

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaire

Spécialité/Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département : Biologie

Thème :

Conformité à la législation du taux de sucre additionnel aux différentes marques de café moulu commercialisées localement

Présenté par :

- ❖ DOUAFER Abd El Kadir
- ❖ HANANI Mouhamed Wail
- ❖ SEDDIKI Adem

Devant le jury composé de :

Président :	Dr. MEZROUA El Yamine	MCB	Université de Guelma
Examineur :	Dr. MERZOUG Abdelghani	MCB	Université de Guelma
Encadreur :	Dr. MOKHTARI Abdelhami	MCB	Université de Guelma

JUIN 2023

Remerciement

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

Nous tenons à remercier Dr. MEZROUA el yamine d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance. Nous tenons à remercier également : Dr. MERZOUG Abdelghani d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent bien entendu à notre encadreur **Dr MOKHTARI Abdelhamid**, Maître de Conférences au Département de Biologie à l'Université de GUELMA, qui nous a orientées avec ses conseils judicieux, pour son aide précieux, ses conseils, sa gentillesse, et le temps qu'elle nous a consacré.

Nos vifs remerciements pour tous les membres de laboratoire de notre université 8 mai 1945.

Nous remercions nos très chers parents, nos familles et nos amis qui grâce à leurs prières et leurs encouragements, nous avons pu surmonter les obstacles, nous remercions également toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'exécution de ce travail.

Sommaire

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction 1

PREMIERE PARTIE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 01 : GENERALITES SUR LE CAFE

1. Le café en général	2
2. Bref historique	3
3. Présentation du caféier et de son fruit	3
4. la production mondiale	5
5. la consommation de café	6
6. Les différents types de cafés	7
6.1. Le café de spécialité	7
6.2. le café commercial.....	7
6.3. Notation du café	8
6.4. Différence entre le café de spécialité et le café commercial	8
7. Distinction entre les variétés arabica et robusta	9
7.1. Origine de l'Arabica (<i>CoffeaArabica</i>).....	9
7.1.1. Description botanique de <i>Coffea arabica</i>	10
7.2. Origine de Robusta (<i>coffea canephora</i>)	10
7.2.1. Description botanique de <i>Coffea canephora</i>	11
8. La qualité dans la filière caféicole.....	11
8.1. Définition de la qualité selon la législation	11
9. Méthodes de production	11
9.1. La matière première du café : la cerise de café	11
9.2. La récolte des cerises de café	12
9.3. Traitement des cerises de café.....	13
9.4. La torréfaction de café.....	14
9.5. La mouture de café	15

9.6. La préparation de café 16

Chapitre 02 : La fabrication du café moulu

1. La composition chimique du café 17

1.1 Composition du grain de café vert 17

 1.1.1. Contenu glucidique 19

 1.1.2. Contenu lipidique..... 19

 1.1.3. Contenu protéique..... 20

 1.1.4. Contenu minéraux et vitamines 22

 1.1.5. Contenu en eau..... 22

 1.1.6. Les alcaloïdes (La caféine) 22

 1.1.7. Les acides..... 23

1.2 Composition du grain de café torréfiés 25

 1.2.1 Contenu protéique 26

 1.2.2 Contenu glucidique 26

 1.2.3 Contenu lipidique 28

 1.2.4 Composés phénoliques 29

 1.2.5 Vitamines et minéraux..... 30

 1.2.6 Autres composants 31

2. Réaction de Maillard 31

2.1 Produits issue de la réaction de Maillard..... 32

2.2 Formation de l'ACR dans les aliments par la réaction de Maillard..... 33

3. Torréfaction..... 34

 3.1. Torréfaction du café 34

4. Rôle de la torréfaction dans la transformation du café..... 37

5. Les réactions chimiques du café durant la torréfaction..... 37

DEUXIEME PARTIE

PARTIE EXPERIMENTAL

CHAPITRE 03 : MATERIELS ET METHODES

1. Objectif..... 40

2. Procédure de sélection des différentes marques de café moulu 40

3. Détermination de la teneur en sucres totaux 40

 3.1. Dosage des sucres par colorimétrie..... 40

Sommaire

3.2. Dosage des sucres totaux selon la méthode de Dubois	41
3.3. Dosage des sucres non réducteurs (le saccharose) par la méthode DNS	42
4. Analyse statistique.....	

CHAPITRE 04 : DISCUSSION ET RESULTATS

1. Dosage des sucres totaux.....	45
2. Dosage des sucres réducteurs	48
3. Évaluation du taux de saccharose et conformité à la réglementation en vigueur....	50

Conclusion.....	53
------------------------	-----------

Références bibliographiques	54
--	-----------

Annexes

Liste des abréviations

CGA	Chlorogenic acid
G	gram
HPLC	Chromatographie liquide à haute performance
Mg	Milligram

Figure 01 : Les images représentent respectivement (A) Le caféier, (B) La fleur de café, (C) la cerise de café, (D) Coupe de cerise	5
Figure 2 : Les pays producteurs de café (tiré de : Armenia Coffee Corporation, s. d.)	6
Figure 03 : les pays consommateurs de café	7
Figure 04 : Les cerises de Coffea arabica	12
Figure 05 : Les fleurs de Coffea.....	12
Figure 06 : L'égrappage des cerises de café	13
Figure 07 : la cueillette de cerises de café.....	13
Figure08 : le traitement par voie sèche	13
Figure 09 : Le traitement par voie humide / lavé	14
Figure10 : Aspect de graines du café au cours de la torréfaction à différents degrés	15
Figure 11 : la mouture de café.....	16
Figure 12 : Le café filtre ou la percolation	16
Figure 13 : Structures chimiques de (a) la caféine, (b) latrignonelline	23
Figure 14 : Représentation schématique du devenir des polysaccharides du café au cours de la torréfaction du grain (Oosterveld et al. 2003)	27
Figure 15 : Structure de la trigonelline.....	30
Figure 16 : Représentation des réactions chimiques se produisant lors de la torréfaction (réaction de Maillard et dégradation de Strecker) [Martin et al. (1996)]	32
Figure 17 : Structure chimique de l'acrylamide.....	32
Figure 18 : La formation de l'ACR dans les aliments à partir de l'asparagine et du glucose par la réaction de Maillard (Klein, 2007)	33
Figure 19 : choc thermique des grains de café vert.....	34
Figure 20 : Séchage des grains de café vert	35
Figure 21 : Formation des cracks dans les grains de café vert à partir de 205°C	35
Figure 22 : Le processus de cuisson des grains de café vert à l'intérieur du tambour.....	36

Figure 23 : refroidissement du grain du café torréfié.....	37
Figure 24 : Principales étapes de la réaction de Maillard	38
Figure 25 : Schéma général de la réaction de Maillard.....	39
Figure 26 : Equation de la réaction de l'acide DNS avec le glucose	42
Figure 27 : Distribution des moyennes et écarts-types des analyses des sucres totaux pour différentes marques de café.....	45
Figure 28 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres totaux selon la méthode de Dubois	46
Figure 29 : Distribution des moyennes et écarts-types des analyses de sucres réducteurs pour différentes marques de café.....	48
Figure 30 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres réducteurs selon la méthode DNS	49
Figure 31 : Variation du pourcentage de matière sèche en saccharose dans différentes marques de café.....	50

Tableau 01 : Chemical composition of green Coffea Arabica and Coffea canephora seeds.....	18
Tableau 02 : Composition moyenne en lipides des grains de café	20
Tableau 03 : Répartition des différents acides aminés (somme des énantiomères D- et L-) dans le café vert selon la variété (en pourcentage de matière sèche)	21
Tableau 04 : Répartition des acides aliphatiques dans le café vert selon la variété (pourcentage de matière sèche).....	24
Tableau 05 : Teneurs moyennes en acides chlorogéniques selon la variété de café vert (pourcentage en masse par rapport à la matière sèche)	25
Tableau 06 : Glucides du café vert et du café torréfié	27
Tableau 07 : Teneurs en éléments majeurs et mineurs dans divers types de cafés	30
Tableau 08 : Analyse de variance des valeurs de sucres totaux selon les différentes Marques de café.....	47
Tableau 9 : Analyse de variance des valeurs de sucres non réducteurs selon les différentes marques de café.....	49

Résumé

L'étude a analysé les concentrations de sucres totaux, de sucres réducteurs et du % de matière sèche en saccharose dans différentes marques de café. La marque de café "Type 5" a présenté la concentration la plus élevée en sucres totaux, tandis que la marque "Type 16" a montré la concentration la plus basse. Les écarts types ont également montré des variations significatives, avec une dispersion des valeurs autour de la moyenne plus prononcée pour la marque "Type 5". Une analyse de variance (ANOVA) a confirmé une différence significative entre les moyennes des groupes de marques de café pour les sucres totaux et réducteurs, indiquant des niveaux de concentration différents entre les marques. En ce qui concerne le saccharose et bien que les pourcentages de saccharose restent conformes à la réglementation, des variations significatives ont été observées entre les marques, certaines présentant des pourcentages élevés, tandis que d'autres affichaient des valeurs faibles ou négatives. Ces différences peuvent être dues à divers facteurs tels que les procédés de fabrication et les ingrédients utilisés. Cependant, il est important de tenir compte des possibles erreurs de mesure et de privilégier des méthodes précises pour obtenir des résultats fiables.

Mots clés : sucre totaux, sucre réducteur, saccharose, café.

Abstract

The study analyzed the concentrations of total sugars, reducing sugars and % dry matter sucrose in different brands of coffee. The "Type 5" coffee brand showed the highest concentration of total sugars, while the "Type 16" brand showed the lowest. Standard deviations also showed significant variations, with a dispersion of values around the mean more pronounced for the "Type 5" brand. An analysis of variance (ANOVA) confirmed a significant difference between the means of the coffee brand groups for total and reducing sugars, indicating different levels of concentration between brands. With regard to sucrose, and although sucrose percentages remained in line with regulations, significant variations were observed between brands, with some showing high percentages, while others showed low or negative values. These differences may be due to a variety of factors, such as manufacturing processes and the ingredients used. However, it is important to take account of possible measurement errors, and to use precise methods to obtain reliable results.

Key words: total sugar, reducing sugar, sucrose, coffee.

ملخص

حللت الدراسة تراكيز السكريات الكلية و السكريات المختزلة و نسبة السكروز في المادة الجافة في أصناف مختلفة من القهوة. أظهرت ماركة القهوة "النوع 5 " اعلى تركيز السكريات الكلية, بينما أظهرت العلامة التجارية "النوع 16 " اقل تركيز. أظهرت الانحرافات المعيارية أيضا تباينا كبيرا, مع تشتت اكثر وجود فرق كبير بين وسائل مجموعة القهوة التجارية (انوفا) وضوحا للقيم حول متوسط العلامة التجارية "النوع 5 ". اكد تحليل التباين للسكريات الاجمالية و المنخفضة, مما يشير الى مستويات تركيز مختلفة بين العلامات التجارية. فيما يتعلق بالسكروز و على الرغم من ان نسب السكروز تظل متوافقة مع اللوائح, فقد لوحظت اختلافات كبيرة بين العلامات التجارية, حيث اظهر بعضها نسبا عالية بينما اظهر البعض الاخر قيما منخفضة او سلبية. يمكن ان تكون هذه الاختلافات ناتجة عن عوامل مختلفة مثل عمليات التصنيع و المكونات المستخدمة. و مع ذلك من المهم مراعاة أخطاء القياس المحتملة و تفضيل الطرق الدقيقة للحصول على نتائج موثوقة.

الكلمات المفتاحية: السكر الكلي, السكر المختزل, السكروز, القهوة.

Introduction

Le café est une boisson largement consommée et son attrait varie d'un pays à l'autre. Au fil du temps, le café a connu des évolutions, que ce soit au niveau des matières premières, des méthodes de préparation ou des établissements qui le proposent (**Daniela, 2013**). Bien que les pays producteurs de café soient principalement situés dans le "Sud", ce sont les pays du "Nord" qui dominent sa transformation et sa commercialisation (**I.C.O, 2011**). Le terme "café" englobe à la fois le grain et la cerise du caféier, qu'ils soient sous forme de café en parche, de café vert ou de café torréfié, et inclut également le café moulu, le café décaféiné, le café liquide et le café soluble (**Journal officiel de l'Union européenne, 2008**). Les deux espèces de café les plus cultivées sont l'Arabica et le Robusta.

Le café présente des effets bénéfiques attribués à ses composés bioactifs tels que la caféine et les polyphénols. Cependant, plusieurs contaminants peuvent être présents dans le café, dont l'acrylamide. En effet, le café contient naturellement de l'asparagine, une substance chimique qui peut réagir avec les sucres présents dans les grains de café lorsqu'ils sont soumis à des températures élevées pendant la torréfaction. Cette réaction peut entraîner la formation d'acrylamide.

Des études ont confirmé que le degré de torréfaction est un facteur clé dans la formation de l'acrylamide, et l'ajout de quantités non contrôlées de sucre pendant la torréfaction (la teneur en sucre ajouté doit être inférieure à 3%) peut augmenter la présence de ce composé cancérigène. L'acrylamide représente donc un danger certain pour la santé humaine en raison de sa toxicité potentielle, voire de son potentiel cancérigène. **Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS)**, des études sur des animaux de laboratoire ont démontré que l'acrylamide peut provoquer le cancer lorsqu'il est administré à fortes doses.

Dans cette optique, il nous a semblé intéressant d'étudier le taux de saccharose présent dans différentes marques de café commercialisées localement. Ce document est divisé en trois parties : une revue bibliographique abordant l'origine du café, sa composition physicochimique, le processus de torréfaction et les réactions chimiques impliquées dans la production d'acrylamide. La deuxième partie concerne le matériel et méthodes utilisés dans cette étude, tandis que la dernière partie présente les résultats obtenus et les discussions qui en découlent.

PREMIERE PARTIE
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 01
Généralité sur le café

Aujourd'hui, le café est devenu une denrée économique majeure, la première denrée agricole échangée en volume et la deuxième denrée la plus échangée au monde après le pétrole (**Stanislav et al., 2014**).

Le café est principalement produit dans les économies émergentes de l'hémisphère sud, mais est consommé dans le monde entier. (**National Coffee Association (NCA). (s. d.c)**).

Le café est l'une des boissons les plus consommées dans le monde. Environ 7 millions de tonnes sont consommées par an selon l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO (Baeza et al., 2014)**). Son nom vient du vieil arabe qahwah (excitant).

Le café est une boisson consommée partout dans le monde. Cette boisson a beaucoup évolué depuis sa découverte. Le terme « café » désigne les grains et les cerises du caféier, qu'il s'agisse de café en parche, de café vert ou de café torréfié, et comprend le café moulu, le café décaféiné, le café liquide et le café instantané. (**Journal officiel de l'Union européenne, 2008**).

Le café se consomme aujourd'hui sous des formes très variées. Que ce soit le café filtre classique, l'expresso, le café au lait ou des variétés plus exotiques, le café est souvent synonyme d'un instant de répit de la vie rapide et stressante de nos jours, comme en témoigne la célèbre pause-café, faisant partie intégrante de la journée au bureau. (**Haller, 2013**),

La qualité du café est liée à la composition chimique des grains qui, à leur tour, sont affectées par la composition chimique des haricots de café vert et par les conditions de traitement post-récolte (séchage, stockage, torréfaction et mouture) (**Vignoliet al., 2014**).

Le café est très riche en substances bioactives, on peut citer, Les terpènes, les alcaloïdes et les polyphénols tels que l'acide chlorogénique, l'acide férulique, l'acide caféique, l'acide sinapinique le kaempférol, la quercétine, l'acide nicotinique, le trigone line, l'acide quinoléique, l'acide tannique acide, l'acide pyrogallique et la caféine. Toutes ces substances ont des propriétés antioxydants, antibactériennes, antivirales et anti-inflammatoires (**Vignoliet al., 2014**).

1. Bref historique

Le café éthiopien a été transplanté au Yémen vers le XIIe siècle. Cela a commencé la propagation des établissements de café à travers le monde. En 1554 à Istanbul, les premières boutiques où l'on boit du café voient le jour. C'est un succès instantané, et plus qu'une simple mode, c'est un art et un mode de vie.

À partir de la fin du XVIIe siècle, le café a été introduit en Europe à partir des régions médianes du continent. Le commerce du café du Yémen a été remplacé par de plus grandes compagnies maritimes européennes. **(Anne-Laure Bonnin, 2016).**

Le café était né Au début de 16ème siècle, les premiers commerçants de café le vendaient en Europe. Dans les années 1800-1850, le café a été cultivé pour la première fois à RIO de Janeiro et s'est développé, jusqu'à ce qu'il devient la plus importante ressource économique du Brésil **(Silabdi, 2010).**

Pour les nord-américains, premiers consommateurs du monde, dans les années 1970, la grande ville la plus pluvieuse des États-Unis a donné naissance à une culture du café ou culture "latte". Aujourd'hui, il est possible de trouver du bon café dans toutes les grandes villes du monde, de Londres à Sydney en passant par Tokyo ; demain, le monde boira plus de café et, encore plus important, du meilleur café **(Boulo, 2013).**

2. Présentation du caféier et de son fruit

Le café appartient au genre *Coffea* de la famille des *Rubiaceae*, les espèces commercialement pertinentes sont ; *Coffea arabica*(arabica) et *Coffea canephora*(robusta) **(Król et al., 2020).**

L'espèce *Coffea arabica* est cultivée à haute altitude (>1000 m au-dessus du niveau de la mer) dans les régions tropicales et subtropicales, où le climat est plus frais, tandis que *Coffea canephora* est cultivée à des altitudes relativement basses (<800 m au-dessus du niveau de la mer) **(Anzueto et al., 2005).**

Les caféiers sont des plantes dicotylédones vivaces à feuilles persistantes, qui à l'état sauvage peuvent atteindre 6 mètres en Arabica et 10 mètres en Robusta. **(Farah et Ferreira dos Santos, 2015).**

2.1. Le caféier est composé des parties suivantes :

Les racines : comportent un pivot court (40 à 50 cm) mais d'où partent sur sa partie inférieure des racines axiales pouvant atteindre 1,20m et plus de profondeur. Cette série de racines assure l'approvisionnement en eau du caféier (**Champéaux, 1991**).

Le tronc : des caféiers peut être : unique " unicaule " ou multiple " multicaule", selon les espèces et l'origine du caféier (**Champéaux, 1991**).

Le collet : Est la zone intermédiaire entre les racines et le tronc. C'est une partie sensible, surtout chez le jeune caféier (**Champéaux, 1991**).

Les branches : Elles sont longues et grêles, plus ou moins horizontales opposées 2 par 2. Elles peuvent donner naissance à des rameaux secondaires et parfois des rameaux tertiaires. (**Champéaux, 1991**).

Les feuilles : Elles sont de forme ovales, opposées 2 par 2. A bord plus ou moins ondule, avec un pétiole court, couleur vert foncé brillant (**figure1« A »**) (**Champéaux, 1991**).

Les fleurs : Elles sont blanches, petite, à odeur de jasmin, groupées par 15 à 30 fleurs constituant des " glomérules "(figure B) (**Benmedjahed, 2017**).

La fleur fécondée donne un fruit (une baie) souvent appelé " crise " à cause de sa forme ronde et de sa couleur rouge à pleine maturité (**Champeaux, 1991**).

Les grains : Souvent appelée " fève " est de couleur grise, est constituée d'un albumen corne, a surface lisse, dont la face est creusée par un sillon, et d'un petit embryon comportant une radicule et deux cotylédons. La durée nécessaire pour le développement du fruit, de la floraison à la maturation est d'environ dix à onze mois. Les grains de Robusta mesurent de 8 à 16 mm de longueur, pèsent 0,10 gramme à 0,15 gramme (une bonne "granulométrie" est de 13 grammes pour 100 grains) (**figure1 « C, D »**) (**Champéaux, 1991**).

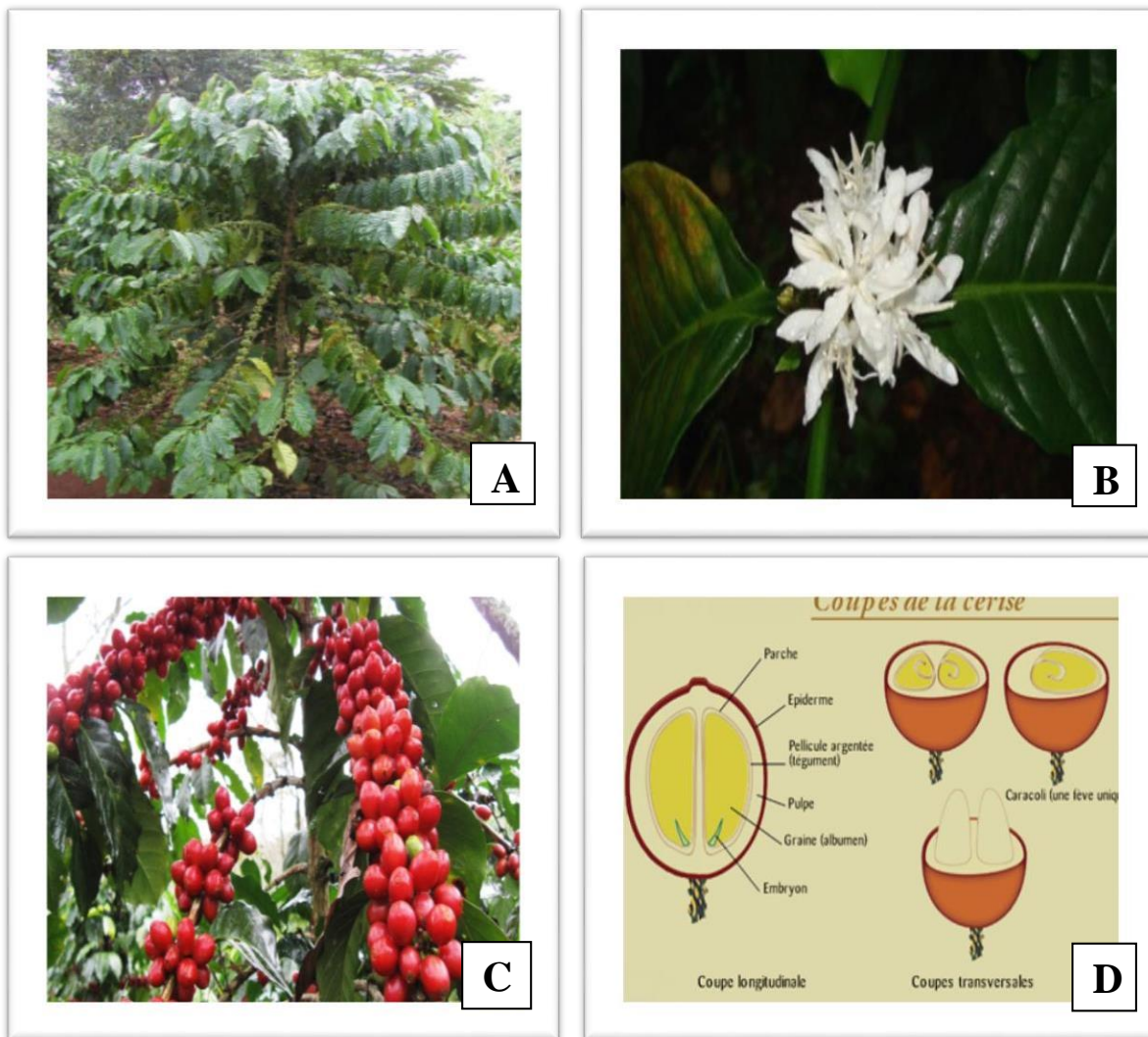


Figure 01 : Description botanique de la plante (A) Le caféier, (B) La fleur de café, (C) la cerise de café, (D) Coupe de cerise (Justin Koffi, 2007).

3. La production mondiale

Le café est cultivé dans quelques 80 pays du sud (figure2), mais les 3 plus gros producteurs totalisent près de 40% de la production mondiale et plus de la moitié des exportations. Le Brésil est constaté comme le premier producteur. Ils ont une influence importante sur les cours mondiaux du café. Ainsi les deux autres poids lourds du marché sont la Colombie et le Vietnam, qui représentent chacun plus de 10% de la production mondiale (Khalid, 2010).



Figure 02 : Répartition de la variété arabica et robusta dans le monde (ICO, 2007).

4. La consommation de café :

En 2019, l'Agence européenne pour la sécurité des aliments (EFSA), conseillait aux adultes en bonne santé de boire 3 cafés par jour au maximum, soit 400 mg de caféine.

On estime que les consommateurs du monde entier savourent 2,6 milliards de tasses de café chaque jour. La Finlande est le 1^{er} consommateur de café au monde, avec 12 kg par personne et par an, suivie de la Norvège avec 9,9 kg (figure 01). Les Français consommant en moyenne 5,4 kg de café par personne et par an. Environ 90% des adultes en France boivent du café. C'est la deuxième boisson la plus consommée en France après l'eau. Les ménages français consacrent 3% de leur budget épicerie à l'achat de ce produit, majoritairement acheté en GMS (90%). Et 80% des Français préfèrent le café déjà moulu.

Les Italiens sont deuxièmes derrière les Français en consommant 5,2 kg par personne et par an, tandis qu'aux États-Unis, la consommation annuelle de café est de 4 kg par personne, contre 3 kg au Japon, 2,3 kg au Royaume-Uni et seulement 1,8 kg au Royaume-Uni Irlandais.

Les Algériens consomment en moyenne 15 grammes de café par jour. Surtout du Robusta et un peu d'Arabica. Cela représente environ 5.47 kilos par an. Cela en fait le numéro deux en Afrique du Nord après l'Éthiopie et le numéro deux sur le continent africain.

La consommation et la commercialisation du café en Algérie ont enregistré une croissance annuelle de 3 %. Ce taux de croissance est constant depuis plusieurs années. L'Algérie importe environ 120 000 tonnes de café par an, principalement de Côte d'Ivoire, d'Indonésie et du Vietnam (figure 03) [1].








Rank	Country	Coffee Consumpti
1	 Finland	12.0 kg
2	 Norway	9.9 kg
3	 Iceland	9.0 kg (2006 data)
4	 Denmark	8.7 kg
5	 Netherlands	8.4 kg
6	 Sweden	8.2 kg
7	 Switzerland	7.9 kg
8	 Belgium  Luxembourg	6.8 kg
9	 Bosnia and Herzegovina	6.2 kg
10	 Austria	6.1 kg
11	 Italy	5.9 kg
12	 Slovenia	5.8 kg
13	 Brazil	5.8 kg (2009 data)
14	 Canada	5.7 kg (2006 data)
15	 Germany	5.5 kg (2006 data)
16	 Greece	5.5 kg
17	 France	5.4 kg
18	 Croatia	5.1 kg
19	 Cyprus	4.9 kg
20	 Lebanon	4.8 kg (2006 data)

Figure 03 : Les pays consommateurs de café [2].

5. Les différents types de cafés :

Il existe deux types de café, le café commercial et le café de spécialité.

5.1. Le café de spécialité

Le café de spécialité, également connu sous le nom de café gourmet, est le café de la plus haute qualité en termes de qualité et de goût. Cela implique des contrôles stricts tout au long de la chaîne d'approvisionnement pour garantir une qualité optimale à chaque étape.

5.2. Le café commercial

Tout café produit en série vendu par de grandes marques, torréfié et vendu en grandes portions est appelé café commercial. Le café commercial est la première introduction au café de la plupart des gens. En règle générale, il se présente sous la forme de café instantané. Le

café commercial n'est pas préparé avec autant de soin que le café de spécialité, et il est souvent plus acide et amer [2].

5.3. Notation du café

À un niveau plus technique, la Specialty Coffee Association (SCA) dispose d'une échelle de notation détaillée pour juger si le café est une spécialité ou non. Un score d'environ 80 sur 100 est considéré comme un café de spécialité, le niveau supérieur marquant plus de 90 points. En plus de cela, il y a trois critères minimaux pour qu'un café soit considéré comme un café de spécialité :

1. Le café doit être récolté à la main
2. Il obtient un score supérieur à 80 points sur l'échelle de notation SCA
3. Il doit avoir moins de 5 défauts par 12 onces

La définition évolue maintenant pour inclure davantage de contrôles sur l'agriculture durable et les facteurs environnementaux. Sur une échelle de qualité, le café commercial est évalué à 75 points ou moins sur une échelle de 100 [2].

5.4. Différence entre le café de spécialité et le café commercial

Il existe plusieurs différences entre le café de spécialité et le café commercial :

5.4.1. Type de haricots

Il existe deux principaux types de variétés de café : l'Arabica et le Robusta. L'Arabica est le type dominant, représentant 60% du marché. Les grains d'Arabica ont plus de valeur car ils sont moins amers et ont un palais de saveurs plus large. Les grains de Robusta sont plus résistants pendant leur croissance, mais sont également plus amers.

Le café de spécialité est exclusivement de l'Arabica, tandis que la plupart des cafés commerciaux sont entièrement du Robusta ou un mélange d'Arabica et de Robusta [2].

5.4.2. Coût de production

L'une des différences les plus évidentes entre le café commercial et le café de spécialité est le prix. Le café de spécialité est plus cher en raison de la nature laborieuse de sa récolte et de sa transformation. De plus, comme c'est de l'Arabica, il est plus difficile à cultiver. Ainsi, les rendements de récolte sont plus faibles, ce qui fait encore grimper le prix.

Le café de spécialité coûte également plus cher en raison du soin apporté à chaque étape de la transformation - de la torréfaction à l'emballage. Tout est fait en petites séries, et avec plus d'intervention humaine, ce qui le rend plus cher [2].

5.4.3. L'origine du haricot

La ceinture de café, où la plupart des grains de café du monde sont cultivés, se situe. La plupart des cafés de spécialité proviennent de cette région. L'origine de votre café affecte

son goût et sa qualité. Des facteurs tels que le climat, l'altitude, le type de sol et d'autres conditions de croissance affectent le goût final. L'origine est importante pour de nombreux consommateurs, en particulier ceux qui aiment davantage le café. Le café de spécialité d'origine unique est un énorme marché où l'origine est le facteur central. D'autre part, le café commercial provient souvent de plusieurs marchés pour réduire les coûts. Cependant, cela se traduit par un goût mélangé et une saveur indistincte [2].

5.4.4. Conditions de sélection et de contrôle qualité

L'une des différences fondamentales entre ces cafés commerciaux et de spécialité est la façon dont ils sont récoltés. Les cafés de spécialité doivent être cueillis à la main seuls les fruits rouges mûrs sont sélectionnés. Grâce à la cueillette à la main, seules les meilleures baies sont cueillies et que les dommages sont minimales. Cependant, cela rend le processus fortement dépendant du travail manuel, ce qui pose des problèmes de conditions de travail et de commerce équitable. Le café de spécialité peut en fait contribuer à améliorer les conditions de travail en promouvant le commerce équitable [2].

6. Distinction entre les variétés arabica et robusta ;

Il existe un grand nombre d'espèces de caféiers mais seules deux d'entre elles sont exploitées dans le monde : *Coffea arabica* et *Coffea canephora* (**Robusta**) (**Justin Koffi, 2007**).

6.1. Origine de l'Arabica (*Coffea Arabica*)

La culture de l'arabica est plus délicate et moins productive que celle du robusta. C'est la raison pour laquelle il est essentiellement cultivé dans des plantations situées entre 1000 et 2000 m d'altitude en climat tropical tempéré par l'altitude, tel que celui de l'Amérique Latine, de l'île de la Réunion ou de l'Indonésie. Il occupe la première place dans le monde pour la production de café (environ 60%) car ses qualités aromatiques sont supérieures à celles du robusta. Son prix est d'ailleurs en moyenne 20 à 25% plus élevé que celui du robusta. Cependant, sa teneur en caféine reste très inférieure : 1% contre 3% pour le robusta (**Justin Koffi, 2007**).

L'espèce *Coffea arabica* est une plante ligneuse vivace dicotylédone, elle se développe le plus souvent à des altitudes comprises entre 1250 et 2500 mètres et à une température entre 17°C et 29°C (**Ross, 2005**). Sa culture exige une précipitation allant de 1500 à 2500 mm/ an pour le développement optimal de la plante et du fruit (**Davis et al., 2012**).

Elle est originaire d'Afrique, plus précisément des hauts plateaux du Sud-ouest de l'Éthiopie. Les grands champs de culture de cette espèce se situent principalement en Amérique latine avec 82 % de la production mondiale contre 19 % en Afrique et en Asie (**Bertrand et al., 2012**).

6.1.1. Description botanique de *Coffea arabica*

Coffea arabica est un arbuste ramifié, de 10 mètres de hauteur. Il possède des feuilles persistantes, positionnées sur les branches de manière opposée. Les fleurs sont de couleur blanches, odorantes, rassemblées en glomérules à l'aisselle des feuilles. Les premières fleurs apparaissent dès la 3^{ème} à 4^{ème} année (**Davis et al., 2012**). Le fruit du caféier, appelé cerise, est une drupe de forme ovoïdale qui change de couleur du vert au rouge une fois murit. La drupe est entourée d'une pellicule rouge lisse, l'exocarpe. Ce dernier recouvre la pulpe (mésocarpe) qui se différencie en un tissu très vacuolisé riche en sucres et en acides qui ont un rôle attractif pour les animaux pollinisateurs. La pulpe adhère à une paroi dure et cellulosique, la parche (ou l'endocarpe), elle renferme les deux fèves à partir desquelles les graines de café sont produites. La graine, recouverte d'une pellicule argentée et très mince "le tégument séminal", renferme l'embryon (**Del Castillo et al., 2002**).

6.2. Origine de Robusta (*coffeacanephora*) :

Le robusta est produit par *coffeacanephora* est originaire d'Afrique centrale et occidentale. En deuxième place pour la production (40%), il est surtout cultivé en plaine en Afrique (Afrique occidentale, Ouganda, Angola, Afrique du sud, etc.) et en Extrême-Orient, (**Justin Koffi, 2007**).

Comme son nom l'indique, il est plus résistant aux maladies que l'arabica. Sa culture se situe en plaine et jusqu'à 600 mètres d'altitude car une température de 22 à 26 ° lui est nécessaire. Il faut attendre 9 à 11 mois de la floraison à la maturité des cerises. Contrairement à l'Arabica, le Robusta doit être fertilisé par des insectes butineurs allant d'un arbre à l'autre. Sa teneur en caféine est nettement plus élevée que celle de l'Arabica. Ses principaux lieux de culture sont l'Afrique, le Brésil et l'Indonésie Les cafés sont classés " arbitrairement " en fonction de leur goût "doux" "aromatiques" "corsés" "acides" "amers" mais certains pays produisent des cafés répondant simultanément à plusieurs de ces critères (**FAO, 2011**)

6.2.1. Description botanique de *Coffea canephora*

Coffea canephora est un arbuste tropical de 2 à 4 mètres de hauteur qui se cultive mi ombre. Ses fleurs sont blanches et très parfumées, les fruits sont de couleur rouge et renferme la graine de café. Les **graines de café robusta** sont plus grosses et moins rondes que le café arabique. Ce caféier nécessite moins d'entretien que le *Coffea arabica* et reste donc moins cher à produire. Ses graines une fois torréfiées, sont utilisées pour préparer le breuvage stimulant bien connu et universellement consommé. Il existe plusieurs espèces de caféier pour confectionner la boisson du café [3].

7. La qualité dans la filière caféicole

7.1. Définition de la qualité selon la législation

La mise en place d'une démarche qualité, couvrant la qualité sanitaire, organoleptique, technique et organisationnelle, environnementale et/ou sociétale, est un élément déterminant de l'amélioration de la compétitivité des filières agroalimentaires, du développement des échanges commerciaux et de la sécurité alimentaire. La qualité est définie ici selon la norme ISO 9001 :2005 comme l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences. Notre état des lieux aborde ce concept général et le décline dans ses diverses composantes : (i) qualité liée au mode de production et de transformation, (ii) qualité liée au produit (sanitaire, organoleptique, spécifique, origine, savoir-faire, nutritionnelle) ; (iii) qualité liée à l'organisation de l'activité et (iv) qualité liée à la dimension éthique et sociétale.

Ces différentes dimensions de la qualité renvoient à des exigences bien spécifiques à savoir commerciales, réglementaires, économiques, sociétales et de santé publique. Pour y répondre à toutes ou une partie de ces exigences, les démarches qualité se situent à tous niveaux : gouvernemental (réglementations, standards et dispositifs de contrôle), au niveau privé (normes et référentiels privés) et au niveau d'organisations professionnelles [4].

8. Méthodes de production

8.1. La matière première du café : la cerise de café

À la fleur du caféier succède quelques mois plus tard un fruit nommé « cerise de café ». La floraison des caféiers dépend de l'altitude, du climat et de la région où ils sont cultivés. La formation du fruit qui succède à la fleur intervient 6 à 8 mois après la floraison pour l'Arabica, et 9 à 11 mois pour le Robusta. Sur une même branche cohabitent des cerises de café de différentes maturités.

Les cerises de café, sont d'abord vertes et prennent une teinte rouge orangé à maturité (ou jaune pour le Yalow Bourbon). Leur appellation de « cerises » est naturellement due à leur couleur et à leur forme qui évoquent le fruit du cerisier. Chaque cerise de café contient deux fèves qui constitueront le café vert : La cerise est composée de deux graines accolées, ou fèves, entourées d'un mucilage, lui-même recouvert d'une pulpe rouge et charnue. Les enveloppes inutiles seront éliminées pour récupérer le café vert matière première du café [2].



Figure 04 : Les cerises de coffea arabica.



Figure 05 : Les fleurs de coffea

8.2. La récolte des cerises de café

La récolte des cerises de café doit s'effectuer quand les cerises arrivent « juste à maturité ». La récolte peut s'effectuer de deux façons différentes. La cueillette ou picking consiste à cueillir à la main les fruits à maturation (figure 07). Cette technique implique plusieurs cueillettes pour chaque arbuste, elle est donc relativement couteuse mais fournit du café de qualité. La seconde technique est l'égrappage ou le stripping (figure 06). C'est un procédé mécanique qui consiste à secouer les arbustes pour en faire tomber les fruits. Cette technique est moins onéreuse mais la qualité du café n'est pas certifiée car plusieurs cerises issues d'un même arbre n'ont pas forcément le même degré de maturité. Dans les exploitations familiales la cueillette réunit toutes les générations qui se retrouvent pour vivre ensemble au rythme du café [5].

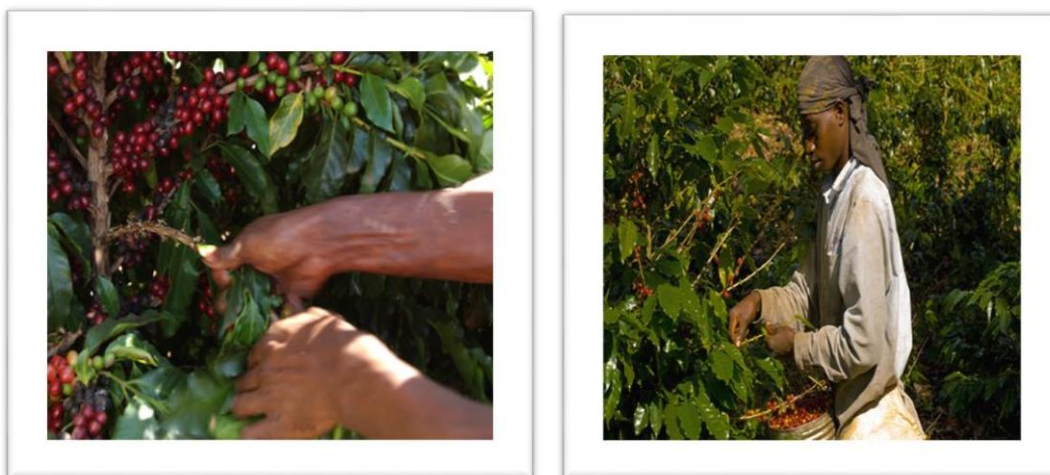


Figure 06 : L'égrappage des cerises de café [5]. **Figure 07 :** La cueillette de cerises de café [5].

8.3. Traitement des cerises de café

Il existe deux méthodes, adaptées aux ressources économiques des pays producteurs, par voie sèche ou par voie humide (Cabiti, 2013).

La méthode sèche :

La voie sèche (également appelée méthode naturelle) est la plus ancienne, la plus simple et ne nécessite que peu de matériel (Justin Koffi, 2007).

Le fruit est soit directement séché au soleil sur des tables ou des terrasses en ciment ou en brique ou même en asphalte soit séché. On obtient du « café en coque » (figure 07). (Cabiti, 2013).



Figure08 : Le traitement par voie sèche [6].

Le traitement par voie humide / lavé

Le procédé par voie humide ou lavée permet d'enlever toute la chair collante et sucrée de la cerise avant de la sécher. Cette méthode réduit considérablement le risque de moisissure ou de pourriture, mais elle est plus coûteuse et nécessite de plus grandes quantités d'eau fraîche.

Une fois la peau et la chair retirées, les grains sont placés dans une cuve d'eau douce pour fermenter. Après la période de fermentation, les grains sont lavés et étalés pour sécher sur des terrasses ou des tables de séchage, exactement de la même manière que les cafés traités par voie sèche.

Le café obtenu par voie humide est souvent décrit comme ayant un goût "propre" ou "pur", non affecté par les arômes de la cerise du café [2].

LA MÉTHODE HONEY



Figure 09 : Le traitement par voie humide / lavé [6].

8.4. La torréfaction du café

Le processus de torréfaction consiste à griller le grain vert sous l'effet du couple associant un gradient de température et le temps de torréfaction. La combinaison température/temps conduit à divers degrés de torréfaction allant du "light" au "dark" en passant par le "medium". (Baggenstoss et al., 2008). La durée de torréfaction dépend de la méthode utilisée ainsi que du degré de torréfaction désiré. Pour la méthode traditionnelle, avec chauffage indirect, on va chauffer entre 180 et 230°C pendant 20 minutes ; cette méthode reste le standard pour les grains crus et permet

d'avoir le meilleur arôme possible. Avec les méthodes de chauffage direct, on peut chauffer à 250°C et plus pendant 10 minutes. La méthode dite flash, consiste à envoyer de l'air à 880°C pendant 90 secondes sur les grains, cette méthode est utilisée pour des cafés de bas de gamme ainsi que pour le café instantané. On distingue plusieurs degrés de torréfaction :

La torréfaction légère : New England ou blonde

La torréfaction moyenne : American ou ambrée

La torréfaction moyennement poussée : Light French robe de moine

La torréfaction poussée : French ou brune

La torréfaction très poussée : Dark French, Italian ou très brune (Haler, 2013).



Figure10 :Aspect de graines du café au cours de la torréfaction à différents degrés (Michelle et al., 2003).

8.5. La mouture du café

Dernière étape de la préparation du café, les grains de café torréfiés doivent être moulus. La finesse de la mouture est essentielle à la qualité de la boisson et doit être adaptée à sa méthode de confection. Plus l'exposition à l'eau brûlante est courte, plus la mouture doit être fine pour libérer rapidement les arômes alors que si le contact avec l'eau est prolongé, la mouture doit rester plus épaisse pour éviter de produire un café trop imprégné, au goût fort et amer (figure10). Dans ce cas, le café moulu doit être emballé très rapidement afin d'éviter toute oxydation et perte d'arômes (Michelle et al., 2003).



Figure 11 : la mouture de café

8.6. La préparation du café

Le café filtre ou la percolation

L'eau traverse un filtre dans lequel est placé du café moulu et se retrouve sous forme de café dans la cafetière. Cette étape s'appelle la « percolation » et vient du latin percolare qui signifie filtrer [7]. (figure 10).

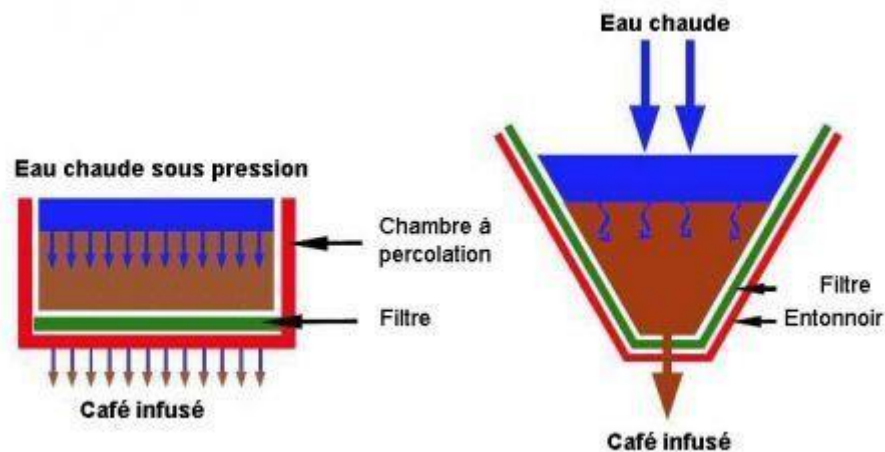


Figure 12 : Le café filtre ou la percolation [7].

L'espresso

Comme son nom l'indique, l'espresso est un café préparé à la demande et savouré sans attendre. On l'obtient en faisant passer pendant 25-30 secondes un jet d'eau chaude sous pression (9 atmosphères ou plus) à travers une couche de 7 grammes de café finement moulu et comprimé. Après cette ultime étape, l'amateur n'a plus qu'à se verser une tasse et à savourer ce doux breuvage [8].

Chapitre 02
La fabrication du café moulu

1. La composition chimique du café

1.1 Composition du grain de café vert

La composition du café est très complexe, avec plus d'une centaine de substances chimiques identifiées. Elle est également variable car les espèces, les variétés végétales et les procédés technologiques contribuent à la diversité des caractéristiques organoleptiques des cafés. Le facteur influençant le plus fortement la composition du café est avant tout l'espèce et la variété de café vert.

Pour une même variété, la composition du café est également fonction, dans une moindre mesure, de la méthode de culture, du degré de maturation des cerises et des conditions de stockage des grains verts. En outre, les procédés technologiques de préparation (dépulpage, déparchage) et de traitement industriel (torréfaction) des grains verts, modifient les teneurs des constituants des grains de café. Enfin, le mode de préparation de la boisson par le consommateur influe directement la composition de cette dernière (**Sil Abdi, 2010**).

(**Smith, 1985**) a dit en : « le café est probablement un des éléments dont la gamme de produits formés au cours des traitements industriels est la plus grande ». De plus, il existe un grand nombre de méthodes analytiques différentes, malgré les tentatives d'établissement d'une table de composition des cafés, aucune n'a été unanimement admise. Les valeurs moyennes qui sont proposées pour rendre compte de la composition de chaque type de café ne doivent donc être considérées que comme des données approximatives. Une étude de la composition du café est limitée à celle des deux principales espèces, *Coffea arabica* et *Coffea canephora* (variété Robusta) (**tableau 01**).

Tableau 1: Chemical composition of green *Coffea arabica* and *Coffea canephora* seedsConcentration^a (g/100 g)

Component	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>
Carbohydrates/fiber		
Sucrose	6.0–9.0	0.9–4.0
Reducing sugars	0.1	0.4
Polysaccharides	34–44	48–55
Lignin	3.0	3.0
Pectin	2.0	2.0
Nitrogenous compounds		
Protein/peptides	10.0–11.0	11.0–15.0
Free amino acids	0.5	0.8–1.0
Caffeine	0.9–1.3	1.5–2.5
Trigonelline	0.6–2.0	0.6–0.7
Lipids		
Coffee oil (triglycerides with unsaponifiables, sterols/tocopherols)	15–17.0	7.0–10.0
Diterpenes (free and esterified)	0.5–1.2	0.2–0.8
Minerals	3.0–4.2	4.4–4.5
Acids and esters		
Chlorogenic acids	4.1–7.9	6.1–11.3
Aliphatic acids	1.0	1.0
Quinic acid	0.4	0.4

a Le contenu varie selon le cultivar, les pratiques agricoles, le climat, la composition du sol et les méthodes d'analyse. Source: (Clarke and Macrae), (Clifford), (Trugo and Macrae), (Trugo), (Clarke), (Kölling-Speer et Speer), (Speer et Kölling-Speer), (Farah et al), (Farah and Donangelo), (Holscher et al), et (Fischer et al).

1.1.1 Contenu glucidique

Les glucides représentent environ 48 à 60% de la matière sèche du café vert. *Coffea Arabica* est généralement un peu plus riche que *Coffea canephora*. Ils sont constitués de glucides solubles cytoplasmiques (monosaccharides, oligosaccharides et polysaccharides) et de glucides insolubles constitutifs des parois végétales (hémicellulose et holocellulose). Le mannose semble être le monosaccharide majoritaire (environ 45%), suivi du galactose (25%), du glucose (17%) et de l'arabinose (10%) (Oosterveld et al., 2003 ; Carrera et al., 1998).

1.1.2 Contenu lipidique

Les lipides sont les principaux composants du café et leur teneur totale varie considérablement entre les espèces de *Coffea arabica* et de *Coffea canephora*. La fraction lipidique du café est composée principalement de triacylglycérols (environ 75 %), d'acides gras libres (1 %), de stérols (2,2 % non estérifiés et 3,2 % estérifiés avec des acides gras) et de tocophérols (environ 0,05 %), (voir le **tableau 2**) que l'on trouve généralement dans huiles végétales comestibles. Cette fraction contient également des diterpènes de la famille des kaurènes dans des proportions allant jusqu'à 20 % de la fraction lipidique totale (K'olling-Speer., 2005 ,. Trugo., 1984 ,. L. C., Folstar, P., 1985) .

Tableau 2 : Composition moyenne en lipides des grains de café vert [d'après Debry (1987) ; Illy et Viani (1998) ; Nikolova-Damyanova et al. (1998)].

Fractions lipidiques	Fraction des Constituants	
	lipides (%)	totaux
Triglycérides (ou triacylglycérols)	70-80	Esters de l'acide Linoléique et palmitique
Acides gras libres	0.5-2.7	
Esters di terpéniques	15.0- 18.5	Esters des acides Linoléique et palmitique
Diterpènes libres	0.1-1.2	
Triterpènes, stérols, et esters de stérols	1.4-3.2	Cafestol, kahweol, sitostérol, sigmastérol, campestérol
5-Hydroxytryptamides et dérivés	0.3-1.0	Amides des acides arachidique, béhénique, Lignocérique
Tocophérols	0.3-0.7	□□ □ et □- tocophérol
Phospholipides	0.3	

1.1.3 Contenu protéique

Les cafés verts renferment de 1 à 3 % d'azote total, engagé dans diverses combinaisons, dont les principales sont des protides et des alcaloïdes. Les acides aminés en général et certains aminoacides soufrés (cystine, méthionine en particulier), contenus dans les protides du café jouent un rôle important dans la formation de l'arôme du café torréfié. Rappelons que la teneur en protéine s'élève à 10-12 % de la matière sèche (Coste R, 1989)

Les acides aminés présents dans le café vert sont principalement liés aux protéines, la fraction libre ne représentant qu'environ 5% du total comme indiqué dans le **Tableau 3**, avec une teneur sensiblement plus élevée pour le robusta que pour l'arabica (**Casal et al., 2005**).

Tableau 3 : Répartition des différents acides aminés (somme des énantiomères D- et L-) dans le café vert selon la variété (en pourcentage de matière sèche) [**Illy et Viani (1996)** ; **Casal et al. (2005)**].

	<i>Arabica</i>	<i>Canephora</i>	
Alanine (Ala)	0.03-0.05	0.04-0.09	0.43-0.5
Arginine	0.01	0.02	0.5
Acide aspartique (Asp)	0.05	0.06-0.09	0.84-1.0
Asparagine	0.05	0.09	
Cystéine	Traces	Traces	0.3
Acide glutamique (Glu)	0.13-0.14	0.08-0.12	1.5-1.9
Glycine (Gly)	0.005-0.01	0.008-0.02	0.46-0.63
Histidine (His)	0.005-0.01	Traces-0.09	0.1-0.2
3-Méthylhistidine	Traces	Traces	
Isoleucine (Ile)	0.008-0.01	0.009-0.02	0.4
Leucine (Leu)	0.007-0.01	0.009-0.02	0.7-1.0
Acide γ-aminobutyrique (GABA)	0.04-0.05	0.007-0.10	
Lysine (Lys)	0.007-0.01	Traces- 0.009	0.6-0.7
Méthionine (Met)	Traces-0.002	Traces- 0.003	0.06-0.2
Phénylalanine (Phe)	0.02	0.02-0.04	0.37-0.7
Proline (Pro)	0.03	0.03-0.04	0.6-0.8
Sérine	0.03	0.04	0.5
Thréonine	Traces	0.04	0.3
Tyrosine (Tyr)	0.006-0.01	0.01-0.02	0.3-0.4
Valine (Val)	0.01-0.015	0.01-0.05	0.3-0.5
Tryptophane (Trp)	0.01	0.04-0.05	0.1
Total	0.50	0.78	10.3

1.1.4 Contenu minéraux et vitamines

Le potassium représente environ 40 % de la teneur en minéraux du café moulu (environ 1 à 2 g/100 g de café vert). Le phosphore est un autre minéral important du café, représentant 4 % de sa composition. Le contenu minéral restant se compose d'environ 30 éléments différents, dont le sodium, le magnésium, le calcium et le soufre (Antonio, Farah, A). Ces éléments, seule la teneur en magnésium semble varier considérablement d'une espèce à l'autre (1–3 mg/100 g pour *Coffea canephora* et 2,5–6 mg/100 g pour *Coffea arabica*) (Clarke, R. J., 2003).

Les oligo-éléments du café comprennent le zinc, le strontium, le silicium, le manganèse, le fer, le cuivre, le baryum, le bore et l'aluminium. Le profil des oligo-éléments dans le café varie en fonction de la composition du sol, ce qui suggère qu'il peut être possible de différencier les cafés cultivés dans différents types de sol par leur profil minéral (Costa, L. L., Farah, A., 2010).

Le café vert contient plusieurs vitamines, à savoir les vitamines B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (acide nicotinique), B5 (acide pantothénique), B12 (cyanocobalamine) et C (acide ascorbique) (Silabdi, 2010).

1.1.5 Contenu en eau

La teneur en eau des graines vertes de *C. arabica* et *C. canephora* varie généralement d'environ 8,5 à 12 %. Au-dessus de ce niveau, l'humidité est indésirable tant pour la qualité des arômes/saveurs que pour les effets sur la santé, car elle augmente l'activité de l'eau et donc la probabilité de croissance microbienne. D'autre part, une faible humidité produit des fissures dans les graines et diminue leur viabilité à germer (Farah, A, 2004).

1.1.6 Les alcaloïdes (La caféine)

La caféine ou 1, 3,7-triméthylxanthine serait synthétisée à partir des purines dans les grains de café vert, elle joue un rôle protecteur en raison de ses propriétés antifongiques, voire peut-être insecticides (Monta von et al., 2003).

La teneur en caféine des grains de café vert dépend en premier lieu de la variété de café : elle est sensiblement plus élevée pour le robusta (1.2 à 3.3% en masse par rapport à la matière sèche) que pour l'arabica (0.9 à 2.1%) (Figure N°13) (Martin et al.,1998 ; Campa et al., 2005b et Casal et al.,2005).

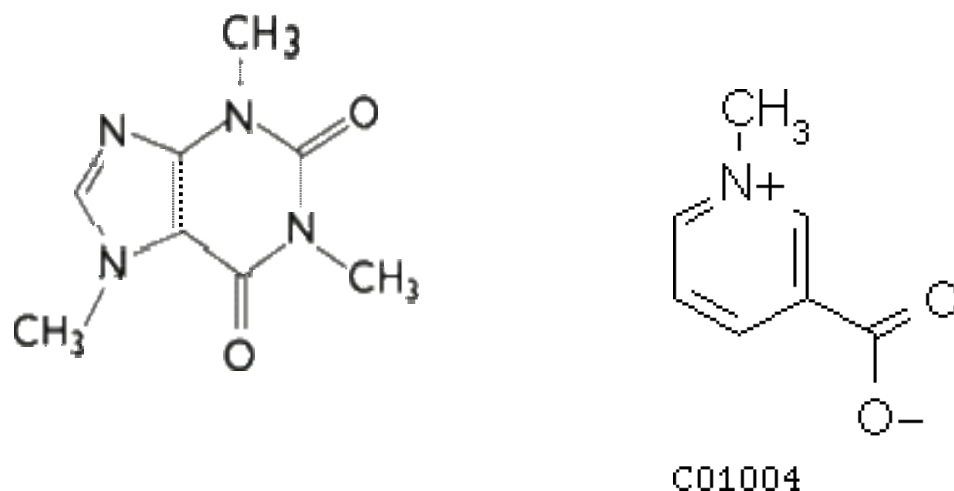


Figure 13 : Structures chimiques de (a) la caféine, (b) la trigonelline.

1.1.7 Les acides

L'acidité constitue l'une des caractéristiques les plus importantes du café, au même titre que l'amertume ou l'arôme. Le pH moyen des grains de café vert est de l'ordre de 5,5 (**Franca et al., 2005**). Plusieurs types d'acides contribuent à cette acidité : aliphatiques, chlorogéniques (composés majoritaires), alicycliques et phénoliques.

✓ Les acides aliphatiques

Plusieurs acides aliphatiques ont été mis en évidence dans le café vert, comme indiqué dans le **Tableau 1.2** : des acides non volatils (citrique, malique, oxalique et quinique), et à l'état de traces des acides volatils (principalement acétique). Leur teneur totale est sensiblement la même pour l'arabica que pour le robusta, avec en moyenne 1.6-1.7% du poids de matière sèche. Par contre l'acide quinique libre est plus concentré dans l'arabica. Il se trouve également présent sous des formes dérivées que sont les acides chlorogéniques (**Illy et Viani (1998)**).

Tableau 4 : Répartition des acides aliphatiques dans le café vert selon la variété (pourcentage de matière sèche) **Illy et Viani (1998)**.

Acides aliphatiques	<i>Coffea</i>	<i>Coffea</i>
	<i>arabica</i>	<i>canephora</i>
Acide formique		Traces- 0.14
Acide acétique		Traces
Acide oxalique		Traces-0.2
Acide malique		0.3-0.7
Acide succinique		Traces- 0.15
Acide citrique		0.5-1.5
Acide quinique	0.3-0.6	0.35
Total	1.1-3.1	0.7- 3.5

✓ Les acides chlorogéniques

Les acides chlorogéniques constituent une famille d'esters formés entre certains acides transcinnamiques (caféique ou férulique) et l'acide quinique. Ils représentent environ 07 à 10% et 05 à 07,5% en masse de la matière sèche pour le Robusta et l'Arabica respectivement (**Fischer et al., 2001**).

Le composé majoritaire reste l'acide n-chlorogénique (ou acide 5-cafféoylquinique) pour tous les cafés, puisqu'il représente 60 et 75% de l'ensemble des acides chlorogéniques dans le café robusta et arabica respectivement (**Ky et al., 2001**). Selon la variété et l'origine géographique du café vert, sa concentration peut varier entre environ 2.7 et 5.6% (en masse par rapport à la matière sèche) (**Martin et al., 1998**). D'autres acides chlorogéniques sont présents, comme indiqué dans le **Tableau 5**

Tableau 5 : Teneurs moyennes en acides chlorogéniques selon la variété de café vert (pourcentage en masse par rapport à la matière sèche) [Ky et al. (2001)].

		<i>Coffea</i> <i>Arabica</i>	<i>Coffea</i> <i>Canephora</i>
Acide 3-caffeoylquinique	3-CQA	0.20	0.81
Acides 4- et 5-caffeoylquinique	4- et 5-CQA	3.06	6.85
Acide 5-feruloylquinique	5-FQA	0.15	1.17
Acides 3-, 4-feruloylquinique	3- et 4-FQA	0.04	0.26
Acide 3,4-dicaffeoylquinique	3,4-diCQA	0.12	0.77
Acide 3,5-dicaffeoylquinique	3,5-diCQA	0.23	0.71
Acide 4,5-dicaffeoylquinique	4,5-diCQA	0.25	0.83
Total	CGA	4.1	11.3

Ces acides peuvent former un complexe avec la caféine dans un rapport équimolaire (chlorogénate de caféine). Ils peuvent aussi se lier à d'autres alcaloïdes, comme la théophylline, la paraxanthine ou la théobromine (Campa et al., 2005a).

✓ La trigonelline

La trigonelline, ou méthyl-bétaïne de l'acide nicotinique, est une base azotée très soluble dans l'eau, Sa teneur est sensiblement plus élevée dans *Coffea arabica* (0.6 à 1.9% du poids en matière sèche) que dans *Coffea canephora* (0.3 à 1.9%). De même, sa concentration est sensiblement plus faible dans les grains de café vert défectueux que dans ceux de bonne qualité (Farah et al., 2005).

1.2 Composition du grain de café torréfiés

Les réactions chimiques induites par la torréfaction entraînent une modification de la composition des haricots de café grillés, qui dépend fortement du profil temps-température de la torréfaction et du degré de torréfaction (Dybkowska et al., 2017). La composition chimique de *Coffea arabica* et *Coffea canephora* (robusta), les deux espèces de café les plus importantes sur le plan commercial, avant et après la torréfaction.

1.2.1 Le contenu protéique

Sous l'effet de la torréfaction, et en fonction de son intensité, la perte en acides aminés varie de 20 à 40% du fait de la destruction d'une partie des protéines. Les proportions respectives des acides aminés sont modifiées en raison de la plus grande thermorésistance de certains d'entre eux tels que l'alanine, la tyrosine, la leucine, la phénylalanine et la valine. D'autres sont thermosensibles comme l'arginine, la cystéine, la serine, la thréonine, la lysine, la méthionine et l'histidine. Les fractions libres sont également dégradées, plus ou moins rapidement selon les composés. De plus, sous l'effet de la torréfaction, une partie des acides aminés se racémise (fractions libre et liée), pour donner les énantiomères D- (certains de ces énantiomères pouvant avoir des effets toxiques), et ce d'autant plus que la température de torréfaction est élevée (**Casal et al. 2005**). Ainsi pour l'arabica, le taux de racémisation augmente brutalement à partir de 150-160°C, température qui correspond au début réel de la phase dite de torréfaction où les réactions deviennent exothermique

1.2.2 Le contenu glucidique

La torréfaction altère et dégrade les glucides présents initialement dans le café vert, notamment en induisant des réactions de dépolymérisation, de modifications structurales, ou de condensation avec des protéines ou des fragments de protéines. Ainsi, à partir des glycoprotéines, des glucides solubles et de l'holocellulose des grains verts, des monosaccharides sont libérés (galactose, mannose, arabinose, ribose). Le saccharose (ou sucrose) est dégradé à 97 –100% selon le degré de torréfaction (**Vasconcelos et al. 2007**).

Réagissant avec les acides aminés (libres ou liés), les monosaccharides (glucose, fructose, arabinose, galactose) forment des polymères bruns (dont les mélanoidines) et des substances aromatiques via la réaction de Maillard ; des produits de pyrolyse se forment également. Il s'ensuit une diminution de la quantité totale en glucides pouvant atteindre 20-37% selon le degré de torréfaction, si l'on prend en compte la perte en matière sèche observée (environ 8%) (**Oosterveld et al. 2003**).

Des réactions d'hydrolyse entraînent une meilleure solubilisation des polysaccharides dans un premier temps, puis des oligosaccharides sont formés, eux-mêmes transformés ensuite en monosaccharides, puis en produits de dégradation. Toutefois, dans le même temps, une linéarisation de certains polysaccharides (arabinogalactanes et galactomannanes) diminue leur solubilité (**Figure 15**).

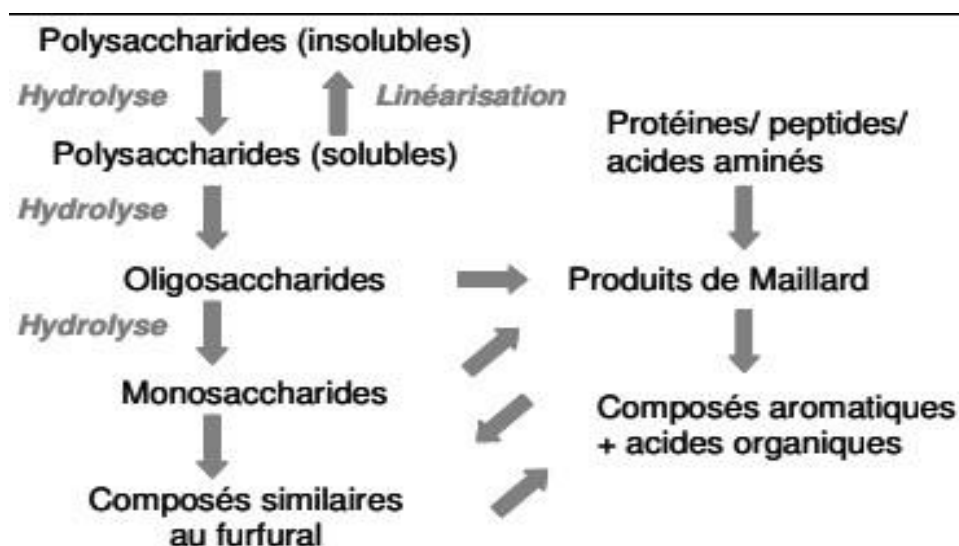


Figure 14: Représentation schématique du devenir des polysaccharides du café au cours de la torréfaction du grain (Oosterveld et al. 2003)

Si certains glucides sont communs aux cafés verts et torréfiés, d'autres diffèrent sensiblement comme indiqué dans le Tableau 06 suivant.

Tableau 06 : Glucides du café vert et du café torréfié (Debry, 1987).

Glucides communs aux cafés verts et torréfiés	Arabane, L-arabinose, cellobiose, cellulose, galactane, D-glucose, acide glucuronique, maltose, D-mannane, D-mannose, raffinose, rhamnose, saccharose, stachyose, xylose, acide quininique
Glucides du café vert absents du café torréfié	Arabinogalactane, acide D-galacturonique, glucogalactomannane, melibiose, amidon, lignine, pectine
Glucides du café torréfié absents du café vert	Fructose, D-galactose, glucane, ribose

La composition de la fraction isolée d'un extrait à l'eau chaude (90°C) de grains fortement torréfiés a permis de mettre en évidence deux polysaccharides : un « mannane » et un arabinogalactane, en proportions 80 et 20% molaire respectivement (Navarini et al. 1999). Le « mannane » est en réalité un arabinogalactomannane, puisqu'il est constitué d'un squelette de β -(1-4)-D-mannane substitué avec des petites quantités de galactose et d'arabinose. En ce qui concerne l'arabinogalactane, son squelette carboné est constitué d'unités β -(1-3)-D-galactopyranoses, substituées pour certaines soit par des β -D-galactoses terminaux, soit par des α -L-arabinofuranoses terminaux, principalement en position C-6, et le rapport molaire arabinose/galactose est estimé à environ 0.20-0.27 (alors qu'il est de l'ordre de 0.72 pour le café vert) (Oosterveld et al. 2003).

Ces résultats montrent que la torréfaction entraîne une linéarisation des arabinogalactanes. De plus on constate qu'il y a en réalité deux groupes d'arabinogalactanes dans le café : l'un de poids moléculaire élevé avec une faible substitution en arabinose, et l'un de faible poids moléculaire avec une plus grande substitution en arabinose (**Oosterveld et al. 2003**). Il apparaît qu'au cours de la torréfaction la composition en polysaccharides du café se modifie, avec un taux de ramification des arabinogalactanes et galactomannanes qui diminue par rapport au café vert (**Nunes et al. 2002a et 2002b**), et une meilleure solubilisation dans l'eau des galactomannanes (**Oosterveld et al. 2003**).

De plus, on constate que le glucose et le mannose sont les sucres les plus stables, alors que le galactose et surtout l'arabinose sont fortement dégradés par la torréfaction (environ 50% de perte pour le galactose, et jusqu'à 66% pour l'arabinose dans le café très torréfié) (**Oosterveld et al. 2003**). Il s'ensuit une augmentation des rapports galactose/arabinose et mannose/galactose au fur et à mesure de la torréfaction.

1.2.3 Le contenu Lipidique

Le café torréfié a une teneur élevée en lipides : 16% (pourcentage en masse) pour l'arabica et 11% pour le robusta. Dans la fraction saponifiable on retrouve la même composition en acides gras libres ou liés que pour le café vert à savoir majoritairement des acides linoléique (C18:2) (40-45%) et palmitique (C16:0) (30-35%). Puis des acides oléique (C18:1) et stéarique (C18:0) (environ 6-10% pour chacun de ces deux acides), suivis des acides arachidique (C14:0) et linoléique (C18:3) (0.6-3.5% chacun), et enfin des acides myristique (C14:0), palmitoléique (C16:1), eicosénoïque (20:1) et béhénique (C22:0) (moins de 1% chacun) (**Martin et al. 2001**).

La torréfaction n'a donc aucun effet sur les acides gras du café. La fraction insaponifiable est riche en diterpènes libres mais surtout estérifiés : famille des kauranes, cafestol et kahweol. Le cafestol et le kahweol sont deux diterpènes spécifiques du café, généralement liés aux triglycérides. Ils constituent environ 10-15% de la fraction lipidique des grains de café torréfiés (**Ratnayake et al. 1993**). La quantité en cafestol et kahweol diminue au cours de la torréfaction des grains, avec environ 15% de pertes observées (**Araujo et Sandi, 2007**) ; ils libèrent leurs dérivés déshydratés les plus volatils.

En ce qui concerne les stérols, la torréfaction est sans effet sur eux. Leur teneur dans le café torréfié peut donc servir à déterminer les proportions de *Coffee arabica* et de *Coffee canephora* robusta dans un mélange de café donné (**Viani, 1993 ; Ogawa et al. 1989 ; Saltor et al. 1989**). Par contre, la torréfaction entraîne une augmentation des teneurs en tocophérols dans le café (en particulier du γ -tocophérol), vraisemblablement due à une libération des isomères présents initialement sous forme liée (**Gonzalez et al. 2001**).

1.2.4 Les composés phénoliques

Le café est très riche en composés phénoliques, en particulier les acides chlorogéniques et leurs produits de dégradation (acides caféique, férulique et coumarique). L'un des isomères de l'acide chlorogénique, l'acide 5-caféoylquinique (5-CQA), en plus d'autres composés (la caféine, la trigonelline ...) sont connus comme des puissants antioxydants (*Vignoli et al., 2014*).

- **Les Acides chlorogéniques**

Les grains de café vert contiennent la plus grande quantité d'ACG, environ 6 à 12 % (*Adriana Farah et al., 2005*). Les acides chlorogéniques sont des esters phénoliques d'acide quinique avec des acides trans-cinnamiques (principalement des acides caféique, férulique et p-coumarique dans les grains de café vert), dont l'acide caféoylquinique constitue la fraction la plus abondante, représentant environ 80% et 76% de l'ACG totale en arabica et robusta, respectivement. Dans les cafés torréfiés, la majorité des ACG sont dégradés (*Perrone et al., 2012*).

- **Les Diterpènes**

Les diterpènes sont décrits comme des alcools pentacycliques en raison de la fusion d'unités d'isoprène pour former un squelette de vingt carbones ; Kahwéol (C₂₀H₂₆O₃) et cafestol (C₂₀H₂₈O₃) sont les deux principaux diterpènes qui ont été isolés des grains de café. la composition des diterpènes de café est d'environ 0,2 à 1,5 % et de 1,3 à 1,9 % dans les grains verts de café robusta et arabica, respectivement (*Araújo et Sandi, 2007*).

- **La Caféine**

La caféine est un alcaloïde au goût amer synthétisée dans certains groupes de plantes supérieures comme le thé et le café. Cet alcaloïde représente moins de 10 % de l'amertume perçue des boissons de café. L'accumulation de caféine dépend fortement du génotype ainsi que de l'environnement dans lequel le café est cultivé (*Benjamin et al., 2017*).

- **La trigonelline**

La trigonelline est l'alcaloïde le plus abondant dans le café, c'est un dérivé de la niacine que l'on trouve également dans les grains de café. Lors de la torréfaction des grains de café, la trigonelline est convertie en niacine et sert de source de vitamine B3 à ses utilisateurs. La trigonelline contribue également au goût amer du café et sert de précurseur à de nombreux produits de torréfaction volatils, tels que les pyrroles et les pyridines (**Benjamin et al., 2017**) se représenter dans la figure :

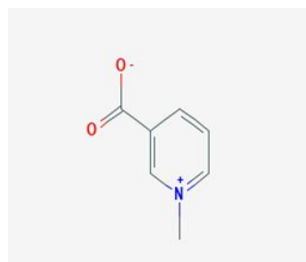


Figure 15 : Structure de la trigonelline.

1.2.5 Vitamines et minéraux

Les teneurs en plusieurs éléments minéraux ont été déterminées dans différents cafés, après une étape de minéralisation suivie d'une analyse par spectrométrie d'émission atomique avec torche à plasma (**Martin et al. 1999**). Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 07

Tableau 07 : Teneurs en éléments majeurs et mineurs dans divers types de cafés (Martin et al. 1999 ; Dos Santos et al. 2001 ; Krejcova et Cernohorsky, 2003)

Eléments	Cafés torréfiés		Cafés instantanés
	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>	Cafés instantanés
Majeurs	Teneurs (% en masse par rapport à la matière sèche)		
K	1.27-1.49	1.39-1.54	3.25-4.76
Mg	0.173-0.194	0.146-0.182	0.212-0.415
Na	0.0011-0.0033	0.0007-0.0033	0.029-0.666
P	0.124-0.144	0.158-0.196	0.223-0.410
Ca	0.088-0.011	0.087-0.013	0.106-0.189
Mineurs	Teneurs (mg.kg⁻¹ de matière sèche)		
Zn	5-37	5-32	3-15
Mn	13-45	12-20	4-39
Fe	40-60	50-73	14-451
Cu	11-18	13-17	0.5-2.3
Sr	1-8	4-8	Non déterminé
Ba	3-10	1-8	Non déterminé
S	Non déterminé	Non déterminé	0.148-0.206
Al	Non déterminé	Non déterminé	Non détecté – 233
Sn	Non déterminé	Non déterminé	6.4-11.6
Cr	Non déterminé	Non déterminé	Non détecté – 0.5
B	7-18	7-18	13-21

- **Les vitamines**

Une tasse de café contient 400 à 1200 mg de vitamine B3, et en moyenne 2 mg de vitamine B2, 80 mg de B5 et 0,6 mg de B6. Les vitamines B1 et C sont dégradées lors de la torréfaction (Nehlig, 2014).

1.2.6 Autre compostant

- **Composés aromatiques volatiles**

Les composés aromatiques sont très complexes et contribuent grandement à la saveur unique du café. Les profils aromatiques volatils du café torréfié dépendent des espèces de café, des variétés, des régions d'origine, ainsi que des conditions temps-température utilisées pendant la torréfaction. Plus de 850 composés volatiles ont été identifiés dans le café torréfié, et 28 d'entre eux contribuent de façon importante à l'arôme du café. L'un des odorants les plus importants dans le café torréfié est le FFT, qui est le composé aromatique primaire qui contribue à l'odeur de torréfaction et de type sulfureux (Wang et Lim, 2015).

2. Réaction de Maillard

Les réactions de MAILLARD, ou brunissement non enzymatique, se produisent au cours de traitements thermiques ou durant la conservation prolongée des aliments. La réaction de Maillard est l'ensemble des interactions résultant de la réaction initiale entre un sucre réducteur et un groupement aminé (Machiels & Istasse, 2002). Ces réactions ont une importance considérable dans l'industrie alimentaire, car elles sont responsables de la formation de pigments bruns et des modifications de l'arôme et de la saveur des aliments. C'est l'interaction sous l'effet de la chaleur, entre le sucre et les acides contenus naturellement dans le café qui va amener une caramélisation. Cette caramélisation se caractérise par le changement de la pigmentation/couleur et a pour effet de donner au café tous ses arômes (Horowitz, 2011).

La réaction de Maillard, comporte deux grandes étapes (**figure 16**): (1) la synthèse de composés carbonyles très réactifs (tels que les furfurals), (2) la formation de polymères bruns (mélanoidines) et de composés très volatils et odorants. Elle a lieu initialement par l'addition nucléophile d'une fonction amine libre (acide aminé, protéine, peptide) sur une fonction carbonyle d'un sucre réducteur (ou autre composé à fonction carbonyle libre) pour donner, après isomérisation, une base de Schiff et un produit d'Amadori (Bailey et al., 2000).

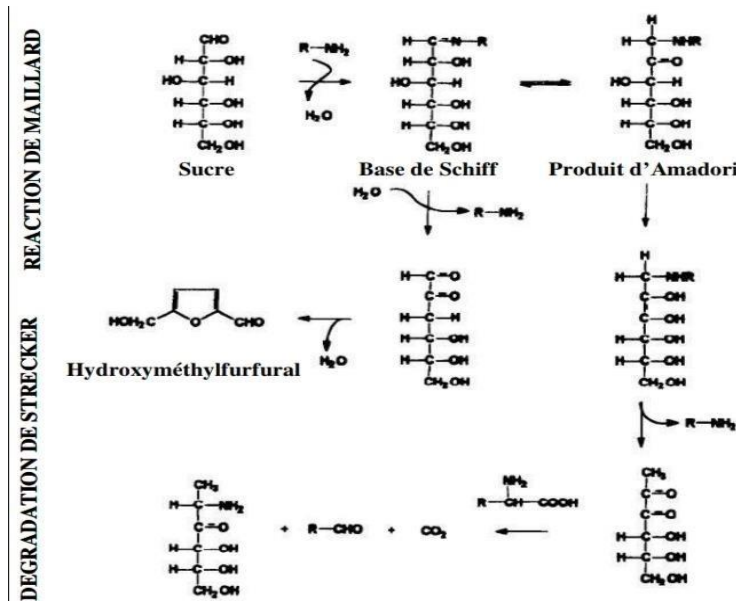


Figure 16: Représentation des réactions chimiques se produisant lors de la torréfaction (réaction de Maillard et dégradation de Strecker) [Martin et al. (1996)].

2.1. Produits issue de la reaction de Maillard

Acrylamide

L'acrylamide ou 2-propénamide est un composé vinylique transparent, inodore et soluble dans l'eau pouvant facilement s'assembler en polymères (polyacrylamide) et qui est largement utilisé en génie chimique (Besaratina et Pfeifer, 2007). L'ACR est une molécule produite lors de la cuisson à haute température des aliments. Il est également connu sous les noms d'amide acrylique, d'amide de vinyle et d'ACR monomère (figure 17) (Friedman, 2003).



Figure 17: Structure chimique de l'acrylamide.

2.2. Formation de l'ACR dans les aliments par la réaction de Maillard

L'ACR est formé essentiellement dans les aliments riches en amidon, cuits à haute température, lors de la Réaction de Maillard. Les premiers travaux visant à déterminer l'origine de la formation de l'ACR dans les aliments furent réalisés par des laboratoires indépendants dans différents pays. Ils établirent que l'asparagine était à la base de la formation de l'ACR (Klein, 2007). Cette réaction débute par la condensation du glucose (glucide réducteur) avec l'acide aminé asparagine (Klein, 2007). La réaction de Maillard comprend de nombreuses étapes, mais peut être résumée de la façon suivante (Figure 18) :

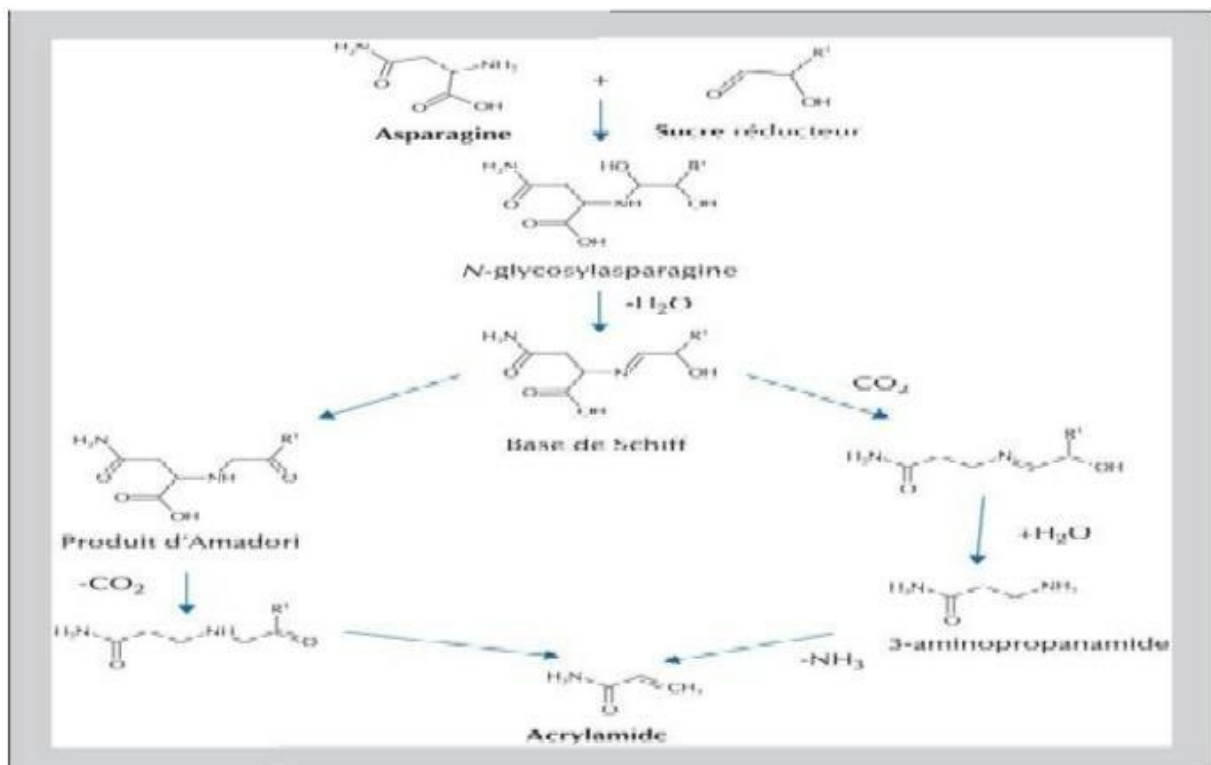


Figure 18: La formation de l'ACR dans les aliments à partir de l'asparagine et du glucose par la réaction de Maillard (Klein, 2007).

- **Les Mélanoïdines**

Les mélanoïdines sont des composés polymériques hétérogènes bruns formés au stade final de la réaction de Maillard. La structure chimique des mélanoïdines de café est extrêmement complexe et est encore largement inconnue. Cependant, il a été suggéré que les mélanoïdines de café contiennent des fragments de protéines et que les ACG soient incorporés dans les sousunités de protéines. De plus, les polysaccharides ou les fragments de

polysaccharides jouent probablement aussi un rôle dans la formation de la mélanoidine (*Wang et Lim, 2015 ; Bekedam, 2008*).

3. Torréfaction

1.1 Torréfaction du café

3.1.1 Définition

La torréfaction est un procédé qui consiste à traiter les grains de café vert par la chaleur sèche à des températures supérieures à 180-200 °C, tout en permettant au café d'acquérir l'essentiel de ses propriétés goût, arôme et couleur, par le biais de la réaction de Maillard (*Fujioka., Shibamoto, 2008*). Cette technique permet donc d'accroître progressivement la température dans les torréfacteurs, par chauffage direct, chauffage indirect ou fluidisation dans un courant d'air chaud (*Michelle et al., 2003*).

3.1.2 Les grandes Étapes de la torréfaction

- Le choc thermique

Lorsqu'on plonge les grains de café verts dans le torréfacteur, la chaleur à l'intérieur du four est comprise entre 180 et 200°C. Les grains étant à température ambiante (environ 20°C), cela provoque un « choc thermique ». Ces derniers refroidissent le tambour et font ainsi tomber la température du four autour de 80-90°C.



Figure 19 : choc thermique des grains de café vert

- La dessiccation

La dessiccation est un procédé qui consiste à éliminer l'eau présente dans les grains de café. A partir de l'étape précédente, le transfert de chaleur s'inverse. Le café commence alors à emmagasiner de la chaleur et l'eau qu'il contient s'évapore (**Figure 20**).



Figure 20 : Séchage des grains de café vert.

- La montée en température

La dessiccation et la cuisson du café suivent leur cours lorsque les premiers effets de la « réaction de Maillard » se produisent : les grains de café commencent à brunir et des arômes apparaissent.

- La caramélisation

Lorsque la température atteint les 170°C, la caramélisation commence. Entre 180 et 200°C on atteint ce qu'on appelle « le maximum aromatique » : les arômes sont dégagés au maximum, les sucres se dégradent, le grain brunit jusqu'à atteindre une teinte brun foncé et la pellicule qui recouvre les grains commence à se désolidariser. C'est l'annonce du premier crack.

- Le premier crack

Le premier crack intervient aux alentours de 205°C (**figure 21**). Les grains de café perdent toute leur eau et le processus de dessiccation est terminé. A la façon d'un pop-corn, les grains de café explosent jusqu'à atteindre le double de leur taille initiale. Ils se désolidarisent complètement de la pellicule qui les recouvrait et leur sillon central s'élargit.



Figure 21 : Formation des cracks dans les grains de café vert à partir de 205°C.

- Le développement

Cette étape, également appelée « le cœur de cuisson » est une phase cruciale pour le Maître Torréfacteur. En moins de 3 minutes, les grains vont brunir de plus en plus, se bomber, s'ouvrir en leur milieu et faire remonter les huiles vers la surface. Ces huiles détiennent l'acidité, les arômes, l'amertume et le corps du futur café. Le Maître Torréfacteur doit donc décider à quel moment sortir le café du tambour (**Figure 22**).



Figure 22 : Le processus de cuisson des grains de café vert à l'intérieur du tambour.

- Le second crack

Il se produit vers 225°C. Les grains de café, complètement secs mais gorgés d'huiles, voient leur pression interne continuer à augmenter à cause de la chauffe des huiles. En se libérant, les huiles viennent alors brûler à la surface. Cette étape n'est pas obligatoire. A partir du premier crack, le Maître Torréfacteur choisit quand sortir les grains en fonction des saveurs désirées. Plus le café est torréfié longtemps, plus il sera amer, moins il sera torréfié, plus il sera acide.

- Le refroidissement

Maintenant que le café est prêt, il faut le refroidir rapidement (entre 3 et 5 minutes). Si les grains de café ne reviennent pas à température ambiante rapidement ils continueront leur cuisson et pourront perdre de leur saveur. Pour faire refroidir le café, les grains sont positionnés dans un réservoir où l'air chaud est aspiré.



Figure 23 : Refroidissement du grain du café torréfié.

4 Le rôle de la torréfaction dans la transformation du café

Cette méthode permet de développer l'arôme du café par les réactions de Maillard. Au cours de cette transformation, l'intensité et le degré de torréfaction varient. En effet, plus la torréfaction est courte, plus le café est acide et, plus la torréfaction est longue, plus le café gagne en douceur. Parmi les différentes méthodes de torréfaction du café, la méthode traditionnelle favorise le plus la formation de l'acrylamide par les réactions de Maillard (Stadler, 2006).

5 Les réactions chimiques du café durant la torréfaction

Sous l'effet de la chaleur, certaines composantes disparaissent tandis que d'autres se combinent. Cette transformation chimique en chaîne a été découverte par deux chimistes Maillard et Strecker.

- **La réaction de Maillard**

La réaction de Maillard est l'ensemble des interactions résultant de la réaction initiale entre un sucre réducteur et un groupement aminé sous l'effet de la chaleur, qui va amener une caramélisation. Cette caramélisation se caractérise par le changement de la pigmentation et a pour effet de donner au café tous ses arômes. Elle peut aussi donner naissance à des composés cancérigènes et réduire la valeur nutritionnelle des aliments en dégradant des acides aminés essentiels et le saccharose. La température, le temps, la teneur en eau ainsi que la concentration et la nature des précurseurs influencent cette réaction (Machiels D., Istasse L. 2002).

On peut subdiviser la réaction de Maillard en trois étapes principales (figure 24). Nous obtenons alors une imine, appelée base de Schiff qui va ensuite se réarranger en cétosamine ou aldosome (en fonction du type de sucre : cétose ou aldose) grâce à la transformation d'Amadori (pour la cétosamine) ou de Heyns (pour l'aldosome). Il s'ensuit divers processus

d'énolisation ou de déshydratation qui vont notamment permettre d'obtenir des réductions qui sont essentielles pour assurer la dégradation oxydative de l'acide aminé. Cette dégradation dite de Strecker donne de nombreux composés (notamment des aldéhydes aux propriétés aromatiques, hétérocycles...) qui vont polymériser en produits colorés : les mélanoidines (figure 24).

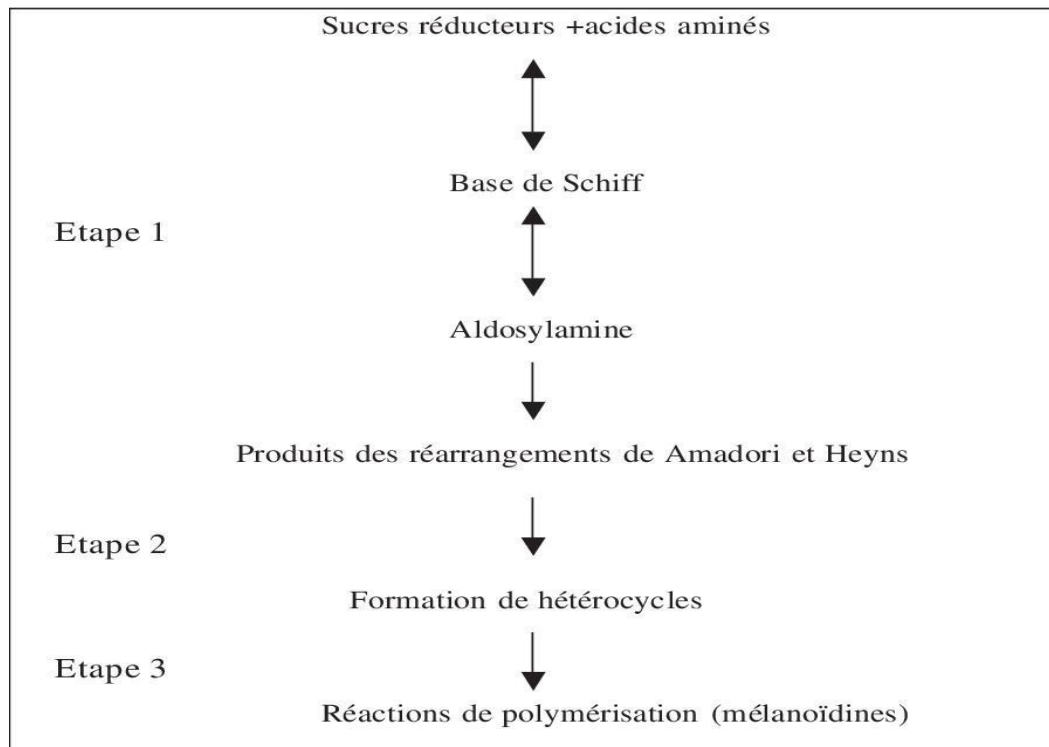


Figure 24 : Principales étapes de la réaction de Maillard (Machiels D. et Istasse L., 2002)

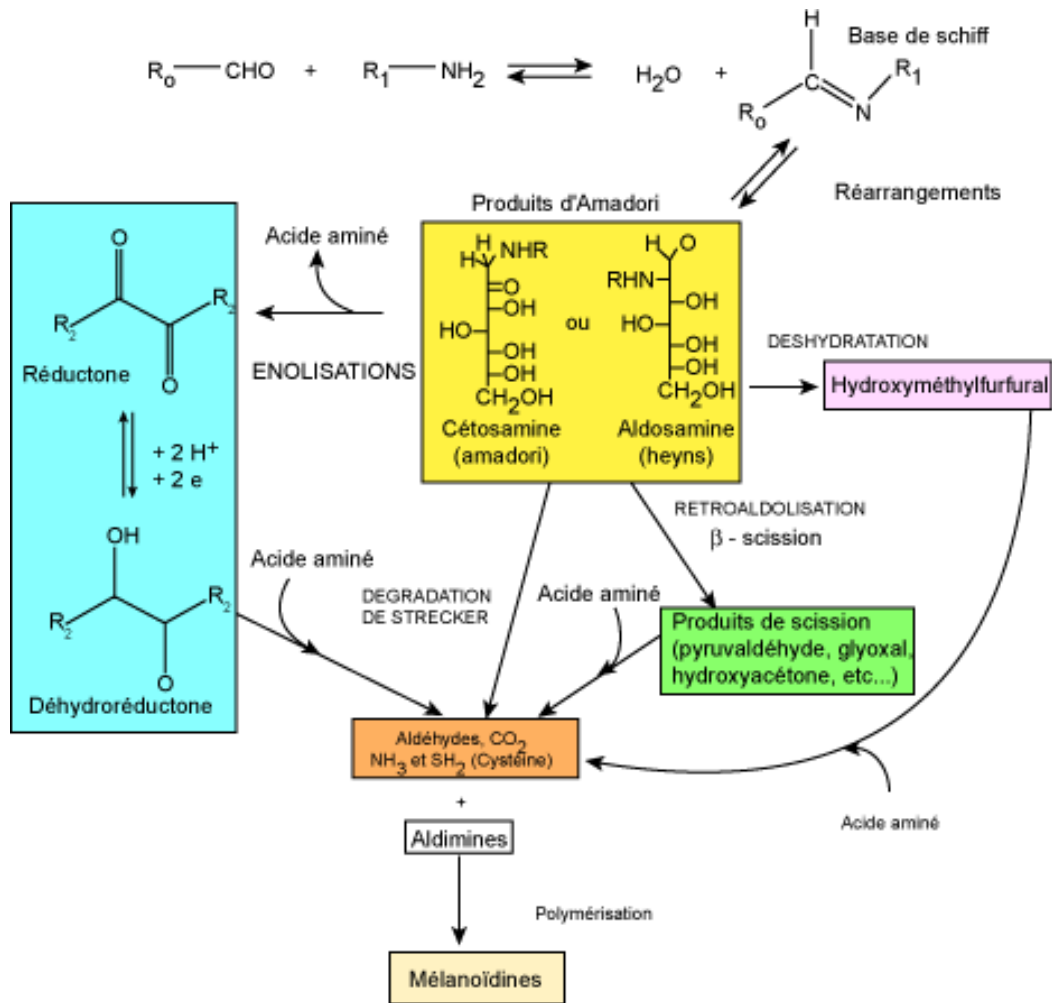


Figure 25 : Schéma général de la réaction de Maillard (bouquelet S., 2016).

DEUXIEME PARTIE
PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 03
Matériels et méthodes

1. Objectif

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de Biochimie au sein du département de Biologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Guelma 08 Mai 1945. Ce travail porte sur l'analyse de conformité du taux de sucres non réducteurs (saccharose) présent dans différentes marques de café qui sont commercialisés localement. Cette étude comparative repose sur le décret exécutif n° 17-99 fixant les caractéristiques du café ainsi que les conditions et les modalités de sa mise à la consommation

2. Procédure de sélection des différentes marques de café moulu

Pour mesurer la concentration de saccharose dans des échantillons de différentes marques de café moulu, la première étape consiste à collecter les échantillons de café de différentes marques commercialisé localement dans la wilaya de Guelma. Cette étape a été réalisée de manière suivante :

- Sélection des échantillons de café moulu : Identifiez les différentes marques de café moulu commercialisé localement (fabriqué localement ou importé) et qui seront inclus dans cette étude.
- Acquisition des échantillons : Obtenir les différents échantillons de café moulu vendu dans les commerces.
- Numérotation des échantillons : Au lieu d'utiliser les noms de marques réelles, il a été attribué un numéro unique à chaque échantillon. Par exemple des codes alphanumériques ont été affectés à chaque marque de café pour identifier les échantillons.
- Préparation des échantillons : Avant de procéder à l'analyse, prélevez une quantité précise de chaque échantillon en utilisant une balance précise. Il est indispensable de prendre la même quantité d'échantillon pour chaque marque afin de maintenir la cohérence dans les analyses ultérieures.

3. Détermination de la teneur en sucres totaux

3.1. Dosage des sucres par colorimétrie

3.1.1. Principe

Un dosage colorimétrique est possible lorsqu'une réaction chimique donne des produits colorés et que l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration de l'élément à doser. Les dosages colorimétriques s'appuient sur la loi de Beer – Lambert. La loi de Beer – Lambert est généralement exprimée en fonction de l'absorbance (A), appelée également densité optique (DO) : $A = \epsilon \cdot d \cdot C$ avec ϵ , le coefficient d'extinction moléculaire ($\text{l.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$) ; d,

la longueur parcourue par le rayonnement lumineux, c'est-à-dire la longueur de la cuve (cm) et C, la concentration de la solution (mol.l-1).

3.2. Dosage des sucres totaux selon la méthode de Dubois

3.2.1. Principe

Pour la détermination de la teneur en sucres totaux présents dans les extraits, le dosage est effectué selon les méthodes de **Dubois et al. (1956)**. le principe de cette méthode repose sur la réaction suivante : l'acide sulfurique concentré provoque, à chaud, le départ de plusieurs molécules d'eau à partir des oses. Cette déshydratation s'accompagne par la formation d'un hydroxy méthylfurfural (HMF) dans le cas d'hexose et d'un furfural dans le cas d'un pentose. Ces composés se condensent avec le phénol pour donner un produit de coloration jaune orangée stable pendant plusieurs heures, le maximum d'absorption se situe à 490 nm pour les hexoses et à 480 nm pour les pentoses. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des oses [1] [2].

3.2.2. Réactifs

- Phénol 5 % dans l'eau distillée.
- Acide sulfurique concentré à 95% de pureté et de densité $d = 1,84$

3.2.3. Mode opératoire

Pour solubiliser les sucre totaux adsorbé aux grains de café moulu pesé 3g de café de chaque marque est additionné 100 ml d'eau distillée préalablement chauffée à une T de 92°C pendant 15 ou 20 min. Après avoir laissé le mélange refroidir, procédez à la filtration des différents mélanges sur papier wattman et récupérez le filtrat. 1 ml d'extrait de chaque marque est ajouté à 1 ml de phénol à 5% puis 5 ml d'acide sulfurique concentré. L'ajout d'acide sulfurique doit se faire très rapidement, puisque la réaction qui se produit entre le phénol et l'acide sulfurique est quasi instantanée. Idéalement l'ajout de l'acide sulfurique dans chaque tube devrait se faire au même temps. Après agitation les échantillons sont mis dans un bain marie pendant 30 minutes à une température de 26 à 30 C°. Par la suite la densité optique est mesurée à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Les valeurs obtenues sont traduites en concentrations de glucose par référence à une courbe d'étalonnage préalablement établies. Toutes les solutions sont préparées en triplicata pour minimiser les erreurs de manipulations.

3.2.4. Elaboration de la courbe d'étalonnage

La teneur en hexose est exprimée par rapport à une droite étalon élaboré à partir du sucre glucose. Cette courbe représente les absorbances en fonction de la concentration croissante en sucre en μg . Pour cela, il faut préparer une solution étalon à 10 mmol.L-1 (M glucose = 180,16

g.mol⁻¹), soit 1 g/l. Dans des tubes à essais préparé à partir de cette solution étalon une gamme d'étalonnage contenant de 0 à 10 µmol d'hexose selon le protocole décrit dans la partie mode opératoire. Tracer la courbe.

3.3. Dosage des sucres non réducteurs (le saccharose) par la méthode DNS

Le DNS (3,5-dinitrosalicylate de sodium) est un réactif couramment utilisé pour détecter la présence de sucres réducteurs, tels que le glucose et le fructose, dans une solution (Miller, 1959). La quantité de sucres non réducteurs, telle que la teneur en saccharose (%), a été mesurée en soustrayant la teneur en sucres réducteurs de la teneur totale en sucres, exprimée par l'équation suivante : % Saccharose = Teneur totale en sucre – Sucre réducteur.

3.3.1. Principe

Les sucres réducteurs ont été estimés selon la méthode de **Bernfeld (1955)** en utilisant l'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNS). Cette méthode a été adaptée pour cette étude afin d'obtenir des mesures précises de la concentration des sucres réducteurs présents dans les échantillons. Cette méthode permet de doser les sucres réducteurs par colorimétrie en quantifiant le résultat de la réduction de l'acide dinitro-3,5-salicylique (DNS) par les sucres en acide 3-amino-5-nitrosalicylique, représenté à la **figure 1**. C'est une réaction d'oxydo-réduction non stœchiométrique (il n'y a pas de bilan d'oxydoréduction). Dans cette réaction, la fonction aldéhyde du sucre libre (réducteur) est transformée en fonction carboxylique par le DNS (oxydant). L'absorbance du DNS oxydé est lue à 546 nm. L'intensité de la coloration rouge est proportionnelle à la concentration de l'ose si l'on opère dans des conditions physico-chimiques constantes

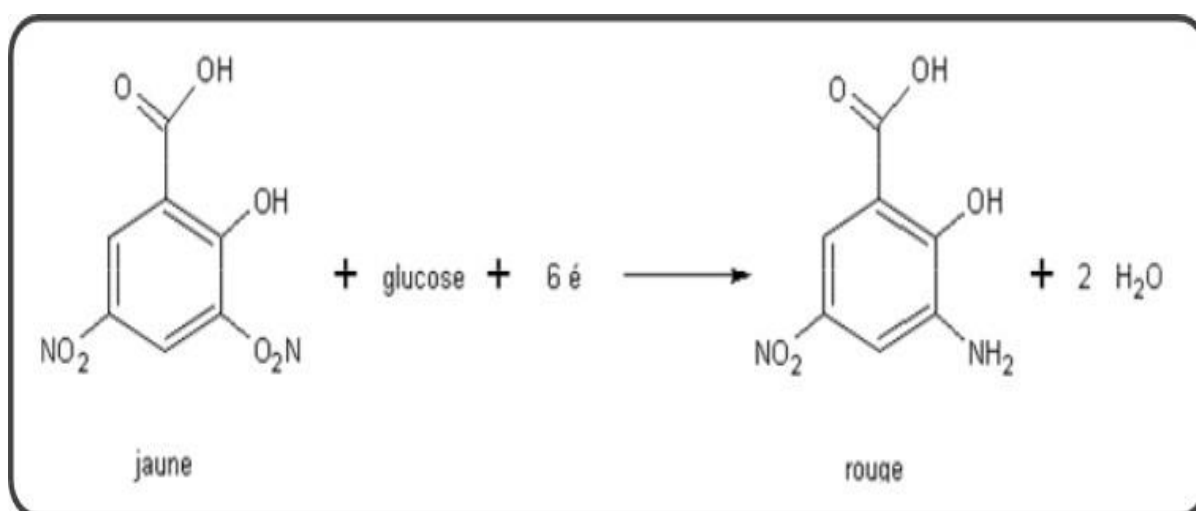


Figure 26 : Equation de la réaction de l'acide DNS avec le glucose. Réaction de réduction de l'acide 3,5-dinitrosalicylique en acide 3-amino-5-nitrosalicylique (aussi appelé acide 3-amino-2-hydroxy-5-nitrobenzoïque). L'acide 3-amino-5-nitrosalicylique est un composé rouge.

3.3.2. Préparation de la solution DNS

- Solution de DNS (pour 100 ml) :
- 1g d'acide 3,5-dinitrosalicylique.
- 20mL de solution de NaOH 2M : Masse molaire : 39,997 g/mol.
- 30g de tartrate de sodium-potassium tetrahydraté : $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
- Eau distillée q.s.p. 100m.

3.3.3. Mode opératoire

Mettre 5ml de d'extrait de filtrat, de chaque marque de café moulu, dans un tube à essai. Agiter et porter à ébullition pendant 2min. Réaliser ensuite le test suivant pour chaque marque de café moulu. Dans un tube mettre 1,5 ml de l'échantillon de café, ajouter 1 ml de réactif 3-5 DNS. Mélanger et boucher les tubes avec du coton cardé et du papier aluminium. Porter au bain-marie à 100 °C pendant 5 min exactement. Refroidir et ajouter 7,5 ml (q.s.p. 10 ml) d'eau distillée dans chaque tube. Homogénéiser et laisser reposer pendant 15 min. Mesurez l'absorbance de la solution à une longueur d'onde de 540 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. L'absorbance est proportionnelle à la concentration de sucres réducteurs (glucose et fructose) présents dans la solution. Générer une courbe d'étalonnage pour corrélérer l'absorbance à la concentration de saccharose.

3.3.4. Elaboration de la courbe d'étalonnage

Pour traduire les valeurs d'absorbance en concentration de sucres réducteurs (exprimée en g/L), il faut utiliser une courbe de calibrage. Celle-ci se prépare avec une solution de glucose. Pour cela, il faut préparer une solution étalon à $0,005 \text{ mol.L}^{-1}$ (M glucose = $180,16 \text{ g.mol}^{-1}$), soit 1 g/l. Dans des tubes à essais préparé à partir de cette solution étalon une gamme d'étalonnage contenant de 0 à 10 μmol d'hexose selon le protocole décrit ci-dessous. Dans une série de tubes :

- Introduire 0 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,9 - 1,2 ml de solution de glucose à $0,005 \text{ mol/L}$;
- Ajuster chaque tube à 1,5 ml avec de l'eau distillée ;
- Ajouter 1 ml de réactif 3-5 DNS ;
- Mélanger et boucher les tubes avec du coton cardé et du papier aluminium ;
- porter au bain marie à 100 °C pendant 5 min exactement ;
- Refroidir et ajouter 7,5 ml (q.s.p. 10 ml) d'eau distillée dans chaque tube (on suppose que l'évaporation est la même pour chaque tube), homogénéiser et laisser reposer pendant 15 min.
- Lire les absorbances à 540 nm contre le blanc (tube n° 0).

4. Analyse statistique

Tous les tests ont été effectués en triplet. Les moyennes et les écarts types sont calculés avec Excel de Microsoft Office 2013. Une analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA) est réalisée sur les données de la détermination des sucres totaux et des sucres réducteurs. Les valeurs sont considérées significativement différentes pour une valeur de probabilité ($P < 0,05$)

Chapitre 04
Résultats et discussion

1. Dosage des sucres totaux

Les données fournies dans le **tableau 1** (voir annexe) ont permis d'analyser la variation de la moyenne et de l'écart type des absorbances des sucres totaux en fonction des différentes marques de café. Voici quelques éléments clés à considérer :

La moyenne varie de manière significative entre les marques de café (**figure 27**). Les valeurs vont de 0,609 à 1,927. La marque de café TYPE 5 présente la moyenne la plus élevée (1,927), tandis que la marque de café TYPE 16 présente la moyenne la plus basse (0,609). Les autres marques présentent des moyennes d'absorbances différentes et peuvent être classées en fonction de leur magnitude.

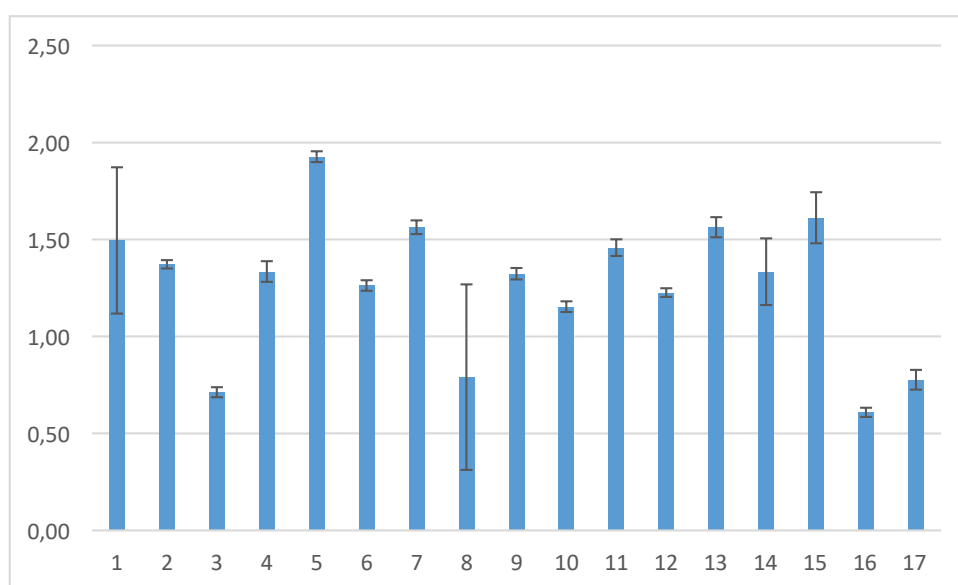


Figure 27 : Distribution des moyennes et écarts-types des analyses des sucres totaux pour différentes marques de café.

La droite d'ajustement appelée aussi courbe d'étalonnage sur laquelle repose l'évaluation des concentrations indique que la régression est linéaire $Y = 0,975 X$ avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,99$ (**figure 28**). Sur la base de cette droite les concentrations calculés et correspondant à ces deux marques sont respectivement 6,58 g/l et 2,07 g/l (en tenant compte des facteurs de dilution). Ces concentrations équivalent à 2,19 % et 0,69 % de matière sèche. Ces valeurs demeurent inférieures à ceux rapporté dans la bibliographie. Les glucides représentent environ 48-60% de la matière sèche du café vert. *Coffea arabica* en est généralement un peu plus riche que *Coffea canephora*. Ils sont constitués de glucides solubles cytoplasmiques (monosaccharides, oligosaccharides et polysaccharides) et de glucides insolubles constitutifs des parois végétales (hémicellulose et holocellulose). Ainsi, la composition en glucides soluble (monosaccharide, oligosaccharides et polysaccharides) des

grains de café vert, pour les deux espèces *Coffea arabica* et *Coffea canephora*, sont respectivement 9.2-13.5 et 6.2-11.9 en % de matière sèche. Pour les glucides insolubles il représente 46 – 53 et 34 - 44 en % de matière sèche (**Houessou, 2007**). Cette différence entre les données enregistré dans notre étude et celles rapportés dans les références bibliographiques pourraient être attribuées aux origines et aux espèces des échantillons utilisés et aux différentes méthodes d'analyse et d'extraction (**Aissani et Derouiche, 2016**) puisque la majorité des sucres présents dans notre café sont insolubles dans l'eau chaud.

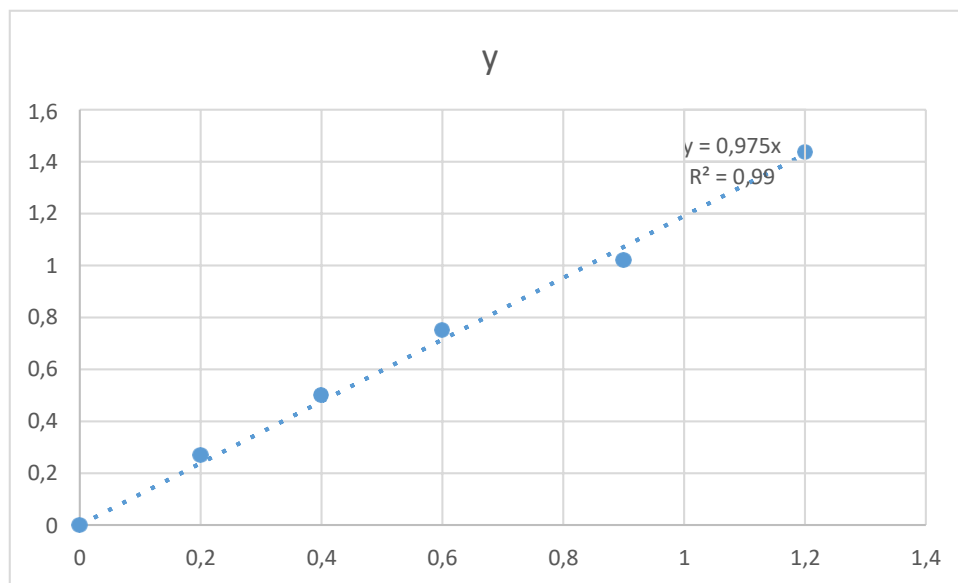


Figure 28 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres totaux selon la méthode de Dubois.

Pour l'écart type qui représente la dispersion des données autour de la moyenne. Il varie également de manière significative entre les différentes valeurs d'absorbances des marques de café. Les valeurs vont de 0,022 à 0,478. La marque TYPE 8 présente l'écart type le plus élevé (0,478), tandis que la marque TYPE 2 présente l'écart type le plus bas (0,022). Les autres marques présentent des écarts types différents et peuvent être classées en fonction de leur magnitude.

Ces résultats indiquent qu'il y a une variation significative à la fois dans la moyenne et dans l'écart type de concentration de sucres totaux entre les différentes marques de café. Cependant, pour confirmer ces conclusions, il est recommandé de réaliser une analyse statistique plus approfondie, telle qu'une analyse de variance (ANOVA).

L'analyse de variance (ANOVA) est utilisée pour évaluer si les moyennes des différents groupes diffèrent de manière significative. En analysant l'ANOVA, voici les résultats obtenus

(tableau 08) : Le test F est utilisé pour évaluer si la variation entre les groupes est statistiquement significative. Le résultat F est de 15,14336685, avec une probabilité (p-value) très faible de $4,96526E^{-11}$ (inférieure au seuil de significativité fixé à 0,05). Cela indique qu'il y a une différence significative entre au moins certaines des moyennes des groupes. Il convient de noter que la valeur critique pour F correspond à la probabilité de rejeter l'hypothèse nulle (les moyennes des groupes sont égales) lorsque celle-ci est vraie. La valeur critique pour F avec un niveau de confiance de 95% est de 1,951565816. Étant donné que la valeur F calculée est bien supérieure à la valeur critique, nous pouvons conclure qu'il y a une différence significative entre les moyennes des groupes. En revanche, les informations fournies ne permettent pas d'effectuer des comparaisons spécifiques entre les groupes ni d'identifier quels groupes présentent des différences significatives.

Tableau 8 : Analyse de variance des valeurs de sucres totaux selon les différentes marques de café.

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
TYPE 1	3	4,486	1,49533333	0,14218533
TYPE 2	3	4,116	1,372	0,000489
TYPE 3	3	2,139	0,713	0,000673
TYPE 4	3	4,005	1,335	0,002833
TYPE 5	3	5,781	1,927	0,000796
TYPE 6	3	3,789	1,263	0,000739
TYPE 7	3	4,689	1,563	0,001261
TYPE 8	3	2,37	0,79	0,228603
TYPE 9	3	3,972	1,324	0,000877
TYPE 10	3	3,462	1,154	0,000733
TYPE 11	3	4,374	1,458	0,001828
TYPE 12	3	3,678	1,226	0,000496
TYPE 13	3	4,689	1,563	0,002701
TYPE 14	3	4,002	1,334	0,029644
TYPE 15	3	4,836	1,612	0,017341
TYPE 16	3	1,827	0,609	0,000553
TYPE 17	3	2,332	0,77733333	0,00258533

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	6,19043259	16	0,38690204	15,1433669	$4,9653E^{-11}$	1,95156582
A l'intérieur des groupes	0,86867533	34	0,02554927			

Total	7,05910792	50
-------	------------	----

2. Dosage des sucres réducteurs

Pour analyser le **tableau 2** (annexe) avec les moyennes et les écarts types du taux de sucre réducteurs de différentes marques de café, examinons les principales caractéristiques et observations :

La marque de café "Type 15" présente la moyenne la plus élevée, tandis que la marque "Type 16" a la moyenne la plus basse. Les autres marques de café ont des moyennes intermédiaires. Les écarts types varient de 0,015394804 à 0,230651252. La marque de café "Type 5" présente l'écart type le plus élevé, indiquant une plus grande dispersion des valeurs autour de la moyenne. Les marques "Type 7", "Type 11", "Type 14" et "Type 15" ont également des écarts types relativement élevés. Les autres marques de café ont des écarts types plus faibles, indiquant une dispersion moins prononcée des valeurs autour de la moyenne. Les moyennes varient de 0,649 à 1,523666667. Sur la base de l'équation de régression linéaire qui est donné par la formule suivante : $Y = 0.1883 X - 0.0087$, les concentrations sont respectivement 2.29 g/L et 5.18 g/L. Ces concentrations sont équivalentes à 0,76 % et 1,72 % de matière sèche.

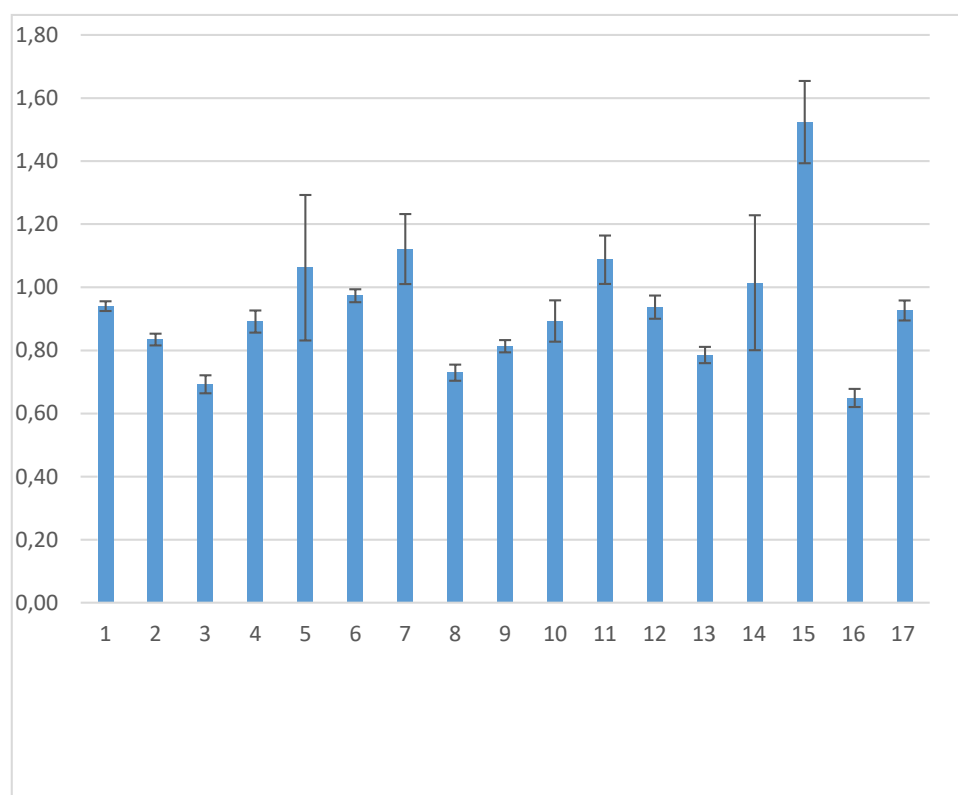


Figure 29 : Distribution des moyennes et écarts-types des analyses de sucres réducteurs pour différentes marques de café.

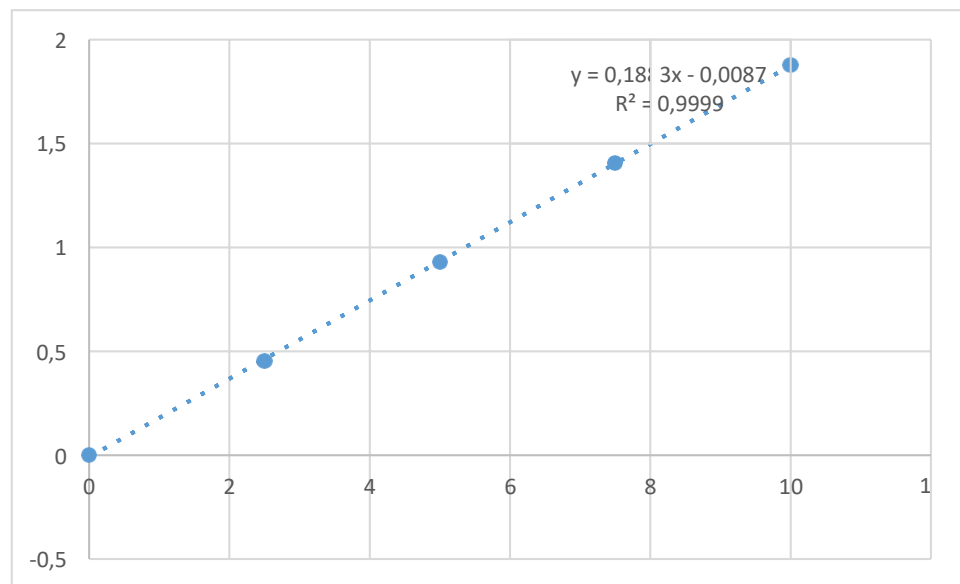


Figure 30 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres réducteurs selon la méthode DNS.

L'analyse d'ANOVA fournie présente les résultats suivants (**tableau 9**) : La valeur de F calculée est de 29,3647608. Cela suggère qu'il y a une différence significative entre les moyennes des groupes. La probabilité associée au test F est très faible ($2,725E^{-15}$), ce qui renforce l'indication d'une différence significative entre les groupes. La valeur critique pour F est de 1,95156582. Cela signifie que si la valeur calculée de F est supérieure à cette valeur critique, on peut rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les moyennes des groupes sont égales. En conclusion, l'analyse d'anova indique qu'il y a une différence significative entre les moyennes des groupes de marques de café en ce qui concerne la concentration des sucres réducteurs. Cela suggère que les différentes marques de café ont des niveaux de concentration de sucre significativement différents les uns des autres.

Tableau 9 : Analyse de variance des valeurs des sucres réducteurs selon les différentes marques de café.

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Type 1	3	3,564	1,188	0,064372
Type 2	3	3,225	1,075	0,005439
Type 3	3	2,19	0,73	0,000804
Type 4	3	3,768	1,256	0,000556
Type 5	3	5,728	1,90933333	0,01235033
Type 6	3	3,312	1,104	0,000403
Type 7	3	4,023	1,341	0,001677
Type 8	3	2,775	0,925	0,000676
Type 9	3	2,718	0,906	0,000373

Type 10	3	3,831	1,277	0,003136
Type 11	3	5,242	1,747333333	0,00178233
Type 12	3	3,084	1,028	0,006301
Type 13	3	3,276	1,092	0,028848
Type 14	3	3,996	1,332	0,039892
Type 15	3	5,01	1,67	0,000847
Type 16	3	2,316	0,772	0,000567
Type 17	3	3,045	1,015	0,020475

ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	5,20961718	16	0,32560107	29,3647608	2,725E ⁻¹⁵	1,95156582
A l'intérieur des groupes	0,37699733	34	0,01108816			
Total	5,58661451	50				

3. Évaluation du taux de saccharose et conformité à la réglementation en vigueur

Le saccharose, un disaccharide couramment présent dans les produits alimentaires joue un rôle essentiel dans le goût et la qualité des cafés. Les sucres totaux et les sucres réducteurs ont été mesurés pour chaque échantillon, puis le pourcentage de matière sèche en saccharose a été calculé en soustrayant les sucres réducteurs des sucres totaux. Les données obtenues ont été compilées dans le **tableau 3** (annexe). Ce tableau a été utilisé pour générer une figure graphique représentant les pourcentages de matière sèche en saccharose dans différentes marques de café.

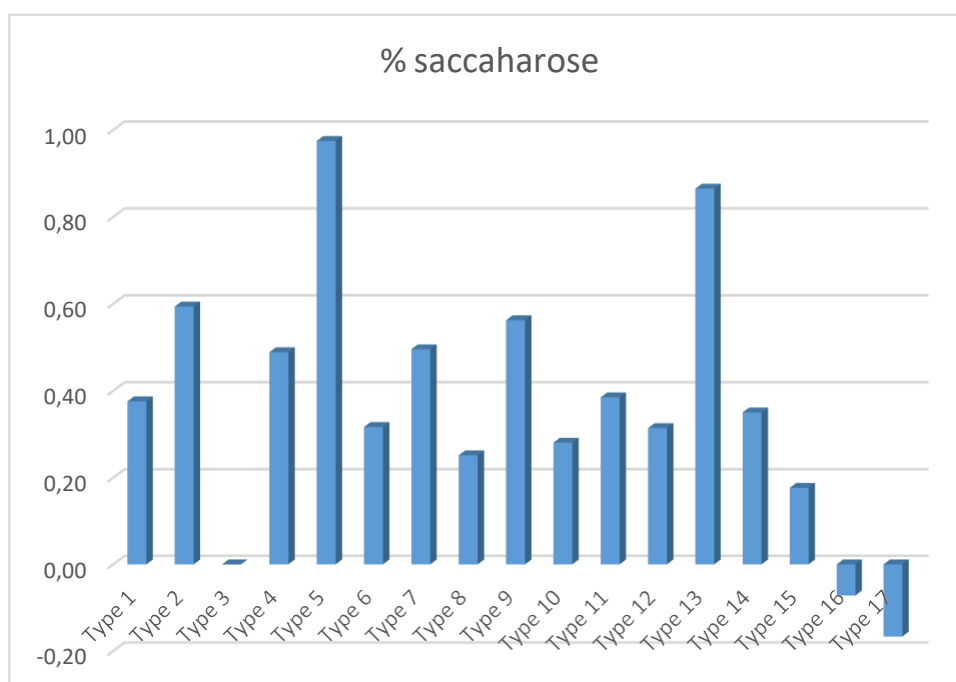


Figure 31 : Variation du pourcentage de matière sèche en saccharose dans différentes marques de café.

Cette **figure 31** révèle des variations significatives du pourcentage de matière sèche en saccharose entre les différentes marques de café. Certaines marques présentent des pourcentages élevés de saccharose, tels que 0,9748% (Type 5) et 0,8651% (Type 13), tandis que d'autres affichent des valeurs relativement faibles, voire négatives, comme -0,0718% (Type 16) et -0,1666% (Type 17). Ces différences peuvent être attribuées à divers facteurs. Tout d'abord, les procédés de fabrication spécifiques à chaque marque de café peuvent influencer la teneur en saccharose. Des méthodes de production différentes peuvent conduire à des niveaux de dégradation ou de conversion du saccharose variables. De plus, les ingrédients utilisés dans la préparation du café peuvent différer, ce qui peut également affecter les concentrations de saccharose. Il convient de noter que ces valeurs doivent être interprétées avec précaution en raison de la possibilité d'erreurs de manipulation ou d'autres facteurs pouvant influencer les résultats. Bien que les pourcentages de saccharose en matière sèche dans les différentes marques de café soient inférieurs à la limite réglementaire de 3%, il est important de reconnaître que des erreurs de mesure peuvent se produire et affecter les résultats. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser des méthodes de mesure plus précises et fiables afin d'éliminer tout doute éventuel et d'obtenir des résultats plus précis. Une approche rigoureuse et une vérification régulière des procédures de mesure peuvent contribuer à garantir l'exactitude des résultats obtenus.

Conclusion

Conclusion

Le café, en tant qu'aliment largement consommé à travers le monde, a connu des évolutions notables dans ses matières premières, ses méthodes de préparation et son commerce. Malgré sa popularité, il est important de noter que le café peut contenir des contaminants, notamment l'acrylamide, qui se forme lors de la torréfaction des grains de café. Des études ont confirmé que le degré de torréfaction joue un rôle crucial dans la formation de l'acrylamide, et l'ajout incontrôlé de sucre pendant le processus peut augmenter la présence de cette substance cancérigène. Par conséquent, il est essentiel de prendre des précautions lors de la torréfaction et de s'assurer que la teneur en sucre ajouté reste inférieure à 3%.

L'étude du taux de saccharose dans différentes marques de café commercialisées localement revêt une importance particulière. Comprendre la présence de sucre ajouté dans ces produits peut contribuer à l'identification de pratiques potentiellement nocives et encourager les mesures préventives pour réduire les niveaux d'acrylamide dans le café. L'analyse des concentrations de sucres totaux dans les différentes marques de café (17 marques de café) ont montré des variations significatives dans les moyennes et les écarts types des absorbances des sucres totaux entre les marques de café. La marque de café TYPE 5 a présenté la moyenne la plus élevée, tandis que la marque TYPE 16 a présenté la moyenne la plus basse. Cependant, les concentrations calculées pour ces deux marques étaient inférieures aux valeurs rapportées dans la littérature. Ces variations pourraient être attribuées aux différences d'origine des échantillons et aux différentes méthodes d'analyse. L'écart type a également montré des variations significatives entre les marques de café. Une analyse de variance (ANOVA) a confirmé une différence significative entre au moins certaines des moyennes des groupes. Des études complémentaires et une analyse statistique plus approfondie sont recommandées pour une meilleure compréhension des différences entre les marques de café.

L'analyse des concentrations de sucres réducteurs a révélé des variations significatives entre les groupes. La marque de café "Type 15" a présenté la moyenne la plus élevée, tandis que la marque "Type 16" a présenté la moyenne la plus basse. Les écarts types ont montré une dispersion variable des valeurs autour de la moyenne, avec la marque "Type 5" présentant le plus grand écart type. L'analyse de variance (ANOVA) a confirmé une différence significative entre les moyennes des groupes, avec une probabilité très faible associée au test F. Ces résultats suggèrent que les différentes marques de café ont des niveaux de concentration de sucres réducteurs significativement différents les uns des autres.

L'évaluation du pourcentage de matière sèche en saccharose a été calculée en soustrayant les sucres réducteurs des sucres totaux. Les résultats révèlent des variations significatives du pourcentage de saccharose entre les marques de café. Certaines marques

Conclusion

présentent des pourcentages élevés, tandis que d'autres affichent des valeurs faibles ou négatives. Ces différences peuvent être attribuées aux procédés de fabrication et aux ingrédients utilisés. Il est important de prendre en compte les possibles erreurs de mesure et de privilégier des méthodes plus précises pour obtenir des résultats fiables. Bien que les pourcentages de saccharose restent conformes à la réglementation, une approche rigoureuse et une vérification des procédures de mesure sont recommandées pour garantir l'exactitude des résultats.

Références bibliographiques

A

Adrian J., Billaud C., Potus J , (2000). Les manifestations de la réaction de Maillard en nutrition et

Aissani O. et Derouiche O. (2019). Investigation chimique, phytochimique et biologique du café et du marc de café. Diplôme de Master. Université des Frères Mentouri Constantine 1

Allred, KF., Yackley, KM., Vanamala, J, et al. (2009). Trigonelline is a novel phytoestrogen in coffee beans. *J Nutr.* 139 : 1833-8.

Antonio, A. G., I'orio, N. L. P., Pierro, V. S. S., Candreva, M., S., Farah, A., dos Santos K. R. N., Maia, L. C(2011). Inhibitory properties of *Coffea canephora* extract against oral bacteria and its effect on demineralisation of deciduous teeth. *Arch. Oral Biol.* 2011, 56(6), 556–564.

Anzueto, F., Baumann, T.W., Graziosi, G., Piccin, C.R., Sondahl, M.R., van der Vossen, H.A.M. (2005). The plant. In: Illy, A., Viani, R. (Eds.), *Espresso Coffee: The Science of Quality*, second ed. Elsevier Academic Press, Amsterdam, The Netherlands. 398p.

Araujo, J. M. A., et Sandi D (2007). Extraction of coffee diterpenes and coffee oil using supercritical carbon dioxide. *Food Chemistry* 101(3): 1087-1094.

Araújo, Júlio M.A., et Delcio, Sandi. (2007). « Extraction of Coffee Diterpenes and Coffee Oil Using Supercritical Carbon Dioxide ». *Food Chemistry* 101 (3): 1087-94.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.008>

pathologie. *Médecine et Nutrition biochimie et biologie*, 36 (2), 69-89.

B

Baeza G., Benavent M. A., Sarrià B., Goya L., Mateos R. and Bravo L. (2014). Green coffee hydroxycinnamic acids but not caffeine protects human HepG2 cells against oxidative stress. *Food Research International*, 62: 1038-1046.

Baggenstoss J, Poisson L, Kaegi R, Perren R, Escher F (2008). Coffee roasting and aroma formation: application

Belhadj.BA., (2018). Dosage de l'acrylamide dans quelques produit alimentaire et son effet sur les paramètres biochimique et statut immunochimique des rats wistar. Thèse de doctorat de troisième cycle en sciences biologique. Université DJILALI LIABES Sidi bel-Abbés

Benmedjahed.A., (2017). Effet de la consommation du café sur le profile lipidique chez les hommes. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en Nutrition nutrition et santé, Université de Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen.

Bernfeld P. (1955). Amylase and Proteases. In *Methods in Enzymology*, Colswick SP, Kaplan NO (eds). Academic Press : New-York, USA ; 149–154.

Bertrand B., Montagnon C., Georget F., Charmetant P. and Etienne H. (2012). Création et diffusion de variétés de caféiers Arabica : quelles innovations variétales ? *Cahiers Agricultures*, 21: 77-88.

Boulo, M., (2013). Comité Français du café.

Bouquelet S. Réactions de brunissement-introduction, [en ligne], http://biochim-agro.univlille1.fr/brunissement/co/ch1_Introduction.html , consulté le **09 mai 2023**.

boutique CAFÉ FRAICA. LES 8 ÉTAPES DE LA TORRÉFACTION DU CAFÉ.

Braz. J., (2006) *Plant Physiol.*, 18, 23–36.

C

Cabititi.G., (2013). La structure du monde PAYSAN-MADEBERI au RAWANDA : cas des coopératives et des stations de lavage de café de MARABA et de KARABA, direction de HUYE. Thèse pour l'obtention du grade de docteur en science agronomiques et ingénierie biologique, académie universitaire Europe université de LIEG-WALLONIEE-GEMBLoux AGROBIO TECH.

Campa C., Doulbeau S., et al(2005). Diversity in bean caffeine content among wild *Coffea* species: Evidence of a discontinuous distribution. ***Food Chemistry* 91 : 633-637.**

Carrara. E., (2018). Toxicité de l'acrylamide : les lactobacilles, possible rôle protecteur ?

Carrera. F, Leon-Comaacho .M, Pablos. F, Gonzalez. A.G., (1998). Authentification of green coffee varieties according to their sterolic profile, *Analytica Chimica Acta*, **370**, pp 131-139.

Casal S., Mendes E., Oliveira M. B. P. P. et Ferreira M. M (2005) . Roast effects on coffee amino acid enantiomers. ***Food Chemistry* 89 : 333-340.**

Casal S., Mendes E., Oliveira M. B. P. P. et Ferreira M. M., (2005). Roast effects on coffee amino acid enantiomers. *Food Chemistry* 89: 333-340

Casal S., Oliveira M. B. P. P. et Ferreira M. M. HPLC (2000). /diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. **Food Chemistry 68 : 481-485.**

Champéreaux.G., (1991). Manuel du planteur de café Laotien, Département du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) E.P.I.C. - Siret 331S9627099976 - R.C.S. Paris B 331596270 pais (France).

Clarke, R. In: *Coffee*, 1st edition, **Clarke, R. J., Macrae, R., eds. Essex, UK: Elsevier Applied Science Publishers, (1985), Vol. 1: Chemistry, p. 115.**

Clarke, R. J. Coffee: green coffee/roast and ground. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2nd edition, Caballero, **B., Trugo, L. C., Finglas, P., eds, (2003) Oxford: Academic Press, Vol. 3.**

Clifford, M. N. Chlorogenic acids and other cinnamates—nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism, **J. Sci. Food Agric. 2000, 80, 1033–1043.**

Costa, L. L., Toci, A. T., Silveira, C. L. P., Herszkowicz, N., M., Pinto, A., Farah, A. Discrimination of Brazilian C. Canephora by location using mineral composition. Proc. 23rd Int. Conf. **Coffee Sci. ASIC, 2010. Bali, Indonesia.**

Coste R., “Caféiers et cafés”, Editions G.-P. Maisonneuve & Larose, Paris, 1989.

levels of amines in defective green and roasted coffee beans. *Food Chemistry* (2007)

Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie Université de Lille.

Vasconcelos A. L. S., Franca A. S., et al. A comparative study of chemical attributes and

D

Daniela .OM., (2013). Le café : une boisson et lieu de sociabilité. Master (Tourisme et Hotellerie). Université de Toulouse ii -le Mirail institut supérieur du tourisme de l'hôtellerie et de l'alimentation. (104.p7).

Davis A. P., Tadesse W. G., Susana B. and Justin M. (2012). The Impact of Climate Change on Indigenous Arabica Coffee (*Coffea arabica*): Predicting Future Trends and Identifying Priorities. *PLoS One*, 7: 479-81.

Debry G. « Le café. Sa composition, sa consommation, ses incidences sur la santé » (1995) Centre de Nutrition Humaine.

Del Castillo M. D., Ames J. M. and Gordon M. H. (2002). Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 3698-3703.

Dos Santos E. J. et De Oliveira E. Determination of Mineral Nutrients and Toxic Elements in Brazilian Soluble Coffee by ICP-AES. *Journal of Food Composition and Analysis* (2001) 14 (5): 523-531

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. et Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem*, 28, p350-356

Dybkowska, Ewa, Anna Sadowska, Rita Rakowska, Maria Dębowska, Franciszek Świdorski, et Katarzyna Świąder. 2017. « assessing polyphenols content and antioxidant activity in coffee beans according to origin and the degree of roasting », no 4: 8 101: 26-32.

F

F.A.O., (2011). Food and agriculture organization of United Nations.

Farah, Adriana, et Thiago Ferreira dos Santos. 2015. « The Coffee Plant and Beans ». In *Coffee in Health and Disease Prevention*, 5-10. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00001-2>.

Farah, A., de Paulis, T., Trugo, L. C., Martin, P. R. Chlorogenic acids and lactones in regular and water-decaffeinated arabica coffee. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, 374–381.

Farah, A., Donangelo, C. M. Phenolic compounds in coffee.

Farah, A. Distribution dans les grains, influence sur la qualité des boissons et la biodisponibilité des acides chlorogéniques du café. Institut de Chimie, **Université Fédérale de Rio de Janeiro, RJ, Brésil**, Thèse de Doctorat, 2004.

Farah A., Monteiro M. C., Calado V., Franca A. S. et Trugo L. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry* (2005) 98(2) : 373-380.

Folstar, P. Lipids. In: Coffee, **Clarke, R. J., Macrae, R.**, eds. London: Elsevier Applied Science; 1985, Vol. 1: Chemistry, pp. 203–222.

Fischer, M., Riemann, S., Trovato, V, Redgwell. RJ., (2001). Polysaccharides of green Arabica and Robusta coffee beans, Carbohydrate Research, **330**, pp 93-101.

Franca. A. S, Mendonça. J. C. F et Oliveira. M. B. P. P., (2005). Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT, 38**, pp 709715.

Fujioka, K., Shibamoto, T. (2008). Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. **Food Chemistry, 106(1)**, 217–221.

Friedman.M., (2003). “Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review,” J. Agric. Food Chem., vol. 51, no. 16, pp. 4504–4526

H

Haller PN (2013). Le café : les effets bénéfiques et néfastes sur la santé. Thèse du Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université de Lorraine. France. 34-99.

Houessou JK (2007). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le café mise au point de méthodes analytiques et étude de l'étape de torréfaction, Thèse de Doctorat, I.S.I.V.E, Paris. 2:5-11

Hernandez Pérez JA. Etude de la torréfaction : modélisation et détermination du degré de torréfaction du café en temps réel. **2002.**

Holscher, W., Vitzthum, O. G., Steinhart, H. Identification and sensorial evaluation of aroma-impact compounds in roasted Colombian coffee. *Cafe, Cacao, The.* **1990, 34**, 205–212

I

I.C.O (2011). International coffee organization. Letter from the executive director. coffee market report.

Illy A. et Viani R. Espresso Coffee. Academic press. (1998) San Diego, CA 92101, U.S.

J

Journal officiel de l'Union européenne (2008). Accord International Sur Le Café. Reports. P114.

Justin Koffi. H., (2007). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le café : mise au point de méthodes analytiques et étude de l'étape de torréfaction. Thèse de doctorat. École Doctorale ABIES, Laboratoire De Chimie Analytique Paris.

K

Król, Katarzyna, Magdalena Gantner, Aleksandra Tatarak, et Ewelina Hallmann. 2020. « The Content of Polyphenols in Coffee Beans as Roasting, Origin and Storage Effect ». *European Food Research and Technology* 246 (1): 33-39. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03388-9>.

Kölling-Speer, L., Speer, K. The Raw Seed composition. In: *Espresso Coffee, the Science of Quality*. Illy, A., Viani, R., eds. Italy: Elsevier Academic Press; 2005, pp. 148–178.,

Khalid.K., (2010). Le café : Marché et tendances. *Revue de la filière agroalimentaire. Food Magazine.* 19: 24-55. <https://cutt.us/p6saf> .

Ky C. L., Louarn J., et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry (2001) 75 : 223-230.**

Krejová A. et Ernohorský T. The determination of boron in tea and coffee by ICP–AES method. *Food Chemistry* (2003) 82 (2), 303-308

Klein.C., (2007). “L'acrylamide, contaminant alimentaire cancérigène méconnu ?”
Thèse, université HENRI POINCARÉ, Nancy

M

Martin, M.J., Pablos, F. et Gonzalez, A.G., (1998). Discrimination between Arabica and Robusta green coffee varieties according to their chemical composition, *Talanta*, 46, pp 1259-1264

Machiels D., Istasse L. (2002). La réaction de Maillard : importance et applications en chimie des aliments. *Annales de médecine vétérinaire*, **146**, 347-352.

Martin M.J., Pablos F., Gonzalez A.G., Valdenebro M. S. et Leon-Camacho M. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation *Talanta*, (2001) 54: 291-294

Martin M.J., Pablos F. et Gonzalez A.G. Characterization of arabica and robusta roasted coffee varieties and mixture resolution according to their metal content. *Food Chemistry* (1999) 66: 365-370.

Machiels & istasse. (2002). Maillard reaction: importance and applications in food chemistry. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 146, 347-352.

Michelle. J, Martine. S.G, Daniel. D., (2003). Terres de café. France : Editions Quae. Ed1, p 120.

Miller, G.L. (1959) Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Journal of Analytical Chemistry*, 31, 426-428.

(Moniruzzaman et al. 2013) : Analyse des composés α -dicarbonylés de type Méthylglyoxal (MGO) par GC-MS dans différentes variétés de café : entre fraude et réglementation

N

National Coffee Association (NCA). (s. d.c). The History of Coffee. Repéré à <http://www.ncausa.org/about-coffee/history-of-coffee> <http://www.ncausa.org/about-coffee/history-of-coffee>

Navarini L., Gilli R., et al. Polysaccharides from hot water extracts of roasted *Coffea arabica* beans : isolation and characterization. *Carbohydrate Polymers* (1999) 40: 71-81.

Nehlig A. et Debry G. Potential genotoxic, mutagenic and antimutagenic effects of coffee : A review. *Mutation Research* (1994) 317(2): 145-162.

Nikolova-Damyanova B., Velikova R. et Jham G. N. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crude coffee beans harvested in Brazil. *Food Research International*, (1998) 31(6-7) : 479-486.

Nunes F. M. et Coimbra M. A. Chemical characterization of galactomannans and arabinogalactans from two arabica coffee infusions as affected by the degree of roast.

Journal of Agricultural and Food Chemistry (2002a) 50: 1429-1434.

Nunes F. M. et Coimbra M. A. Chemical characterization of the high-molecular-weight material extracted with hot water from green and roasted robusta coffees as affected by the degree of roast. Journal of Agricultural and Food Chemistry (2002b) 50: 7046-7052

O

Ogawa M., Kamiya C., Iida Y. Contents of tocopherols in coffee beans, coffee infusions and instant coffee. Nippon Shokuhin Gakkaishi (1989) 36: 490-494

Oosterveld A., Harmsen J. S., Voragen A. G. J. et Schols H. A. Extraction and characterization of polysaccharides from green and roasted *Coffea arabica* beans. Carbohydrate Polymers (2003) 52: 285-269

Oosterveld A., Voragen A.G. J., Schols H. A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea arabica* beans. Carbohydrate Polymers (2003)54: 183-192.

P

Perrone, Daniel, Adriana Farah, et Carmen M. Donangelo. 2012. « Influence of Coffee Roasting on the Incorporation of Phenolic Compounds into Melanoidins and Their Relationship with Antioxidant Activity of the Brew ». Journal of Agricultural and Food Chemistry 60 (17): 4265-75. <https://doi.org/10.1021/jf205388x>.

R

Ratnayake W.M.N., Hollywood R., O'Grady E., Stavric B. Lipid content and composition of coffee brews prepared by different methods. Food and Chemical Toxicology (1993) 31: 263-269

Richard.H. (2003). Réactions de Maillard et production d'arômes endogènes.

Ross I. A. (2005). *Coffea arabica* L. In: Medicinal plants of the world, New Jersey, Humana Press Inc, 3: 155-195.

S

Saltor M, Duplatre A, Boatella J. Identification of coffee species on the basis of sterols. *Ann Bromatol* (1989) 41: 1-8.

Speer, K., K'olling-Speer, I. The lipid fraction of the coffee bean. *Braz. J. Plant Physiol.* **2006, 18, 201–216.**

Smith. A. W., (1985). Introduction. In: **RJ Clarke, R Macrae Eds.** Coffee. **London.** Chemistry, Elsevier Applied Science Publ. **1(1), pp 1-41.**

Silabdi.S., (2010). Extraction, purification et caractérisation d'antioxydants naturels en vue d'une valorisation nutritionnelle, mémoire de Magistère S.A. Université Saad Dahlab-Blida, P 64.

Stanislav Obruca., Sinisa Petrik., Pavla Benesova., Zdenek Svoboda. , Libor Eremka., Ivana Marova. (2014). utilization of oil extracted from spent coffee grounds for sustainable production of polyhydroxyalkanoates, *Appl Microbiol Biotechnol.* DOI10.1007-s00253-014-5653-3.

Stadler RH. 2006. Understanding the formation of acrylamide and other Maillard-derived vinylogous compounds in foods., **European Journal of Lipid Science and Technology, 105: 199-200.**

T

Trugo, L. C. Coffee Analysis. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2nd edition, Caballero, B., Trugo, L. C., Finglas, P. M., eds. **Oxford, UK:** Oxford Academic Press; **2003, Vol. 2, p. 498.**

Trugo, L. C., Macrae R. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using **HPLC.** *Food Chem.* **1984, 15, 219–227.**

V

Viani R. The composition of coffee. In: S. Garattini Ed. Caffeine, Coffee and Health. Raven Press (1993):17-41 New York.

Vignoli, Josiane Alessandra, Marcelo Caldeira Viegas, Denisley Gentil Bassoli, et Marta de Toledo Benassi. 2014. « Roasting Process Affects Differently the Bioactive

Compounds and the Antioxidant Activity of Arabica and Robusta Coffees ». Food Research International 61 (juillet): 279-85. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.00>

W

Wang, X., & Lim, L.-T. (2015). Physicochemical Characteristics of Roasted Coffee. Coffee in Health and Disease Prevention, 247–25

Site web

1/ L'Agence européenne pour la sécurité des aliments (EFSA

<https://www.planetoscope.com/boisson/1501-.html> consulter le 20 mai 2023 à 20 :30.

2/ LéaHaumullerThe Coffee Lab@ La Rochelle, France consulter le 12 avril 2023.

3/<https://www.ethnoplants.com/fr/plantes-graines-afrique/100-coffea-canephora-cafe-robusta-graines.html> consulter le 13 avril 2023.

4 /Rapport complet Les démarches de qualité dans les filières alimentaires en océan Indien Par Caroline GLOANEC, Vincent PORPHYRE Financement : Conseil Régional de la Réunion, Union Européenne, Etat Français consulter le 03 avril 2023.

5/<https://torrefacteur-aveyron.fr/content/8-les-origines-du-cafe><https://krupsalgerie.com/l'univers-du-café/> consulter le 12 mai 2023.

6/<https://atelierbraam.com/guide-cafe/recolte-cafe-comment-ca-se-passe/> consulter le 13 mars 2023.

7/<https://blog-isige.minesparis.psl.eu/2022/06/03/de-la-machine-a-cafe-a-la-transition-ecologique/> consulter le 15 mars 2023.

8/ <https://www.syndicatfrancaisducafe.com/> consulter le 10 avril 2023.

9/ https://www.cultures-sucre.com/content/uploads/2003/03/ric_10e.pdf. Consulter le 02 mars 2023.

<https://www.boutique-cafes-fraica.fr/blog/la-torrefaction/les-8-etapes-de-la-torrefaction-du-cafe> [Publié le février 17, 2021]., consulté le 4 mai 2023.

Annexes

Annexe 01

Tableau 1 : Moyenne et écart-type des valeurs d'absorbance des sucres totaux mesurées pour chaque type de marque de café

	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4	TYPE 5	TYPE 6	TYPE 7	TYPE 8	TYPE 9	TYPE 10	TYPE 11	TYPE 12	TYPE 13	TYPE 14	TYPE 15	TYPE 16	TYPE 17
Essai 1	1,93	1,40	0,69	1,31	1,95	1,29	1,58	0,26	1,36	1,14	1,47	1,21	1,58	1,52	1,46	0,58	0,79
Essai 2	1,30	1,36	0,71	1,30	1,90	1,23	1,52	0,91	1,30	1,19	1,49	1,25	1,60	1,30	1,70	0,63	0,72
Essai 3	1,26	1,36	0,74	1,40	1,93	1,27	1,58	1,20	1,32	1,14	1,41	1,22	1,50	1,18	1,67	0,62	0,82
Moyenne	1,50	1,37	0,71	1,34	1,93	1,26	1,56	0,79	1,32	1,15	1,46	1,23	1,56	1,33	1,61	0,61	0,78
Ecart-Type	0,38	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,48	0,03	0,03	0,04	0,02	0,05	0,17	0,13	0,02	0,05

Tableau 2 : Moyenne et écart-type des valeurs d'absorbance des sucres réducteurs mesurées pour chaque type de marque de café

0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9	Type 10	Type 11	Type 12	Type 13	Type 14	Type 15	Type 16	Type 17
Essai 1	0,95	0,82	0,71	0,85	0,98	0,97	1,00	0,70	0,80	0,83	1,00	0,93	0,80	0,99	1,42	0,62	0,90
Essai 2	0,94	0,86	0,66	0,92	1,32	1,00	1,15	0,75	0,80	0,90	1,12	0,91	0,80	1,24	1,48	0,67	0,96
Essai 3	0,92	0,83	0,70	0,91	0,88	0,95	1,22	0,73	0,84	0,96	1,15	0,98	0,76	0,82	1,67	0,67	0,92
Moyenne	0,94	0,83	0,69	0,89	1,06	0,97	1,12	0,73	0,81	0,89	1,09	0,94	0,79	1,01	1,52	0,65	0,93
Ecart type	0,02	0,02	0,03	0,03	0,23	0,02	0,11	0,03	0,02	0,07	0,08	0,04	0,03	0,21	0,13	0,03	0,03

Tableau 3 : Pourcentage de matière sèche en saccharose dans différentes marques de café

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9	Type 10	Type 11	Type 12	Type 13	Type 14	Type 15	Type 16	Type 17
% saccharose	0,38	0,59	0,00	0,49	0,97	0,32	0,50	0,25	0,56	0,28	0,38	0,31	0,87	0,35	0,18	-0,07	-0,17

Annexe 02

Le cahier des charges en vue de la fabrication des cafés

Pour le Journal Officiel de la République Algérienne / Edition n° 01 18 Jumada Al-Awwal 1442 AH

26 2 janvier 2021 après JC

Conformément aux dispositions des articles 10 et 11 du

Loi n° 09-03 H du 29 Safar 1430 H approuvée

Le 25 février 2009 détermine cette redevance

Conformément aux dispositions de l'article 8 du décret :

Exécution exécutive n° 99-17 du 29 A.D. A.D.

1438 correspondant au 26 février 2017

Caractéristiques du café, ainsi que les conditions et les méthodes de présentation Consommer

Article 3 : Spécialisation dans la dénomination « café vert » ou « café ».

"brut" de grain ou de folate obtenu à partir des fruits de plantes de

Les souches sont cultivées à partir du genre Coffei.

Le café vert est fabriqué à partir de grains d'une souche

un légume, et il doit être de la bonne espèce et non

Faux et commercialisable.

Les fèves doivent être dépouillées de leur coque et non

ne manque aucun des éléments qui le composent, et non

Toute turbidité ou contamination, notamment par corruption ou contamination

moisissures et de ne pas émettre d'odeur désagréable ou étrange

sur le café.

Déterminer les rapports de poids acceptables pour les matériaux étrangers.

et l'humidité comme suit :

Le pourcentage d'aha ou d'humidité doit être

A partir de..... 5,12 %s

- Le pourcentage de corps étrangers ne doit pas dépasser 5,0 %.

Article 3 : le café vert doit être de la même couleur

homogène et ne doit dégager aucune odeur ou

Le café vert contient un certain nombre de grains défectueux

Plus de 225 défauts dans un échantillon de café de 300g

À partir de céréales régulières, c'est-à-dire qu'il contient une quantité de folate

Elle varie entre 1 500 et 2 000 volts.

Pour le café vert dont les grains sont inférieurs à

La taille des noyaux réguliers spécifiés au paragraphe précédent, c'est-à-dire quand

Un échantillon de 300 grammes contient un nombre de folate supérieur à 2000

Que ce café ne comporte pas un nombre de défauts supérieur à « X »

Calculé selon la formule suivante :

$$225 \times j$$
$$2000$$
$$Q =$$

j : représente le nombre de campagnols de l'échantillon exprimé.

Définir le folate défectueux du café vert ainsi que

Le barème de calcul de ces défauts figure à l'Annexe I de la présente Résolution

Règle 6 : Le café torréfié ne doit pas émettre de

Odeur désagréable et pas mauvais goût. Les proportions sont précisées

Poids maximal autorisé de pierres ou de pierres

D'autres extraterrestres et des cendres et des extrémités sont les suivants:

Le pourcentage de pierres ou de particules étrangères dans le café... 1% s

Humidité ou Humidité 5 % s

- Pourcentage de cendres 6% .

Cependant, il n'applique pas l'humidité ou l'air spécifié

Ce qui précède s'applique au café pur, à condition que la quantité de café soit

Les s secs et empilés représentent au moins 95 % du poids

Le réseau est HbX

Article 9 : Spécialisation du nom « Café Vert »

décaféiné X" pour le produit issu de l'élimination

Café X de café vert qui ne contient pas plus

A partir de 09,0% du poids du café X compté en pourcentage de

pour produit sec

Article 13 : Le pourcentage de la matière sèche obtenue doit être de café comme suit :

A - extrait de café sous forme solide : égal à 95% ou plus en poids

B- Extrait de café sous forme de pâte : à partir de 70% à 85% des poids

C- Extrait de café sous forme liquide : à partir de 15% à 55% du poids

Article 23 : Il ne doit être ni commercialisé ni offert à la consommation.

Café et succédanés de café contenant la substance toxique "acrylamide" lorsqu'il dépasse les pourcentages autorisés mentionné ci-dessous.

Les pourcentages admissibles d'acrylamide H sont déterminés comme suit :

Café torréfié..... 450 mcg/kg

- café instantané (peut être

pour la solubilité)..... 900 mcg/kg

Alternatives au café :

A - Les succédanés de café sont principalement extraits de Céréales2000 mcg/ kg

B - Autres succédanés du café 4000 mcg/kg.

† Soyez accueilli par la liste des lignées autorisées

"Acrylamide" N était tenu par une décision des ministres d'instruire X de protéger Consommation, industrie, agriculture et santé.