

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Bejaïa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Sciences Alimentaires

Thème

**Evaluation de l'activité antioxydante des
grains du café torréfiés (*Coffea arabica*
et *Coffea robusta*)**



Proposé par :

M^{elle} : MOKHTARI Lila
M^{elle} : OUAZENE Saloua

Membres de jury :

Présidente : M^{me} HAMRI.S
Promoteur : M^r MADANI.K
Co-promotrice : M^{me} BELKHIRI.W
Examinatrices : M^{elle} MINDJOU.S
M^{me} BOULKBECH.L

Année universitaire : 2011-2012

Created with

 **nitro**PDF[®] professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu de nous avoir donné courage et patience pour mener à terme cet humble travail.

Nous tenons à remercier vivement M^{me} Hamri S, d'avoir accepté de présider les jurys et M^{lle} Mindjou Set M^{me} Boulkbech L d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Notre promoteur Docteur M^r Madani K pour avoir accepté de nous encadrer.

Notre Co-promotrice M^{me} Belkhirri W, pour son aide et sa disponibilité durant la période de réalisation de notre travail au laboratoire et aussi pour ses conseils précieux qui nous ont permis de s'affranchir des écueils rencontrés tout au long de la période de réalisation de notre travail.

Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent également à tout le personnel du laboratoire qui nous a aidé à effectuer notre stage dans de meilleures conditions et ont amélioré nos connaissances dans ce cadre très important dans nos études et dans notre vie professionnelle.

Enfin à tous ceux qui ont de loin ou de près, contribué à l'accomplissement de ce modeste travail.

« Avec tous nos remerciements »

Dédicaces

Ensemble de l'amour et du respect, je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents

*à la plus courageuse, sensible, généreuse, la plus belle à qui j'ai
pu donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montré affection et
compréhension à mon égard, Ma mère que j'aime.*

*A celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie, à celui qui
m'a soutenu en toutes circonstances, Mon père que j'aime.*

*A celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, A mon cher mari KARIM que
j'aime très fort ;*

*A mes très chers sœurs et frères : Zahia et son époux Dada Abd-Nour et ses deux
filles : Yasmine et Lina , Samia, Nassima et son époux Karim et ses deux filles : Bouchera et
Maria-Ibetissam, Ghania ; Tahar et sa femme Milane appelé Djegdjiga et ses deux
enfants : Youba et Amel, Karim et ses deux enfants : Samir et Yanis, Farid et sa femme
Farida et sa fille Sameh, Hamid, Hafid, Sadak et Hcino ;*

A mon oncle Lakhdar que j'aime ;

A ma belle famille ;

A Malika et son mari Sdik et ses deux enfants ;

*A ma grand-mère que Dieu le garde pour nous et la mémoire de mes grand-père et ma
grand-mère ;*

A mes chères amis (e)

A mon binôme Saloua ainsi que sa famille ;

A tous mes voisins dans la résidence Berchiche 01 ;

A tous personnes donnant un coup de main et aide de près ou de loin ;

A toute la promotion SA 2011-2012.

LILA



Created with

 **nitroPDF** professional

download the free trial online at nitropdf.com/professional

Dédicaces

En nom de l'amour et du respect, je dédie ce modeste

A mes très chers parents

à la courageuse, sensible, généreuse, la plus belle à m'a su me donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montré affection et compréhension à mon égard, Ma mère que j'aime.

A celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie, à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, Mon père que j'aime.

A mes très chers sœurs et frères : Boualem, Lyes, Rahima et son époux, Houcine, Rbiha et son époux, Nacer, Zahia et son époux Djamel, Saloua, Souad et Lydia ;

A mes oncles, tantes, cousins et cousines ;

A mes aimables nièces et neveux : Sami et Islam, Zahia, Kahina, Mouhamed, Abd'El-aziz, Khalida, Farhat, Oussama et Nesrine

A mon très cher grand-père: que dieu le garde pour nous et la mémoire de ma grand-mère ;

A mes chères amis (e) : NOURA, NADJET, MERRI et DJAMEL.

A ma binôme et amie la plus compréhensive et patiente Lila ainsi que sa famille ;

A ceux que j'ai eu la chance de connaître, dans les meilleurs et pire moments de ma vie,

A tous mes voisins dans la résidence Berchiche 01 ;

A tous personnes donnant un coup de main et aide de près ou de loin ;

A toute la promotion SA 2011-2012.

Saloua



SOMMAIRE

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

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le café

1. Historique.....	2
2. Définitions du café	2
3. Présentation de la plante.....	2
3.1. Morphologie et culture de la plante	2
3.2. Principales variétés.....	3
4. Composition et intérêt thérapeutique du café.....	4
4.1. Composition chimique.....	4
4.2. Antioxydants du café.....	5
4.3. Intérêt thérapeutique du café.....	8

Chapitre II : Traitement du café

1. Récolte.....	10
1.1. Récolte manuelle.....	10
1.2. Récolte mécanique	10
2. Traitement des fruits du caféier.....	10
2.1. Choix de la méthode	10
2.2. Méthode humide	11
2.3. Méthode sèche.....	13
2.4. Calibrage et triage	14
2.5. Conditionnement	15
3. Torréfaction	15
3.1. Crus et mélanges.....	16
3.2. Enrobage	16
3.3. Mouillage	16
3.4. Brûleries industrielles	16
4. Broyage	17
5. Dégazage	17
6. Conditionnement et emballage	18

Partie expérimental

Chapitre I : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal	19
1.1. Description de matériel végétal.....	19
1.2. Préparation de la poudre.....	20
2. Préparation de l'extrait	20
3. Dosage des antioxydants	20
3.1. Dosage des polyphénols totaux	20
3.2. Dosage des proanthocyanidines.....	21
3.3. Dosage de la caféine par la micro méthode	21
4. Dosage de l'activité anti radicalaire	22
4.1. Test au DPPH.....	22
4.2. Test à l'ABTS.....	22
5. Dosage de Pouvoir réducteur	23
5.1. Test de phosphomolybdate d'ammonium	23
5.2. Test de ferricyanure d'ammonium.....	23
6. Analyse statistique	24

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Dosage des antioxydants.....	25
1.1. Dosage des polyphénols totaux	25
1.2. Dosage des proanthocyanidines.....	26
1.3. Dosage de la caféine par la micro méthode	27
2. Dosage de l'activité anti radicalaire	28
2.1. Test au DPPH	28
2.2. Test à l'ABTS.....	30
3. Dosage de Pouvoir réducteur	31
3.1. Test de phosphomolybdate d'ammonium	31
3.2. Test de ferricyanure d'ammonium	31
Conclusion.....	33

Références bibliographiques

Annexes

Liste des Abréviations

A: Acide;

ABTS : Sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique);

ANOVA : Analyse de la variance à un seul facteur ;

α 2A: Alpha 2-Adénosine;

β A : Betta Amyloidine;

BHA: Butyl Hydroxy Aniosol;

C : Concentration;

CHC : Carcinome hépatocellulaire;

CNT : Café non torréfié;

CT : Café torréfié;

DPPH : Radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl;

EAG : Equivalent en acide gallique;

ECy : Equivalent en cyanidine;

Fe⁺² : Fer ferreux ;

Fe⁺³ : Fer ferriques ;

FeCl₃ : Chlorure de fer ;

GC : Gas chromatography ;

HPLC: Chromatographie liquide haute performance;

Mo : Molybdate ;

MS : Spectrophotometrie de masse ;

MS : Matière sèche ;

MP: Maladie de Parkinson ;

NaCl : Chlore de Sodium ;

LSD : La plus petite différence significative ;

SPE : Extraction en phase-solide ;

TCA : Acide Trichloroacétique.

Liste des figures

Figure 1. Schéma représentant un grain de café.....	3
Figure 2. Structure chimique des acides chlorogéniques.....	6
Figure 3. Structure chimique de 3,4-dihydroxyflavane.....	6
Figure 4. Structure chimique de la caféine.....	7
Figure 5. Structure chimique de Trigonelline.....	7
Figure 6. Schéma de première transformation du café selon la voie sèche, et la voie humide.	10
Figure 7. Schéma d'une installation de traitement de café par voie humide.....	11
Figure 8. Différents types de dépulpeur.....	11
Figure 9. Schéma de bac de fermentation	12
Figure 10. Schéma d'un démulcinateur mécanique.....	13
Figure 11. Schéma représente la structure des calibreurs.....	14
Figure 12. Schéma d'un catador à colonne (a) et d'une table densimétrique (b).....	15
Figure 13. Schéma de torréfacteur.....	17
Figure 14. Photographie de café robusta.....	19
Figure 15. Photographie de café arabica.....	19
Figure 16. Teneur en composés phénoliques des extraits de <i>Coffea arabica</i> et de <i>Coffea robusta</i>	24
Figure 17. Teneur en proanthocyanidines pour <i>Coffea Arabica</i> et de <i>Coffea Robusta</i>	25
Figure 18. Teneur en caféine pour <i>Coffea arabica</i> et <i>coffea Robusta</i>	27
Figure 19. Activité anti-radicalaire au DPPH des extraits <i>Coffea arabica</i> et de <i>Coffea robusta</i>	29
Figure 20. Activité anti-radicalaire de l'ABTS des extraits de <i>Coffea arabica</i> et <i>Coffea robusta</i>	30
Figure 21. pouvoir réducteur de phosphomolybdate d'ammonium des extraits <i>Coffea Arabica</i> et de <i>Coffea Robusta</i>	31
Figure 22. pouvoir réducteur de ferricyanure de potassium des extraits <i>Coffea Arabica</i> et de <i>Coffea Robusta</i>	32

Liste des tableaux

Tableau I. Composition en acides aminés totaux d'un café de Colombie, avant et après torréfaction.....	4
Tableau II. Composition chimique moyenne (% sur produit sec) des cafés en grains verts et torréfiés de type arabica et robusta.....	5
Tableau III. Composition en antioxydant moyenne (% sur produit sec) des cafés en grains verts et torréfiés de type arabica et robusta.....	7
Tableau IV. Les caractéristiques. de <i>Coffea arabica</i> et <i>Coffea robusta</i> analysé.....	19
Tableau V. Teneurs en polyphénols totaux pour <i>Coffea arabica</i> , exprimées en mg EAG/ g selon le temps et la température de torréfaction.....	26
Tableau VI. Teneur en caféine des grains de café verts et torréfiés.....	28
Tableau VII. Influence du temps et température sur la torréfaction sur la capacité anti-radicalaire.....	29

Liste des figures en annexes

Annexes I

Figure 1. Classification des polyphénols.

Figure 2. Structure chimique des polyphénols antioxydants synthétiques.

Figure 3. Réaction de radical libre DPPH (α , α -diphénylique- β -picrylhydrazyl) avec un groupement oxydable.

Figure 4. De la cerise au grain torréfié.

Annexes II

Figure 1. Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.

Figure 2. Courbe d'étalonnage de la caféine.

Figure 3. Courbe d'étalonnage de l'ABTS.

Figure 4. Courbe d'étalonnage de ferricyanure de potassium.

Figure 5. Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium.

Liste des tableaux en annexes

Annexes III

Tableau I. Consommation mondiale de café depuis 1970 à 2010.

Tableau II. Matériel et réactifs utilisés.

Le café est le deuxième produit agricole entrant dans le commerce mondial. Il compose également une proportion élevée de la valeur des exportations totales dans de nombreux pays. La commercialisation du café est majorée par deux espèces qui sont *Coffea arabica* (connu sous le nom de café arabica) et *Coffea canephora* (connu sous le nom de café robusta) (Gomez-Ruiz et al., 2008). Le café est aussi considéré comme étant le deuxième produit commercialisé après le pétrole. C'est l'une des boissons les plus populaires au monde car soixante-quinze pour cent (75%) des boissons non alcoolisées consommées régulièrement est le café (Parras et al., 2007).

Le café occupe une place importante dans la société humaine pendant au moins 1200 années. Il est constitué d'un mélange de composés actifs (les polyphénols, l'acide chlorogénique, proanthocyanidines et la caféine) (Muriel et Arauz, 2010), mais aussi de plusieurs autres composés responsables des propriétés sensorielles (le goût, la couleur et la saveur) qui se développent principalement pendant la torréfaction (Nicoli et al., 1997 ; Brezova et al., 2009). Plusieurs études réalisées ont révélé les effets bénéfiques du café sur la santé à court-terme et à long-terme grâce à l'ensemble des constituants bioactifs qu'il renferme. Il a également été rapporté que la consommation de café est associée avec la réduction de risques des maladies coronaires, diabète type 2, Parkinson, Alzheimer et cancer (Stalmach et al., 2010).

L'objectif de notre travail est basé sur le dosage de quelques antioxydants présents dans le café tel que, les polyphénols totaux, les proanthocyanidines et la caféine et d'évaluer aussi leur activité antioxydante par différente méthode (tests de ferricyanure de potassium et de phosphomolybdate d'ammonium, test au DPPH et l'ABTS) à partir d'extraits de deux espèces de café torréfié *Coffea arabica* et *Coffea robusta* communément importé respectivement du Brésil et de la Cote d'Ivoire par l'Algérie.



1. Historique

Le café est originaire d'Ethiopie puis, il s'est répandu peu à peu au monde arabe, à Constantinople puis à Venise. Malgré les interdictions et les mises en garde de la médecine, le café se répand rapidement et se retrouve dans toute l'Europe au milieu du XVI^e siècle. C'est en 1663, à Amsterdam, que le premier débit de café d'Europe du Nord ouvre ses portes.

Les Hollandais trouvent ce breuvage si délicieux, la Compagnie Néerlandaise des Indes Orientales apporte des graines à Java où les associés du gouverneur Van Hoorn les acclimatent et créent leurs premières plantations en 1699. En 1706, on retrouve le café à Amsterdam sous forme de plante exotique (**Badoud et Bauer, 2001**).

2. Définition du café

Le café est un grain issu d'un fruit rouge dépourvu de son péricarpe extérieur et dont la pellicule argentée appelée spermodermes est parfois ôtée. Le terme café s'utilise aussi bien pour désigner les grains verts ou torréfiés, entiers ou moulus, ainsi que le breuvage préparé à partir de ceux-ci (**Badoud et Bauer, 2001**). Ces catégories sont définies comme suit :

Selon le **journal officiel N°6, (1992)** la dénomination café vert est réservée aux graines issues des fruits des plantes du genre *Coffea*, débarrassées totalement de leur parche et partiellement de la pellicule argentée.

Le terme café torréfié est réservé au café résultant de la torréfaction de café vert. La torréfaction consiste à chauffer les graines de café vert à une température qui provoque des modifications chimiques, physiques et physico-chimiques (**le journal officiel N°6, 1992**).

Selon le **journal officiel N°6, (1992)** le café moulu désigne un produit obtenu par mouture de café torréfié.

3. Présentation de la plante

3.1. Morphologie et culture de la plante

Le caféier est un arbuste appartenant à la famille des rubiacées, il se développe particulièrement bien à des altitudes allant de 600 m à 1200 m dans les régions tropicales avec une température annuelle moyenne de 15 à 25°C et une humidité moyenne. Selon les espèces, il atteint 3 à 12 m de haut. Ces arbustes sont taillés entre 2 et 2,5 m pour en faciliter la récolte.

Ils commencent à fleurir 3 à 4 ans après avoir été plantés et ce n'est qu'après six ans qu'ils fournissent une récolte complète. La durée de production du caféier peut atteindre 40 ans mais le rendement maximum est atteint après 10 à 15 ans.

Les fruits du caféier dont la maturation a lieu entre 8 à 12 mois après la floraison ont la forme d'une cerise d'un diamètre d'environ 1,5 cm. Elles sont constituées d'une enveloppe extérieure verte, qui, lorsque le fruit est bien mûr, deviennent rouge-violet ou rouge foncé. Cette enveloppe contient le mésocarpe ou la pulpe et le noyau qui est formé de deux



hémisphères aplatis et d'une pellicule jaunâtre, ou argentée qui recouvre chaque hémisphère. Par-dessus, vient un endocarpe fibreux qu'on appelle le parchemin (figure 1). (**Badoud et Bauer, 2001**).

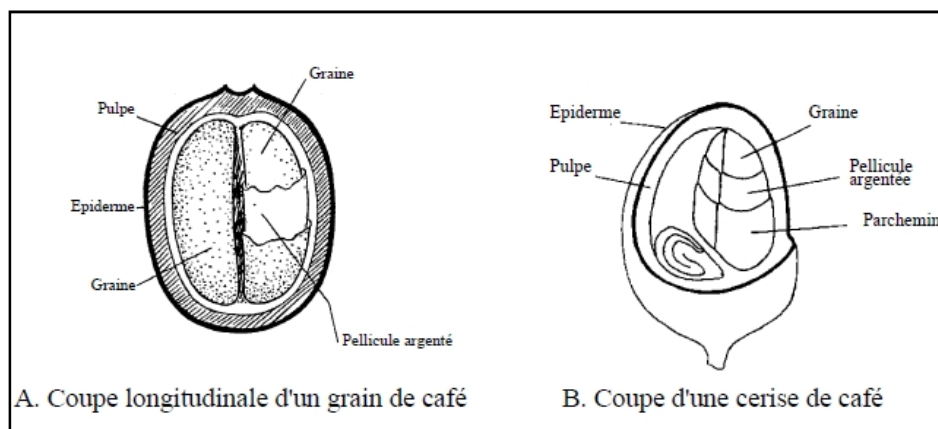


Figure 1. Schéma représentant un grain de café (**Badoud et Bauer, 2001**).

3.2. Principales variétés

Les espèces les plus importantes en terme économique sont : *coffea arabica* dit café arabica qui représente 75% à 90 % de la culture du café, et *coffea canephora* dit café robusta, cultivée entre 10 à 25 % (**Badoud et Bauer, 2001**).

❖ *Coffea arabica* dit café arabica

C'est le caféier le plus anciennement connu, cultivé et apprécié. C'est un arbuste ramifié, de 5 à 7 m de hauteur et à fruits moyens (**Jacques-Félix, 1968**).

L'espèce *coffea arabica* pousse à des hautes altitudes de 600 m jusqu'à 2 000 m. Elle produit des grains longs et larges, plutôt plats, au sillon central sinueux, et de couleur parfois bleutée. Sa teneur en caféine est de 1 à 1,5 % et développe des arômes acidulés (**Barel, 2008**).

L'arabica comporte quelques variétés comme le Bourbon, le Maragoype, le Mokka, Typica, Marella, Laurina, Caturra, etc (**Milan, 1988**).

❖ *Coffea canephora* dit café robusta

Cette espèce s'étend à toute la forêt d'Afrique intertropicale, elle vient après l'arabica dans les cultures mondiales et occupe la première place en Afrique (**Jacques-Félix, 1968**).

Elle ne pousse qu'à basse altitude, entre 5 à 600 m, elle donne de petits grains, trapus, arrondis, au sillon central rectiligne et de couleur verte tirant sur le brun. Sa teneur en caféine est de 2 à 2,5 %, et sa boisson est plus corsée et amère (**Barel, 2005**).



4. Composition et intérêt thérapeutique du café

4.1. Composition chimique

Le café est apprécié pour son arôme et sa saveur, mais la caféine joue aussi un rôle dans sa popularité. Le Café est un mélange de différents composés, tel que les glucides, lipides, vitamines, alcaloïdes et molécules azotés (**Muriel et Arauz, 2010**).

4.1.1. Protéines

La teneur en protéines inclut les acides aminés libres, principalement l'asparagine, acide glutamique, l'alanine, acide aspartique et lysine (**Parras et al., 2007**).

Lors de la torréfaction, certains acides aminés sont plus sensibles que d'autres et subissent une importante dégradation: c'est le cas pour l'arginine, la cystine, la méthionine, la lysine, la sérine et la thréonine (Tableau I) (**Badoud et Bauer, 2001**).

Tableau I. Composition en acides aminés totaux d'un café de Colombie, avant et après torréfaction (**Badoud et Bauer, 2001**).

Acide aminé	Café vert (%)	Café torréfié(%)
Alanine	5.75	5.52
Arginine	3.61	0
Acide aspartique	10.63	7.13
Cystine	2.89	0.69
Acide glutamique	19.80	23.22
Glycine	6.40	6.78
Histidine	2.79	1.61
Isoleucine	4.64	4.60
Leucine	8.77	10.34
Lysine	6.81	2.76
Méthionine	1.44	1.26
Phénylalanine	5.78	6.32
Proline	6.60	7.01
Sérine	5.88	0.80
Thréonine	3.82	1.38
Tyrosine	3.61	4.35
Valine	8.05	8.05



4.1.2. Glucides

La composition de café est dominée par des hydrates de carbone, y compris les polysaccharides (glucomannane, cellulose) (Parras *et al.*, 2007). Pendant la torréfaction, une partie de ces polymères sont dégradés en petits fragments solubles (Badoud et Bauer, 2001). Le café est composé aussi de disaccharides (sucrose) et de monosaccharides (glucose, galactose, arabinose, fructose, mannose, mannitol, xylose et ribose) (Parras *et al.*, 2007). Le saccharose présent dans le café vert disparaît presque complètement, surtout à partir de 180° C (Badoud et Bauer, 2001).

4.1.3. Lipides

Les lipides retrouvés dans le café sont principalement des triglycérides (75%), des stérols (stigmastérol, sitostérol). Le café renferme aussi des acides gras libres tels que l'acide linoléique, l'acide linoléique, l'acide oléique, l'acide palmitique, l'acide stéarique, l'acide arachidonique, l'acide lignocérique et l'acide béhénique (Parras *et al.*, 2007).

4.1.4. Minéraux

Le grain de café renferme 3 à 4% de son poids en éléments minéraux, tels que le potassium, magnésium, calcium, phosphore, soufre, chrome, zinc et le cuivre (Parras *et al.*, 2007).

Tableau II. Composition chimique moyenne (% de produit sec) des grains de café vert et torréfié des deux variétés Arabica et Robusta (Badoud et Bauer, 2001).

Composé	Arabica		Robusta	
	Vert	Torréfié	Vert	Torréfié
Minéraux	3- 4.2	3.5- 4.5	4 -4.5	4.6-5
Lipides	12- 18	14.5-20	9-13	11-16
Oligosaccharides	6-8	0-3.5	5-7	0-3.5
Polysaccharides totaux	50-55	24-39	37-47	/
Acides aminés	2	0	2	0
Protéines	11-13	13-15	11-13	13-15

4.2. Antioxydants du café

Le café est une source de plusieurs composés qui contribuent à son activité biologique, comme des composés hétérocycliques qui présentent une forte activité antioxydante (Ranheim et Halvorsen, 2005).



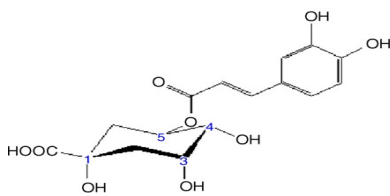
4.2.1. Polyphénols

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires synthétisés naturellement dans les plantes. En plus de leurs propriétés antioxydantes ces derniers sont responsables de la couleur et l'amertume des végétaux. Ils sont aussi considérés comme étant des substrats du brunissement enzymatique (Vernon *et al.*, 1999).

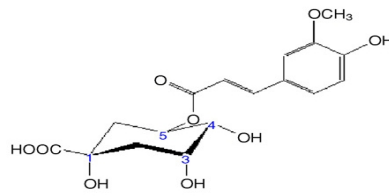
4.2.2. Acides chloroginiques

Le café est la principale source d'acide chloroginiques qui inclut certains sous-groupes d'isomères des acides caféoylquiniques, dicaffeoylquinique et d'acides feruloylquinique. Ces acides sont importants pour la formation de pigments, et sont aussi responsable du développement du goût et de l'arôme de la boisson de café (Clifford et Jarvis, 1988).

a) Acide 5-O-caféoylquinique



b) Acide 5-O-feruloylquinique



c) Acide 3,5-O-dicaffeoylquinique

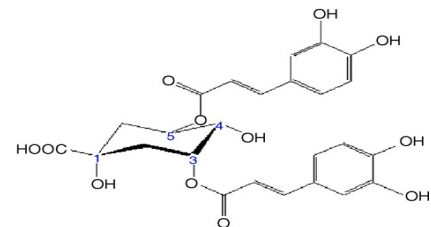


Figure 2. Structure chimique des acides chloroginiques (Romero-González et Verpoorte, 2009).

4.2.3. Proanthocyanidines

Les proanthocyanidines sont une classe de composés phénoliques qui prennent la forme d'oligomères ou de polymères de polyhydroxy unités de flavan-3-ol. Ils sont largement trouvés dans les fruits, les légumes, les graines, les fleurs et l'écorce. (Nandakumar *et al.*, 2008).

Les proanthocyanidines dit tanins condensés : Correspondent à la condensation de 2 à 10 molécules monomères possédant le noyau flavane hydroxyle. Ce sont des dérivés du 3,4-dihydroxyflavane (Milane, 2004).

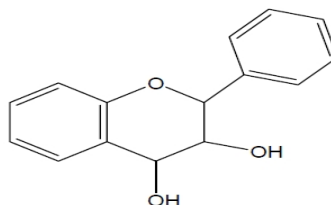


Figure 3. Structure chimique de 3,4-dihydroxyflavane (Milane, 2004).



4.2.4. Caféine

La caféine est probablement le constituant du café le mieux connu et le plus étudié à cause de ses effets physiologiques. C'est un composé azoté dérivé de la xanthine (Figure 4) qui a un léger goût amer (**Badoud et Bauer, 2001**).

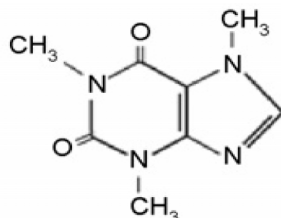


Figure 4. Structure chimique de la caféine (**Badoud et Bauer, 2001**).

4.2.5. Trigonelline

La trigonelline (acide N-méthylnicotique) est un composé azoté, présent dans le café vert à une concentration d'environ 0,6 % dont la moitié est presque décomposée pendant la torréfaction (**Badoud et Bauer, 2001**).

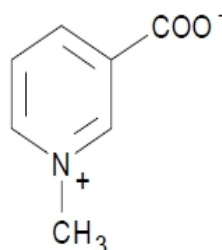


Figure 5. Structure chimique de Trigonelline (**Badoud et Bauer, 2001**).

Tableau III. Composition moyenne en antioxydant (% de produit sec) des grains de cafés vert et torréfié des deux variété Arabica et Robusta (**Badoud et Bauer, 2001**).

Composé	Arabica		Robusta	
	Vert	Torréfié	Vert	Torréfié
Caféine	0.9-1.2	~1	1.6-2.4	~2
Trigonelline	1-1.2	0.5-1	0.6-0.75	0.3-0.6
Acides chlorogéniques	5.5-8	1.2-2.3	7-10	3.9-4.6



4.3. Intérêt thérapeutique du café

Plusieurs études réalisées ont démontré l'effet bénéfique du café sur la santé humaine, grâce aux constituants biologiquement actifs qu'il renferme, et cela par des travaux expérimentaux ou à travers des études épidémiologiques. Nous citons ci-dessous quelques études rapportant l'intérêt thérapeutique du café.

4.3.1. Café et cancer

À travers un suivi épidémiologique, deux équipes japonaises ont montré qu'une consommation de café, semble corrélée avec une diminution du taux de cancer primaire du foie (carcinome hépatocellulaire, CHC). Cet effet est dû aux acides chlorogéniques du café qui présente des propriétés antimutagènes. L'étude a révélé que ceux qui en consomment tous les jours 1 à 2 tasses de café ne présentent que 52 % de risque de développer un CHC. Ce risque passe à 48 % si l'on boit 3 à 4 tasses par jour, et tombe à 24 % pour les consommateurs de 5 tasses, et plus (**Barel, 2008**).

Par contre il a été rapporté que le mécanisme biologique par lequel le café augmente le risque de cancer du poumon est probablement multifactoriel. Le café (60-75%) est la principale source de caféine dans l'alimentation, des études antérieures ont démontré que la caféine peut réduire les propriétés antioxydantes et anticancéreuses des flavonoïdes qui jouent un rôle important contre le risque de cancer du poumon. En outre, la caféine peut induire la production de cytochrome et des enzymes qui activent un certain nombre de produits chimiques cancérigènes, y compris les hydrocarbures polycycliques et leurs dérivés oxygénés, les amines hétérocycliques et des amines aromatiques (**Tang et al., 2010**).

4.3.2. Café et maladies cardiovasculaires

De nombreuses études affirment la relation inverse entre la prise de café et les maladies cardiovasculaires. La prise de caféine provoque une élévation de la tension artérielle, une résistance vasculaire systémique, une rigidité artérielle et une augmentation de l'activité nerveuse qui déclenche la libération d'adrénaline qui favorise la contraction du muscle cardiaque et provoque l'élévation de son rythme (**Di Castelnuovo et al., 2011**).

4.3.3. Café et diabète type 2

La consommation du café influence sur le diabète type 2. Car la présence de caféine réduit la sensibilité à l'insuline et la présence de l'acide chlorogénique réduit la concentration de glucose plasmatique. Le mécanisme biologique derrière cette relation inverse entre la consommation de café et le risque de diabète de type 2 est expliqué par l'inhibition de la glucose-6-phosphatase hépatique qui est un site de contrôle clé de la régulation homéostatique de la glycémie, et la fonction réduite de cette enzyme peut diminuer la concentration de glucose plasmatique (**Ranheim et Halvorsen, 2005**).



Une étude a révélé que ceux qui en consomment tous les jours plus de 6 tasses de café diminue 35% de risque de développer le diabète type 2, et tombe à 28 % pour les consommateurs de 4 à 6 tasses par jour comparé à ceux qui consomment que 2 tasses par jours (**Milane, 2010**).

4.3.4. Café et maladie de Parkinson

La maladie de Parkinson (MP) est une maladie neurodégénérative qui place un fardeau croissant sur notre société vieillissante. Il s'agit d'une maladie débilitante à la variété des modes de dégénérescence dans le système dopaminergique (mésolimbique et mésocortical) et non dopaminergique (Cholinergique, noradrénergique, sérotoninergique) et les systèmes neuronaux (**Prakash et Tan, 2011**).

Des études ont révélé que le risque de maladie de parkinson diminuait de 30% chez les buveurs de café par rapport aux non-buveurs (**Prakash et Tan, 2011**).

Le mécanisme par lequel le café pourrait exercer ses effets est lié à la présence de la caféine qui est considérée comme un stimulant du système nerveux central qui agit par antagonisme du récepteur d'adénosine principalement par l'inhibition de récepteurs de l'adénosine $\alpha 2A$ (Alpha 2-Adénosine). Des études ont montré que l'agoniste du récepteur de l'adénosine produit, diminue l'activité locomotrice, probablement par inhibition de la neurotransmission de la dopamine. Le récepteur de l'adénosine $\alpha 2A$ semble être une cible importante pour le traitement des troubles des noyaux gris centraux, en particulier dans la maladie de Parkinson (**Prakash et Tan, 2011**).

4.3.5. Café et maladie d'Alzheimer

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurodegenerative menant à l'altération de la fonction synaptique et à la perte neuronale progressive, elle est caractérisée par des déficits cognitifs progressifs avec perte de mémoire et des changements élevés des fonctions intellectuelles (**Von Arnim et al., 2010**).

Le cerveau est peut être endommagé par un oxydant qui peut produire des molécules réactives de l'oxygène principalement par des mitochondries. La quantité de l'oxygène réactif est environ 2% de tout l'oxygène consommé pendant la respiration. Les propriétés antioxydantes du café inhibent la production de βA (β amyloïdine) ou l'agrégation d'amyloïde et ralentissent l'affaiblissement cognitif (**Von Arnim et al., 2010**).



1. Récolte

La récolte des cerises de café se fait à partir du mois de décembre jusqu'au mois de février dans les régions de l'équateur au nord du tropique. Par contre, pour le sud de l'équateur, celle-ci se fait à partir du mois de mai jusqu'au mois d'août (**Badoud et Bauer, 2001**). La récolte peut être manuelle ou mécanique.

1.1. Récolte manuelle

Les cerises sont cueillies à la main une à une ou par grappe après que la plupart des cerises sont arrivées à maturation. Les cerises qui jonchent le sol sont également récoltées à la main (**Badoud et Bauer, 2001**).

1.2. Récolte mécanique

La récolte mécanique se fait à l'aide d'un appareil qui secoue les arbustes et fait tomber les cerises dans une sorte de parapluie renversé et échancré, amené sous le caféier (**Jacques-Félix, 1968**).

2. Traitement des fruits du caféier

Une fois les cerises récoltées, il existe deux méthodes différentes pour transformer les fruits du caféier en grains de café vert commercialisables, et qui sont : la méthode sèche et la méthode humide (figure 6) (**Barel, 2008**).

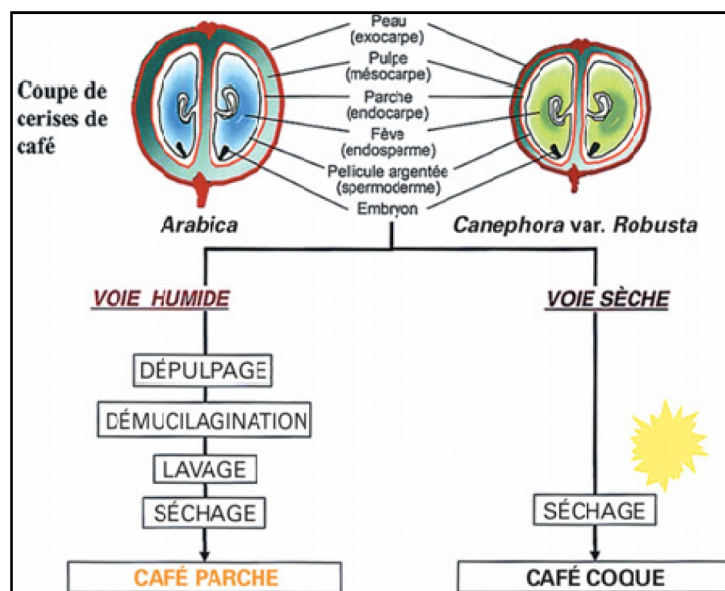


Figure 6. Schéma de première transformation du café selon la voie sèche, et la voie humide (**Barel, 2008**).

2.1. Choix de la méthode

En général, pour choisir la méthode à appliquer, on tient compte du type de café cultivé et la quantité de pulpe qu'il contient. S'il y a peu de pulpe, comme c'est le cas pour l'espèce *coffea robusta*, les cerises étant faciles à sécher directement, on applique la méthode sèche.



À l'inverse, si la pulpe est abondante, ce qui est vrai pour l'espèce *coffea arabica*, celle-ci étant riche en eau, retarde le séchage. Il faut donc d'abord l'éliminer, avant de mettre les cerises à sécher. C'est la méthode humide (Barel, 2008).

2.2. Méthode humide

Lorsque les cerises ont atteint leur pleine maturité, où l'eau est abondante et où l'on dispose de moyens techniques plus élaborés, on fait appel à la voie humide (Figure 7) (Badoud et Bauer, 2001). Cette méthode se réalise en plusieurs étapes : dépulpage, démucilagination, lavage, séchage et déparchage.

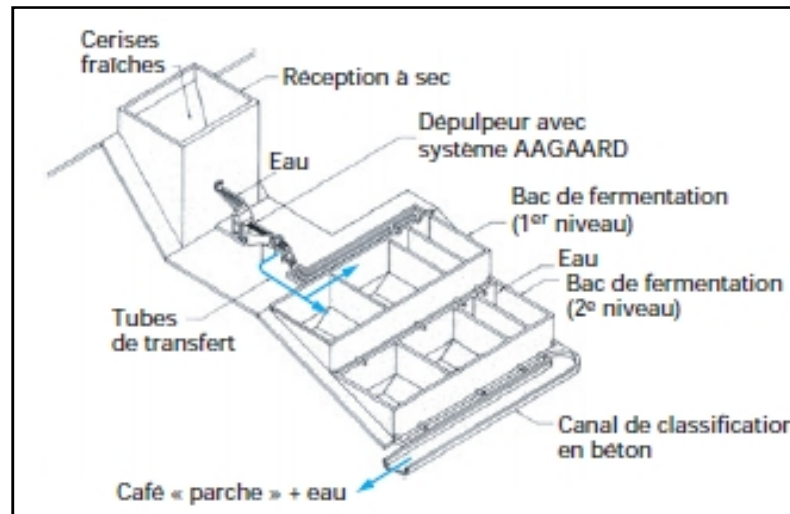


Figure 7. Schéma d'une installation de traitement du café par voie humide (Barel, 2008).

2.2.1. Dépulpage

Les cerises fraîches et nettoyées passent dans des épulpeurs à tambours ou à disques (figure 8), pourvus d'aspériteur, déchiquettent la pulpe et séparent les grains sous un courant d'eau qui facilite l'évacuation de la pulpe (Jacques-Félix, 1968).

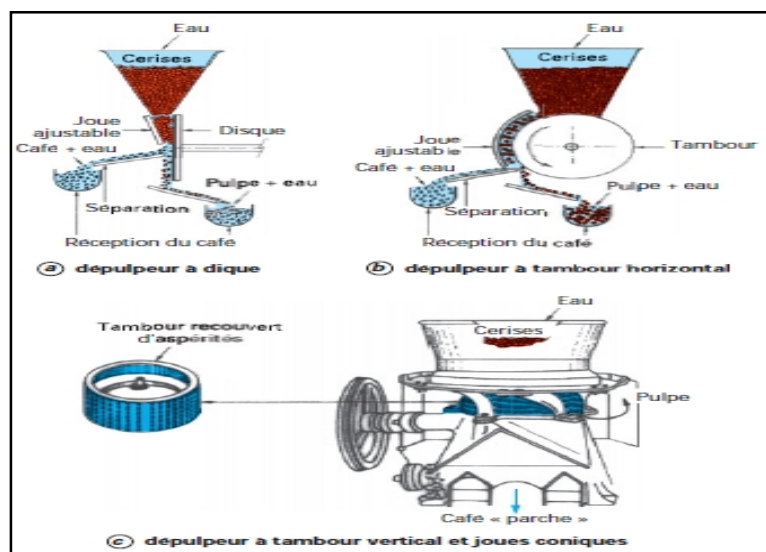


Figure 8. Différents types de dépulpeur (Barel, 2008).



2.2.2. Démucilagination

La démucilagination sert à éliminer les mucilages. Elle est réalisée par l'une des deux techniques suivantes :

A. Technique microbienne dite de fermentation

Consiste à recevoir le café dépulvé, avec l'eau qui sert à son transport dans des bacs de fermentation (figure 9). La fermentation est achevée que si l'on constate que la pulpe n'est plus adhérente et là encore plusieurs possibilités existent :

➤ **fermentation sous eau** : On garde l'eau du transport dont laquelle le café est immergé et elle dure 48 à 72 heures.

➤ **fermentation à sec** : On vide l'eau du transport par un système de grille, elle est plus rapide et dure 12 à 24 heures.

➤ **fermentation mixte** : Elle se réalise avec une fermentation à sec pendant 5 à 10 heures, suivit d'une fermentation sous eau par immersion du café **(Barel, 2008)**.

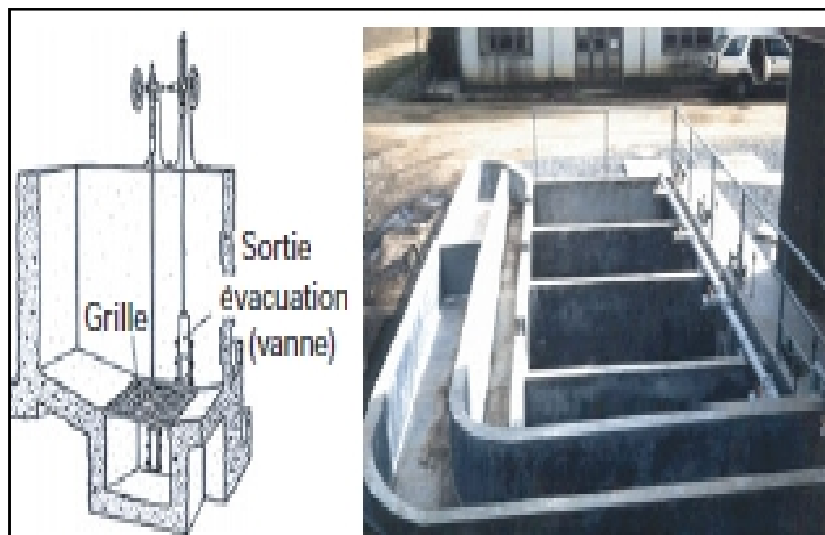


Figure 9. Schéma de bac de fermentation **(Barel, 2008)**.

B. Technique mécanique

L'élimination de la pulpe par la technique mécanique se réalise par des machines à tambours cannelés, par friction (figure 10). Le café traité par démucilagination mécanique n'est pas de bonne qualité par rapport au café traité par la technique microbienne; à cause du manque d'échange entre les produits microbiens, l'eau et le café **(Barel, 2008)**.

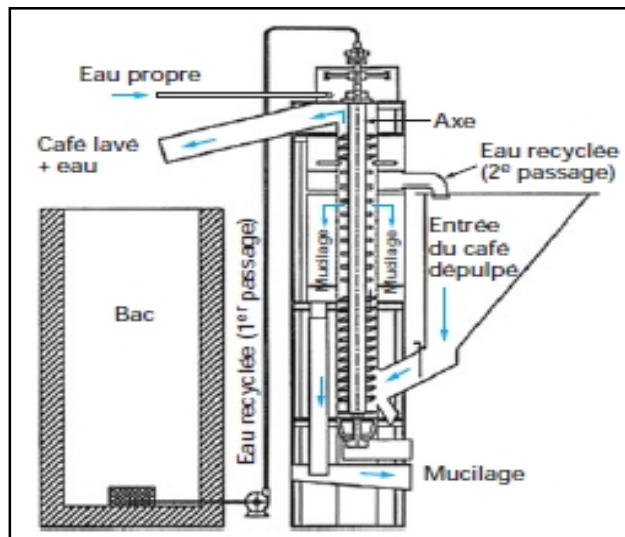


Figure 10. Schéma d'un démucilagineur mécanique (Barel, 2008).

2.2.3. Lavage

Un dernier lavage est indispensable pour que la parche soit nette de toutes traces de pulpe. Le lavage s'effectue par la poussée des grains de café à contre-courant dans des aqueducs. Les appareils fonctionnent, de façon à ce que le trajet des grains de café s'achève où arrive l'eau propre (Jacques-Félix, 1968).

2.2.4. Séchage

Les grains de café résultants après le lavage contiennent 50% à 60% d'eau, et sont donc susceptibles de s'altérer rapidement si elles sont mises au séchage en masse. Il est alors nécessaire d'étaler les grains rapidement après le lavage en couche mince pour sécher sous le soleil si les conditions climatiques sont favorables. Sinon dans le cas où le climat est pluvieux ou humide on recourt au séchage artificiel qui se fait à l'aide d'air chaud qui circule dans une aire couverte (Jacques-Félix, 1968).

2.2.5. Déparchage

Le déparchage se fait par percussion régulée de façon à faire éclater la petite noix fragile à laquelle le grain de café est attaché par une fine lamelle tout le long du sillon, sans briser le grain lui-même. Le café est introduit dans le déparcheur, projeté par un cylindre cannelé contre les parois et séparé des parches à la sortie (Jacques-Félix, 1968).

2.3. Méthode sèche

Dans les régions où le climat est sec et où l'eau est rare ou la main d'œuvre est peu qualifiée, on fait appel à la voie sèche, qui se fait par séchage suivit d'un décorticage (Badoud et Bauer, 2001).



2.3.1. Séchage

Les cerises récoltées sont séchées au soleil ou par séchage artificiel qui devrait se faire progressivement de façon à ne pas brusquer au départ les grains pour éviter une cuisson de la pulpe (**Jacques-Félix, 1968**).

2.3.2. Décorticage

Après le séchage les cerises ont une humidité de 20 à 24% subissent un décorticage qui sert à éliminer la coque (La pulpe sèche et la parche) du grain par percussion (**Jacques-Félix, 1968**).

2.4. Calibrage et triage

2.4.1. Calibrage granulométrique

Pour optimiser les opérations de triage, il convient de travailler sur des grains de taille homogène. Le calibrage du café se fait en trois ou quatre granulométries différentes. L'opération se réalise, soit dans des calibreurs, à tamis vibrant superposés, dont les trous vont en diminuant vers le bas, soit dans des calibreurs à tambours rotatifs dont les trous vont en grossissant vers la sortie (figure 11) (**Barel, 2008**).

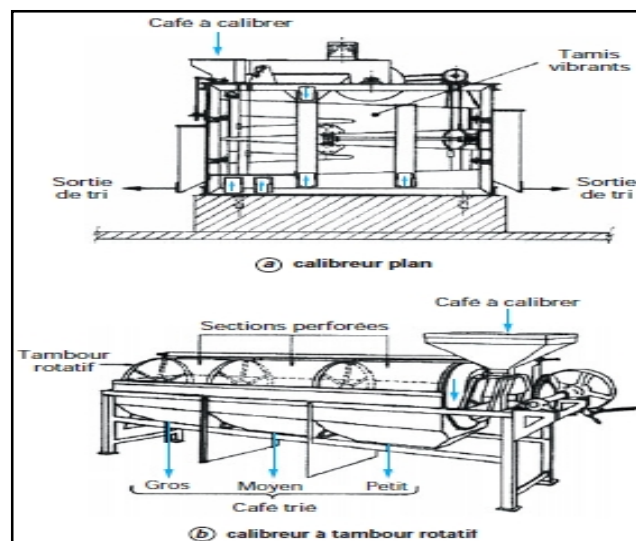


Figure 11. Schéma représentant la structure des calibreurs (**Barel, 2008**).

2.4.2. Triage densimétrique (ou pneumatique)

Le triage densimétrique permet de séparer les bons grains, denses, des fèves les plus légères, défectueuses (piquées, malformées, spongieuses, avortées...), mais aussi des brisures, des débris de parche et de coque, des grains mal ou pas décortiqués, des pierres, etc. Cette opération est pratiquée dans des catadors ou sur des tables densimétriques (figure 12) (**Barel, 2008**).

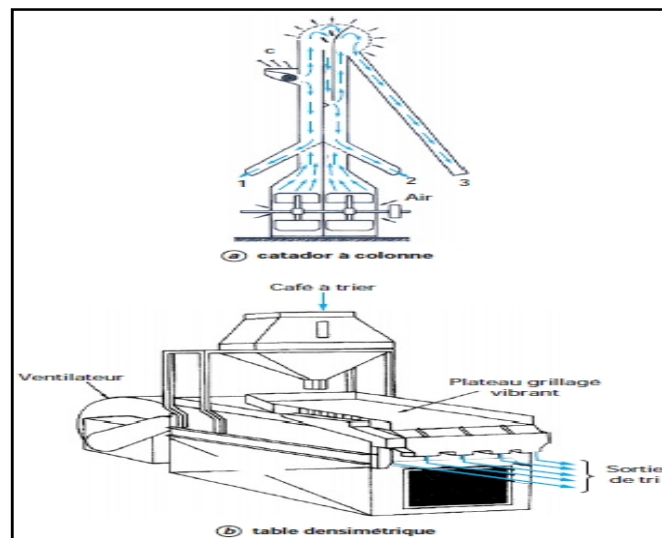


Figure 12. Schéma d'un catador à colonne (a) et d'une table densimétrique (b) (Barel, 2008).

2.4.3. Triage colorimétrique

Ce type de triage permet de séparer les grains qui ont une couleur indésirable, tels que les fèves noires, blanches ou brunes des grains verts (Barel, 2008).

2.4.4. Triage manuel

Le triage manuel exige de la main d'œuvre. Il est réalisé pour éliminer les impuretés comme les pierres (Barel, 2008).

2.4.5. Triage électronique

Dans le triage électronique on utilise des cellules photo-électriques. Ce mode de triage permet d'éliminer: les grains noirs, qui donnent des goûts amers, désagréables et âcres ; les grains roux au goût rhumé et les grains blanchis (Barel, 2008).

2.5. Conditionnement

Le grain déparché est recouvert de sa pellicule argentée, peut être commercialisé en cet état dans des emballages appropriés (Jacques-Félix, 1968).

Après triage, le café devient du café marchand. Selon la méthode de traitement il existe différents types de café : café vert lavé, s'il provient de la voie humide ; café vert naturel, s'il a été traité par voie sèche et café verts semi lavé si le café est dépulvé mais mis à sécher sans démulcination (Barel, 2008).

3. Torréfaction

C'est au cours de la torréfaction que le grain de café vert commence à développer son arôme. La torréfaction produit de profonds changements dans le grain. Au cours de cette opération le grain se met à gonfler avec une augmentation de son volume de 50 à 80 % et à



changer de structure, de couleur, qui vire du vert au brun et à la fin de cette opération s'accompagne d'une perte de poids de 13 à 20 % (**Badoud et Bauer, 2001**).

L'élévation de la température entraîne des modifications successives. A 100°C, le café jaunit et perd de son eau dont la vapeur conserve l'odeur de café vert. Puis, vers 150°, la teinte jaune se réchauffe de rousseurs tandis que l'eau de constitution commence à s'échapper et à se charger de fumée aromatique. Vers 200°C, le café devient brun-marron et foisonne au point de doubler de volume. A 230°C, il atteint le point critique où il ya la formation d'arôme typique du café. Lorsque la torréfaction est jugée suffisante le café est immédiatement refroidi par brassage à l'air, de façon à provoquer une brusque condensation des produits aromatiques sur le grain. Puis on le débarrasse des débris calcinés de la pellicule argentée et ainsi il devient prêt à la consommation (**Jacques-Félix, 1968**).

3.1. Crus et mélanges

Le mélange des proportions d'arabica et robusta de qualités différentes se fait avant torréfaction lorsque les cafés ont les mêmes caractéristiques d'humidité et de grosseur, de sorte que ceux de moindre qualité s'imprègnent de l'arôme dégagé de l'autre café de bonne qualité. Dans le cas où les espèces sont de même qualité, le mélange se fait après torréfaction. (**Jacques-Félix, 1968**).

3.2. Enrobage

Selon le **journal officiel N°6, (1992)** l'enrobage du café consiste à en couvrir les grains d'une mince pellicule de matière non hygroscopique dans le but de conserver l'arôme et de donner une meilleure présentation aux grains.

Pour donner un meilleur aspect et conserver l'arôme, on peut ajouter aux derniers instants de la torréfaction ou en cours du brassage, un produit : résine ou sucre, qui recouvre les grains d'une mince pellicule brillante. Cet apport est facultatif et la législation prévoit qu'il ne doit pas excéder 2% du poids du café et qu'il doit être mentionné sur les paquets (**Jacques-Félix, 1968**).

3.3. Mouillage

Pour redonner au café torréfié le poids préjudiciable à sa qualité. La législation prévoit que les cafés torréfiés de qualité inférieur ne doivent pas contenir plus de 5% d'humidité et les cafés supérieurs pas plus de 3%, et qu'il est nécessaire de les loger dans des emballages imperméables (**Jacques-Félix, 1968**).

3.4. Brûleries industrielles

Les différentes qualités de café vert sont mises en réserve dans des silos à trémies d'où ils sont envoyés en proportion variables dans les torréfacteurs. Ce transfert se fait par aspiration, ce qui permet le dépoussiérage et un premier épierrage. Les anciens appareils à



chauffage externe, qui demandaient de 30 à 45 min de chauffage, sont remplacés par des torréfacteurs qui ramènent le temps de grillage de 15 à 20 mn avec une moindre dépense thermique. Dès que la température de chauffage est atteinte, la flamme est réduite, puis l'air chaud est souvent recyclé. Lorsque le café est torréfié, il est déversé dans le refroidisseur. Le café refroidi est aspiré, permettant ainsi un ultime épierrage facilité (**Jacques-Félix, 1968**).

4. Broyage

Le broyage nécessite beaucoup d'énergie. Pour broyer efficacement le café sans qu'il ne s'échauffe et ne perde ses composés volatiles, les broyeurs utilisés, sont des broyeurs à meules car ils répondent à ces exigences (figure13).

La finesse de la mouture doit être parfaitement calibrée pour le type de café produit. Ainsi, le café destiné aux machines de type espresso aura une mouture plus fine (300 microns), que le café pour cafetière à filtre (400 à 450 microns) (**Barel, 2005**).

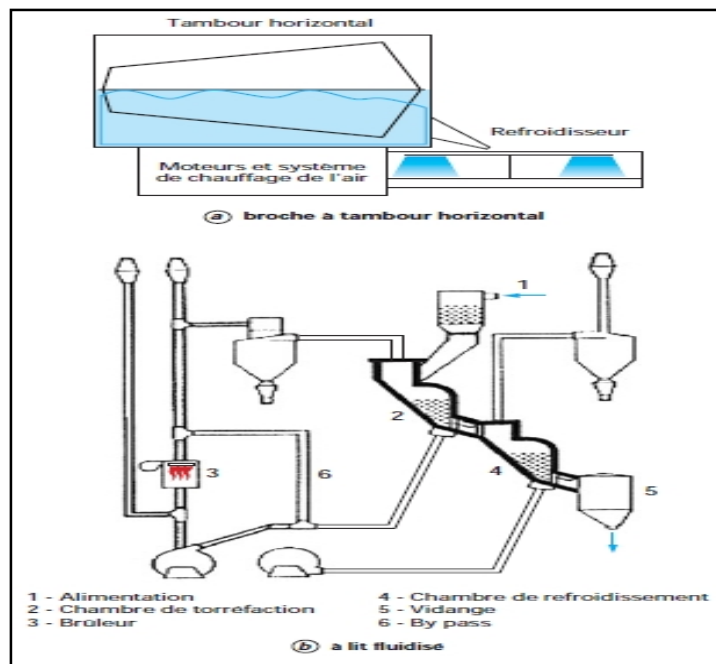


Figure 13. Schéma de torréfacteur (**Barel, 2008**).

5. Le dégazage

Après mouture, le café libère des gaz qui provoquent des problèmes de gonflement à l'emballage. C'est pourquoi une étape de dégazage, souvent sous atmosphère inerte, suit le broyage (**Barel, 2008**).



6. Conditionnement et emballage

Aujourd'hui, plus de 80 % du café vendu en grande distribution est du café moulu, et sa commercialisation est rendue possible par la mise au point d'emballages adaptés : sachets multi-films avec des couches de feuilles d'aluminium ; et grâce aussi à des techniques de mise sous vide ; valve unidirectionnelle permettant le dégazage du café, sans pénétration d'air et sans oxydation de la matière grasse du café (qui en contient 10 à 12 %) (**Barel, 2008**).

Selon le **journal officiel N°6, (1992)**, les cafés torréfiés en grains et moulus sont conditionnés dans des emballages divisionnaires de 125g, 250g, 500g et 1 kg.

Toutefois et pour répondre aux besoins des collectivités et des cafetiers, un conditionnement approprié peut être utilisé, notamment l'emploi de sachets ou de sacs adéquats d'un poids se situant entre 5 et 25 kg.

Les emballages employés pour les cafés torréfiés en grains et moulus, doivent être inertes vis-vis du produit emballé, étanches, propres et secs.



1. Matériel végétal

1.1. Description de matériel végétal

Le présent travail a été réalisé sur les grains de café torréfiés de grade III :

Coffea canephora dit **café robusta** et *Coffea arabica* dit **café arabica**, fourni par un torréfacteur de la ville de Bejaia.

Les deux espèces de café, sont des produits d'importation, dont la provenance, la couleur et la taille sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI. Tableau représentant quelques caractéristiques de *Coffea arabica* et *Coffea robusta* analysées.

	Origine	Couleur	taille
<i>Coffea arabica</i>	Brésil	Marron foncé brillant	Grande
<i>Coffea robusta</i>	Côte d'Ivoire	Marron claire	Moyenne

➤ *Coffea canephora* dit **café robusta**.

Règne : Végétal

Famille : Rubiaceae

Genre : Coffea

Espèce : Coffea canephora.

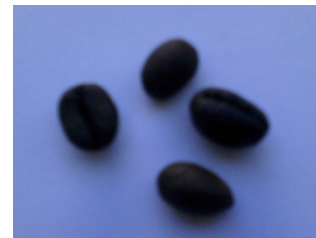


Figure 14. Photo représentatif de grains de café Robusta.

➤ *Coffea arabica* dit **café arabica**

Règne : Végétal

Famille : Rubiaceae

Genre : Coffea

Espèce : Coffea arabica

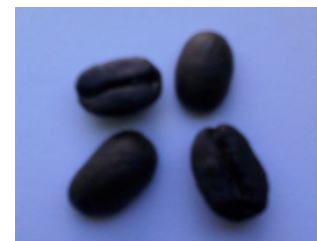


Figure 15. Photo représentatif de grains de café Arabica



1.2. Préparation de la poudre de café

1.2.1. Torréfaction

La torréfaction des grains de café des deux espèces (*Coffea arabica*, *Coffea robusta*), a été réalisée chez le torréfacteur à l'aide d'un torréfacteur à cylindres, à une température de 150°C pendant 50 minutes.

1.2.2. Broyage

Le broyage a été réalisé pour une pesée de 50g des grains de café, pour chaque espèce, à l'aide d'un broyeur électrique de laboratoire.

1.2.3. Tamisage

Après broyage, un tamisage est effectué à l'aide d'un tamiseur électrique (pores du tamis : 500µm de diamètre), dans le but d'obtenir une poudre homogène.

2. Préparation des extraits

Un gramme d'échantillon de café torréfié et moulu, a été additionné à 40 ml de méthanol/eau (50 : 50), le pH de cette solution est ensuite ajusté à pH 2.0 avec une solution d'HCl. Après agitation pendant 1heure et centrifugation à 2500g /10 min, le surnageant est récupéré (extrait 01) et le résidu a été additionné d'un volume de 40 ml de solution acétone/eau (70 : 30). L'extraction est ainsi répétée de la même manière que celle de l'extrait 01 (agitation pendant 1h suivit d'une centrifugation à 2500g /10min) le surnageant récupéré représente l'extrait 02. Le mélange de deux extraits (1 et 2) représente l'extrait final utilisé pour les différents dosages (**Somporn *et al.*, 2011**).

3. Dosage des antioxydants

3.1. Dosage des polyphénols totaux

❖ Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu, mélange de l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), est réduit en présence de polyphénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration Bleue produite est proportionnelle au taux de composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (**Vernon *et al.*, 1999**).

❖ Mode opératoire

La teneur en polyphénols totaux a été évaluée selon **Vignoli *et al.*, 2011**, avec quelques modifications, un volume de 0.1ml d'extrait a été mélangé avec 0.3ml de réactif Folin-Ciocalteu, puis 1ml de solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 10% a été ajouté. L'absorbance est lue à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.



Une solution standard d'acide gallique a été préparée pour réaliser une courbe d'étalonnage. Les résultats sont exprimés en équivalents mg d'acide gallique par 1 g de café en poudre (mg EAG/g MS) (annexe II, figure1).

3.2. Dosage des proanthocyanidines

❖ Principe

Les proanthocyanidines présents dans le milieu réactionnel sont déterminés en utilisant le fer sulfaté qui forme un complexe avec ce dernier pour donner un chromatophore violet qui est mesuré par spectrophotomètre à 530 nm (Hecimovic *et al.*, 2011).

❖ Modes opératoire

Les proanthocyanidines ont été dosés par la méthode décrite par Hecimovic *et al.*, 2011 avec quelques modifications, un volume de 0.5 ml d'extrait est mélangé avec 3 ml d'une solution de butanol / HCl (95:5, v / v) et 0,1 ml de solution sulfate ferrique à 2% [NH₄Fe (SO₄)] préparé dans de l'HCl à 2N. Le mélange est incubé à 95°C pendant 45min puis refroidi et l'absorbance est lue à 550 nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent de cyanidine (ECy) /g MS, selon la formule suivante:

$$C \text{ (mg/g)} = \text{Abs} * \text{MM} * \text{FD} * 100 / \epsilon * L$$

Où, A : Absorbance ; MM : Masse molaire de la cyanidine 620,23g /mol; FD : facteur de dilution ; L : chemin optique ; ϵ : coefficient d'extinction molaire ($\epsilon=34700\text{L/mol*cm}$)

3. 3. Dosage de la caféine par micro méthode

❖ Mode opératoire

Le pH de la solution d'extrait a d'abord été ajusté à un pH entre 8 à 9. Un volume de 0.1 ml d'extrait (dont le pH est ajusté) est mélangé avec 10 ml de benzène et 0.5 g de NaCl. Le mélange est agité pendant 1 minute puis centrifugé (3500t / 10 mn). Un volume de 5 ml de la phase supérieure de benzène a été additionné de 5 ml de H₂SO₄ (5N), suivit d'une centrifugation (3500 t/ 5mn). L'absorbance de la phase inférieure est lue à 300 nm contre un blanc d'H₂SO₄.

Une solution standard de caféine est utilisée pour réaliser une courbe d'étalonnage, et les résultats sont exprimés en équivalents mg de caféine /1g de MS (annexe II, figure2) (Hecimovic *et al.*, 2011).

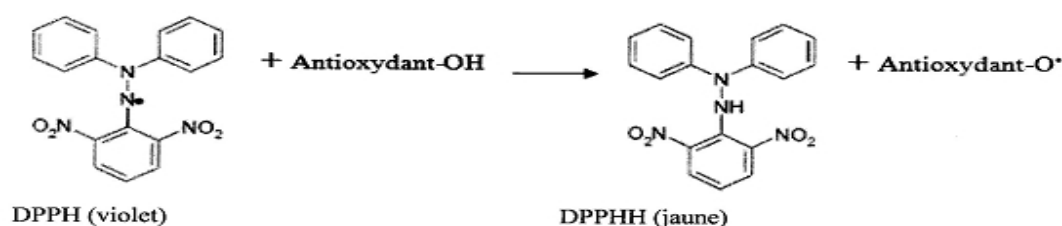


4. Dosage de l'activité anti-radicalaire

4.1. Test au DPPH

❖ Principe

Les antioxydants en présence de DPPH, transfèrent un électron ou l'atome d'hydrogène au radical DPPH, neutralisant ainsi son caractère de radical libre. Le principe de la méthode au DPPH est que les antioxydants réagissent avec le radical libre stable (α , α -diphénylique- β -picrylhydrazyl) de couleur violet-foncé et le réduit en α , α -diphénylique- β -picrylhydrazine, qui se traduit par une décoloration de la couleur violette (Somporn *et al.*, 2011 ; Upadhyay *et al.*, 2012).



❖ Modes opératoire

Le dosage de l'activité antioxydante au DPPH a été effectué selon la méthode utilisée par Madhava Naidu *et al.*, 2008, 100 μ l d'extrait sont mélangés avec 3ml de solutions DPPH (0.9 mM). L'absorbance est mesurée à 517 nm. Les résultats sont exprimés en % d'inhibition du radical DPPH contre un contrôle, selon la formule suivante :

$$\text{IA \%} = (\text{Abs control} - \text{Abs d'échantillon}) / \text{Abs control} * 100$$

IA %: Pourcentage d'inhibition d'activité radicalaire

Abs : Absorbance

4.2. Test à l'ABTS

❖ Principe

Le principe de l'activité antioxydante déduite par l'inhibition du radical ABTS (sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)), consiste en la formation d'un cation qui résulte du contact du radical ABTS avec un oxydant (dioxyde de manganèse ou persulfate de potassium).

Le radical ABTS, en présence d'un donneur de H^+ conduit à $ABTS^+$ et à la décoloration (Chen et Yen, 2007).



❖ Mode opératoire

Le test de l'activité antioxydante au radical ABTS est effectué selon la méthode utilisée par **Vignoli *et al.*, 2011** : 0.01 ml d'extrait sont mélangés avec 0.99 ml de solution ABTS. L'absorbance est mesurée à 730 nm et une solution standard de BHA est utilisée pour réaliser une courbe d'étalonnage. Les résultats sont exprimés en équivalent mg de BHA/ 1g de MS.

5. Dosage du Pouvoir réducteur

5.1. Test de phosphomolybdate d'ammonium

❖ Principe

Le teste de phosphomolybdate d'ammonium est basé sur la réduction de Mo (VI) en Mo (V) par les composés antioxydants et la formation d'un complexe de phosphate-Mo (V) de couleur verte (**Wozniak *et al.*, 2006**).

❖ Mode opératoire

La méthode adoptée pour l'estimation du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium est décrite par **Ramalakshmi *et al.*, 2008**, 0,2 ml d'extrait sont mélangés avec 2 ml de réactif au molybdate (acide sulfurique à 0,6 M, phosphate de sodium à 28mM et molybdate d'ammonium à 4mM), après agitation, le mélange est incubé à 90 °C pendant 90 min.

Après refroidissement l'absorbance est lue à 695 nm. Une solution standard de la quercétine est préparée pour réaliser une courbe d'étalonnage. Les résultats sont exprimés en équivalents mg de la quercétine / 1g de MS (Annexe II, figure 4).

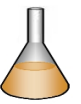
5.2. Test au ferricyanure de potassium

❖ Principe

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique en fer ferreux en présence d'un agent chromogène, le ferricyanure de potassium en milieu acidifié avec de l'acide trichloracétique (TCA). La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (**Odabasoglu *et al.*, 2004 ; Gulçin *et al.*, 2005**).

❖ Mode opératoire

L'évaluation du pouvoir réducteur a été effectuée selon **Madhava Naidu *et al.* (2008)**, 300 µl d'extrait sont mélangés avec 300 µl de solution tampon phosphate (0.2 M, 6.6 pH) et 300 µl de ferrocyanure (1%), le mélange est incubé pendant 20 mn à 50°C, après le refroidissement, 300 µl de TCA (10%) et 250 µl de FeCl₃ (0.1%) sont ajoutés.



L'absorbance du mélange est mesurée à 700 nm. Une solution standard d'acide gallique est préparée pour réaliser une courbe d'étalonnage. Les résultats sont exprimés en équivalents mg d'acide gallique /1g de MS (Annexe II, figure 5).

6. Analyse statistique

Une analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide de logiciel Microsoft Office Excel 2007, afin de déterminer les moyennes ainsi que les écarts types.

Une analyse de la variance à un facteur(ANOVA) suivie du test LSD (la plus petite différence significative) est appliquée à l'aide du logiciel STATISTICA 5.5, afin de mettre en évidence les différences significatives entre les échantillons ($\alpha=0,05$) pour chaque paramètre.



1. Dosage des Antioxydants

1.1. Polyphénols totaux

Les résultats de l'étude statistique ont révélé aucune différence significative ($\alpha=0,05$) entre la teneur en polyphénols totaux pour les deux espèces du café. La concentration en composés phénoliques est égale à $49,2 \pm 3,8$ mg EAG/g MS et $51,1 \pm 3,1$ mg EAG/g de MS pour *Coffea robusta* et *Coffea arabica* respectivement (figure 16).

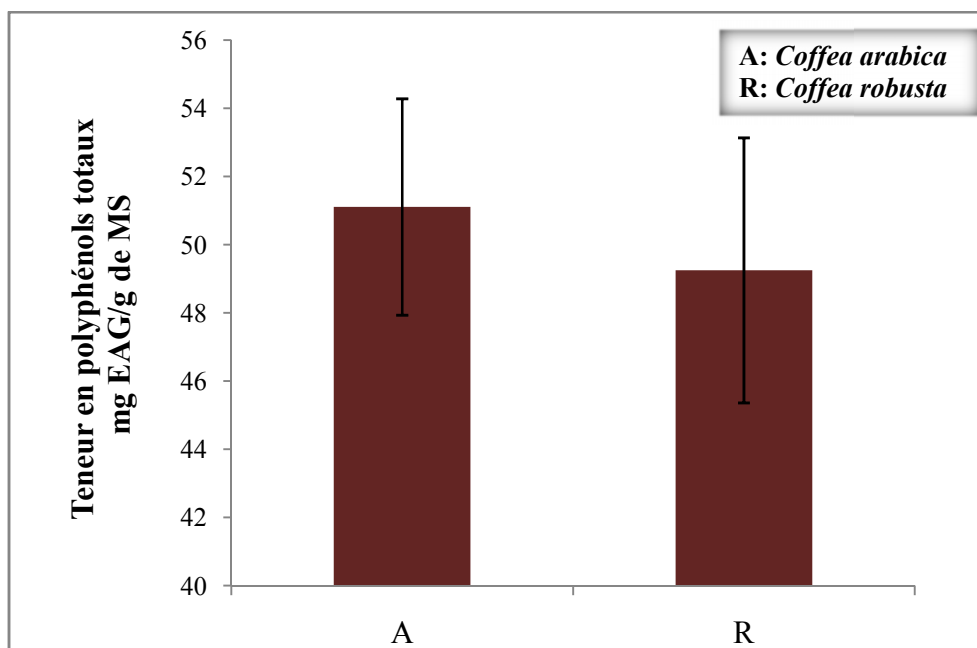


Figure 16 : Teneur en composés phénoliques des extraits de *Coffea arabica* et de *Coffea robusta*.

Ces résultats sont trois fois inférieurs aux résultats obtenus par **Vignoli et al. (2011)**, qui ont enregistré une teneur égale à 166,9 mg EAG/g et 130,9 mg EAG/g pour *Coffea robusta* et *Coffea arabica* respectivement, dont les grains ont été torréfiés à une température et temps qui varient entre 214 à 225°C pendant 7 à 10 min. Contrairement à nos échantillons, la torréfaction a été réalisée à 150°C pendant 50min. Cette différence est probablement liée aux conditions de torréfaction (durée et température) des grains du café. Selon une étude menée par **Somporn et al. (2011)**, la teneur en polyphénols des grains de café de *Coffea arabica* verte est plus élevée par rapport aux grains torréfiés et elle diminue avec l'augmentation du temps et la température de torréfaction (tableau IV) et les résultats représentés sur le tableau sont deux fois inférieurs à ceux trouvés dans notre étude.



Tableau V. Teneurs en polyphénols totaux pour *Coffea arabica*, exprimées en mg EAG/ g selon le temps et la température de torréfaction (Somporn *et al.*, 2011).

Torréfaction	T °C/t min	Polyphénols en mg EAG/g
Verte	–	34.32±0.178
Légère	230 / 12	31.55±0.178
Moyenne	240 / 14	24.98±0.178
Elevée	250 / 17	22.31±0.178

Plusieurs autres facteurs peuvent influencer la teneur en composés phénoliques dans le café, tels que les facteurs extrinsèques (origines géographiques, climatiques), l'expression des gènes, mais également le stade de maturation de la plante et la durée du stockage des grains de café (Ferruzzi, 2010 ; Bouzid *et al.*, 2011).

1.2. Les proanthocyanidines

Selon l'étude statistique les résultats ont montré aucune différence significative ($\alpha=0.05$) entre la teneur en proanthocyanidines pour les deux espèces du café. Les résultats deux espèces de café étudiées, sont riches en tannins condensés avec une teneur égale à 24.80 ± 1.1 mg/g MS pour *Coffea robusta* et $22,41 \pm 1,41$ mg/g MS pour *Coffea arabica* (figure 17).

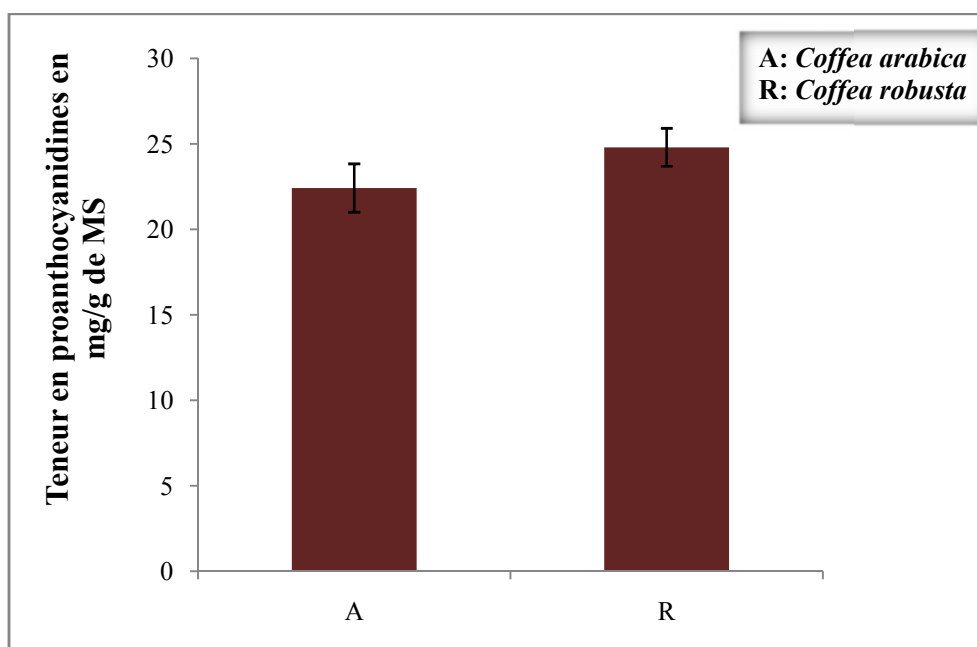


Figure 17 : Teneur en proanthocyanidines pour *Coffea arabica* et de *Coffea robusta*.

D'après Hecimovic *et al.* (2011), la teneur en proanthocyanidines varie entre les deux espèces, elle est élevée chez *Coffea robusta* ($0,29 \pm 0,00$ mg ECy/g) par rapport à *Coffea*



arabica, ($0,23 \pm 0,03$ mg ECy/g), et cette teneur dépend aussi des conditions de torréfaction qui sont de $167^{\circ}\text{C}/10$ min et de $185^{\circ}\text{C}/10$ min pour *Coffea arabica* variété *Ciocolatato* et *Coffea robusta* variété *Vietnam* respectivement.

1.3. La caféine

Les résultats obtenus montrent l'existence de différences significatives ($\alpha=0.05$) entre la teneur en caféine pour les deux espèces de café étudiées. *Coffea robusta* renferme la teneur la plus élevée avec une valeur égale à $15,51 \pm 1,44$ mg/g MS tandis que *Coffea arabica* contient $10,24 \pm 1,82$ mg/g MS (figure 18).

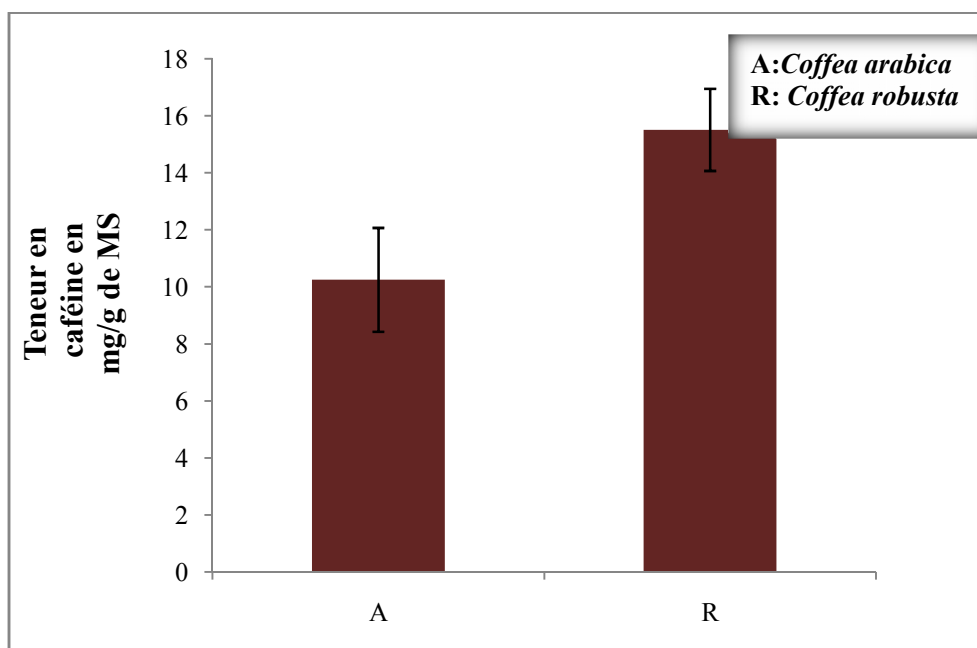


Figure 18 : Teneur en caféine des pour *Coffea arabica* et *Coffea robusta*.

D'après **Hecimovic et al. (2011)**, la teneur en caféine est plus élevée pour *Coffea robusta* (40 mg/g MS) quant à *Coffea arabica*, elle est faible (17 mg/g MS). Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus dans cette présente étude pour les deux espèces du café étudiées.

Les différences variétales existent entre ces variétés dictent les différentes conditions de torréfaction nécessaires pour obtenir les propriétés désirées du café torréfié. *Coffea arabica* est sensible aux conditions externes, elle tolère de basses températures.

Liu et Kitts, (2011), ont utilisé des grains de *Coffea arabica* d'origine de Colombie torréfiés à des différentes températures de la torréfaction, la teneur en caféine retrouvée, varie entre le café vert et torréfié mais aussi diminue avec l'augmentation du temps et température de torréfaction (Tableau V).

**Tableau VI.** Teneur en caféine des grains de café verts et torréfiés (Liu et Kitts, 2011).

Grain de café	T °C/t min	Caféine en mg/ g
CNT	–	41.95
CT1	210/ 15	45.88
CT2	240/ 15	45.82

CNT : Café non torréfié.

CT1 : Café torréfié 1.

CT2 : Café torréfié 2.

Selon **Upadhyay et al. (2012)**, la teneur en caféine des grains du café vert pour *Coffea robusta* est de $30,5 \pm 02,1$ mg/g MS, cette valeur est supérieure à celle obtenue dans notre étude ($10,24 \pm 1,82$ mg/g MS). Cette différence est probablement due à la méthode d'extraction par reflux conventionnel de la chaleur utilisée, ainsi que les grains (grains verts) et le dosage par le chloroforme.

Rodrigues et al. (2007), ont trouvé que la teneur de la caféine pour *Coffea robusta* est de 0,51 mg/g MS mais pour *Coffea arabica*, elle est de 0,25 mg/g MS, pour le même temps et température de la torréfaction (150 à 180 °C pendant 15 min).

La variabilité de la teneur en caféine obtenus est peut être expliqué par la méthode utilisée pour le dosage dans l'étude menée par **Rodrigues et ses collaborateurs** est l'HPLC et origine géographique des deux espèces (*Coffea robusta* de Viet Nam et *Coffea arabica* de la Zambie), d'après ces auteurs, la concentration en caféine, varie nettement entre les espèces et dans la même espèce selon leur origine.

2. Dosage de l'activité anti-radicalaire

2.1. Test au DPPH

La capacité à piéger le radical libre DPPH des deux espèces du café présentent des différences significatives ($\alpha=0.05$). *Coffea arabica* a développée une activité radicalaire plus élevé avec pourcentage égal à $76,46 \pm 0,55\%$ et $69,98 \pm 1,34 \%$ par *Coffea robusta* (figure 19).

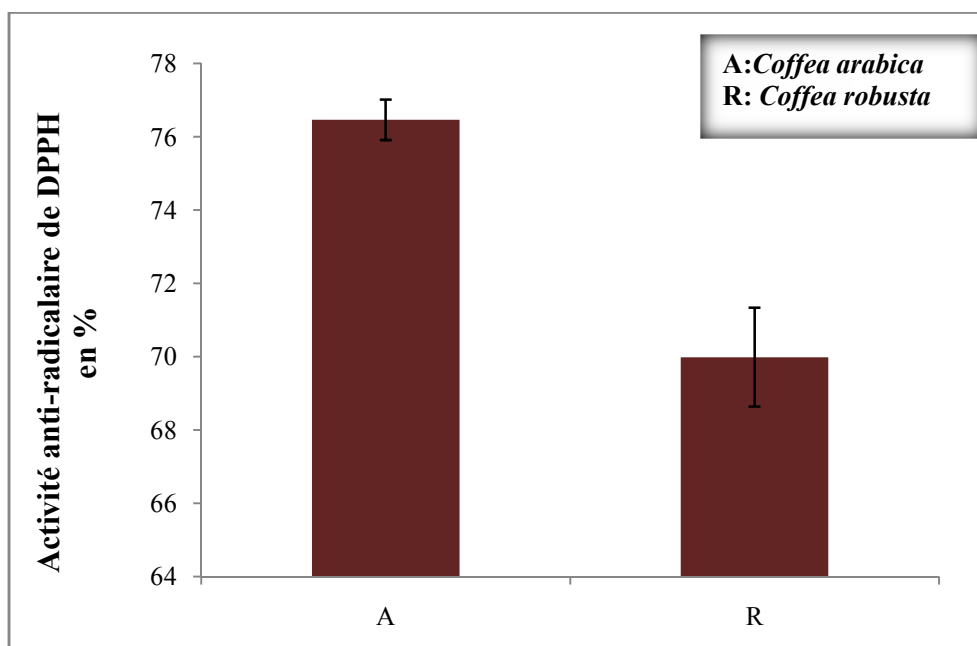


Figure 19 : Activité anti-radicalaire au DPPH des extraits *Coffea arabica* et de *Coffea robusta*.

L'activité anti-radicalaire (DPPH), développée par les grains du café est en fonction de la température de torréfaction, elle diminue avec l'augmentation du degré de la torréfaction (tableau VI) (Somporn *et al.*, 2011).

Tableau VII. Influence du temps et température de torréfaction sur la capacité anti-radicalaire (Somporn *et al.*, 2011).

Torréfaction	T °C/t mn	DPPH (Inhibition%)
Verte	–	92.63%
Legere	230 / 12	92.52%
Moyenne	240 / 14	88.87%
Elevée	250 / 17	86.98%

Les résultats de ces auteurs sont similaires à ceux obtenus dans notre étude par rapport aux grains du café arabica torréfiés à 240°C pendant 14 min.

Lors de la torréfaction, il y a une perte d'activité antioxydante due à la dégradation thermique des antioxydants (principalement polyphénols tels que les acides chlorogéniques) (Carmelina *et al.*, 2007).

Les extraits des grains du café verts de *Coffea arabica* et *Coffea robusta* préparés par un mélange d'isopropanol et eau à des rapports de 60 :40, 70 :30, 80 :20 v/v, représentent une activité antioxydante de 92%, de 87% et de 76%, respectivement pour *Coffea arabica* et 88%,



de 82% et de 78%, respectivement pour *Coffea robusta*. Ces résultats indiquent que les deux extraits ont un effet apparent à piéger les radicaux libres (Madhava Naidu *et al.*, 2008).

Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus dans cette présente étude. Cette différence est probablement due aux grains de café torréfiés utilisés, sachant que la torréfaction réduit le potentiel antioxydant et le solvant d'extraction (méthanol/eau (50 : 50) et acétone/eau (70 : 30)).

2.2. Test à l'ABTS

L'étude statistique révèle que la capacité anti-radicalaire (ABTS) diffère significativement ($\alpha=0.05$) entre les deux espèces du café. *Coffea arabica* a développée une capacité antioxydante supérieure à celle de *Coffea robusta* ($339,47 \pm 7,72$ mg/g MS et de $317,88 \pm 2$ mg/g MS respectivement) (figure 20).

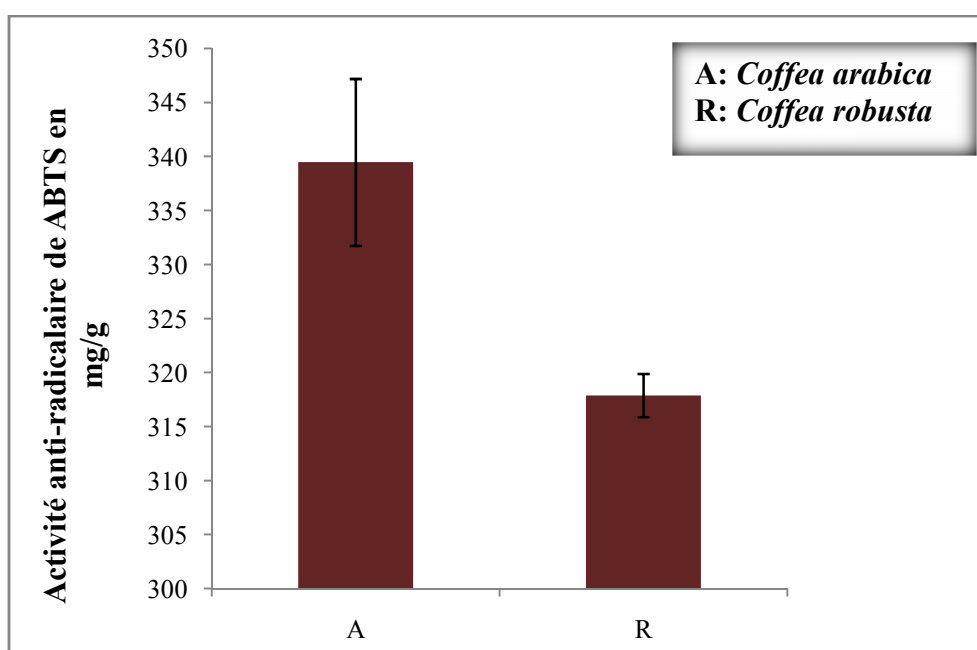


Figure 20 : Activité anti-radicalaire de l'ABTS des extraits de *Coffea arabica* et de *Coffea robusta*.

Gomez-Ruiz *et al.* (2008), ont constaté que la capacité anti-radicalaire déterminée par l'ABTS est de $895,5 \pm 49,5$ mg/g chez *Coffea arabica*, qui est très supérieur par rapport aux résultats obtenus dans notre étude ($339,47 \pm 7,72$ mg/g). Ceci est dû au barème temps et température de la torréfaction, utilisés par ces chercheurs (290°C pendant 180s) alors que nos échantillons, sont torréfiés à 150°C pendant 50 min.

La capacité anti-radicalaire diminue avec l'augmentation du temps et température de la torréfaction, une activité antioxydante plus élevée est observée pour le café légèrement et moyennement torréfié que pour le café vert (Carmelina *et al.*, 2007).



3. Dosage de pouvoir réducteur

3.1. Test de phosphomolybdate d'ammonium

L'étude statistique a révélée des différences significatives ($\alpha=0.05$) entre les deux espèces. Les résultats du test au phosphomolybdate d'ammonium montrent que les deux espèces développent une capacité de pouvoir réducteur, qui est égale à $1,540 \pm 0,080$ mg/g MS pour *Coffea arabica* et $1,965 \pm 0,0708$ mg/g MS pour *Coffea robusta* (figure 21).

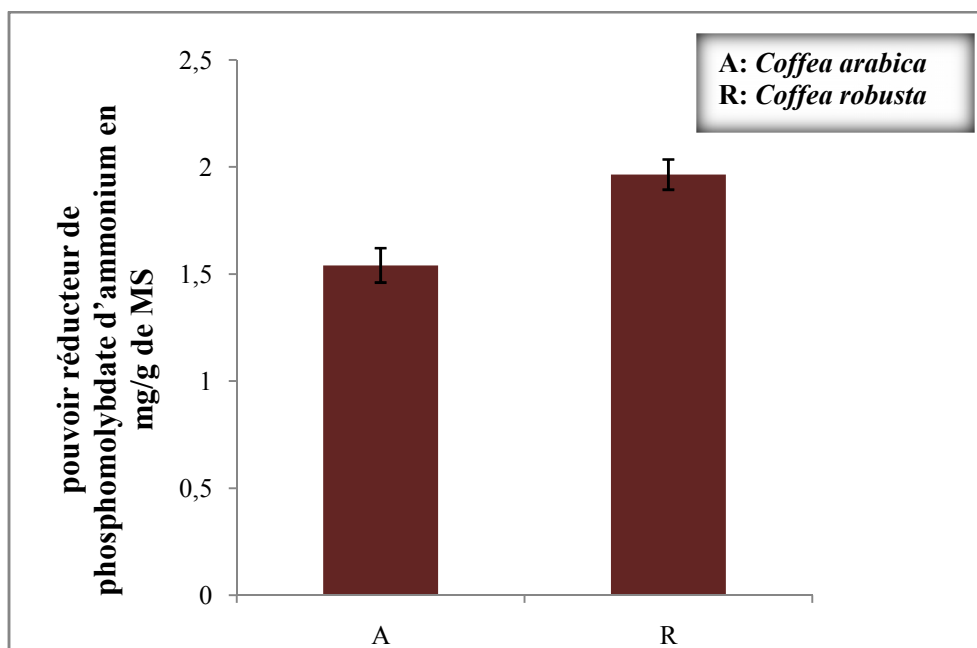


Figure 21 : Pouvoir réducteur de phosphomolybdate d'ammonium des extraits *Coffea arabica* et *Coffea robusta*.

Selon **Ramalakshmi et al. (2008)**, qui ont utilisés un mélange des grains de café vertes de deux espèces (*Coffea arabica* et *Coffea robusta*), le pouvoir réducteur se diffère selon le solvant utilisé pour l'extraction. Il est de 925 mg/g, 810 mg/g et de 250 mg/g pour les extraits préparés avec de méthanol, acétone et chloroforme respectivement.

Comparativement à ces pourcentages, nos résultats sont inférieurs et cette différence revient à la méthode d'extraction utilisée, usage d'un mélange des grains de café vertes de deux espèces.

3.2. Test de ferricyanure de potassium

L'étude statistique a montré des différences significatives ($\alpha=0.05$) entre les deux espèces. D'après les résultats obtenus, le pouvoir réducteur élevé est enregistré par *Coffea robusta* ($22,35 \pm 1,13$ mg/g MS) tandis que *Coffea arabica* a développé une activité faible ($14,69 \pm 1,9$ mg/g MS) (figure 22).

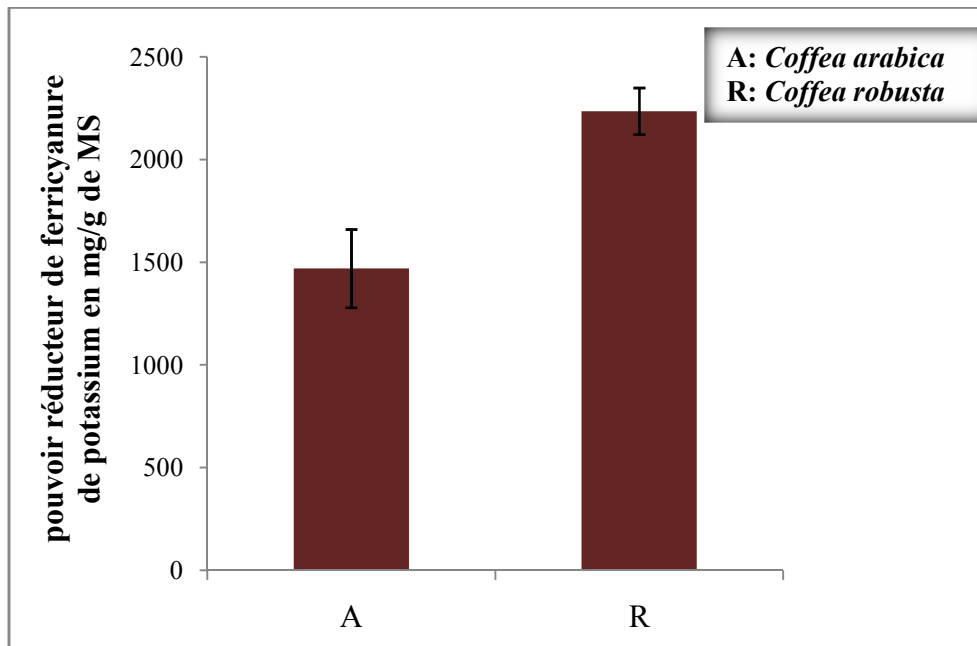
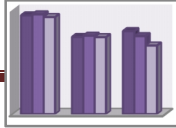


Figure 22 : Pouvoir réducteur de ferricyanure de potassium des extraits *Coffea arabica* et de *Coffea robusta*.

D'après les travaux menés par **Liu et Kitts, (2011)**, le pouvoir réducteur développé par *Coffea arabica* non torréfié récoltée en Colombie, est égal à 310 ± 20 mg/g MS, mais pour les grains torréfiés à $210^{\circ}\text{C}/15$ min et $240^{\circ}\text{C}/15$ min est de $160 \pm 0,00$ mg/g de MS et 150 ± 10 mg/g respectivement. Les résultats obtenus dans notre étude, sont supérieur.

La différence est probablement due à la préparation des extraits (eau), origine géographique et au temps et température de la torréfaction (210°C pendant 15 min).

La présente étude nous a permis de mettre en évidence l'activité antioxydante de grains de café torréfiés à 150°C pendant 50 min de deux espèces *Coffea arabica* et *Coffea robusta*. Pour cela, nous avons essayé d'apprécier globalement la composition en antioxydants des grains par le dosage des polyphénols totaux, des proanthocyanidines et de la caféine ; l'évaluation de l'activité anti-radicalaire par les radicaux libres DPPH et ABTS et le dosage du pouvoir réducteur par les tests de ferricyanure de potassium et phosphomolybdate d'ammonium.

Les résultats obtenus révèlent que *Coffea arabica* renferme une teneur élevée en polyphénols totaux (51,1 mg EAG /g) et développe une capacité anti-radicalaire estimée à 76,46 % par le test de DPPH et de 339,47 mg BHA /g par le test d'ABTS. Par contre *Coffea robusta* a renferme un teneur élevée en proanthocyanidine et en caféine qui sont de 24,80 mg ECy/g de MS et de 15,51 mg/g de MS respectivement, avec un pouvoir réducteur estimé à 1,965 mg/g de MS par le test au phosphomolybdate d'ammonium et 22,35 mg/g par le test au ferricyanure de potassium.

Nos résultats montrent l'intérêt de la consommation de café grâce à leur teneur incontestable en différents antioxydants qui peuvent piéger les radicaux libres et donc protéger contre le stress oxydatif.

En perspective, il serait nécessaire de conseiller les torréfacteurs Algériens de prendre en considération les conditions de la torréfaction et de stockage du café afin de préserver les propriétés du café et d'éviter la perte en composition en antioxydants, il serait aussi intéressant d'approfondir cette étude, en allant plus loin dans les protocoles expérimentaux en utilisant des techniques plus performantes, telles que les méthodes couplés HPLC /MS ou GC/MS pour identifier les antioxydants constitutifs de ces deux espèces de café. Ainsi qu'en réalisant des études expérimentales *in vivo* et des études cliniques afin de déterminer leurs activités biologiques, à savoir dans les problèmes hépatiques, anti-inflammatoire, anticancéreuse...

A

Andueza S., Cida C. et Nicoli M- C. (2004). Comparison of antioxidant and pro-oxidant activity in coffee beverages prepared with conventional and “Torrefacto” coffee. *Lebensm-Wiss. U-Technol.* 37 : 893–897.

B

Badoud R. et Bauer W. (2001). Le café. In « Les boissons ». Ed. Université de Lausanne. pp.11-23.

Barel M. (2008). Café : de la cerise à la tasse. 3-14.

Brezová V., Šlebodová A. et Staško A. (2009). Coffee as a source of antioxidants: An EPR study. *Food Chemistry.* 114 : 859–868.

Bouزيد W., Yahia M., Abdeeddaim M., Aberkane M-C. et Ayachi A. (2011). Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de l'Aubepine Monogyne. *Lebanese Science Journal.* 12. 1: 59-69.

C

Carmelina A-S., Calle B., Brohee M., Richard H. et Anklam E. (2007). Impact of the roasting degree of coffee on the vitro radical scavenging capacity and content of acrylamide. *LWT.* 40: 1849-1854.

Chen H-Y. et Yen G-C. (2007). Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L) leaves. *Food Chemistry.* 101: 686–694.

Christine A- F., Von Arnim M-D., Ute Gola M-D., Hans K. et Biesalski M-D. (2010). More than the sum of its parts? Nutrition in Alzheimer's disease. *Nutrition.* 26: 694–700.

Clifford M- N. et Jarvis T. (1988). The Chlorogenic Acids Content of Green Robusta Coffee Beans as a Possible Index of Geographic Origin. *Food Chemistry.* 29: 291-298.

D

Di Castelnuovo A., di Giuseppe R., Iacoviello L. et de Gaetano G. (2011). Consumption of cocoa, tea and coffee and risk of cardiovascular disease. *European Journal of Internal Medicine.*

F

Ferruzzi M- G. (2010). The influence of beverage composition on delivery of phenolic compounds from coffee and tea. *Physiology et Behavior.* 100: 33–41.

G

Gervaise Y. (2004). Analyse des Antioxydants naturels dans les matières premières et les produits. Polyphenols . Euroforum.paris. 10 p.

✚ Gomez-Ruiz J- A., Ames J- M. et Leake D- S. (2008). Antioxidant activity and protective effects of green and dark coffee components against human low density lipoprotein oxidation. *European Food Research Technologie*. 227:1017–1024.

✚ Gulin L., Alici H.A. et Cessur M. (2005). Determination In Vitro Of Antioxydant And Radical Scaveniging Activitiès Of Propofol. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 53(3):281.

H

✚ Hecimovic I., Belscak-Cvitanovic A., Horzic D. et Komes D. (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry*. 129: 991–1000.

✚ Hong B-N., Yi T-H., Park R., Kim S-Y. et Kang T-H. (2008). Coffee improves auditory neuropathy in diabetic mice. *Neuroscience Letters*. 441: 302–306.

J

✚ Jacques-Félix H. (1968). Récolte, technologie et rendement du café. In: « Le café ». Ed. Université de France 108, Boulevard Saint-Germain, Paris. pp. 55-65.

✚ Jacques-Félix H. (1968). Usages et propriétés du café. In: « Le café ». Ed. Université de France 108, Boulevard Saint-Germain, Paris. pp. 101-123.

L

✚ Liu Y. et Kitts D-D. (2011). Confirmation that the Maillard reaction is the principle contributor to the antioxidant capacity of coffee brews. *Food Research International*. 44: 2418–2424.

M

✚ Madhava Naidu M., Sulochanamma G., Sampathu S-R. et Srinivas P. (2008). Studies on extraction and antioxidant potential of green coffee. *Food Chemistry*. 107: 377–384.

✚ Milane H. (2004). La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère prooxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques. Thèse de doctorat en Sciences, domaine : Pharmacochimie, Université Louis Pasteur Strasbourg I. 148 p.

✚ Milane A. (1988). De la plante au grain torréfié. In : « Livre de café ». Ed. Bourdas S.A., Paris. pp. 103-107.

✚ Ministère de gouvernement. Des spécifications de café torréfiée. Journal officiel, n° 06, 26 Janvier 1992. 141-144.

✚ Muriel P. et Arauz J. (2010). Coffee and liver diseases. *Fitoterapia*. 81: 297–305.

N

✚ Nandakumar V., Singh T., Santosh K. et Katiyar. (2008). Multi-targeted prevention and therapy of cancer by proanthocyanidins. *Cancer Letters*. 269: 378–387.

✚ Nicoli M-C., Anese M., Manzocco L. et Lerici C-R. (1997). Antioxidant Properties of Coffee Brews in Relation to the Roasting Degree. *Lebensm-Wiss. U-Technol*. 30: 292–297.

O

✚ Odabasoglu F., Aslam A., Cakira K., Sulayman H., Karagaz Y., Malici M. et Bayir Y. (2004). Comparaison Of Antioxidant Activity And Phenolic Content Of Three Lichen Species. *Phytotherapy Research*. 18: 938 p.

P

✚ Parras P., Martinez-Tomé M., Jiménez A-M. et Murcia M-A. (2007). Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chemistry*. 102: 582–592.

✚ Prakash K-M. et Tan E-K. (2011). Clinical evidence linking coffee and tea intake with Parkinson's disease. *Basal Ganglia*. 1: 127–130.

R

✚ Ramalakshmi K., Rahath Kubra I. et Jagan Mohan Rao L. (2008) . Antioxidant potential of low-grade coffee beans. *Food Research International*. 41: 96–103.

✚ Ranheim T. et Halvorsen B. (2005). Coffee consumption and human health – beneficial or detrimental? – Mechanisms for effects of coffee consumption on different risk factors for cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus. *Food Res*. 49: 274 – 284.

✚ Rodrigues C-I., Marta L., Maia R., Miranda M., Ribeirinho M. et Maguas C. (2007). Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 440–448.

✚ Romero-González R-R., et Verpoorte R. (2009). Salting-out gradients in centrifugal partition chromatography for the isolation of chlorogenic acids from green coffee beans. *Journal of Chromatography A*. 1216: 4245–4251.

S

✚ Singleton V-L., Orthofer R. et Lamuela-Raventos R- M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and antioxidants by means of FOLIN-CIOCALTEU reagent. *Methods in enzymology*. 299: 152- 178.

✚ Somporn C., Kamtuo A., Theerakulpisut P. et Siriamornpun S. (2011). Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). *International Journal of Food Science and Technology*. 1-8.

Stalmach A., Steiling H., Williamson G. et Crozier A. (2010). Bioavailability of chlorogenic acids following acute ingestion of coffee by humans with an ileostomy. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 501: 98-105.

T

Tang N., Wu Y., Ma J., Wang B. et Yu R. (2010). Coffee consumption and risk of lung cancer: A meta-analysis. *Lung Cancer*. 67: 17–22.

U

Upadhyay R., Ramalakshmi K. et Jagan Mohan Rao L. (2012). Microwave-assisted extraction of chlorogenic acids from green coffee beans. *Food Chemistry*. 130: 184–188.

V

Vernon L., Singleton., Orthofer R., Rosa M. et Lamuela-Raventos. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in enzymology*. 299: 152 - 178.

Vignoli J-A., Bassoli D-G. et Benassi M-T. (2011). Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chemistry*. 124: 863–868.

Von Arnim C., Ute Gola M-D, Hans K. et Biesalski M.D. (2010). More than the sum of its parts? Nutrition in Alzheimer's disease. *Nutrition*. 26: 694–700.

W

Wozniak D., Oszmianski J. et Matkowski A. (2006). Antimutagenic and Antioxidant Activity of the Extract from *belamcanda chinensis* (L.) dc. *pharmaceutican drug research*. Polish pharmaceutical Society. 63.3: 213-218.

Wanasundara P. et Shahidi F. (2005). Antioxidants: Science, Technology, and Applications. 11: 432- 483.

Annexes I

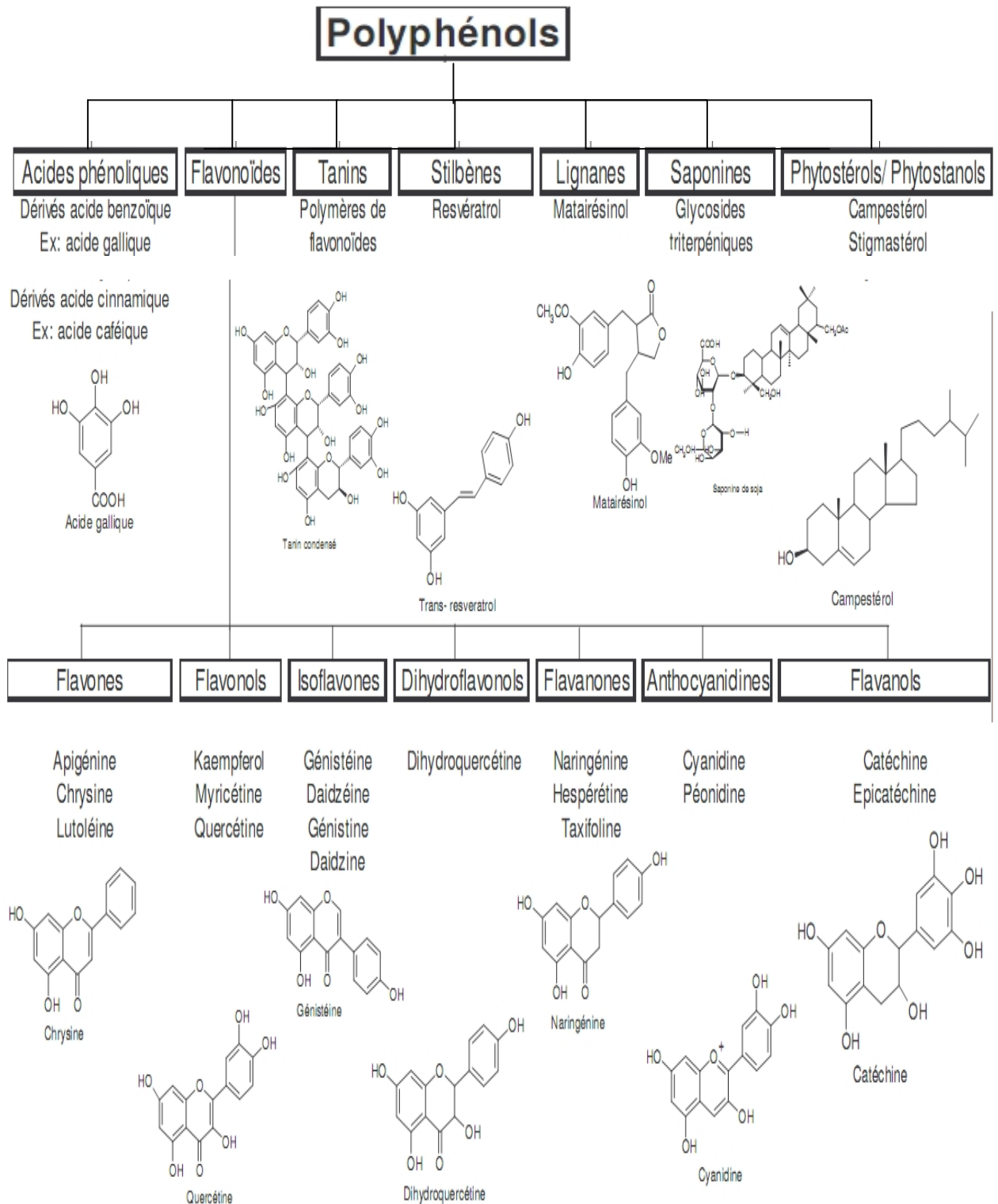


Figure 1 : Classification des polyphénols (Gervaise, 2004).

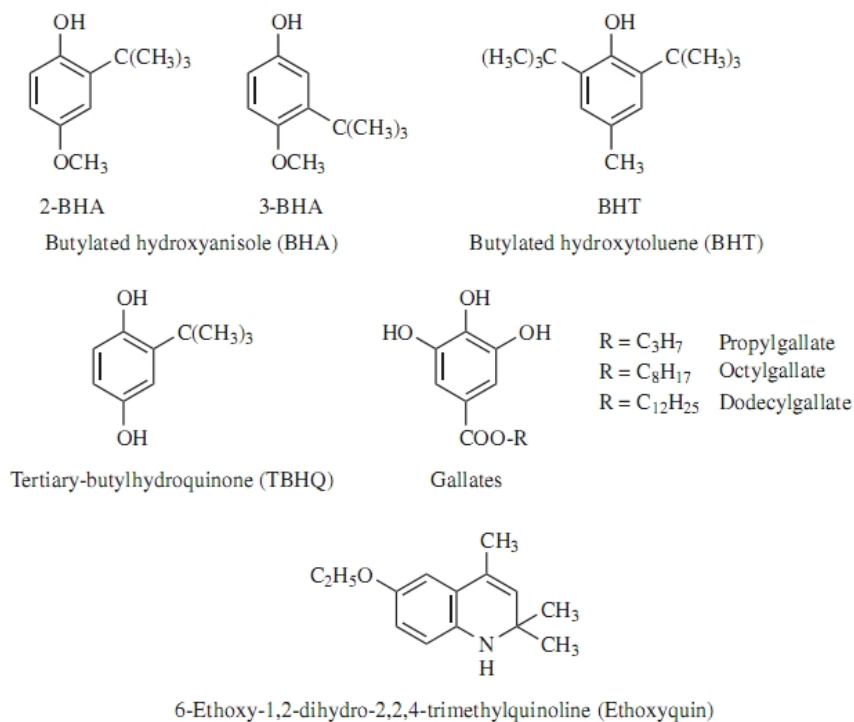


Figure 2 : Structure chimique des polyphénols antioxydants synthétiques (Wanasundara et Shahidi, 2005).

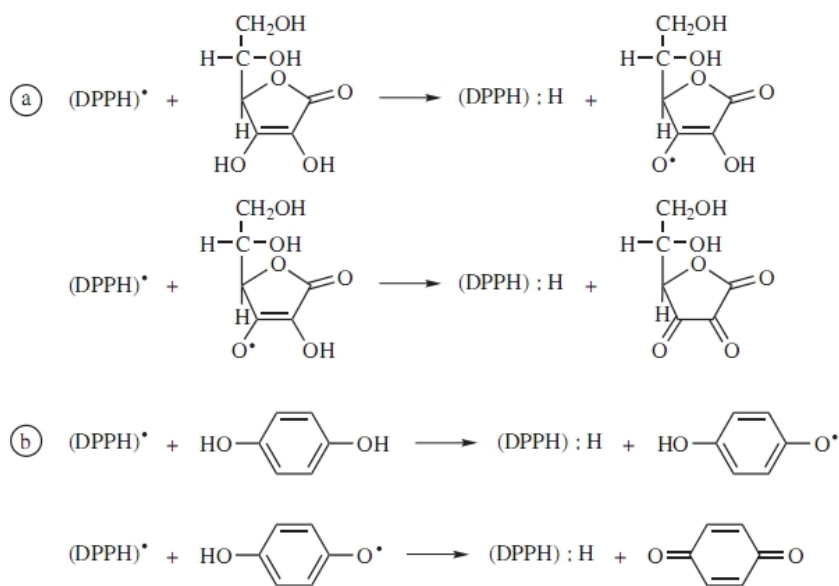


Figure 3 : Réaction de radical libre DPPH (α , α -diphénylique- β -picrylhydrazyl) avec un groupement oxydable (Wanasundara et Shahidi, 2005).

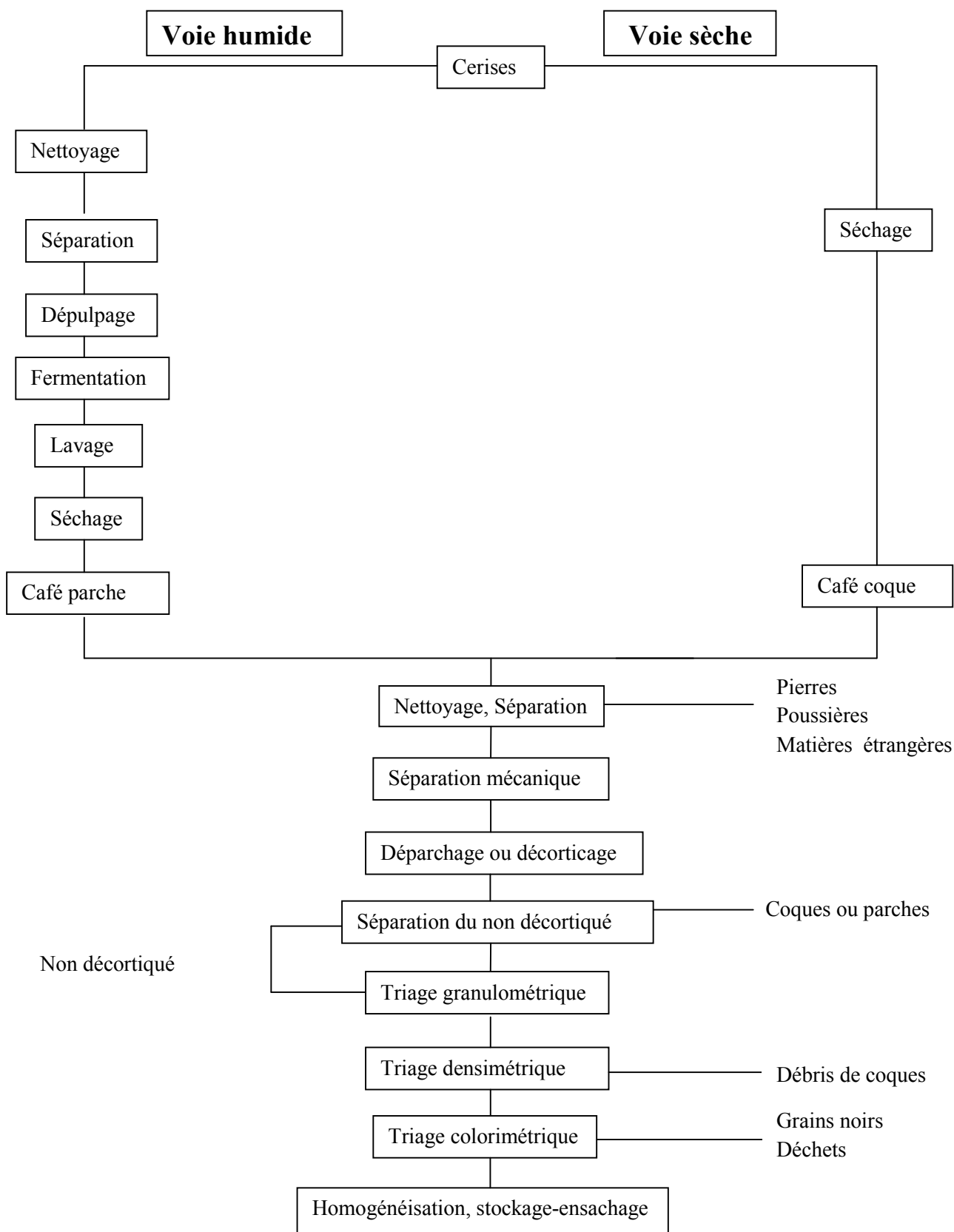


Figure 4 : De la cerise au grain torréfié (Milan, 1988).

Annexes II

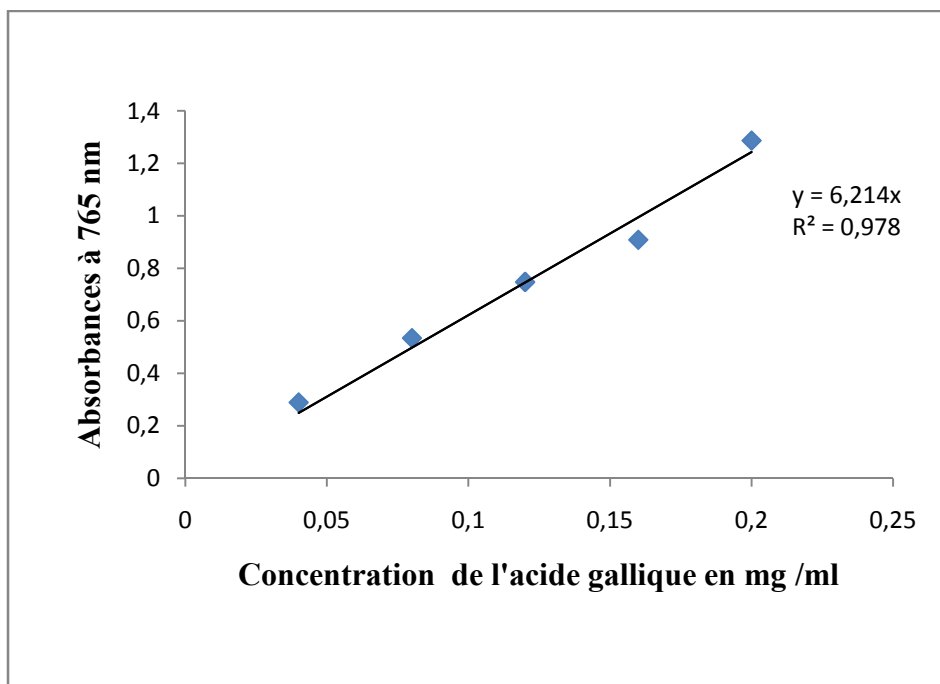


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.

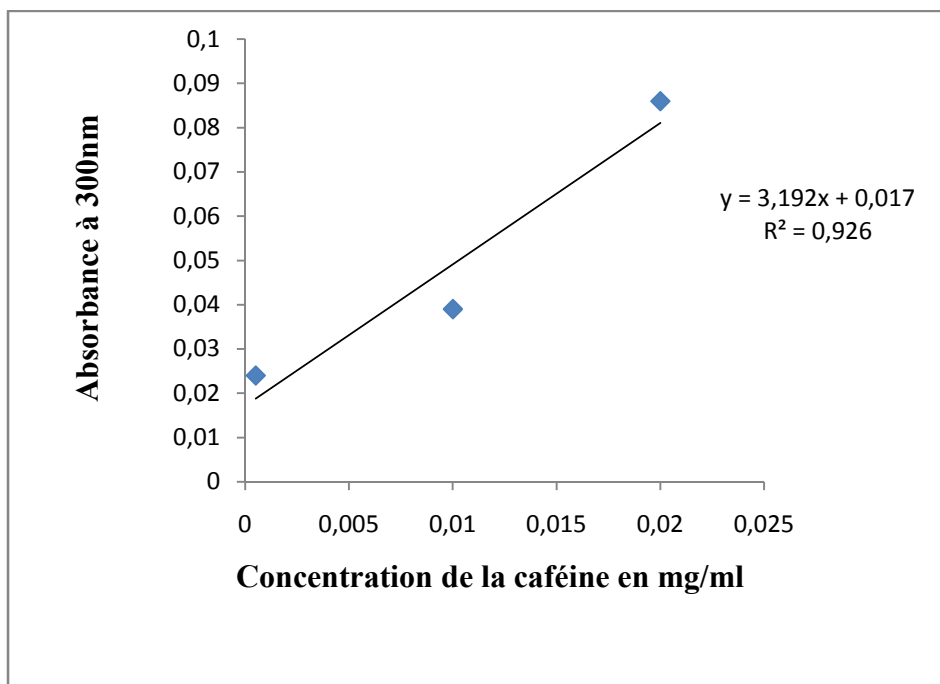


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de la caféine.

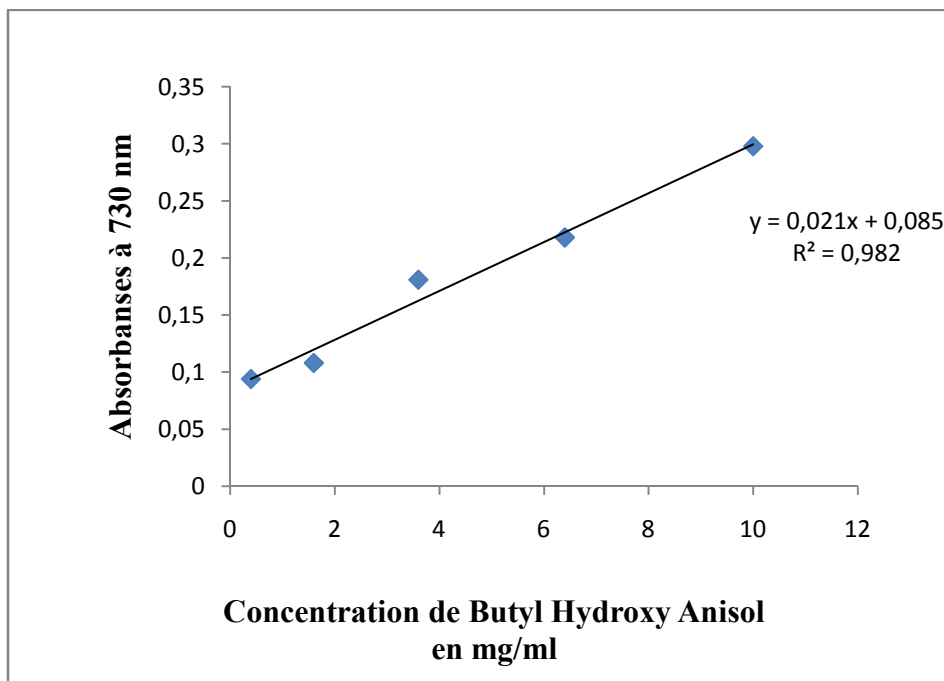


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de l'ABTS.

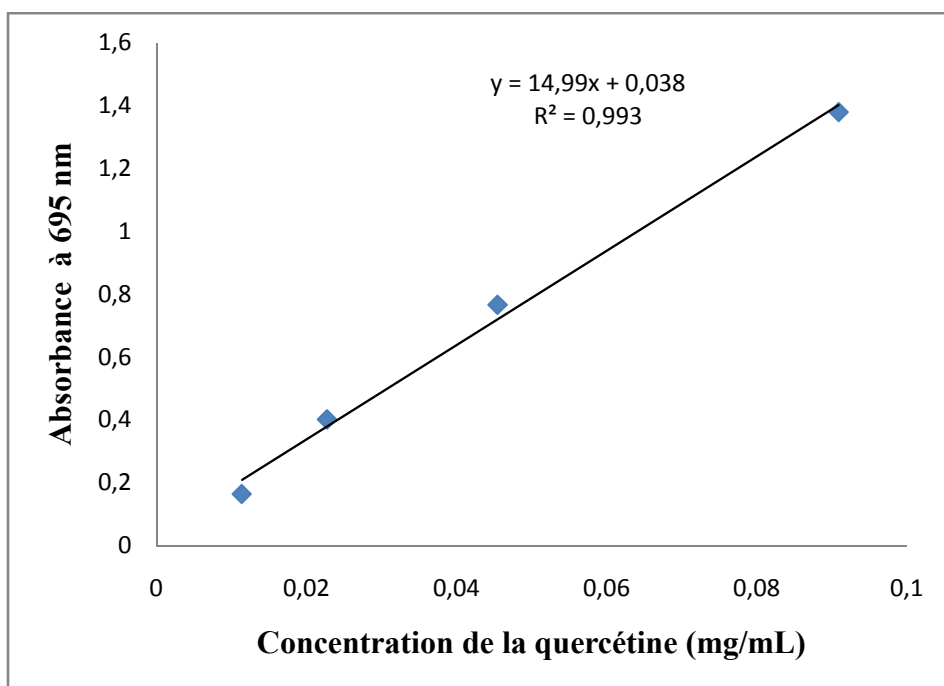


Figure 4 : Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium.

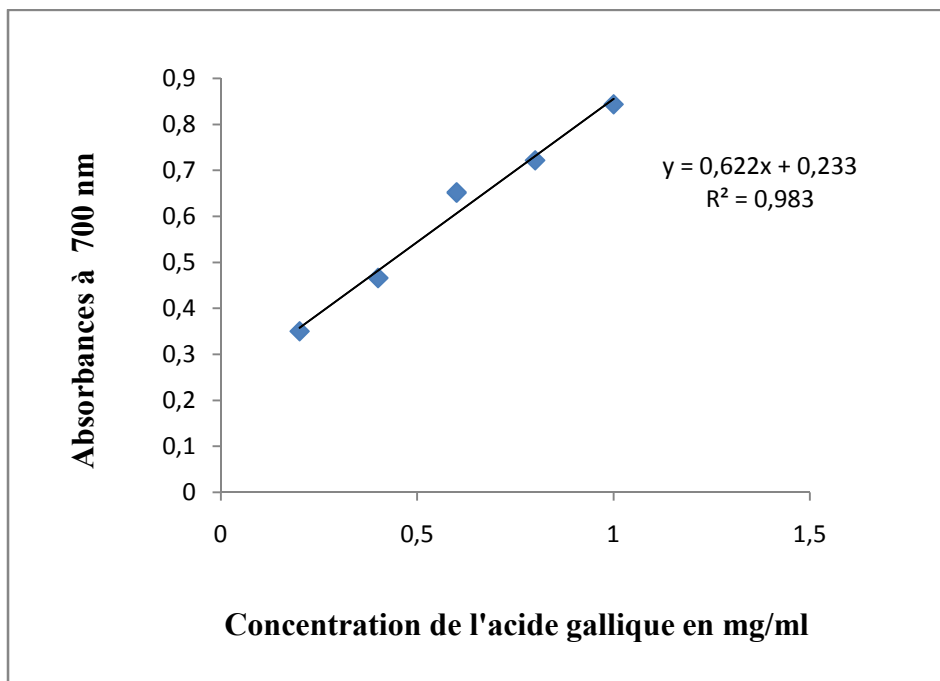


Figure 5 : Courbe d'étalonnage de ferricyanure de potassium.

Annexes III

Tableau I : Consommation mondiale de café depuis 1970 à 2010 selon l'organisation internationale de café (Novembre 2011).

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
WORLD TOTAL	70 718	72 344	73 671	75 781	75 254	76 901	78 041	68 400	73 378	79 785	79 027	82 205	83 132	85 622	83 755	84 428	83 565	89 273	88 199	92 320
<i>Exporting countries</i>	<i>17 484</i>	<i>17 929</i>	<i>17 654</i>	<i>17 486</i>	<i>17 274</i>	<i>17 051</i>	<i>17 237</i>	<i>17 797</i>	<i>17 792</i>	<i>17 964</i>	<i>18 945</i>	<i>19 248</i>	<i>19 854</i>	<i>19 591</i>	<i>18 846</i>	<i>19 311</i>	<i>19 376</i>	<i>19 372</i>	<i>19 268</i>	<i>19 836</i>
Brazil	8 809	8 631	8 071	7 675	7 354	6 914	6 695	6 942	6 709	6 600	7 368	7 756	7 800	7 575	7 125	7 000	7 000	7 000	7 750	8 150
Indonesia	1 118	1 257	1 304	1 291	1 323	1 160	1 121	1 146	1 142	1 153	1 177	1 202	1 208	1 240	1 338	1 167	1 150	1 167	1 186	1 211
Ethiopia	1 194	1 428	1 471	1 515	1 563	1 625	1 742	1 858	1 796	1 654	1 575	1 604	1 617	1 612	1 608	1 699	1 932	1 917	1 167	1 175
Mexico	1 463	1 513	1 563	1 575	1 563	1 738	1 625	1 400	1 400	1 400	1 425	1 525	1 625	1 650	1 558	1 773	1 825	1 600	1 625	1 675
India	563	633	636	649	642	614	648	812	852	826	896	894	1 037	846	704	822	729	1 180	878	967
Other exp coun	4 336	4 469	4 611	4 780	4 831	5 000	5 407	5 639	5 893	6 332	6 504	6 267	6 567	6 669	6 514	6 850	6 740	6 508	6 663	6 658
<i>Importing Countries</i>	<i>53 235</i>	<i>54 415</i>	<i>56 017</i>	<i>58 296</i>	<i>57 979</i>	<i>59 850</i>	<i>60 804</i>	<i>50 604</i>	<i>55 586</i>	<i>61 821</i>	<i>60 082</i>	<i>62 957</i>	<i>63 279</i>	<i>66 030</i>	<i>64 909</i>	<i>65 118</i>	<i>64 189</i>	<i>69 902</i>	<i>68 931</i>	<i>72 484</i>
<i>Traditional Markets</i>	<i>47 941</i>	<i>48 882</i>	<i>50 337</i>	<i>51 924</i>	<i>51 190</i>	<i>52 636</i>	<i>53 870</i>	<i>43 963</i>	<i>48 414</i>	<i>53 971</i>	<i>52 084</i>	<i>54 011</i>	<i>55 415</i>	<i>56 656</i>	<i>55 771</i>	<i>55 848</i>	<i>56 408</i>	<i>59 631</i>	<i>59 689</i>	<i>59 802</i>
USA	21 267	20 716	21 898	21 791	20 767	19 993	20 874	15 672	17 925	19 014	17 414	17 200	18 283	17 923	18 397	18 379	17 572	18 197	17 889	18 556
Germany	5 541	6 628	5 867	6 363	6 118	6 438	6 829	7 042	6 635	7 678	7 759	8 044	8 541	8 902	8 274	7 742	8 706	9 673	10 177	9 380
Japan	1 224	1 326	1 431	1 531	2 397	2 334	2 341	2 361	2 171	3 166	3 357	3 245	3 587	3 749	3 876	4 153	4 298	4 755	4 910	4 940
France	3 988	4 304	4 181	4 419	4 590	4 974	4 823	4 436	4 955	5 158	5 274	5 466	5 357	5 423	4 948	5 051	5 068	5 394	5 396	5 289
Italy	2 739	2 951	2 947	3 326	3 385	3 356	3 548	3 076	3 231	3 786	3 679	3 747	4 075	4 113	3 709	4 656	4 189	4 299	4 219	4 307
Canada	1 461	1 496	1 520	1 539	1 513	1 737	1 637	1 346	1 674	1 749	1 771	1 977	1 763	1 739	1 828	1 841	1 786	1 800	1 814	1 822
Spain	1 151	1 111	1 224	1 328	1 559	1 615	1 600	1 122	1 573	1 745	1 428	1 732	1 748	2 031	1 868	1 761	2 224	2 106	2 343	2 592
United Kingdom	1 847	1 975	1 891	2 508	1 841	2 016	1 930	1 621	1 740	2 457	2 022	2 392	2 286	2 266	2 367	2 307	2 282	2 355	2 331	2 177
Others	8 723	8 374	9 379	9 121	9 020	10 174	10 288	7 286	8 509	9 217	9 381	10 209	9 776	10 510	10 503	9 956	10 283	11 053	10 610	10 738
<i>Emerging Markets</i>	<i>5 293</i>	<i>5 533</i>	<i>5 680</i>	<i>6 371</i>	<i>6 789</i>	<i>7 214</i>	<i>6 934</i>	<i>6 641</i>	<i>7 172</i>	<i>7 849</i>	<i>7 998</i>	<i>8 946</i>	<i>7 863</i>	<i>9 375</i>	<i>9 138</i>	<i>9 270</i>	<i>7 782</i>	<i>10 270</i>	<i>9 242</i>	<i>12 683</i>

En milliers de sacs

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
WORLD TOTAL	89 810	94 510	95 295	99 302	93 792	96 010	99 951	100 539	103 018	105 853	105 500	109 812	111 382	113 925	120 012	120 801	124 627	129 348	132 911	131 823	135 040
<i>Exporting countries</i>	<i>19 418</i>	<i>19 909</i>	<i>20 761</i>	<i>21 131</i>	<i>21 228</i>	<i>22 030</i>	<i>23 310</i>	<i>24 160</i>	<i>24 981</i>	<i>25 540</i>	<i>26 383</i>	<i>27 800</i>	<i>28 453</i>	<i>29 392</i>	<i>30 906</i>	<i>32 623</i>	<i>34 427</i>	<i>36 373</i>	<i>38 119</i>	<i>39 675</i>	<i>41 331</i>
Brazil	8 200	8 425	8 800	9 050	9 250	9 900	10 775	11 375	12 025	12 575	13 075	13 493	13 710	14 088	14 760	15 392	16 133	16 927	17 526	18 208	18 945
Indonesia	1 236	1 271	1 309	1 349	1 390	1 432	1 475	1 521	1 567	1 614	1 664	1 919	1 834	1 820	1 958	2 375	2 750	3 208	3 333	3 333	3 333
Ethiopia	1 200	1 216	1 281	1 349	1 421	1 496	1 576	1 659	1 747	1 840	1 938	2 041	2 149	2 264	2 384	2 511	2 644	2 785	2 933	3 089	3 253
Mexico	1 544	1 331	1 225	1 243	1 058	1 060	1 193	1 227	1 178	1 119	1 189	1 354	1 500	1 500	1 556	1 794	2 050	2 200	2 200	2 239	
India	726	906	917	896	833	833	833	833	833	854	938	1 017	1 084	1 142	1 188	1 272	1 357	1 438	1 518	1 605	1 725
Other exp coun	6 513	6 760	7 229	7 245	7 276	7 309	7 458	7 546	7 631	7 539	7 581	7 978	8 176	8 580	9 116	9 517	9 749	9 967	10 609	11 241	11 837
<i>Importing Countries</i>	<i>70 392</i>	<i>74 601</i>	<i>74 534</i>	<i>78 171</i>	<i>72 564</i>	<i>73 980</i>	<i>76 640</i>	<i>76 380</i>	<i>78 037</i>	<i>80 313</i>	<i>79 117</i>	<i>82 011</i>	<i>82 929</i>	<i>84 533</i>	<i>89 106</i>	<i>88 178</i>	<i>90 200</i>	<i>92 974</i>	<i>94 792</i>	<i>92 148</i>	<i>93 709</i>
<i>Traditional Markets</i>	<i>59 057</i>	<i>64 668</i>	<i>62 161</i>	<i>65 368</i>	<i>60 403</i>	<i>61 512</i>	<i>63 349</i>	<i>62 045</i>	<i>63 340</i>	<i>64 942</i>	<i>63 589</i>	<i>64 709</i>	<i>64 196</i>	<i>66 220</i>	<i>69 147</i>	<i>67 614</i>	<i>69 440</i>	<i>70 220</i>	<i>70 029</i>	<i>69 220</i>	<i>70 973</i>
USA	18 298	18 661	18 290	19 217	17 326	17 363	18 059	17 795	18 604	19 359	18 746	19 554	19 125	20 193	20 973	20 998	20 667	21 033	21 652	21 436	21 783
Germany	7 279	12 377	9 570	11 325	8 214	11 231	10 594	9 670	9 976	9 748	8 770	9 059	8 498	9 499	10 445	8 665	9 151	8 627	9 535	8 897	9 292
Japan	5 060	5 809	5 132	5 740	5 973	6 116	5 838	5 968	6 052	6 273	6 626	6 936	6 875	6 770	7 117	7 128	7 268	7 282	7 065	7 130	7 192
France	5 205	5 557	5 614	5 507	5 111	5 313	5 512	5 487	5 351	5 578	5 402	5 253	5 526	5 394	4 929	4 787	5 278	5 628	5 152	5 677	5 711
Italy	4 832	4 254	4 132	4 888	4 774	4 644	4 776	4 913	4 936	4 919	5 149	5 243	5 182	5 507	5 469	5 552	5 593	5 821	5 892	5 806	5 781
Canada	1 974	2 068	1 916	2 117	2 407	2 109	2 291	2 229	2 317	2 303	2 377	2 535	2 302	2 146	2 747	2 794	3 066	3 245	3 210	3 292	3 586
Spain	2 714	2 651	3 045	2 728	2 774	2 732	2 901	2 977	2 996	3 324	2 991	2 795	2 833	2 740	2 705	3 007	3 017	3 198	3 485	3 352	3 322
United Kingdom	2 348	2 342	2 516	2 534	2 640	2 200	2 406	2 441	2 588	2 276	2 342	2 215	2 261	2 236	2 458	2 680	3 059	2 824	3 067	3 220	3 134
Others	11 347	10 949	11 945	11 314	11 184	9 804	10 972	10 565	10 520	11 162	11 186	11 120	11 595	11 736	12 304	12 003	12 341	12 563	10 970	10 410	11 260
<i>Emerging Markets</i>	<i>11 336</i>	<i>9 933</i>	<i>12 373</i>	<i>12 803</i>	<i>12 162</i>	<i>12 468</i>	<i>13 291</i>	<i>14 335</i>	<i>14 697</i>	<i>15 371</i>	<i>15 528</i>	<i>17 303</i>	<i>18 733</i>	<i>18 313</i>	<i>19 959</i>	<i>20 564</i>	<i>20 760</i>	<i>22 754</i>	<i>24 764</i>	<i>22 928</i>	<i>22 736</i>

En milliers de sacs

Tableau II : Matériel et réactifs utilisés

Matériel
Bain marie (MEMMERT)
Balance (Sartorius)
Etuve (MEMMERT)
Etuve (Ecocell)
Vortex
Spectrophotomètre (Spectro Scan 50 UV-VIS)
Centrifugeuse
pH metre
Tamiseur
Broyeur électrique
 fioles, bécher, pipettes, entonnoir, micropipettes, poire, tube
Réactifs
Réactif de Folin-Ciocalteu pur (d : 1.22). (PROLABO)
Acetone pur (PROLABO)
Méthanol pur (PROLABO)
HCL (d: 1.18, M: 36, 46 g) (PROLABO)
Carbonate de Sodium (PROLABO)
Fe So₄
Molybdate (A. sulfurique à 0.6M, phosphate de sodium à 28mM et molybdate d'ammonium à 4 mM)
DPPH (0,6.10⁻⁶M)
ABTS
TCA (10%)
Ferricyanure (1%)
Fe Cl₃ (0.1%)
H₂ SO₄ (5N)
NaCl
Benzène

Glossaire

Acclimater : adapter (une personne, un animal ou une plante) à l'environnement naturel ou social.

Aqueducs : canal dont la pente imperceptible sert à acheminer l'eau sur de grandes distances.

Débit : établissement où l'on achète ou consomme certains produits.

Exotique : ensemble des choses qui appartiennent aux pays lointains, spécialement aux pays tropicaux.

Antioxydants : les antioxydants sont des substances qui sont présentes à de faibles concentrations par rapport à un substrat oxydable, capables d'inhiber ou de prévenir son oxydation en éliminant les radicaux libres et en diminuant le stress oxydatif.

Oter : enlever (ce que l'on porte sur soi), retirer, quitter.

Percussion : choc produit par une rencontre (entre deux corps).

Radicaux libres : cette expression désigne une molécule ou un groupe d'atomes portant un électron célibataire sur sa périphérie et pouvant se former par la perte ou le gain d'un électron lors de la rupture d'une liaison.

Résine : Sécrétion organique d'origine végétale et notamment des conifères, translucide à demi solide ou visqueuse, insoluble dans l'eau.

Sublimation : transformation directe (d'un corps) de l'état solide à l'état gazeux sans passage intermédiaire à l'état liquide.

Trépidation : (vibration) série de secousses rapides et saccadées qui ébranlent (quelque chose), mouvement de vive agitation (d'un lieu très fréquenté).

Trémie : réservoir en forme de pyramide renversée (d'une machine à couper, trier, broyer, vibration ou moultre), destiné à recevoir la substance ou le matériau qui doit être traité.



Résumé

En raison de leur capacité à endommager les molécules biologiques, les radicaux libres peuvent perturber plusieurs processus biologiques et engendrer de nombreuses pathologies. L'espèce *Coffea arabica* et *Coffea robusta* utilisés par l'homme depuis longtemps, possèdent de nombreuses propriétés biologiques qui sont attribuées à leurs richesses en composées phénoliques, et cette dernière est influencée par les conditions de torréfactions et l'origine de l'espèce. Les résultats de la présente étude révèlent que *Coffea arabica* renferme une teneur élevée en polyphénols totaux estimée à 51,1mg EAG/g et développe une capacité anti-radicalaire avec un taux de 76,46 % par le test au radical DPPH et 339,47 mg BHA /g par le test d'ABTS. Pour *Coffea robusta* cette espèce a révélé un taux élevé en proanthocyanidine et en caféine (24,80 mg ECy/g de MS et de 15,51 mg/g de MS respectivement), et développe un pouvoir réducteur évalué à 1,965 mg/g par le test au phosphomolybdate d'ammonium et à 22,35 mg/g par le test au ferricyanure de potassium.

Mots clés : *Coffea arabica*, *Coffea robusta*, torréfaction, activité antioxydante, caféine, polyphénols, proanthocyanidines.



Introduction

Partie

Bibliographique

Chapitre I

Généralités

Chapitre II

Traitement du café

Partie *Expérimentale*

Chapitre I

Matériel et méthodes

Chapitre II

Résultats et discussion

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes