

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 – TLEMCEN

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

KILANI Zahra

TLEMSANI Naoual

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER

NUTRITION ET PATHOLOGIE

Thème

*Valorisation des matières résiduelles de torréfaction du
café*

Soutenu le, devant le jury composé de :

Examinatrice 1	BABA AHMED Fatima Zohra	Professeur	Université de Tlemcen
Examinatrice 2	SAIDI MERZOUK Amel	MAA	Université de Tlemcen
Encadrant	MERZOUK Hafida	Professeur	Université de Tlemcen

Année universitaire 2020/2021

الملخص

مصطلح "القهوة" ينطبق على مجموعة واسعة من منتجات معالجة البن، من الفاكهة الطازجة المحصودة (حبوب القهوة) إلى المنتج الاستهلاكي (البن المطحون المحمص أو البن القابل للذوبان)، بما في ذلك حبوب القهوة الخضراء. يمكن تقسيم معالجة القهوة إلى مرحلتين رئيسيتين: المعالجة الأولية، والتي يتم خلالها تقشير ثمار البن وتعرضها للتجفيف، والمنتج الناتج هو حبوب البن الخضراء. إنه المنتج الرئيسي لتجارة البن الدولية، كذلك حبوب البن ذات الجودة الرديئة. تتكون المعالجة الثانوية من مراحل إنتاج البن المحمص والقهوة القابلة للذوبان. البقايا الصلبة الرئيسية الناتجة في هذه المرحلة هي القهوة المستهلكة من إنتاج البن القابل للذوبان. تشكل هذه البقايا الصلبة (قشور البن، وحبوب القهوة المعيبة، وحبوب البن) عدة مشاكل من حيث التخلص السليم، بالنظر إلى الكميات الكبيرة المتولدة، والمخاوف البيئية، والمشاكل المحددة المرتبطة بكل نوع من المخلفات. من المحتمل أن تكون قشور القهوة، المكونة من القشرة الخارجية الجافة واللُب واللفافة، هي البقايا الرئيسية من التعامل مع القهوة ومعالجتها، لأنه مقابل كل كيلو غرام من حبوب البن المنتجة. إن الهدف من هذه الدراسة هو تقديم مراجعة للبحث الذي تم تطويره من أجل العثور على المنتجات الثانوية الرئيسية، وتكوينها من أجل إيجاد استخدامات بديلة لهذه البقايا. تشمل التطبيقات الاستخدام المباشر كوقود في المزارع وعلف الحيوانات ودراسات التخضير ودراسات الامتزاز وإنتاج الديزل الحيوي وغيرها

الكلمات المفتاحية: معالجة القهوة، المعالجة الأولية، النفايات الصلبة، قشر القهوة، اللب، المعالجة الثانوية، حبوب القهوة، لفاف

Valorisation des déchets de torréfaction du café**Résumé :**

Le terme "café" s'applique à une large gamme de produits de transformation du café, depuis le fruit fraîchement récolté (cerises de café) jusqu'au produit de consommation (café torréfié moulu ou café soluble), en passant par les grains verts séparés. Le traitement du café peut être divisé en deux grandes étapes : le traitement primaire, au cours duquel les fruits du café sont décortiqués et soumis à un séchage, le produit résultant étant les grains de café verts. C'est le principal produit du commerce international du café. Cette étape de traitement primaire génère des déchets solides, notamment des coques et des pulpes de café, ainsi que des grains de café de mauvaise qualité ou défectueux. Le traitement secondaire comprend les étapes de la production de café torréfié et de café soluble. Le principal résidu solide généré à ce stade correspond au marc de café usé provenant de la production de café soluble. Ces résidus solides (coques de café, grains de café défectueux et marc de café) posent plusieurs problèmes en termes d'élimination adéquate, étant donné les quantités élevées générées, les préoccupations environnementales et les problèmes spécifiques associés à chaque type de résidu. Les coques de café, composées de la peau extérieure sèche, de la pulpe et de la parche, sont probablement les principaux résidus de la manipulation et du traitement du café. L'objectif de notre mémoire de Master est de présenter une revue des travaux de recherche qui ont été développés afin de trouver les principaux sous-produits et des utilisations alternatives pour les résidus de café. Les applications comprennent l'utilisation directe comme carburant dans les fermes, l'alimentation animale, les études de fermentation, les études d'adsorption, la production de biodiesel et autres. D'autres utilisations sont possibles en exploitant les molécules bioactives en agroalimentaire et en cosmétique.

Mots clés : traitement du café, traitement primaire, déchets solides, coques de café, pulpes, traitement secondaire, marc de café, parche.

Recovery of coffee roasting waste**Abstract :**

The term "coffee" is applied to a wide range of coffee processing products, starting from the freshly harvested fruit (coffee cherries), to the separated green beans, to the product of consumption (ground roasted coffee or soluble coffee). Coffee processing can be divided into two major stages: primary processing, in which the coffee fruits are de-hulled and submitted to drying, the resulting product being the green coffee beans. This is the main product of international coffee trade. During this primary processing stage solid wastes are generated, which include coffee husks and pulps, and low-quality or defective coffee beans. Secondary processing includes the stages that comprise the production of roasted coffee and soluble coffee. The major solid residue generated in this stage corresponds to spent coffee grounds from soluble coffee production. These solid residues (coffee husks, defective coffee beans and spent coffee grounds) pose several problems in terms of adequate disposal, given the high amounts generated, environmental concerns and specific problems associated with each type of residue. Coffee husks, comprised of dry outer skin, pulp and parchment, are probably the major residues from the handling and processing of coffee. The objective of our master's degree is to present a review of the research works that have been developed in order to find the main by-products and to develop alternative uses for coffee residues. Applications include direct use as fuel in farms, animal feed, fermentation studies, adsorption studies, biodiesel production and others. Other applications could be done by exploitation of bioactive molecules in food industry and cosmetics.

Keywords: coffee processing, primary processing, solid wastes, coffee husks, pulps, secondary processing, spent coffee grounds, parchment.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère

Pour sa patience, sa disponibilité et son soutien

A mon cher père

Pour sa patience, sa disponibilité ses conseils et son soutien

À mes très chères sœurs SABAH SARA MERYEM pour leur affection. Que dieu leur accorde le succès, le bonheur et la santé.

A ma grand-mère

A ma chère amie de promotion TLEMSANI NAOUAL avec qui j'ai passé toute la période d'étude à l'université et qui a participé activement avec moi pour la réalisation de ce travail

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

zahra

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère

Pour sa patience, sa disponibilité et son soutien

A mon cher père

Pour sa patience, sa disponibilité ses conseils et son soutien

A ma grand-mère

Pour son soutien

**A mon cher frère Ilyes et mes chères sœurs Amel et Soulef pour leur soutien et leur encouragement
tout au long de mes études**

**A ma chère amie de promotion KILANI Zahra avec qui j'ai passé toute la période d'étude à
l'université et qui a participé activement avec moi pour la réalisation de ce travail**

Naoual

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à ALLAH, miséricordieux de nous avoir soutenue et donné la volonté, le privilège et la chance d'étudier, la persévérance et l'obstination pour réaliser ce travail.

Nous remercions tout particulièrement notre encadreur Madame MERZOUK Hafida professeur à l'Université de Tlemcen pour avoir accepté de diriger ce mémoire, sa disponibilité, les précieux conseils, sa gentillesse et qui n'a ménagé aucun effort pour nous apporter tout le soutien et l'aide nécessaire pour mener à bien ce travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail, Dr LOUKIDI Bouchra et Dr SAIDI MERZOUK Amel.

Liste des Figures

Figure 01. Structure du fruit et de la graine de café.....	07
Figure 02. Cycle de vie des produits du café et étapes de production des résidus.....	08
Figure 03. Principaux sous-produits du café.....	11
Figure 04. Parche de café.....	13
Figure 05. Farine de café.....	18

Liste des Tableaux

Tableau 01. Consommation de café selon les données économiques.....	04
Tableau 02. Production de café selon les données économiques	05
Tableau 03. Consommation de café selon les continents	06
Tableau 04. Utilisation des résidus liquides et solides de la transformation du café.....	19

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Le Café	03
1.1. Présentation du café.....	03
1.1.1. Un produit très consommé.....	03
1.1.2. La consommation du café	03
1.1.3. Méthodologies d'évaluation de la consommation de café	03
1.1.3.1. Les statistiques économiques.....	03
1.1.3.2. Les enquêtes.....	04
1.2. Les grains de café.....	06
1.3. Torréfaction des grains de café	07
1.4. Composition des grains de café.....	09
1.5. Sous-produits du café.....	10
1.5.1. Processus du fruit du caféier au grain.....	10
1.5.2. Sous-produits du café avant torréfaction.....	11
1.5.2.1. Traitement à sec.....	11
-Coques de cerises de café	11
1.5.2.2. Traitement semi-sec et humide	12
- La pulpe de café	12
- Peau d'argent du café	12
- La parche de café	13
1.5.3. Sous-produits du café après torréfaction	14
- Marc de café.....	14
2. Utilisation des matières résiduelles de café.....	14
2.1. Utilisations potentielles des déchets et des sous-produits du café.....	15
2.1.1. Ensilage.....	15
2.1.2. Compostage.....	16
2.1.3. Biogaz produit à partir des effluents du café.....	16
2.1.4. Peau d'argent pour cosmétiques et dermaceutique.....	16

2.1.5. Production de champignons.....	17
2.1.6. Parches de café - un combustible.....	17
2.1.7. Production de charbon actif.....	17
2.2. Industrie alimentaire.....	17
2.2.1. Farine de café.....	18
2.3. Suppression des maladies	18
2.4. Autres applications.....	19
Conclusion.....	20
Références Bibliographiques.....	21

Introduction

Le mot « café » désigne le grain et la cerise du caféier, qu'il s'agisse de café en parche, de café vert ou de café torréfié, et comprend le café moulu, le café décaféiné, le café liquide et le café soluble (**J.O.U.E, 2008**).

Le café est l'une des boissons les plus populaires et l'un des produits les plus échangés dans le monde. Sur la base de sa saveur aromatique et des effets bénéfiques de la caféine ainsi que d'autres ingrédients, des millions de personnes consomment du café quotidiennement. Le caféier ou arbuste appartient à la famille des Rubiaceae. Les grains de café sont produits à partir de la plante *Coffea L.*, dont il existe plus de 70 espèces. Cependant, seules deux de ces espèces sont exploitées commercialement dans le monde entier: *Coffea arabica* (Arabica), considérée comme la plus noble de toutes les plantes à café et fournissant 75% de la production mondiale; et *Coffea canephora* (Robusta), considérée comme plus acide mais plus résistante aux fléaux, et fournit 25% de la production mondiale (**Klingel, 2020**). Le *C. arabica* est un arbuste originaire d'Ethiopie et se développe bien en altitude (600-2 000 m), tandis que les plantations de *C. canephora* s'adaptent bien aux altitudes inférieures à 600 m (**Solange et al., 2011**).

Dans les pays producteurs de café, les déchets et les sous-produits du café sont une source importante de pollution et un grave problème écologique. Par conséquent, depuis la moitié du siècle dernier, beaucoup de recherches sont lancées sur la réutilisation des déchets de café, mais la plupart d'entre elles concernent ce qui est généré par la production de café et la récolte des grains de café. Ces déchets comprennent la pulpe et l'écorce du café (provenant du fruit ou de la " cerise "), les coques et les enveloppes du café (qui recouvrent la graine ou le grain de café), ainsi que les effluents du café (les eaux usées utilisées dans plusieurs étapes de la fabrication du café) (**Chalker-Scott, 2009**). De plus, même dans les pays consommateurs de café, des matières résiduelles sont générées et larguées dans la nature. En effet, toute activité de production ou de consommation génère des matières résiduelles, qui sont non exploitées et sont souvent associés à la pollution de l'environnement induisant des risques pour la santé humaine.

Des efforts ont été entrepris pour élaborer des méthodes en vue d'utiliser ces matières résiduelles comme matière première pour la production d'aliments, boissons, vinaigre, biogaz, caféine, pectine, enzymes pectiques, protéines, et compost. L'emploi de pulpe de café fraîche ou transformée a fait l'objet de nombreuses études qui, d'une manière générale, ont conduit à

la conclusion que les sous-produits et les déchets du café pouvaient avoir plusieurs utilisations **(Rathinavelu et al., 2005)**.

Dans le cadre de notre Master en Nutrition et Pathologies, nous réalisons une synthèse bibliographique sur la valorisation des matières résiduelles du café. Ce travail présente tout d'abord les généralités concernant le café et ses déchets à savoir sa consommation dans le monde, puis sa composition, la torréfaction et l'utilisation possible de ses matières résiduelles dans divers secteurs.

Synthèse bibliographique

1. Le Café

Depuis le début du XIX^{ème} siècle, la production du café a été en constante augmentation. Il est donc un produit de première importance sur le marché mondial des produits agro-alimentaires.

1.1 Présentation du café

1.1.1 Un produit très consommé

Le café demeure l'un des produits les plus consommés au monde et constitue la deuxième boisson après l'eau. On estime à 400 milliards le nombre de tasses de café bues par an dans le monde, soit environ 12 000 tasses par seconde. En France, le café est un produit de masse depuis une cinquantaine d'années ; il s'est d'abord développé de façon extensive (touchant une population toujours plus importante), puis de manière intensive (augmentation de la consommation par habitant). Le café est particulièrement bu dans les pays scandinaves où la température extérieure incite à consommer des boissons chaudes ; ainsi la Finlande et la Suède sont les plus grands consommateurs de café avec respectivement 13,8 et 13,7 kg / personne annuellement (**Gaudiaut, 2020**). Le café est cultivé dans plus de 70 pays tropicaux et apprécié partout, et est le deuxième produit le plus exporté dans le monde après le pétrole. Les principaux pays producteurs de café dans le monde sont le Brésil, Vietnam et la Colombie (Tableaux 1 et 2) (**Kristine, 2020**).

Paradoxalement, l'Amérique Latine, le plus grand producteur, consomme peu de café, le Brésil faisant l'exception (Tableaux 1 et 2). L'Afrique a aussi une faible consommation intérieure, sauf en Afrique du Nord où la tradition du café est installée. Mais il est à noter qu'en 2019/2020, la consommation du café en Afrique croît plus que sa production (**CommodAfrica, 2020**).

1.1.2. La consommation du café

La consommation du café diffère selon les pays et elle varie au cours des années. Les méthodologies qui peuvent être utilisées pour l'évaluer relèvent soit des études économiques soit des enquêtes dans les populations (Tableau 3).

1.1.3 Méthodologies d'évaluation de la consommation de café

1.1.3.1. Les statiques économiques

Les statistiques annuelles de la consommation intérieure totale de café sont établies à partir des quantités produites, exportées et importées. La valeur de la consommation individuelle moyenne théorique est obtenue en divisant la valeur de la consommation intérieure par le nombre d'habitants du pays considéré.

Cette méthode a l'avantage d'être rapide et peu onéreuse. Elle permet d'apprécier l'évolution de la consommation au cours des années.

1.1.3.2. Les enquêtes

Les enquêtes peuvent être rétrospectives ou prospectives. Ces dernières sont plus onéreuses que les premières mais elles ont l'avantage de décrire l'évolution des consommations dans les groupes considérés. La comparaison de leurs données avec celles des études cliniques et/ou biologiques permet aux épidémiologistes de rechercher l'existence d'éventuelles corrélations **(Debryle, 1993)**.

Tableau 1. Consommation de café selon les données économiques (% de la consommation intérieure mondiale) **(FAS/USDA, 2020)**

Pays	Valeur	Valeur mondiale	%Du marché mondial	Année de marché	Date de publication
Union européenne	45 800 (1000 SACS de 60 KG)	165 398 (1000 SACS de 60 KG)	27,69 %	2020/21	12/2020
États-Unis	26 587 (1000 SACS DE 60 KG)	165 398 (1000 SACS DE 60 KG)	16,07 %	2020/21	12/2020
Brésil	23 530 (1000 SACS DE 60 KG)	165 398 (1000 SACS DE 60 KG)	14,23 %	2020/21	12/2020
Japon	7 997 (1000 SACS DE 60 KG)	165 398 (1000 SACS DE 60 KG)	4,84 %	2020/21	12/2020
Philippines	6 125 (1000 SACS DE 60 KG)	165 398 (1000 SACS DE 60 KG)	3,7 %	2020/21	12/2020
Canada	5 000 (1000 SACS DE 60 KG)	165 398 (1000 SACS DE 60 KG)	3,02 %	2020/21	12/2020
Russie	4 875 (1000 SACS de 60	165 398 (1000 SACS de 60 KG)	2,95 %	2020/21	12/2020

	KG)				
Indonésie	4 450 (1000 BAGS de 60 KG)	165 398 (1000 BAGS de 60 KG)	2,69 %	2020/21	12/2020
Éthiopie	3 400 (1 000 SACS de 60 KG)	165 398 (1 000 SACS de 60 KG)	2.06%	2020/21	12/2020
Chine	3 350 (1 000 SACS de 60 KG)	165 398 (1 000 SACS de 60 KG)	2.03%	2020/21	12/2020
Vietnam	3 250 (1 000 SACS de 60 KG)	165 398 (1 000 SACS de 60 KG)	1.96%	2020/21	12/2020

Tableau 2. Production de café selon les données économiques (% de la production mondiale) (FAS/USDA, 2020)

Pays	Valeur	Valeur mondiale	%du marché mondial	Année de marché
Brésil	67.900 (1000 BAGS de 60 KG)	175.480 (1000 BAGS de 60 KG)	38.69%	2020/21
Vietnam	29.000 (1000 sacs de 60 KG)	175.480 (1000 sacs de 60 KG)	16.53%	2020/21
Colombie	14 100 (1000 SACS de 60 KG)	175 480 (1000 SACS de 60 KG)	8.04%	2020/21

Tableau 3. Consommation de café selon les continents (en mille sacs de 60 kg) **(ICO, 2021)**

Continent	Consommation(en mille sacs de 60 kg)
Europe	54 065
Asie et Océanie	36 503
Amérique du Nord	30 993
Amérique du sud	27 180
Afrique	12 242
Amérique centrale et Mexique	5364

L'Europe est le continent où la consommation de café la plus élevée puis par ordre décroissant l'Asie et Océanie et l'Amérique du Nord, l'Amérique du Sud, l'Afrique, l'Amérique centrale et Mexique.

1.2. Les grains de café

La production des grains de café nécessite différentes étapes dont la récolte des fruits (ou cerises), la séparation des grains de café vert des fruits (dépulpage / déparchage) et la torréfaction des grains.

La récolte des cerises est réalisée par la technique de la cueillette manuelle des fruits mûrs et elle produit les cafés de meilleures qualités. Cependant cette technique reste longue et onéreuse. La cueillette mécanique est rapide et moins chère, mais elle à l'inconvénient d'imposer un tri secondaire car la quasi-totalité des fruits sont récoltés, quel que soit leur degré de maturité. La maturation des fruits étant très hétérogène, on peut avoir à la fois des cerises vertes, mûres ou immatures qui augmentent l'amertume du café.

La cerise de café est entourée d'une peau très résistante, lisse et rouge, qui correspond à l'exocarpe (Figure 1), qui recouvre le mésocarpe riche en glucides, en pectine, et en eau (80 %). Le mésocarpe représente 50% du poids du fruit et correspond à la pulpe. Le fruit renferme deux graines qui deviendront les grains de café vert, et sont aussi appelées les fèves. Chaque graine est formée d'un albumen corné recouvert de deux enveloppes, l'une interne (pellicule argentée), l'autre externe (l'endocarpe, parche ou parchemin).

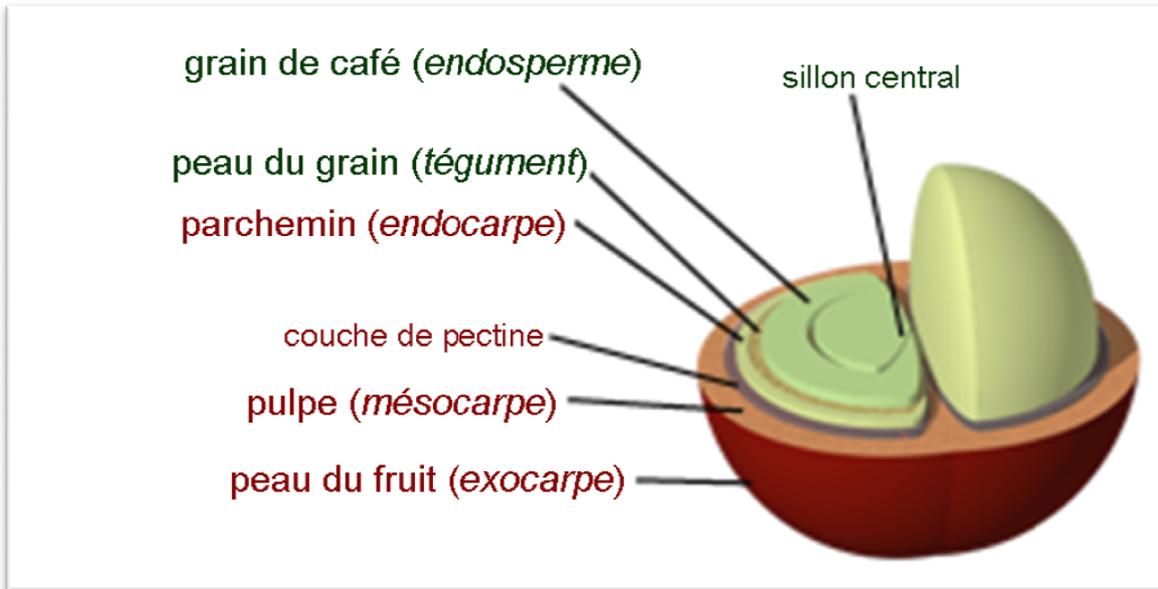


Figure 1. Structure du fruit et de la graine de café.

L'obtention des grains de café vert nécessite de dépulper chaque fruit récolté, puis de départer chaque grain, par deux types de méthodes, une méthode dite humide et une méthode dite sèche. Dans la méthode sèche, les cerises sont étalées en plein air sur des aires de séchage, et régulièrement brassées pour sécher à l'air libre. En quelques jours, la partie charnue se déshydrate et se désagrège pour obtenir les cerises séchées (12 % d'humidité). La méthode humide nécessite un certain nombre d'équipements adaptés et elle donne un café de meilleure qualité que la méthode sèche. Tout d'abord, un nettoyage préliminaire des fruits est effectué, puis ceux-ci sont séparés des autres éléments végétaux par immersion dans l'eau. Ensuite, l'élimination d'une grande partie de la pulpe est réalisée à l'aide d'un dépulpeur où la pulpe arrachée est évacuée par un courant d'eau. Les grains sont par la suite placés dans des bacs à l'abri du soleil où ils vont subir une fermentation, afin de permettre d'enlever plus facilement les restes de mucilage demeurés sur les parches. Les grains sont ensuite lavés à l'eau, égouttés, puis séchés par différentes méthodes de séchage comme la centrifugation, le séchage artificiel, ou encore l'exposition au soleil. La Figure 2 résume les différentes étapes de production du café et ses résidus.

1.3. Torréfaction des grains de café

La torréfaction est un procédé technologique qui consiste à traiter les grains de café par la chaleur sèche et élevée, et permettant au café d'acquies ses propriétés organoleptiques (couleur, arôme, goût). Cette technique permet d'accroître progressivement la température dans les torréfacteurs, par chauffage direct ou chauffage indirect. Le chauffage indirect est le procédé le plus utilisé dans l'industrie du café. Au cours de cette étape, des réactions chimiques se développent et provoquent des modifications morphologiques (forme, couleur, perte de poids). La torréfaction du café se fait en trois phases successives (Oliveira et al., 2005). Une première phase de séchage, à des températures du grain

inférieures à 150-160°C, qui va permettre l'élimination de l'eau et des substances volatiles. Une deuxième phase de torréfaction, pour des températures du grain comprises entre 150-160 et 260°C, qui va entraîner des réactions chimiques de dégradation et de polymérisation des précurseurs d'arômes. Une troisième phase de refroidissement, indispensable pour ne pas brûler le grain de café.

La torréfaction modifie non seulement la composition des grains, mais également leur texture (Pittia et al., 2001). En effet, le volume du grain augmente sous l'effet de la pression des gaz produits à l'intérieur du grain par des réactions chimiques alors que sa masse diminue (perte de gaz et de substances volatiles), avec baisse de la densité du grain et perte d'eau. Plus la torréfaction a été intense, plus le grain sera facile à moudre. 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.

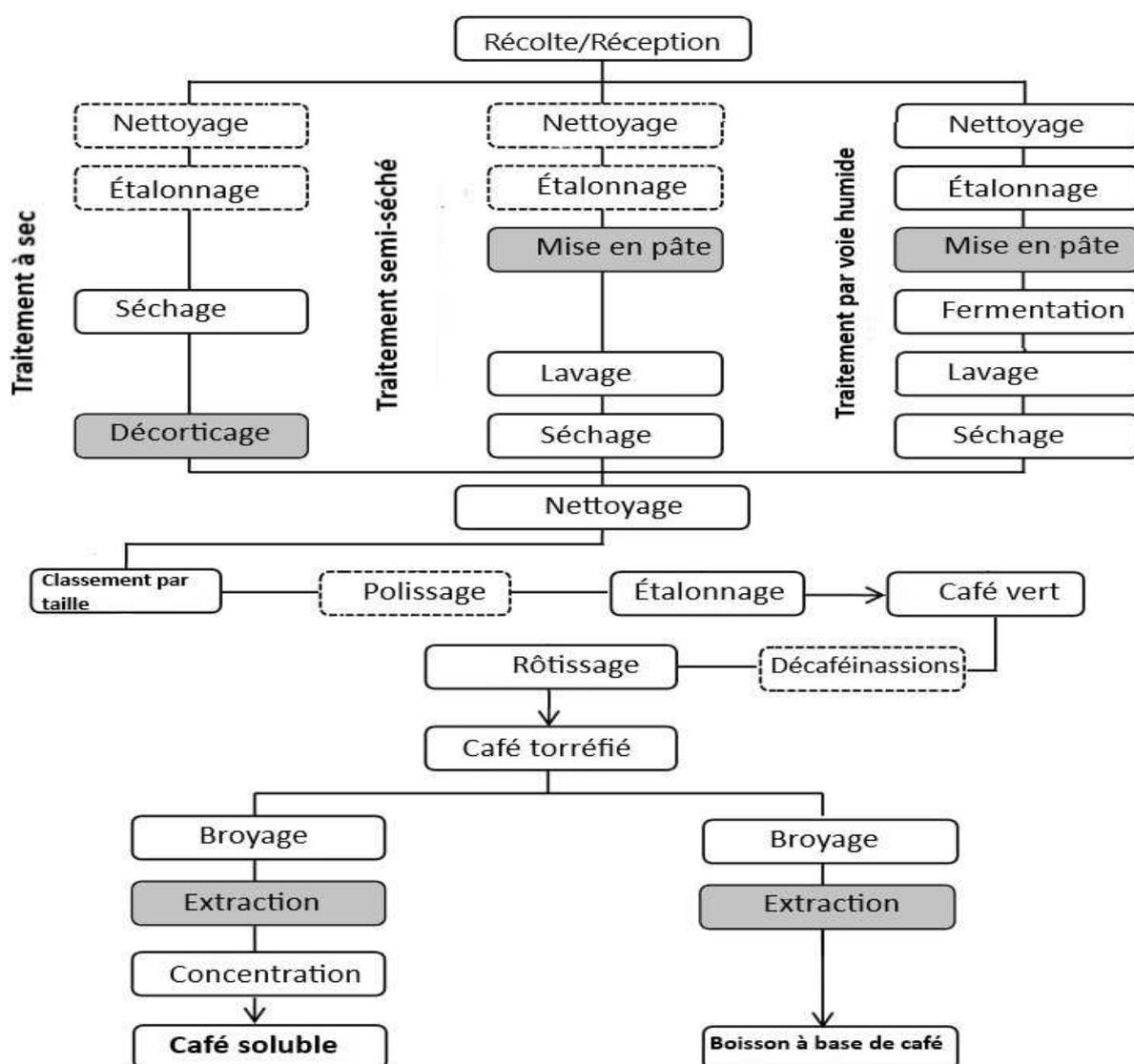


Figure 2. Cycle de vie des produits du café et étapes de production des résidus (les cases grises indiquent les principales étapes de la production de résidus solides de café) (Cruz et al., 2015).

1.4. Composition des grains de café

Le café est très riche en composés bénéfiques pour la santé. La caféine est le composant le plus connu des grains de café. La caféine est présente à un taux de 1,5% (w/w) dans le café d'arabica, et à un taux de 3% dans le café robusta (**Belitz et al., 2009**). Le café contient aussi des minéraux qui incluent le potassium, le magnésium, le phosphore, le calcium, le sodium, le fer, le manganèse, le rubidium, le zinc, le cuivre, le strontium, le chrome, le vanadium, le baryum, le nickel, le cobalt, le molybdène, le titane, et le cadmium. Les grains de café contiennent aussi des sucres comme le sucrose, le glucose, le fructose, l'arabinose, le galactose, et le mannose. Des acides aminés existent aussi tels que l'alanine, l'arginine, l'asparagine, la cystéine, l'acide glutamique, la glycine, l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la proline, la sérine, la thréonine, la tyrosine, et la valine. Les grains de café sont aussi riches en vitamines B, comme la vitamine B3, la B1, la B2, la B5 et la B12, la vitamine C avec des teneurs variables de 7% à 12%. Les lipides présents sont constitués de triglycérides (75%), d'esters de sterols et d'acides gras (3,2%), de sterols (2,2%), d'alcool diterpéniques, le Cafestol et du Kahweol (0,4%), et des tocophérols.

Les grains de café sont riches en polyphénols qui constituent des métabolites secondaires servant de défense à la plante contre les agressions par les agents pathogènes. Ces composés ont de nombreux effets bénéfiques pour la santé de l'homme grâce à leur action antioxydante.

Les tanins condensés, les acides chlorogéniques, les lignanes et les anthocyanes sont des composés phénoliques présents dans le café. Les tanins sont principalement abondants dans la pulpe tandis que les acides chlorogéniques sont présents dans le grain du café. Ces molécules participent à l'élaboration de l'arôme et de la saveur du café durant le processus de torréfaction.

1.5. Sous-produits du café

Une grande quantité de sous-produits est générée lors de la production de café, et leur recyclage devient de plus en plus important (**Klingel, 2020**).

Les recherches sur la réutilisation de ces déchets de café sont pertinentes, non seulement pour des raisons environnementales, mais aussi une destination réelle possible pour cette grande quantité de biomasse ligno-cellulosique. En effet, ces déchets peuvent être utilisés comme matière première pour de nombreuses applications, telles que les biocarburants, les fibres ou les produits chimiques industriels. La valorisation des sous-produits du café et les applications potentielles dépendent de leur composition chimique.

1.5.1. Processus du fruit du caféier au grain

Lors de la transformation du fruit du caféier en grains exposés, appelés grains de café vert, deux méthodes sont principalement utilisées : la méthode sèche ou la méthode humide. Dans la méthode sèche, les fruits du café sont étalés sur des terrasses ou des barres au soleil jusqu'à ce qu'ils soient secs et les grains sont séparés de la pulpe par retrait de la couche de parche. Une machine à décortiquer est utilisée pour séparer les coques de café séchées au soleil, la parche et les grains de chaque fruit. Dans la méthode par voie humide, la peau et la pulpe sont enlevées, laissant le grain avec la peau argentée, la parche et une couche de mucilage. Les haricots sont lavés dans l'eau, égouttés et fermentés pendant 12 à 48 heures. Pendant la fermentation, la couche de mucilage est dégradée par les enzymes et les micro-organismes naturels du grain de café. Les restes de la couche de mucilage sont éliminés avec de l'eau avant que les grains ne soient séchés, soit au soleil, soit dans des fours alimentés par du bois ou du pétrole. Les grains peuvent être vendus avec ou sans la peau d'argent, qui peut éventuellement être retirée. Les fèves sont parfois polies pour obtenir une surface lisse avant d'être classées et emballées. La méthode sèche est généralement utilisée pour le Robusta et la méthode humide pour l'Arabica. Il existe également une troisième méthode, appelée méthode naturelle semi-sec ou pulpé. Comme dans la méthode humide, la pulpe est retirée de la fève. Les grains sont ensuite séchés avec une couche de mucilage qui dans la méthode humide, aurait été dégradée par la fermentation (**Bondesson, 2015**).

Selon la méthode choisie pour le traitement du café, différents sous-produits peuvent être produits (**Lenka, 2017**).

- traitement sec : coques de cerises de café.
- traitement semi-sec et humide : pulpe de café, peau d'argent, parche de café.
- sous-produits du café après torréfaction : marc de café (Figure 3).



Figure 3. Principaux sous-produits du café (a - Coques, b - Pulpe, c - Peau d'argent, d - Marc de café usagé) (Lenka, 2017).

1.5.2. Sous-produits du café avant torréfaction

1.5.2.1 Traitement à sec

-Coques de cerises de café

Le traitement par voie sèche ne génère qu'un seul type de résidu de café (les coques de cerises de café), comprenant la peau extérieure de la cerise de café, la pulpe et la parche (**Figure 3.A**) , et représentant environ 12% de la cerise sur une base de poids sec. Environ 0,18 tonnes de coques sont d'une tonne de fruits frais, ce qui produit environ 150 à 200 kg de café vert commercial (**Cruz, 2014**).

Les coques de café sont composées de glucides (35%), de protéines (5,2%), de fibres (30,8%) et de minéraux (10,7%) (**Brand et al., 2001**). Des quantités mineures de composés bioactifs comme la caféine et les acides chlorogéniques, sont également présentes dans ce résidu (**Franca et al., 2009; Murthy and Naidu, 2012**).

1.5.2.2 Traitement semi-sec et humide

-La pulpe de café

Les mucilages, et en particulier la pulpe, sont également importants pour leur teneur en polyphénols, en antocyanines et en bioflavonoïdes. L'extraction chimique de ces composés bioactifs a été proposée, pour être commercialisée comme aliment complément "naturel"(**Echeverria et al., 2017**).

La pulpe est le premier sous-produit obtenu lors du traitement par voie humide ou semi-sec. Elle représente 29% du poids sec de la cerise entière. Pour chaque 2 tonnes de café vert commercial produit, on obtient 1 tonne de pulpe de café. La pulpe de café (**Figure 3.B**) est composée de l'exocarpe (peau extérieure) ainsi que le mésocarpe (partie charnue). Elle est essentiellement riche en hydrates de carbone (21 - 32%), de protéines (5 - 15%), de graisses (2 - 7%) et de minéraux (9%). des quantités considérables de tanins, de polyphénols et de caféine (2, 29). Les composants organiques présents dans la pulpe de café (poids sec) comprennent les tanins 1,8 - 8,56%, les substances pectiques totales 6,5%, sucres réducteurs 12,4%, sucres non réducteurs 2%, caféine 1,3%, acide chlorogénique 2,6% et acide caféique total 1,6 % (**Lenka, 2017**).

-Peau d'argent du café

La peau argentée du café (**Figure 3.C**) fréquemment appelée "balle", est le premier résidu de l'industrie du café produit dans les pays consommateurs puisqu'il est libéré lors de la torréfaction, si les feuilles n'ont pas été polies avant d'être expédiées. Elle est constituée par le tégument des grains de café et a donc une masse très faible, comprenant 4,2% (p/p) du grain de café vert, ce qui réduit l'impact sur l'environnement. Elle contient des fibres alimentaires solubles (54% des fibres alimentaires totales) et des composés à capacité antioxydante, en particulier des composés phénoliques (**Cruz, 2014**).

Dans une étude récente, le CS s'est avéré être un excellent matériau à utiliser comme support et source de nutriments pendant la production de fructo-oligosaccharides et de β -fructo-furanosidase par *Aspergillus japonicus* dans des conditions de fermentation à l'état solide. Ce procédé a été considéré comme une stratégie intéressante et prometteuse pour synthétiser ces deux produits au niveau industriel (Solange et al., 2011).

- La parche de café



Figure 4. Parche de café (Klingel, 2020).

Le parchemin de café (CPm) est un endocarpe fibreux recouvrant l'épiderme et l'endosperme des cerises de café. Ce sous-produit étant obtenu après séchage et décorticage du grain, sa teneur en humidité est faible (9 % en poids). En poids sec, le CPm est composé de xylane (35 %), de lignine (32 %) et de cellulose (12 %). La teneur en cendres de CPm représente 1%. La composition prouve l'insolubilité du CPm et peut être utilisée dans le développement de plastiques d'emballage alimentaire. Le CPm a une haute capacité de rétention d'eau (3 mLg⁻¹) et d'huile (4 mLg⁻¹) et peut être utilisé comme barrière pour empêcher la condensation de l'eau et le vieillissement dans les emballages alimentaires et la migration des graisses dans les aliments gras.

La parche de café est une matière ligno-cellulosique qui a été rarement étudiée et n'a pas été utilisée efficacement. Les matières ligno-cellulosiques sont de bonnes sources de sucres bien connues dans le monde, qui peuvent être transformées en éthanol et autres produits à valeur ajoutée par des procédés biotechnologiques bien développés.

Le parchemin a été suggéré comme un additif antifongique avec des utilisations potentielles pour la conservation des aliments. Des extraits de parchemin ont également été proposés comme biocomposants ayant une activité antioxydante. La littérature récente montre le potentiel de ce sous-produit en tant qu'ingrédient fonctionnel hypocalorique prometteur pour l'enrichissement en fibres alimentaires dans les aliments afin de réguler la glycémie et de réduire la concentration des lipides sériques (Klingel, 2020).

Les différentes pratiques sont présentées dans La plupart des transformateurs de café possèdent un four et utilisent la parche comme combustible pour le séchage du café, en association avec du bois. Un seul des transformateurs de café n'a pas de four adapté et mélange donc la parche au compost de pulpe. Deux

autres transformateurs de café utilisent la parche comme fertilisant dans les parcelles de café, sous forme de compost ou sous forme de charbon après avoir été brûlé (**Constanty, 2015**).

1.5.3. Sous-produits du café après torréfaction

-Marc de café

Malgré le caractère toxique et la présence de matières organiques dans la marc de café, le rejet de ce résidu dans l'environnement et la mise en décharge sanitaire sont des formes d'élimination encore pratiquées de nos jours, mais que l'on peut éviter. Un traitement biologique de ce matériau avec des souches fongiques du genre *Penicillium*, *Neurospora*, et *Mucor* pourrait être une alternative intéressante à réaliser avant l'élimination du matériel dans l'environnement, puisque ces champignons sont utilisés pour le traitement des déchets. L'élimination du matériau dans l'environnement sera possible puisque ces champignons sont capables de libérer les composés phénoliques de la structure de la marc de café, diminuant ainsi leur toxicité (**Solange et al., 2011**).

Ce marc de café usagé industriel (**Figure 3.D**), c'est-à-dire issu de la production de café soluble, est un sous-produit du café avec une granulométrie fine, une humidité élevée (80-85%), une charge organique importante, et une acidité élevée. En raison de leurs caractéristiques chimiques, leur élimination directe dans l'environnement est donc déconseillée. Par conséquent, de nombreuses approches respectueuses de l'environnement ont été proposées ces dernières années. Par exemple, le café usé industriel peut être utilisé comme combustible dans l'industrie des solubles, comme source de production d'adsorbants de CO₂, de colorants ou de métaux lourds à faible coût, pour produire des biodégradables et des biocarburants, ou d'autres produits à valeur ajoutée tels que l'hydrogène et l'éthanol, et comme source d'énergie, H₂ et l'éthanol, et comme sous-produit pour la production de champignons comestibles (**Cruz, 2014**).

2. Utilisation des matières résiduelles de café

La génération de résidus et de sous-produits est inhérente à tout secteur productif. Le secteur agro-industriel et le secteur alimentaire produisent de grandes quantités de déchets liquides et solides. Cependant il s'agit d'un sujet important à explorer de nos jours (**Cruz, 2014**).

L'industrie du café est responsable de la production de grandes quantités de résidus (**Nabais et al., 2008**) puisque le café est l'une des boissons les plus consommées au monde, en plus d'être le deuxième produit de base le plus commercialisé, après le pétrole (**Mussatto et al., 2011 ; Esquivel et al., 2012**). Chaque année, plus de 105 millions de tonnes de café sont produites dans le monde (**Mussatto et al., 2011 ; Murthy et al., 2012**). Au cours de la dernière décennie, l'utilisation de ces déchets a fait l'objet de plusieurs études, mais cette préoccupation n'existait pas dans les décennies passées, lorsque les sacs de café vert étaient simplement brûlés et rejetés dans la mer et dans les décharges (**Cunha, 1992**).

Les principaux sous-produits solides issus de la culture et de la préparation du café sont le marc de café usagé, les sous-produits de la transformation des fruits du café (cerises de café) et des grains de café (coques de café, pelures, pulpe). D'énormes quantités d'eaux contaminées sont également produites au cours de plusieurs étapes de lavage, avec une charge élevée en carbone, et donc un impact important sur l'environnement. D'autres déchets mineurs peuvent comprendre les grains de café verts défectueux et les feuilles de caféier pendant la récolte (Lenka, 2017). En raison de la présence de matières organiques, les CS et les SCG sont des résidus très polluants, et demandent de grandes quantités d'oxygène pour se dégrader (Silva et al., 1998). En outre, la caféine, les tannins et polyphénols présents dans ces matières leur confèrent une nature toxique. Par conséquent, le CS et le SCG représentent un risque de pollution s'ils sont rejetés dans l'environnement (Solange et al., 2011).

L'utilisation des matières résiduelles de café s'est avérée être une solution alternative pour obtenir des composés bioactifs, car la plupart d'entre eux contiennent encore des molécules intéressantes qui peuvent être extraites et utilisées dans différents domaines d'application.

2.1. Utilisations potentielles des déchets et des sous-produits du café

2.1.1. Ensilage

Les coques et la pulpe de café sont riches en potassium et autres nutriments minéraux, ce qui a suscité quelques études sur l'application de ces résidus solides comme engrais organiques sans aucun traitement ou après compostage. L'utilisation des coques de café directement comme couverture de sol est une bonne option pour les sols appauvris en potassium, et peut être employée pour différents types de cultures, y compris le café. Elles favorisent le contrôle de l'érosion, diminuent les fluctuations de température et les pertes d'eau par évaporation. Cependant, il y a toujours la possibilité de production de phytotoxines. Il est possible de calculer la quantité de coques de café qui peut être employée, si les données sur les niveaux de potassium dans les coques de café et les niveaux recommandés et l'efficacité de récupération du potassium pour la production de café pour la culture spécifique sont disponibles. Dans certains travaux, un ensilage de résidus est préparé à partir d'un mélange de résidus solides de la production de mangues (coques et pulpe résiduelle) mélangés à des coques de café à trois niveaux d'ajout (10, 20 et 30%). Il a été observé que l'ajout de coques de café a permis une augmentation de la teneur en matière sèche et une diminution de l'indice d'humidité. Les valeurs du pH et de l'azote ammoniacal (N-NH₃/total N) se situaient dans la fourchette standard d'un bon processus de fermentation. Il a été conclu que les coques de café pouvaient être ajoutées jusqu'à 30%, améliorant ainsi la norme fermentaire pour des ensilages de bonne qualité (Adriana et al., 2009). Le même groupe de recherche a également évalué un ensilage à base de mélange de déchets solides de fruits de la passion (coques et graines) avec des coques de café ajoutées jusqu'à 25%. D'autres additifs ont également été testés, notamment la bagasse de canne à sucre et les épis de maïs, mais seul le café a été utilisé. En effet, seules les coques de café ont permis d'augmenter

la teneur en protéines. Tous les ensilages produits ont été considérés comme étant de qualité moyenne ou bonne.

2.1.2. Compostage

Le compostage peut être défini comme un système de gestion des déchets solides qui accélère le processus de décomposition. Dans le cas de la pulpe de café, la décomposition se produit spontanément. Si elle n'est pas contrôlée, elle peut entraîner de graves problèmes, notamment la prolifération de mouches et de mauvaises odeurs, l'infiltration du sol, etc. Cependant, le compostage contrôlé fournit un produit final qui peut être facilement manipulé, stocké et appliqué sur le sol sans les effets négatifs mentionnés précédemment. Le compostage de la pulpe de café a été décrit dans quelques études antérieures et est largement discuté par **Adams et Dougan (1987)**. Dans le cas des coques de café, **Matos (2008)** a rapporté que les coques de café ont de faibles valeurs pour le rapport carbone/azote (C/N), indiquant que les résidus C/N élevé doivent être mélangés aux coques de café afin de garantir un produit final de bonne qualité. Il convient de souligner que le compost produit, en utilisant soit des coques de café, soit de la pulpe de café doit être considéré comme un amendement du sol plutôt que comme un engrais. En outre, il a pour effet physique d'augmenter la rétention d'eau dans le sol et devrait améliorer, ou du moins conserver, la qualité du sol à long terme (**Adriana et al., 2009**).

2.1.3. Biogaz produit à partir des effluents du café

Les effluents d'extrait de cerises du café sont une autre source potentielle de production de biogaz. L'extrait de cerises cueillies depuis plusieurs heures, conservées dans des sacs ou en vrac et fermentées, contient une masse de micro-organismes en tous genres qui s'attaquent aux jus de fruit poisseux libérés. Une fermentation appropriée et d'autres procédures de l'utilisation des déchets et sous-produits du café réduisent le pH et une neutralisation complémentaire produit de la mousse de CO₂ [essentiellement des sels d'acétate qui font passer le pH de 3,8 à 6,1] sur laquelle flotte des matières solides, essentiellement des tanins et des composés polyphénoliques de couleur foncée. Le dégagement de CO₂ à ce stade permet la production ultérieure d'un biogaz à haute teneur en méthane à partir de la moitié du niveau habituel de CO₂ inerte. La solution transparente d'acétate peut alors être passée dans un digesteur pour produire du biogaz ou versée sur un écran suspendu comme dans le procédé aérobique de réaction fongique pour produire une protéine unicellulaire pour les aliments pour animaux. Le biogaz produit peut servir à faire fonctionner un générateur d'électricité et la chaleur récupérée du système de refroidissement et d'échappement peut servir à sécher le café (**ICO, 2005**).

2.1.4. Peau d'argent pour cosmétiques et dermatologique

Les extraits aqueux peuvent être utilisés pour la production de produits à valeur ajoutée, à savoir les cosmétiques et les dermaceutiques, en raison de la présence d'antioxydants et de substances bioactives (Echeverria et al., 2017).

2.1.5. Production de champignons

Quelques études ont porté sur l'utilisation de la parche et de pulpes de café comme substrats pour la croissance des champignons. **Franca et Silva** ont cultivé *Pleurotus ostreatus* dans de la parche de café enrichis avec différentes concentrations de sélénite de sodium. L'efficacité biologique de *Pleurotus ostreatus* a été affectée par l'ajout de fortes concentrations de sélénium (2,5 %). Les champignons du premier flush contenaient plus de Se que ceux des flushs suivants. Les résultats ont démontré le potentiel de la parche dans la production de champignons enrichis en Se, montrant la capacité du champignon à absorber et à bioamplifier le Se (Gouvea, 2009).

2.1.6. Parches de café - un combustible

La parche de café peut être utilisée comme combustible car celle-ci est constituée pratiquement de lignocellulose pure et n'a aucune valeur d'engrais. On peut brûler les parches dans un générateur de gaz et alimenter un moteur à partir de ce dernier pour produire de l'électricité. Comme dans le cas du biogaz, la chaleur récupérée du générateur et du moteur peut servir à chauffer de l'air qui pourra sécher une plus grande quantité de café (Baptiste, 2017).

2.1.7. Production de charbon actif

Le marc de café peut être transformé en charbon actif. Le charbon actif ainsi produit possède une performance comparable ou meilleure que les charbons actifs commercialisés sur le marché actuel. Dans l'optique de produire du charbon actif à partir de marc de café, ce dernier ne doit pas être exploité au préalable pour sa caféine. En effet, la caféine joue un rôle important dans la préparation du charbon actif en tant que catalyseur (Vega et al., 2015).

2.2. Industrie alimentaire

De nombreux constituants du marc de café peuvent être utilisés dans l'industrie de l'alimentation. En effet, le marc de café peut, par exemple, être utilisé pour la fabrication de spiritueux à saveur de café. Les polyphénols présents dans le marc de café sont aussi des composés d'intérêt pour l'industrie alimentaire. Ensuite, la composition en protéines du marc de café donne la possibilité de l'utiliser dans l'alimentation humaine. La haute teneur en BCAA et la faible concentration en acides aminés aromatiques du marc de café sont recherchées pour produire des aliments physiologiquement fonctionnels et répondre à des besoins précis tels que la malnutrition issue de certaines maladies (cancer, brûlure, traumatisme,

insuffisance hépatique, etc.). Les tanins sont également des composés d'intérêt dans cette industrie. De cette manière, il est intéressant d'étudier les possibilités dans ce domaine. Aussi, le marc de café possède des propriétés probiotiques recherchées dans l'industrie alimentaire (Carassou, 2015).

2.2.1. Farine de café

Une start-up astucieuse a inventé un moyen de transformer la pulpe de cerises de café en aliments. Holdings travaille avec deux types de mouture pour fabriquer la farine de café. Des moulins humides au Nicaragua, au Guatemala, au Mexique et au Vietnam fournissent à l'entreprise de la pulpe de cerise séchée grâce à un procédé de collecte breveté. Une fois séchée, la pulpe subit un autre processus breveté pour être moulue en farine (Figure 5). La poudre qui en résulte a une couleur et un parfum qui ressemblent à ceux du café torréfié moulu (Neill, 2014). La demande de farine de café ne porte pas sur l'utilisation de marc de café usé en tant que tel, mais fait référence à un produit transformé (séché, dégraissé, stérilisé) fabriqué à partir de ceux-ci et destiné à être utilisé dans des recettes salées et sucrées, dans la boulangerie, la confiserie, les collations et les produits prêts-à-manger (Klingel et al., 2020).



Figure 5. Farine de café (Neill, 2014).

2.3. Suppression des maladies

En se décomposant, le marc de café semble supprimer certains champignons communs pourritures et flétrissures, y compris les espèces *Fusarium*, *Pythium* et *Sclerotinia*. Le marc de café faisait partie d'un mélange de compost, représentant 0,5 % de la matière. Les chercheurs suggèrent que les espèces bactériennes et les espèces fongiques que l'on trouve normalement dans le marc de café en décomposition, telles que *Pseudomonas* non pathogènes, *Fusarium*, et *Trichoderma* spp. et les moisissures à pinces (Mucorales), empêchent les champignons pathogènes de s'établir. Un effet de biocontrôle similaire a été observé sur les bactéries pathogènes dont *E. coli* et *Staphylococcus* spp, qui ont été réduits

sur les fromages en cours de maturation recouverts de marc de café. Actuellement, la suppression des maladies par le marc de café n'a été démontrée dans des conditions contrôlées, sur une poignée de cultures de légumes, y compris les haricots, les concombres épinards et tomates (**Chalker-Scott, 2009**).

Il apparaît ainsi que les utilisations des matières résiduelles du café sont nombreuses (Tableau 4).

Tableau 4. Utilisation des résidus liquides et solides de la transformation du café (Echeverria et al., 2017).

Résidus	Production d'énergie	Autres utilisations finales (produits agro-industriels, procédés de décontamination)
Eaux usées	Biogaz	Fertirrigation, infiltration, lagunage (aérobie/anaérobie), lit de roseaux
Pulpe	Biogaz, pyrolyse/gazéification, combustion	Substrat de culture (champignons), compost, amendement, alimentation animale, caféine, tannins, alcool, papier
Parchemin	Combustion, gazéification, briquetage, Granulation	Compost, papier, polymères
Mucilage	Biogaz Lagunage	aérobie/anaérobie, lit de roseaux, infiltration, fertirrigation

2.4. Autres applications

Les coques de café ont été employées par **Isaac et al. (2007)** comme paillis pour la gestion des mauvaises herbes dans un champ de bananes (*Musa spp.*) cultivées dans le cadre du système de commerce équitable. Les paillis non vivants évalués (paillis de bananes et coques de café), ainsi qu'un paillis en plastique transparent, ont été les meilleures alternatives de gestion des mauvaises herbes, fournissant les plus hauts niveaux de contrôle. Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que l'utilisation de paillis de coques de café est une alternative intéressante pour une production durable sans pesticides. **Prata et Oliveira (2007)** ont étudié le potentiel des coques de café fraîches comme sources d'anthocyanes pour des applications comme colorants alimentaires naturels. L'extraction des pigments a été réalisée en étapes successives, en utilisant une solution de méthanol acidifié (HCl) comme agent d'extraction. Les extraits de pigments ont été concentrés dans un évaporateur rotatif à 35°C, en étant également soumis à un traitement sous vide afin de minimiser la dégradation des pigments par oxydation. Les pigments extraits ont été analysés par HPLC avec détection par barrette de photodiodes. La cyanidine 3-rutinoside a été caractérisée comme l'anthocyanine dominante dans les coques de café fraîches. Les coques de café fraîches peuvent être considérées comme une source de ce pigment (**Adriana et al., 2009**). Ce pigment peut être utilisé pour le contrôle des larves de moustiques, le traitement des eaux usées, comme un

antioxydant naturel pour le traitement du diabète et des maladies cardiovasculaires (**Chalker-Scott, 2009**).

Conclusion

Le café est l'un des produits alimentaires les plus importants de l'économie mondiale. La production et le traitement du café génèrent des quantités de résidus liquides et solides, qui ne sont dépassées en quantité que par l'industrie pétrolière. La grande quantité de résidus engendre chaque année des problèmes environnementaux et agricoles. Ceux-ci doivent être affrontés et correctement évalués, également en termes d'options de gestion du cycle de vie. Pour une petite partie de la quantité globale de résidus, il existe différentes possibilités de réutilisation, souvent techniquement réalisables. Le café fait partie des matières qui seront acceptées dans la récupération et le traitement de la matière organique. Cependant, dans le contexte socio-économique et environnemental de la société, toutes les opportunités sont bonnes pour tendre vers un développement durable en tirant profit de toutes matières disponibles. La production et l'utilisation de produits à valeur ajoutée dérivés du café est l'unique moyen de positiver l'image du café et d'assurer la durabilité de sa culture. Notre revue bibliographique a permis de mettre en relief plusieurs utilisations alternatives des matières résiduelles du café dans différents secteurs, agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique et autres. Ceci montre la richesse en molécules bioactives et l'intérêt de la valorisation de ces matières résiduelles du café.

Références Bibliographiques

B/

- Belitz HD, Grosch W, Schieberle P (2009). Coffee, tea, cocoa. (Eds.). Food Chemistry. 4th ed. 938–951.
- Bondesson E (2015). A nutritional analysis on the by-product coffee husk and its potential utilization in food production. Bachelor thesis. Faculty of natural Resources and Agricultural Sciences, Uppsala.
- Brand D, Pandey A, Rodríguez-León J A, Roussos S, Brand I, Soccol CR (2001). Packed bed column fermenter and kinetic modeling for upgrading the nutritional quality of coffee husk in solid-state fermentation. *Biotechnology Progress*. 17: 1065–1070.

C/

- Carassou F (2015). Une récupération spécifique du marc de café aurait-elle une plus-value pour la communauté? Cas de l'île de Montréal. Centre universitaire de formation en environnement et développement durable.
- Chalker-Scott L (2009). Coffee grounds will they perk up plants? Puyallup Research and Extension Center. Washington State University.
- Cruz R (2014). Coffee by-products. Sustainable Agro-Industrial Recovery and Impact on vegetables quality. dissertation thesis. Universidade de Porto.
- Cruz R, Morais S, Casal S (2015). Mineral composition variability of coffees: a result of processing and production. In: Preedy V, editor. processing and impact active components in food. United Kingdom. Elsevier chap. 66: 549 – 558.
- CommodAfrica (2020). Consommation africaine de café. Café - Marchés & Négoce. Rapport 3p.
- Constanty M (2015). Stratégie des acteurs dans la gestion des déchets de l'usinage du café au Costa Rica. Agro-ParisTech Sciences et Techniques du Vivant et de l'Environnement (STVE).
- Cunha MR (1992). A pên dice estatístico. In E. L. Bacha & R. Greenhill (Eds.), 150 anos de café Rio de Janeiro: Marcellino Martins & E. Johnston. pp:286–388.

D /

- Debryle G (1993). Café et la santé. Edition John Libbey Eurotext, Montrouge. France. 78p.

E/

- Echeverria MC, Nuti M (2017). Valorisation of the Residues of Coffee Agro-industry. Perspectives and Limitations. *The Open Waste Management Journal*. 10: 13-22
- Esquivel P, Jiménez VM (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*. 46(2): 488-495.

F/

FAS/USDA (2020). United States Department of Agriculture FAS Foreign Agricultural Service (12/2020).

Franca AS, Oliveira LS (2009). Coffee processing solid wastes, current uses and future perspectives. Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte. MG, Brasil. 31270-901.

Franca AS, Oliveira LS (2009). Coffee processing solid wastes: current uses and future perspectives. In Columbus F (ed) Agricultural wastes. Nova Publishers. New York.

G/

Gaudiaut T (2020). Les pays les plus accros au café. Journée mondiale du café. Rapport 6p.

Gouvea BM, Torres Æ AS, Franca Æ LS, Oliveira ES (2009). Feasibility of ethanol production from coffee husks. Springer Science+Business Media B.V.

I/

ICO (2021). International Coffee Organization, World coffee consumption.

J/

J.O.U.E. (2008). Journal officiel de l'Union européenne. Accord international sur le café.

k/

Kristine B (2020). The Top Coffee-Consuming Countries. World Atlas.

L/

Lenka B, Maroš S, Alica B, Maroš S (2017). Utilization of waste from coffee production. Faculty of materials science and technology in trnava. Slovak university of technology in bratislava. Volume 25, Number 40.

M/

Menegatti ZS, Penn CJ, Rosolem CA, Alves AR, Neto LO, Martins M (2014). Coffee processing residues as a soil potassium amendment. *Int J Recycl Org Waste Agricult.* 3:155–165.

Musabyimana JB (2017). Ingénieuse façon de valoriser les déchets du café : les parches, les pulpes, les coques. Fédération des organisations des producteurs agricoles.

Mussatto SI, Machado EMS, Martins S, Teixeira JA (2011). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology.* 4(5): 661-672.

Murthy PS, Naidu MM (2012). Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products. *Food and Bioprocess Technology.* 5(3): 897-903.

N/

Nabais J MV, Nunes, P, Carrott, PJM, Carrott, MR, García, AM, & Díez, MAD (2008). Production of activated carbons from coffee endocarp by CO₂ and steam activation. *Fuel Processing Technology.* 89:262–268.

Neill J (2014). 6 ways the coffee industry is turning waste into a resource. *Sustainable America.*

Tizian Klingel JI, Vera Gottstein K, Rajcic de Rezende T, Lachenmeier DW (2020). Examen des sous-produits du café, y compris les feuilles, les fleurs, les cerises, les cosses, les peaux argentées et les sols usés, en tant que nouveaux aliments au sein de l'Union européenne. *Novel Foods and Nutritional Function. Foods.* 9(5), 665.

O/

Oliveira MBPP, Franca AS, Gloria MBA, Borges MLA (2005). The effect of roasting on the presence of bioactive amines in coffees of different qualities. *Food Chemistry.* 90: 287-291.

Organisation Internationale du Café (2005). Autres utilisations potentielles des déchets et des sous-produits du café. 1967/05.

P/

Pittia P, Dalla Rosa M, Lericci CR (2001). Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie.* 34: 168-175.

R/

Rathinavelu R, Graziosi G (2005). Autres utilisations potentielles des déchets et des sous-produits du café. Thèse de doctorat. Université de Trieste. Italie. 250p.

S/

Silva MA, Nebra SA, Machado Silva MJ, Sanchez CG (1998). The use of biomass residues in the Brazilian soluble coffee industry. *Biomass and Bioenergy.* 14: 457-467.

Solange I, MussattoErcília MS, Martins MS, Teixeira JA (2011). Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food and Bioprocess Technology.* 4:661–672.

V/

Vega RC, Pina GL, Castaneda HAV, Oomah D (2015). Spent coffee grounds. A review on current research and future prospects. *Food Science and Technology.* 45: 24-36.