

RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE POPULAIRE ALGÉRIENNE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ KASDI MARBAH OUARGLA



Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des procédés

Mémoire :

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Génie des procédés

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie des procédés d'environnement

Présenté par :

GUETTAI Nedjela

HAMDAT Romaiassa

Thème

Extraction Des huiles Grasse Du Cafe-
Caracterisations Et Application

Soutenu publiquement le

Devant le jury composé de

M	GUERDOUH amel	Professeur	(UKM Ouargla)	Président
M	TIMEDJEGHDINE mebarka		(UKM Ouargla)	Examineur
M	ZOBEIDI naoual		(UKM Ouargla)	Encadreur

Année Universitaire 2021/2022



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, ma mère et mon père

Pour leur amour, leur soutien, leur encouragement et leur

Patience durant toute la période Précédente de ma vie

À mes frères

À ma sœur

À mes amies et mes collègues d'étude

Merci beaucoup



تشكر

نشكر الله عز وجل ونحمده على توفيقه لنا لإنجاز هذا العمل المتواضع كما أتقدم بخالص الشكر إلى

الأستاذة المشرفة زبيدي نوال على إرشاداتها وتوجيهاتها الحكيمة والرشيده وفتحها طيلة فترة

إنجاز هذه المذكرة وكذلك الشكر موصول للأستاذ طبشوش أحمد لكل مساعداته التي قدمها لنا

الشكر كذلك إلى أساتذة أعضاء لجنة المناقشة الذين تفضلوا بقراءة هذه المذكرة كما لا يفوتنا

أيضا أن نشكر كل عمال جامعة قاصدي مرباح ورقلة أساتذة كانوا أو إداريين

في الأخير اشكر كل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز المذكرة



Résumé

Le marc du café est considéré comme un déchet solide généré par les consommateurs de café moulu. En effet, le marc du café est soumis à une extraction par trois procédés Soxhlet et à chaud et à froid. Le solvant utilisé dans les procédés pour extraire la fraction lipidique est le n-hexane et cyclo-hexane.

Ce déchet est valorisé par son utilisation dans de nombreux domaines tels que les industries alimentaires, agroalimentaires, la production de compost et de charbon actif, et autres utilisations.

Le but de ce travail actuel est de créer une recherche de référence sur ce produit secondaire à travers la partie de la fatigue, ainsi que de mettre à jour sa valorisation. De plus, ces travaux ont développé des méthodes d'extraction de cette partie grasse et de propriétés physiques et chimiques du café.

Mots clés : marc de café – huile grasse – caractéristiques physico-chimiques – extraction – valorisation.

Abstract

Coffee grounds are considered solid waste generated by consumers of ground coffee. Indeed, the coffee grounds are subjected to an extraction by three processes Soxhlet and hot and cold. The solvent used in the processes to extract the lipid fraction is n-hexane and cyclo-hexane.

This by-product is valorized by its use in different fields such as the food industry, cosmetic, biofuel, production of compost and activated carbon, and other uses.

The purpose of this work is to create a reference current research on this secondary product through the characterization of the fatty, as well as to update the status of appreciation. In addition, this work has developed ways to extract the fatty part of the physical and chemical properties coffee dregs.

Key words: coffee grounds - fatty oil - physio-chemical characteristics – extraction-valuation.

Key words: coffee grounds - fatty oil - physio-chemical characteristics - extraction - valuation.

:

يعتبر نفل القهوة نفايات صلبة ناتجة عن مستهلكي القهوة. تخضع القهوة للاستخلاص خلال 3 عمليات: التسخين والتبريد وعملية Soxhlet. المذيب المستخدم في استخراج الجزء الدهني هو n-hexane cyclo-hexane.

يتم بثمين المنتج من خلال استخدامه في مجالات مختلفة كصناعة الاغذية ومستحضرات التجميل و الوقود الحيوي والكربون المنشط.

الغرض من هذا العمل الحالي هو انشاء بحث مرجعي حول هذا المنتج الثانوي من خلال توصيف الجزء الدهني وكذلك حالة تثمينه بالاضافة الى ذلك فقد طور هذا العمل طرق استخلاص الجزء الدهني و الخصائص الفيزيائية و الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: نفل القهوة - الزيت الدهني - الخصائص الفيزيائية - الكيميائية - تثمين.

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableau n°	Titre	Page
Tableau(II.1)	Caractéristiques physiques du marc de café en fonction de l'humidité	07
Tableau(II.2)	Les principaux composants du marc de café	08
Tableau(II.3)	Composition des principaux minéraux du marc de café	09
Tableau(III.1)	Les rendements d'Extraction des huiles grasses	27

Liste des Figures

Liste des Figures

figures n°	Titre	Page
figure(II.1)	Le poudre du marc de Café	5
figure(II.2)	le principe de l'expresso (www.le grande restaurant.com)	5
figure (II.3)	Marc de Café	6
figure(II.4)	Possibilités de valorisation du même marc de café (Vardon et al., 2013)	10
figure (II.5)	des petits champignons commencent à germer à la surface du marc de café	10
figure (II.6)	bioraffineries pour la valorisation optimale du marc de café.	12
figure(III.1)	représentation schématique d'un extracteur de Soxhlet	14
figure(III.2)	Schéma du dispositif du bain ultrason	15
figure(III.3)	Schéma du dispositif de la micro-onde (Fellah et al., 2006).	16
figure(III.4)	Schéma simplifié d'une installation d'extraction par CO2 supercritique	17
figure(IV.1)	étapes de préparation du marc de café (A : broyeur de laboratoire. B : Café moulu. C : Machine Espresso (GAGGLA))	18
figure(IV.2)	A: Etuve ventilée; B: Echantillons secs	19
figure(IV.3)	Extraction de l'huile du marc de café par Soxhlet (A: Appareil de Soxhlet, B: Rotavapor, C: Huiles grasses récupérée)	20
figure(IV.4)	Extraction solide- liquide à chaud contact direct (A : Montage à chaud, B : Huiles grasses récupérée)	20
figure(IV.5)	Extraction solide- liquide à Froid contact direct (A : Montage à Froid, B : Huiles grasses récupérée)	21
figure (V.1)	Rendement d'extraction des huiles par soxhlet	23
figure (V.2)	Rendement d'Extraction à chaud (cyclo_hexane)	23
figure (V.3)	Rendement d'Extraction à chaud (n-hexane)	24
figure (V.4)	Rendement d'Extraction à Froid (A: n-hexane, B: Cyclo hexane)	24
figure (V.5)	Rendement d'Extraction à Froid (Cyclo hexane)	25

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
MC	Marc de café
HC	Huile commerciale
HG	Huile grasse
HM	Huile du marc de café
MS	Matière sèche
EAU	Extraction assistée par ultrasons
EAM	Extraction assistée par micro-ondes
EFS	Extraction par fluide supercritique
CA	Le carbone actif

SOMMAIRE

Table des matières

<i>Dédicace</i>	
Résumé	
Abstract.....	4
:	4
-----Introduction-----	1
Chapitre I : Recyclage des déchets	2
.1 L'économie circulaire :.....	2
2. Les déchets	2
.3 Définition du recyclage des déchets	2
4. Types de recyclage	2
4.1. Recycler le produit.....	2
4 .2. Recycler Les matériaux	3
.4 Avantages du recyclage	3
1- Le café, définition, variétés et préparation :	4
2- Définition du marc de café :	4
3- Les propriétés du marc de café.....	6
3-1- Les propriétés physiques.....	6
➤ Le taux d'humidité.....	6
➤ Le diamètre.....	6
➤ L'angle de talus.....	6
➤ La densité apparente.....	6
➤ La densité réelle	6
➤ Porosité.....	7
2- Les propriétés chimiques.....	7
➤ Matrice lignocellulosique.....	7
➤ Les glucides	7
➤ Les lipides	8

SOMMAIRE

➤ Les protéines	8
➤ Les minéraux.....	8
➤ Composés secondaires	9
3-Les utilisations possibles du marc de café:	9
3-1- Production de biocarburants	9
3-2- Industrie agroalimentaire	10
3-3-Industrie alimentaire	11
3-4 Production de charbon actif :	11
3-5 Utilisations diverses :	11
Chapitre III : Les procédés d'extraction des huiles Grasses.....	13
1- Généralités sur les huiles végétales	13
2. Les méthodes d'extraction des huiles grasses	13
2.1. Méthodes classiques	13
2.1.1. Extraction par Soxhlet	13
2.1.2. Extraction par décoction.....	15
2.2. Méthodes alternatives.....	15
2.2.1. Extraction assistée par ultrasons(EAU).....	15
2.2.2. Extraction assistée par micro-ondes (EAM).....	16
2.2.3. Extraction par fluide supercritique (EFS).....	17
Objectif	18
Matériel et méthodes :	18
1- Préparation des échantillons :	18
1.1. Préparation du marc de café :	18
1.2Préparation de l'huile grasse du marc de café par soxhlet :	19
1-4 Extraction solide- liquide à froid contact direct	21
Le graphique à barres montrant Le rendement d'extraction de l'huile de café par Soxhlet. Le rendement d'extraction de l'huile de café par soxhlet est estimé à 0.3 gamme. Obtenus dans notre étude .on remarque La quantité d'huile extraite augmente avec le nombre de cycles.	23

SOMMAIRE

3. Rendement d'Extraction à Froid.....	24
3-1 : Cyclo hexane.....	24
3-2 cyclo hexane et n-hexane	25
1- Les rendements :.....	26
Conclusion.....	27



INTRODUCTION

-----Introduction-----

Depuis le début du XIX^{ème} siècle, la production du café a été en constante augmentation. elle dépasse 8,5 millions de tonnes par an [1]. est donc un produit de Première importance sur le marché mondial des produits agroalimentaires et constitue la deuxième boisson la plus consommée après l'eau. sa consommation mondiale pour l'année 2019-2020 a atteint 169 millions de sacs de 60 Kg, l'Europe représentant environ un tiers de la consommation mondiale [2]. Près de 50% du café produit dans le monde est destiné à la préparation du café moulu[3]. Et environ 90 % en poids de café sont rejetées au cours de la fabrication sous forme de déchets et de sous-produits agricoles [4]. Ces déchets sont appelés le marc de café.

Le marc de café est un déchet organique riche en molécules bioactive et en matière organique. De nombreuses études ont été réalisées sur le marc de café et sa potentielle mise en valeur, notamment dans le cadre des énergies verte (biodiesel) [5]. Aussi, il existe d'autre étude sur la valorisation du marc de café comme une source appréciable de la matière grasse [6].

L'objectif de ce travail de recherche est considéré à une caractérisation physico-chimique d'une huile grasse extraite du marc de café.

L'atteinte de cet objectif permet de faire état des débouchés actuels et potentiels au regard des propriétés de la matière et des quantités générées. La rédaction de ce manuscrit est articulée sur 3 parties :

- ✓ la première partie propose de faire un point bibliographique sur le café, le marc du café, sa composition, ses caractéristiques et sa valorisation,
- ✓ la deuxième partie représente les matériels et les méthodes.
- ✓ La troisième partie représente les résultats et la discussion.



Chapitre 1 :

Recyclage des déchets



Chapitre I : Recyclage des déchets

1. L'économie circulaire :

L'économie circulaire ou de " blue economy ", concept inventé par un entrepreneur belge, (Gunther), qui repose sur une question toute simple : qu'est-ce qu'un déchet ? C'est un truc qu'on jette à la poubelle, me direz-vous. C'est surtout quelque chose dont personne ne veut. Dès lors qu'un déchet a une valeur financière, dès lors que quelqu'un est prêt à payer pour l'obtenir, ce n'est plus un déchet. Il faut donc transformer les déchets en ressource pour s'autoriser à rêver d'une société sans aucun déchet. Recycler pas uniquement pour la planète, mais aussi pour créer de la richesse et des emplois. Ce vaste concept connaît des acceptions variées, qu'il convient d'analyser. Cette section compare donc les définitions les plus utilisées, pour aboutir à la définition adoptée dans ce rapport : « La transition vers une économie circulaire, c'est l'ensemble des transformations qui permettent de poursuivre la création de valeur pour les différents acteurs économiques (dont les consommateurs finaux), en préservant le capital naturel et en utilisant de moins en moins des ressources existant en quantité limitée. [39].

2. Les déchets

Vu notre consommation quotidienne des produits résultent une quantité perdue qui représente les déchets et cela par une altération physique ou chimique, qui peuvent présenter aucune utilité et/ou qui sont destinés à l'élimination ou au recyclage [40].

3. Définition du recyclage des déchets

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets permettant de réintroduire de nouveaux produits dans le cycle de consommation. Il permet ainsi de donner une deuxième vie à un objet.

4. Types de recyclage

Il comprend deux types :

4.1. Recycler le produit

produit Recyclable tout en conservant sa forme, sa structure et à haute valeur après son maintien ou le développement et la réutilisation pour les mêmes emplois et tâches ou autres.

- le recyclage du produit après démontage et en soumettant ses composants et pièces dans le processus de production et d'assemblage, et ce type est considéré comme moins de valeur que le type précédent

4.2. Recycler Les matériaux

- Les matériaux recyclables par recyclé et utilisé comme opération.
- Le recyclage des matériaux sont habituellement traitées par voie chimique ou thermique pour la fabrication de nouvelles matières premières

4. Avantages du recyclage

- On peut citer plusieurs avantages Recyclable, qui sont les suivants certains d'entre: la terre utilisée pour protéger les ordures jeter Kmekpat en réduisant au minimum lesdéchets.
- La protection de l'environnement contre les substances nocives et toxiques des industries résultantes extractives et manufacturières[7].
- Pour améliorer la situation environnementale dans les installations et toute la production d'augmentation.
- Pour obtenir un rendement économique importante grâce au recyclage des déchets.



Chapitre 11 :

Le Marc Du Café



Chapitre II: le marc du café

1- Le café, définition, variétés et préparation :

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 agroalimentaires et constitue la deuxième boisson après l'eau. Sa composition varie selon la variété de café, le mode de production des grains de café vert, les conditions de leur torréfaction et les méthodes de préparation de la boisson [8].

Il existe un grand nombre d'espèces de caféiers (plus de 80) mais seules deux d'entre elles sont réellement exploitées dans le monde: *Coffea arabica* et *Coffeacanéphore* [9]. Le café arabica constitue la variété la plus répandue de *Coffeacanephora*. Les graines d'Arabica présentent un goût plus fin et un arôme plus fruité que les grains de robusta [8]. et aussi la variété arabica contient plus d'huiles aromatiques, mais il a deux fois moins de caféine que les grains de café de la variété Robusta. Les meilleurs cafés du monde sont produits uniquement à partir de grains de café 100% Arabica et sont donc beaucoup plus chers que les mélanges contenant des grains de café Robusta [10].

On dénombre plusieurs modes de préparation du café (décoction, La percolation sous haute pression ou un expresso et filtration...etc.), chacun conférant à la boisson obtenue des propriétés organoleptiques et compositions bien distinctes.

Comme utilisé dans notre étude, un expresso (de l'italien espresso, extrait par pression ou très vite), ou café express, est un café très corsé avec un fort arôme, obtenu en faisant passer rapidement de l'eau chaude sous une pression de 9 bars et un temps de passage de 22-28 s à travers du café finement moulu et torréfié. Cette opération se fait à l'aide d'une cafetière à expresso. Le procédé utilisé permet à l'eau et à la mouture d'avoir un contact minimum, ce qui évite de diluer les saveurs et les arômes [8].

2- Définition du marc de café :

Le marc de café est le résidu insoluble après la déshydratation, la mouture et l'infusion des grains de café. Il existe deux sources :

Celles générées par l'industrie du café soluble représentent environ 50% de la récolte mondiale de café chaque année, et celles générées par les cafés et le public, représentant les 50% restants [11].

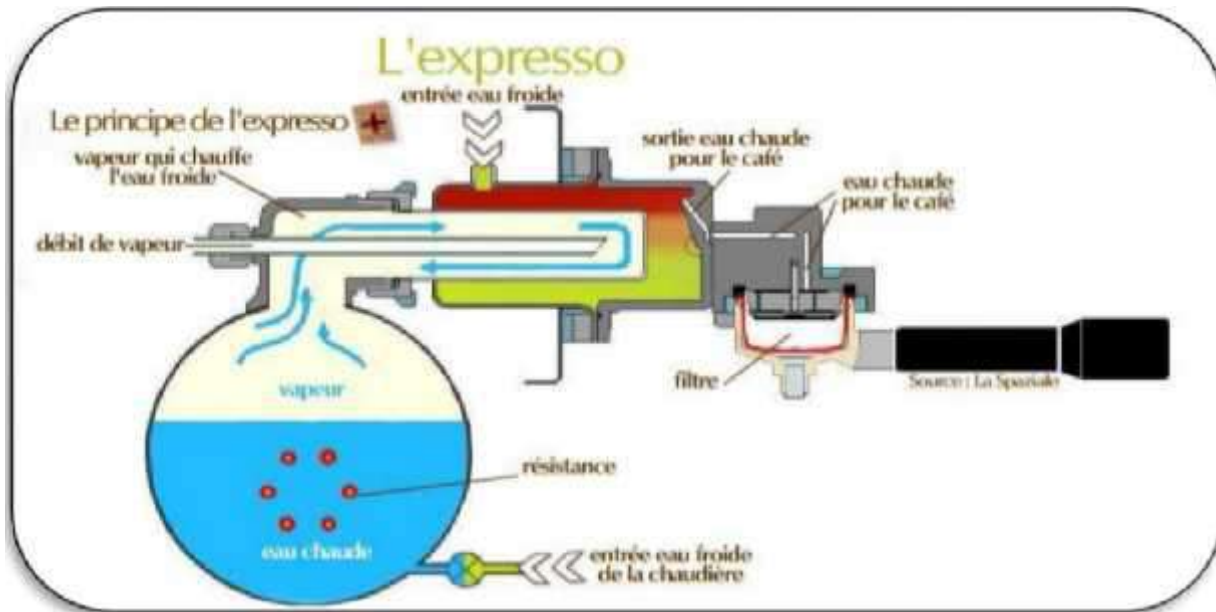


Figure (II.1): le principe de l'expresso (www.le grande restaurant.com)



Figure (II.2) : Le poudre du marc de Café

3- Les propriétés du marc de café

Le marc du café possède plusieurs propriétés physiques, chimiques et phytochimiques.



Figure (II.3) : Marc de Café

3-1- Les propriétés physiques

➤ *Le taux d'humidité*

Il varie entre 55 et 80 % [11]. Plus l'humidité est grande plus la croissance Microbienne est favorisée, donc des stratégies de conservations optimales sont nécessaire afin de récupérer une matière de qualité. Ces stratégies peuvent représenter des coûts économiques Supplémentaires pour le transport [12].

➤ *Le diamètre*

Le diamètre des grains du marc de café séchés varie entre 50 et 100 μm pour le marc de Café commercial. Cependant, ce diamètre augmente avec le taux d'humidité. En effet, lorsque Le marc de café devient de plus en plus humide, l'adhésion entre les grains augmente et ces Derniers forment des agglomérats de plus grande taille.

➤ *L'angle de talus*

Une donnée utile pour déterminer les superficies nécessaires des aires d'entreposage du Marc de café après l'avoir récupéré. L'angle de talus quant à lui reste le même, peu importe le Taux d'humidité du marc de café.

➤ *La densité apparente*

La densité apparente du marc de café est environ 12 de 0,42g/cm³.

➤ *La densité réelle*

La densité réelle est d'environ 1,16 g/cm³.

➤ **Porosité**

Les grains du marc de café ne possèdent pas de micropores. En général, la porosité est de 0,63, peu importe le taux d'humidité et la taille des pores est d'environ 10 μm [13]. Toutefois, cette porosité peut être augmentée si nécessaire en diminuant la cristallinité du marc de café en dégradant sa matrice cellulose-lignine [14]. Enfin, la surface des grains est de charge négative [15].

Tableau (II.1): Caractéristiques physiques du marc de café en fonction de l'humidité [16].

Humidité %	Angle de talus (°)	Densité apparente (g/cm ³)	Densité réelle (g/cm ³)	Diamètre (μm)	Porosité
0,00	s.d.	s.d.	1,20	50-100	s.d.
15,2	38,7	0,43	1,16	583	0,63
17,7	37,8	0,43	1,16	617	0,63
43,1	37,7	0,41	1,11	880	0,63

2- Les propriétés chimiques

La composition du marc de café est essentiellement faite de polysaccharides, de lipides, de Protéines, de polyphénols et de minéraux [17].

➤ **Matrice lignocellulosique**

Le marc de café est reconnu comme une source importante de glucane (cellulose), des hémicelluloses et de la lignine étant les principaux composants de la biomasse lignocellulosique.

La teneur en lignine est faible dans les grains de café, environ 5 % cependant, après la production de café soluble, le marc de café s'enrichit en teneur de lignine [18].

➤ **Les glucides**

Ils sont les éléments les plus abondants dans le marc de café. Plus précisément, le marc de Café contient 46,8 % de mannose, 30,4 % de galactose, 19 % de glucose et 3,8 % d'arabinose. Ces données varient d'une étude à l'autre, cela pouvant être dû à la variété des grains de café Utilisés. Dans le marc de café expresso, le galactomannane est le plus abondant et représente 50 % des glucides [19].

➤ **Les lipides**

Les données varient principalement entre 9,3 % et 16,2 %, parfois aux alentours de 20 %.

De plus, cet ordre de grandeur ne varie pas significativement entre l'arabica et le robusta.

Aussi, les lipides du marc de café sont composés de 84,4 % de triglycérides [20].

➤ **Les protéines**

Selon les études et est de même ordre chez l'arabica ou le robusta les données varient principalement entre 6,7 et 14 %. Cependant, il se peut que ces estimations soient sur évaluées à cause de la présence d'autres composés contenant de l'azote tel que la caféine ainsi que plusieurs acides aminés. En effet, 17 acides aminés présents sont présents dans le marc de café, dont les neuf acides aminés essentiels. Ces derniers représentent presque 50 % des acides aminés présents. Il possède une forte concentration en acides aminés à chaîne latérale ramifiée (BCAA) [20].

Tableau (II.2): Les principaux composants du marc de café [21].

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

➤ **Les minéraux**

Ils sont présents dans le marc de café à expresso. Le tableau 03 détaille les principaux Minéraux du marc de café.

Tableau (II.3) : Composition des principaux minéraux du marc de café [22].

Minéraux	Quantités (mg/kg)
Potassium	8824 ± 4662
Phosphore	1534 ± 503
Magnésium	2201 ± 1341
Calcium	349 ± 122
Fer	46 ± 21
Manganèse	27 ± 10
Cuivre	25 ± 12

➤ Composés secondaires

Le marc de café contient également d'autres éléments d'intérêts, tels que des antioxydants. Plusieurs tanins sont présents dans le marc de café, parmi eux, la catéchine, la gallocatéchine, la gallocatéchine galate et l'acide chébulique. La catéchine est un antioxydant puissant qui possède une action complémentaire à la vitamine C. Les tanins ne sont pas les seuls antioxydants présents dans le marc de café. En effet, d'autres polyphénols sont présents ainsi que de la caféine. Parmi ces polyphénols, les principaux sont les flavonoïdes, l'acide protocatéchuïque et l'acide chlorogénique. Ce sont les acides chlorogéniques qui sont retrouvés en plus grande abondance, celui-ci étant plus important dans le marc de café arabica que dans le marc de café robusta [23].

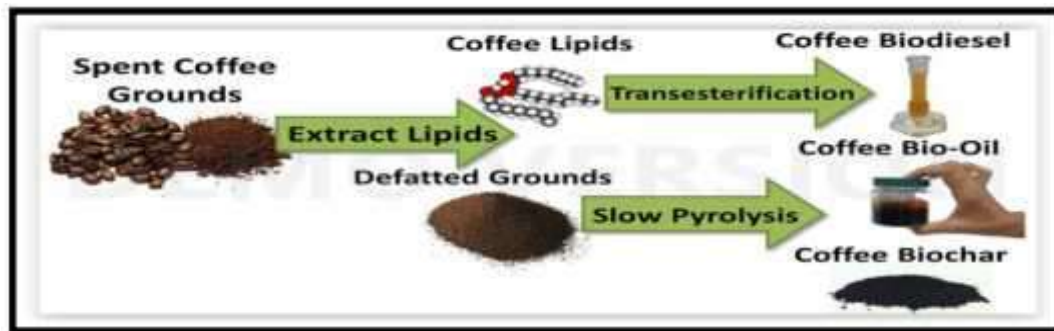
3-Les utilisations possibles du marc de café:

De multiples voies de valorisation et d'utilisations sont possibles avec le marc de café. Parmi celles-ci se retrouvent:

3-1- Production de biocarburants

Les productions successives de différents biocarburants sont possibles avec le marc de café. Cependant, certaines étapes sont nécessaires afin d'obtenir un rendement optimal. La production de biocarburant nécessite au préalable le séchage du marc de café. En effet, éliminer l'humidité est nécessaire afin d'obtenir des solvants de qualité dans la production de biocarburant (biodiesel, bioéthanol, biohuile). De plus, l'utilisation directe du marc de café comme granule

decombustion nécessite la recherche d'un équilibre d'humidité afin d'améliorer les paramètres énergétiques du biocarburant. Aussi, la production de biodiesel, de Bioéthanol, de biohuile et de granule de combustion peut se faire après une unique étape de séchage. Ainsi, les coûts de transformation du marc de café en sont diminués [24].



Figure(II.4): Possibilités de valorisation du même marc de café [25].

3-2- Industrie agroalimentaire

Le marc de café peut être utilisé comme substrat pour la production de caroténoïde grâce à la culture de levure. Les caroténoïdes sont utilisés dans les industries agroalimentaires (colorant), cosmétiques et pharmaceutiques et sont donc des composés d'intérêts [26] et peut aussi servir de substrat pour la culture de champignons comestibles sans ajout de supplément nutritionnel [27]. La haute teneur en protéines et en humidité du marc de café explique certainement ce phénomène, car ce sont deux paramètres Essentiels à la croissance de micro-organismes et de champignons [22].



Figure (II.5) : des petits champignons commencent à germer à la surface du marc de café

3-3-Industrie alimentaire

De nombreux constituants du marc de café cités précédemment 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 [28]. Les polyphénols présents

Dans le marc de café sont aussi des composés d'intérêt pour l'industrie alimentaire. Ensuite, la Composition en protéine du marc de café donne la possibilité de l'utiliser dans l'alimentation Humaine [20].

Les tanins sont également des composés d'intérêt dans cette industrie. De cette manière, il Est intéressant d'étudier les possibilités dans ce domaine [19].

La morphologie du marc de café peut également servir à l'industrie de l'alimentation. En effet, Les grains de marc de café peuvent servir de support enzymatique pour des processus D'enrichissement en isoflavones dans le lait de soya [29].

En ce qui concerne la nourriture animale, le marc de café peut être incorporé à la nourriture Des ruminants, des cochons, des poulets et des lapins. Cependant, la haute teneur en lignine Dans le marc de café pose des limites à cette option [19].

3-4 Production de charbon actif :

Le carbone actif (CA) est un adsorbant connu depuis longtemps se caractérisant par, entre autres, Sa grande surface spécifique, sa structure poreuse et sa thermo-stabilité [29]. Le marc de café peut être transformé en charbon actif. En effet, le CA issu de marc de café possède une structure microporeuse uniforme et une surface spécifique et une performance comparable ou meilleure que les charbons actifs commercialisés sur le marché actuel. Dans l'optique de produire du CA à partir de marc de café, ce dernier ne doit pas être exploité au préalable pour sa caféine.

3-5 Utilisations diverses :

- Le marc de café est plein de propriétés cosmétiques, c'est un très bon exfoliant. Il permet d'éliminer les cellules mortes de la peau.
- Le marc de café peut être utilise comme remblai pour les abords des routes.

- La composition chimique du marc de café ouvre la porte de beaucoup d'industries. Par exemple, la cellulose est un produit utilisé dans la fabrication du papier. Aussi, la capacité actuelle de transformer la cellulose en glucose permet la synthèse de nombreux autres composés chimiques d'intérêts (éthanol, butanol, hydrogène, acide organique, glycérol, etc.).
- Le marc de café peut être utilisé comme composant de nano composite, de bijoux,
- Dans la production de dihydrogène, de résine, de lubrifiants, etc.

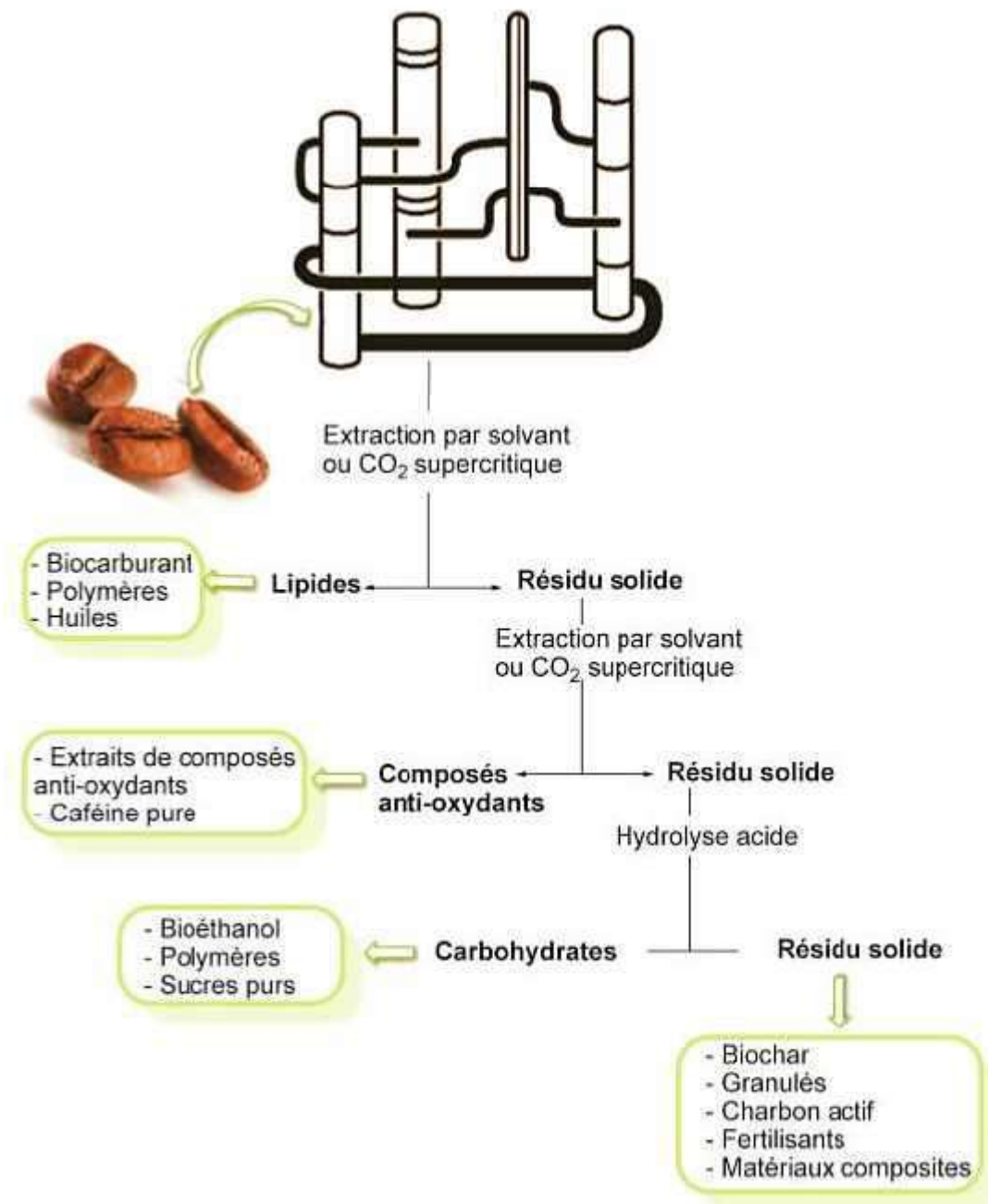


Figure (II.6) bio-raffinerie pour la valorisation optimale du marc de café

Chapitre III : Les procédés d'extraction des huiles Grasses

1- Généralités sur les huiles végétales

Les huiles végétales sont des substances dérivées de plantes oléagineuses; les triglycérides sont l'un de leurs composants qui contiennent principalement des acides gras polyinsaturés et mono-insaturés. Elles se composent principalement de tricylglycérides d'un mélange complexe de composés mineurs (2-5%) avec une diversité de structures chimiques [29]. Les huiles et les graisses ont la plus grande énergie par rapport aux hydrates de carbone et les protéines, elles contiennent des acides gras essentiels pour la santé qui ne sont pas fabriqués par le corps humain [30].

2. Les méthodes d'extraction des huiles grasses

Il existe plusieurs techniques d'extraction des huiles grasses à partir de sources végétales. Les techniques d'extraction à pression ambiante, sans ou avec agitation et/ou chauffage utilisées longtemps sont considérées comme technique classique (conventionnelles) et les techniques plus récentes sont appelées alternatives.

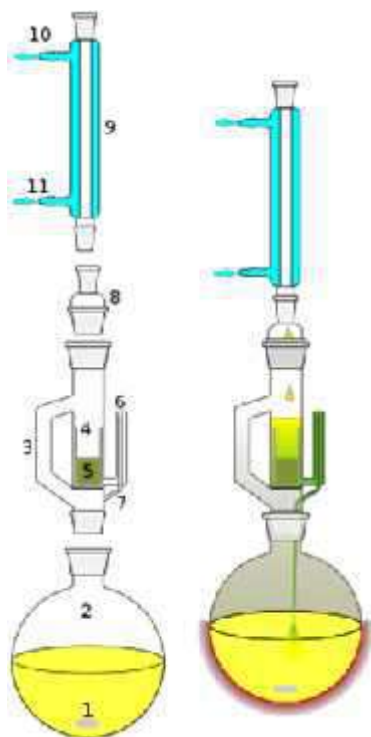
2.1. Méthodes classiques

Il existe plusieurs méthodes d'extraction classique des huiles grasses, parmi lesquelles:

Extraction soxhlet et extraction par décoction.

2.1.1. *Extraction par Soxhlet*

C'est la technique qui permet d'avoir les meilleurs rendements parmi les techniques classiques. Le principe consiste à extraire les matières grasses contenues dans l'espèce végétale par un solvant organique (éther de pétrole / n-hexane) non polaire et d'une manière continue (figure (III.1))



- 1- Agitateur magnétique.
- 2- Ballon à col rodé.
- 3- Retour de distillation (tube d'adduction).
- 4- Corps en verre.
- 5- Filtre.
- 6- Haut du siphon.
- 7- Sortie du siphon.
- 8- Adaptateur d'expansion.
- 9- Condenseur.
- 10- Sortie de l'eau de refroidissement.
- 11- Entrée de l'eau de refroidissement.

Figure (III.1) : représentation schématique d'un extracteur de Soxhlet

Le Soxhlet se compose d'un corps en verre (4) dans lequel est placée une cartouche en papier filtre épais(5), d'un tube siphon (6-7) et d'un tube d'adduction (3). Dans le montage, l'extracteur est placé sur un ballon(2) contenant le solvant d'extraction (1). Dans l'extracteur, est insérée une cartouche dans laquelle est placée l'échantillon en poudre contenant l'espèce à extraire; puis un réfrigérant (9, 10, 11), est adapté au-dessus de l'extracteur (il est souhaitable d'utiliser un chauffe ballon avec agitation magnétique intégrée). Quand le ballon est chauffé, les vapeurs de solvant passent par le tube adducteur, se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le corps de l'extracteur, faisant ainsi macérer le solide dans le solvant (chauffé par les vapeurs se trouvant en dessous). Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'à atteindre le sommet du tube-siphon, qui provoque alors le retour du liquide dans le ballon, accompagné des substances extraites, et le solvant contenu dans le ballon s'enrichit Donc progressivement en composés solubles. Le solvant continue alors de s'évaporer, alors que les substances extraites restent dans le ballon. Le solvant est ensuite distillé et le résidu obtenu est composé essentiellement de triglycérides cette méthode est connue sous le nom de méthode directe [31].

2.1.2. Extraction par décoction

La décoction est l'opération dans laquelle le solide est plongé dans le solvant liquide mis en ébullition. Il s'agit d'une opération brutale qui doit être réservée à l'extraction de principes actifs non thermolabiles. Elle est cependant très rapide et parfois indispensable. Généralement, dans un ballon surmonté d'un réfrigérant est introduit une quantité de la poudre végétale et du solvant, le mélange est porté à ébullition puis subit une filtration sur Büchner pour récupérer le solvant enrichi en substance soluble, suivie d'une distillation au rota-vapeur pour obtenir la fraction lipidique [6].

2.2. Méthodes alternatives

Actuellement, il y a une demande croissante concernant la mise en point de nouvelles techniques d'extraction permettant des temps d'extraction plus courts, une réduction de la consommation d'énergie et de solvants organiques et une réduction de la pollution. Ces opérations sont considérées comme des éco-extractions. L'extraction assistée par ultrason, l'extraction assistée par micro-onde, et l'extraction par fluide supercritique, aussi appelés durables ou procédés propres, sont considérées comme des éco-extractions.

2.2.1. Extraction assistée par ultrasons (EAU)

L'extraction assistée par ultrasons est une technologie émergente dont l'utilisation des ultrasons permet d'effectuer des extractions en quelques minutes avec une reproductibilité élevée, ce qui simplifie l'opération et donne une plus grande pureté au produit final. Les ultrasons interagissent avec le matériel végétal et modifient ses propriétés physiques et chimiques. Le choix approprié du solvant, de la température ainsi que la fréquence, la puissance des ultrasons, le temps d'extraction et la distribution d'ondes ultrasonores augmentent le rendement d'extraction et permet une meilleure extractibilité des huiles grasses [32].



Figure (III.2) : Schéma du dispositif du bain ultrason

2.2.2. *Extraction assistée par micro-ondes (EAM)*

Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques, possédant un champ électrique et magnétique perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, qui se propagent dans le vide avec des fréquences situées entre 300 MHz et 300 GHz. Elles sont positionnées sur le spectre électromagnétique entre les infra-rouges et les radiofréquences, avec des valeurs de longueurs d'ondes comprises entre 1 m et 1 cm.

L'extraction assistée par micro-ondes est un processus par lequel l'énergie micro-onde accélère la rupture des cellules en provoquant une augmentation rapide de la température et de la pression interne dans les parois des cellules végétales [33]. De ce fait, une quantité considérable de pression s'accumule à l'intérieur du biomatériau, qui modifie les propriétés physiques des tissus biologiques et améliore la porosité de la matrice biologique. Ceci permet une meilleure pénétration du solvant d'extraction à travers la matrice [34] et facilite l'extraction des composés entre autres les huiles grasses [35].



Figure (III.3) : Schéma du dispositif de la micro-onde [36]

2.2.3. Extraction par fluide supercritique (EFS)

L'extraction par fluide supercritique est une méthode d'extraction où un fluide supercritique, le plus souvent du CO₂, est utilisé pour la récupération des lipides ou d'autres composés d'intérêt. De plus, le CO₂ peut être couplé à des cosolvants tels que l'éthanol ou le méthanol qui modifient les conditions du procédé et le rendement d'extraction [37].

Le principe consiste en deux étapes principales : l'extraction suivie d'une séparation. Le CO₂ supercritique percole dans l'extracteur contenant la matière à extraire, avec un flux ascendant ou descendant. La séparation du mélange extrait-CO₂ supercritique a lieu par dépressurisation du CO₂ supercritique dans un séparateur. Cette étape permet de récupérer d'une part l'extrait et d'autre part, le CO₂ gazeux. A la suite de cette étape, le CO₂ est recyclé dans l'installation [38].

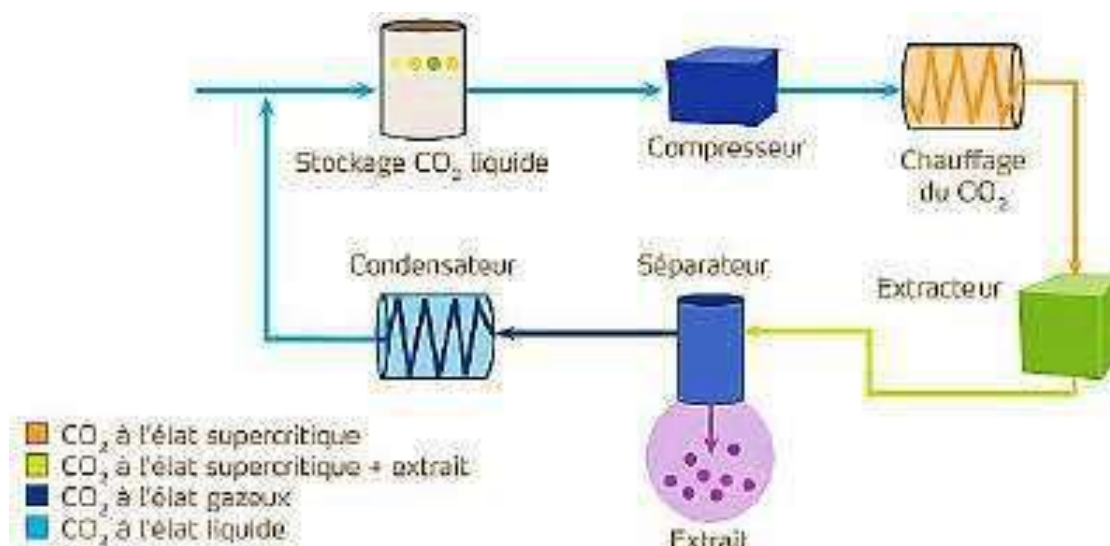


Figure (III.4) Schéma simplifié d'une installation d'extraction par CO₂ supercritique

A thick, dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A horizontal blue arrow points to the right, overlapping the vertical bar.

PARTIE

PRATIQUE

Several thin, light blue lines curve upwards from the bottom left corner, resembling stylized grass or reeds.

Objectif

Le travail de recherche actuel se distingue par son originalité du thème car il entre dans le recyclage des déchets et l'économie verte. Le marc du café est considéré comme un déchet solide généré par les consommateurs de café moulu. Le présent travail a pour but de valoriser ce coproduit riche en molécules de haute valeur ajoutée, Les granulés de café sélectionnés dans notre étude sont de mizrana . Le choix de la méthode d'extraction est basé sur le fait qu'elle est « Soxhlet » qui est la technique la plus utilisée depuis longtemps pour extraire les huiles végétales en raison de sa rentabilité et de sa facilité de sa mise, Ainsi que ma façon d'extraction à chaud et à froid. Le solvant utilisé dans le procédé pour extraire la matière grasse est l'hexane et cyclo hexane. dans ce qui suit, nous expliquerons comment l'huile est extraire

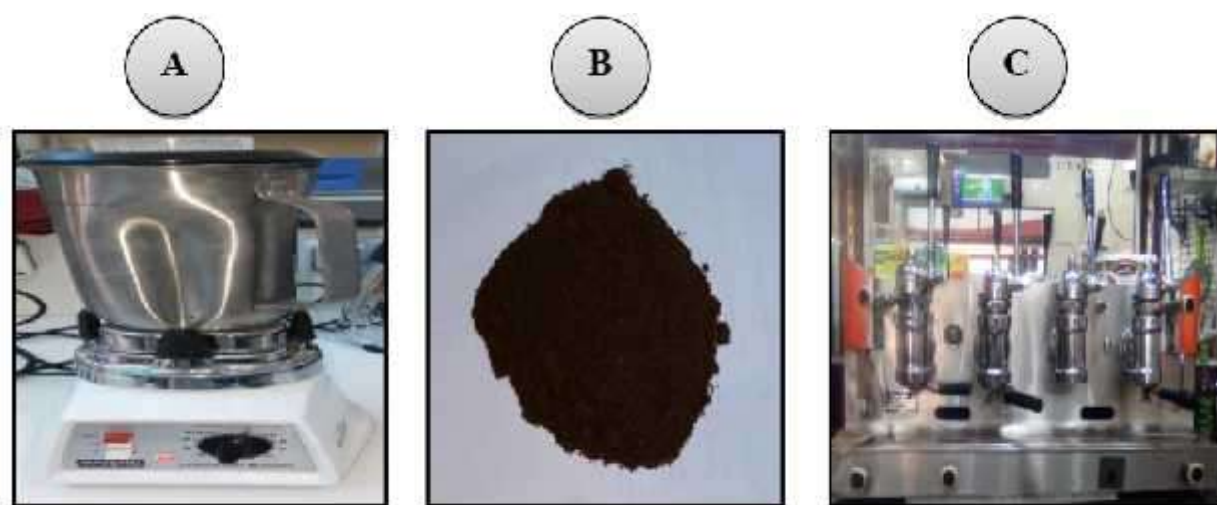
Matériel et méthodes :

1- Préparation des échantillons :

500g du café sont obtenus auprès d'un représentant du distributeur « khamgani abdallah » sis à mkhadma ouargla.

1.1. Préparation du marc de café :

La quantité du café ainsi obtenue est directement placée dans un broyeur de laboratoire, puis transférée directement à un café public pour la récupération du marc de café à l'aide d'une machine expresso (GAGGIA, made in Italie, à pression 1.5 bar).



Figure(IV.1) étapes de préparation du marc de café (A : broyeur de laboratoire. B : Café moulu. C : Machine Espresso (GAGGLA))

Après le café a été restauré, il a été séché à l'ombre d'une manière naturelle en l'exposant à l'air dans un endroit aéré puis séchage industriel par un four électrique jusqu'à ce que son poids stabilisé.

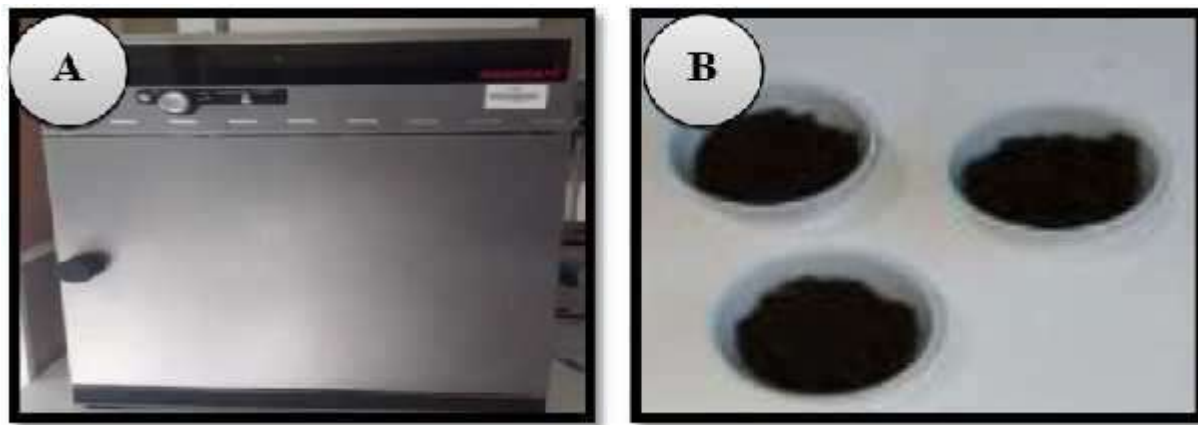


Figure (IV.2) : A: Etuve ventilée; B: Echantillons secs

1.2 Préparation de l'huile grasse du marc de café par soxhlet :

Principe :

Comme déjà mentionné dans la partie bibliographique, l'extraction Soxhlet est une méthode classique pour l'extraction solide-liquide, effectué à l'aide de « L'extracteur de Soxhlet », L'échantillon entre rapidement en contact avec le solvant (hexane), ce qui aide à déplacer

l'équilibre de transfert vers le solvant. De plus, elle ne nécessite pas de filtration après extraction. Une fois l'extraction est terminée, le solvant est éliminé à l'aide d'un Rotavapor (distillation) pour obtenir la matière grasse.

Protocole :

3g d'échantillon sont disposés dans une cartouche cellulosique poreuse, puis introduite dans l'extracteur de Soxhlet. 100ml cyclo hexane sont mises en ébullition dans un ballon monocolé relié au pied de l'extracteur [6]. Les vapeurs dégagées passent par une tubulure menant au réfrigérant pour y être condensées. Le condensat tombe par gravité dans le réservoir contenant la cartouche et solubilise les molécules actives. Une fois plein, le mélange solvant- extrait est siphonné vers le ballon ce qui permet de régénérer le solvant et de recommencer un autre cycle.

Le rendement en huile est calculé de la formule suivante:

$$R (\%) = \frac{\text{La quantité de l'extrait brut (g) x 100}}{MS}$$

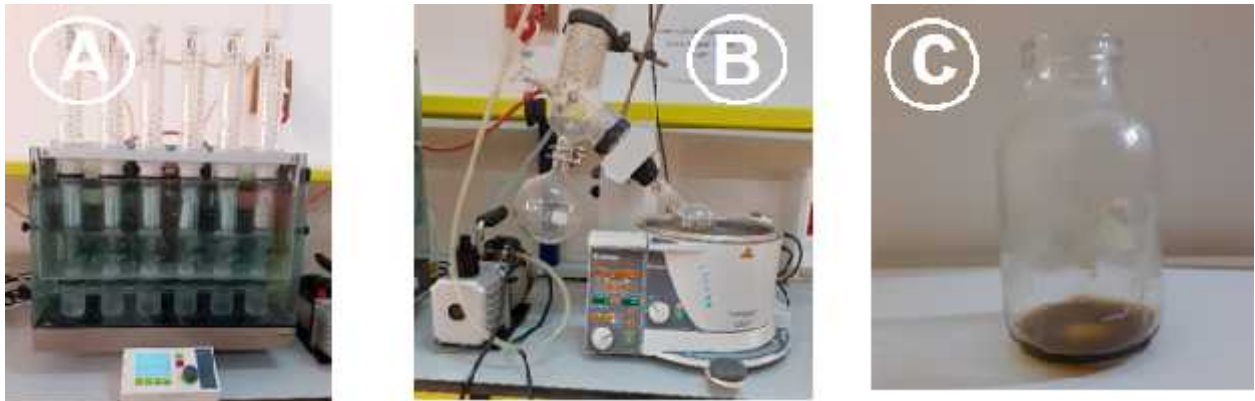
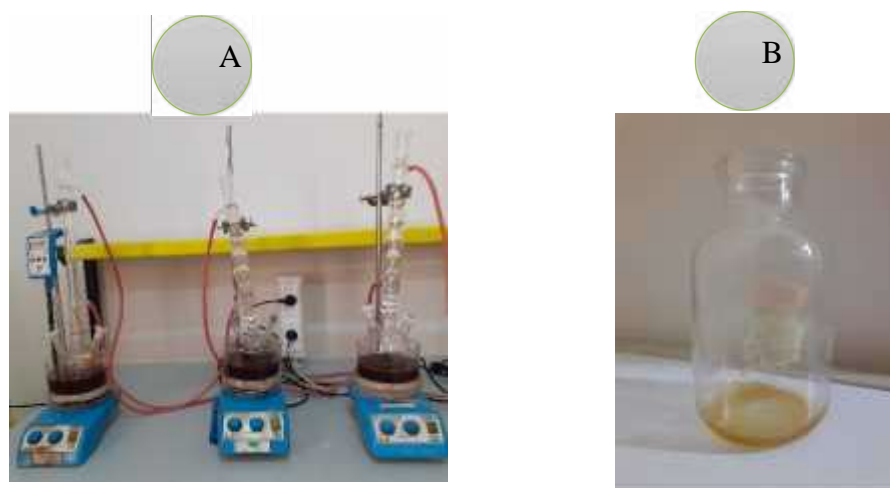


Figure (IV.3) : Extraction de l'huile du marc de café par Soxhlet (A: Appareil de Soxhlet, B: Rotavapor, C: Huiles grasses récupérée)

1-3 Extraction solide- liquide à chaud contact direct

Protocole

3g de marc de café additionnés a75 ml de (n-hexane, cyclo_hexane) sont introduits dans un ballon monocoucle d'une réfrigérant et portes a ébullition le mélange subit Büchner pour récupérer le solvant enrichi en substances solubles suivie d'une distillation au rotavapeur pour obtenir huile grasse.



Figure(IV.4) : Extraction solide- liquide à chaud contact direct (A : Montage à chaud, B : Huiles grasses récupérée)

1-4 Extraction solide- liquide à froid contact direct**Protocole**

3g de marc de café additionnés a75 ml de (n hexane , cyclo_hexane) sont introduits dans un ballon monocoule d'une réfrigérant L'agitateur magnétique est actionné pendant différentes durées. Subit büchner pour récupérer le solvant enrichi substances solubles suivie d'une distillation au rotavapeur pour obtenir huile grasse.

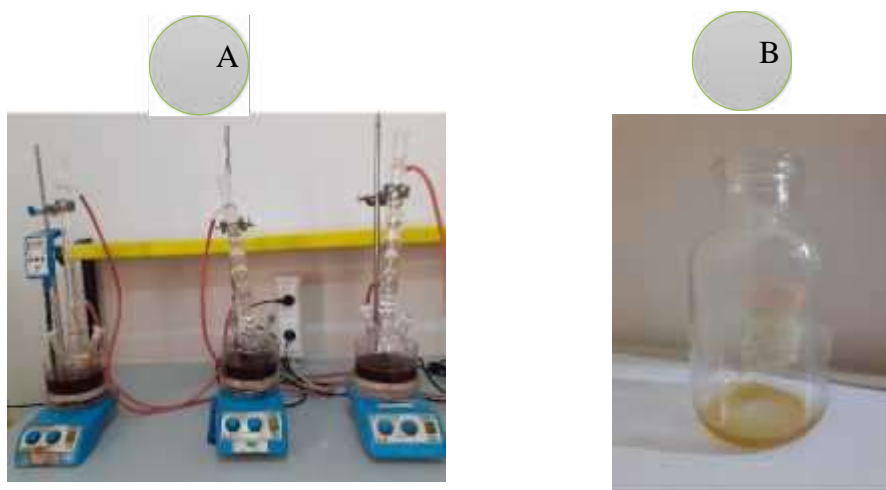


Figure (IV.5) 1 Extraction solide- liquide à Froid contact direct (A : Montage à Froid, B : Huiles grasses récupérée)



Résultats

Et



Discussion

1- Rendement d'extraction des huiles par soxhlet

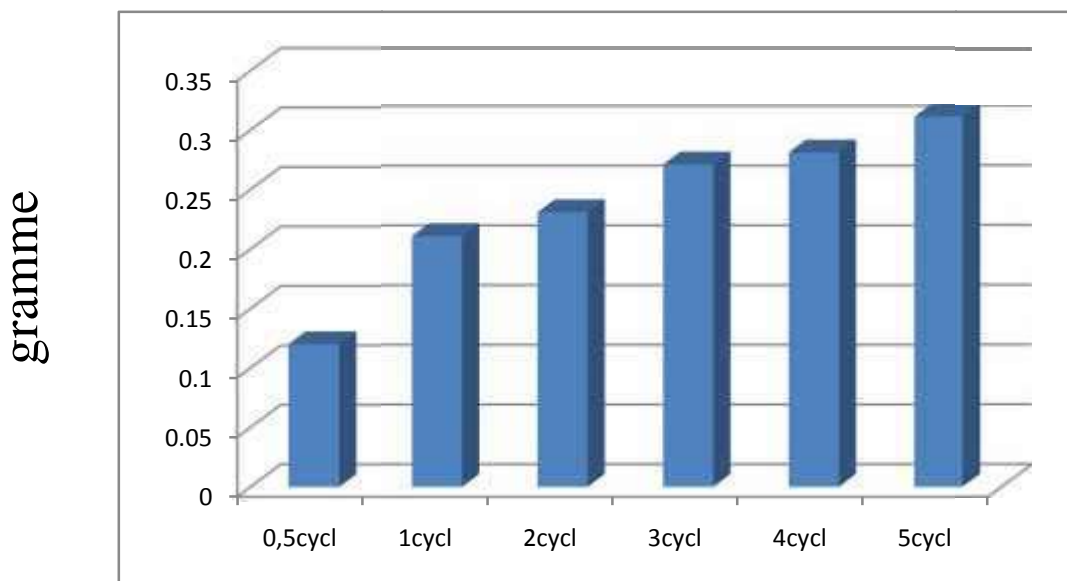


Figure (V.1) : Rendement d'extraction des huiles par soxhlet

Le graphique à barres montrant Le rendement d'extraction de l'huile de café par Soxhlet. Le rendement d'extraction de l'huile de café par soxhlet est estimé à 0.3 gramme. Obtenus dans notre étude .on remarque La quantité d'huile extraite augmente avec le nombre de cycles.

2- Rendement d'Extraction des huiles à chaud

2-1 cyclo- hexane :

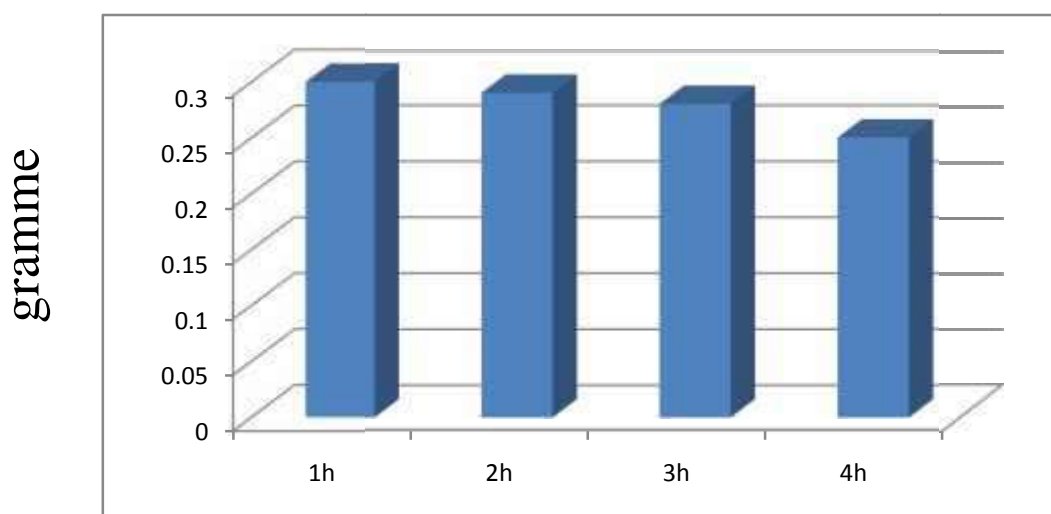


Figure (V.2) Rendement d'Extraction des huiles à chaud (cyclo- hexane)

2.2.n-hexane :

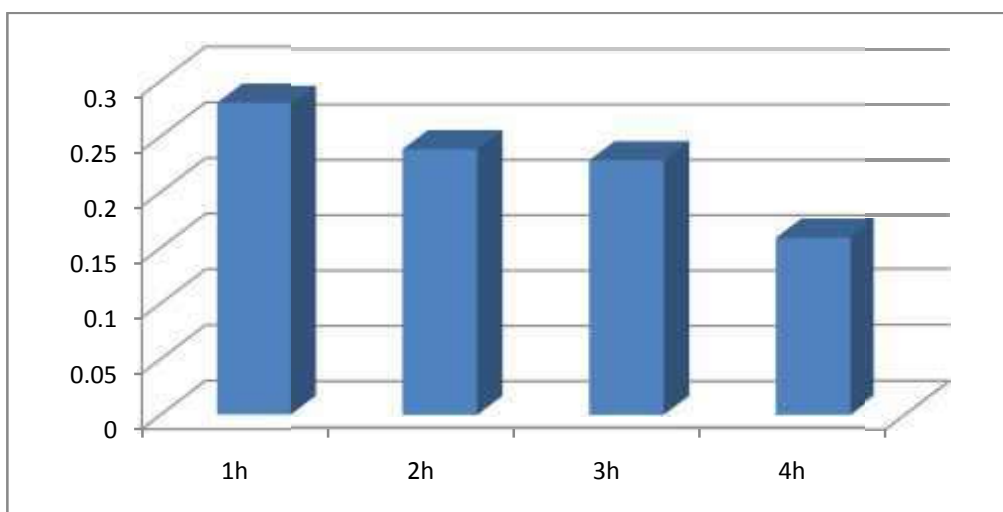


Figure (V.3) : Rendement d'Extraction à chaud (n-hexane)

Les graphiques montrent la quantité d'huile extraite à chaud au cours du temps (1 à 4 heures) à l'aide de deux solvants : le n-hexane et le cyclohexane.

On remarque une diminution de la quantité d'huile avec le temps

Où la production d'huile la plus élevée a été obtenue en une heure avec une valeur de 0,30 gramme.

Le rendement estimé en huile avec le solvant organique hexane est de 7,72 %. Le cyclohexane a été estimé à 9,45 %.

3. Rendement d'Extraction à Froid

3-1 : Cyclo hexane

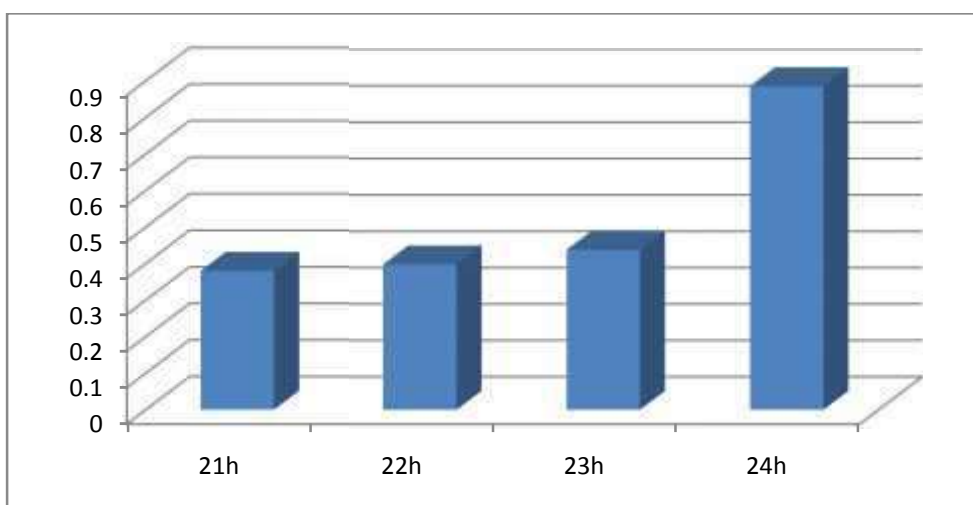


Figure (V.4) : Rendement d'Extraction à Froid (cyclo-hexane)

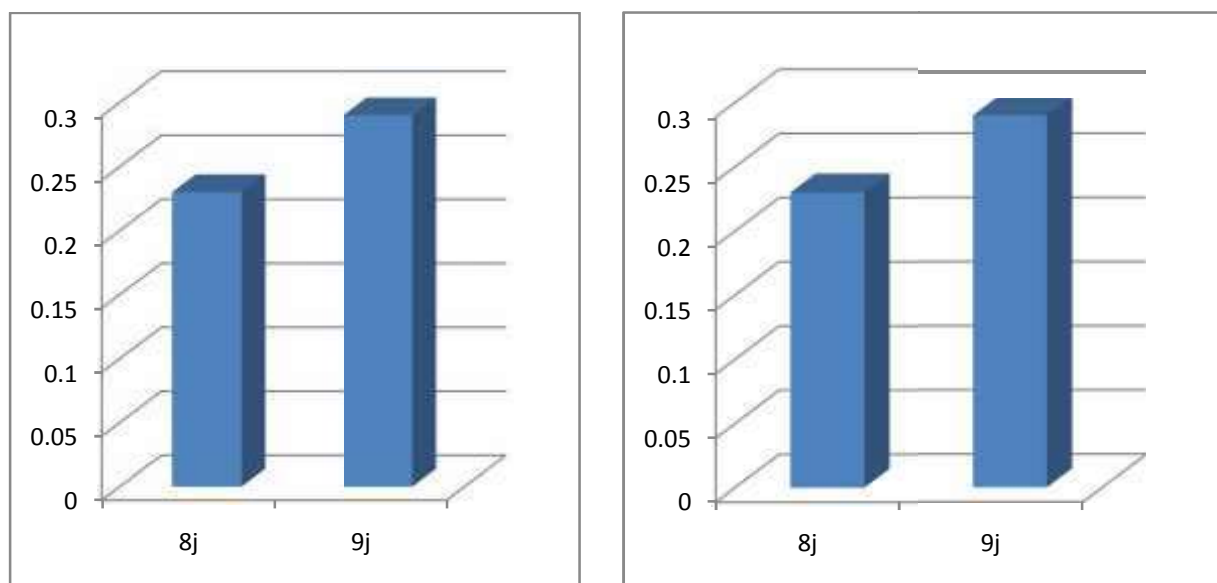
3-2 cyclo hexane et n-hexane

Figure (V.5) : Rendement d'Extraction à Froid (cyclo hexane et n-hexane)

Les graphiques montrent la quantité d'huile extraite à froide au cours du temps (21h.22h.23h.24h. 8j.9 jours) à l'aide de deux solvants : n-hexane et cyclohexane.

On remarque une augmentation de la quantité d'huile avec le temps.

Le rendement estimé en huile avec le solvant organique hexane est de 8,28 %. Le cyclohexane a été estimé à 14,7 %.

Explication

La température du traitement du marc de café est comprise entre 80 et 100 °C en une durée comprise entre 1 et 2 heures. Les diterpènes sont vraiment dégradés dans le début de la réaction et il est de ce fait inutile de prolonger trop longtemps le temps de réaction.

1- Les rendements :

Tableau (V.1) : Les rendement d'Extraction des l'huiles grasses

Méthode	Rendement
Soxhlet	8.3%
Froid (Cyclo-hexane)	14.70%
Froid (n-hexane)	8.28%
Chaud (Cyclo-hexane)	9.24%
Chaud (n-hexane)	7.72%

Ce que nous avons réalisé?

Rendement d'extraction Le rendement désigne la masse de l'extrait déterminé après évaporation du solvant par rapport à la masse sèche du résidu de café, il est également exprimé en pourcentage. Chaque procédé d'extraction a été caractérisé par le rendement d'extraction en pourcentage d'huile par rapport à la matière sèche de l'échantillon. Pour le procédé Soxhlet, la variance de rendement a une fréquence qui augmente rapidement en fonction du temps, atteignant 8,3 % à 2 h d'extraction. Quant à l'extraction à froid, elle atteint 14,7% et à chaud 9,45%, quel que soit le temps d'extraction.

Quelle est la raison de la différence de rendement?

Le rendement n'est que relatif et dépend de

- 1- La méthode et les conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée (solvant, rapport solvant/poudre, temps d'extraction...etc.),
- 2- Conditions d'évelage du café (culture, climat...etc.)
- 3- Aux différents procédés de torréfaction.



Conclusion



Conclusion

Dans le cadre de valorisation des résidus des ressources végétales naturelles générés par le secteur agro-alimentaire, nous avons sélectionné le marc du café, ce royal résidu qui s'appelle « or noir » ou « or brun » majoritairement rejeté à l'état dans l'environnement en dépit de ses faveurs et fameuses utilisations en industrie, en pharmacie, en agriculture et en cosmétique. Sous cette optique, nous avons étudié l'huile grasse extraite à partir de résidu

En premier lieu, une caractérisation chimique du marc de café collecté est faite en déterminant son contenu en matière sèche, matière minérale et matière grasse. D'autres analyses chimiques sont prévues, tels que le taux des sucres, des protéines et des fibres, En deuxième lieu, l'huile grasse extraite à partir du marc de café via le soxhlet, et à chaud et à froid

La caractérisation chimique du marc révèle sa pauvreté en minéraux et, en contrepartie, sa richesse en matière grasse ce qui le fait une bonne source de produits hydrophobes tel que les lipides.

Le procédé d'extraction choisis dans notre étude montre une rentabilité appréciable estimée à 14.70%.

D'autres voies de valorisation de cette huile sont fortement préconisées en absence de travaux traitant cette optique. D'autres essais d'extraction de l'huile grasse sont recommandés en utilisant d'autres méthodes afin de cibler celle la plus efficiente pour l'extraction de l'huile la plus actif chimiquement et biologiquement.



Références

bibliographiques

- [1]:Stanislav Obruca., Sinisa Petrik., Pavla Benesova., Zdenek Svoboda. , LiborEremka.,Ivana Marova. (2014) Utilization of oil extracted from spent coffee grounds forsustainable production of polyhydroxyalkanoates, *Appl Micro biolBiotechnol.* DOI10.1007-s00253-014-5653-3. 36.
- [2]: Zengin, G., Sinan, K. I., Mahomoodally, M. F., Angeloni, S., Mustafa, A. M., Vittori,S., and Caprioli, G. (2020) Chemical Composition, Antioxidant and EnzymeInhibitoryProperties of Different Extracts Obtained from Spent Coffee Ground and CoffeeSilverskin. *Foods*, 9(6). P. 713.
- [3]:Ramalakshmi, K., Rao, L.J.M., Takano-Ishikawa, Y. et Goto, M. (2008) Bioactivities of low-grade green coffee and spent coffee in different in vitro model systems. *FoodChemistry*, vol. 115. P. 79-85
- [4] :Iriondo-DeHond, A., Garcia, N. A., Fernandez-Gomez, B., Guisantes-Batan, E.,Escobar, F. V., Blanch, G. P., ... & del Castillo, M. D. (2019) Validation of coffee byproducts as novel food ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 51, 194-204.
- [5]:Kondamudi, N., Mohapatra, S. K., and Misra, M. (2008) Spent coffee grounds as aversatile source of green energy. *Journal of agricultural and foodchemistry*, 56(24), 11757-11760.
- [6]:Haddoudi, M., Mellouk, H., Bejjany, B., Dani, A., et Digua, K. (2014) Valorisation Du Marc De Café : Extraction De L’huile Et Évaluation De Son Activité Antioxydante. *LesTechnologies De Laboratoire*. P. 29-37.
- [7]:Musulman et Messaaoui 2018.
- [8]:Sekeroglu, N., Senol, F. S., Orhan, I. E., Gulpinar, A. R., Kartal, M., &Sener, B.(2012). In vitro prospective effects of various traditional herbal coffees consumed inAnatolia linked to neurodegeneration. *Food research international*, 45(1), 197-203.
- [9]:Campa, C., Doubeau, S., Dussert, S., Hamon, S., &Noirot, M. (2005).Qualitative relation ship between caffeine and chlorogenic acid contents among wild Coffeespecies. *Food chemistry*, 93(1), 135-139.
- [10]:Kreicbergs, V., Dimins, F., Mikelsons, V., &Cinkmanis, I. (2011). Biologically activecompounds in roasted coffee. *Food Balt Proceedings of the 6th*, 110-115.

- [11]:Cruz, R., Mendes, E., Torrinha, Á., Morais, S., Pereira, J. A., Baptista, P., &Casal, S.(2015).Revalorization of spent coffee residues by a direct agronomic approach. *FoodResearch International*, 73, 190-196.
- [12]:Cruz, R., Cardoso, M. M., Fernandes, L., Oliveira, M., Mendes, E., Baptista, P.,...&Casal, S. (2012). Espresso coffee residues: a valuable source of un extracted compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(32), 7777-7784.
- [13]:Chen, K.I., Lo, Y.C., Liu, C.W., Chou, C.C. et Cheng, K.C. (2013) Enrichment of twoisoflavone aglycones in black soymilk by using spent coffee grounds as an immobiliser forβ-glucosidase. *Food Chemistry*. P. 79-85.
- [14]:Ballesteros, L. F., Teixeira, J. A., &Mussatto, S. I. (2014). Chemical, functional, andstructural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food andbioprosesstechnology*, 7(12), 3493-3503.
- [15]:Shen, K., &Gondal, M. A. (2017). Removal of hazardous Rhodamine dye from water byadsorption onto exhausted coffee ground. *Journal of Saudi Chemical Society*, 21, S120S127.
- [16]:Silva, M. A., Nebra, S. A., Silva, M. M., & Sanchez, C. G. (1998). The use of biomassresidues in the Brazilian soluble coffee industry. *Biomass and Bioenergy*, 14(5-6), 457-467.
- [17]:Jiménez-Zamora, A., Pastoriza, S., &Rufián-Henares, J. A. (2015).Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. *LWT-Food Science and Technology*, 61(1), 12-18.
- [18]:Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2016). Coffee and its by-products as sources of bioactive compounds. *Coffee: Production, Consumption and Health Benefits*. New York,USA: Nova Science Publishers, 1-28.
- [19]:Mussatto, S. I., Carneiro, L. M., Silva, J. P., Roberto, I. C., & Teixeira, J. A. (2011). Astudy on chemical constituents and sugars extraction from spent coffeegrounds. *Carbohydrate polymers*, 83(2), 368-374.
- [20]:Campos-Vega, R., Loarca-Pina, G., Vergara-Castaneda, H. A., &Oomah, B. D.(2015). Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends inFood Science &Technology*, 45(1), 24-36.

- [21]: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.
- [22]:Mussatto, S. I., Machado, E. M., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011a). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 661.
- [23]:Carassou, F. (2015) Une récupération spécifique du marc du café aurait-elle une plusvalue pour la communauté, cas de l'île de Montréal. université de Sherbrooke. P. 11-24.
- [24]:Gómez-de la Cruz, F. J., Cruz-Peragón, F., Casanova-Pelaez, P. J., & Palomar Carnicero, J. M. (2015). A vital stage in the large-scale production of biofuels from spent coffee grounds: The drying kinetics. *Fuel processing technology*, 130, 188-196.
- [25]:Vardon, D. R., Moser, B. R., Zheng, W., Witkin, K., Evangelista, R. L., Strathmann, T. J., ... & Sharma, B. K. (2013). Complete utilization of spent coffee grounds to produce biodiesel, bio-oil, and biochar. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 1(10), 12861294.
- [26]:Petrik, S., Obruba, S., Benešová, P., & Márová, I. (2014). Bioconversion of spent coffee grounds into carotenoids and other valuable metabolites by selected red yeast strains. *Biochemical engineering journal*, 90, 307-315
- [27]:Leifa, F., Pandey, A., & Soccol, C. R. (2001). Production of Flammulina velutipes on coffee husk and coffee spent-ground. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 44(2), 205-212
- [28]:Chen, K. I., Lo, Y. C., Liu, C. W., Yu, R. C., Chou, C. C., & Cheng, K. C. (2013). Enrichment of two isoflavone aglycones in black soymilk by using spent coffee grounds as an immobiliser for α -glucosidase. *Food chemistry*, 139(1-4), 79-85.
- [29]:Cañabate-Díaz, B., Carretero, A. S., Fernández-Gutiérrez, A., Vega, A. B., Frenich, A. G., Vidal, J. M., & Martos, J. D. (2007). Separation and determination of sterols in olive oil by HPLC-MS. *Food chemistry*, 102(3), 593-598
- [30]:O'Brien, R. D. (2008). *Fats and oils: formulating and processing for applications*. CRC press
- [31]:Genthon, L. (2015). *Etude et identification des composés cytotoxiques issus d'un champignon de la forêt boréale québécoise (Doctoral dissertation)*.

- [32]:Wang, L., & Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6), 300-312
- [33]:Inoue, T., Tsubaki, S., Ogawa, B., Onishi, K et Azuma, J.I. (2010).Isolation of hesperidin from peels of thinned Citrus unshiu fruits by microwave-assisted extraction. *Food Chemistry*. 123, 542-547
- [34]:Kratchanova, M., Pavlova, E., &Panchev, I. (2004).The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydrate polymers*, 56(2), 181-185.
- [35]:Mandal, V., Mohan, Y., &Hemalatha, S. (2007). Microwave assisted extraction—an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosyreviews*, 1(1), 7-18.
- [36]:Fellah, S., Romdhane, M., &Abderraba, M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salviaofficinalis*. l cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal-Societe Algerienne De Chimie*, 16(2), 193.
- [37]:Ahangari, B., &Sargolzaei, J. (2013). Extraction of lipids from spent coffee grounds using organic solvents and supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5), 1014-1021.
- [38]:Sovová, H., &Stateva, R. P. (2011). Supercritical fluid extraction from vegetable materials. *Reviews in Chemical Engineering*, 27(3-4), 79-156.
- [39]:CHAUSSADE J . Économie circulaire, réconcilier croissance et environnement :rapport de stage [en ligne]. Environnement : INSTITUT MONTAIGNE, 2016, 114 p.Disponible sur:<https://www.institutmontaigne.org/ressources/pdfs/publications/rapporteconomie-circul>
- [40]:Wikipédia : la définition des déchets et leurs types [en ligne] Disponible sur :<https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9chet> [consulté le 09 avril 2019].
aire.pdf (19.04.2019).