



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE : SCIENCES**

**DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par : Cherigui Rym**

**DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)**

**FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES**

**OPTION : SCIENCE ALIMENTAIRES ET CONTROLE DE QUALITE**

#### **Thème**

**Analyses physico-chimiques des graines de deux variétés de café commercialisé (Robusta et Arabica)**

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>qualité</b>
SARIDI Abdelkader	MAA	Président
AITSALAH Boubeker	MAA	Examineur
MALLEM Hamida	MCA	Rapporteur
LOUNICI Safia	MAA	Co-rapporteur

**Promotion : septembre.2021**

## **Remercîments :**

*Je remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Madame **MALLEM Hamida**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Je remercie également mon Co-encadreur madame **LOUNICI Safia**.*

*Je remercie **M.SARIDI Abdelkader**, et **M.MECHRAOUI Choib** de m'avoir aidé, orienté et conseillé.*

*Mon remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles, et les membre de laboratoire de l'université d'Amar telidji.*

*Dédicace :*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes parents qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de  
mes études.*

*À mes frères et à tous mes amis*

*À tous mes professeurs qui éclairent mon esprit de  
connaissances et de culture*

*À tous ceux qui m'ont aidé, même avec un mot gentil, que Dieu  
les bénisse*

**Titre : Analyses physico-chimiques des graines de deux variétés d café (Robusta et Arabica)**

**Résumé :**

Notre travail consiste à évaluer les paramètres physicochimiques des échantillons de café de la variété Arabica et la variété Robusta commercialisées dans la ville de Laghouat. L'analyse des paramètres physico chimiques concernait la détermination du taux d'humidité, taux de sucre, le pH, Le taux de la matière sèche, la matière minérale, taux de calcium, de potassium, de sodium et le taux des cendres. Les résultats ont montré que le taux d'humidité de café chez les deux variétés a varié entre 6.43 % et 11.6 %s , Les pH variant entre 5.11 et 6.22, la teneur en sucres totaux a été entre 0.02 et 0.17, la teneur en matière sèche a été 88.37%, la teneur en matière minérale variée entre 2.55% et 3.61%, le taux de calcium est variant entre 15 et 30 mg pour 100 g, le taux de potassium variant entre 1115.8 mg - 1297mg , le taux de sodium Na+ est entre 90 mg et 147.8 mg. Les échantillons de café Arabica et Robusta commercialisés ont été de bonne qualité . la variété arabica à l'état vert a présenté des valeurs inferieures à celle de Robusta pour la teneur en sucres solubles et le taux du potassium et cette déférence répond au norme.

**Mots clés :** café, Laghouat, caractéristiques physico-chimiques, robusta, arabica.

**Title : Physico-chemical analyses of the seeds of two varieties of coffee (Robusta and Arabica)**

**Abstract:**

Our work consists in evaluating the physicochemical parameters of two types of coffee the Arabica variety and the Robusta variety marketed in the city of Laghouat. The analysis of the physicochemical parameters concerned the determination of the moisture level, sugar level, pH, dry matter level, mineral matter, calcium, potassium, sodium level and ash level. The results showed that the moisture content of coffee in the two varieties varied between 6.43% and 11.6% s, The pH varying between 5.11 and 6.22, the total sugars content was between 0.02 and 0.17, the material content dry was 88.37%, the mineral content varied between 2.55% and 3.61%, the calcium level is varying between 15 and 30 mg for 100 g, the potassium level varying between 1115.8 mg - 1297 mg, the sodium level Na + is between 90 mg and 147.8 mg. The samples of Arabica and Robusta coffee sold were of good quality. the arabica variety in the green state presented lower values than Robusta for the content of soluble sugars and the level of potassium

**Keywords:** coffee, Laghouat, physico-chemical characteristics, robusta, arabica.

## العنوان: التحليلات الفيزيائية والكيميائية لبذور نوعين من البن (روبوستا وأرابيكا)

### ملخص :

تمثل عملنا في تقييم المعايير الفيزيائية والكيميائية لعينات القهوة من صنفين أرابيكا روبوستا التي يتم تسويقها في مدينة الأغواط. يتعلق تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية بتحديد مستوى الرطوبة ، ومستوى السكر ، ودرجة الحموضة ، ومستوى المادة الجافة ، والمواد المعدنية ، والكالسيوم ، والبوتاسيوم ، ومستوى الصوديوم ، ومستوى الرماد. أظهرت النتائج أن محتوى الرطوبة للقهوة في الصنفين تراوح بين 6.43% و 11.6% ، وتراوحت درجة الحموضة بين 5.11 و 6.22 ، وتراوحت نسبة السكريات الكلية بين 0.02 و 0.17% ، ونسبة المادة الجافة 88.37% ، والمعدن. تتراوح النسبة بين 2.55% و 3.61% ، وتتراوح كمية الكالسيوم بين 15 و 30 مع في 100 غرام ، وتتراوح كمية البوتاسيوم بين 1115.8 مغ - 1297 مغ ، ومستوى الصوديوم + Na بين 90 مغ و 147.8 . عينات بن أرابيكا وروبوستا المباعه ذات نوعية جيدة. قدم صنف أرابيكا في الحالة الخضراء قيمًا أقل من روبوستا لمحتوى السكريات الذائبة ومستوى البوتاسيوم

**الكلمات المفتاحية:** البن ، الأغواط ، الخصائص الفيزيائية والكيميائية ، روبوستا ، أرابيكا.

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Analyse nutritionnelle détaillée du café selon (Aurent, 2017)	13
Tableau 2 : teneur en vitamines du café (Aurent.2017)	14
Tableau 3: Minéraux et oligo-éléments dans le café (Aurent,2017)	15
Tableau 4 : Résultats des défauts comptabilisé dans les échantillons du café vert Arabica et Robusta	28

## Liste des figures :

Figure 1 : la structure du fruit de la graine du caféier (Pierre Massia et al ; 1995)	9
Figure 2 : Aspect du caféier (fleur , fruit , feuille , arbuste)	10
Figure 3 : Récolte de cerises par la méthode du picking	12
Figure 4: Structure chimique de la caféine (Ghecham, 2012)	16
Figure 5 : les différentes étapes de la production du café	18
Figure 6 : Les échantillons du café (photo originale)	21
Figure 7 : Séchage a l'étuve (photo originale)	23
Figure 8 : Mesure de pH (photo originale)	23
Figure 9 : Dosage des éléments minéraux par spectrophotomètre à flamme (photo originale)	25
Figure 10 : Le nombre des défauts des échantillons du café vert Arabica et Robusta	29
Figure 11 : Taux d'humidité des échantillons du café vert et torréfié	30
Figure 12 : Taux de matière sèche (%) des échantillons du café vert et torréfié	31
Figure 13 : Taux de cendres (Matière minérale en % ) des échantillons du café vert et torréfié	32
Figure 14 : Ph des solutions des échantillons du café vert et torréfié	33
Figure 15 : Taux des sucres totaux des échantillons du café vert et torréfié	34
Figure 16 : Taux du calcium dans les différents échantillons du café vert et torréfié	35
Figure 17 : Taux des sodiums dans les différents échantillons du café vert et torréfié	36
Figure 18 : Taux des potassiums dans les différents échantillons du café vert et torréfié	37

**Liste des abréviations :**

Art : arabica torréfié

Ar : arabica

Ro : robusta

Rot : robusta torréfié

Ca<sup>+</sup> : calcium

Na<sup>+</sup> : sodium

K<sup>+</sup> : potassium

P : Phosphore

Fe : fer

Se : Sélénium

Zn : zinc

Cu : cuivre

Mn : Manganèse

Cl : chlore

Min : minute

h : heur

Mg : milligramme

Kcal : kilo calories

g: gramme

FAO : Food and agriculture organisation

OIC : Organisation internationale du Café

Iso : internationale organisation of standardization

Ms : matière sèche

Mm : matière minérale

H : humidité

Te : teneur en eau

pH : potentiel hydrogène

(%) : pourcentage

## SOMMAIRE

Résumé	I
Remerciement	II
Dédicaces	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Liste des abréviations	VI
Introduction	2
<b>Chapitre 1 : Généralités sur le café</b>	<b>4</b>
1.1 Définition et origines du caféier	5
1.2 Caractéristiques botaniques	5
1.3 Composition des grains de café vert	7
1.4 La structure de la graine du café	9
1.5 La culture du caféier	11
1.5.1 Récolte et préparation des grains	11
1.6 La composition du café	12
1.6.1 Les différentes substances dans le café	12
1.6.2 La substance psychoactive du café : la caféine	16
1.6.3 Les effets de la caféine sur le cerveau	16
1.7 Les différentes étapes de la fabrication du café	17
1.8 Principaux facteurs influant sur la qualité du café	19
1.8.1 Séchage	19
1.8.2 Stockage	19
1.8.3 Transport	19

<b>Chapitre 2 : Matériel et méthodes</b>	
2.1 Échantillonnage	21
2.2 Paramètres mesurés	22
2.2.1 Triage et définitions des défauts	22
2.2.2 Détermination de la matière sèche	22
2.2.3 Mesure de PH	23
2.2.4 Cendres totales sur matière sèche (Matière minérale)	24
2.2.5 Dosage des éléments minéraux (Na, K et Ca <sup>+</sup> )	24
2.2.6 Dosage des sucres solubles	25
<b>Chapitre 3 : Résultats et discussion</b>	
3.1 Triage et détermination des défauts du café vert commercialisé à Laghouat	28
3.2 Détermination du taux d'humidité	30
3.3 Détermination de la teneur en matière sèche (%)	30
3.4. Détermination de la matière minérale (Mm%)	32
3. 5. Détermination de PH	33
3. 6. Détermination du taux des sucres totaux (%)	33
3. 7. Détermination du taux de calcium Ca <sup>+</sup>	35
3.8. Détermination du taux de sodium Na <sup>+</sup>	36
3. 9. Détermination du taux de potassium K <sup>+</sup>	36
3.10 Discussion générale	38
<b>Conclusion</b>	41
<b>Références bibliographique</b>	44
<b>Annexe</b>	49



# Introduction

# Introduction

---

## Introduction

Le café est la seconde boisson la plus consommée après l'eau. Également deuxième produit le plus échangé dans le monde après le pétrole ; le caféier est un petit arbre de moins de 10 m de haut de la famille des Rubiacées, s'explique, outre par ses arômes, des effets qu'elle possède sur le corps humain. En effet, beaucoup de personnes en boivent pour soutenir un rythme de travail intense, améliorer sa concentration, ou pouvoir veiller tard le soir. Ces propriétés du café sont dues à une substance chimique contenue dans la plante de caféier, la caféine (**Djemaoun, 2017**).

Le café est une boisson très populaire, connu dans les pays occidentaux seulement depuis environ 400 ans et se consomme aujourd'hui sous des formes très variées. Que ce soit le café Filtre classique, l'espresso, 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 (**Haler, 2013**).

La légende la plus répandue est celle de Kaldi, un jeune berger Arabe qui, un jour, remarqua la particulière excitation de ses chèvres après l'ingestion de baies. Étonné, il goûta à son tour de ces fruits et devenu, lui aussi, aussi agité que son troupeau. Ramenant ces baies au village, il les fit tester aux habitants et l'effet stimulant de ces fruits leur permit à tous de rester éveillés pendant de longues heures. Devant ces propriétés si particulières, ce fruit reçut le qualificatif de "fruit du démon". (**CNUCED, 2016**)

Du point de vue économique, dans les échanges mondiaux le café occupe la deuxième place après le pétrole, Il joue un grand rôle dans les échanges monétaires entre les pays développés et les pays en voie de développement. Les principaux pays producteurs de café au niveau mondial pris globalement sont entre autres le Brésil (35%), le Vietnam (14%), la Colombie (7%), les Amériques, hors le Brésil et la Colombie (19%), l'Afrique (13%), l'Asie, hors le Viêt Nam (12%) . Le café est un bien consommé en grande partie dans les pays industrialisés et en particulier auein la triade (Europe, Etats-Unis, Japon). Cette consommation représente environ les deux tiers de la consommation mondiale de café. Les tendances récentes du marché international au niveau de la gouvernance de la filière café montrent que les stratégies sont centrées sur la certification d'origine, de qualité et d'améliorations culturelles, ainsi que la consommation du café au niveau local. C'est le cas du Brésil qui est lui-même producteur et consommateur (**ICO, 2018**).

# Introduction

---

La composition chimique du café dépend dans une majeure partie de la génétique de l'espèce. Il existe des différences entre *C. arabica* et *C. canephora*. S'ajoutent après les spécificités qu'affère le terrain sur lequel poussent les caféiers ainsi que d'autres facteurs environnementaux. Pour comparer les constituants d'une espèce de café avec une autre on dit qu'il faut analyser les échantillons d'au moins trois récoltes consécutives pour tenir compte des fluctuations dans la composition du café. De plus, il y a une variation de la composition si on analyse du café vert, du café torréfié ainsi que selon la méthode utilisée pour préparer le café (**HOUESSO, 2007**).

De nombreux travaux effectués ont permis de déterminer les paramètres chimiques de la qualité du café qui contribuent à l'expression des arômes du produit torréfié et qui caractérisent des terroirs spécifiques dans un pays producteur donné. Les composés chimiques concernés sont notamment le saccharose, la caféine, la trigonelline, l'acide chlorogénique et les matières grasses. En effet, les glucides dont le saccharose, représentent plus de 50 % de la matière sèche du café vert. Ils sont transformés au cours de la torréfaction en composés aromatique (**Nemlin et al. 2009**).

L'objectif de notre travail est de déterminer les caractéristiques physico chimiques chez deux variétés de café (Robusta et Arabica) commercialisées dans la wilaya de Laghouat, nous voulons chercher es ce qu'il y a une différence dans la composition en éléments minéraux entre les deux variétés.

Ce manuscrit est réparti en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre comporte des généralités sur le café
- ✓ Le deuxième chapitre concerne la partie expérimentale portant sur la détermination des indices physico chimiques et les analyses des défauts
- ✓ Le troisième chapitre englobe les résultats et discussions

Nous avons terminé ce mémoire par une conclusion générale qui résume les principaux résultats et qui nous permettra d'avoir les perspectives liées à ce travail.

## **Chapitre 1 : Généralités sur le café**

### 1.1 . Définition et origines du caféier

Le nom de café désigne à la fois les graines du caféier, un arbuste des régions tropicales, la boisson obtenue à partir de ces graines et le lieu de consommation de cette espèce. Le « café » vient du mot arabe "Cahouah" ou « قهوة Qahwah » qui désignait cette boisson. Il se transforma ensuite en "qahvè" en turc puis en "café" en italien, d'où le terme français de "café" qui est apparu vers 1600. En France, on emploie familièrement l'argot caoua, dérivée de l'arabe d'Algérie et reprise par les militaires au XIXe siècle. Comme tout le monde le sait le café est une boisson psychoactive obtenue à partir des graines du caféier (**Michelle et al., 2003**).

Pour les botanistes, le caféier est originaire d'Afrique et plus particulièrement d'Abyssinie (actuelle Ethiopie). Il a été introduit en premier lieu dans la péninsule arabe, très probablement par des marchands du Royaume de Saba. Cette plante a, par la suite, été introduite dans les Indes néerlandaises (aujourd'hui Indonésie) en passant par le jardin botanique d'Amsterdam. L'implantation du caféier dans la zone Amériques/Caraïbes remonte au début du XVIIIème siècle où il fut planté pour la première fois sur l'île de la Martinique par l'officier français G. M. de Clieu. Dans le même temps, un spécimen de caféier issu de plantes préalablement introduites à Java (Indonésie) fut amené en Guyane néerlandaise. De là, sa culture se répandit à travers toute la zone tropicale et subtropicale de l'Amérique latine (Costa Rica - 1779, Colombie - 1794, Mexique - 1796) qui finit par devenir le fournisseur, presque exclusif, de café à l'exportation durant les XVIIIème et XIXème siècles (**CNUCED, 2016**).

### 1.2- Caractéristiques botaniques :

**La Classification du caféier selon (Thorn, 2002) est la suivante :**

Règne : Plantae.

Division: Angiospermae.

Classe : Dicotyledonae

Sous---classe: Sympetalae ou Metachlamydeae.

Ordre : Rubiales.

Famille: Rubiaceae.

Genre : Coffea.

Le caféier (*Coffea*) est le genre principal de la famille des rubiacés qui compte plus de 500 genres et 6000 espèces. Pour sa part, le café regroupe 60 espèces différentes dont 10 sont cultivées. Les deux principales variétés de café (représentant la quasi-totalité du marché) sont :

- le *Coffea arabica*, originaire d'Ethiopie et plus communément appelé arabica. Depuis le début des années 2000, l'arabica compte pour plus de 60% de la production mondiale et la quasi-totalité de la production sud-américaine,
- le *Coffea canephora* var. *robusta* qui est la principale variété de l'espèce *Coffea canephora* est originaire d'Afrique Occidentale et Centrale et représente environ 40% de la production mondiale (**CNUCED.2016**).

Deux autres espèces de qualité nettement inférieure font l'objet d'un négoce restreint :

- le *Coffea liberica*, ou "Café du Libéria",
- le *Coffea excelsa*, ou "Café du Tchad".

Cet arbuste au feuillage persistant se couvre de fleurs éphémères, à odeur de jasmin. Les fruits parviennent à maturité dans l'année. Seuls les grains seront torréfiés. Le caféier a généralement plusieurs troncs, ce qui lui donne un aspect buissonnant. Les tiges principales poussent verticalement, les branches (ramifications primaires) sont horizontales. Des ramifications secondaires ou tertiaires apparaissent sur les branches. Les feuilles ovales sont persistantes, d'un vert brillant. Elles poussent en paires, opposées 2 à 2 le long de la tige (**Denis & Bernard, 2003**).

Le caféier est un arbuste pouvant atteindre 12 mètres de hauteur et pousse dans les zones intertropicales, il n'est rentable qu'au bout de 5 ans et sa durée de vie est de 25 à 50 ans et il produit des fruits charnus, le plus souvent rouges ou violets, semblables à des cerises « cerises de café », ces fruits renferment deux noyaux contenant chacun un grain de café. (Coste, 1968). Cette plante est cultivée pour ses grains célèbres pour leur propriété stimulante (**Descroix & Snoeck, 2009**).

Le "Coffea robusta" pousse sous la forme d'un arbuste (Fig.1). Même s'il est possible de rencontrer des caféiers ne possédant qu'un tronc, l'arbre est souvent ramifié en plusieurs tiges. Cultivé surtout en Afrique mais aussi au Viêtnam, en Inde, en Indonésie, à Madagascar, au Brésil et aux Philippines, le robusta est produit en plaine et requiert un climat tropical humide. Comparé à l'arabica, il pousse plus rapidement et se montre plus résistant aux maladies (d'où son nom "robusta") (CNUCED.2016).

Le caféier se couvre de délicieuses fleurs blanches au parfum très odorant, proche du jasmin, Elles sont composées de 5 ou 6 pétales et réunies en bouquets à l'aisselle des feuilles (Denis & Bernard, 2003).

### **1.3. Composition des grains de café vert :**

#### **1.3.1 Les alcaloïdes (La caféine) :**

La caféine, ou 1, 3,7-triméthylxanthine 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.

Leur teneur dans les grains de café vert dépend en premier lieu de la variété du 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%).

#### **1.3.2 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 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).

#### **Les protéines et acides aminés libres**

Les acides aminés présents dans le café vert sont principalement liés aux protéines, la fraction libre ne représentant qu'environ 5% du total, avec une teneur sensiblement plus élevée pour le Robusta que pour l'arabica (Hiramoto et al., 1998).

### 1.3.3 Les glucides

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**).

### 1.3.4 Les lipides

Les grains de café vert de *Coffea arabica* contiennent en moyenne 12 à 20% de lipides totaux et ceux de *Coffea canephora* 9 à 17% (**Debry et al., 1995**). Les lipides du grain sont répartis entre la couche externe entourant le grain (0,2 à 0,3% des lipides totaux : il s'agit de la cire) et l'endosperme (on parle alors d'huile de café). Plusieurs constituants lipidiques sont présents : les triglycérides (très largement majoritaires), les acides gras libres, les esters de di terpènes, les di terpènes libres, les tris terpènes, les stérols, les esters de méthyl stérols, les 5-hydroxytriptamides, les tocophérols, et les phospholipides (**Silabdi, 2010**).

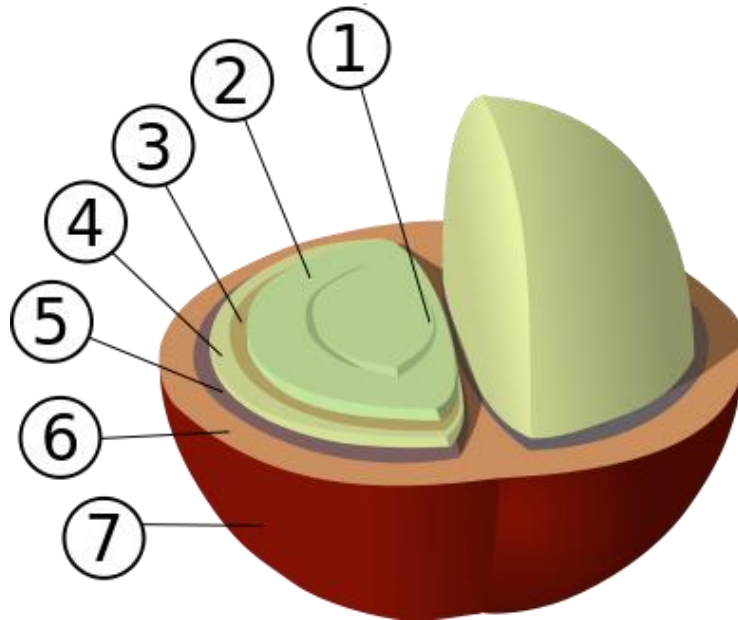
### 1.3.5 Les minéraux

Les cendres du café représentent environ 3 à 5,4% de la matière sèche (López Martinez et al., 2006). La composition moyenne en minéraux des grains verts, exprimée en pourcentage de la matière sèche, est la suivante : potassium 1,63 à 2%, magnésium 0,16 à 0,31%, sulfates 0,13%, calcium 0,07 à 0,035%, phosphates 0,13 à 0,22% (Inoue et al., 1998). La grande majorité (90%) des minéraux sont hydrosolubles, et donc présents dans la boisson (**Debry et al., 1995**).

### 1.3.6 Les vitamines

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**).

#### 1.4 La structure de la graine du café



**Figure N°01 : la structure du fruit de la graine du caféier (Pierre Massia et al ; 1995)**

1 : sillon central

2 : grain de café (endosperme)

3 : peau du grain (tégument)

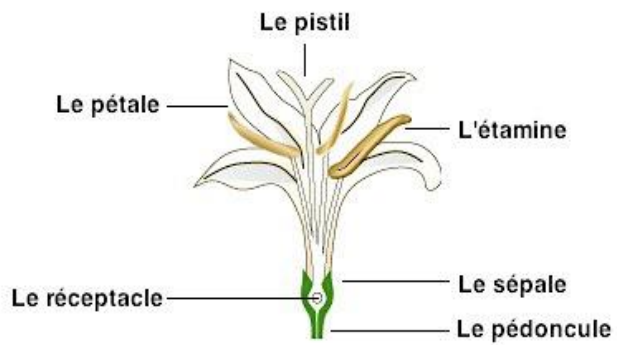
4 : parchemin (endocarpe)

5 : couche de pectine

6 : pulpe (mésocarpe)

7 : peau du fruit (exocarpe)

Fleur



fruit



feuille



aspect général



**Figure N°02 : Aspect du caféier (fleur , fruit , feuille , arbuste) (Haler et al.2013)**

### 1.5 La culture du caféier

Le caféier commun (arabica) préfère les terres tropicales en moyenne altitude (200 à 2 000 mètres d'altitude) où il trouve la température pas trop élevée et l'eau qui lui convient. Son aire de culture s'étend de part et d'autre de l'équateur du 28° degré de latitude nord au 28° degré de latitude sud, mais il donne les meilleurs résultats dans les zones intertropicales les moins chaudes. Le caféier robusta aime plus de chaleur, et supporte assez mal les périodes de sécheresse, et il croît mieux en basse altitude dans des régions tropicales chaudes et humides. L'arabusta, qui est un hybride entre l'arabica et le robusta est assez peu cultivé. Il peut se cultiver en basse altitude comme le robusta (**Michelle et al. 2003**)

Les plantations peuvent aussi être faites à mi- ombre (on parle de café d'ombre), ce qui correspond mieux à l'autécologie de l'espèce, mais réduit la productivité et complique la gestion. De nombreuses variations existent sur les modes de culture d'ombre, depuis la plantation directement en forêt jusqu'à de savantes combinaisons d'arbres d'abri taillés en fonction du stade de fructification des caféiers ou jusqu'à des systèmes de polyculture. Les plantations d'ombre induisent généralement une meilleure biodiversité, cependant très variable en qualité selon les systèmes employés et par rapport à l'état initial naturel. (**Michelle et al.2003** ).

#### 1.5.1 Récolte et préparation des grains

La première récolte peut se faire à la quatrième année du caféier, mais ne sera rentable qu'après cinq à six ans. Dans l'hémisphère nord, on récolte le café entre octobre et janvier, dans l'hémisphère sud la récolte a lieu entre mai et septembre. Sous l'Equateur, deux récoltes peuvent être faites par an (**CNUCED, 2016**).

La récolte se fait soit manuellement (**fig.2**) par Picking (de l'anglais to pick : cueillir) soit par Stripping (de l'anglais to strip : dépouiller). Le Picking doit donc se faire Obligatoirement à la main, ce procédé consiste à cueillir les cerises du caféier Une à une et à ne prendre que les fruits mûrs. Cette façon de récolter est très Coûteuse en terme de main-d'œuvre ; lors d'une seule récolte il faut faire quatre à cinq passages sur un même caféier. Pour cette raison cette méthode Est surtout réservée aux cafés de haute qualité donc l'espèce C. arabica et ses Variétés (**CNUCED, 2016**).



**Figure 03 : Récolte de cerises par la méthode du « Picking» (Haler et al.2013)**

### **1.6 La composition du café**

#### **1.6.1 Les différentes substances dans le café**

Les grains de café renferment à eux seuls plus d'une centaine de constituants tels que des matières azotées ou des tanins. Près de la moitié de la matière sèche du grain de café vert (non torréfié) est constituée de glucides, environ 15% est composée de lipides et 10% de protéines. On trouve également 7% d'acide chlorogénique, aux propriétés antioxydants. De plus le café est riche en vitamines et minéraux tels que le potassium, le calcium et le magnésium (Jon Thorn.2002).

Selon Aurent (2017), avec 397 kcal pour 100 g, il s'agit d'un aliment plutôt calorique, qui constitue une source de glucides, de lipides, de protéines et de fibres. Il fait partie des aliments les plus riches en potassium, en vitamine B3, et en cuivre. Les caractéristiques nutritionnelles du café sont présentées dans le tableau 1, 2,3 :

**Tableau 1 : Analyse nutritionnelle détaillée du café selon ( Aurent ,2017)**

<b>Café, moulu : analyse nutritionnelle pour 100 g</b>	
<b>Energie</b> - selon le règlement UE N° 1169/2011	<b>397 kcal</b>
<i>Soit</i>	1662 kj
<b>Glucides</b>	<b>40,2 g</b>
Sucres	-
Amidon	-
<b>Lipides</b>	<b>15,4 g</b>
Acides gras saturés	-
Cholestérol	0 mg
Acides gras mono-insaturés	-
Oméga 9 - acide oléique (18:1)	-
Acides gras poly-insaturés	-
Oméga 6 - acide linoléique (18:2)	-
Oméga 6 - acide arachidonique (20:4)	-
Oméga 3 - ALA : acide alpha-linolénique (18:3)	-
Oméga 3 - EPA : acide eicosapentaénoïque (20:5)	-
Oméga 3 - DHA : acide docosahexaénoïque (22:6)	-
<b>Protéines</b>	<b>14,4 g</b>
<b>Fibres alimentaires</b>	<b>19,8 g</b>
Sel - chlorure de sodium, NaCl	0,19 g
Polyols	0 g
Acides organiques	-
Alcool	0 g

Selon le tableau 1, nous constatons que le café moulu présente 397Kcal, il contient 40,2g dans 100g de glucides , 15.4 g de lipides , 14,4 g de protéines et 19.8 g de fibres alimentaires .

**Tableau 2 : teneur en vitamines du café (Aurent , 2017)**

Café, moulu : vitamines pour 100 g		
<b>Vitamines hydrosolubles</b>		% AJR <sup>1</sup>
Vitamine B1 – thiamine	0,07 mg	6,36 %
Vitamine B2 – riboflavine	0,2 mg	14,29 %
Vitamine B3 - niacine, ex- vitamine PP	15 mg	93,75 %
Vitamine B5 - acide pantothénique	0,23 mg	3,83 %
Vitamine B6 – pyridoxine	0,001 mg	16,43 %
Vitamine B9 - folates, acide folique	22 µg	11 %
Vitamine B12 – cobalamines	0 µg	0 %
Vitamine C - acide ascorbique	0 mg	0 %
<b>Vitamines liposolubles</b>		% AJR <sup>1</sup>
Vitamine A - activité vitaminique A <sup>2</sup>	0 µg	0 %
<i>Soit</i>	0 UI	-
Rétinol	0 µg	-
Bêta-carotène	-	-
Vitamine D - ergocalciférol, cholécalciférol	0 µg	0 %
<i>Soit</i>	0 UI	-
Vitamine E - tocophérols, tocotriénols	2,7 mg	22,5 %
Vitamine K	0 µg	0 %
Vitamine K1 - phylloquinone, phytoménadione	0 µg	-
Vitamine K2 – ménaquinone	-	-

Le café contient la vitamines B, et la Vitamine E , il ne contient pas de la vitamine C et la vitamine D (tableau 2).

**Tableau 3 : Minéraux et oligo-éléments dans le café (Aurent , 2017)**

Café, moulu : principaux minéraux pour 100 g		
<b>Minéraux</b>		
Calcium – Ca	120 mg	15 %
Magnésium – Mg	240 mg	64 %
Phosphore – P	160 mg	22,86 %
Potassium – K	2020 mg	101 %
Sodium – Na	74 mg	-
<b>Oligo-éléments</b>		
Chlore – Cl	-	-
Cuivre – Cu	1,55 mg	155 %
Fer – Fe	4,1 mg	29,29 %
Iode – I	0,5 µg	0,33 %
Manganèse - Mn	2,13 mg	106,5 %
Sélénium - Se	10 µg	18,18 %
Zinc – Zn	0,79 mg	7,9 %

Note : Les valeurs nutritionnelles proviennent de la base de données de référence Ciquial 2017,

*1 : les apports journaliers recommandés (AJR) sont définis par le règlement 1169/2011 de l'Union Européenne. Comme pour les autres données présentées sur cette page, le pourcentage des apports journaliers recommandés (% AJR) correspond à une portion de 100 grammes de l'aliment "Café, moulu*

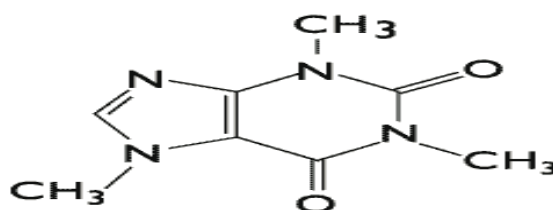
Le café est riche en minéraux, selon le (tableau 3) , le café est riche en potassium , il contient aussi des doses de Ca, Na, Mg,P,Fe,Cu....

**1.6.2 La substance psychoactive du café : la caféine** La caféine (aussi appelée théine ou guaranine), est une substance présente dans le café. C'est un alcaloïde (molécule organique azotée) de la famille des méthyl xanthines, découvert et identifié en 1819 par le chimiste allemand Friedrich Ferdinand Runge, de formule brute :  $C_8H_{10}N_4O_2$  (Fig.3) .On remarquera que le nombre de doubles liaisons conjuguées successive est faible, ce qui explique que la caféine à l'état pur anhydre soit incolore et qu'on la trouve donc sous forme de poudre blanche. A noter également que la dose létale de caféine pure est de seulement 5 grammes pour l'Homme **(Louis et Gaspard, 1995)**

Selon Jon **Thorn** et **Taschen (2002)**, en réalité la caféine ne représente que 1.3% de la matière sèche d'un Arabica et 2.4% d'un Robusta. Néanmoins, malgré cette faible proportion, la caféine demeure la substance la plus remarquable du café si l'on considère ses effets sur l'organisme.

### 1.6.3 Les effets de la caféine sur le cerveau :

Pour supporter de longues journées de travail ou pour veiller En effet, la caféine est capable comme d'autres substances qui sont considérées comme des drogues telles que l'alcool ou la nicotine contenue dans la fumée de tabac, de traverser la barrière hémato-encéphalique. Une fois cette barrière franchie, la caféine arrive dans le cerveau et les cellules nerveuses qui le composent, la caféine a une structure moléculaire proche d'un neurotransmetteur présent dans le cerveau, l'adénosine. Cette caractéristique permet à la caféine de se fixer sur les récepteurs sensibles à l'adénosine, mais ne permet pas de les activer. La caféine se fixe donc sur les récepteurs sensibles à l'adénosine, mais sans les activer. Ainsi, l'action de l'adénosine, dont le rôle est de ralentir l'activité nerveuse, afin de faciliter le sommeil notamment en ralentissant le rythme cardiaque, est empêchée par la présence de caféine. pour cela que beaucoup de gens consomment du café ou d'autres produits caféinés tels que les boissons énergisantes **(Djamoun.2015)**



**Figure 04 : Structure chimique de la caféine(Djamoun.2015)**

### 1.7 Les différentes étapes de la fabrication du café :

La première qui intervient sur le lieu de production va de la récolte à l'obtention du café vert. Les fruits des caféiers appelés « cerises » renferment deux graines, ou fèves. La récolte peut se faire mécaniquement ou manuellement. Par « stripping », en une seule fois, ou par « picking », une cueillette moins rentable mais qui permet de sélectionner les cerises arrivées à maturité. Les fèves sont ensuite extraites de la cerise. Soit par la méthode sèche qui consiste à laisser les cerises quelques jours au soleil. Soit par la méthode humide à l'aide d'une « déceriseuse », qui ôte la pulpe et conduit les fèves dans un bac d'eau où elles sont lavées et déjà triées. **(Vega F; 2008).**

Un temps de fermentation dans de grandes cuves et un temps de séchage sont encore nécessaires. Plus longue et plus onéreuse, cette technique garantit cependant une qualité supérieure. À ce stade, le café obtenu est appelé « café parche » à cause de la fine enveloppe blanche qui recouvre encore les fèves. Il faut donc procéder au pelage pour obtenir le café vert. Ce dernier est de nouveau trié et calibré avant l'exportation. La deuxième grande étape, réalisée dans les pays importateurs va de la torréfaction à l'emballage. La torréfaction est décisive et détermine la qualité finale du café. Schématiquement, durant la cuisson, elle met en œuvre des réactions chimiques complexes qui produisent, entre autres, les arômes et les colorations brunes. Appelées réactions de Maillard, du nom d'un chimiste français né en 1878, elles vont permettre l'émergence, la combinaison et l'effacement d'un millier d'arômes alors que le café vert en laisse distinguer seulement trois. Le réchauffement progressif jusqu'à 180 ou 200°C garantit la bonne libération des arômes. **(Dagoon ; 2005)**

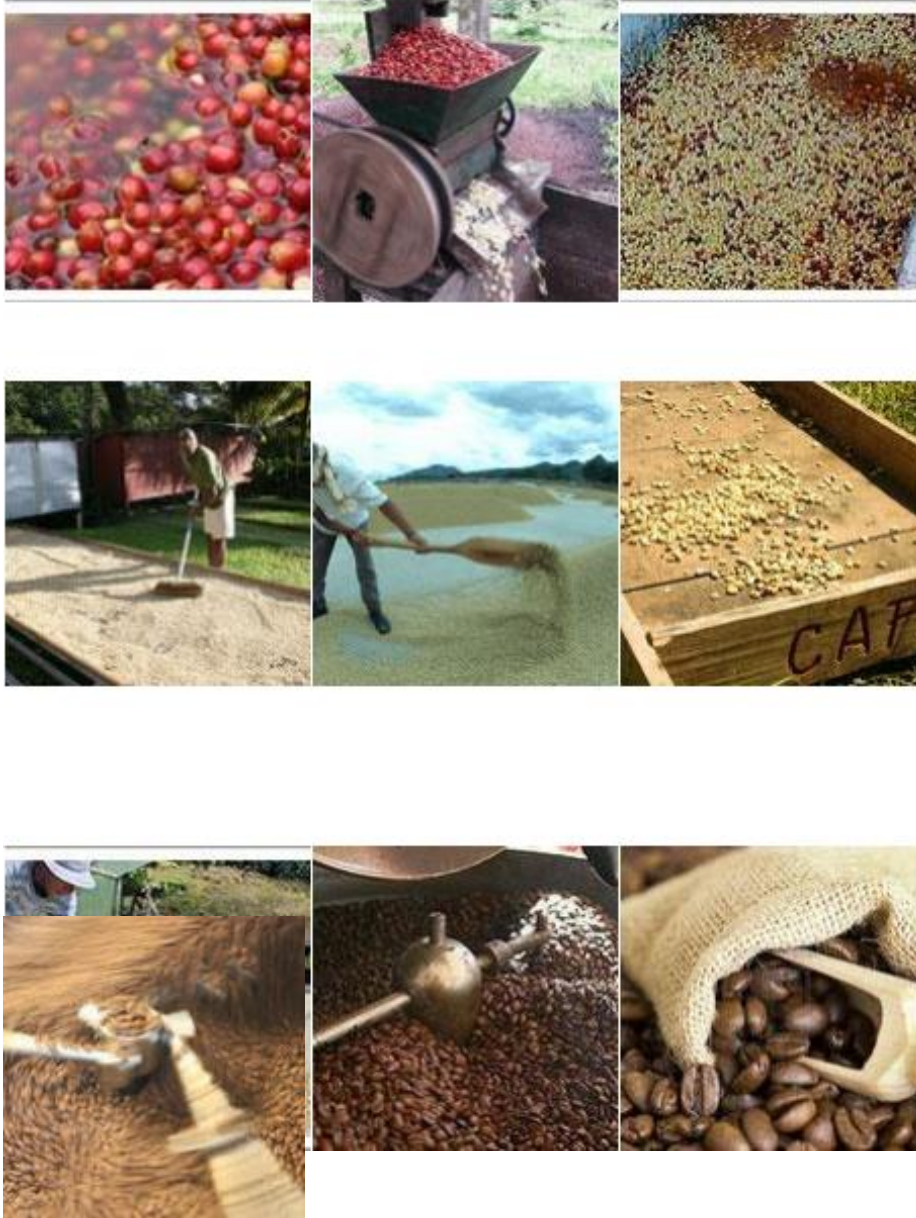


Figure N° 05 : les différentes étapes de la production du café (Djamoun. 2017)

### 1.8 Principaux facteurs influant sur la qualité du café

#### 1.8.1 Séchage

Le séchage (traitement par voie humide et sèche) est un stade très critique dans la détermination de la qualité du café. Dans ces deux cas, il est séché soit par des agriculteurs ou des coopératives. Au cours des conditions climatiques humide, il prend de longues périodes de séchage au risque de réabsorber l'humidité. Ces conditions favorisent la croissance des moisissures pouvant conduire à la production des mycotoxines. Ces risques peuvent être palliés par l'utilisation d'un séchage mécanique (**Bourgeois & Larpent, 1996**).

#### 1.8.2 Stockage

Le stockage du café est une étape cruciale pouvant affecter la qualité de ce substrat. En effet une mauvaise conduite peut induire la détérioration ou la perte de la qualité des grains. Un soin spécial doit être donné aux paramètres d'humidité, aux conditions et à la durée de stockage. Notons qu'il est impérativement important d'éviter la réhydratation pendant le stockage et le transport (**FAO, 2011**).

#### 1.8.3 Transport :

Le café est transporté en vrac uniquement depuis les pays producteurs vers les pays consommateurs, en général dans des conteneurs de 18 à 22 tonnes, selon un chargement en sac ou en vrac. Ces volumes de café contiennent une quantité d'eau résiduelle qui pourrait sous l'effet des variations de température provoquer une condensation voir une réhumidification locale pouvant entraîner une redistribution de la fraction d'eau et aboutir au développement des moisissures (**ICO, 2006**).

## **Chapitre 02 : Matériel et méthodes**

## Chapitre 2 : Matériel et méthodes

### 2.1 Échantillonnage

Pour la réalisation de notre essai , Nous avons procuré 12 échantillons : deux variétés de café Arabica ( Ar) et Robusta (Ro) a l'état vert et deux torréfiés Arabica torréfié (ArT) et robusta torréfié ( RoT) , et ce à partir de trois vendeurs dans la ville de Laghouat choisi aléatoirement, nous avons prélevé 300g pour chaque échantillon (4x3) dans des sacs de 60 kg de poids.

Selon les vendeurs (EL Bey , Kahlaoui, et Boumegouess) , L'origine du café Arabica a été le Brésil, et l'origine du café robusta a été la cote d'Ivoire. La température de torréfaction du café Arabica est de 182°C, La température de torréfaction du café Robusta est de 183°C durant 2 heures.

Les échantillons (fig.5) ont été transmis au laboratoire pour analyser les paramètres cités en dessous.



Figure 06: Les échantillons du café

### 2.2 Paramètres mesurés

#### 2.2.1 Triage et définitions des défauts

La méthode de détermination des défauts est faite selon une observation des graines de café forme et couleur, et selon un classement et des normes présentés en annexe 1.

#### 2.2.2 Détermination de la matière sèche

C'est la perte de masse subite par le produit après chauffage dans une étuve jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité placée dans un dessiccateur selon la méthode décrite par (Iso.2010).

##### -Mode opératoire :

- Sécher un verre de montre pendant 30 Min à 103°C avec couvercles inclinés et peser après refroidissement dans un dessiccateur durant 20 à 30 Min ;
- Peser 2 g de café moulu sur ce verre de montre, placer dans l'étuve à 105°C (fig.6) pendant 3 h avec couvercles inclinés ;
- Refroidir dans un dessiccateur pendant 15 Min, peser et ensuite remettre dans l'étuve durant 1 h à 105°C ;
- Refroidir comme précédemment, si la différence entre deux pesées n'est pas inférieure à 2 mg,

##### -Les Résultats sont donnés selon les formules suivantes :

$$\text{Matière sèche MS \%} = 100 - TE$$

$TE = \text{teneur en eau (\%)}$

$$\text{Humidité en H\%} = (M1 - M) / (M1 - M0) * 100$$

$M0$  : la masse en (g) de capsule vide.

$M1$  : la masse en (g) avec la prise d'essai avant séchage.

$M$  : la masse en (g) après séchage.

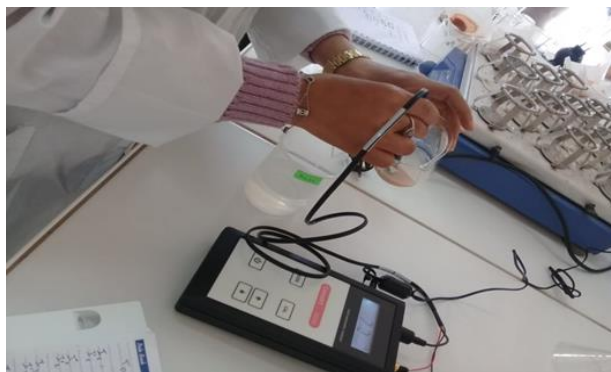


**Figure 07 : séchage a l'étuve photo originale**

### 2.2.3 Mesure de pH

La méthode pour mesurer le pH des échantillons est la suivante

- peser 5 g de chaque échantillon
- verser chaque pesée dans un bécher noté, ajouter 100 ml d'eau distillée.
- agiter les solutions pendant 15 à 20 min à l'aide d'un agitateur magnétique.
- mesurer le pH



**Figure 08 : Mesure de pH (photo originale)**

## Chapitre 2 : Matériel et méthodes

---

### 2.2.4 Cendres totales sur matière sèche (Matière minérale)

Les cendres totales sont le résidu de composés minéraux qui reste après incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique. Le principe consiste en une incinération du matériel biologique au four à moufle, dans un creuset en porcelaine. L'opération ne sera terminée que lorsque la couleur des résidus deviendra blanche grisâtre, qui se transformera en une couleur blanche après refroidissement (ISO/TC 34, 2010) .

#### Mode opératoire :

- \*Chauffer une capsule en porcelaine pendant 15 min à 300 °C et peser la à vide après refroidissement dans un dessiccateur ;
- \*Peser 10g de café broyé sur cette capsule en porcelaine
- \*Introduire la capsule dans un four à moufle réglé à 550°C pendant 8 heures jusqu'à ce que le contenu des creusets prend une couleur blanche grisâtre qui blanchit après refroidissement ;
- peser la capsule avec les cendres ;
- garder dans des tubes.

### 2.2.5 Dosage des éléments minéraux (Na, K et Ca+) :

Le spectrophotomètre à flamme est utilisé pour ce type de dosage, Un bulleur alimenté par un mélange air-butane donne une flamme relativement chaude (1900°C environ) dans laquelle on nébulisé finement la solution à analyser. La matière portée ainsi a un certain niveau d'énergie, la restitue sous forme de radiation lumineuse spécifique des ions qui les émettent et l'intensité émettrice, la mesure de l'intensité lumineuse produite par un élément donné (après élimination des radiations des autres éléments par des filtres) (Maurice Pinta et al.1957).

#### Mode opératoire :

La décomposition de la matière organique s'effectue à la méthode de minéralisation par voie humide ;, qui consiste à détruire la matière végétale en utilisant un mélange de trois oxydants acides. Elle se déroule selon l'ordre suivant dans le rapport 10-1-4. Le mode opératoire consiste à :

## Chapitre 2 : Matériel et méthodes

- peser 0.2 g de MS
- Ajouter 5 ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) à 65% ;
- après 10 min on ajoute en deuxième fois 5 ml de HNO<sub>3</sub> ; ajouter 1 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 98%, ajouter 4 ml d'acide perchlorique (HClO<sub>4</sub>) ;
- faire chauffer pendant 15 à 20 min à une température supérieure de 100 °C ;
- -laisser refroidir, ensuite ajuster à 100 ml avec l'eau distillée.
- Le dosage de ces éléments se fait avec un spectrophotomètre à Flamme (fig.8)

Des gammes étalons sont réalisés pour chaque élément (0 ppm, 5ppm, 10ppm, 15 ppm, 20 ppm), les courbes étalons sont présentés en annexe 2



**Figure 09 : Dosage des éléments minéraux par spectrophotomètre à flamme (photo originale)**

### 2.2.6 Dosage des sucres solubles

L'extraction et le dosage des sucres solubles, dans les grains de café, sont faits selon la méthode de **Dubois (1956)** qui consiste à :

- mettre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai.
- ajouter 2 ml d'éthanol à 80%.
- laisser le tout au repos pendant 48h.

## Chapitre 2 : Matériel et méthodes

---

- faire évaporer tout l'alcool en mettant les tubes à essai dans un bain Marie à 70°.
- après refroidissement, mettre dans chaque tube à essai 20 ml d'eau distillée.
- prendre 1 ml de la solution et ajouter 1 ml de phénol à 5 % en prenant soin de bien agiter.
- ajouter 2 ml d'acide sulfurique concentré et déposer les tubes à essai dans un bain de glace; les laisser reposer durant 25 min.
- procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490 nm.
- calculer les concentrations (mg/g MF) à partir de l'équation déduite de la gamme d'étalonnage (annexe2).

## **Chapitre 03 : Résultats et discussion**

## Chapitre 3 : Résultats et discussion

### 3.1. Triage et détermination des défauts du café vert commercialisé à Laghouat

Les résultats du triage des grains du café vert sont présentés dans le tableau : La prise d'échantillon a été de 300 g pour chacun, rappelant que nous avons testé 4 échantillons avec 3 répétitions pour chacun, nous avons testé la variété arabica en vert (Ar) et arabica torréfiée (ArT) et la variété Robusta en vert (Ro) et robusta torréfiée (RoT).

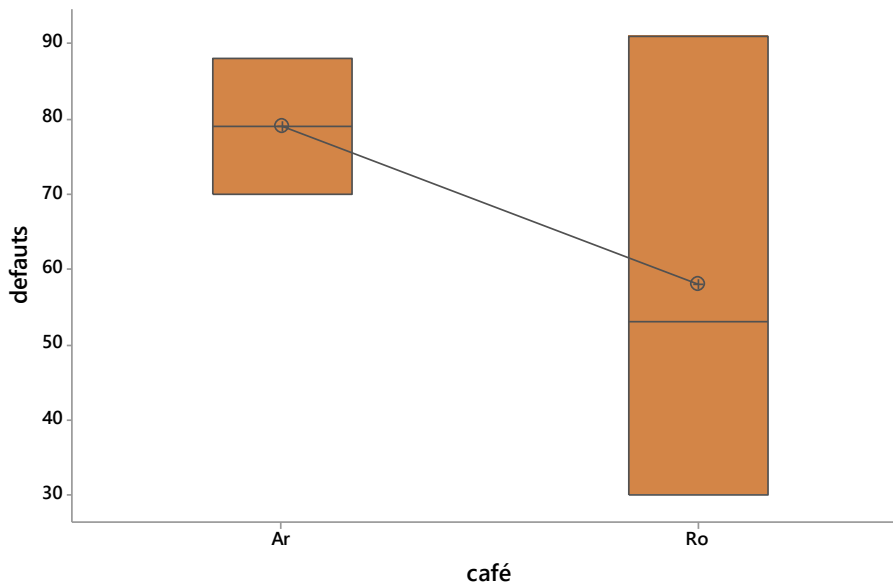
**Tableau 4 : Résultats des nombre des défauts comptabilisés dans les échantillons du café vert Arabica et robusta**

Défauts	Arabica			Robusta		
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 1	Ech 2	Ech 3
Fève sèche	0	30	16	12	22	0
Fève en cerise	6	8	8	2	4	6
Fève en noire	7	13	6	4	12	7
Fève indésirable	15	5	11	1	5	15
Coquilles	21	4	2	2	2	21
Brisures	8	1	1	0	0	8
Fève sure	0	0	0	0	0	0
Fève en parche	10	6	6	2	4	10
Les fèves demi-noires	0	0	0	3	0	0
Les fèves spongieuses blanches	0	0	0	0	0	0
Les fèves immatures	0	0	1	2	0	0
Les fèves blanches	16	1	28	0	4	16
Les fèves scolytes	2	0	0	0	0	2
Grosse peau ou coque	0	0	0	0	0	0
Bois moyen	0	0	0	0	0	0
Petits bois	0	0	0	0	0	0
Petit peau ou parche	3	2	0	2	0	3
Nombre totale	88	70	79	30	53	91

Le nombre des fèves défectueuses dans le café vert et dans un échantillon de 300 g ne doit pas dépasser 120 défauts maximum selon le décret exécutif N° 96-371 du 03/11/1996 modifiant et complétant le décret exécutif N° 92-30 du 20/01/1992 relatif aux spécifications et à la présentation des cafés (JORA : 067 du 06/11/1996).

## Chapitre 3 : Résultats et discussion

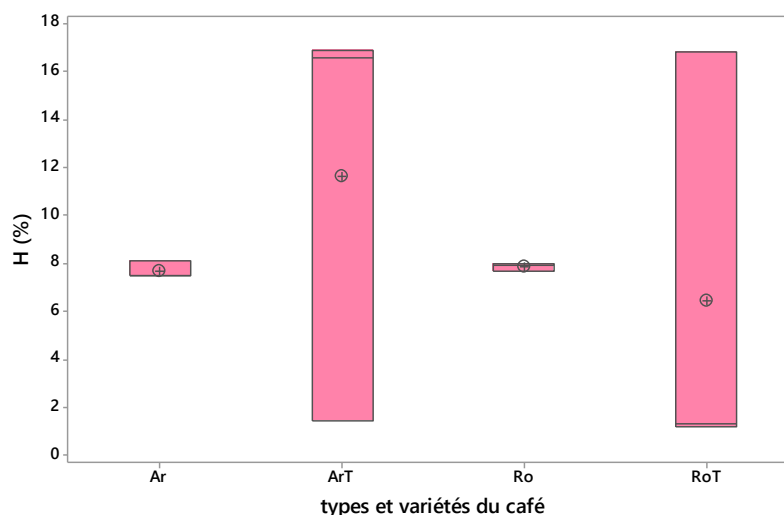
Le triage de l'échantillon a été fait selon le barème de calcul des défauts du café vert prescrit dans le même décret. Les résultats montrent que le nombre des défauts trouvés (Ar1=88, Ar2=70, Ar3=79, Ro1=30, Ro2=53, Ro3=91) sont inférieurs à celui indiqué dans les normes alors les échantillons des deux variétés vendu dans la ville de Laghouat sont conformes aux normes. Arabica et Robusta à l'état vert, nous avons constaté que la variété arabica a présenté le nombre 79 de défauts supérieurs à celle de Robusta 59 (Fig.9).



**Figure 10: le nombre des défauts des échantillons du café vert Arabica et robusta**

### 3.2 - Détermination du taux d'humidité

L'ANOVA en (ANNEXE 03) a révélé une différence non significative pour ce paramètre ( $P=0.77$ ), les résultats sont présentés dans la Fig.10 .



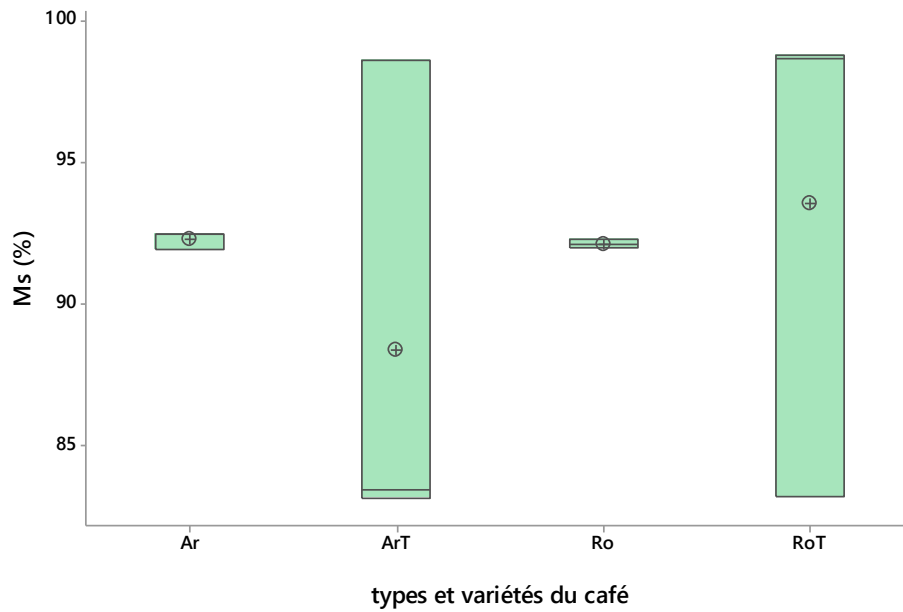
**Figure 11 : taux d'humidité (%) des échantillons du café vert et torréfié**

La valeur la plus élevée a été constatée chez la variété Arabica torréfiée avec un pourcentage 11.6 % ; La valeur la plus basse a été constatée chez la Robusta torréfiée avec un pourcentage 6.43 %. Les autres échantillons Arabica (Ar) non torréfiée et Robusta non torréfiée (Ro) ont présenté des valeurs intermédiaires.

Par rapport aux normes mondiales la valeur obtenue de la teneur en eau ou en humidité doit être inférieure à 12.5% selon le **décret exécutif N° 17-99 du 20/02/2017 fixant les caractéristiques du café ainsi que les conditions et les modalités de sa mise à la consommation**. Nos valeurs d'humidité pour les grains de café soit en vert soit torréfiés sont dans les normes.

### 3.3 Détermination de la teneur en matière sèche (%)

L'ANOVA (ANNEXE 04) a relevé des résultats en générale approximatifs proche et statistiquement non différents ( $P=0.771$ ) .

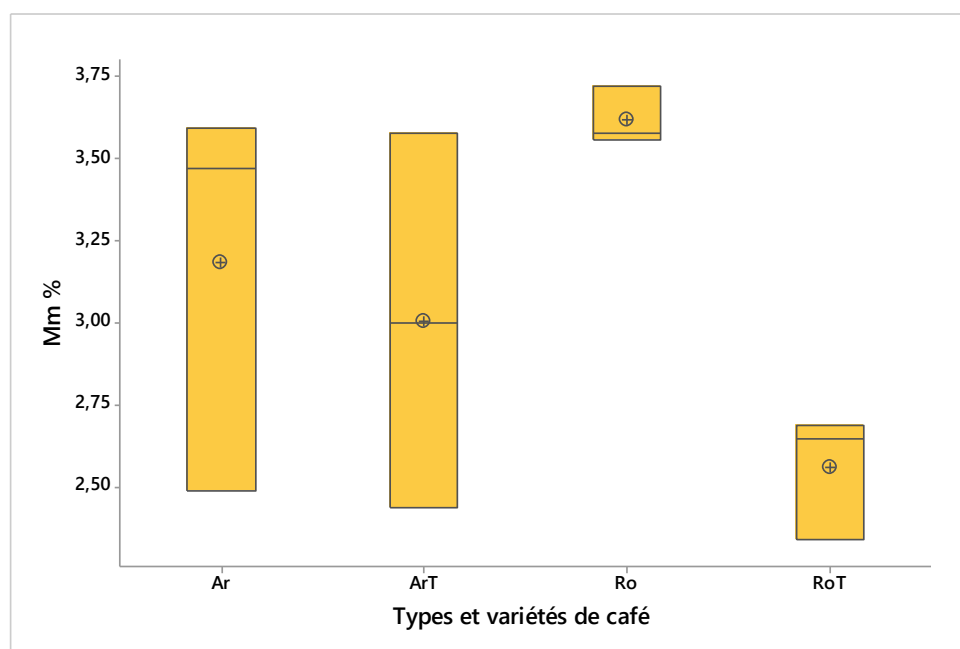


**Figure 12 : taux de matière sèche (%) des échantillons du café vert et torréfié**

Par rapport aux normes mondiales la valeur obtenue de la teneur en eau ou en humidité doit être inférieure à 12.5% donc le taux de matière sèche doit être supérieure a 88% selon le **décret exécutif N° 17-99 du 20/02/2017 fixant les caractéristiques du café ainsi que les conditions et les modalités de sa mise à la consommation.** Nos valeurs pour la teneur en matière sèche pour les grains de café soit en vert soit torréfiées sont dans les normes.

### 3.4. Détermination de la matière minérale (Mm%)

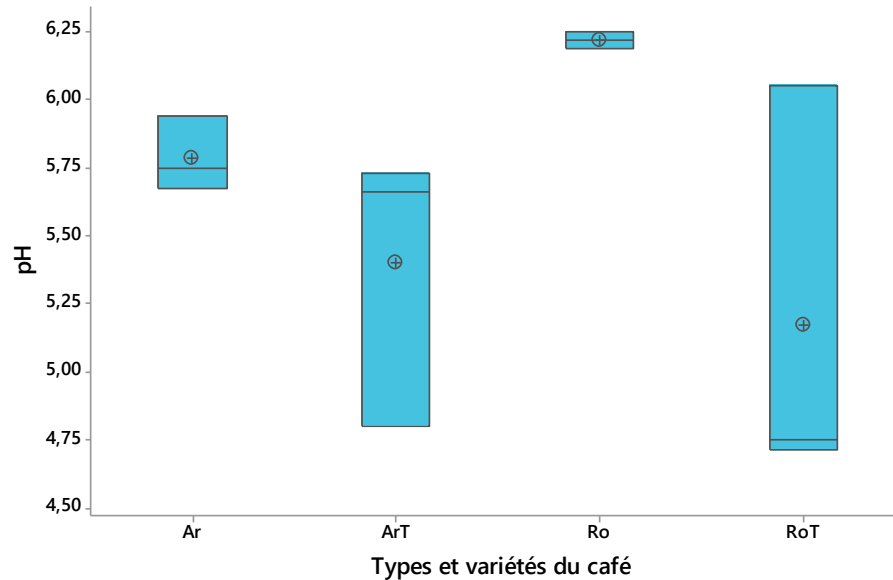
Les résultats pour ce paramètre sont présentés dans la (figure 12)



**Figure 13 : Taux de cendres (Matière minérale en %) des échantillons du café vert et torréfié**

L'ANOVA en (ANNEX 06) a présenté une différence non significative pour ce paramètre ( $P=0.087$ ). Les résultats obtenus sont en général approximatifs proche et statistiquement non différents, et toutes les valeurs obtenues sont inférieures à 6%, qui est la teneur en cendres maximale tolérée dans les cafés torréfiés.

### 3. 5. Détermination de pH :

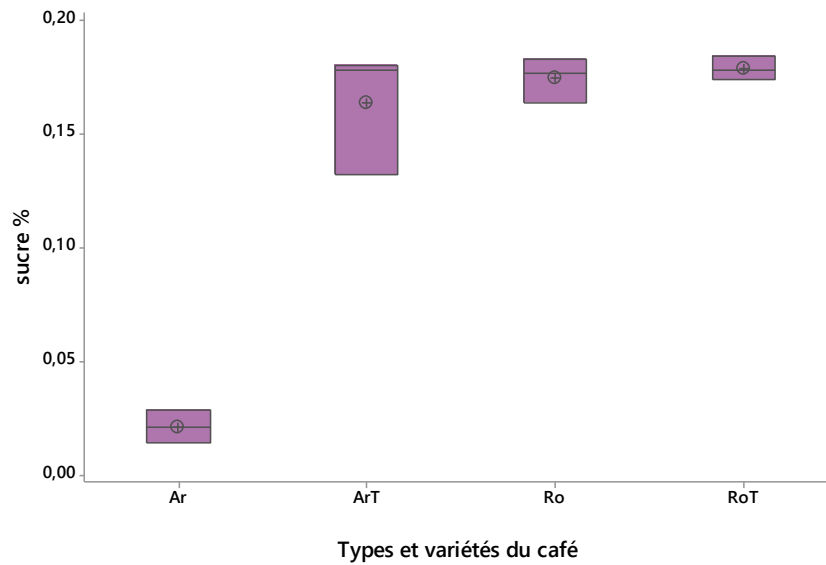


**Figure 14 : pH des solutions des échantillons du café vert et torréfié**

L'ANOVA en (ANNEXE 05) a présenté, une différence non significative pour ce paramètre ( $P=0.099$ ). Les valeurs de pH de café sont établies entre 5.11 et 6.22 ; Selon les normes la valeur de pH de café est de  $pH=5$  ; donc nos valeurs sont dans les normes.

### 3. 6. Détermination du taux des sucres totaux (%)

En consultant l'ANOVA en (ANNEXE 07) et la figure14, nous constatons une différence hautement significative pour ce paramètre ( $P= 0.000$ ).

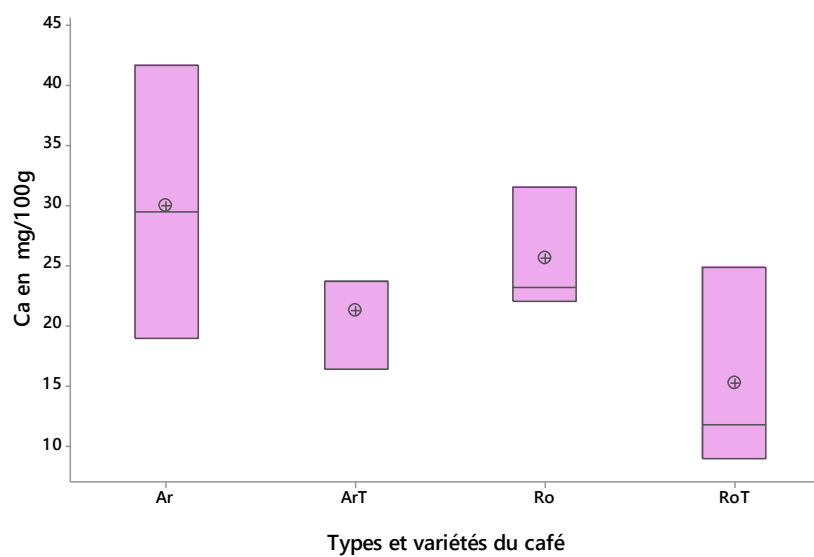


**Figure 15 : Taux des sucres totaux des échantillons du café vert et torréfié**

La valeur la plus élevée a été constatée chez la variété Arabica torréfié avec un pourcentage de **0.17** ; La valeur la plus basse a été constatée chez la variété Arabica non torréfié **AR** avec un pourcentage de **0.02**. Les autres échantillons Robusta (**Ro**) et Robusta torréfiée **RT** et arabica torréfiée **AT** ont présenté des moyennes intermédiaires. Selon les **normes internationales** le taux de sucres est entre (**0.1 et 1.6**) et nos valeurs oscillent entre **0.02 et 0.17, donc** ; ce sont pas dans les normes. Il semble que la variété arabica est moins riche en sucres que Robusta. (Ciquel, 2017)

### 3. 7. Détermination du taux de calcium Ca<sup>+</sup>

L'ANOVA (ANNEXE 10) a présentée, une différence non significative pour ce paramètre (P=0.203). Dans la figure 15, nous avons enregistré la moyenne en calcium dans 100 g du café moulu des échantillons étudiés.

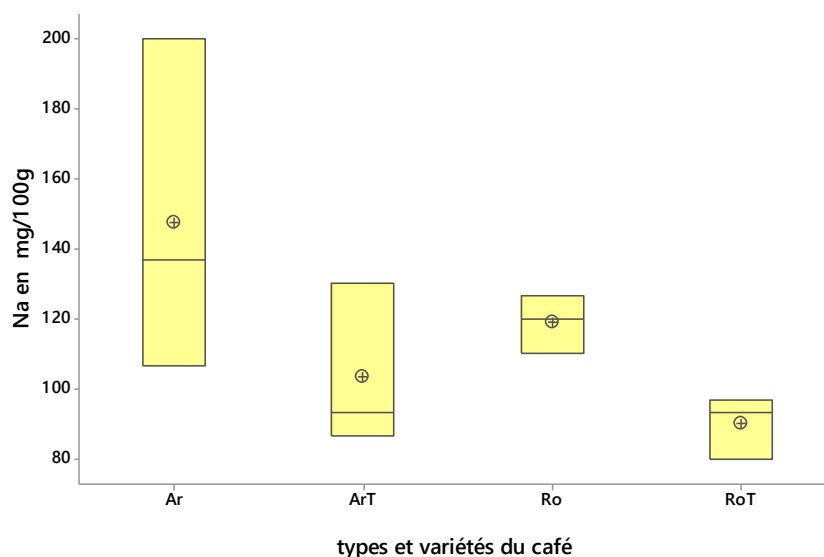


**Figure 16 : Taux du calcium dans les différents échantillons du café vert et torréfiés**

Selon les normes internationales le taux maximal de calcium est 120 mg et notre valeur est entre 15 et 30 mg. Nous constatons que nos valeurs sont bien inférieures à 120 mg.

### 3.8. Détermination du taux de sodium Na<sup>+</sup> :

L'ANOVA en (ANNEXE 09) a présenté une différence non significative pour ce paramètre (P=0.13) (fig.16).



**Figure 17 : taux des Sodium dans les différents échantillons du café vert et torréfiés**

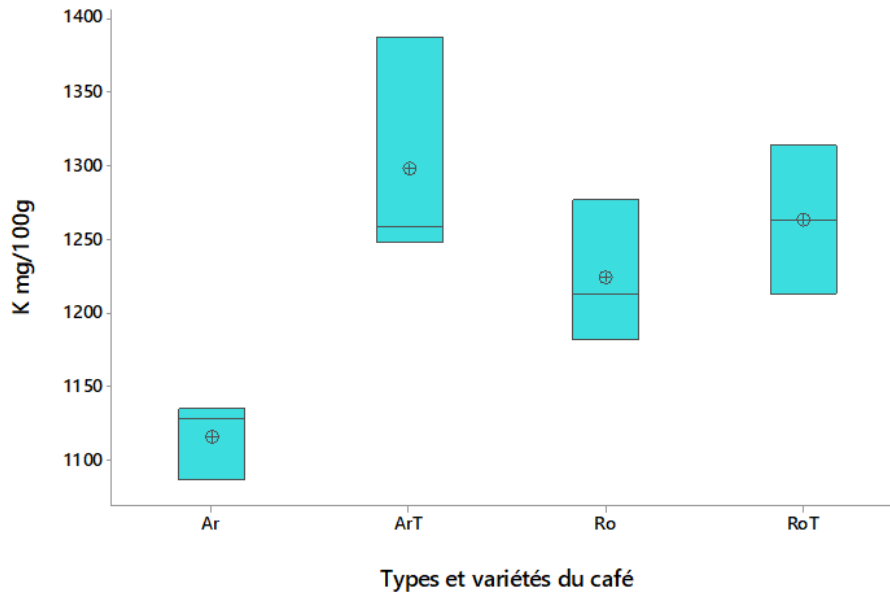
La valeur la plus élevée a été constatée chez la variété Arabica (200mg/100g). La valeur la plus basse a été constatée chez la variété Robusta torréfié (90 mg/100g). Les autres échantillons Robusta et Arabica torréfiée ont présenté des valeurs intermédiaires. Selon les normes internationales le taux de sodium est 74 mg, et nos valeurs ont été entre 90 mg et 200 mg ; Donc nos valeurs sont supérieures aux normes. (Ciquel, 2017)

### 3. 9. Détermination du taux de potassium K<sup>+</sup>

L'ANOVA (ANNEXE 08) a révélé, une différence hautement non significative pour ce paramètre (P=0.016) ; nous avons obtenu trois groupes statistiques, la variété arabica dans le groupe B avec un moyen de potassium de 1115.8 mg /100g c'est la valeur inférieurs entre les échantillons, le café arabica torréfié et robusta torréfié ont été regroupé dans le groupe A, ils

## Chapitre 3 : Résultats et discussion

ont présenté des valeurs supérieures à 1262mg/100g. La variété robusta non torréfiée a été classée un seul groupe statistique (AB) avec une valeur de 1223,7mg/100g (fig 17).



**Figure 18 : taux du potassium dans les différents échantillons du café vert et torréfiés**

Selon les normes internationales le taux maximal de Potassium est de 2020 mg et nos valeurs ont été entre 1140 mg - 1380mg, Donc nos valeurs sont dans les normes. Mais il semble que la variété Arabica est moins riche en Potassium que l'autre variété à l'état vert, mais à l'état torréfié l'ANOVA a révélé une différence

### 3.10 Discussion générale

Selon les résultats trouvés, nous constatons que le café Arabica et Robusta sont de bonne qualité, selon les analyses physico chimique (taux d'humidité, matière sèche, matière minérale, pH, sucre totaux, Calcium, Potassium, et le Sodium)

Les taux d'humidité des cerises fraîches du café robusta sont liés au pourcentage de matière sèche constituée de matières minérales et de matières organiques ou matières volatiles sèches selon Coste (1989), Clifford (1985). Les concentrations en matières minérales diffèrent selon les terroirs et les clones de robusta selon les mêmes auteurs.

La variation du taux de cendres entre les terroirs est essentiellement due à la variation du taux de matières minérales et plus particulièrement du taux de potassium, élément constitutif majeur du café robusta. Cet effet du terroir sur la composition minérale du robusta avait été mis en évidence par Coste (1989), Clifford (1985) et Clarke et Walker (1974) sur du café robusta d'Ouganda et d'Angola. Pour ces auteurs, la teneur en cendres des cafés variait entre 3 et 4 % selon les terroirs et elles renfermaient principalement des éléments comme K, Na, Ca, Mg, P et S et de nombreux oligo-éléments tels que Fe, Al, Cu, I, F, B et Mn.

On note que les chercheurs dans ce domaine de café ont trouvés que le taux d'humidité de café « Robusta » est environ 10% (Nemlin et al, 2009). Nous avons trouvé que, le taux d'humidité pour l'échantillon Robusta est de 6.43% , et pour Arabica de 11.6% , Tous ces résultats sont similaires et dans les normes. Mais nous avons remarqué que notre café est plus sec que le café trouvé dans les autres résultats, et cela peut être dû à plusieurs raisons, dont les plus importantes sont les méthodes de séchage et sa durée, car tous ces facteurs peuvent conduire à une augmentation de l'humidité du café et donc mois.

Malgré cela, 10% est un pourcentage approprié, et il est de haute qualité, car les normes internationales disent que l'humidité ne doit pas dépasser 12%.

Un séchage insuffisant peut provoquer des moisissures. Dans les cas les plus graves, les cafés insuffisamment séchés peuvent développer des champignons microscopiques et moisissures. Ceux-ci ont toujours été indésirables mais l'attention croissante des consommateurs aux mycotoxines présentes dans les produits agricoles, en particulier

## Chapitre 3 : Résultats et discussion

---

l'ochratoxine A (OTA), est source de réelles préoccupations pour certains producteurs de café. Un séchage puis un entreposage propres, adaptés et efficaces du café sont probablement la meilleure défense contre les moisissures et ses conséquences potentielles.

Dans certaines recherches l'évaluation de taux de cendre indique que les valeurs sont inférieure à 6% (**kadri et al.2018**), Cela ne contredit pas nos résultats, Puisque nos résultats vont de 2,55 à 3,61 % . Les résultats varient selon la zone dans laquelle le café est cultivé.

La valeur de pH varient selon la teneur de composé acides, notre résultats indique que l'échantillon Robusta est plus acide que l'échantillon Arabica cela peut être dû au divers paramètre tel que la pureté de l'échantillon après torréfaction et moulage, la durée et les conditions de conservation et de stockage. Les valeurs trouvées dans les différentes recherches de Kadri et al. (2018) ont révélé que la valeur de l'acide se situe entre 6,05 et 6,06, et c'est ce que nous avons obtenu dans nos résultats.

Dans nos résultats, la valeur la plus élevée de sucres totaux a été constaté chez la variété Arabica torréfiée avec un pourcentage de 0.17% ; D'un autre côté, il y a des résultats qui disent que la valeur la plus élevée est celle du café vert avec un pourcentage très élevée 3.27% (**Djemoun. 2017**). La valeur de sucres totaux varie en fonction de la température de torréfaction.

**Conclusion**

### Conclusion générale

Ce travail a permis d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques de quelques échantillons du café commercialisé de la région de Laghouat. La connaissance des caractéristiques physico-chimiques de café est essentielle pour l'évaluation. Ainsi, d'autres paramètres comme les sucres, l'humidité, le pH, et la teneur en cendres déterminent sa qualité et sa stabilité dans le temps.

La détermination des défauts du café est très importante pour évaluer la qualité de café. Les résultats obtenus dans tous les échantillons sont inférieurs à 120 défauts ce qui indique que nos échantillons sont dans les normes.

La détermination du taux d'humidité dans les échantillons de café étudiés est importante pour la qualité de café. Les résultats obtenus montrent que tous les échantillons de café étudiés contiennent un taux d'humidité inférieur à 12.5 %, Ce qui indique que nos échantillons sont conformes aux normes mondiales.

Selon la teneur de matière minérale, toutes les valeurs sont inférieures à 6%, qui sont la teneur en cendres maximale tolérée dans les cafés torréfiés.

La mesure du pH d'échantillons du café étudiés est aussi importante pour connaître l'acidité de café. Selon les références nous constatons que la valeur de pH de café est de pH=5 ; donc nos valeurs sont dans les normes.

Selon les normes internationales le taux de sucres est entre (0.1 et 1.6) et nos valeurs oscillent entre 0.02 et 0.17, donc ; ce sont pas dans les normes. Il semble que la variété arabica est moins riche en sucres que Robusta.

Pour le taux de calcium Ca<sup>+</sup> Selon les normes internationales le taux maximal de calcium est 120 mg et nos valeurs enregistrées ont été entre 15 et 30 mg, malgré quelles sont inférieures mais elles restent dans les normes...

Pour le taux de sodium Na<sup>+</sup>, nos valeurs sont supérieures aux normes, Selon les normes internationales le taux de Sodium est 74 mg, et nos valeurs ont été entre 90 mg et 147.8 mg.

## Conclusion générale

---

Pour le taux de potassium K<sup>+</sup>, nos valeurs ont été entre 1115.8 mg - 1297mg, et les normes internationales le taux maximal de Potassium est de 2020 mg, Donc nos valeurs sont dans les normes.

Enfin, nous pouvons conclure que, il n'y'a pas de différence dans entre les deux variétés étudiées, sauf pour la variété arabica à l'état vert qui a présenté des valeurs inferieures à celle de Robusta pour la teneur en sucres solubles et le taux du potassium.

**En perspective** il serait intéressant d'élargir cette étude sur plusieurs autres types de café et d'étudier d'autres paramètres physico-chimiques. En particulier le taux de magnésium afin de voir quelle est la variété qui est moins néfaste pour la tension artérielle. aussi bien pour le taux de caféine, les arômes le gout...ect

## **Références bibliographiques**

**Références bibliographiques :**

Benabderahman, H.,(2016).corrélation entre la qualité et la quantité de café consommé et les marqueurs oxydants. Université de Tlemcen.

Bouden, H., Kadri, A., (2019).contrôle de qualité du café et du safran. Université Blida 1.

Bouhenniche, I., et Zergui, A., (2018). Contribution à la valorisation des déchets de cafés commercialisés dans la région d'Ain Defla. Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana.

Bourgeois, CM., Larpent, N., (1996). Microbiologie alimentaire. Aliments fermentés et fermentation alimentaires. Technique et documentation. 288-298.

Chambers, E., Sanchez, K., X. T. Phan, U., Miller, R., Civille, G., Di Donfrancesco, B., (2016). Development of a “living” lexicon for descriptive sensory analysis of brewed coffee. Wiley journal of sensory studies, 10.1111/joss.12237.

Chetioui, F., LOUACHAI, M., (2020). Contribution à l'étude qualitative des cafés de consommation commercialisés dans la région d'Eloued. Université Echahid Amma Lakhdar d'el-oued . Eloued.57 P.

Clifford, M.N., ET Willson, K.C., (1985). Coffee Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Orstom foods Documentaire ,32.125.ex1, 14—46

Cnuced (2016) Conférence des nations unies sur le commerce et le développement, Fonds de la Cnuced pour l'information sur les marchés des produits de base agricoles.

Daviron, B., et Ponto, S.,(2007) le paradoxe du café. Paris, Quae.

- Djemaoun, N., (2017). Contrôle de la qualité physico-chimique et analyse sensorielle d'un mélange de café (Robusta et Arabica), Université Aboubekr Belkaid – Tlemcen.
- Debry, G., (1995). Le café. Sa composition, sa consommation, ses incidences sur la santé, Centre de Nutrition Humaine.
- Denis. D, Bernard. F ; 2003. Le café, des terroirs et des hommes. CIRAD. 1, p 4.
- Descroix F., Snoeck J. 2009. Environmental factors suitable for coffee cultivation. Wintgens Jean Nicolas. Coffee : growing, processing, sustainable production : A guidebook for growers, processors, traders, and researchers. Weinheim : Wiley-VCH, p. 168-181"
- Ernesto, L., (1976). Possibilité D'emploi dans les états membre de la Cee du café «ROBUSTA» produit par les états africains et malgache associés,97.
- Faure, G., (2012). Stratégies des organisations de producteurs de café au Costa Rica vis-à-vis des certifications environnementales et sociales. Cah Agric.2– 3, mars-avril – mai-juin 2012,162—168.
- 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.
- Fischer, M., Riemann, S., Trovato. V, Redgwell. RJ., (2001). Polysaccharides of green Arabica and Robusta coffee beans, Carbohydrate Research, 330, pp 93-101
- Ghecham, F.,(2012) Chloration de l'Histidine et de la caféine dans des milieux de minéralisation variable. Masters thesis , Université Mohamed Khider – Biskra.
- Gloess, A., Scho"nba"chler, B., Klopprogge, B., Chatelain, K., Bongartz, N., Strittmatter, A., Rast, M., et Yeretziyan, C., (2013). Comparison of nine common coffee extraction méthodes: instrumental and sensory analysis. Eur Food Res Technol : 236:607–627.

Guegue, L., Rombauts, P.,(1961) , dosage du sodium, du potassium, du calcium et du magnésium par spectrophotométrie de flamme dans les aliments , le lait et les excréta, Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.

Haler, G., Nicolas, P., (2013).le café :les effets bénéfiques et néfastes sue la santé, Thèse , le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie , Université de lorraine ,la France.172 P

Henok, K., Hammed, S., et Tenaw, W., (2011). Evaluation of composting process and quality of compost from coffee by-products (COFFEE HUSK & PULP). Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management, 4 2011,8—13.

Houessou J. K. (2007) . Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le café : mise au point et étude de l'étape de torréfaction. Thèse Doctorat Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement. Ecole Doctorale ABIES, Laboratoire de Chimie Analytique, Life Sciences [q-bio]. AgroParisTech.

Hiramoto K., Li .X, Makimoto. M, Kato. T, Kikugawa. k., (1998). Identification of hydroxyl hydroquinone in coffee as a generator of reactive oxygen species that break DNA single strands. Mutation Research, 419, pp 43-51.

ICO (2018) International Coffee Organization, Trade Statistic tables, Section=Statistic.

ISO/TC 34 (2010) .Le comité technique ISO/TC 34. Norme ISO 3632-2 : 2010, Épices – Safran (*Crocus sativus* L.) – Partie 2 : Méthodes d'essai, (2010).

Jardin, E., (1895).le caféière et le café monographie historique, scientifique, et commerciale de cette rubiacée. Paris, MH070.2J28.

Michelle J, Martine SG, Daniel D (2003). Terres de café. The leading information portal on coffee science. Chemistry. 1: 120-127

Nemlin, G. J., Irie, Z. B., Ban-Koffi, L., Koffi, N., Legnate, Y., Yoro, G., Amani, G. (2009). Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du Café robusta

(*Coffea canephora* L.) en fonction des terroirs et des techniques culturales en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 21(2) :185-195.

Oza , J., Aerni, H., Pirman, N., Barber, K., ter Haar, C., Rogulina S., Amroffell M., Isaacs, F., Rinehart J., & Jewett, M., (2015). Robust production of recombinant phosphoproteins using cell-free protein synthesis, *nature communications*, 10.1038/ncomms9168.

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

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

Thorn, J (2002). *Le Café, le guide du connaisseur*. Modus Vivendi, Canada. P108.

Ribeiroa, J.S., Ferreiraa, M.M.S., Salva, et T.G.K., (2011). Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta* 83 (2011), 1352–1358.

**Annexe**

## **Annexe 01**

### **Les défauts du café vert :**

- Les fèves avariées sèches ;
- Les fèves en cerises ;
- Les fèves noires (fèves dont la moitié ou plus est de couleur noire extérieurement et intérieurement) ;
- Les demi-noires (fèves dont moins de la moitié est de couleur noire extérieurement et intérieurement) ;
- Les fèves sures ou rances (fèves d'aspect cireux, de couleur marron, plus ou moins foncée, dégageant une odeur désagréable lorsqu'on les ouvre) ;
- Les fèves en parches (fèves enveloppées entièrement ou partiellement dans leur parche) ;
- Les fèves blanches spongieuses.

### **Le barème de calcul des défauts du café vert :**

1 fève sèche	2 défauts
1 fève en cerise	1 défaut
1 fève noire	1 défaut
5 fèves indésirables	1 défaut
5 coquilles	1 défaut
5 brisures	1 défaut
1 fève sure	1 défaut
2 fèves en parche	1 défaut
5 fèves demi-noires	1 défaut
5 fèves spongieuses blanches	1 défaut
5 fèves sèches	1 défaut
5 fèves immatures	1 défaut
5 fèves blanches	1 défaut
10 fèves piquées ou scolytées	1 défaut
1 grosse peau ou coque	1 défaut
3 petites peaux ou parches	1 défaut

1 gros bois

1 bois moyen

3 petits bois

2 défauts

1 défaut

1 défaut

## Annexe 02 :

### One-way ANOVA: defaults versus café

Method

Null hypothesis all means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values  
Café 4 Ar; ArT; Ro; RoT

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	1069	356,3	0,91	0,476
Error	8	3117	389,7		
Total	11	4186			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
19,7400	25,53%	0,00%	0,00%

Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	79,00	9,00	(52,72; 105,28)
ArT	3	58,3	18,2	(32,1; 84,6)
Ro	3	58,0	30,8	(31,7; 84,3)
RoT	3	55,67	14,01	(29,39; 81,95)

Pooled StDev = 19,7400

### Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
Ar	3	79,00	A
ArT	3	58,3	A
Ro	3	58,0	A
RoT	3	55,67	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Annex 03 : One-way ANOVA: H (%) versus café

Method

Null hypothesis All means are equal  
 Alternative hypothesis At least one mean is different  
 Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values  
 café 4 Ar; ArT; Ro; RoT

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	45,29	15,10	0,38	0,771
Error	8	318,62	39,83		
Total	11	363,91			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
6,31090	12,45%	0,00%	0,00%

Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	7,700	0,346	( -0,702; 16,102)
ArT	3	11,63	8,86	( 3,23; 20,04)
Ro	3	7,8667	0,1528	(-0,5355; 16,2688)
RoT	3	6,43	8,98	( -1,97; 14,84)

Pooled StDev = 6,31090

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
ArT	3	11,63	A
Ro	3	7,8667	A
Ar	3	7,700	A
RoT	3	6,43	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Annex 04 : One-way ANOVA: Ms (%) versus café

Method

Null hypothesis All means are equal  
 Alternative hypothesis At least one mean is different  
 Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
café	4	Ar; ArT; Ro; RoT

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	45,29	15,10	0,38	0,771
Error	8	318,62	39,83		
Total	11	363,91			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
6,31090	12,45%	0,00%	0,00%

Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	92,300	0,346	( 83,898; 100,702)
ArT	3	88,37	8,86	( 79,96; 96,77)
Ro	3	92,1333	0,1528	(83,7312; 100,5355)
RoT	3	93,57	8,98	( 85,16; 101,97)

Pooled StDev = 6,31090

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
RoT	3	93,57	A
Ar	3	92,300	A
Ro	3	92,1333	A
ArT	3	88,37	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Annex 05

### One-way ANOVA: pH versus café

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
café	4	Ar; ArT; Ro; RoT

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	1,914	0,6380	2,93	0,099
Error	8	1,739	0,2174		
Total	11	3,653			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,466253	52,39%	34,54%	0,00%

#### Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	5,7867	0,1387	(5,1659; 6,4074)
ArT	3	5,397	0,518	( 4,776; 6,017)
Ro	3	6,2200	0,0300	(5,5992; 6,8408)
RoT	3	5,170	0,762	( 4,549; 5,791)

Pooled StDev = 0,466253

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
Ro	3	6,2200	A
Ar	3	5,7867	A
ArT	3	5,397	A
RoT	3	5,170	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Annex 06

### One-way ANOVA: Mm % versus café

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
café	4	Ar; ArT; Ro; RoT

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	1,740	0,5800	3,14	0,087
Error	8	1,476	0,1844		
Total	11	3,216			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,429465	54,11%	36,91%	0,00%

#### Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	3,182	0,607	( 2,610; 3,754)
ArT	3	3,003	0,571	( 2,431; 3,574)
Ro	3	3,6187	0,0882	(3,0469; 4,1904)
RoT	3	2,557	0,191	( 1,985; 3,128)

Pooled StDev = 0,429465

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
Ro	3	3,6187	A
Ar	3	3,182	A
ArT	3	3,003	A
RoT	3	2,557	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Interval Plot of Mm % vs café

### Annex 07

#### One-way ANOVA: sucre % versus café

##### Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	At least one mean is different
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

## Factor Information

Factor Levels Values  
café 4 Ar; ArT; Ro; RoT

## Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	0,051781	0,017260	74,54	0,000
Error	8	0,001852	0,000232		
Total	11	0,053633			

## Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0152166	96,55%	95,25%	92,23%

## Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	0,02097	0,00749	(0,00071; 0,04123)
ArT	3	0,1633	0,0273	( 0,1430; 0,1836)
Ro	3	0,17428	0,00998	(0,15402; 0,19454)
RoT	3	0,17878	0,00526	(0,15852; 0,19904)

Pooled StDev = 0,0152166

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
RoT	3	0,17878	A
Ro	3	0,17428	A
ArT	3	0,1633	A
Ar	3	0,02097	B

Means that do not share a letter are significantly different.

## Interval Plot of sucre % vs café

### Annex 08

#### One-way ANOVA: K+ mg/100g versus café

##### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

## Factor Information

Factor Levels Values  
café 4 Ar; ArT; Ro; RoT

## Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	55870	18623	6,45	0,016
Error	8	23102	2888		
Total	11	78972			

## Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
53,7380	70,75%	59,78%	34,18%

## Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	1115,8	25,7	(1044,3; 1187,4)
ArT	3	1297,6	77,9	(1226,0; 1369,1)
Ro	3	1223,7	48,4	(1152,1; 1295,2)
RoT	3	1262,9	49,8	(1191,4; 1334,4)

Pooled StDev = 53,7380

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
ArT	3	1297,6	A
RoT	3	1262,9	A
Ro	3	1223,7	A B
Ar	3	1115,8	B

Means that do not share a letter are significantly different.

## Interval Plot of K mg/100g vs café

### Annex 09 :

#### One-way ANOVA: Na mg/100g versus café

##### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

##### Factor Information

Factor	Levels	Values
café	4	Ar; ArT; Ro; RoT

##### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	5552	1850,6	2,50	0,134
Error	8	5926	740,7		
Total	11	11478			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
27,2166	48,37%	29,01%	0,00%

#### Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	147,8	47,6	(111,5; 184,0)
ArT	3	103,3	23,3	( 67,1; 139,6)
Ro	3	118,89	8,39	(82,65; 155,12)
RoT	3	90,00	8,82	(53,76; 126,24)

Pooled StDev = 27,2166

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
Ar	3	147,8	A
Ro	3	118,89	A
ArT	3	103,3	A
RoT	3	90,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Annex 10

### One-way ANOVA: Ca mg/100g versus café

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
 Alternative hypothesis At least one mean is different  
 Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
café	4	Ar; ArT; Ro; RoT

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
café	3	360,0	120,01	1,93	0,203
Error	8	496,8	62,10		
Total	11	856,8			

#### Model Summary

S R-sq R-sq(adj) R-sq(pred)  
 7,88009 42,02% 20,28% 0,00%

Means

café	N	Mean	StDev	95% CI
Ar	3	30,00	11,44	(19,51; 40,49)
ArT	3	21,19	4,22	(10,70; 31,68)
Ro	3	25,58	5,21	(15,09; 36,08)
RoT	3	15,19	8,52	( 4,70; 25,68)

Pooled StDev = 7,88009

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

café	N	Mean	Grouping
Ar	3	30,00	A
Ro	3	25,58	A
ArT	3	21,19	A
RoT	3	15,19	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Interval Plot of Ca mg/100g vs café