

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REpubLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة

التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de master**

**En : BIOLOGIE**

**Spécialité : BIOLOGIE DE LA NUTRITION**

**Par : KACHOUR chahrazed  
GHERRAM sarra**

**Sujet**

**Effets des polyphénols de la parche de café sur la composition  
en lipides et protéines sur le foie de rats wistar**

Soutenu publiquement, le 09/06/2024 , devant le jury composé de :

Mme MERZOUK Amel Zoubeyda  
Mme MERZOUK Hafida  
Mme MEDJDOUB Amel

MCA Univ. Tlemcen  
Professeur Univ. Tlemcen  
MCA Univ. Oran

Président  
Directeur de mémoire  
Examineur

2023/2024

# Dédicaces

بسم الله الرحمن الرحيم  
«قل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله و المؤمنين»  
صدق الله العظيم

بسم خالقي و مسير امري الذي لا يطيب الليل الا بشكره و لا يطيب النهار الا بطاعته و لا تطيب اللحظات  
الا بذكره لك كل الحمد و الامتتان  
«الله عز و جل»

الي من بلغ الرسالة و ادي الامانة و نصح الأمة .. نبي الرحمة و نور العالمين  
«سيدنا محمد صلي الله عليه و سلم»

الي من كلله الله بالهيبة و الوقار الي من احمل اسمه بكل فخر الي من علمني ان الدنيا كفاح و سلاحها العلم و  
المعرفة  
«ابي الغالي»

الي ملاكي في الحياة و قدوتي الأولي في معني الحب و التفاني.. الي تلك الحبيبة ذات القلب النقي التي  
اوصاني الرحمن بها برا و احسانا .. الي بسمه الحياة و سر الوجود الي من كان دعاؤها سر نجاحي و حنانها  
بلسم جراحي  
«امي الغالية»

الي ضلعي الثابت الذي لا يميل .. الي من رزقت بيهم سندا و ملاذي الاول و الاخير مصدر قوتي.. أرضي  
الصلبة و جداري المتين الذين يؤمنون بشجاعتي مهما ضعفت و ارتخيت و الظل مهما كثرة تخبطاتي.. الي  
الشموع التي تنير طريقي  
« اخواني و اخواتي »

الي صديقة الروح و المواقف و شريكة الدرب و الطموح البعيد .. الي من كانت دائما موضع اتكاء عثرات  
الحياة  
«خالتي فايضة و صديقتي احلام»

الي عائلتي التي شاركتني خطوات هذا الطريق الي من هونوا تعب الطريق و من شجعوني علي المثابرة و  
اكمال المسيرة  
الي رفاق الخطوة الأولي و الاخيرة الي من كانوا في السنوات العجاف سحابا ممطرا..  
الي كل عابر في حياتي ترك اثرا جميلا..  
الله الحمد و الشكر كله ان و فقتني في هذه اللحظة ؛فالحمد لله ربي العالمين و الصلاة و السلام علي نبيه  
الكريم

شهرزاد

# Dédicaces

بسم الله الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد ومن تبعه بإحسان إلى يوم الدين أما بعد:

أهدي ثمرة عملي إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار .. أرجو من الله  
يرحمك ويتقبلك من الشهداء وستبقى كلماتك نجوم أهدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد

"والدي العزيز رحمه الله"

إلى أغلى إنسان في الوجود إلى أُمي الغالية المجاهدة التي بذلت الغالي والنفيس من أجل سعادة أبناءها، إلى  
بسمة الحياة وسر الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي فهي السند بعد الله أطل الله عمرها وشفاه الله من  
كل سقم

"والدتي العزيزة"

هذا إلى أعز وأغلى إنسانة في حياتي، التي أنارت دربي بنصائحها ، وكانت بحرا صافيا يجري بفيض الحب،  
والبسمة إلى من زينت حياتي بضياء البدر، وشموع الفرح، إلى من منحنتني القوة والعزيمة، لمواصلة الدرب،  
وكانت سببا في مواصلة دراستي إلى من علمتني الصبر والاجتهاد، إلى الغالية أختي

"صورية"

إلى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي إلى العقد المتين

من كانوا عوناً لي في رحلة بحثي

"إخواني"

إلى من كاتفنتني ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح في مسيرتنا العلمية

دربي رفيقة الى

« حفيظة صديقتي »

وأخيراً إلى كل عائلتي و كل من ساعدني، وكان له دور من قريب أو بعيد في إتمام هذه الدراسة، سائلة  
المولى أن يجزي الجميع خير الجزاء في الدنيا والآخرة

سارة

# ***REMERCIEMENTS***

Enfin tout ce travail est le fruit des efforts d'un labour auquel nous n'aurions jamais pu le réaliser sans la contribution de diverses personnes ; dont nous citons en premier lieu Madame MERZOUK HAFIDA, Pr. à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté de nous encadrer et de nous guider au cours de cette expérience.

Nous remercions vivement, Madame MERZOUK AMEL, MCA à l'Université de Tlemcen, pour son aide technique et scientifique, et pour avoir accepté de présider ce jury ; nous aurions aimé partager encore bien plus à vos côtés, sachez que vous êtes une des personnes qui nous ont transmis l'amour des sciences et du savoir, et rien pour cela nous vous exprimons notre reconnaissance et notre infinie gratitude. Nous vous apprécions autant pour votre travail que pour votre personne.

Nous remercions aussi, Madame MEDJDOUB AMEL, MCA à l'Université d'Oran, pour avoir accepté d'examiner ce travail et faire partie de ce jury.

Un fervent remerciement à Mme MERIEM BENYELLES qui nous a aidé dans le côté pratique de ce mémoire.

Nous tenons à remercier également le doctorant HEBBALI H pour nous avoir donné les échantillons de foie des rats ; tous nos enseignants et tous les membres du laboratoire PPABIONUT.

## *RESUME*

---

### **Résumé :**

L'obésité représente un enjeu majeur pour la santé publique, souvent lié à des troubles du système digestif et du métabolisme du foie. Les polyphénols naturels du café et de ses co-produits ont des effets positifs chez les personnes obèses. Dans ce mémoire de Master, nous utilisons un modèle animal d'obésité afin d'approfondir nos connaissances sur les effets des polyphénols de la parche de café sur la composition en lipides, protéines et minéraux du foie. Pour cela, Les extraits aqueux et méthanoliques de la parche de café sont préparés. Quatre groupes de rats sont étudiés: témoin, obèse, obèse traité par l'extrait aqueux de la parche de café et un group obèses traité par l'extrait méthanolique de la parche de café, à 100 mg/Kg/jour par gavage pendant 4 semaines. Le foie est prélevé pour le dosage des lipides, protéines et minéraux hépatiques. Nos résultats montrent que les polyphénols de la parche de café ont montré chez les rats obèses la capacité à diminuer considérablement les taux de cholestérol et de triglycérides et à augmenter les protéines dans le foie, en faveur d'une réduction de la stéatose hépatique. De plus, les extraits améliorent le bilan minéral en augmentant le calcium, magnésium et phosphore hépatiques.

En conclusion, les polyphénols de la parche de café améliorent la fonction hépatique et peuvent être recommandés aux personnes obèses.

**Mots clés :** Foie, lipides, protéines, minéraux, parche de café, rats.

## *ABSTRACT*

---

### **Abstract:**

Obesity represents a major public health challenge, often linked to disorders of the digestive system and liver metabolism. The natural polyphenols in coffee and its co-products have positive effects in obese people. In this Master's thesis, we use an animal model of obesity to deepen our knowledge on the effects of polyphenols from coffee parchment on the lipid, protein and mineral composition of the liver. For this, aqueous and methanolic extracts of coffee parchment are prepared. Four groups of rats are studied: control, obese, obese treated with the aqueous extract of coffee parchment and an obese group treated with the methanolic extract of coffee parchment, at 100 mg/Kg/day by gavage for 4 weeks. The liver is removed for the determination of hepatic lipids, proteins and minerals. Our results show that coffee parchment polyphenols showed in obese rats the ability to significantly decrease cholesterol and triglyceride levels and increase protein in the liver, supporting a reduction in fatty liver. In addition, the extracts improve the mineral balance by increasing hepatic calcium, magnesium and phosphorus.

In conclusion, the polyphenols in coffee parchment improve liver function and can be recommended for obese people

**Key words:** Liver, lipids, proteins, minerals, coffee parchment, rats.

## ملخص

استقلاب. تعد السمنة مشكلة صحية عامة كبيرة وغالباً ما ترتبط باضطرابات الجهاز الهضمي الكبد في هذه الحالة تجذب البوليفينولات الطبيعية الموجودة في القهوة اهتماماً متزايداً لتأثيراتها وبفضل الأبحاث التي. الإيجابية المحتملة على الأشخاص الذين يعانون من السمنة المفرطة دعونا نلقي نظرة. أجريت على النماذج الحيوانية للسمنة، أصبح من الممكن تعميق معرفتنا فاحصة على تأثيرات البوليفينول الموجود في مستخلص القهوة على تركيبة الدهون والبروتين في الكبد الطرق

مجموعة شاهدة، ومجموعة بدينة ومجموعة بدينة: تم استخدام أربع مجموعات من الفئران عولجت بمستخلص مائي من قشرة القهوة، ومجموعة بدينة عولجت بمستخلص ميثانولي من قشرة القهوة النتائج

في الفئران البدينة، تبين أن البوليفينول الموجود في مستخلص ورق القهوة يقلل بشكل كبير من وتعزى هذه. مستويات الكوليسترول الكلي والكوليسترول الضار والدهون الثلاثية في الكبد الظاهرة إلى تحفيز أكسدة الأحماض الدهنية مما يحد من تراكمها على شكل ترسبات دهنية في وبالإضافة إلى ذلك، يبدو أن للبوليفينول تأثير مثبط على إنتاج الأحماض الدهنية الجديدة. الكبد يمكن لهذه الآليات أن تمنع. خلايا الكبد لدى الفئران البدينة) والكوليسترول في خلايا الكبد التتسكس الدهني الكبدي، وهو مرض يشيع لدى الأفراد الذين يعانون من زيادة الوزن أو السمنة

الكبد، الدهون، بروتين، معادن، القهوة، جردان: الكلمات الرئيسية



## Liste des figures

Figure 1 : Coupe transversale d'une cerise de café avec ses différentes couches.....	19
Figure 2 : Identification des sous-produits du café dans l'anatomie de la cerise de café.....	19
Figure 3 : Traitement du café sec et humide et ses sous-produits générés .....	20
Figure 4 : Valorisation des déchets de café pour des applications non alimentaires .....	22
Figure 5 : Résultats de la consommation de café sur la santé .....	23
Figure 06 : Morphologie hépatique : vues antérieure et inférieure .....	28
Figure 07 : Segmentation hépatique .....	29
Figure 08 : Système des vaisseaux et conduits intra hépatiques .....	31
Figure 9 : Polyphénols dans les végétaux .....	34
Figure 10 : Représentation chimique d'une structure phénolique .....	35
Figure 11 : Classification des polyphénols avec quelques exemples représentatifs .....	36
Figure 12 : Influences des polyphénols sur les différentes manifestations du syndrome métabolique .....	39
Figure 13 : Effets bénéfiques des systèmes d'administration à base de polyphénols et leur application potentielle dans les formulations nutraceutiques .....	40
Figure 14 : la voie exogène des lipides .....	48
Figure 15 : transport inverse du cholestérol .....	51
Figure 16 : Teneurs en lipides et protéines du foie chez les rats étudiés .....	59
Figure 17 : Teneurs en minéraux du foie chez les rats étudiés.....	61

## **Liste des tableaux**

Tableau 1. Composition nutritionnelle et phytochimique de la parche de café (parchemin de café) .....	21
Tableau 02 : Classification de l'obésité d'adultes d'après l'OMS.....	42

## **Liste des tableaux en Annexe**

Tableau 1. Teneurs en lipides et protéines du foie chez les rats étudiés .....	74
Tableau 2. Teneurs en minéraux du foie chez les rats étudiés.....	74

## Liste des abréviations

ABC : la famille des ATP binding cassettes  
AG : les acides gras  
ATP : Adénosine triphosphate  
Apo : Apolipoprotéine  
CETP : Cholesterol Ester Transfer Protein  
CM : Chylomicrons  
EBP : Enhancer-binding proteins  
FAS : Fatty acid synthase  
HDL : Lipoprotéines à haute densité  
HFD: High Fat Diet  
HL: lipase hépatique  
IDL : Intermediate Density Lipoprotein  
IMC : Indice de Masse Corporelle  
LCAT : lecithin cholesterol acyl transferase  
LDL : lipoprotéines à faible densité  
LPL : lipoprotéine lipase  
LRP : Receptor-related Protein  
NK : Natural Killer  
NO : Le monoxyde d'azote  
PPAR : Peroxisome Proliferator-Activated Receptor  
SAF : Synthase des Acides Gras  
SR-BI: Scavenger Receptor Class B Type 1  
TG: triglycerides  
VLDL: Very Low-Density Lipoprotein

## Sommaire

1 Parche de café.....	19
1.1 Définition .....	19
1.2 Anatomie du grain de café .....	19
1.3 Méthode de séparation de la parche de café.....	20
1.3.1 Méthode sèche .....	20
1.3.2 Méthode humide .....	20
1.4 Composition de la parche de café.....	21
1.5 Utilisation de la parche de café .....	22
1.6 Effets santé de la consommation du café .....	24
2 Foie .....	26
2.1 Définition .....	26
2.2 Anatomie du foie .....	26
2.2.1 Configuration externe .....	27
2.2.1.1 La face diaphragmatique ou face supérieure .....	27
2.2.1.2 La face viscérale ou face inférieure .....	27
2.2.2 Segmentation hépatique .....	29
2.3 Vascularisation .....	30
2.3.1 La veine porte .....	30
2.3.2 L'artère hépatique propre.....	31
2.3.3 Les veines sus-hépatiques .....	31
2.4 Rôle du foie .....	32
2.4.1 Rôle d'épurateur .....	32
2.4.2 Un rôle dans le système immunitaire.....	33
2.4.3 Un rôle de stockage et de production.....	33
3 Polyphénols .....	35
3.1 Définition des polyphénols .....	35
3.2 Structure et classification des polyphénols .....	35
3.2.1 Structure des polyphénols .....	35
3.2.2 Classification et propriétés des polyphénols .....	36
3.2.2.1 Flavonoïdes.....	37
3.2.2.1.1 Flavanol .....	37
3.2.2.1.2 Anthocyanes .....	38

3.2.2.2 Non flavonoïdes .....	38
3.2.2.2.1 Acide phénolique .....	38
3.2.2.2.2 Les stilbènes (resvératrol) .....	39
3.2.2.2.3 Les lignanes .....	39
3.3 Effets des polyphénols sur la santé.....	39
3.4 Effets bénéfiques des polyphénols .....	40
4 Obésité .....	43
4.1 Définition de l'obésité .....	43
4.2 Indice de masse corporel (IMC) et Tour de taille/taille d'hanche.....	43
4.3 Facteurs de risque .....	44
4.3.1 Les facteurs environnementaux, socioculturels et familiaux .....	44
4.3.2 Le facteur génétique.....	45
4.3.3 Les facteurs psychologiques.....	45
4.4 Polyphénols et obésité .....	46
4.5 Les polyphénols modifient les enzymes pro-obésité.....	46
5 Lipides .....	49
5.1 Définition des lipides .....	49
5.2 Mécanisme d'action des lipides .....	49
5.2.1 La voie exogène.....	49
5.2.2 La voie endogène.....	50
5.2.3 La voie inverse du cholestérol.....	51
5.3 Effets des polyphénols sur le métabolisme des lipides.....	52
Matériel et méthodes.....	52
1. Préparation des extraits aqueux et méthanoliques de la parche de café .....	55
2. Protocole expérimental chez les rats .....	55
2.2. Prélèvements de foie.....	56
2.3. Dosages biochimiques.....	55
2.3.1. Dosage des triglycérides hépatiques.....	55
2.3.2. Dosage du cholestérol hépatique.....	55
2.3.3. Dosage des protéines hépatiques.....	55
2.3.4. Dosage des minéraux hépatiques.....	55
3. Traitement statistique.....	55
Interprétation des résultats.....	56
1. Teneurs en lipides et protéines du foie chez les rats étudiés.....	58
2. Teneurs en minéraux du foie chez les rats étudiés.....	60

Discussion .....	63
Conclusion.....	69
Références .....	70
Annexes .....	74



**INTRODUCTION**

## ***INTRODUCTION***

---

Le café est considéré comme l'une des boissons les plus appréciées à l'échelle mondiale et est fréquemment consommé en raison de ses propriétés stimulantes. La parche de café est un déchet de la production de café qui est généralement jeté ou utilisé comme engrais. Toutefois, la parche de café renferme également une importante quantité de polyphénols, des substances végétales qui possèdent des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Les polyphénols jouent un rôle protecteur dans la protection des cellules contre le stress oxydatif, qui est causé par un déséquilibre entre la production de radicaux libres et la capacité du corps à lutter contre leur impact néfaste. Selon **Singla et al. (2019)**, le stress oxydatif peut favoriser l'apparition de diverses maladies, telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le vieillissement.

Les polyphénols de la pulpe de café suscitent de plus en plus d'intérêt en raison de leurs propriétés avantageuses pour la santé. Différentes recherches ont révélé les effets potentiels des polyphénols présents dans la parche de café sur le métabolisme des lipides et des protéines dans le foie (**Seon Pak et al., 2023**). Les polyphénols présents dans la parche de café peuvent jouer un rôle dans la prévention de l'obésité

Selon une étude réalisée par **Bertrand et al. (2012)**, l'administration de polyphénols de pulpe de café à des rats qui ont suivi un régime riche en graisses a entraîné une diminution significative des taux de cholestérol total, de triglycérides et de lipoprotéines de faible densité (LDL) dans le foie par rapport au groupe témoin. Selon les auteurs, ces effets positifs seraient associés à une modification de l'expression de gènes qui régulent le métabolisme des lipides.

De plus, des recherches menées par **Dupont et ses collègues (2015)** ont révélé que les polyphénols présents dans la pulpe de café pourraient également avoir un impact sur la composition protéique du foie. Leurs conclusions ont montré une augmentation des niveaux de certaines protéines responsables de la détoxification et de la protection cellulaire chez les animaux qui ont été traités avec un supplément en polyphénols de pulpe de café.

Ces recherches mettent en évidence le potentiel des polyphénols présents dans la pulpe de café pour influencer le métabolisme lipidique et protéique dans le foie. Néanmoins, il est indispensable de mener des études supplémentaires afin de mieux appréhender les mécanismes moléculaires sous-jacents et d'évaluer les effets à long terme de ces composés phénoliques.

Dans notre travail de Master en Biologie de la Nutrition, nous évaluons les effets sur le métabolisme hépatique, des extraits de la parche de café chez un modèle animal d'obésité, le rat soumis à un régime cafeteria.





**Synthèse**  
**Bibliographique**

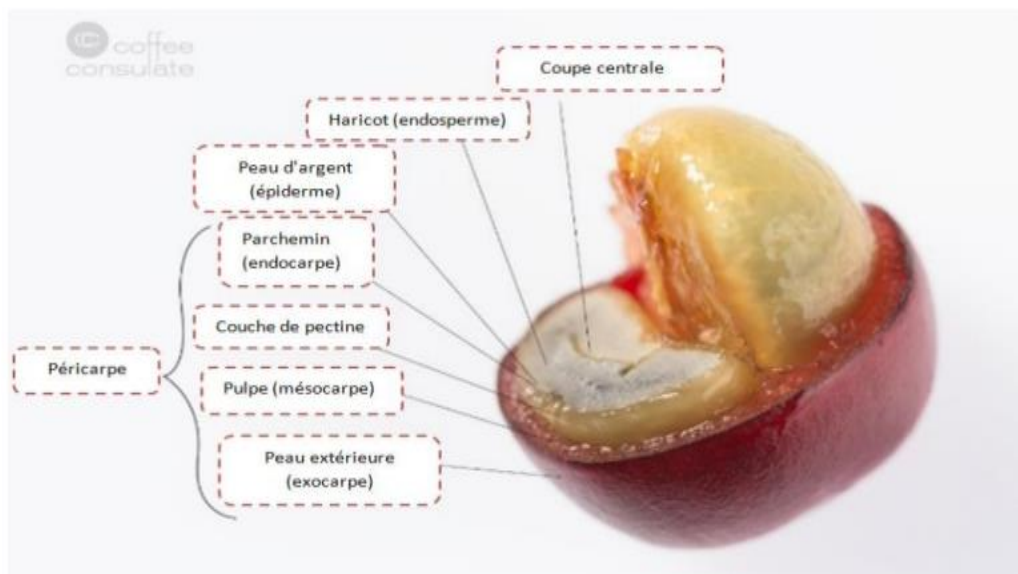


**CHAPITER 01 :**  
**PARCHE DE**  
**CAFE**

## 1 Parche de café

### 1.1 Définition

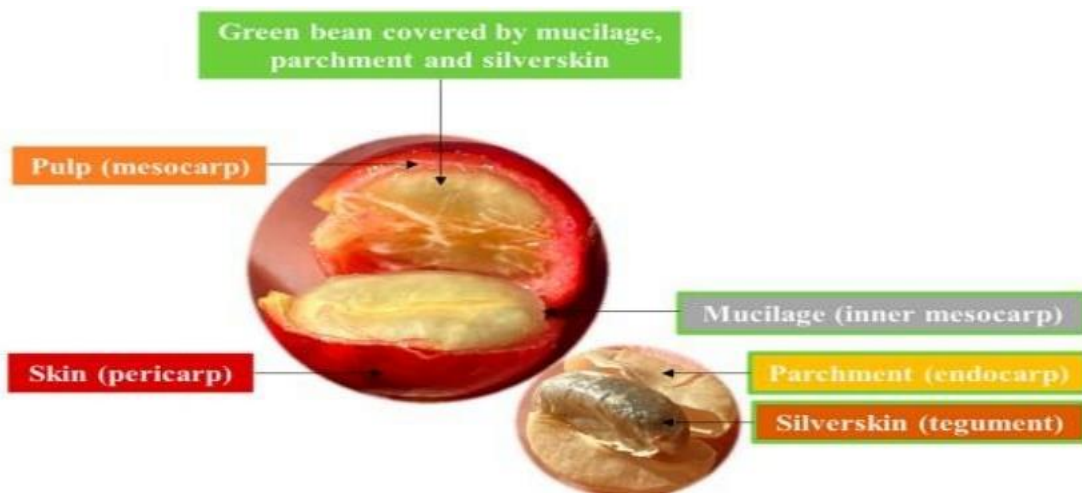
L'endocarpe, également connu sous le nom de parchemin de café, est une couche composée de la graine et est entièrement enveloppé par un matériau cellulosique. Il est constitué de 5 à 6 couches de fibres intercalées qui lui confèrent une force remarquable. Si elle assure la protection de la graine contre les dommages mécaniques, elle constitue également une barrière contre le transfert de composés chimiques du péricarpe vers l'endosperme et l'élimination de l'eau de la graine de café pendant le processus de séchage (Figure 1) (Ferreira et al., 2019).



**Figure 1:** Coupe transversale d'une cerise de café avec ses différentes couches (Klingel, 2020).

### 1.2 Anatomie du grain de café

La peau et les graines constituent le grain de café (Figure 2). On peut classer sa structure en fonction de la matière sèche : La peau est la partie externe du grain de café, aussi appelée peau. Le péricarpe est appelé péricarpe, et à maturité, il est rouge ou jaune en fonction de la variété. Les couches externes du fruit de caféier (exocarpe, mésocarpe et endocarpe) et la graine (embryon, endosperme et pellicule argentée) constituent le péricarpe du fruit de caféier mûr (Santos et al., 2021).



**Figure 2.** Identification des sous-produits du café dans l'anatomie de la cerise de café (Iriondo-DeHond et al., 2020)

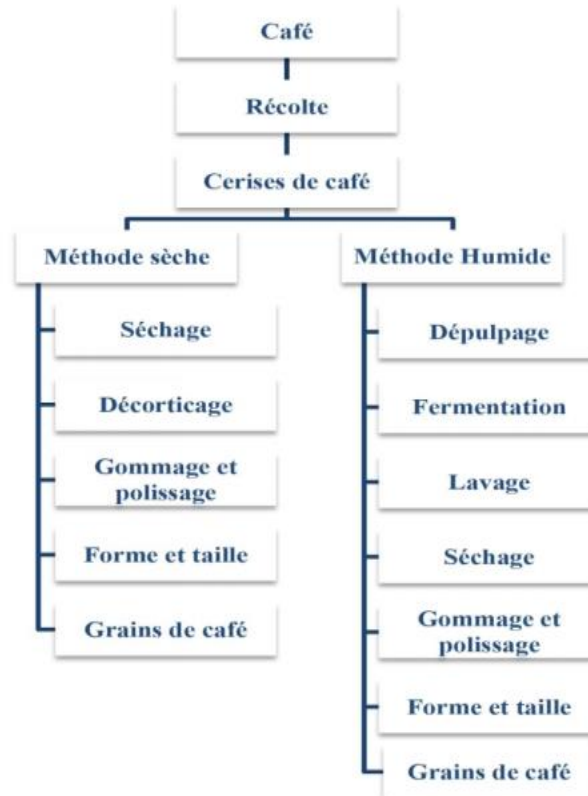
### **1.3 Méthode de séparation de la parche de café**

#### **1.3.1 Méthode sèche**

Elle présente une simplicité technologique et un coût moins élevé. Au cours de cette procédure, les cerises de café sont séchées immédiatement après la récolte. On peut sécher les cerises au soleil ou mécaniquement, dans des fours, ce qui a un impact sur le temps d'étape : sous le soleil, cela peut prendre entre 3 et 4 heures. En moyenne, cela prendra 4 semaines, tandis que dans les fours, le temps sera influencé par la température utilisée. À la fin de cette étape, les noix sont humides à environ 11 % et de couleur brun foncé. Une fois que le café a séché, on le découpe et on produit les enveloppes (peau, pulpe et parche), qui sont généralement jetées (Santos et al., 2021).

#### **1.3.2 Méthode humide**

En raison de la quantité d'eau requise, le traitement par voie humide est plus complexe, coûteux et a un impact plus important sur l'environnement. Il est généralement employé pour le café arabica. Le café est plongé dans l'eau peu après la récolte, où sont séparés les impuretés, les grains verts et les grains mûrs (les grains verts flottent, la peau coule). Par la suite, on procède à l'élimination mécanique de la peau et de la pulpe en utilisant un pulpeur (étape de dépulpage) (Figure 3) (Santos et al., 2021).



**Figure 3.** Traitement du café sec et humide et ses sous-produits générés (Santos et al., 2021)

#### **1.4 Composition de la parche de café**

La présence de nutriments précieux dans les sous-produits du café les rend potentiels comme ingrédients pour diverses applications alimentaires. Les résidus du café renferment entre 44 et 82 % de glucides et entre 4 et 19 % de protéines. Il contient entre 18 et 91 % de fibres alimentaires totales, entre 0,3 et 7 % de matières grasses et entre 0,5 et 10 % de minéraux. Il est crucial de prendre en compte ces nutriments dans les produits alimentaires, car ils jouent un rôle essentiel dans la promotion de la santé, la diminution des risques de maladies cardiovasculaires et d'obésité. Le café argente et le parchemin de café sont des sous-produits du café qui contiennent des fibres alimentaires élevées. Des polyphénols sont également présents dans ces deux matériaux. Le Tableau 1 présente l'ensemble de la composition de la parche de café. Les propriétés biologiques du parchemin de café incluent des effets antibactériens, anti-inflammatoires, protecteurs de l'hépatite, inhibiteurs de la lipogenèse, hypoglycémie, hypolipémie, prébiotiques et antifongiques (GobenaGemechu, 2020).

Les constituants	Valeur (g)
Humidité	7.6-11
Glucide	55-75
Lipide	0.3
Protéine	3.1
Cellulose	40-60
Hémicellulose	25-32
Arabinose	3.45
Galactose	1.65
Mannose	1
Xylose	15-28
Saccharose	29.6
Lignine	23-32
Pectine	5-7
Minérale	0.5-5.8
Potassium	1.22
Sodium	0.07
Chlore	0.32
Magnésium	0.18
Calcium	0.37
Fer	0.024
Manganèse	0.003
Cuivre	0.004
Tanin	1.7
Acide chlorogénique	232.6 (micro gramme)
Acide caffeoylquinic	6.1
Acifvanillique	35-43
Phénolique totale	228-284

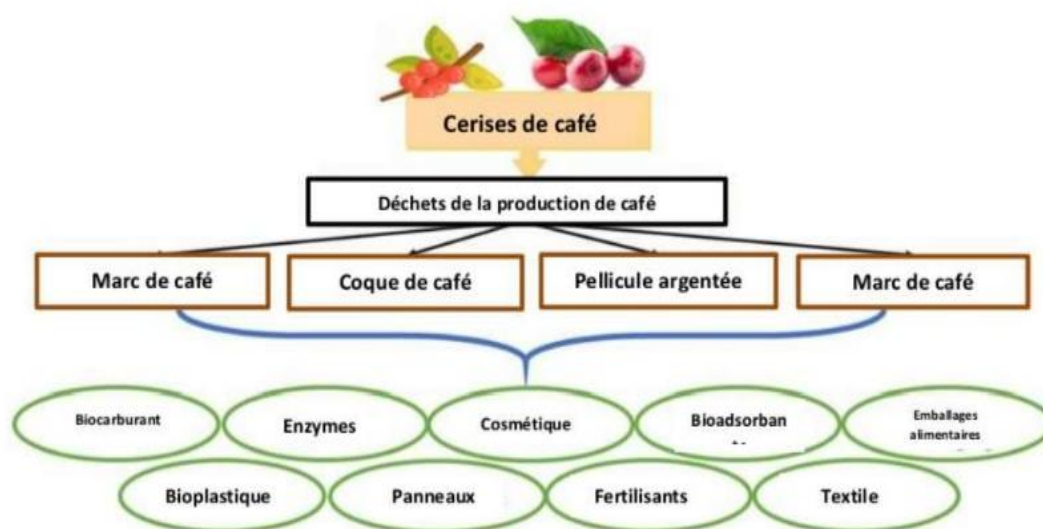
**Tableau 1.** Composition nutritionnelle et phytochimique de la parche de café (parchemin de café) (GobenaGemechu, 2020)

### 1.5 Utilisation de la parche de café

La popularité du café est l'une des boissons les plus consommées à l'échelle mondiale et elle ne cesse de croître, ce qui se traduit par un quasi-doublement de la production au cours des trois dernières décennies. On connaît depuis longtemps la culture, la transformation, la torréfaction et le brassage du café. Ces méthodes produisent de nombreux sous-produits, car le grain de café constitue environ 50 % de la cerise de café. Ainsi, étant donné les tendances écologiques actuelles, il est primordial de développer les approches pour l'utilisation des autres 50% de la cerise de café (Hejna, 2021). Différentes approches ont été explorées afin de substituer l'enfouissement autorisé et/ou l'incinération par des procédés respectueux de l'environnement, en se basant sur le fait que les déchets liés à la lignocellulose peuvent être

transformés en produits à haute valeur ajoutée, sources d'énergie et de produits chimiques. Cela englobe le recyclage en tant que sous-produit en l'intégrant dans des matériaux tels qu'un biocomposite, du ciment, de l'asphalte, un adsorbant ou un absorbant. Il peut aussi être réutilisé pour des utilisations terrestres en agriculture et sylviculture grâce au compostage, ou utilisé pour une production d'énergie par combustion, digestion anaérobie, pyrolyse, bioéthanol, biométhane, production d'hydrogène ou fabrication directe de liquéfaction. Le bitume, un agent adsorbant ou absorbant. Il peut aussi être réutilisé pour des utilisations terrestres en agriculture et sylviculture grâce au compostage, ou utilisé pour une production d'énergie par combustion, digestion anaérobie, pyrolyse, bioéthanol, biométhane, production d'hydrogène ou fabrication directe de liquéfaction. On peut également envisager l'hydrolyse pour obtenir du glucose et d'autres produits à haute valeur ajoutée, ainsi que la production de biopolymères, de biocomposites, de nanofibres et de nanoparticules à partir de déchets à base de cellulose (Gil, 2021).

Les composés organiques tels que les fibres, les glucides, les polyphénols, les flavonoïdes, les anthocyanes, les procyanidines, les tanins, la caféine, l'acide chlorogénique et d'autres sont très intéressants pour leur potentiel biologique. Les chercheurs ont été encouragés par ces composés bioactifs à évaluer leurs effets dans différents domaines (Figure 4) (Díaz-Gómez et al., 2023), en particulier ceux de la parche de café. Cependant, cette dernière demeure un sous-produit qui a été rarement étudié ni utilisé de manière efficace par rapport aux autres déchets de la production du café (Mirón-Mérida et al., 2019).



**Figure 4.** Valorisation des déchets de café pour des applications non alimentaires (Arya et al., 2022)

### 1.6 Effets santé de la consommation du café

Selon des recherches épidémiologiques prospectives, il a été démontré que la consommation régulière de café diminue le risque de divers problèmes cliniques et de décès, quel que soit le motif (Pool et al., 2017). Les associations les plus fréquentes ne peuvent être attribuées à des variations génétiques favorisant la consommation de café/caféine, à la teneur en caféine du café ou à sa composition en composants qui piègent les radicaux ou les anti-inflammatoires (Figure 5).

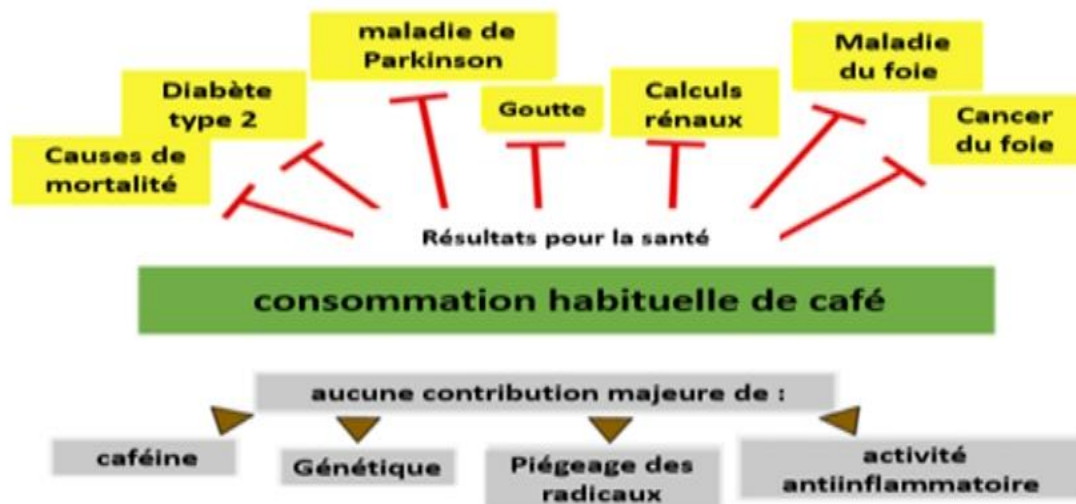


Figure 5. Résultats de la consommation de café sur la santé (Hubert et al., 2020)





**CHAPTER 02:**  
**FOIE**

## **2 Foie**

### **2.1 Définition**

Le foie est un organe essentiel du corps puisqu'il traite l'élimination des toxines de tout l'organisme. Lorsqu'il est sain, il constitue une véritable petite usine de transformation chimique, qui préserve le corps en le purifiant et protège le système immunitaire du risque de surcharges (**Lukas, 2013**).

De plus, il constitue l'élément fondamental du maintien d'un métabolisme équilibré et donc du contrôle du poids (**Lukas, 2013**).

En favorisant son bon fonctionnement par un régime de vie approprié, il est possible d'atténuer ou guérir de nombreux troubles de santé reliés à cet organe : fatigue chronique, manque d'entrain, surpoids, dépression nerveuse, problèmes due à l'abus d'alcool, maladies de la peau, etc. Avec clarté et précision, tous les maux et maladies qui peuvent l'affecter sont bien décrits. Et, surtout, en fonction d'une approche globale, les règles alimentaires sont à suivre pour avoir un foie en santé. Des méthodes curatives naturelles efficaces existent pour le régénérer (**Lukas, 2013**).

### **2.2 Anatomie du foie**

Le foie représente la glande la plus volumineuse de tout l'organisme, il pèse environ 1500g chez l'adulte, il est de couleur rouge brune, de consistance assez ferme, cependant il reste très friable.

Le foie se situe dans la loge sous phrénique droite de la cavité abdominale, limité par le diaphragme en haut et en dehors, le colon transverse et le méso colon transverse en bas, la région cœliaque en dedans (**Klotz et al., 2000**).

C'est un organe très malléable, il se moule sur les parois de l'abdomen et les viscères voisins ; ces éléments sont en grande partie responsables de sa morphologie externe (**Castaing et Veilhan, 2006**).

Il est entouré partiellement de péritoine et enveloppé d'une capsule fibreuse, la capsule de Glisson, qui se creuse en sillons délimitant quatre lobes et qui s'invagine, sur sa face inférieure, pour former le hile hépatique ; c'est au niveau du hile, que pénètrent et sortent les vaisseaux sanguins et les nerfs, et que sortent les vaisseaux lymphatiques et les canaux biliaires (**Castaing et Veilhan, 2006**).

### **2.2.1 Configuration externe**

Dans l'ensemble, le foie peut être comparé au segment supérieur d'un ovoïde dont le grand axe serait transversal à surface lisse. Il se subdivise en deux faces, diaphragmatique et viscérale ; séparées l'une de l'autre par deux bords, antérieur et postérieur.

#### **2.2.1.1 La face diaphragmatique ou face supérieure**

Cette face est convexe, lisse, unie et regarde à la fois en haut, en avant et à droite. Sa limite antérieure est le bord antérieur du foie et sa limite postérieure est indiquée par la ligne de réflexion du feuillet supérieur du ligament coronaire (**Castaing et Veilhan, 2006**).

La face diaphragmatique du foie est divisée en deux lobes, droit et gauche, par le ligament suspenseur du foie qui est un repli du péritoine, tendu de la face supérieure du foie au diaphragme. Le lobe droit est fortement convexe. Le lobe gauche est beaucoup plus petit que le droit, moins saillant et présente même, vers sa partie moyenne, sur le centre phrénique, en regard du péricarde, une légère inflexion appelée empreinte cardiaque parce qu'elle est déterminée par le cœur (**Henri et André, 2002**).

La face supérieure se moule en haut sur la concavité du diaphragme. Sa partie latérale droite est à peu près entièrement recouverte par la cage thoracique et s'élève, comme le diaphragme, jusqu'au quatrième espace intercostal. En avant, elle entre en contact avec la paroi abdominale antérieure, le long du rebord inférieur de l'hémothorax droit (**Castaing et Veilhan, 2006**).

#### **2.2.1.2 La face viscérale ou face inférieure**

Cette face, irrégulièrement plane, regarde en bas, en arrière, et à gauche. Elle est parcourue par trois sillons, deux sillons antéro-postérieurs ou longitudinaux (gauche et droit) et un sillon transversal. Le sillon sagittal gauche est déterminé par la fissure du ligament rond, le sillon droit correspond à la fosse de la vésicule biliaire et le sillon transversal relie les deux sillons sagittaux constituant ainsi le hile hépatique (**Henri et André, 2002**).

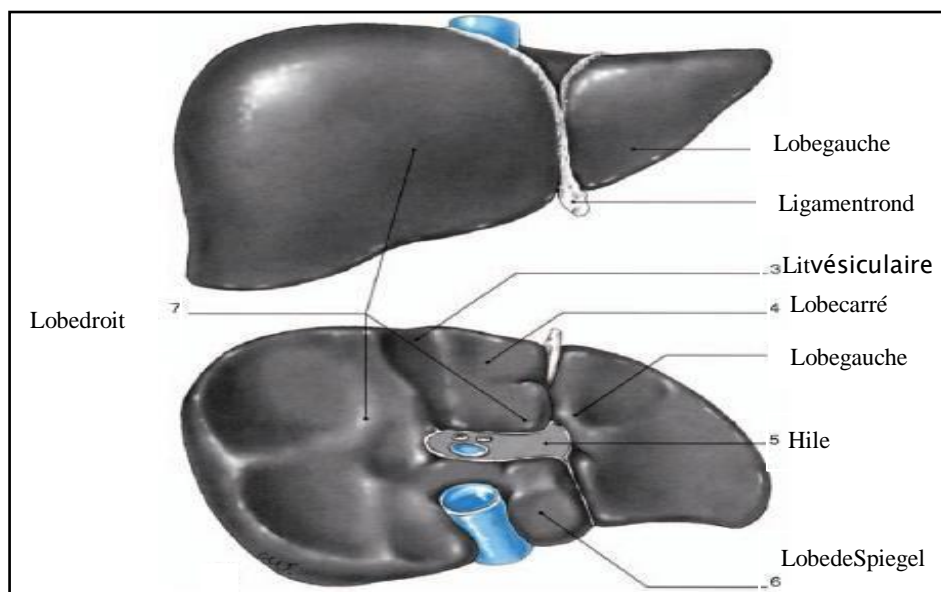
Les trois sillons de la face inférieure du foie découpent sur cette face quatre segments ou lobes : le lobe gauche, le lobe droit, le lobe carré et le lobe de Spiegel :

- **Lobe gauche** : le lobe gauche est en dehors du sillon antéro-postérieur gauche. Sa surface concave s'appuie et se modèle sur la face antérieure, convexe, de l'estomac (empreinte gastrique).

• **Lobe droit** : le lobe droit est moins étendu sur la face viscérale que sur la face diaphragmatique du foie. Sa surface creusée de dépressions larges, superficielles, qui sont les empreintes des organes sur lesquels le lobe droit repose et se modèle.

• **Lobe Carré** : il est limité par le sillon de la veine ombilicale à gauche, la fossette cystique à droite, le bord antérieur du foie en avant et le hile en arrière. Il est allongé dans le sens antéro-postérieur et se rétrécit un peu d'avant en arrière. Le lobe carré recouvre la partie horizontale de l'estomac, le pylore, la partie du duodénum attenante au pylore et le segment pré pancréatique du colon transverse.

• **Lobe De Spiegel** : il est placé en arrière du hile, entre le sillon du canal veineux et le sillon de la veine cave inférieure. Il est allongé de haut en bas et appartient presque entièrement au segment postérieur de la face viscérale du foie. L'extrémité inférieure du lobe de Spiegel est occupée par deux tubercules, l'un droit, l'autre gauche, séparés l'un de l'autre par une légère dépression en rapport avec la veine porte (Figure 6). Le tubercule gauche, arrondi, est appelé tubercule papillaire. Le tubercule droit est un tubercule caudé. Il est ainsi appelé parce qu'il émet vers la droite un prolongement connu sous le nom de processus caudé ; le processus caudé sépare l'extrémité postérieure de la fossette cystique de l'extrémité inférieure de la gouttière de la veine cave inférieure (**Castaing et Veilhan, 2006**).



**Figure 6.** Morphologie hépatique : vues antérieure et inférieure (**Castaing et Veilhan, 2006**).

### **2.2.2 Segmentation hépatique**

Claude Couinaud est un chirurgien et anatomiste français qui a apporté des contributions significatives dans le domaine de la chirurgie hépatobiliaire. Il a réalisé des études anatomiques détaillées du foie et était le premier pour décrire son anatomie segmentaire **(Couinaud, 2002)**.

La segmentation portale est basée sur la distribution du pédicule hépatique à l'intérieur de l'organe, entouré de son appareil glissonien. La veine porte en est naturellement l'élément directeur.

La division du tronc de la veine porte en deux branches droite et gauche, définit deux foies (droit et gauche) qui ne se superposent pas à la séparation externe des deux lobes. Ces foies, gauche et droit, sont séparés par un plan désigné par Couinaud comme étant « la scissure principale ou médiane ». A la face inférieure du foie cette scissure suit le fond de la fossette cystique, coupe le hile au milieu et aboutit au bord gauche de la veine cave inférieure, définissant ainsi le pédicule hépatique gauche et droit **(Henri et André, 2002)**.

Chaque branche portale se divise en deux branches définissant des secteurs (paramédians et latéraux), et la division de chaque branche sectorielle en deux branches crâniales et caudales définit des segments. Les artères ont une distribution analogue sans se superposer strictement au cheminement portal alors que les veines sus-hépatiques se situent dans des plans distincts de ceux des segments et des secteurs **(Castaing et Veilhan, 2006)**.

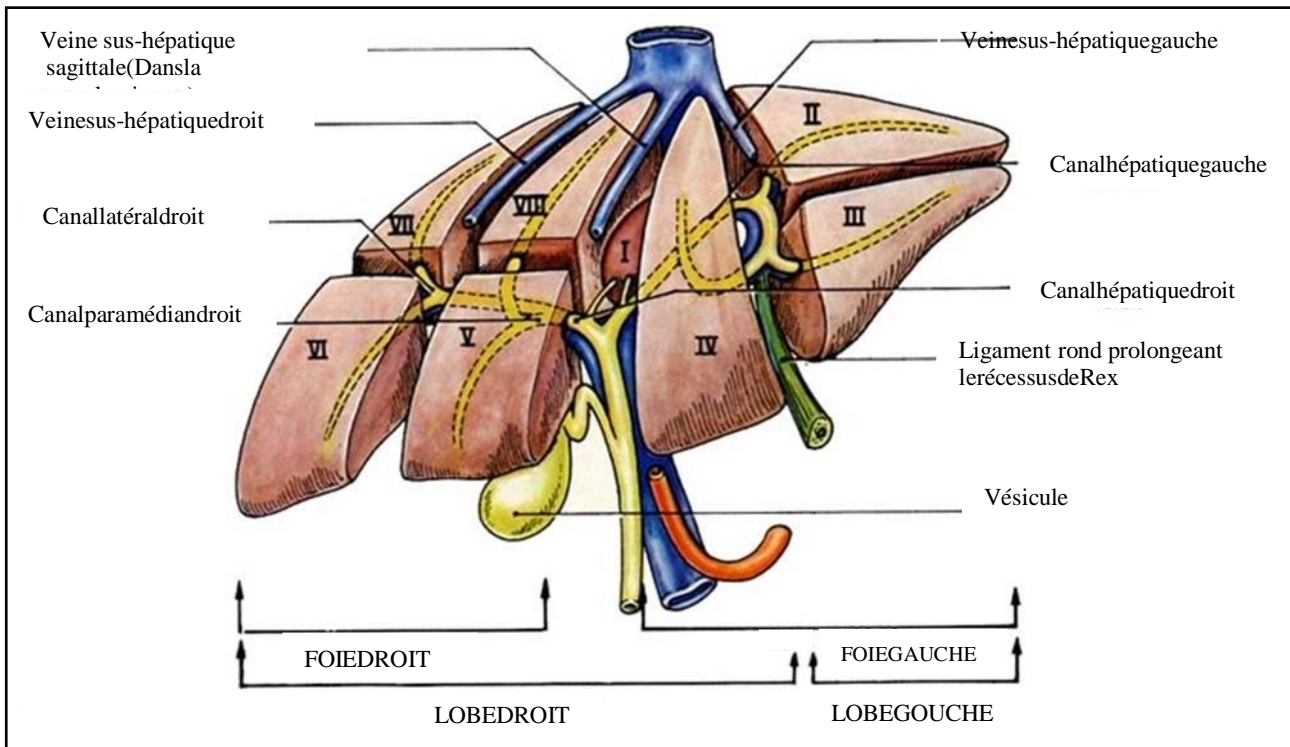
En résumé, la distribution du pédicule hépatique comprend cinq secteurs : le secteur dorsal qui est à cheval sur les deux foies ; les quatre autres, paramédians et latéraux, composent le foie gauche et droit. Les secteurs sont divisibles en deux segments, sauf le secteur dorsal et latéral gauche qui restent mono-segmentaires. Ainsi on compte huit segments : ils sont numérotés sur la face inférieure du foie, en tournant autour du tronc porte, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, le huitième segment n'apparaissant que sur la face dorsale.

Chaque segment possède son propre système de vascularisation et de drainage biliaire:

- Le segment 1 correspond au lobe caudé et à la partie du foie en avant de la veine cave.
- Le segment 2 correspondant au secteur postérieur gauche.
- Les segments 3 et 4 constituant le secteur antérieur gauche, et siégeant l'un à gauche (segment 3) et l'autre à droite (segment 4) de la fissure ombilicale et du ligament rond.
- Le segment 5 correspondant à la partie inférieure et le segment 8 à la partie supérieure du secteur antérieur droit.

• Le segment 6 correspondant à la partie inférieure et le segment 7 à la partie supérieure du secteur postérieur droit (Couinaud, 2002).

Ainsi, le foie gauche est constitué des segments 4, 3 et 2, et le foie droit des segments 8, 7, 6 et 5 (Figure 7).



**Figure 7.** Segmentation hépatique (Frexinos, 1988)

### **2.3 Vascularisation**

Le foie dissimule un vaste carrefour veineux de l'organisme, qu'un flot artériel vient encore enrichir. Il reçoit un vaisseau fonctionnel, représenté par la veine porte, et l'artère hépatique. Le sang apporté par ces deux vaisseaux, est conduit dans la veine cave et les veines sus-hépatiques.

#### **2.3.1 La veine porte**

La veine porte est très volumineuse, environ 75% du sang afférent, elle se divise dans le hile en deux branches droite et gauche. La branche droite est plus courte que la gauche, elle donne deux collatérales pour le lobe de Spiegel, et se ramifie dans le lobe droit. La branche gauche,

avant de pénétrer dans le lobe gauche, en voie également quelques collatérales aux lobes carrés et de Spiegel (**Belghiti, 2002**).

Les branches de la veine porte se ramifient dans le foie suivant un mode très irrégulier, donnant sans ordre de gros et de petits rameaux. Tous ces rameaux cheminent avec une ramification l'artère hépatique et un conduit biliaire, dans une gaine de la capsule de Glisson jusqu'aux espaces portes. Où chaque ramification se divise en plusieurs rameaux interlobulaires qui s'anastomosent autour des lobules en formant des réseaux perlobulaires(**Belghiti, 2002**).

### **2.3.2 L'artère hépatique propre**

L'artère hépatique se divise normalement au-dessous du hile et notablement au dessous de la bifurcation de la veine porte, en deux branches terminales :

- La branche gauche qui se divise très souvent, en dehors du foie, en trois branches secondaires destinées au lobe carré, au lobe de Spiegel et au lobe gauche.
- La branche droite, plus volumineuse que la gauche, peut rester indivise jusqu'à son entrée dans le parenchyme hépatique, ou bien elle se divise, après avoir donné l'artère cystique, en deux à trois rameaux.

L'artère hépatique se ramifie de la même manière que la veine porte, chacun de ces rameaux chemine dans une gaine de la capsule de Glisson avec un rameau porte et un conduit biliaire (**Belghiti, 2002**).

### **2.3.3 Les veines sus-hépatiques**

Le sang apporté aux lobules hépatiques par l'artère hépatique et la veine porte sort du lobule par les veines intralobulaires qui se jettent en dehors des lobules dans les veines sublobulaires. Ces dernières se réunissent et forment des vaisseaux de plus en plus volumineux qui reçoivent à la fois des veines de gros calibre et les veines sublobulaires voisines. En définitive, tout le sang veineux du foie est ramené à la veine cave inférieure par les troncs collecteurs appelés veines sus-hépatiques.

Il existe trois veines sus-hépatiques principales qui s'abouchent dans la veine cave : la veine sus-hépatique gauche, la veine sus-hépatique médiane et la veine sus-hépatique droite.

- La veine sus-hépatique gauche est située entre les deux secteurs postérieur et antérieur du lobe gauche qu'elle draine. Elle est formée par la réunion de plusieurs veines. Le tronc est

généralement court et postérieur, avec parfois une partie supérieure extraparenchymateuse. Elle adhère en arrière au ligament veineux. Le plus souvent, elle rejoint le tronc de la veine sus-hépatique médiane pour former un court tronc commun. Ce tronc commun peut recevoir une veine diaphragmatique inférieure gauche.

- La veine sus-hépatique médiane est formée par la jonction de deux branches droite et gauche à la partie moyenne du foie, dans le plan du hile. Elle chemine dans la scissure principale du foie qui sépare le foie droit du foie gauche dont elle reçoit une partie du sang.

- La veine sus-hépatique droite est un très gros tronc veineux (parfois très court) qui se jette au bord droit de la veine cave. Elle draine les secteurs antérieur et postérieur du foie droit (Figure 8)

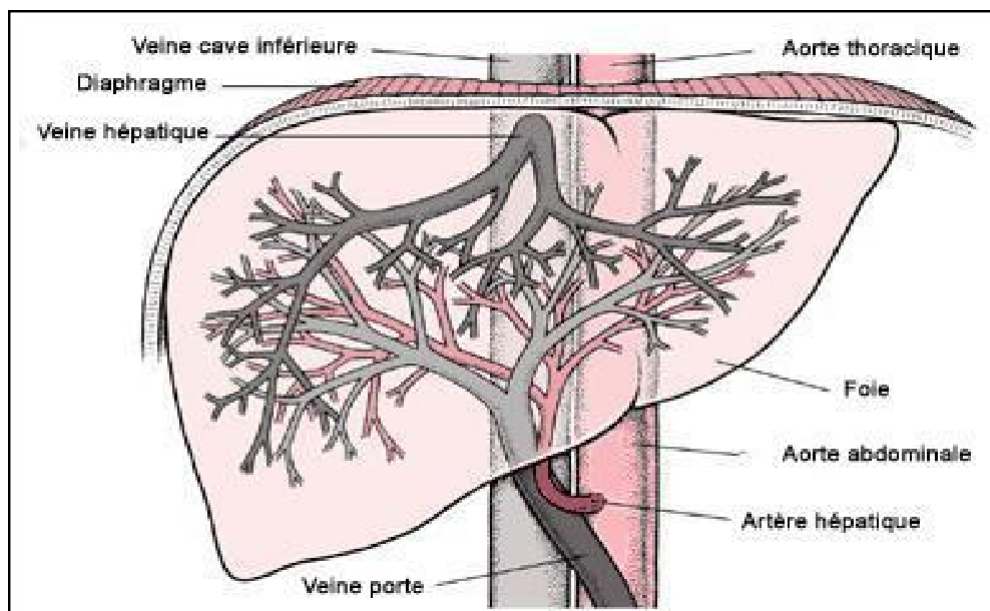


Figure 8. Système des vaisseaux et conduits intra hépatiques

## 2.4 Rôle du foie

### 2.4.1 Rôle d'épurateur

Le foie est l'organe central de détoxification permettant à l'organisme d'éliminer des substances endogènes ou exogènes (dites xénobiotiques). Les substances hydrosolubles peuvent être directement éliminées par les reins, tandis que les substances lipophiles doivent au préalable être transformées par le foie. Ce processus de transformation est divisé en trois grandes phases et a lieu au niveau des hépatocytes (Modica et al., 2009 ; Sendensky et Dufour, 2011):



- La phase (I) permet l'hydroxylation du composé à éliminer.
- La phase (II) sert à la conjugaison de ce dernier avec une protéine.

Ces deux étapes permettent de transformer le composé souvent très hydrophobe en une molécule hydrosoluble plus facile à éliminer.

- La phase (III) consiste en l'excrétion active de ce dernier, à l'aide de transporteurs transmembranaires, soit dans le flux sanguin afin d'être éliminé au niveau rénal, soit dans la bile pour être éliminé via les fèces, après sécrétion de la bile au niveau de l'intestin.

### **2.4.2 Un rôle dans le système immunitaire**

Comme décrit précédemment, les deux tiers de l'afflux sanguin hépatique proviennent de la veine porte après être passé au niveau de nombreux organes, y compris l'intestin. Le sang est donc porteur de nombreux antigènes issus notamment des nutriments. Le foie contient de nombreuses cellules du système immunitaire inné, les cellules de Kupffer, les cellules dendritiques et les cellules NK (Natural Killer). Le foie constitue donc une des premières lignes de défense immunitaire, après l'intestin, contre les différents pathogènes et toxines. Il permet également de mettre en place un seuil de tolérance contre les antigènes issus de l'alimentation (**Resiere et al., 2021**).

### **2.4.3 Un rôle de stockage et de production**

Le foie stocke de nombreux composés comme le fer ou des vitamines. Les composés stockés par le foie sont ensuite libérés dans la circulation selon les besoins de l'organisme. Le foie est également un organe où a lieu la synthèse d'un grand nombre de protéines utiles à l'ensemble de l'organisme. Ainsi, la majorité des protéines circulant au niveau sanguin est produite et sécrétée par le foie : il s'agit notamment des différentes protéines « cargos » plasmatiques telles que l'albumine, la transferrine, les lipoprotéines, mais aussi des protéines reliées au système immunitaire telles que le complément, ainsi que la plupart des facteurs impliqués dans la régulation de la coagulation (**Khiredine, 2013**). Du fait de ses capacités de stockage et de synthèse, le foie a un rôle clef dans la régulation du métabolisme énergétique de l'organisme. Il adapte son action selon le statut nutritionnel de celui-ci et est la plaque tournante connectant différents tissus tels que le muscle squelettique et le tissu adipeux (**Kekele et al., 2015**).



**CHAPTER 03 :**  
**POLYPHENOLS**

### 3 Polyphénols

#### 3.1 Définition des polyphénols

Les polyphénols sont des substances naturelles fabriquées uniquement à partir de plantes présentant des propriétés chimiques associées à des composés phénoliques (**Rajeev et al., 2019**). On retrouve principalement ces molécules ou catégories de substances dans en général, des fruits, des légumes, du thé vert et des grains entiers (Figure 9). Les flavonoïdes et les acides phénoliques sont classés en différents sous-groupes. Les grains entiers ont suscité une grande curiosité en raison de leurs activités bénéfiques pour la santé. Les polyphénols sont considérés comme produits biologiques antioxydants, anti-inflammatoires et anticancéreuses (**Zhiheng et al., 2022**).



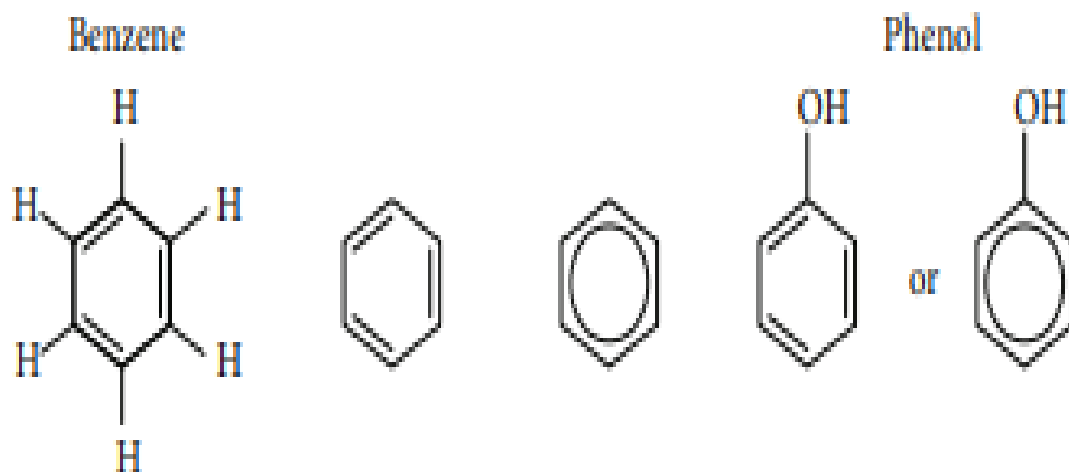
**Figure 9.** Polyphénols dans les végétaux (**Gasmi et al., 2022**)

#### 3.2 Structure et classification des polyphénols

##### 3.2.1 Structure des polyphénols

Le concept chimique de "phénolique" ou de "polyphénol" désigne des substances qui incluent un anneau aromatique contenant un ou plusieurs substitués ou groupes hydroxyles. Les polymères composites de masse moléculaire élevée peuvent présenter des sous-produits

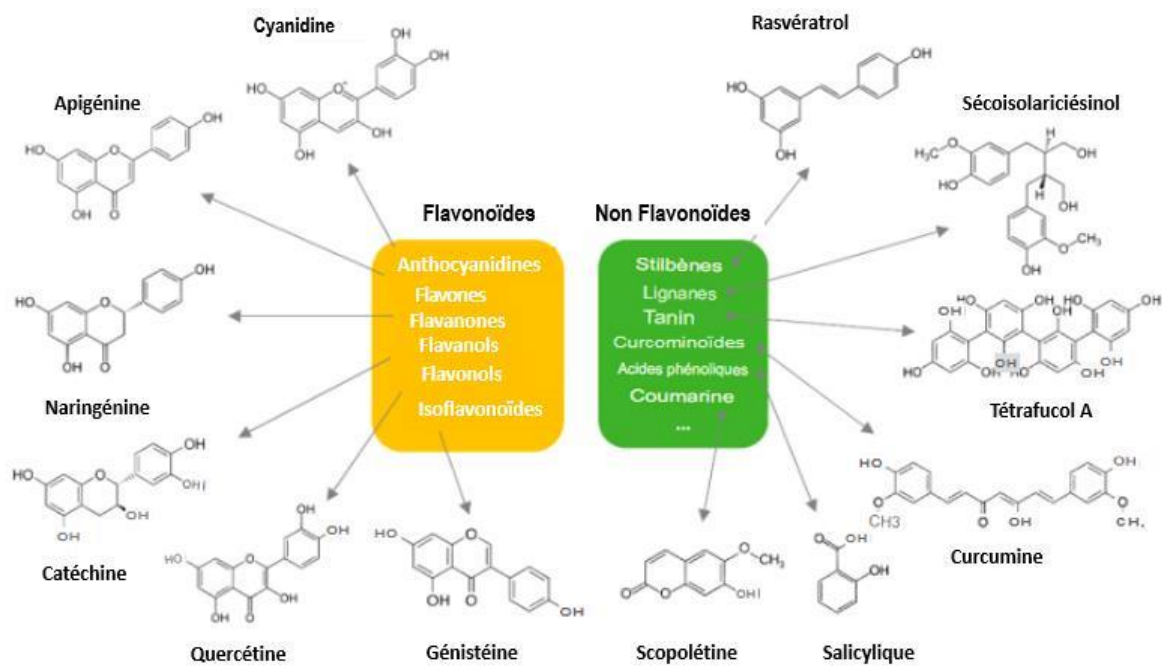
fonctionnels tels que des esters, des éthers méthyliques, des glycosides, etc., qui peuvent présenter des structures moléculaires complexes. Selon **Ghasemzadeh et Jaafar (2014)**, le mot "phénol" désigne un anneau phényle contenant un ou plusieurs substituants hydroxyle simples ou supplémentaires, tandis que le mot "polyphénol" est employé pour décrire les produits naturels qui possèdent au moins deux cycles phényle. La Figure 10 présente la structure phénolique.



**Figure 10.** Représentation chimique d'une structure phénolique (**Swallah et al., 2020**)

### **3.2.2 Classification et propriétés des polyphénols**

La variété et l'étendue des polyphénols présents dans les plantes ont donné lieu à diverses méthodes de classification de ces composés naturels. Les polyphénols ont été triés en fonction de leur origine, fonction biologique et structure chimique (Figure 11) (**WHO, 2016**). Du point de vue chimique, les polyphénols forment une grande variété de composés qui se distinguent par des fragments de phényles hydroxylés. En fonction de leur structure chimique et de leur complexité (c'est-à-dire du nombre de cycles phénoliques et de groupes de substitution), les polyphénols sont habituellement divisés en flavonoïdes et en non flavonoïdes (**Zhang et al., 2021**).



**Figure 11.** Classification des polyphénols avec quelques exemples représentatifs (Gasmi et al., 2022)

Les polyphénols sont un ensemble bien connu de systèmes phénoliques qui se distinguent par l'existence d'au moins deux anneaux phényliques et d'un ou plusieurs anneaux phényliques. Cette description englobe un nombre considérable de composés hétérogènes en termes de complexité. Ainsi, les polyphénols peuvent se répartir en flavonoïdes et non flavonoïdes ou être divisés en plusieurs sous-classes en fonction du nombre d'unités de phénol. Dans leur composition moléculaire, on prend en compte les groupes de substitution et/ou le type de liaison entre les unités de phénol (Rajeev et al., 2019).

### 3.2.2.1 Flavonoïdes

Les flavonoïdes phénoliques sont classés en sous-classes telles que les flavanols, les flavonols, les isoflavones, les flavanones, les anthocyanes et les anthocyanes. Les proanthocyanidines.

#### 3.2.2.1.1 Flavanol

Plusieurs aliments sont riches en flavanol (flavan-3-ols), tels que le thé, les noix, le cacao (chocolat), le raisin (vin) et les légumineuses. Selon Cesar et al. (2019), des recherches observationnelles ont révélé que l'ingestion de flavan-3-ol provenant de différentes sources alimentaires a des effets bénéfiques sur les performances cardiométaboliques, tels que la

diminution du risque de diabète et des complications cardiovasculaires telles que le taux de cholestérol, la tension artérielle et l'infarctus du myocarde.

L'effet des flavonols présents dans le thé vert peut diminuer l'obésité par effet thermogénique et l'augmentation de l'oxydation des graisses. Ils peuvent également entraver l'inhibition des enzymes responsables de la production de graisses (**Simon-Okomo et al., 2023**).

### **3.2.2.1.2 Anthocyanes**

Les anthocyanes sont des flavonoïdes principalement présents dans les plantes, les fruits et légumes de couleur rouge et bleu, notamment les bleuets, les framboises, les raisins de couleur rouge et cerises. Un fort taux d'anthocyanes est lié à une diminution du risque d'accident vasculaire cérébral chez les hommes et les femmes, ainsi qu'à d'autres conséquences bénéfiques. Les anthocyanes induisent une amélioration efficace du profil lipidique en diminuant de manière significative les niveaux de triglycérides et il y a une augmentation de la concentration de lipoprotéines HDL et diminution du taux élevé de cholestérol dans les situations d'obésité (**César et al., 2019; Simon-Okomo et al., 2023**).

### **3.2.2.2 Non flavonoïdes**

Les aliments contiennent une variété de polyphénols non flavonoïdes. Selon **Simon-Okomo et al. (2023)**, ils sont classés en acides phénoliques, lignanes et stilbènes.

Quelque exemple de non flavonoïdes :

#### **3.2.2.2.1 Acide phénolique**

Les acides phénoliques sont très présents dans les aliments. Ils sont présents en grandes quantités dans les céréales, le vin et les baies. Ils peuvent englober divers éléments tels que l'acide caféique, l'acide caftarique et l'acide citrique et sont couramment employés dans différents aliments fonctionnels. Étant donné leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires remarquables, on les trouve dans les médicaments antiallergiques et anticancéreux. Les effets positifs de l'acide phénolique contre l'obésité se manifestent principalement en influençant la structure du microbiote intestinal (**César et al., 2019 ; Simon-Okomo et al., 2023**).

#### **3.2.2.2 Les stilbènes (resvératrol)**

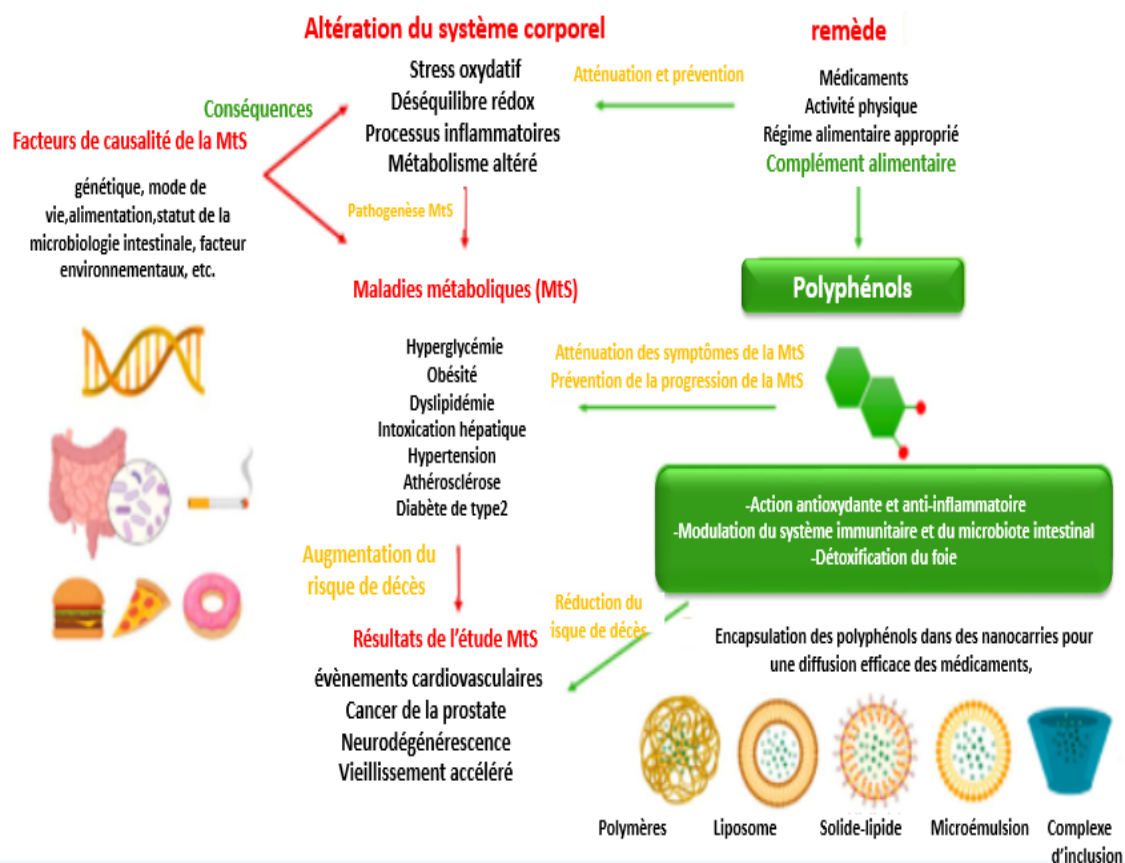
Le resvératrol est un composé de stilbène qui est principalement présent dans les raisins et le vin rouge et les baies. Selon **César et al. (2019)**, ce stilbène possède diverses actions, notamment en inhibant la libération de cytokines et en modulant la synthèse de NO, ce qui entraîne des effets anti-inflammatoires et antioxydants.

#### **3.2.2.3 Les lignanes**

Les fruits, les légumes, le café, le thé et les produits céréaliers sont principalement riches en lignanes. Selon **Simon-Okomo et al. (2023)**, les lignanes ont une action anti-obésité en inhibant l'expression de facteurs adipogéniques et de facteurs de régulation du métabolisme des lipides lors de la différenciation des adipocytes.

### **3.3 Effets des polyphénols sur la santé**

Les polyphénols sont considérés comme les micronutriments les plus bénéfiques pour la santé humaine, car ils sont obtenus à partir d'aliments végétaux. Ces principes actifs présentent des caractéristiques remarquables. Les antioxydants et les anti-inflammatoires jouent un rôle essentiel dans la stimulation du système métabolique du corps humain et peuvent prévenir différentes maladies chroniques (Figures 12). Selon des recherches épidémiologiques et des cas réalisés sur des régimes alimentaires de souris et d'hommes, il est prouvé que la consommation quotidienne de polyphénols peut être efficace pour prévenir et traiter les maladies métaboliques graves, ainsi que pour fournir un traitement efficace pour les maladies métaboliques graves qui peuvent entraîner des problèmes de santé complexes (**Cory et al., 2018**).

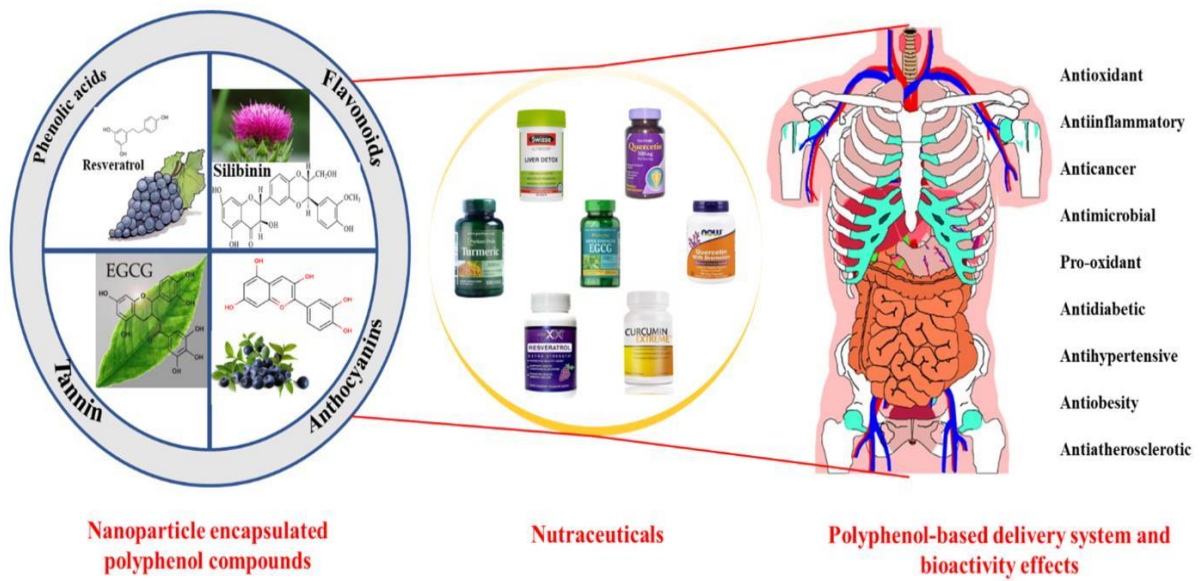


**Figure 12.** Influences des polyphénols sur les différentes manifestations du syndrome métabolique (Gasmi et al., 2022)

### 3.4 Effets bénéfiques des polyphénols

Les polyphénols provenant des plantes ont différents effets positifs sur la santé humaine. Les activités biologiques remarquables, comme les effets antioxydants et en raison de leur disponibilité naturelle et de leur biocompatibilité, les polyphénols peuvent être ajoutés aux aliments et posséder des propriétés fonctionnelles uniques qui leur permettent d'avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine. Selon **Zhiheng et al. (2022)**, les aliments fonctionnels contenant des composés polyphénoliques peuvent jouer un rôle crucial dans la prévention de diverses maladies chroniques, telles que le diabète, l'hypertension et le cancer (Figure 13).





**Figure 13.** Effets bénéfiques des systèmes d'administration à base de polyphénols et leur application potentielle dans les formulations nutraceutiques (Zhiheng et al., 2022)



**CHAPTER 04:**  
**OBESITE**

## 4 Obésité

### 4.1 Définition de l'obésité

Il s'agit d'une maladie chronique évolutive souvent attribuée à de nombreux facteurs (sociaux, environnementaux, génétiques et psychologiques) considérés comme des facteurs de risque (Nutrition, 2011).

L'OMS définit l'obésité comme une accumulation anormale ou excessive de graisse qui peut nuire la santé. Cependant, l'IMC n'est pas forcément le reflet de l'état de santé du patient et de nouveaux indices tenant compte de l'âge, le sexe, la génétique, les caractéristiques cardio-métaboliques, les maladies préexistantes et d'autres facteurs semblent essentiels (Ahima et Lazar, 2013).

### 4.2 Indice de masse corporel (IMC) et Tour de taille/taille d'hanche

\* **IMC** : L'indice de masse corporelle (IMC) est une mesure du poids pour la taille et est utilisé pour estimer le surpoids et l'obésité dans une population. L'IMC correspond au poids divisé par la taille au carré, exprimé en kg/m<sup>2</sup>. En raison des différents niveaux des individus, il doit être considéré comme un indicateur approximatif et ne correspond pas nécessairement à la même qualité la graisse varie d'une personne à l'autre. La mesure de la circonférence abdominale a été réalisée comme un indicateur d'excès de graisse, indépendant de l'IMC, et associé au développement de complications métaboliques et vasculaires de l'obésité (PRS, 2018). La répartition des catégories d'IMC est donnée dans le Tableau 2.

Classification	Catégorie de l'IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	Risque de développer des problèmes de santé
Poids insuffisant	< 18,5	Accru
Poids normal	18,5-24,9	Moindre
Surpoids	25-29,9	Accru
Obésité classe 1	30-34,9	Elevé
Obésité classe 2	35-39,9	Très élevé
Obésité classe 3	>40	Extrêmement élevé

**Tableau 02** : Classification de l'obésité d'adultes d'après l'OMS (Daoudi, 2016).

\* **Tour de taille/taille d'hanche**

Il existe d'autres mesures anthropométriques, telles que le tour de taille et le rapport taille/hanches, qui servent d'outils complémentaires pour améliorer le diagnostic de l'obésité et permettre le dépistage de l'obésité viscérale. Chez les adultes, les bords indique un risque accru de pathologies métaboliques et vasculaires, et différent pour les hommes et les femmes **(Daoudi, 2016)** :

- >80 cm chez la femme, >94cm chez l'homme niveau 1.
- >88cm chez la femme, >102cm chez l'homme niveau 2.

### **4.3 Facteurs de risque**

S'il y a encore aujourd'hui un problème existentiel, c'est la question de l'origine de l'obésité. Cependant, nous ne pouvons pas donner de réponse exacte pour le moment. Dans tous les cas, les connaissances sur ce sujet progresseront et il sera possible de définir l'obésité comme multifactorielle. Elle est liée à un facteur génétique et à des facteurs comportementaux, etc **(Tounian et Amor, 2018)**.

#### **4.3.1 Les facteurs environnementaux, socioculturels et familiaux**

De nos jours, la société offre un accès facile et permanent à une alimentation trop riche énergiquement et bon marché. Patrick Tounian parle même d'environnement « obésogène » lorsqu'il évoque la société de consommation dans laquelle nous vivons aujourd'hui **(Tounian et Amor, 2018)**.

L'évolution des modes de vie, les changements d'habitudes alimentaires ou l'augmentation de la sédentarité ont évidemment un impact considérable sur notre métabolisme. Selon une étude de l'AFPA, les hommes d'aujourd'hui ont tendance à manger beaucoup mais pas très bien, tout en réduisant l'activité physique encore plus qu'avant. Il y a donc un réel déséquilibre entre l'énergie dépensée et l'énergie dépensée, qui est déjà l'un des premiers contributeurs à l'obésité. De mauvaises habitudes quotidiennes qui limitent l'effort physique peuvent également être citées comme privilégier systématiquement la voiture au vélo ou à la marche, activités plus bénéfiques pour l'organisme. De même, les résidents des immeubles ont tendance à utiliser les ascenseurs plutôt que escaliers **(PNNS, 2012)**.

En effet, il est important que des règles d'hygiène familiale sensées et justes soient en place sans être trop prescriptives et/ou contraignantes. Il faut donc éviter de manger des produits trop riches, comme les pâtisseries et les confiseries, c'est un fait. Cependant, il peut en manger

tant qu'il est modéré. Manger équilibré ne doit pas nécessairement devenir une obsession et selon l'étude ObÉpi, les familles les plus défavorisées sont les plus touchées par l'obésité. La plupart de ces familles n'ont pas de directives diététiques qui encouragent une alimentation déséquilibrée connue sous le nom de « malbouffe » (CGE, 2018).

### **4.3.2 Le facteur génétique**

L'obésité n'est pas seulement causée par des facteurs externes. Elle peut également être causée par des facteurs internes tels que les gènes. En effet, un petit nombre de gènes peuvent avoir un impact important sur l'obésité et la répartition des masses dites « grasses » dans l'organisme (Tounian et Amor, 2018).

Dans ce cas, l'enfant a hérité d'une prédisposition génétique à l'obésité d'un ou deux parents obèses. L'étude ObÉpi a montré que le risque de devenir obèse était quatre fois plus élevé pour les enfants ayant au moins un parent obèse et huit fois plus élevé pour ceux qui en ont deux parents. Cependant, l'hérédité ne représente que 30 % de l'incidence de l'obésité. Ainsi, les enfants de parents obèses élevés dans un environnement adapté n'ont que 70 % de chances de ne pas devenir obèses (Borys, 2017).

De plus, des facteurs endocriniens tels que des perturbations hormonales et/ou glandulaires peuvent également être déclenchés, ce qui peut entraîner une prise de poids non désirée. Ces disparités sont le résultat de différences de constitution génétique. En d'autres termes, seuls les enfants présentant de telles vulnérabilités génétiques sont susceptibles de devenir obèse (Tounian et Amor, 2018).

### **4.3.3 Les facteurs psychologiques**

Aujourd'hui, beaucoup de gens font peu ou pas d'activité physique. C'est l'une des principales causes de prise de poids chez les personnes en surpoids. Une alimentation riche et équilibrée est nécessaire pour assurer un meilleur développement morphologique, les gens ont besoin de s'entraîner régulièrement. L'organisme ne stocke pas toute l'énergie absorbée et a tendance à tout stocker dans le tissu adipeux, entraînant l'obésité. En somme, l'obésité est d'origine multifactorielle et l'ensemble de ses facteurs semble être lié indirectement les uns aux autres. De plus, il est difficile de définir réellement toutes les causes de l'obésité, car elles diffèrent beaucoup selon les diverses réflexions entreprises autour de la question (CGE, 2018).

#### **4.4 Polyphénols et obésité**

Les composés phytochimiques anti-obésité sont généralement classés en phénylpropanoïdes, flavonoïdes, terpénoïdes, alcaloïdes, glycosides et acides phénoliques en fonction de leur structure chimique (Luo, J. et al ; 2022). De nombreuses études ont été menées pour déterminer les mécanismes exacts associés à l'amélioration de l'obésité et des complications liées à l'obésité à l'aide de polyphénols. L'inhibition des facteurs de transcription impliqués dans l'adipogenèse, tels que C/EBP et PPAR, a été supposée être la méthode par laquelle les produits naturels modifient l'état d'obésité. L'un des mécanismes proposés est d'empêcher l'activation des signaux C/EBP et PPAR, et la voie de signalisation Wnt/ $\beta$ -caténine peut empêcher les préadipocytes de se différencier en adipogenèse, ce qui a un impact anti-obésité. Plusieurs composés phytochimiques ont été démontrés à ce jour dans la littérature pour soutenir la différenciation adipeuse et la capacité de thermogenèse liées à la protéine 1 non couplée (UCP1), augmentant la dépense énergétique et réduisant l'obésité et ses effets secondaires. Pour une meilleure compréhension du mécanisme des polyphénols contre l'obésité (Shen, Y. et al ; 2014).

#### **4.5 Les polyphénols modifient les enzymes pro-obésité**

La principale enzyme responsable de la décomposition des lipides alimentaires dans le système digestif est la lipase pancréatique. De nombreuses études cliniques et expérimentales ont démontré que les inhibiteurs de la lipase peuvent améliorer le métabolisme des lipides chez les personnes obèses. Il a été démontré que la prévention de l'absorption des acides gras abaisse les taux sériques de LDL (lipoprotéines de basse densité) et augmente les niveaux de HDL (lipoprotéines de haute densité) (Liu et al ; 2020). Par conséquent, la création d'inhibiteurs de la lipase pancréatique est un objectif crucial pour le traitement de l'obésité. L'activité de la lipase pancréatique a été inhibée à la fois in vitro et in vivo par des extraits riches en polyphénols provenant d'une variété de plantes. Lorsque la synthèse des graisses dépasse l'oxydation des graisses, cela conduit au développement de l'obésité, et la capacité du corps à stocker les graisses est étroitement contrôlée par la lipogenèse et la lipolyse. La lipolyse hydrolyse les TG pour produire des acides gras libres, le mono- ou diacylglycérol, ou le glycérol libre, tandis que la lipogenèse transforme les sucres simples et d'autres substrats en acides gras et enfin en TG. Ainsi, le SAF est un composant crucial de la lipogenèse animale de novo. Les processus de synthèse des lipides endogènes par l'organisme ont le potentiel de

devenir excessifs et de provoquer l'obésité. Pour ce faire, les polyphénols peuvent perturber la voie lipogénique et inhiber l'activité de l'enzyme FAS pour modifier l'obésité. Chez les rats obèses induits par HFD, le traitement aux polyphénols a considérablement diminué l'indice d'obésité en empêchant l'activité du SAF (**Othman et al ; 2019**). De plus, en inhibant l'activité du SAF dans les cellules 3T3-L1, les polyphénols dérivés de l'aronia ont considérablement réduit le poids corporel et les taux sanguins de TG. Il a été démontré que l'épigallocatechine-3-gallate, un puissant inhibiteur naturel du SAF, limite l'activité de l'enzyme dans les cellules cancéreuses de la prostate, réduisant ainsi la production de lipides endogènes. Dans l'ensemble, la découverte de meilleurs mécanismes des polyphénols dans la médiation de l'obésité et du syndrome métabolique a un grand potentiel pour développer des thérapies contre l'obésité (**Brusselmans et al ; 2003**).



**CHAPITER 05 :**  
**LES LIPIDES**



## **5 Lipides**

### **5.1 Définition des lipides**

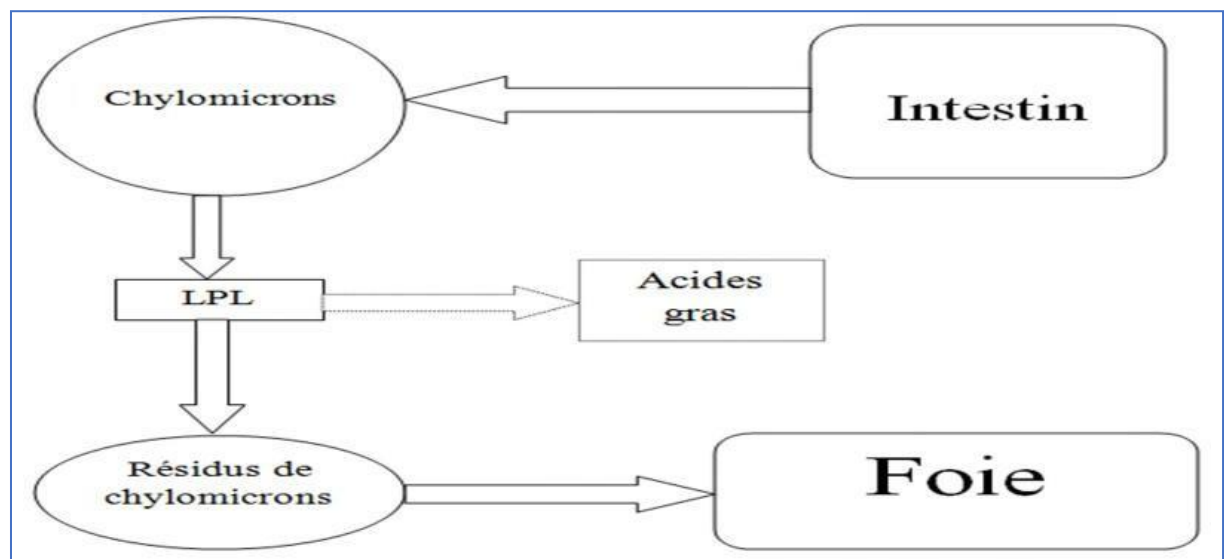
Les lipides sont des composés biologiques définis en fonction d'une propriété physique : la solubilité. Ils présentent en effet une solubilité nulle ou faible dans l'eau mais élevée dans les solvants organiques tels que le méthanol, le chloroforme, le cyclohexane, l'éther éthylique ou l'acétone. Formés principalement de longues chaînes composées de carbone et d'hydrogène, ils peuvent également contenir d'autres éléments comme l'oxygène, le phosphore, le soufre ou l'azote. Les lipides sont des molécules biologiques ayant des structures et des fonctions diverses, pouvant par exemple être impliqués dans la défense immunitaire (cas des eicosanoïdes), la constitution de réserves énergétiques (triglycérides et esters de stérol) ou la structuration des membranes (phospholipides et stérols) (**Dudognon, 2013**).

### **5.2 Mécanisme d'action des lipides**

#### **5.2.1 La voie exogène**

Cette voie concerne la fraction des lipides portée par l'alimentation et consiste à amener les lipides alimentaires aux tissus pour la production d'énergie, le stockage ou la synthèse de plusieurs molécules. Les lipides alimentaires sont hydrolysés au niveau de l'intestin grêle, puis absorbés par les cellules de l'épithélium intestinal. Par la suite, ces lipides seront réestérifiés et assemblés (lipogenèse) à l'aide de l'apoprotéine B-48 (l'Apo B-48) pour former des chylomicrons (CM) à partir des acides gras et des mono glycérides et une petite quantité du cholestérol. Ces chylomicrons vont être sécrétés dans la circulation lymphatique puis sanguine (Figure14).

Au niveau des muscles et des tissus adipeux, les triglycérides contenus dans les CM sont hydrolysés en acides gras libres par la lipoprotéine lipase (LPL) pour le stockage ou la synthèse d'énergie (**Hames et al., 2000**). Les résidus de CM sont captés au niveau du foie via le récepteur des LDL (R-LDL). Habituellement, il ne reste que de très bas niveaux de CM en circulation après environ 12 heures suivant un repas (**Dallongeville, 2001**).



**Figure14.** la voie exogène des lipides (Dallongeville, 2001).

### 5.2.2 La voie endogène

Les lipoprotéines à très basse densité (very low density lipoprotein ou VLDL) sont des lipoprotéines riches en triglycérides dont les apolipoprotéines majeures sont l'apolipoprotéine B100 (l'Apo B100) et l'apolipoprotéine E (l'Apo E), synthétisés à partir du glycérol et des acides gras libérés par les tissus adipeux ou produits par le foie. Les VLDL sécrétés dans le système intravasculaire subissent une hydrolyse de leurs TG par la LPL, les AG issus de cette hydrolyse vont être distribués aux différents tissus. Au fur et à mesure de cette distribution, les VLDL s'appauvrissent en TG et s'enrichissent en cholestérol grâce à l'action de cholestérol ester transfert protéine (Cholesterol Ester Transfer Protein ou « CETP ») pour former les lipoprotéines à densité intermédiaire (Intermediate Density Lipoprotein ou IDL). Ces dernières sont reconnues pour leur grande partie par un récepteur spécifique des Apo B/E au niveau des hépatocytes où ils sont dégradés, l'autre partie subit une action de la lipase hépatique qui la transforme en LDL dont le contenu en cholestérol est augmenté (Lagrost et al., 2005). Les LDL sont reconnus par des récepteurs spécifiques des Apo B/E, présents à la surface cellulaire des hépatocytes et de toutes les cellules périphériques, formant un complexe LDL-R qui sera assimilé par endocytose et subit une série de réactions aboutissant à la fourniture intracellulaire de cholestérol libre.

### **5.2.3 La voie inverse du cholestérol**

L'élimination du cholestérol libre présent en excès dans les tissus périphériques est maintenue par l'action des lipoprotéines HDL circulants. Au cours de la première étape de ce transport reverse, le cholestérol libre cellulaire est transféré vers les HDL natives par deux mécanismes (Figure 15). Une partie de ce cholestérol se transporte grâce à une diffusion passive, entraînée par le gradient de concentration en cholestérol libre entre la membrane plasmique et les HDL. Cependant, la majeure partie se fait par un mécanisme actif impliquant des transporteurs protéiques de la famille des ATP binding cassettes (ABC-A1 et ABC-G1), présents dans les macrophages, le foie, les reins, l'intestin et les glandes surrénales, ainsi que le récepteur SR-BI de la famille des scavenger receptors (**Zhao et al., 2010**).

La deuxième étape du transport reverse fait intervenir la lecithin cholesterol acyl transferase (LCAT), qui estérifie le cholestérol libre à partir des acides gras des phospholipides. Ce changement induit la transformation des pré-HDL natives en HDL matures sphériques (HDL3) contenant les esters de cholestérol (**Jonas, 2000**). Le transfert de cholestérol supplémentaire au sein des HDL3 permet la formation de HDL2 de plus grande taille. Des esters de cholestérol sont ensuite transférés par la CETP vers certaines lipoprotéines contenant un Apo B en échange de triglycérides. Ce qui permet le retour indirect des esters de cholestérol vers le foie via l'interaction entre les lipoprotéines à Apo B et les récepteurs hépatiques R-LDL et le LDL Receptor-related Protein (LRP). Enfin la lipase hépatique (HL) hydrolyse les triglycérides des HDL aboutissant à la formation de HDL3 de petite taille (**Hames et al., 2000**).

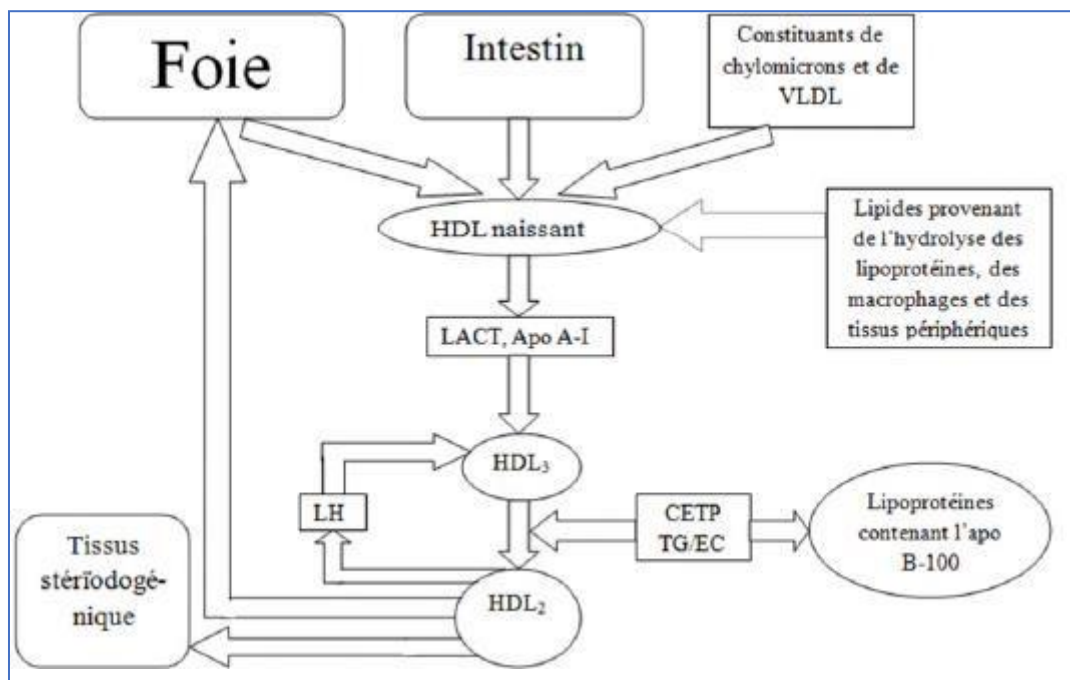


Figure 15. Transport inverse du cholestérol (Dallongeville, 2001).

### 5.3 Effets des polyphénols sur le métabolisme des lipides

En général, les polyphénols alimentaires sont conseillés pour leur efficacité contre les problèmes de santé et le métabolisme perturbé (Macready et al., 2014). Un nombre croissant de données suggère que les polyphénols jouent un rôle dans le métabolisme des lipides et peuvent aider à prévenir l'obésité (Adriouch et al., 2017). Par exemple, l'ingestion de plantes contenant des polyphénols réduit les niveaux de lipides dans le sang et favorise l'endotoxémie, l'infiltration du recrutement de macrophages dans les tissus adipeux et l'accumulation de cholestérol et d'oxydes de cholestérol chez les animaux obèses (Aires et al., 2019). Au cours des études cliniques, on a constaté des liens inverses importants entre les polyphénols alimentaires et le poids, l'indice de masse corporelle et le tour de taille (Guo et al., 2017). Selon (Ishida et al., 2018), dans une autre étude clinique randomisée, en double aveugle et contrôlée par placebo, les polyphénols alimentaires pourraient diminuer le risque de maladies cardiovasculaires et d'athérosclérose en diminuant les niveaux de triglycérides. Grâce à un régime riche en polyphénols, il est possible de diminuer les affections liées au syndrome métabolique et d'améliorer considérablement les métabolismes glucidique, lipidique et même la sensibilité à l'insuline. En raison de leur activité antioxydante, il est possible de réduire le taux d'obésité. En 2014, une recherche a été réalisée sur l'utilisation de l'extrait de pomme de terre riche en polyphénols pour diminuer la prise de poids. Cette étude est menée sur des

souris obèses pendant une période de 10 semaines. Grâce aux polyphénols, les souris qui consommaient l'extrait de pommes de terre diminuaient considérablement leur taille (**Kubow et al., 2014**). D'après les chercheurs de **Rastmanesh (2011)**, l'ingestion quotidienne de certains fruits (riches en polyphénols) pendant 10 ou 12 semaines peut entraîner une diminution du poids corporel chez les individus en surpoids et obèses. La consommation prolongée (12 semaines) de catéchines de thé pour les individus asiatiques contribue à la diminution de la graisse corporelle. Selon une étude, il a été prouvé que consommer quotidiennement 340 ml de thé contenant 576 mg de catéchines pendant 24 semaines diminue le taux de graisse corporelle en termes de tour de taille par rapport au groupe témoin, qui consommait quotidiennement 340 ml de thé contenant 75 mg de catéchines (**Nutrixeal, 2021**). Quelques recherches cliniques ont également exploré le potentiel des polyphénols pour améliorer le profil lipidique. Les résultats de **Balaji et ses collègues (2016)** démontrent que la prise de polyphénols chez les femmes obèses diminue les niveaux de cholestérol total et de cholestérol-LDL dans le sang. Une étude supplémentaire menée par **Chiva-Blanch et Badimon (2017)** a révélé une diminution de la peroxydation lipidique, une augmentation du cholestérol HDL et une diminution du cholestérol total.

En résumé, une alimentation abondante en polyphénols peut favoriser une existence saine en régulant le métabolisme des lipides et en diminuant le risque d'obésité (**Dai et al., 2018**).



**MATERIELS ET**  
**METHODES**

### **1. Préparation des extraits aqueux et méthanoliques de la parche de café**

La parche de café arabica est fournie par l'entreprise locale (AFRICAFE), Tlemcen, Algérie. La parche de café est considérée comme un déchet du décorticage des grains de café. Elle est séchée à 40°C pendant 48 h pour éviter tout dommage ultra-structural. Les échantillons sont agités pendant la journée toutes les heures. La parche séchée est broyée par un mélangeur (Moulinex, France) en poudre fine et est ensuite stockée jusqu'aux analyses. Dans cette étude, deux types d'extraction sont utilisés. L'eau distillée est utilisée comme solvant d'extraction pour obtenir l'extrait aqueux. Le méthanol est utilisé comme solvant d'extraction pour obtenir l'extrait méthanolique. Pour l'extrait aqueux, 20 g de poudre sont infusés dans 100 ml d'eau distillée. Pour l'extrait méthanolique, 10 g de poudre sont mélangés à 100 ml du mélange méthanol/eau (70/30 ; V/V). Les solutions préparées sont ensuite traitées dans un bain à ultrasons pendant 30 minutes à une température de bain de 40 °C et centrifugées à 4500 tr / min pendant 20 min. Le surnageant est filtré puis séché à sec dans l'évaporateur rotatif. Les extraits secs sont récupérés. Le pourcentage du rendement, indiquant l'efficacité de l'extraction, est calculé en utilisant la formule suivante : % Rendement = (Poids extraits secs X 100)/ Poids parche de café utilisé pour l'extraction. Le rendement est de 11% pour l'extrait aqueux et de 15% pour l'extrait méthanolique.

### **2. Protocole expérimental chez les rats**

#### **2.1. Lots de rats**

24 jeunes rats Wistar (âgés de 4 semaines, pesant de 85 à 120 g) sont obtenus auprès du Centre de ressources animales (Algérie) et sont utilisés dans cette étude. Tous les animaux sont maintenus à une température (25 °C) et une humidité (60 ± 5 %) constantes avec un cycle lumière/obscurité de 12 h. Les rats ont libre accès à un régime standard (ONAB, Algérie) et sont répartis au hasard en quatre groupes. Un groupe témoin (T, n = 6) est non traité par les extraits. Le deuxième groupe (O, n = 6) est nourri par le régime cafeteria (régime hypercalorique et hypergras) pour induire l'obésité. Le troisième groupe (OA, n=6) est nourri par le régime cafeteria et est supplémenté par l'extrait aqueux de la parche de café à une dose de 100 mg/kg/jour par gavage. Le quatrième groupe (OM, n = 6) est nourri par le régime cafeteria et est supplémenté par l'extrait méthanolique de la parche de café à une dose de 100 mg/kg/jour par gavage.

Les rats sont supplémentés par des extraits de parche par gavage pendant 4 semaines et ont libre accès à leur alimentation et boisson pendant toute la période expérimentale.

Tous les aspects des expériences sont menés selon les directives fournies par le comité d'éthique des soins aux animaux d'expérimentation, conformément aux recommandations pour le soin et l'utilisation appropriés des animaux de laboratoire (INSERM, CEEA, 2017). Le protocole d'étude a été validé par le comité d'experts scientifiques du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique (projet n°165-2019).

Il est à noter que la préparation des extraits et le suivi des animaux sont réalisés par le doctorant de spécialité physiopathologie du laboratoire de physiologie physiopathologie et biochimie de la nutrition.

## **2.2. Prélèvements de foie**

A la fin de l'expérimentation (4 semaines), les rats sont anesthésiés au pentobarbital sodique (60 mg/kg de poids corporel) et sont sacrifiés après 12 h de jeune. Le sang est prélevé par ponction dans l'aorte abdominale. Après le prélèvement sanguin, le foie est soigneusement prélevé, rincé avec du NaCl à 0,9 %, ensuite pesé. Une prise aliquote du foie est broyée dans le tampon PBS, pH= 7,2, contenant 1% de KCl. Le tampon doit être glacé pour éviter toute dénaturation des constituants tissulaires. Le broyage se fait par utilisation du broyeur Potter et par la suite les Ultrasons. Après incubation 5 min, et centrifugation à 6000 g pendant 15 min, l'homogénat du foie est conservé en vue des différents dosages (triglycérides, cholestérol total, protéines totales, minéraux).

## **2.3. Dosages biochimiques**

### **2.3.1. Dosage des triglycérides hépatiques**

Les triglycérides sont dosés par la méthode enzymatique selon le Kit de dosage spécifique (Kit Spinreact), sur les homogénats de foie. Dans ce kit spécifique, les triglycérides présents dans l'échantillon produisent un composé coloré suite à des réactions enzymatiques. L'intensité de la coloration, mesurée à 505 nm, est proportionnelle à la concentration totale en triglycérides présente dans l'homogénat de foie.

### **2.3.2. Dosage du cholestérol hépatique**

Le cholestérol hépatique est dosé par la méthode enzymatique fournie par le kit spécifique (Kit Spinreact). Le cholestérol présent dans l'homogénat de foie réagit avec un chromogène suite à des réactions enzymatiques pour donner un composé coloré. L'intensité de la coloration, mesurée à 505 nm, est proportionnelle à la concentration en cholestérol présente dans l'échantillon.



**2.3.3. Dosage des protéines hépatiques**

Les protéines totales sont dosées sur les homogénats de foie par la méthode colorimétrique de biuret selon le kit de dosage spécifique (BIOLABO, France). En milieu alcalin, les protéines forment avec les ions cuivre II ( $\text{Cu}^{2+}$ ) un complexe bleu-violet dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration en protéines de l'échantillon.

**2.3.4. Dosage des minéraux hépatiques**

**Le calcium** est dosé dans l'homogénat du foie par une méthode colorimétrique utilisant le chromogène O-Cresol-Phtaléine selon le kit spécifique (Kit BIOLABO, France). En milieu alcalin, le chromogène réagit avec le calcium pour former un complexe coloré rouge foncé dont l'absorbance mesurée à 570 nm est proportionnelle à la concentration en calcium dans l'homogénat.

**Le phosphore** est dosé dans l'homogénat du foie par une méthode colorimétrique utilisant le molybdate d'ammonium selon le kit spécifique (Kit BIOLABO, France). En milieu acide, le phosphore forme avec le molybdate d'ammonium un complexe dont l'absorbance à 340 nm est proportionnelle à la concentration en phosphore dans l'homogénat de foie.

**Le magnésium** hépatique est dosé par une méthode colorimétrique utilisant le calmagite (acide 1-[1-hydroxy-4-méthyl-2-phénylazo]-2-naphtol-4-sulfonique), un indicateur métallochromique qui forme un complexe coloré, en milieu alcalin, avec le magnésium. L'absorbance du complexe est mesurée à 510-550 nm et est proportionnelle à la concentration en magnésium dans l'homogénat de foie.

**3. Traitement statistique**

Les résultats sont exprimés sous forme de moyennes  $\pm$  écart type. Toutes les variables sont vérifiées pour avoir une distribution normale à l'aide du test de Shapiro-Wilk. La comparaison des moyennes entre les quatre groupes de rats (T, O, OA, OM) est effectuée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey pour identifier les différences significatives spécifiques entre les quatre lots de rats. Les moyennes indiquées par des lettres différentes (a, b, c, d) sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ). Tous les calculs statistiques sont réalisés grâce au logiciel STATISTICA.



**INTERPRETATION  
DES RESULTATS**

## ***PARTIE PRATIQUE INTERPRETATION DES RESULTATS***

---

### **1. Teneurs en lipides et protéines du foie chez les rats étudiés**

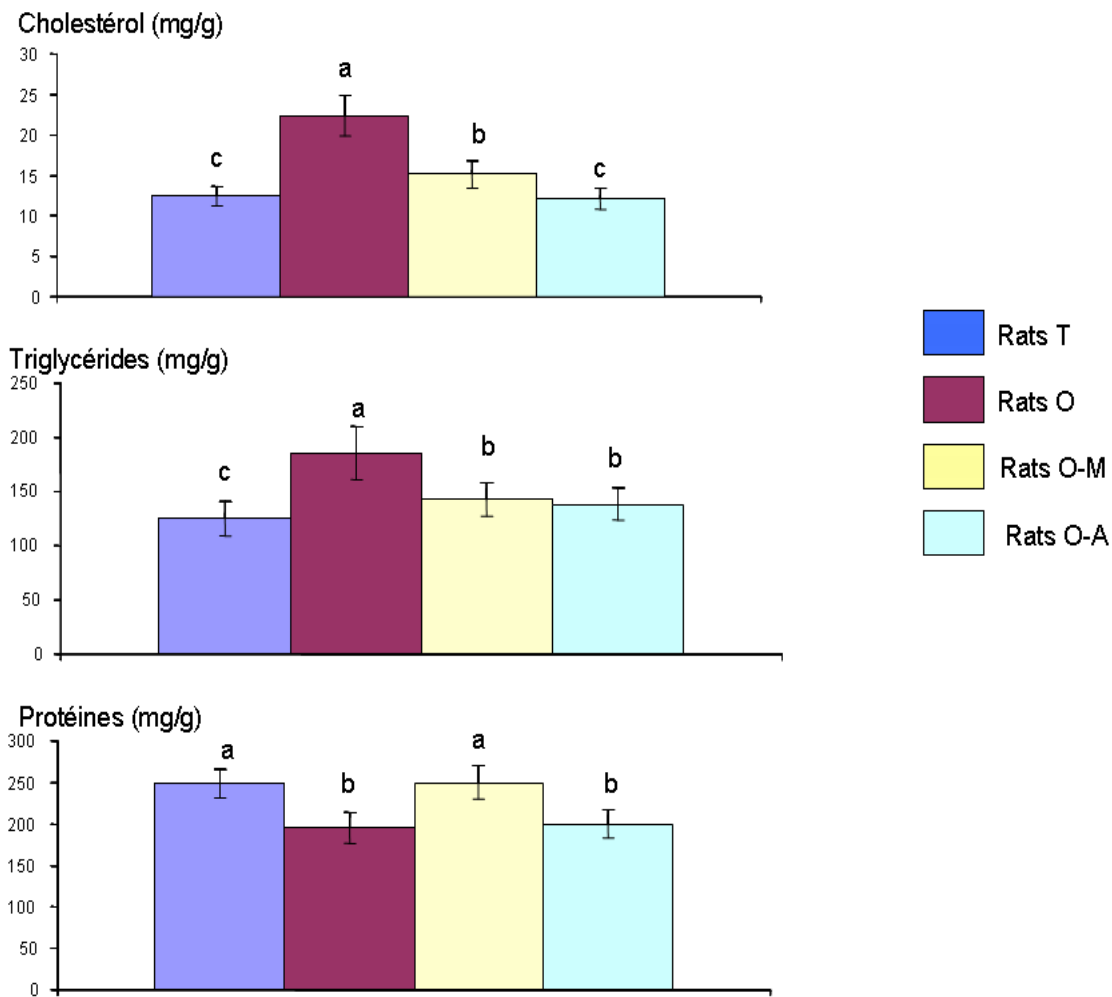
Les teneurs en cholestérol et triglycérides et en protéines sont présentées dans la Figure 16 et le Tableau A1 en annexe.

Les résultats obtenus montrent que les rats obèses présentent des teneurs hépatiques en cholestérol significativement plus fortes que celles des rats témoins. Les rats obèses traités par l'extrait aqueux de la parche de café (O-A) et les rats obèses traités par l'extrait méthanolique de la parche de café (O-M) montrent une réduction significative des teneurs hépatiques en cholestérol comparés aux rats obèses non traités. L'extrait aqueux de la parche de café montre l'effet le plus prononcé puisque les valeurs du cholestérol hépatique chez les O-A deviennent similaires à celles des rats témoins.

Concernant les triglycérides hépatiques, les rats obèses montrent les valeurs les plus élevées. Les traitements par l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique de la parche de café entraînent une réduction des teneurs hépatiques en triglycérides chez les rats obèses O-A et O-M. Cependant, les teneurs hépatiques en triglycérides chez les rats obèses O-A et O-M restent toujours plus élevées que celles des rats témoins.

Les protéines hépatiques sont significativement plus faibles chez les rats obèses comparés aux témoins. Le traitement par l'extrait méthanolique de la parche de café entraîne une augmentation des teneurs hépatiques en protéines chez les rats obèses O-M, et les valeurs se rapprochent de celles des témoins. Cependant, le traitement par l'extrait aqueux de la parche de café n'a pas d'effet sur les protéines hépatiques.

## ***PARTIE PRATIQUE INTERPRETATION DES RESULTATS***



**Figure 16.** Teneurs en lipides et protéines du foie chez les rats étudiés

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  Ecart type, à partir de 6 rats par lot. T: lot de rats témoins; O : lot de rats obèses ; OA : lot de rats obèses traités par l'extrait aqueux de la parche de café ; OM : lot de rats obèses traités par l'extrait méthanolique de la parche de café.

Après vérification de la distribution normale des variables, la comparaison des moyennes entre les différents groupes de rats est effectuée par le test ANOVA à un facteur et le test Tukey. Les différences significatives entre les différents lots ( $P < 0,01$ ) sont marquées par des lettres différentes (a,b,c). La lettre **a** représente la valeur la plus élevée.

## ***PARTIE PRATIQUE INTERPRETATION DES RESULTATS***

---

### **2. Teneurs en minéraux du foie chez les rats étudiés**

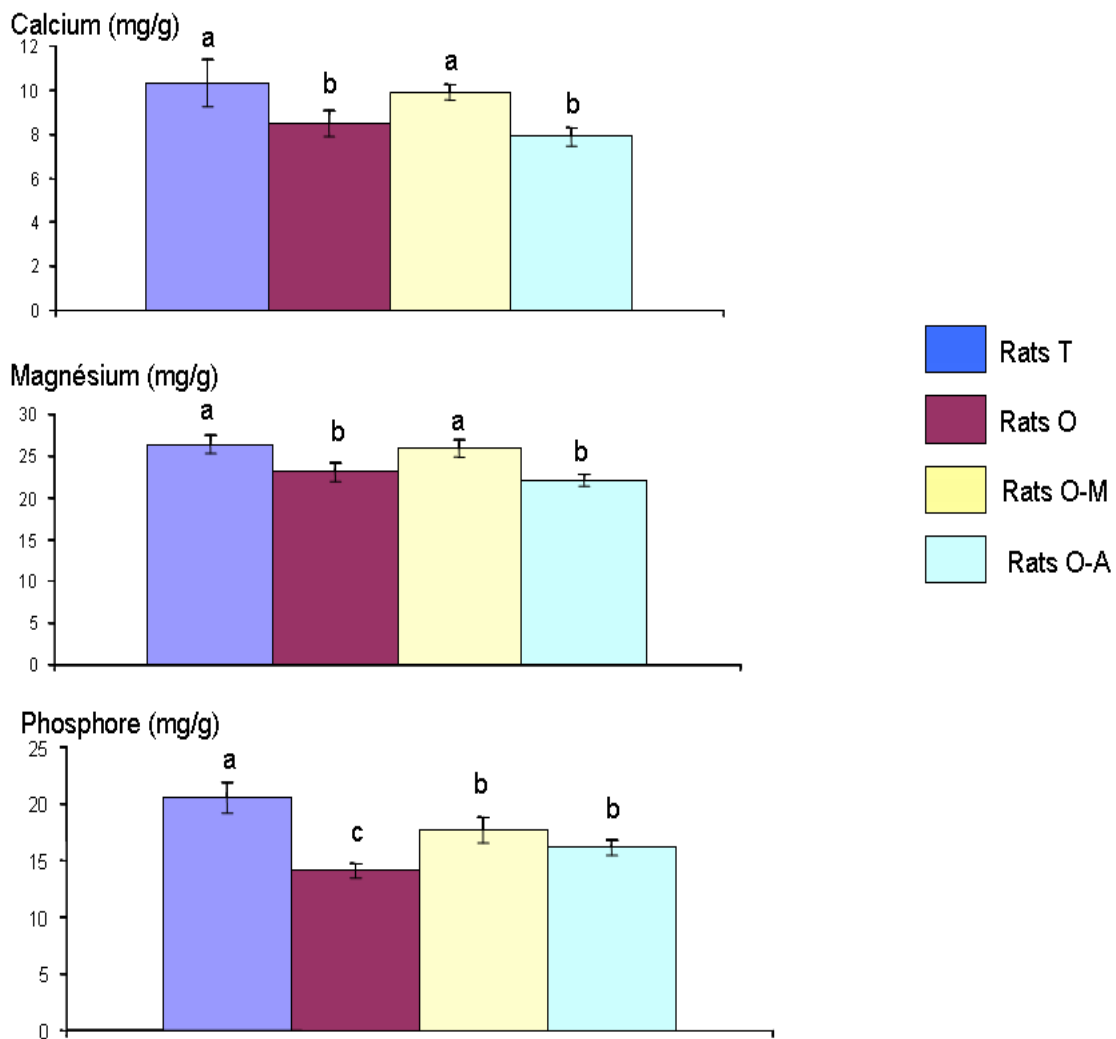
Les teneurs en calcium, en magnésium et en phosphore sont représentées dans la Figure 17 et le Tableau A2 en annexe.

Les résultats obtenus montrent que les teneurs hépatiques en calcium sont significativement plus faibles chez les rats obèses comparés aux témoins. Le traitement par l'extrait méthanolique de la parche de café entraîne une augmentation des teneurs hépatiques en calcium chez les rats obèses O-M, et les valeurs se rapprochent de celles des témoins. Cependant, le traitement par l'extrait aqueux de la parche de café n'a pas d'effet sur les teneurs hépatiques en calcium.

Les mêmes résultats sont obtenus pour le magnésium hépatique. En effet, les taux hépatiques en magnésium sont faibles chez les rats obèses non traités comparés aux témoins. Ces valeurs en magnésium augmentent par le traitement par l'extrait méthanolique de la parche de café chez les O-M, mais ne changent pas par l'extrait aqueux de la parche de café chez les O-A.

Les teneurs hépatiques en phosphore sont significativement plus réduites chez les rats obèses comparés aux témoins. Les traitements par l'extrait aqueux et méthanolique de la parche de café entraînent une augmentation significative des teneurs hépatiques en phosphore chez les rats obèses O-A et O-M. Cependant, le phosphore hépatique chez les rats traités O-A et O-M reste inférieur à celui des témoins.

## ***PARTIE PRATIQUE INTERPRETATION DES RESULTATS***



**Figure 17.** Teneurs en minéraux du foie chez les rats étudiés

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  Ecart type, à partir de 6 rats par lot. T: lot de rats témoins; O : lot de rats obèses ; OA : lot de rats obèses traités par l'extrait aqueux de la parche de café ; OM : lot de rats obèses traités par l'extrait méthanolique de la parche de café.

Après vérification de la distribution normale des variables, la comparaison des moyennes entre les différents groupes de rats est effectuée par le test ANOVA à un facteur et le test Tukey. Les différences significatives entre les différents lots ( $P < 0,01$ ) sont marquées par des lettres différentes (a,b,c). La lettre **a** représente la valeur la plus élevée.



**Discussion**

## ***DISCUSSION***

---

Les polyphénols sont des molécules bioactives présentant de nombreux effets bénéfiques pour la santé. L'utilisation de ces composés phénoliques naturels est très importante et suscite un intérêt croissant vu leur activité antioxydante. Les sous-produits du café, comme la parche de café contiennent une très grande variété de polyphénols qui doivent être utilisés pour améliorer la santé humaine.

Les résultats de notre étude démontrent que les polyphénols présents dans la parche de café ont des effets bénéfiques sur le métabolisme hépatique des lipides et des protéines. Sur le plan lipidique, l'administration de polyphénols de parche de café a permis de réduire significativement les taux de cholestérol et de triglycérides dans le foie. Ces effets s'expliqueraient par une modulation de l'expression de gènes impliqués dans la régulation du métabolisme des lipides (**Bertrand et al., 2012**).

Les composés bioactifs présents dans l'extrait aqueux de parche de café, tels que les polyphénols et les acides chlorogéniques, pourraient expliquer cette baisse du taux de cholestérol chez les rats obèses traités avec cet extrait (**Murthy et al., 2012 ; Vignoli et al., 2011**). La diminution du cholestérol a également été observée chez les rats obèses traités avec l'extrait méthanolique de la parche de café, même si les niveaux sont légèrement supérieurs à ceux des rats traités avec l'extrait aqueux. Il semblerait que les composés bioactifs présents dans les extraits de parche soient des composés hypocholestérolémiantes.

De plus, les niveaux de triglycérides hépatiques ont été considérablement réduits chez les rats obèses traités avec l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique de la parche de café par rapport aux rats obèses non traités. Les propriétés anti-oxydantes et hypo-lipidémiantes de ces extraits de parche de café peuvent expliquer cette baisse des triglycérides chez les rats obèses traités avec des extraits de parche de café, qui peuvent influencer le métabolisme des lipides (**Murthy et al., 2012 ; Vignoli et al., 2011**). On attribue ce phénomène à une oxydation accrue des acides gras, ce qui limite leur accumulation sous forme de dépôts lipidiques dans l'organe. En outre, les polyphénols auraient la capacité d'inhiber la production de nouveaux acides gras et cholestérol dans les hépatocytes (cellules hépatiques). Les niveaux de triglycérides hépatiques sont les plus élevés chez les rats obèses non traités, ce qui est en accord avec leur état d'obésité et la présence d'une stéatose hépatique (**Yamaguchi et al., 2008**).

De plus, le traitement par les polyphénols de la parche de café a permis d'augmenter les teneurs hépatiques en protéines chez les rats obèses traités, indiquant un meilleur métabolisme protéique. L'extrait méthanolique a montré une grande efficacité en augmentant les protéines hépatiques, probablement en raison de sa richesse en polyphénols.

Selon **Dupont et al. (2015)**, les polyphénols présents dans la parche de café ont entraîné une augmentation des niveaux de certaines protéines impliquées dans les processus de détoxification



## ***DISCUSSION***

---

et de protection cellulaire dans le foie. D'après ces résultats, il semble que les polyphénols présents dans la pulpe de café puissent encourager un environnement hépatique plus propice au maintien de l'équilibre. En raison de la présence de composés bioactifs tels que les polyphénols, il est possible que cette augmentation des niveaux de protéines chez les rats traités avec des extraits de parche de café soit liée à leurs effets positifs sur le métabolisme des protéines et la synthèse des protéines (**Murthy et al., 2012 ; Yamaguchi et al., 2008**). Les niveaux de protéines les plus bas sont observés chez les rats obèses non traités, ce qui peut être attribué à leur état pathologique et à des troubles du métabolisme des protéines hépatiques. En effet, l'obésité est actuellement la première cause de maladie hépatique dans le monde (**Giostra et al., 2007**). Les lésions hépatiques observées au cours de l'obésité s'étendent de la stéatose isolée, réversible et bénigne à l'inflammation hépatique puis à la fibrose. La stéatose se caractérise par une accumulation des lipides dans les hépatocytes et l'apparition d'infiltrats inflammatoires. A ce stade, les protéines hépatiques sont altérées et leur taux est réduit au cours de l'obésité (**Cassard-Doulier et Perlemuter, 2011**).

Globalement, ces informations mettent en évidence l'intérêt des polyphénols de la parche de café en tant que régulateurs du métabolisme lipidique et protéique dans le foie. Ces résultats sont en accord avec les recherches précédentes sur les propriétés antioxydantes et hypolipidémiantes des composés bioactifs présents dans la parche de café (**Murthy et al., 2012 ; Vignoli et al., 2011 ; Yamaguchi et al., 2008**). Néanmoins, il est essentiel de mener des études supplémentaires afin de mieux appréhender les mécanismes moléculaires présents et d'évaluer les effets à long terme de ces composés phytochimiques.

Concernant les minéraux hépatiques, nos résultats montrent une augmentation significative du calcium, du magnésium et du phosphore hépatiques suite au traitement par les extraits de la parche de café chez les rats obèses. L'extrait méthanolique semble plus efficace que l'extrait aqueux, vu sa plus grande richesse en polyphénols.

Selon **Murthy et Naidu (2012) et Esquivel et Jiménez (2012)**, les niveaux plus élevés de calcium et de magnésium observés chez les rats obèses traités avec l'extrait méthanolique de la parche de café peuvent être attribués aux propriétés minérales de la parche de café. On sait que la parche de café est riche en calcium et en magnésium (**Murthy et Naidu, 2012**), ce qui pourrait jouer un rôle dans l'augmentation de ces minéraux chez les rats traités.

Selon **Díaz-Curiel et al. (2018)**, la baisse progressive des niveaux de phosphore chez les rats obèses peut être associée à des troubles de l'équilibre phosphocalcique fréquemment observés dans l'obésité.

Nos résultats montrent que les taux en minéraux hépatiques chez les rats obèses sont faibles comparés aux rats témoins. La prévalence de déficiences micro-nutritionnelles, chez les personnes

## ***DISCUSSION***

---

en surpoids ou avec obésité, est plus élevée en comparaison des personnes dont le poids est normal (**Carpentier et al., 2013**). Des mauvaises habitudes alimentaires peuvent expliquer une partie de cette déficience. Les personnes obèses consomment majoritairement des repas riches en sucre et en graisses saturées et pauvres en antioxydants. Ces différents aspects d'une alimentation déséquilibrée peuvent avoir une influence sur l'état micro-nutritionnel qui, à son tour, a un impact sur le profil inflammatoire, les troubles métaboliques et la résistance à l'insuline (**Carpentier et al., 2013**).

Plusieurs auteurs ont aussi rapporté que l'absorption, la distribution, le métabolisme et l'excrétion des nutriments chez les personnes obèses pouvaient être altérés induisant des déficiences en minéraux avec une influence sur le syndrome métabolique (**Damms-Machado et al., 2012**).

Au vu de nos résultats, les extraits de la parche de café peuvent améliorer le profil minéral hépatique et peuvent donc corriger les déficiences en minéraux au cours de l'obésité.



**Conclusion**

## *CONCLUSION*

---

Le café est réputé pour ses nombreux avantages pour la santé, en partie grâce à la présence de polyphénols, des composés bioactifs. La recherche scientifique s'intéresse de plus en plus à ces molécules naturelles, en particulier à leurs effets potentiels sur le métabolisme hépatique. De plus, la parche de café, un sous-produit du café est aussi riche en polyphénols qui peuvent être exploités dans le traitement des complications hépatiques de l'obésité. Effectivement, nos résultats ont démontré que les polyphénols présents dans l'extrait de parche de café peuvent influencer favorablement la composition en lipides, en protéines et en minéraux du foie.

En ce qui concerne le métabolisme des lipides, il semble que les polyphénols puissent diminuer considérablement les niveaux de cholestérol total et des triglycérides hépatiques. Ces mécanismes pourraient aider à prévenir l'apparition de la stéatose hépatique, une maladie qui se manifeste par une surcharge de graisse dans le foie chez les obèses.

En ce qui concerne le métabolisme des protéines, les polyphénols présents dans la parche de café pourraient également avoir des avantages puisque nos résultats montrent une augmentation des protéines hépatiques par le traitement aux extraits de la parche de café. Grâce aux polyphénols, il serait possible de préserver une fonction hépatique optimale et de prévenir les dégâts cellulaires. De plus, le bilan minéral hépatique semble être amélioré par les polyphénols de la parche de café, en faveur d'une correction des carences minérales chez les obèses.

En somme, il semble que les polyphénols présents dans l'extrait de parche de café aient des propriétés exceptionnelles pour la santé du foie. Ils influenceraient à la fois le métabolisme des lipides, en diminuant leur accumulation, celui des protéines, en stimulant la production de protéines utiles et aussi en évitant les carences minérales. Ces résultats offrent de nouvelles opportunités pour l'élaboration de nouvelles méthodes nutritionnelles pour prévenir ou traiter les maladies hépatiques. A la lueur de notre travail, il semble opportun d'encourager la consommation de la parche de café, afin de corriger les anomalies hépatiques observées au cours de l'obésité. Néanmoins, il est encore essentiel de mener des études supplémentaires pour mieux appréhender les mécanismes moléculaires précis par lesquels ces composés bioactifs ont des effets bénéfiques sur la physiologie hépatique.



**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

- Adriouch S, Kesse-Guyot E, Feuillet T, Touvier M, Olie V, Andreeva V (2017). Total and specific dietary polyphenol intakes and 6-year anthropometric changes in a middle-aged general population cohort. *Int J Obes* .42(3):310 -317.
- Aires V, Labbe J, Deckert V, Barros JPP, Boidot R, Haumont M (2019). Healthy adiposity and extended lifespan in obese mice fed a diet supplemented with a polyphenol-rich plant extract. *SciRep* .9(1):9134
- Bertrand L, Auger C, Vernhet L, Delanaye P (2012). Effets des polyphénols de la pulpe de café sur le métabolisme hépatique des lipides chez le rat. *Nutrition et Métabolisme*. 23(2) : 145-155.
- Carpentier A, Pataky Z, Bobbioni-Harsch E, Golay A (2013). Déficiences micronutritionnelles chez les patients obèses. *Revue Médicale Suisse*. 27 : 664-669.
- Cassard-Doulier AM, Perlemuter G (2011). Inflammation hépatique liée à l'obésité (NASH). *Nutrition – Santé*. 18(1) : 21–26.
- César G Fraga 1, Kevin D Croft, David O Kennedy, Francisco A Tomás-Barberán (2023). The effects of polyphenols and other bioactives on human health 10:514-528
- Cory H, Passarelli S, Szeto J, Tamez M, Mattei J (2018). The Role of Polyphenols in Human Health and Food Systems: A Mini-Review. *Front Nutr*. 5: 87.
- Dai J, Liang K, Zhao S, Jia W, Liu Y, Wu H (2018). Chemoproteomics reveals baicalin activates hepatic CPT1 to ameliorate diet-induced obesity and hepatic steatosis. *Proc Natl AcadSci U S A* 115(26): 896 -905.
- Damms-Machado A, Weser G, Bischoff SC (2012). Micronutrient deficiency in obese subjects undergoing low calorie diet. *Nutr J*. 11: 34.
- Díaz-Curiel M, Sanz-Sanz B, Zarrabeitia, M. T, Honorato-Pérez J (2018). Calcium and phosphorus homeostasis in obesity. *Minerva endocrinologica* :43(3), 276-286.
- Díaz-Gómez R, Chávez-González ML, Sandoval-Cortés J, Wong-Paz JE, Ascacio Valdés JA, Aguilar-González MA, Aguilar CN (2023). Valorization of Coffee By-Products: An Overview. *Agricultural Waste: Environmental Impact, Useful Metabolites and Energy Production. Sustainable Development and Biodiversity*. 31: 201–214.
- Dupont J, Martin E, Dupré A (2015). Influence des polyphénols de la pulpe de café sur la composition protéique dans le foie de rat. *Journal of Functional Foods*. 12: 345-352.
- Esquivel P, Jiménez VM (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*. 46(2): 488-495.
- Ferreira TS, Guimaraes JR, Adrian F (2019). Coffee: Production quality and chemistry. *Royal Society of Chemistry*. 3-22.

- Gasmi A, Mujawdiya PK, Noor S, Lysiuk R, Darmohray R, Piscopo S, Bjørklund G (2022). Polyphenols in metabolic diseases. *Molecules*. 27(19): 6280.
- Ghasemzadeh, HZE Jaafar (2014). Optimization of reflux conditions for total flavonoid and total phenolic extraction and enhanced antioxidant capacity in pandan (*Pandanus amaryllifolius*Roxb.) using response surface methodology. *The Scientific World Journal*. 2014 :10.
- Gil A (2021). Current insights into lignocellulose related waste valorization. *Chemical Engineering Journal Advances*. 8: 100186
- Giostra E, Hadengue A, Huber O, Morel P (2007). Maladie hépatique chez les patients obèses. *Gastroentérologie*. 123: 65-75.
- Gobena Gemechu F (2020). Embracing nutritional qualities, biological activities and technological properties of coffee by-products in functional food formulation. *Trends in Food Science and Technology*. 104: 235-261.
- Gutiérrez-Salmeán G, Fabila-Castillo L, Chamorro-Cevallos G (2015). Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*). *Nutrición hospitalaria*. 32(1): 34-40.
- Guo X, Tresserra-Rimbau A, Estruch R, Martínez-González MA, Medina-Ramon A, Fito M (2017). Polyphenol levels are inversely correlated with body weight and obesity in an elderly population after 5 Years of follow up (the randomised PREDIMED study). *Nutrients*. 9(5):452.
- Hejna A (2021). Potential applications of by-products from the coffee industry in polymer technology – Current state and perspectives. *Waste Management*. 12: 296-330.
- Iriondo-DeHond A, Iriondo-DeHond M, Dolores del Castillo M. (2020). Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. *Biomolecules*. 10, 1219.
- Ishida N, Iizuka M, Kataoka K, Okazaki M, Shiraishi K, Yagi Y (2018). Improvement of blood lipid profiles by Goishi tea polyphenols in a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical study. *Int J Food Sci Nutr*. 69(5):598 -607.
- Macready AL, George TW, Chong MF, Alimbetov DS, Yannan J, Alberto V (2014). Flavonoid-rich fruit and vegetables improve microvascular reactivity and inflammatory status in men at risk of cardiovascular disease-FLAVURS: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 99(3):479 -489.
- Mirón-Mérida VA, Yáñez-Fernández J, Montañez-Barragán B, Huerta BEB (2019). Valorization of coffee parchment waste (*Coffea arabica*) as a source of caffeine and phenolic compounds in antifungal gellan gum films. *LWT*. 101: 167-174
- Murthy PN, Jayaschandran R, Janardhan B, Farooq M, Patri G, Rani PU (2012). Antioxidant and antimicrobial activity of *Couroupita guianensis* Aubl fruit pulp. *International Journal of Pharm Tech Research*. 4(1):334-347.

- Murthy PS, Naidu MM (2012). Sustainable management of coffee industry by- products and value addition A review. *Resources, Conservation and Recycling*. 66: 45-58.
- Poole R, Kennedy OJ, Roderick P, Fallowfield JA, Hayes PC, Parkes J (2017). Coffee consumption and health: Umbrella review of meta-analyses of multiple health outcomes. *BMJ* .359 : 5024.
- Santos ÉM, Macedo LM, Tundisi LL, Ataide JA, Camargo GA, Alves RC, Oliveira MB, Mazzola PG (2021). Coffee by-products in topical formulations: A review. *Trends Food Sci Technol*. 111:280-291.
- Seon Pak E, Park S, Yoon H, Kim S, Kwon Y (2023). Roles of Coffee and Its Components in Liver Diseases. *Drug Targets and Therapeutics*. 2: 133-144.
- Simon-Okomo A, Fred KO, Nam-Hyeon K, Sheila MK, Deog-Hwan O (2023). Insights on dietary polyphenols as agents against metabolic disorders. *Antioxidant*.12:416
- Singla RK , Dubey AK, Garg A, Sharma RK, Fiorino M, Ameen SM, Al-Hiary M (2019). Natural polyphenols: Chemical classification, definition of classes, subcategories, and structures. *Journal of AOAC International*. 102(5) : 1397-1400.
- Swallah MS, Sun H, Affoh R, Fu H, Yu H (2020). Antioxidant potential overviews of secondary metabolites (polyphenols) in fruits. *International journal of food science*. 2020.
- Vignoli JA, Bassoli DG, Benassi MT (2011). Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and extraction methods. *Food Chemistry*. 124(3): 863-868.
- WHO (2016). Consideration of the Evidence on Childhood Obesity for the Commission on Ending Childhood Obesity: Report of the Ad Hoc Working Group on Science and Evidence for Ending Childhood Obesity; World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- Yamaguchi T, Takamura H, Matoba T, Terao J (2008). HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 62(6):1201-1204.
- Zhang L, Han Z, Granato D (2021). Polyphenols in foods: Classification, methods of identification, and nutritional aspects in human health. *Advances in food and nutrition research*. 98: 1-33.
- Zhang Z, Li XJ, Sang S, McClements DJ, Chen L, Long J, Jiao A, Jin Z, Qiu C (2022). Polyphenols as plant-based nutraceuticals: Health effects, encapsulation, nano-delivery and application. *Food*. 11: 2189.
- Zhang Z, Li X, Shangyuan S, McClements DJ, Chen L, Jie L, Jiao A, Zheng L, Chao Q (2022). Polyphenols as Plant-Based Nutraceuticals: Health Effects. Encapsulation, Nano-Delivery, and Application. 11(15): 2189.





**Annexes**

## Annexes

---

**Tableau A1.** Teneurs en lipides et protéines du foie chez les rats étudiés

Paramètres	Rats T	Rats O	Rats OA	Rats OM
Cholestérol (mg/g)	12,45 ± 1,22 <sup>c</sup>	22,33 ± 2,51 <sup>a</sup>	15,12 ± 1,65 <sup>b</sup>	12,08 ± 1,32 <sup>c</sup>
Triglycérides (mg/g)	125,27 ± 15,77	185,50 ± 24,44 <sup>a</sup>	142,63 ± 15,66 <sup>b</sup>	138,47 ± 14,78 <sup>b</sup>
Protéines (mg/g)	248,77 ± 17,74 <sup>a</sup>	195,74 ± 18,55 <sup>b</sup>	250 ± 20,06 <sup>a</sup>	200,11 ± 16,45 <sup>b</sup>

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type, à partir de 6 rats par lot. T: lot de rats témoins; O : lot de rats obèses ; OA : lot de rats obèses traités par l'extrait aqueux de la parche de café ; OM : lot de rats obèses traités par l'extrait méthanolique de la parche de café.

Après vérification de la distribution normale des variables, la comparaison des moyennes entre les différents groupes de rats est effectuée par le test ANOVA à un facteur et le test Tukey. Les différences significatives entre les différents lots ( $P < 0,01$ ) sont marquées par des lettres différentes (a,b,c). La lettre **a** représente la valeur la plus élevée.

**Tableau A2.** Teneurs en minéraux du foie chez les rats étudiés

Minéraux	Rats T	Rats O	Rats OA	Rats OM
Calcium (mg/g)	10,33 ± 1,08 <sup>a</sup>	8,48 ± 0,58 <sup>b</sup>	9,92 ± 0,35 <sup>a</sup>	7,88 ± 0,42 <sup>b</sup>
Magnésium (mg/g)	26,38 ± 1,11 <sup>a</sup>	23,12 ± 1,14 <sup>b</sup>	25,89 ± 1,06 <sup>a</sup>	22,13 ± 0,71 <sup>b</sup>
Phosphore (mg/g)	20,55 ± 1,34 <sup>a</sup>	14,08 ± 0,61 <sup>c</sup>	17,69 ± 1,12 <sup>b</sup>	16,15 ± 0,68 <sup>b</sup>

Chaque valeur représente la moyenne ± Ecart type, à partir de 6 rats par lot. T: lot de rats témoins; O : lot de rats obèses ; OA : lot de rats obèses traités par l'extrait aqueux de la parche de café ; OM : lot de rats obèses traités par l'extrait méthanolique de la parche de café.

Après vérification de la distribution normale des variables, la comparaison des moyennes entre les différents groupes de rats est effectuée par le test ANOVA à un facteur et le test Tukey. Les différences significatives entre les différents lots ( $P < 0,01$ ) sont marquées par des lettres différentes (a,b,c). La lettre **a** représente la valeur la plus élevée



## Résumé

L'obésité représente un enjeu majeur pour la santé publique, souvent lié à des troubles du système digestif et du métabolisme du foie. Les polyphénols naturels du café et de ses co-produits ont des effets positifs chez les personnes obèses. Dans ce mémoire de Master, nous utilisons un modèle animal d'obésité afin d'approfondir nos connaissances sur les effets des polyphénols de la parche de café sur la composition en lipides, protéines et minéraux du foie. Pour cela, Les extraits aqueux et méthanoliques de la parche de café sont préparés. Quatre groupes de rats sont étudiés: témoin, obèse, obèse traité par l'extrait aqueux de la parche de café et un group obèse traité par l'extrait méthanolique de la parche de café, à 100 mg/Kg/jour par gavage pendant 4 semaines. Le foie est prélevé pour le dosage des lipides, protéines et minéraux hépatiques. Nos résultats montrent que les polyphénols de la parche de café ont stimulé chez les rats obèses la capacité à diminuer considérablement les taux de cholestérol et de triglycérides et à augmenter les protéines dans le foie, en faveur d'une réduction de la stéatose hépatique. De plus, les extraits améliorent le bilan minéral en augmentant le calcium, magnésium et phosphore hépatiques.

En conclusion, les polyphénols de la parche de café améliorent la fonction hépatique et peuvent être recommandés aux personnes obèses.

**Mots clés :** Foie, lipides, protéines, minéraux, parche de café, rats

## Abstract

Obesity represents a major public health challenge, often linked to disorders of the digestive system and liver metabolism. The natural polyphenols in coffee and its co-products have positive effects in obese people. In this Master's thesis, we use an animal model of obesity to deepen our knowledge on the effects of polyphenols from coffee parchment on the lipid, protein and mineral composition of the liver. For this, aqueous and methanolic extracts of coffee parchment are prepared. Four groups of rats are studied: control, obese, obese treated with the aqueous extract of coffee parchment and an obese group treated with the methanolic extract of coffee parchment, at 100 mg/Kg/day by gavage for 4 weeks. The liver is removed for the determination of hepatic lipids, proteins and minerals. Our results show that coffee parchment polyphenols stimulated in obese rats the ability to significantly decrease cholesterol and triglyceride levels and increase protein in the liver, supporting a reduction in fatty liver. In addition, the extracts improve the mineral balance by increasing hepatic calcium, magnesium and phosphorus.

In conclusion, the polyphenols in coffee parchment improve liver function and can be recommended for obese people

**Key words:** Liver, lipids, proteins, minerals, coffee parchment, rats.

## ملخص

تعد السمنة مشكلة صحية عامة كبيرة وغالباً ما ترتبط باضطرابات الجهاز الهضمي. استقلاب الكبد في هذه الحالة تجذب البوليفينولات الطبيعية الموجودة في القهوة اهتماماً متزايداً لتأثيراتها الإيجابية المحتملة على الأشخاص الذين يعانون من السمنة المفرطة. وبفضل الأبحاث التي أجريت على النماذج الحيوانية للسمنة، أصبح من الممكن تعميق معرفتنا. دعونا نلقي نظرة فاحصة على تأثيرات البوليفينول الموجود في مستخلص القهوة على تركيبة الدهون والبروتين في الكبد

الطرق تم استخدام أربع مجموعات من الفئران: مجموعة شاهدة، ومجموعة بدينة ومجموعة بدينة عولجت بمستخلص مائي من قشرة القهوة ، ومجموعة بدينة عولجت بمستخلص ميثانولي من قشرة القهوة النتائج

تبين أن البوليفينول الموجود في مستخلص ورق القهوة يقلل بشكل كبير من مستويات الكوليسترول الكلي والكوليس والدهون الثلاثية في الكبد . وتعزى هذه الظاهرة إلى تحفيز أكسدة الأحماض الدهنية مما يحد من تراكمها على شكل ترسبات دهنية في الكبد. وبالإضافة إلى ذلك، يبدو أن للبوليفينول تأثير مثبت على إنتاج الأحماض الدهنية الجديدة والكوليسترول في خلايا الكبد (خلايا الكبد لدى الفئران البدينة. يمكن لهذه الآليات أن تمنع التناكس الدهني الكبدي، وهو مرض يشيع لدى الأفراد الذين يعانون من زيادة الوزن أو السمنة

الكلمات الرئيسية: الكبد، الدهون، بروتين، معادن، القهوة، جردان