

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de
l'Univers
Département de Biologie



MÉMOIRE

Présenté par

KAZI TANI Yasmina

HAMNACHE Sara

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER
En Biologie
NUTRITION ET PATHOLOGIE

Thème

**Molécules bioactives dans les matières résiduelles de
torréfaction du café**

Soutenu le, devant le jury composé de :

| | | | |
|-------------|--------------------|-----|-----------------------|
| Examineur 1 | LOUKIDI Bouchra | MCA | Université de Tlemcen |
| Examineur 2 | SAIDI MERZOUK Amel | MAA | Université de Tlemcen |
| Encadrant | MERZOUK Hafida | Pr. | Université de Tlemcen |

Année universitaire 2020/2021

الجزينات النشطة بيولوجياً في نفايات تحميص البن

التلخيص

تنتج صناعة القهوة أطناناً من المنتجات الثانوية بعد المعالجات المختلفة لحبوب البن ، بما في ذلك التحميص ، الذي ينتج عنه مواد متبقية تعتبر مصدرًا رئيسياً للتلوث البيئي. هذه المواد المتبقية غنية بالمركبات النشطة بيولوجياً المفيدة جداً للصحة. هناك العديد من الاستراتيجيات المعمول بها حالياً لتحليل هذه المواد المتبقية لإعادة استخدامها واستعادتها مع العديد من المزايا الاقتصادية والبيئية على حد سواء. كجزء من درجة الماجستير في التغذية والأمراض ، أجرينا هذه المراجعة المحدثة على مختلف الجزينات النشطة بيولوجياً الموجودة في المواد المتبقية من القهوة. سلطت هذه المراجعة الضوء على وجود جزيئات مختلفة مثل الكافيين والعفص والبولىفينول والأنثوسيانين ، والتي من المعروف أن أنشطتها المضادة للأكسدة والسرطان ومضادات الالتهاب والمعدلة لعملية التمثيل الغذائي معروفة جيداً. لذلك يمكن تقييم مواد القهوة المتبقية كمنظم طبيعي لعملية التمثيل الغذائي المفيدة لصحة الإنسان

الكلمات المفتاحية: القهوة؛ نفايات تحميص الكافيين العفص البولىفينول الأنثوسيانين مفيد للصحة

Molécules bioactives dans les matières résiduelles de torréfaction du café

Résumé

L'industrie du café produit des tonnes de sous-produits suite aux différents traitements des graines de café dont la torréfaction qui engendre des matières résiduelles considérées comme une source importante de pollution environnementale. Ces matières résiduelles sont riches en composés bioactifs très bénéfiques pour la santé. Plusieurs stratégies sont actuellement mises en place afin d'analyser ces matières résiduelles pour une réutilisation et une valorisation présentant plusieurs avantages, tant économiques qu'environnementaux. Dans le cadre de notre master en Nutrition et pathologies, nous avons réalisé cette revue actualisée sur les différentes molécules bioactives contenues dans les matières résiduelles de café. Cette revue a mis en relief l'existence de différentes molécules comme la caféine, les tannins, les polyphénols et les anthocyanes, dont les activités antioxydante, anticancéreuse, anti-inflammatoire et modulatrice du métabolisme sont bien connues. Les matières résiduelles de café peuvent donc être valoriser comme étant un régulateur naturel du métabolisme bénéfique pour la santé humaine.

Mots clés : café, matières résiduelles, torréfaction, caféine, polyphénols, anthocyanes, tannins, avantage santé.

Bioactive molecules in coffee roasting waste

Abstract

The coffee industry produces tons of by-products following various treatments of coffee beans, including roasting, which generates residual materials considered to be a major source of environmental pollution. These residual materials are rich in bioactive compounds that are very beneficial to health. Several strategies are currently in place to analyze these residual materials for reuse and recovery with several advantages, both economic and environmental. As part of our master's degree in Nutrition and pathologies, we carried out this updated review on the various bioactive molecules contained in coffee residual materials. This review highlighted the existence of different molecules such as caffeine, tannins, polyphenols and anthocyanins, whose antioxidant, anticancer, anti-inflammatory and metabolism-modulating activities are well known. The residual coffee materials can therefore be valued as a natural regulator of metabolism beneficial to human health.

Key words: Coffee, by-products, roasting, caffeine, tannins, polyphenols, anthocyanins, health.

Dédicaces de Yasmina Kazi Tani

Tout d'abord je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience de pouvoir réaliser ce travail de recherche.

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A Ma tendre Mère **NADIA**: Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

A Mon très cher Père **HOCINE** : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consenti pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

A mon très cher mari **SAMAD** : Tes sacrifices, ton soutien moral m'ont permis de réussir mes études. Ce travail est le témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

A mon cher frère **AMINE** et mes chères sœurs **DJAZIA** et **KAWTHE** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

Mes remerciements s'adressent particulièrement au Professeur **MEZOUK HAFIDA**, pour son encadrement de qualité, sa motivation professionnelle, ses conseils, ses corrections, sa gentillesse et sa patience ainsi pour le temps qu'elle a consacré à la réalisation de ce travail.

A mes chers beaux parents : **MANSOUR(BAA)** et **AICHA(MAA)**. Vous m'avez accueilli les bras ouverts. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon grand respect et mon estime envers vous. Pour vos conseils et votre soutien moral. J'implore dieu qu'il vous apporte bonheur et santé

A mes chères belles sœurs **BIDA**, **BELKISS** et **FAIZA**, mes chers beaux frères **AHMED** et **YACINE**.

A vous mes grands parents **PAPOU (Fouad)** et **MAMI (Zoulikha)** et **MAA (Hafida)** ceci est ma profonde gratitude pour votre éternel amour, que dieu vous donne une longue et joyeuse vie.

À l'âme de mon grand père **KAZI TANI FETHI**, que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A toute ma famille (**oncles tantes cousins cousines**) pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire : Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible, Merci d'être toujours là pour moi.

Je souhaite personnellement remercier mon binôme et amie **SARA**, avec la quelle j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler. Nous avons formé une belle équipe, je te remercie donc pour tout ce que tu m'as apporté au cours de ces quatre années partagées.

À mon âme sœur et ma meilleure amie **NADIA YADI**, qui m'encourage, me comprend et a toujours été à mes côtés, que dieu lui donne du bonheur, santé et réussite.

J'adresse également des remerciements à tous **les enseignants** de la faculté des sciences de la nature et de la vie.

De peur d'en avoir oublié, je souhaite remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ce parcours universitaire.

Dédicaces de Sara Hamnache

Avec l'expression de la reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux à qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre de dieu qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher **père Rachid**.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non, âme exigeante et qui n'a épargné aucun effort me rendre heureuse : mon adorable **mère Chahira**.

A ma chère sœur **Manel** qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mon adorable frère **Haithem** qui a partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de ce travail.

A **mes grands mères, mes oncles, mes tantes** paternelle et maternelle que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

À **Mes grands pères** paix à leurs âmes ; ils ont souhaité voir ma réussite.

A tous **les cousins les voisins les amis** que j'ai connus jusqu'à maintenant, merci pour leurs soutiens.

Sans oublier mon **chère binôme Yasmina** pour sa patience sa compréhension tout au long de ce projet.

Remerciements

Nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

En guise de reconnaissance, nous tenons à témoigner nos sincères remerciements à Madame MERZOUK Hafida pour avoir accepté de nous encadrer dans cette étude. Nous la remercions pour son implication et ses conseils et ses encouragements, son soutien tout au long de ce travail.

Nous remercions, Mme LOUKIDI Bouchra et Mme SAIDI MERZOUK Amel, enseignantes au département de Biologie, d'avoir accepté de faire partie du jury de soutenance et d'évaluer notre travail.

Nous remercions également tous les professeurs de la promo pour nous avoir transmis leurs savoirs et leurs passions tout au long de ces cinq dernières années.

Nous remercions nos parents, pour nous avoir permis de faire ces études, pour leurs encouragements et leur présence aimante.

Nous remercions notre sœur pour la relecture de notre travail et pour ses conseils avisés.

Et pour finir nous remercions nos amis de la promo pour ces belles années d'études.

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION..... | 8 |
| 1. Consommation du café..... | 9 |
| 2. Torréfaction et matières résiduelles | 9 |
| 2.1 Procédés de torréfaction | 10 |
| 2.2 Marc de café matière résiduelle organique..... | 11 |
| 2.3 Parche de café matière résiduelle..... | 12 |
| 3. Les molécules bioactives du café et de ses matières résiduelles..... | 13 |
| 3.1 La caféine | 13 |
| 3.2 Les antioxydants | 15 |
| 3.3 Molécules bioactives dans les matières résiduelles de café..... | 16 |
| 4. Effets de molécules bioactives du café et des matières résiduelles..... | 17 |
| • Les molécules bioactives du café et la tension artérielle(TA)..... | 17 |
| • Les molécules bioactives du café et le cholestérol..... | 18 |
| • Les molécules bioactives du café et le diabète..... | 18 |
| • Les molécules bioactives du café et les antioxydants..... | 19 |
| • Les molécules bioactives du café et maladies cardiovasculaires..... | 19 |
| • Les molécules bioactives du café et cancer..... | 20 |
| 5. La parche de café comme nouvel ingrédient a base de fibres alimentaires..... | 21 |
| 6. Propriétés biologiques liées aux composés phénoliques..... | 21 |
| 7. Corrélation entre les matières bioactives du café et les maladies..... | 22 |
| CONCLUSION..... | 23 |

Liste des Figures

Figure 1 : Grain de marc de café commercial par microscopie électronique à balayage.....11

Figure 2 : Coupe longitudinale d'un fruit du caféier.....13

Figure 3 : Structure chimique de la caféine15

Liste des Tableaux

Tableau 1. Les principaux composés du marc de café.....12

Tableau 2. Composition des grains de café verts et torréfiés selon la variété (en pourcentage de la matière sèche)16

Tableau 3. Composants bioactifs des matières résiduelles de café.....17

Liste des Abréviations

ARNm: acide ribonucléique messenger.

CA: acide caféique.

CCR: cancer colorectal.

CGA: acide chlorogénique.

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

HCY: homocystéine .

HHQ: hydroxyhydroquinone.

IDF: fibre alimentaire insoluble.

LDL: lipoprotéine de basse densité (mauvais cholestérol dans le sang).

MCV: maladies cardiovasculaires.

PA: pression artérielle.

TA: tension artérielle.

Introduction

De nos jours, on assiste à une augmentation de la production ou de consommation de denrées alimentaires avec une surproduction de déchets ou de matières résiduelles. Ces matières résiduelles sont larguées dans la nature et provoquent dans la majorité des temps la détérioration de l'environnement, de la nature et aussi de la santé humaine. La production mondiale de déchets ne cesse d'augmenter et représente des milliards de tonnes par an provenant de l'activité humaine ou industrielle. L'Algérie n'échappe pas à ce phénomène, puisque plusieurs millions de tonnes de déchets sont produits (**Zerouati, 2018**). Parmi ces matières résiduelles, certaines sont organiques et sont riches en composés bioactifs très bénéfiques pour la santé. Ainsi, plusieurs stratégies sont actuellement mises en place afin d'analyser ces matières résiduelles pour une réutilisation et une valorisation présentant plusieurs avantages, tant économiques qu'environnementaux. En effet, l'utilisation de ces résidus représente des opportunités économiques et de santé.

L'industrie du café, en Algérie et dans les pays producteurs de café, produit des tonnes de sous-produits suite aux différents traitements des graines de café dont la torréfaction qui engendre la parche de café considérée comme une source importante de pollution environnementale.

Le café est un produit alimentaire important, dont la consommation est élevée dans le monde entier. Cette boisson possède des effets miracles très bénéfiques pour la santé. Cependant, la torréfaction du café engendre des matières résiduelles qui peuvent causer un problème écologique important. La parche de café constitue la coque qui enveloppe le grain de café et elle est considérée comme un déchet après la récupération des grains de café. Cependant, cette parche de café contient des composés fonctionnels tels que des fibres alimentaires, des polysaccharides, des oligosaccharides, des lipides, des acides aliphatiques, des acides aminés, des protéines, des alcaloïdes (caféine, trigonelline) et des composés phénoliques, des minéraux, de la lignine, des mélanoidines et des composés volatils et d'autres antioxydants (**Iriondo-DeHond et al., 2020**).

L'utilisation de la parche du café constitue une stratégie importante pour valoriser les matières résiduelles de torréfaction du café.

Dans le cadre de l'obtention de notre diplôme de Master en Nutrition et Pathologies, notre travail vise à réaliser une synthèse bibliographique afin de valoriser les matières résiduelles de torréfaction du café.

1. Consommation du café

Le café est la première boisson mondiale la plus consommée après l'eau. Son commerce dépasse les 10 milliards de dollars américains dans le monde. Des controverses concernant ses avantages et ses risques subsistent, car des preuves fiables sont de plus en plus disponibles pour étayer son potentiel de promotion de la santé (**Butt et Sultan, 2011**). Cependant, certains chercheurs ont contesté l'association entre la consommation de café et les complications cardiovasculaires et l'apparition de cancers (**Regina, 2016 ; Rozar et al., 2016**). Les propriétés bénéfiques pour la santé du café sont souvent attribuées à la richesse de sa phytochimie, notamment la caféine, l'acide chlorogénique, l'acide caféique, l'hydroxyhydroquinone (HHQ), etc.

Un article de synthèse a été publié et représente une tentative de diffusion d'informations générales, d'allégations de santé et bien évidemment, de facteurs de risque associés à la consommation de café à l'intention des scientifiques, des parties prenantes et certainement des lecteurs (**Butt et Sultan, 2011**). De nombreuses recherches, études épidémiologiques et méta-analyses concernant la consommation de café ont révélé sa corrélation inverse avec celle du diabète sucré, de diverses lignées de cancer, de la maladie de Parkinson et de la maladie d'Alzheimer (**Socala et al., 2020**). En outre, elle atténue le stress oxydatif grâce à sa capacité à induire l'expression de l'ARNm et des protéines, et à stimuler la voie Nrf2-ARE (**Martini et al., 2018**). En outre, la caféine et ses métabolites contribuent à une bonne fonctionnalité cognitive (**Cappelletti et al., 2015**). La fraction lipidique du café contenant du cafestol et du kahweol agit comme une protection contre certaines cellules malignes en modulant les enzymes de détoxification (**Rozar et al., 2016**). En revanche, leurs niveaux élevés augmentent le cholestérol sérique, ce qui constitue une menace possible pour la santé coronarienne, par exemple, infarctus du myocarde et infarctus cérébral, insomnie et complications cardiovasculaires (**Regina, 2016**). La caféine affecte également les récepteurs de l'adénosine et son sevrage s'accompagne de fatigue musculaire et de problèmes connexes chez les personnes dépendantes du café (**Cappelletti et al., 2015**). Un faisceau de preuves a montré que les femmes enceintes ou celles qui ont des problèmes post-ménopausiques devraient éviter une consommation excessive de café en raison de son interférence avec les contraceptifs oraux ou les hormones post-ménopausiques (**Wachamo, 2019**).

2. Torréfaction et matières résiduelles

2.1. Procédés de torréfaction

La torréfaction est un procédé qui consiste à traiter les grains de café vert par la chaleur sèche et élevée, tout en permettant au café d'acquérir l'essentiel de ses propriétés organoleptiques (couleur, arôme, goût,). Cette technique permet donc d'accroître progressivement la température dans les torréfacteurs, par chauffage direct, chauffage indirect ou fluidisation dans un courant d'air chaud.

Le chauffage indirect est le procédé le plus utilisé dans l'industrie du café. Au cours de cette transformation du café, des réactions chimiques se développent et s'accompagnent d'importantes modifications morphologiques (forme, volume, couleur, perte de poids). Les réactions génèrent du dioxyde de carbone, dont une partie s'échappe tandis qu'une autre est retenue dans les cellules du grain (**Hernández Pérez, 2002**). Au cours de la torréfaction du café, il a été mis en évidence trois phases successives.

- Une première phase appelée séchage, ayant lieu à des températures du grain inférieures à 150-160°C, au cours de laquelle on observe des réactions endothermiques (grâce à un apport extérieur de chaleur). De l'eau et des substances volatiles sont éliminées au cours de cette première phase, et le grain passe de la couleur verte au jaune.
- Une deuxième phase appelée torréfaction, exothermique, pour des températures du grain comprises entre 150-160 et 260°C. Elle correspond aux réactions chimiques de dégradation et de polymérisation des précurseurs d'arômes (réactions dites de Maillard et de Strecker, et réactions de pyrolyse). En général, la torréfaction est menée entre 200 et 250°C pendant 12 à 25 min, selon le degré de torréfaction souhaité (léger, moyen ou fort), le type de torréfacteur mis en œuvre, ainsi que la nature du café vert initial (variété, teneur en eau, âge du grain, etc.). Au cours de cette phase, le grain subit d'importantes modifications, tant physiques que chimiques. De grandes quantités de dioxyde de carbone, d'eau et de substances volatiles sont éliminées, et le grain devient marron (en raison de réactions de caramélisation et de la réaction de Maillard).
- Une troisième phase appelée refroidissement, qui s'avère indispensable pour éviter de brûler le grain de café. Dans certains cas, du sucre peut être rajouté au café avant de le torréfier, afin d'obtenir un café torréfié plus amer et plus foncé. La torréfaction modifie non seulement la composition des grains, mais également leur texture (**INFOCOMM, 2016**). En effet, juste après la torréfaction, les grains de café sont très friables. Plusieurs raisons à cela: le volume du grain augmente sous l'effet de la pression des gaz produits à l'intérieur du grain par des réactions chimiques (principalement de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone,

mais également des produits de pyrolyse), alors que sa masse diminue (perte de gaz et de substances volatiles), ce qui a pour conséquence une baisse de la densité du grain (elle passe d'environ 1200-1300 à environ 600-650 kg.m⁻³). En outre le grain devient poreux, et la perte d'eau est très importante (environ 5-12% en masse pour le café vert, et seulement 0-5% pour le café torréfié). Pour cette raison, les grains doivent donc être refroidis avant d'être moulus, afin de devenir durs et cassants. Plus la torréfaction a été intense, plus le grain sera facile à mouler. La torréfaction des grains de café est une étape cruciale, qui nécessite donc un contrôle rigoureux afin de maîtriser les réactions chimiques se produisant, et par là même la qualité des grains de café torréfiés. Ces réactions de pyrolyse et de brunissement non enzymatique (réaction dite de Maillard) modifient la couleur du grain, qui passe du vert au brun plus ou moins foncé selon le degré de torréfaction.

Il est important de souligner que, si les grains de café vert de *Coffea arabica* et *Coffea canephora* peuvent être différenciés à l'œil nu par une personne experte en café (de par des formes et couleurs différentes), ceci n'est plus possible une fois que les grains sont torréfiés, et a fortiori moulus. Or, compte tenu du prix plus élevé pour *Coffea arabica*, il est nécessaire de trouver des indicateurs permettant une authentification rapide de la variété de café considérée.

2.2. Marc de café matière résiduelle organique

Le marc de café est le résidu de la percolation du café et il est considéré comme matière résiduelle du café. Il est composé de beaucoup d'éléments d'intérêts dont la valorisation permet l'obtention de différents produits. Le marc de café possède un haut taux d'humidité variant entre 55 et 80 % (**Gomez-de la Cruz et al., 2015**). Plus l'humidité est grande, plus la croissance microbienne est favorisée, donc des stratégies de conservations optimales sont nécessaires afin de récupérer une matière de qualité. Ces stratégies peuvent représenter des coûts économiques supplémentaires pour le transport (**Cruz et al., 2009**). En ce qui concerne la morphologie des grains de marc de café, la Figure 1. illustre un grain de marc de café issu des commerces et prise par microscopie électronique à balayage.

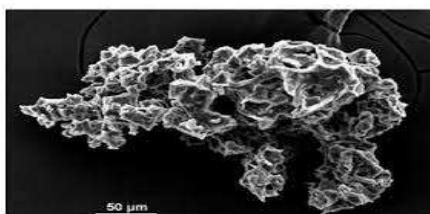


Figure 1. Grain de marc de café commercial par microscopie électronique à balayage (Chen et al., 2013)

La composition du marc de café est essentiellement faite de polysaccharides, de lipides, de protéines, de polyphénols et de minéraux (Zamora et al., 2015). Les minéraux présents dans le marc de café sont surtout le potassium, le phosphore et le magnésium. Le marc de café contient également d'autres éléments d'intérêts tels que des antioxydants.

Tableau 1. Les principaux composés du marc de café (tiré de : Limousy et al., 2013)

| Éléments | Quantités |
|-------------|-----------------------------|
| Glucides | 45,3 % |
| Lipides | 9,3-16,2 % |
| Protéines | 14 % |
| Minéraux | 6800 mg/kg de matière sèche |
| Polyphénols | 13-18 mg acide gallique éq. |

2.3. Parche de café matière résiduelle

La parche de café représente la coque qui enveloppe le grain de café (Figure 2). Elle est considérée comme un déchet après la torréfaction et récupération des grains de café. Cependant, plusieurs études montrent que cette parche de café contient des composés fonctionnels comme les fibres alimentaires, les polyphénols et autres antioxydants (Esquivel et Jiménez, 2012; Murthy et Naidu, 2012). L'utilisation de la parche du café a fait l'objet de nombreuses études qui ont conduit à valoriser les sous-produits et les déchets du café qui pouvaient avoir de nombreuses utilisations intéressantes.

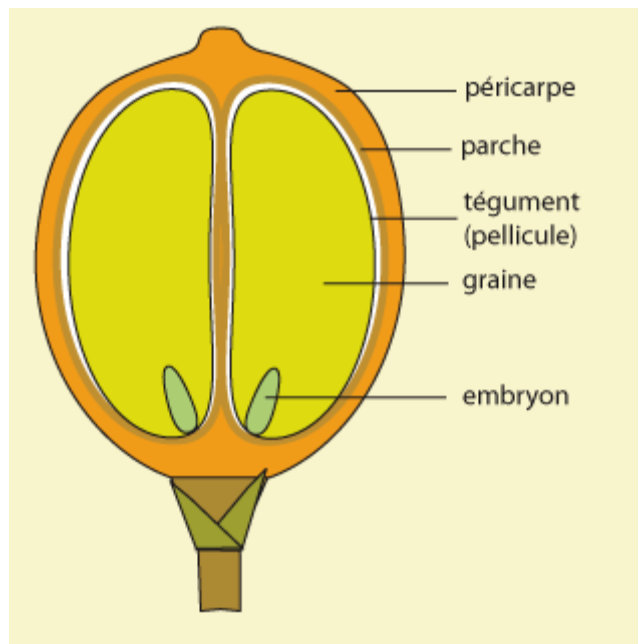


Figure 2. Coupe longitudinale d'un fruit du caféier

3. Les molécules bioactives du café et de ses matières résiduelles

3.1. La caféine

Outre à être la molécule la plus connue du café, la caféine (découverte il y a 180 ans environ) est également la plus étudiée. Sa quantité dans un café dépend de nombreux facteurs différents. Il s'agit d'une substance alcaloïde (molécule organique d'origine végétale, avec un caractère basique) contenue dans les grains de café qui est similaire à la théobromine du cacao et à la théophylline des feuilles de thé. Dans le caféier, c'est une substance utilisée comme défense, surtout contre les insectes. En effet, elle ne se trouve pas uniquement dans la drupe, mais elle est distribuée en divers points de la plante, comme par exemple les feuilles exposées à l'attaque de la part d'insectes pathogènes. Les grains verts d'arabica et robusta contiennent des quantités différentes de caféine, généralement la première de l'ordre de 1,2 % et la deuxième de l'ordre de 2,4 % (parfois dans des pourcentages même plus élevés) : par conséquent, le type de mélange consommé influence considérablement la quantité de caféine introduite avec la consommation de café. Ces pourcentages restent pratiquement inchangés après la torréfaction. Prenons l'exemple d'un café expresso préparé correctement: un 100 % arabica contient à peu près 2,5 mg/ml de caféine, tandis qu'un 100 % robusta 3,8 mg/ml (à savoir qu'un mg correspond à 0,001 g). Dans les machines professionnelles pour la préparation du café expresso, l'eau est forcée à passer à travers la mouture placée dans le porte-filtre : ce qui permet d'extraire de nombreuses molécules parmi lesquelles la caféine

aussi. Par rapport à d'autres préparations telles que, par exemple, le café fait avec une cafetière italienne ou le café filtre, le café expresso apparaît plus « intense » et concentré, mais sa quantité atteint 25 ml à 30 ml. Comparé au contenu prévu pour un café filtre ou pour un café fait avec une cafetière italienne, la quantité de caféine introduite dans l'organisme avec un café expresso est inférieure aux autres préparations. Pour évaluer le contenu de caféine dans une boisson à base de café, l'on doit considérer en effet différents aspects, tels que la quantité de café utilisé et d'eau, le temps d'extraction, la séparation physique de la poudre de café, sans oublier le pourcentage d'arabica et de robusta. En prenant en considération ces aspects, on comprend immédiatement qu'une grande tasse de café filtre ou une tasse de café fait avec une cafetière italienne contient plus de caféine qu'un café expresso. La caféine est absorbée dans l'estomac et en partie dans l'intestin et entre dans la circulation sanguine après 30 à 40 minutes, en atteignant la concentration maximale en 60 minutes; elle est métabolisée par le foie grâce à un système enzymatique et les métabolites sont éliminés par l'urine (**Chu et al., 2012**). On peut affirmer qu'en général la demi-vie de la caféine (temps de permanence dans l'organisme) est d'environ 4 heures chez un homme adulte. On a découvert récemment chez certains sujets l'existence d'un « gène qui ralentit le métabolisme de la caféine » ; ce qui signifie que les personnes possédant ce gène dans leur ADN éliminent la caféine beaucoup plus lentement.

Des doses quotidiennes modérées de caféine (entre 200 et 600 mg, environ 4 tasses de café expresso) ne comportent aucun effet toxique et permettent même d'exploiter l'action positive de la caféine, qui n'entraînent pas d'accoutumance : le consommateur moyen s'habitue très rapidement à son action, sans besoin d'augmenter la «dose», et en même temps se déshabitude rapidement de ses effets (**Del Coso et al., 2020**).

Quant à la toxicité, elle ne concerne que des cas extrêmes : la toxicité aiguë est provoquée par une consommation comprise entre 5 et 10 grammes de caféine (120 expressos en 30 minutes); la toxicité chronique (agitation, tremblements, nausée, nervosité, performance inconstante) est provoquée par une consommation quotidienne habituelle et prolongée de grandes quantités de café (avec l'introduction d'une quantité de caféine supérieure à 800 mg). Le consommateur habituel et modéré n'est affecté par aucun effet négatif (**Mejia et al., 2014**). La consommation modérée est d'environ 300 à 400 mg par jour de caféine, à peu près 4 à 5 mg de caféine par kg de poids corporel.



Figure 3. Structure chimique de la caféine

3.2. Les Antioxydants

Les antioxydants peuvent être définis succinctement comme des molécules d'origine endogène (synthétisées par notre organisme) ou d'origine exogène (introduites de l'extérieur par l'alimentation), qui sont en mesure de transformer les radicaux libres (des molécules très réactives constituant la principale cause de l'endommagement cellulaire) dans des composés peu nocifs, de réduire le potentiel « destructeur » des substances oxydantes et de réparer les macromolécules ayant subi une oxydation.

Les radicaux libres sont formés dans notre organisme et leur dangerosité réside précisément dans leur réactivité : ils peuvent intervenir en oxydant les structures cellulaires en augmentant la vitesse des processus de vieillissement et la probabilité d'apparition de maladies chroniques dégénératives telles que le cancer (**Borut et al., 2013**).

Le corps humain met en place ses propres systèmes de défense, mais il est nécessaire d'intervenir aussi avec une alimentation appropriée.

Les plus importants antioxydants rencontrés dans les aliments sont certaines vitamines et deux groupes d'origine végétale: les caroténoïdes et les composés phénoliques. Ces derniers constituent 6 à 10 % du poids sec de la poudre de café et sont représentés principalement par les acides chlorogéniques. La teneur en composés phénoliques varie de 200 mg à 500 mg par tasse, et le café contient 10 isomères différents de l'acide chlorogénique. Il n'est donc pas étonnant que le café est inclus dans la liste des 50 produits ayant la plus haute teneur en antioxydants, en particulier les composés phénoliques et les mélanoïdines (**Komes et Bušić, 2014**). Ces dernières sont des substances colorées qui se forment au cours de la torréfaction, sont solubles dans l'eau et sont ainsi présentes dans le café en quantités importantes. Dans certaines régions du monde, le café devient la principale source de mélanoïdines et donc généralement la principale source d'antioxydants introduits avec l'alimentation.

Il est important de noter que la décaféination implique une diminution peu significative de la teneur en antioxydants, de sorte que les personnes ne supportant pas la caféine peuvent en bénéficier quand même en buvant du café décaféiné.

Le méthylpyridinium est une molécule qui se forme lors de la torréfaction à partir de trigonelline, composé du café vert. C'est un excellent antioxydant, théoriquement en mesure de défendre notre organisme contre certaines formes de cancer (**Komes et Bušić, 2014**).

Tableau 2. Composition des grains de café verts et torréfiés selon la variété (en pourcentage de la matière sèche) (**Kovalcik et al., 2018**)

| Composants | <i>Coffea arabica</i> | | <i>Coffea canephora</i> | |
|-------------------------|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | Vert | Torréfié | Vert | Torréfié |
| Caféine | 0,8-1,4 | 0,9-1,6 | 1,7-4,0 | 1,2-2,6 |
| Trigonelline | 0,6-1,2 | 0,1-1,2 | 0,3-1,0 | 0,1-1,2 |
| Acides aliphatiques | 1,0-3,0 | 1,0-4,6 | 1,0-2,0 | 1,0-4,6 |
| dont acide quinique | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 1,0 |
| Acides chlorogénique | 5,5-9,0 | 0,2-3,5 | 7,0-12,0 | 0,2-4,6 |
| Totaux | | | | |
| Oligosaccharides | 6,0-8,0 | 0,0-3,5 | 5,0-7,0 | 0,0-3,5 |
| dont saccharose | 8,0 | 0,0 | 4,0 | 0,0 |
| Polysaccharides | 50,0-55,0 | 24,0-39,0 | 37,0-47,0 | - |
| Totaux | | | | |
| Protéines | 11,0-14,0 | 13,0-15,0 | 11,0-14,0 | 13,0-15,0 |
| Acides aminés libres | 2,0 | 0,0 | 2,0 | 0,0 |
| Lipides totaux | 10,0-18,0 | 14,5-20,0 | 8,0-13,0 | 8,3-16,0 |
| Minéraux dont Potassium | 3,0-4,2 | 3,5-4,5 | 3,5-4,5 | 4,6-5,0 |
| Eau | 5-12 | 0-5 | 5-12 | 0-5 |

3.3. Molécules bioactives dans les matières résiduelles de café

Lors de la torréfaction du café, des matières résiduelles sont générées. Ces matières sont très riches en molécules bioactives (**Iriondo-DeHond et al., 2020**). Généralement, 39 Kg de matières résiduelles sont générés après torréfaction de 100 Kg de grains de café. Les sous-produits du café ont été proposés comme source potentielle durable de macro-, micro- et composés bioactifs (Tableau 3).

Tableau 3. Composants bioactifs des matières résiduelles de café (**Iriondo-DeHond et al., 2020**).

| Composants | Composition (g/100g) |
|-------------|----------------------|
| Glucides | 50- 80 |
| Lipides | 1 – 2 |
| Protéines | 5 – 10 |
| Minéraux | 2 – 5 |
| Fibres | 10 – 20 |
| Tannins | 2 – 5 |
| Caféine | 1 – 2 |
| Polyphénols | 8 – 12 |
| Anthocyanes | 5 – 10 |

Les matières résiduelles de torréfaction de café sont donc riches en glucides, lipides, protéines, minéraux et en composés bioactifs comme la caféine, les tannins, les polyphénols et les anthocyanes qui peuvent être utilisés dans l'alimentation, en cosmétique ou en pharmacologie (**Janissen et al., 2018**).

4. Effets des molécules bioactives du café et des matières résiduelles

Autrefois le café était considéré comme l'ennemi juré du cœur, étant donné que les études menées ne prenaient jamais en considération le mode de vie des patients, la sédentarité, l'abus d'alcool, le tabagisme et l'alimentation malsaine.

De nombreuses études ont montré que la consommation de café est dangereuse si elle est excessive, mais pour des consommations « normales » l'association est même négative (**Ranheim et Halvorsen, 2011**).

- **Les molécules bioactives du café et la tension artérielle (TA):** une consommation modérée de café, ou mieux de caféine, a une influence totalement négligeable sur l'évolution de la tension artérielle (**Mejia et al., 2014**). Cependant, une revue de 5 essais a conclu que l'administration de 200 à 300 mg de caféine produisait une augmentation moyenne de 8,1 mmHg de la pression artérielle systolique (PA) et de 5,7 mmHg de la PA diastolique. Cependant, sur une période de 2 semaines, aucune augmentation de la TA n'a été observée après la consommation de café. Les auteurs ont conclu que chez les personnes hypertendues, la consommation de caféine peut

produire une augmentation aiguë à court terme de la TA. Les recherches actuelles ne soutiennent pas une association entre la consommation de café à long terme et l'augmentation de la TA, ou entre la consommation habituelle de café et un risque accru de MCV chez les sujets hypertendus (**Mesas, 2011**). Une étude a examiné la variabilité de l'effet de la consommation de caféine sur la pression artérielle, suggérant que par rapport au café décaféiné, le café caféiné était associé à une augmentation significative de la pression artérielle. Les auteurs ont suggéré que la variabilité de la réponse aiguë de la PA au café pourrait s'expliquer en partie par des polymorphismes génétiques des récepteurs de l'adénosine A2A et des récepteurs α 2-adrénergiques (**Renda, 2012**).

Une méta-analyse dose-réponse d'études de cohorte prospectives a conclu qu'une consommation accrue de café est associée à une diminution modeste du risque d'hypertensions. Le statut tabagique est un modificateur d'effet potentiel sur l'association entre la consommation de café et le risque d'hypertension (**Grosso, 2017**).

- **Les molécules bioactives du café et le cholestérol** : Il n'existe aucun lien entre la consommation de café et l'augmentation du « mauvais » cholestérol dans le sang (cholestérol LDL) (**Iriondo-DeHond et al., 2020**). Cependant, le caféstol diterpène et, dans une moindre mesure, le kahweol, tous deux naturellement présents dans l'huile et les matières résiduelles de café, peuvent augmenter les taux sériques de cholestérol total et LDL (**Nystad, 2010**). Les effets sur le taux de cholestérol sont transitoires. Une méta-analyse d'essais cliniques randomisés a conclu que les essais utilisant du café filtré ont démontré une très faible augmentation, voire aucune, des taux de cholestérol sérique (**Iriondo-DeHond et al., 2020**).

Une étude de 2013 a conclu que le café non filtré augmentait les concentrations circulantes de cholestérol LDL et de triglycérides, mais que le café filtré n'avait aucun effet substantiel sur les lipides sanguins (**Rebello et Van Dam, 2013**).

Des études d'intervention ont montré que des niveaux élevés de consommation de café (6 à 10 tasses de café par jour) augmentent les taux de homocystéine (HCY), et que les taux en HCY diminuent si les consommateurs réguliers de café cessent de boire du café (**Urgert, 2000**).

- **Les molécules bioactives du café et le diabète** : De nombreuses études épidémiologiques récentes ont conclu que la consommation habituelle de café comporte une réduction du risque d'apparition du diabète de type II chez les patients,

bien que le mécanisme n'a pas encore été éclairci (**Iriondo-DeHond et al., 2020**). En outre, le café comme source importante de magnésium influence positivement le métabolisme du glucose dans le sang.

Les matières résiduelles de café sont riches en anthocyanes, qui constituent de puissants inhibiteurs des enzymes glucosidase et amylases. Comme ces enzymes jouent un rôle important dans la gestion du métabolisme du glucose, l'utilisation d'extraits d'anthocyanes de café a été proposée comme agent antidiabétique pour améliorer le métabolisme glucidique postprandial (**Murthy et al., 2012**).

- **Les molécules bioactives du café et les antioxydants** : Le café comme source d'antioxydants protège contre les dommages oxydatifs du mauvais cholestérol, et contre l'artériosclérose et le stress oxydatif (**Gökçen et Şanlıer, 2019**). Les effets antioxydants sont surtout associés à la richesse en polyphénols. De plus, le potentiel antioxydant de différents aliments et boissons permet également de mieux comprendre les mécanismes potentiels. Différents composés antioxydants présents dans le café peuvent affecter le corps. Des recherches publiées en 2016 ont conclu que la consommation de café augmente la capacité antioxydante du plasma et que l'effet global de cela sur le corps pourrait être intéressant (**Aqudello-Ochoa, 2016**), mais il est nécessaire de poursuivre les recherches sur les rôles bioactifs et potentiels liés à la santé de ces composés avant de pouvoir tirer des conclusions.

Une étude de 2017 sur les polyphénols et la santé a conclu que bien que de nombreux effets protecteurs du café aient été associés aux acides chlorogéniques, il existe très peu d'études d'intervention sur les acides chlorogéniques purs chez l'homme. L'auteur ajoute qu'une des difficultés pour tirer des conclusions sur la composante polyphénolique du café est de séparer les effets de la caféine, qui a elle-même une activité biologique notable (**Williamson, 2017**).

- **Les molécules bioactives du café et maladies cardiovasculaires** : Un certain nombre de méta-analyses ont examiné les associations entre la consommation de café et les maladies cardiovasculaires (MCV). Dans l'ensemble, beaucoup concluent qu'il n'y a pas d'association entre la consommation de café et un risque accru de MCV (**Rodriguez Artalejo et Lopez Garcia, 2017; Gökçen et Şanlıer, 2019**). Certaines études ont suggéré que l'association peut être illustrée par une «courbe en U» avec la plus grande protection observée lors d'une consommation modérée de café (3 à 5 tasses par jour). Le risque de mortalité par MCV le plus faible est observé avec une

consommation d'environ 3 tasses de café par jour, avec un pourcentage de réduction du risque allant jusqu'à 21 % (O'Keefe, 2018).

Une étude sur la consommation de café et la mortalité, avec plus d'un million de participants, a suggéré une association inverse significative entre la consommation de café et le risque de mortalité par MCV, en particulier chez les femmes. La consommation de café à raison de 3 à 5 tasses par jour a montré l'effet protecteur le plus important, tandis que des quantités supérieures à 5 tasses par jour étaient associées à une réduction plus faible de la mortalité totale (Malerba, 2013).

Un examen des études observationnelles et des méta-analyses a conclu que la consommation habituelle de 3 à 5 tasses de café par jour est associée à une réduction de 15 % du risque de MCV, et qu'une consommation plus élevée n'a pas été liée à un risque de MCV élevé. Les auteurs ont conclu que la consommation habituelle de café est associée à des risques plus faibles de décès cardiovasculaire et à une variété de résultats cardiovasculaires indésirables, notamment les maladies coronariennes, l'insuffisance cardiaque congestive et les accidents vasculaires cérébraux, tandis que les effets du café sur les arythmies et l'hypertension sont neutres. La consommation habituelle de 3 à 4 tasses de café semble être sans danger et est associée aux effets bénéfiques les plus importants (O'Keefe, 2018).

- **Les molécules bioactives du café et cancer** : Le café et ses matières résiduelles contiennent des composés bioactifs qui ont un effet positif sur le corps humain, comme la caféine, l'acide caféique, les acides chlorogéniques, la trigonelline, les diterpènes et les mélanoidines. Certains d'entre eux ont démontré des effets anticarcinogènes potentiels dans des modèles animaux et dans des cultures de cellules humaines, et pourraient jouer un rôle protecteur contre le cancer (Gökçen et Şanlıer, 2019). Le cancer colorectal (CCR) est la troisième cause de mortalité dans de nombreux pays. Les habitudes alimentaires peuvent réduire le risque d'incidence du CCR. Les études épidémiologiques publiées concernant l'association entre la consommation de café et le risque de développement du cancer colorectal montrent que certains composés biologiquement actifs du café sont considérés comme composés anticancéreux potentiels. La caféine, l'acide caféique (CA), les acides chlorogéniques (CGA) et le kahweol sont les plus actifs (Zhao et al., 2020). Il a été suggéré que les molécules actives du café peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé, notamment un effet protecteur contre certains types de cancer (Yu et al., 2019).

5. La parche de café comme nouvel ingrédient à base de fibres alimentaires

La parche de café a été évaluée comme un ingrédient potentiel de fibre diététique. Dans ce but, les fibres alimentaires ont été extraites par des méthodes enzymatiques et non-enzymatiques et leurs propriétés physicochimiques et hypoglycémiques et hypolipidémiques in vitro ont été étudiées. Les résultats ont révélé que la parche de café était une bonne source de fibres alimentaires insolubles (IDF), principalement composées de xylanes (35%), de lignine (32%) et de cellulose (12%). D'après les résultats, l'extraction des IDF ne semble pas nécessiter l'utilisation d'enzymes. La parche de café ne s'est pas distinguée par son contenu en composés phénoliques et sa capacité antioxydante, mais le processus de broyage les a améliorés. En raison de leur structure physique, les flocons de parchemin de café présentent une capacité élevée de rétention d'huile (3,8 mg L⁻¹), une capacité de gélification (8 %) ainsi que des propriétés d'hydratation. Sa farine et son résidu insoluble dans l'eau ont montré des capacités plus faibles. Néanmoins, ces échantillons de parchemin de café ont présenté des propriétés hypoglycémiques in vitro efficaces, montrant une capacité élevée d'adsorption du glucose et la capacité de diminuer sa diffusion, et d'inhiber l' α -amylase qui a conduit à une digestibilité plus faible de l'amidon (jusqu'à 46%). Aussi, des propriétés hypolipidémiques in vitro exceptionnelles sont notées, comme l'inhibition de la lipase pancréatique (43%) et la fixation du cholestérol et du cholate de sodium. Ces résultats fournissent des informations précieuses pour l'utilisation potentielle de la parche de café comme nouvel ingrédient alimentaire riche en fibres (**Benitez et al., 2019**).

6. Propriétés biologiques liées aux composés phénoliques

Les teneurs en fibres alimentaires et en composés phénoliques ainsi que les propriétés fonctionnelles du parchemin de café ont été étudiées pour évaluer son utilisation possible comme ingrédient riche bioactif avec des propriétés antioxydantes, hypoglycémiques et hypolipidémiques potentielles. La farine de parchemin de café traitée à 160-175 °C et à 25 % d'humidité a montré une forte teneur en fibres (84,3 %) et un contenu phénolique (6,5 mg GAE par g) et une capacité antioxydante élevés. Le processus d'extrusion a favorisé la libération des composés phénoliques de la matrice des fibres. Les composés phytochimiques libérés pendant la digestion simulée in vitro ont montré une capacité antioxydante accrue et une atténuation des espèces réactives de l'oxygène dans les cellules intestinales. Cependant, les propriétés physicochimiques et techno-fonctionnelles n'ont été que peu affectées par l'extrusion à haute température, bien que les farines de parche de café extrudées aient présenté

une densité apparente plus faible et une capacité de gonflement plus élevée que les farines non extrudées. La parche de café extrudée a préservé la capacité d'adsorption du glucose et augmenté la capacité d'inhibition de l' α -amylase in vitro (jusqu'à 81%). De plus, la parche de café extrudée a conservé sa capacité à retarder la diffusion du glucose et a montré une meilleure capacité à retarder la digestion de l'amidon dans le tractus gastro-intestinal. L'extrusion des farines de parche de café a préservé la capacité de fixation du cholestérol et augmenté la capacité de cet ingrédient à fixer les sels biliaires, favorisant l'inhibition de la lipase pancréatique par la parche de café. Ces découvertes permettent d'acquérir des connaissances sur la valorisation de la parche de café en tant qu'ingrédient alimentaire à base de fibres diététiques ayant des propriétés antioxydantes, hypoglycémiques et hypolipidémiques qui sont renforcées par la libération de composés phénoliques à partir de la matrice de la fibre par la production de produits extrudés (**Benitez et al., 2021**).

7. Corrélations entre les matières bioactives du café et les maladies

La consommation de café a été historiquement associée à un risque plus faible de certaines maladies telles que le diabète sucré de type 2, l'obésité, les maladies cardiovasculaires et certains types de cancer. Il contient de nombreux composés bioactifs tels que la caféine, les acides chlorogéniques et les alcools diterpénoïdes, qui ont jusqu'à présent été associés à de nombreux avantages potentiels pour la santé. Par exemple, la caféine réduit le risque de développer une maladie neurodégénérative, tandis que les acides chlorogéniques (CGA) et les alcools diterpénoïdes présentent de nombreux avantages pour la santé, tels qu'un effet antioxydant et une action chimio-préventive. Mais, le café a également des effets nocifs. Dans l'ensemble, les études qui soutiennent les bienfaits du café pour la santé sont de plus en plus nombreuses. Cependant, il est intéressant de noter que l'association entre les avantages pour la santé de la consommation de café et sa fréquence varie selon les études. Dans tous les cas, les effets bénéfiques sont associés aux différentes molécules bioactives (**Gökçen et Şanlıer, 2019**).

Les sous-produits du café sont une source potentielle de nutriments et de composés non nutritifs favorables à la santé, qui peuvent être utilisés comme ingrédient entier ou comme extrait enrichi d'un composé spécifique. La composition chimique des sous-produits détermine également la sécurité alimentaire des nouveaux ingrédients. Pour garantir la sécurité alimentaire des sous-produits du café qui seront utilisés comme nouveaux ingrédients pour la population générale des consommateurs, les pesticides, les mycotoxines, l'acrylamide

et le gluten doivent être analysés. Selon les priorités proposées par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour maximiser les avantages pour l'environnement, la société et l'économie, la production de déchets alimentaires devrait être évitée en premier lieu. Dans ce contexte, la valorisation des déchets alimentaires peut être effectuée par une approche intégrée de bioraffinage pour produire des nutriments et des molécules bioactives pour des applications pharmaceutiques, cosmétiques, alimentaires et non alimentaires. Ainsi, de nos jours, les matières résiduelles de café sont largement utilisées dans différents domaines socio-économiques et de santé (Iriondo-DeHond et al., 2020).

Conclusion

Le café est considéré comme un produit de base se classant en deuxième position après le pétrole en termes de devises échangées dans le monde entier. La production de café représente également une production annuelle moyenne de plus de 2,5 millions de tonnes de résidus solides, provenant de l'industrie du café soluble y compris les coques de café et la parche de café. Cette énorme quantité de résidus englobe la génération annuelle de problèmes environnementaux et agricoles. La société moderne et écologique attache une grande importance à la réduction des déchets, il est donc logique de ne pas éliminer les sous-produits de la production de café et de les intégrer dans la chaîne de valorisation.

En effet, ces matières résiduelles sont très riches en molécules bioactives pouvant être réutilisées dans différents domaines agroalimentaire, cosmétique ou pharmacologique.

Dans le cadre de la préparation de notre mémoire de Master, nous avons réalisé cette revue bibliographique sur les différentes molécules bioactives contenues dans les matières résiduelles de café. Cette revue a mis en relief l'existence de différentes molécules comme la caféine, les tannins, les polyphénols et les anthocyanes, dont les activités antioxydante, anticancéreuse, anti-inflammatoire et modulatrice du métabolisme sont bien connues. Les matières résiduelles de café peuvent donc être valoriser comme étant un antioxydant naturel ou un anti-inflammatoire ou alors comme un régulateur du métabolisme naturel et qui pourra remplacer les antioxydants ou les médicaments de synthèse qui envahissent les industries agro-alimentaires et pharmacologiques et qui restent dangereux pour la santé humaine. Cette revue nous a permis d'obtenir des connaissances très intéressantes qui nous font changer notre manière de penser à l'exploitation positive de ces résidus.

Références Bibliographiques

Aqudelo-Ochoa GM (2016). Coffee consumption increases the antioxidant capacity of plasma and has no effect on the lipid profile or vascular function in healthy adults in a randomized controlled trial. *J Nutr.* 146(3):524-531.

Benítez V, Rebollo-Hernanz M, Aguilera Y, Bejerano S (2021). Extruded coffee parchment shows enhanced antioxidant, hypoglycaemic, and hypolipidemic properties by releasing phenolic compounds from the fibre matrix. *Food Funct.* 12(3): 1097-1110

Benitez V, Rebollo-Hernanz M, Sara Hernanz S, Chantres S, Aguilera Y (2019). Coffee parchment as a new dietary fiber ingredient: Functional and physiological characterization. *Food Res Int.* 122:105-113.

Borut P, Dušan Š, Irina M (2013). Achieving the Balance between ROS and Antioxidants: When to Use the Synthetic Antioxidants. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 1-11.

Butt MS, Sultan MT (2011). Coffee and its consumption: benefits and risks. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 51(4): 363-373.

Cappelletti S, Piacentino D, Sani G, Aromatario M (2015). Caffeine: Cognitive and physical performance enhancer or psychoactive drug? *Curr. Neuropharmacol.* 13: 71–88.

Chu Y-F, Chen Y, Brown PH, Lyle BJ, Black RM, Cheng IH (2012). Bioactivities of crude caffeine: Antioxidant activity, cyclooxygenase-2 inhibition, and enhanced glucose uptake. *Food Chemistry.* 131(2): 564-568.

Cruz R, Cardoso MM, Fernandes L, Oliveira M (2009). Espresso Coffee Residues: A Valuable Source of Unextracted Compounds. *Journal of agricultural and food chemistry.* 60: 7777-7784.

Del Coso J, Salinero JJ, Lara B (2020). Effects of Caffeine and Coffee on Human Functioning. *Nutrients.* 125: 1-5.

Esquivel P, Jiménez VM (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International.* 46: 488–495.

Gökçen B, Şanlıer N (2019). Coffee consumption and disease correlations. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 59(2):336-348.

Gomez-de la Cruz FJ, Cruz-Peragon F, Casanova-Pelaez PJ, Palomar-Carnicero JM (2015) A vital stage in the large-scale production of biofuels from spent coffee grounds: The drying kinetics. *Fuel Processing Technology.* 130: 188-196.

Grosso G (2017). Long-Term Coffee Consumption Is Associated with Decreased Incidence of New-Onset Hypertension: A Dose-Response Meta-Analysis. *Nutr.* 9(8):890.

Hernández Pérez JA (2002). Etude de la torréfaction. *Sciences du Vivant [q-bio]. ENSIA AgroParisTech.* P50.

INFOCOMM (2016). Torréfaction du café. CNU CED. Genève. Rapport 42p.

Iriondo-DeHond A, Iriondo-DeHond M, Castillo MD (2020). Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. *Biomolecules.* 10: 1-15.

Iriondo-DeHond A, Iriondo-DeHond M, Dolores del Castillo M (2020). Applications of compounds from Coffee processing by-products. *Biomolecules.* 10 : 1-20.

Janissen B, Huynh T (2018). Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resour Conserv Recycl.* 128: 110–117.

Komes D, Bušić A (2014). Antioxidants in coffee. In: *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages.* Amsterdam: Elsevier. pp. 25-32

Kovalcik A, Obruca S, Marova I (2018). Valorization of spent coffee grounds: A review. *Food and Bioproducts Processing.* 110:104-119.

Limousy L, Jeguirim M, Dutournié P, Kraiem N, Lajili M, Said R (2013). Gaseous products and particulate matter emissions of biomass residential boiler fired with spent coffee grounds pellets. *Fuel.* 107: 323-329.

Malerba S (2013). A meta-analysis of prospective studies of coffee consumption and mortality for all causes, cancers and cardiovascular diseases. *Eur J Epidemiol.* 28(7):527-39.

Martini D, Del Bo C, Tassotti M, Riso P, Del Rio D, Brighenti F (2018). Coffee Consumption and Oxidative Stress: A Review of Human Intervention Studies. *Molecules*. 279: 1-20.

Mejia EG, Ramirez-Mares MV (2014). Impact of caffeine and coffee on our health. *Trends in Endocrinology and Metabolism*. 25(10):489-492.

Mesas AE (2011). The effect of coffee on blood pressure and cardiovascular disease in hypertensive individuals: a systematic review and meta-analysis. *AJCN*. 94(4):1113-1126.

Murthy PS, Manjunatha MR, Sulochannama G, Madhava NM (2012). Extraction, Characterization and Bioactivity of Coffee Anthocyanins. *Eur J Biol Sci*. 4: 13–19.

Murthy PS, Naidu MM (2012). Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products. *Food Bioprocess Technology*. 5: 897-903.

Nystad T (2010). The effect of coffee consumption on serum total cholesterol in the Sami & Norwegian populations. *Public Health Nutrition*. 13(11):1818-1825.

O’Keefe JH (2018). Coffee for Cardioprotection and Longevity. *Prog Cardiovasc Dis*. 61(1):38-42.

Ranheim T, Halvorsen B (2011). 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. *Mol Nutr Food Res*. 49: 274-284.

Rebello SA, Van Dam RM (2013). Coffee Consumption and Cardiovascular Health: Getting to the Heart of the Matter. *Curr CardiolReps*. 15:403.

Regina W (2016). Coffee Consumption and Cardiovascular Diseases – Has the Time Come to Change Dietary Advice? A Mini Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci*. 66(1): 5–10.

Renda G (2012). Genetic determinants of blood pressure responses to caffeine drinking. *AJCN*. 95(1):241-248.

Rodriguez Artalejo F, Lopez Garcia E (2017). Coffee Consumption and Cardiovascular Disease: A condensed review of epidemiological evidence and mechanisms, *J Agric Fd Chem.* 66(21):5257-5263.

Rozar RBJ, Vishnu Priya V, Gayathri R (2016). Relationship between Coffee Consumption and Cancer- A Review. *J. Pharm. Sci. Res.* 8(6): 424-427.

Socała K, Szopa A, Serefko A, Poleszak E, Właż P (2020). Neuroprotective Effects of Coffee Bioactive Compounds: A Review. *Int J Mol Sci.* 22(1):107.

Urgert RA (2000). Heavy coffee consumption and plasma homocysteine: a randomized controlled trial in healthy volunteers. *AJCN.* 72:1107-1110.

Wachamo HL (2019). Review on Health Benefit and Risk of Coffee Consumption. *Med Aromat Plants.* 6: 1-12.

Williamson G (2017). The role of polyphenols in modern nutrition. *Nutr Bull.* 42(3):226-235.

Yu EY, Wesselius A, Van Osch F (2019). The association between coffee consumption and bladder cancer in the bladder cancer epidemiology and nutritional determinants (BLEND) international pooled study. *Cancer Causes Control.* 30: 859-870.

Zamora AJ, Pastoriza S, Henares JAR (2015). Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. *LWT - Food Science and Technology.* 61:12-18.

Zerouati FZ (2018). Les déchets en Algérie. Algérie presse service.

Zhao LG, Li ZY, Feng GS (2020). Coffee drinking and cancer risk: an umbrella review of meta-analyses of observational studies. *BMC Cancer.* 20: 101.