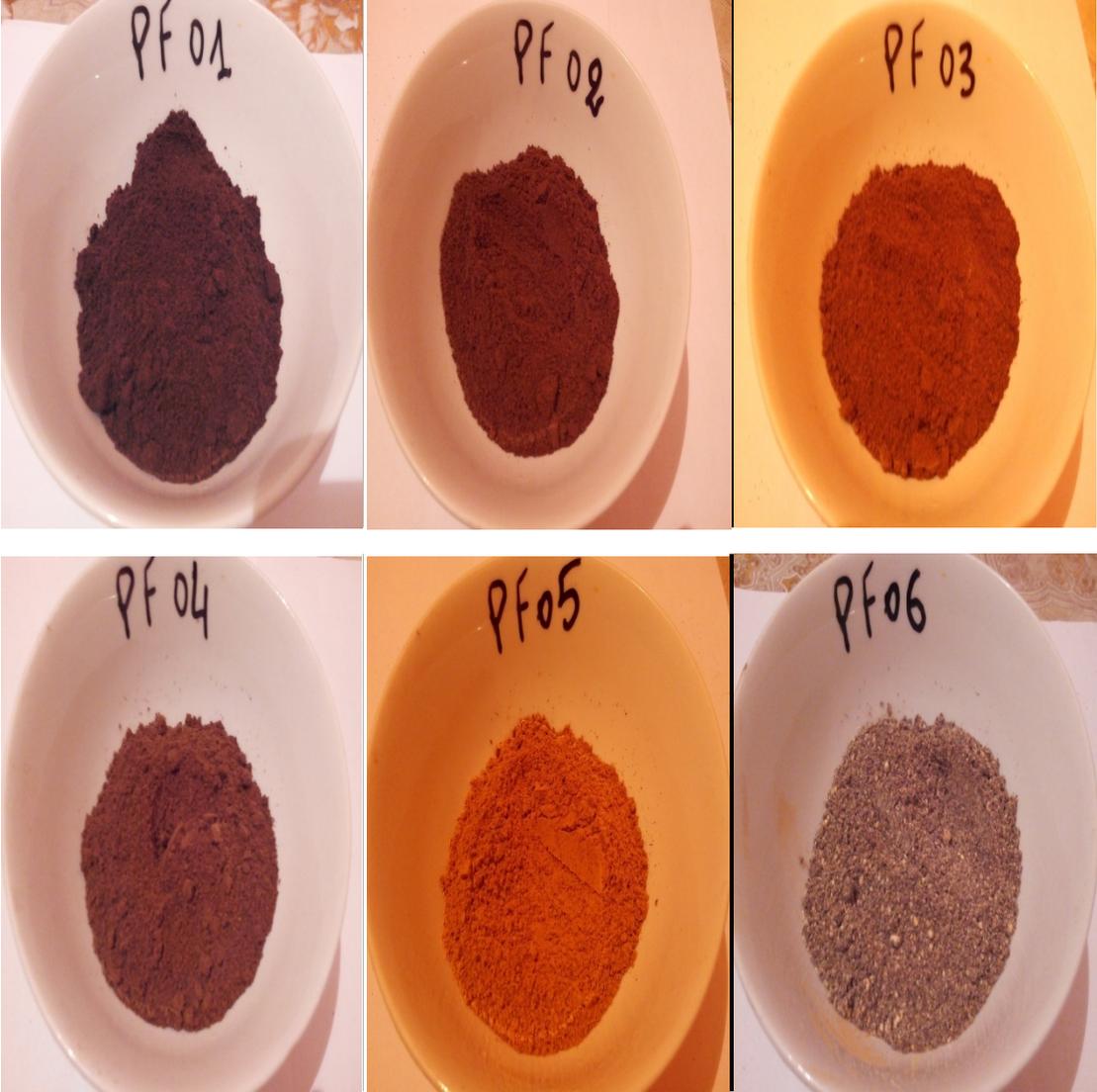
- 📖 **P. Peson et J. Lauveaux ., 1984.** Pollinisation et productions végétales. INRA. Paris PP299-300 P624.
- 📖 **Platte V., 2006.** Le café.Ed.Tec & Doc.Paris :185p.
- 📖 **Poisson, 1980.** annale de technologie agricole édition, institut National de la Recherche Agronomique. France.

- 📖 **Pol Nicolas Guy Haler., 2013.** Le café : les effets bénéfiques et néfastes sur la santé. Thèse en vue d'obtention de Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Luxembourg : 171p.

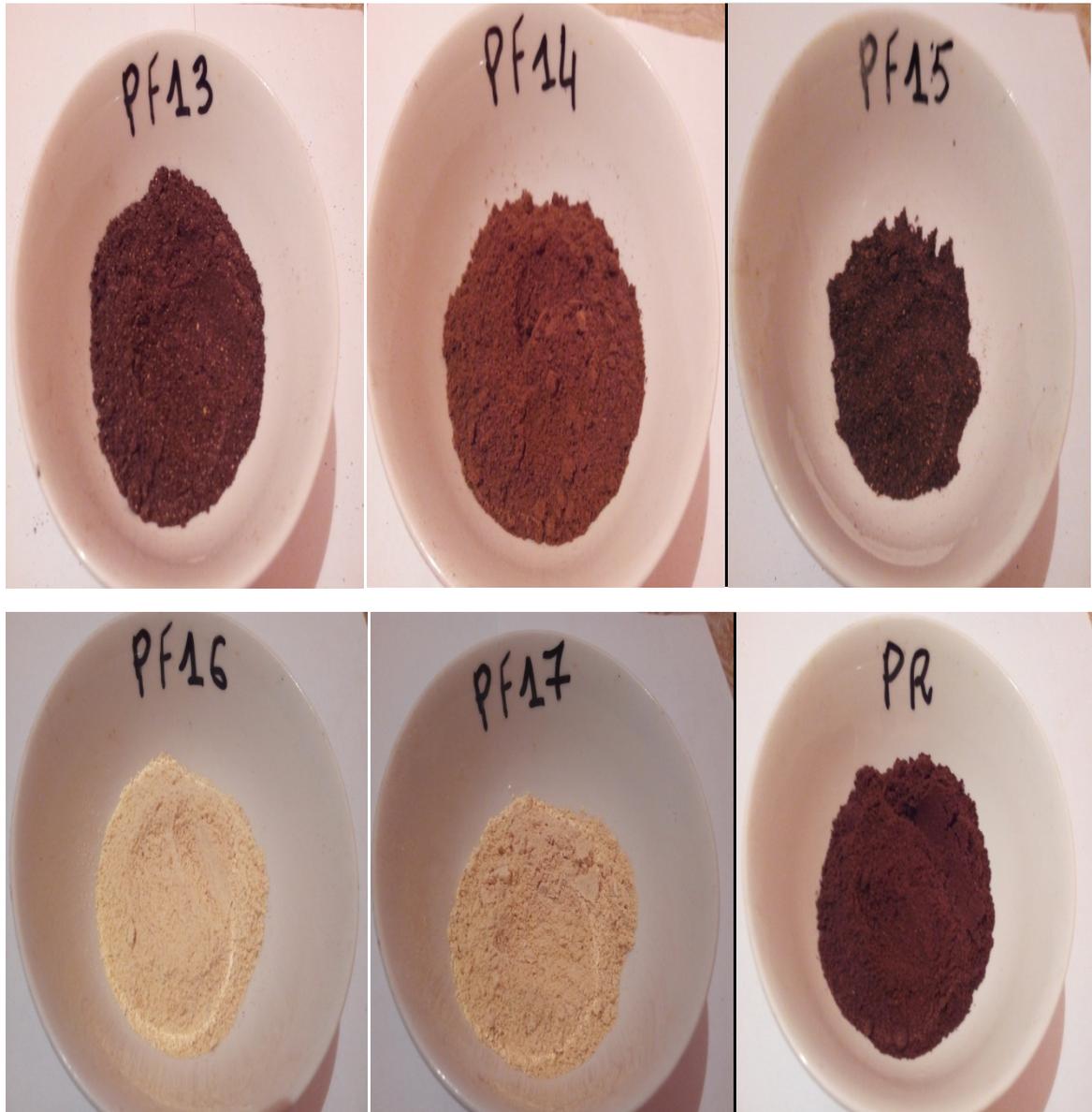
- 📖 **Salomon W.K., 2007.** Cinétique d'hydratation de lupin (*Lupinus albus* graines). J. Process alimentaire Eng, 30: 119-130.
- 📖 **Sébastien Piccino., 2011.** Rôle des constituants chimiques du café vert, du terroir et des traitements post-récolte sur la qualité aromatique du « Bourbon Pointu ». Thèse Présentée en vue de l'obtention du titre de Docteur en Chimie théorique, physique, analytique de l'Université de La Réunion : 191p
- 📖 **T. K. Lim., 2012.** Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants, volume 2, fruits. édition Springer. London. 765 p.
- 📖 **Thorn J., 2004.** Le café guide de connaisseur. Ed. modus vivendi : 192p.
- 📖 **William- Martin- Rosset., 2012.** l'alimentation des chevaux , éd :Quae INRA. Paris. pp 171, 230.
- 📖 **Wibout A., 1986.** Le livre des produits Alimentaires. ed. Mex Brésol, Paris : 264P.
- 📖 **Yeheyis L., Kijora C., Van Santen E., Clin M., Danier J., Peters K.J., 2012.** Protéine brute, acide aminé et la teneur en alcaloïdes de lupin doux annuel (*Lupinus* plantes fourragères et les graines spp. L.) cultivés en Ethiopie. Exp. Agric, 48: 414-427.
- 📖 **Yeheyis L., Kijora C., clin M., Peters K.J., 2011.** Effet d'une méthode de traitement traditionnelle sur la composition chimique de lupin blanc (local *Lupinus albus* graines L.) dans le nord-ouest de l'Ethiopie. Z. Naturforsch. C, 66: 403-408.

Annexes

Annexe I : Les 17 essais formulés et le produit de référence (PR)







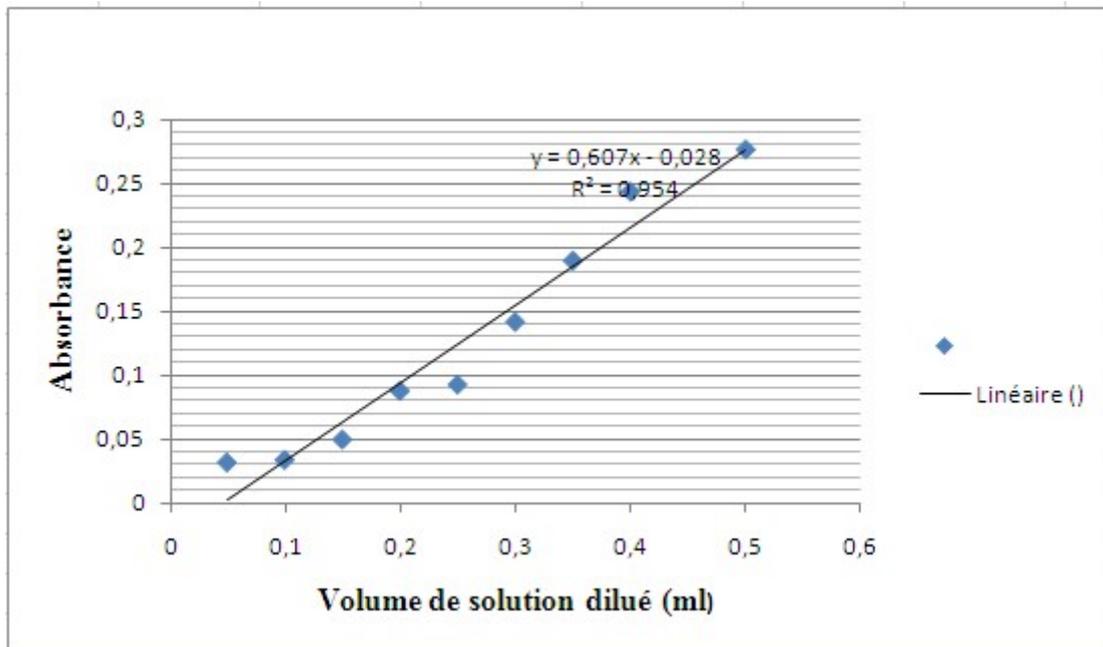
Annexe II : Courbe d'étalonnage des sucres totaux

Préparation de la courbe d'étalonnage

- Dissoudre 100mg de glucose dans 100ml d'eau distillée
- Prendre 4ml de la solution mère et compléter à 50ml.
- Préparer une série de tube a essaie dans lesquels on verse 0.1ml jusqu'à 0.9ml à partir de la solution dilué (4/50).
- Compléter les volumes à 1 ml avec l'eau distillée.
- Ajouter 1ml de phénol à 5% à tous les tubes à essais, et agiter soigneusement.
- Verser en 5 secondes de l'acide sulfurique dans chaque tube, et agiter rapidement puis les tubes sont maintenu pendant 5 minutes à 100°C.

-Laisser refroidir à la température de la salle pendant 30 minutes, et à l'obscurité.

-Lire la densité optique à 485 nm.



Courbe d'étalonnage des sucres totaux

Annexe III : Un modèle d'une fiche de dégustation

Sujet :

-Veuillez examiner et goûter les échantillons (produit formulés). Indiquez dans quelle mesure vous avez trouvé l'échantillon en cochant la mention appropriée :

Caractéristique Echantillons	Couleur	Odeur	L'acidité	Gout	Arôme	L'amertume
01						
02						
04						

05						
08						
09						
10						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
Produit de référence						

1 : Très faible

2 : Faible

3 : Moyen

4 : Fort

5 : Très fort