

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

N° :



DOMAINE : Science de la matière

FILIERE : CHIMIE

OPTION : CHIMIE DES MATERIAUX

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de :

MASTER

Par:

ZIOUECHE Asma

Intitulé

L'impact de noyau d'olive sur le ciment

Soutenu devant le jury composé de:

NESSARK Faiza	MCA	Université de M'SILA	Présidente
DJERIOUI Ammar	MCA	Université de M'SILA	Encadreur
YOUSFI Samia	MAA	Université de M'SILA	Examiné
LADGHEM CHICOUCHE Djamel	MCA	Université de M'SILA	Examineur

Année universitaire : 2022 /2023

REMERCIEMENTS

Au début, J'adresse les plus sincères remerciements et louanges à Allah, qui m'a accordé la capacité et l'opportunité de mener à bien cette modeste thèse, et qui m'a permis d'atteindre le niveau de Master dans ce domaine.

Je tiens à remercier mon merveilleux superviseur académique, **DJERIOUI Ammar**. Il m'a apporté un soutien et une orientation constants tout au long de la préparation de ce mémoire. Il m'a donné de précieux conseils et des conseils d'expert qui m'ont aidé à orienter ma recherche et à la développer de manière approfondie. Merci pour le temps et les efforts que vous avez consacrés à la révision et à l'évaluation de ce mémoire.

Je tiens également à remercier tous les membres du corps professoral et les enseignants qui ont enrichi mon travail par leur savoir-faire et leur expérience. Ils m'ont fourni des conseils et des orientations essentielles dans leurs domaines respectifs, ce qui a contribué à développer ma compréhension et ma capacité à analyser les données et à penser de manière critique.

Un merci spécial à tous mes amis et collègues qui m'ont soutenue et encouragée tout au long de cette période. Leurs contributions et leurs discussions ont été extrêmement précieuses, m'inspirant et me poussant à donner le meilleur de moi-même.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers ma merveilleuse famille pour leur soutien infini et leur compréhension. Ils ont toujours été là pour moi, m'encourageant et me soutenant sans faille.

Dédicace

*Avec l'aide de DIEU, j'ai pu réaliser ce modeste travail
que je dédie à :*

*Ma chère maman et amie éternelle, qui a partagé avec
moi les rires et les larmes, que Dieu te protège et te garde.*

*Mon merveilleux père qui m'a toujours encouragé, que
Dieu te protège et te garde.*

*Mes frères, Rida, Charaf et Mamouch, que Dieu vous
protège et vous garde.*

*Mes sœurs, Sabrina, Chaima et Douaa, que Dieu vous
protège et vous garde.*

Ma belle-sœur Salma, que Dieu te protège et te garde.

Mes amies, Karima, Saadia, Souad, Hamama et Sara.

Tous ceux qui me sont chers.

ZIOUECHE Asma

Table des matières

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I Généralités sur le ciment

I.1. La définition du BISKRIA Ciment	4
I.1.1. Fiche signalétique	4
I.1.2. Les services	5
I.1.3. Les produits	5
A. CEM I 42.5 R Ciment Portland	6
B. Ciment portland aux ajouts type II	6
C. Ciment portland au calcaire	6
D. Résistant au sulfate à faible chaleur d'hydratation.....	6
I.2. C'est quoi le ciment ?.....	7
I.2.1. Définition.....	7
I.2.2. Constituants de base du ciment	8
I.2.2.1. Matières premières.....	8
I.2.2.2. Matériaux de correction	9
A -Minerai de fer (Fe_2O_3).....	9
B -Sable	10
I.2.2.3. Les matières secondaires (Ajouts)	10
I.2.2.4. Produit semi-fini	10
I.2.3. Composition chimique.....	11
I.2.4. Composition minéralogique	12
I.3. Principe de fabrication ciment portland	12
I.3.1. Les étapes de la fabrication du ciment	13
I.3.1.1. Fabrication du ciment par voie sèche.....	13

CHAPITRE II Généralités sur le noyau d'olive

II.1. Olive et noyau d'olive.....	18
II.1.1 Les olive	18
II.1.1.1 Histoire et l'origine de l'olivier	18
II.1.1.2 Production de l'olive	18
II.1.1.3 Définition.....	19
II.1.1.4 Composition.....	19

II.1.2 Noyau d'olive	20
I.1.2.1 Définition.....	20
II.1.2.2 Caractéristiques des noyaux d'olive.....	21
II.1.2.3 Noyaux d'olives pour différentes applications industrielles.....	21
II.1.3 grignons d'olives.....	22
II.1.3.1 Définition des grignons d'olives	22
II.1.3.2 Les types de grignon d'olive	22
A- Le grignon brut.....	22
B- Le grignon épuisé.....	22
C- Le grignon partiellement dénoyauté.....	22
II.1.3.3 Caractéristiques physiques	22
II.1.3.4 Caractéristique chimiques	23
II.1.3.5 Les composants minéraux des grignons d'olives.....	24
II.1.4. Technologie de transformation des olives	24
II.1.4.1. La récolte.....	24
A- La cueillette manuelle	24
B- La récolte mécanique	24
II.1.4.2. Le transport et le stockage des olives.....	25
II.1.4.3. Le nettoyage (Défeuillage et lavage)	26
II.1.4.4. L'extraction de l'huile d'olive	27
II.1.4.6. Le malaxage	28
II.1.4.7. L'extraction (Séparation des phases)	28
A-L'extraction par pression	28
B-Système d'extraction par centrifugation	30

Chapitre III Partie expérimentale

III.1. Les expériences entre les composants du ciment et les composants des déchets d'olive	34
III.2. Les différences composants du mélange	48
III.3. L'effet des composants sur l'environnement.....	53
III.4. Etude comparative entre le ciment et le ciment avec les déchets d'olive	57
Conclusion.....	61
Recommandations	63

Références	65
LISTE DES FIGURES	68
LISTE DES TABLEAUX	70
Résumé	71

Introduction

Introduction

L'utilisation d'adjuvants cimentaires dans l'industrie de la construction suscite un intérêt croissant en raison de leur potentiel à améliorer les propriétés des matériaux cimentaires. Parmi ces adjuvants, l'ajout de noyaux d'olive, un sous-produit abondant de l'industrie de l'huile d'olive, offre une voie prometteuse pour développer des ciments durables et respectueux de l'environnement. Les noyaux d'olive sont riches en composés organiques et présentent des caractéristiques physiques particulières qui pourraient influencer les propriétés du ciment.

L'objectif de ce mémoire de master est d'étudier l'effet de l'ajout de noyaux d'olive sur les propriétés physiques et durables du ciment. Cette étude vise à évaluer les performances mécaniques, la durabilité et d'autres caractéristiques pertinentes du ciment modifié, afin de déterminer son potentiel d'application dans divers domaines de la construction.

Le présent manuscrit sanctionnant ce travail est entamé par cette introduction générale qui donne une idée sur l'importance et l'intérêt du thème abordé, tout en soulignant les objectifs visés.

Le premier chapitre est constitué d'une revue bibliographique donnant une présentation générale sur le ciment.

Le deuxième chapitre est consacré sur d'une revue bibliographique donnant une présentation générale sur le déchet de noyau d'olive.

Ensuite, une méthodologie expérimentale sera mise en place pour étudier les propriétés physiques du ciment avec l'ajout de noyaux d'olive. Les résultats obtenus seront comparés à ceux du ciment conventionnel pour évaluer les changements induits par l'ajout de noyaux d'olive.

Enfin, les implications et les applications potentielles de l'ajout de noyaux d'olive en tant qu'adjuvant cimentaire seront discutées. Les avantages environnementaux, économiques et durables de cette approche seront évalués, et des recommandations pratiques seront formulées pour une utilisation optimale des noyaux d'olive dans l'industrie du ciment.

Ce mémoire de master contribuera à l'enrichissement des connaissances sur les adjuvants cimentaires et ouvrira la voie à de nouvelles possibilités de valorisation des déchets de l'industrie de l'huile d'olive. L'exploitation de cette ressource naturelle abondante et la

promotion d'une construction durable et respectueuse de l'environnement sont des enjeux majeurs pour l'industrie de la construction moderne.

Chapitre I
Généralités sur le ciment

I.1. La définition du BISKRIA Ciment

La société des ciments "BISKRIA CIMENT" est une Société par action (S.P.A), privée de droit Algérien qui a été créé en Janvier 2009. La vocation principale de la société est la production et la commercialisation des ciments. Elle est composée d'une seule entité située au siège de la société. Ses actionnaires sont tous des opérateurs économiques privés Algériens. Elle tire ses principales matières premières à partir du gisement de djebel M'hor pour le calcaire, situé à environ 02 Km et Etaref pour l'argile, situé à 15 Km. La société BISKRIA CIMENT est une entreprise de fabrication et ventes des ciments au capital social : 870.000.000,00 DA [1].

I.1.1. Fiche signalétique

- Raison sociale : Société BISKRIA CIMENT (S.B.C).
- Forme juridique : Société par actions.
- Actionnaires : Opérateurs économiques privés Algériens à 100%.
- Siège social : Djar Belaharche Commune de BRANIS / Daïra de DJEMOURA / Wilaya de BISKRA.
- Capital social : 4.284.000.000 DA.
- Secteur d'activité : Matériaux de construction, branche ciment.
- Activité principale : Production et commercialisation des ciments.
- Code d'activité CNRC : 109101.
- N° d'identification fiscale : 000 907 024 283 698.
- N° du registre de commerce : 07/00- 0242836 B 09.
- Tel : +213(0) 560 753 424/+213(0) 33 55 81 22



Figure I.1 : BISKRIA CIMENT



Figure I.2 : L'emplacement de l'usine par satellite

I.1.2. Les services

La S.P.A BISKRIA CIMENT procède trois secteurs :

- Secteur administratif : contient de service administratif pour gérer la société.
- Secteur industriel : contient les trois lignes de production d'une capacité de 4 million T/an.
- Secteur commerciale : contient le service de vente et d'expédition.

I.1.3. Les produits

La S.P.A Biskria Ciment produit des ciments de qualité qui sont systématiquement contrôlés par le laboratoire de la cimenterie et périodiquement par le Centre d'Études et de services technologiques de l'industrie des matériaux de construction CETIM (selon le référentiel ISO 17025). Ces produits sont:

A. CEM I 42.5 R Ciment Portland

Ciment portland, pour les bétons hautes performance et a une résistance rapide à court terme, destiné aux domaines où les délais de décoffrage sont courts, il est recommandé particulièrement pour le bétonnage par temps froid en hiver.

Composition : 95 % à 100% de clinker (k)

Complément à 100% de sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise.

B. Ciment portland aux ajouts type II

CEM II A-L 42.5 R : Ciment gris pour béton à performances élevées, il procure une utilisation confortable du au temps de prise idéale, destiné à la construction dans le bâtiment, le génie civil, ainsi dans la préfabrication.

Composition 80 % à 94 % de clinker (KK)

Complément à 100% du calcaire (L)

C. Ciment portland au calcaire

CEM II/B-L 32.5 R : Ciment gris destiné aux travaux de bâtiment, génie civil industriel et routier.

Composition 65 % à 79% de clinker (KK)

Complément à 100% du calcaire (L)

D. Résistant au sulfate à faible chaleur d'hydratation

CEM I – 42.5N SR3 LH : Ciment portland résistant au sulfate Un Ciment gris résistant aux sulfates, pour la réalisation de béton mortiers, béton-armé ou non-armé en hivers comme en été, lorsqu'une résistance aux Sols agressives est préconisée Composition : au moins 95 % de clinker (KK) Ajouts : la proportion de constitutions secondaires est limitée à 5%



CEM I 42.5 R



CEM II A-L 42.5 R



CEM II/B-L 32.5 R



CEM I - 42.5 R SR3

Figure I.3 : Types de ciment produit par Biskria ciment.

I.2. C'est quoi le ciment ?

I.2.1. Définition

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise par suite de réaction et processus d'hydratation et qui après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau [2].

D'un point de vue minéralogique, le ciment peut être définie comme un mélange d'oxyde basique, CaO noté C, et d'oxydes acides ou amphotères comme SiO₂ noté S, Al₂O₃ noté A, ou Fe₂O₃ noté F, en notation cimentaire [2].

I.2.2. Constituants de base du ciment

Le produit obtenu après refroidissement rapide (la trempe) est le clinker.

I.2.2.1. Matières premières

Les matières premières nécessaires à la fabrication du ciment sont le calcaire et l'argile à des proportions variées.

A . Calcaire

Le calcaire est généralement extrait de la carrière. Il peut rentrer dans des proportions allant jusqu'à 80% de la masse totale du mélange cru [3].

Le calcaire est une roche sédimentaire produite par des organismes vivants ; par exemple les coquilles.

Le calcaire est formé essentiellement de calcite qui peut contenir plus de 99,9 % de CaCO_3 . Les calcaires contiennent souvent des fossiles (débris de coquilles, de squelettes d'organismes coloniaux,...) qui sont liés par un ciment calcaire [4].

Le calcaire peut être identifié car il peut être dissout par les acides tels que l'acide chlorhydrique en solution ou par l'acide éthanóique contenu dans le vinaigre ou encore par l'acide tartrique. Il forme alors de l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et du gaz carbonique CO_2 [4].

On classe les calcaires comme suit :

- **Calcaire dur**

On attribue ce nom au calcaire contenant un minimum 80 % de CaCO_3 et un maximum de 5% de MgCO_3 . Les calcaires durs sont imperméables à l'eau [5].

- **Calcaire mou (craie)**

Le calcaire mou contient un maximum de 90 % en CaCO_3 [6]. Les calcaires mous sont poreux, et perméables à l'eau.



Figure I.4: Calcaire.

B. Argile

L'argile recouvre toutes les petites particules formées par les processus d'érosion ou d'altération des roches, c'est-à-dire aussi bien du sable (SiO_2), des oxydes (comme l'oxyde ferrique Fe_2O_3 qui donne la couleur rouge à certains sols), des carbonates comme la calcite, que tout autre minérale. Les argiles sont de bons catalyseurs [7].



Figure I.5: Argile.

I.2.2.2. Matériaux de correction

Des correcteurs, minerai de fer qui apporte Fe_2O_3 , sable pour SiO_2 sont ajoutés pour atteindre la composition souhaitée du cru [6].

A -Minerai de fer (Fe_2O_3)

Le minerai de fer est une roche contenant du fer, généralement sous la forme d'oxydes [8].



Figure I.6: Minerai de fer (Fe_2O_3).

B -Sable

Le sable est fait de grains minéraux tous petits (pas plus de deux millimètres). C'est de la roche effritée par l'érosion [7].



Figure I.7: Le sable

I.2.2.3. Les matières secondaires (Ajouts)

• **Le laitier**

Le laitier se compose principalement de silice (SiO₂), chaux (CaO), alumine (Al₂O₃) et d'oxyde de magnésium (MgO) [6].

Tableau I.1: Composition chimique du laitier granulé [9].

Eléments	Pourcentage (%)
CaO	40-50
SiO	26-32
Al ₂ O ₃	12-20
MgO	2-6

I.2.2.4. Produit semi-fini

Le ciment résulte du broyage d'un certain nombre de constituants. Le plus important étant le clinker formé de silicates et d'aluminates de chaux. Montre le clinker dans sa phase cristalline [6].

Le clinker obtenu à la sortie du four à la suite de la cuisson des matières premières constituées principalement de calcaire, d'argile et de matières de correction, est un matériau hydraulique se présentant sous la forme de petits nodules très durs [10].

Ces nodules comportent quatre phases cristallines synthétisées lors de la cuisson par notation cimentière [11].

Dans la zone de clinkérisation du four, les éléments simples (CaO, SiO₂, Al₂O₃ et Fe₂O₃) se combinent pour donner les constituants minéraux suivants:

- Silicate tricalcique, Ca₃SiO₅ ou 3CaO.SiO₂: C₃S (Alite).
- Silicate bicalcique, Ca₂SiO₄ ou 2CaO.SiO₂: C₂S (Bélite).
- Aluminate tricalcique, Ca₃Al₂O₆ ou 3CaO.Al₂O₃: C₃A (Célite).
- Alumino ferrite tetracalcique, Ca₄Al₂O₁₀Fe₂ ou 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃: C₄AF (Félite) [6].

I.2.3. Composition chimique

Le clinker est principalement composé d'oxydes métalliques, les quatre principaux: l'oxyde de calcium (CaO), de silicium (SiO₂), d'aluminium (Al₂O₃) et de fer (Fe₂O₃), représentant environ 95 % en masse.

La composition chimique moyenne du clinker est présentée dans le tableau I.2 [12].

Tableau I.2: Composition chimique du clinker.

Composants du clinker	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Notation cimentière	C	A	F	S	M	S	K	N
Teneurs limites (%)	62-67	2-9	1-5	19-25	0-3	1-3	0.6	0.6

I.2.4. Composition minéralogique

La composition minéralogique moyenne du clinker est comprise dans les limites suivantes (tableau I-3) [12].

Tableau I.3: Compositions minéralogiques moyenne du clinker.

Composants minéralogiques	Alite C ₃ S	Bélite C ₂ S	Célite C ₃ A	Célite C ₄ AF
Teneur en (%)	40 à 70%	10 à 30%	2 à 15%	0 à 15%

I.3. Principe de fabrication ciment portland

La fabrication de ciment se réduit schématiquement (voir figure I.8) aux trois opérations suivantes:

- Préparation du cru.
- Caisson.
- Broyage et conditionnement.

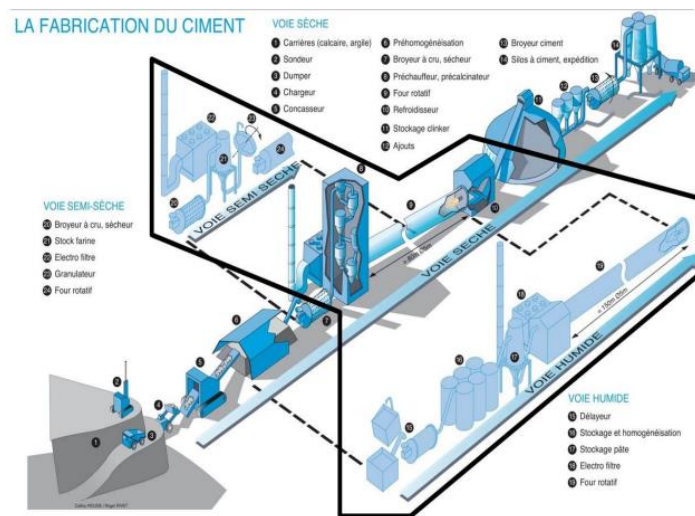


Figure I.8: Fabrication du ciment.

Il existe 4 méthodes de fabrication du ciment (voir figure I.8) qui dépendent essentiellement du matériau:

- Fabrication du ciment par voie humide (la plus ancienne).
- Fabrication du ciment par voie semi-humide (en partant de la voie humide).

- Fabrication du ciment par voie sèche (la plus utilisée).
- Fabrication du ciment par voie semi-sèche (en partant de la voie sèche).

I.3.1. Les étapes de la fabrication du ciment

Nous allons par la suite décrire la voie sèche car c'est la voie la plus utilisée dans l'usine et la plus économique.

I.3.1.1. Fabrication du ciment par voie sèche

A. Carrière

- **Extraction et préparation des matières premières**

Le calcaire et l'argile sont extraits par manutention mécanique une fois la roche abattue à l'explosif ou par ripage au niveau de deux carrières (Les gisements calcaires et argiles naturels). Les blocs sont repris par dumpers ou bande transporteuse vers un atelier de concassage et réduits dans en éléments d'une dimension maximale de 50 mm [13].

- **Concassage**

Les matières sont concassées en carrière (1800 m environ du site de l'usine) au début de 1200 t/h pour une granulométrie finale de 0 à 25 mm [14].

Les pierres arrivent généralement à l'usine en gros blocs et avec leur humidité de carrière, et il faut d'abord les concasser, puis les sécher, ou au contraire les délayer, avant de les passer au broyeur. Pour choisir le type et les dimensions des machines, on tiendra compte de la nature et de la grosseur de la pierre, du degré de finesse désiré, et du rendement escompté [15].

B. Le Stockage de matière première

Après l'opération de concassage de ces trois constituants de base on obtient une granulométrie de 0 à 25 mm, les constituant sont acheminés vers le stock primaire (hall de stockage) par des tapis roulant couvert, pour le pré homogénéisation : un hall avec un stockage circulaire pour le calcaire et un hall à stockage linéaire pour l'argile et le sable et minerai de fer [13].

C. Pré-homogénéisation

Le cru est un mélange homogène de calcaire et d'argile ; les minerais de fer et de sable. Les proportions sont déterminées selon leurs compositions chimiques. Le mélange est broyé en poudre de granulométrie inférieure à 90 microns. La poudre obtenue est homogénéisée par un mélangeur pneumatique (un suppresseur pour la fluidisation et un compresseur pour l'homogénéisation. Le produit obtenu est appelé la farine cru « le CRU » [16].

D. Broyage cru

Le mélange concassé est stocké dans des hangars de pré homogénéisation. Le mélange pré- homogénéisé corrigé avec différents ajouts (calcaire pur, fer) est broyé dans un broyeur pour l'obtention d'une poudre fine, pelée cru ou farine, prête à la cuisson et stockée dans des silos d'homogénéisation [7].

E. Homogénéisation

La farine crue est homogénéisée dans deux silos d'une capacité unitaire de 10000 T. Pour augmenter l'efficacité de l'homogénéisation les deux silos sont alimentés et soutirés simultanément. La méthode généralement utilisée pour l'homogénéisation est envoi de l'air en bas de silos permettant de fluidifier la farine [7].

F. Préchauffage

La farine avant d'atteindre le four, passe dans une tour appelée préchauffeur. Tout au long de son parcours jusqu'au four, la farine passe des cyclones obligeant la matière à circuler dans le sens opposé aux gaz chauds issus du four permettant une bonne homogénéisation des constituants et surtout une décarbonatation.

Les différentes phases de la cuisson sont les suivants :

1- Vaporisation de l'eau à $T= 100^{\circ}\text{C}$.

2- Départ de l'eau combinée des argiles à $T= 450^{\circ}\text{C}$.

3- Dissociation de CaCO_3 (décarbonatation complète) à pression atmosphérique à $T= 900^{\circ}\text{C}$.

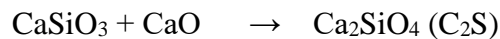
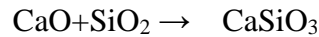
Selon : $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

G. Four rotatif

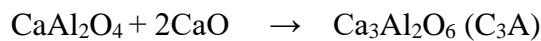
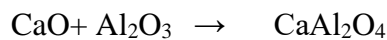
Le four rotatif permet d'effectuer la réaction de clinkérisation au cœur de la fabrication du ciment. Il s'agit d'un tube cylindrique. La matière progresse grâce à l'inclinaison et à la rotation du four. En sortie des cyclones, la matière arrive en amont du four. Cette zone permet de porter les matières premières jusqu'à environ 800-900°C, achevant ainsi la décarbonatation du calcaire. La matière progresse alors jusqu'à la zone de clinkérisation correspondant à une température d'environ 1450°C. A cette température les réactions (Combinaison de la chaux) entre la chaux CaO et les oxydes SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ forment des silicates, aluminates et alumino-ferrites de calcium constituant le clinker [11].

La combinaison de CaO avec :

- Le silicium (Si) pour former du C₂S (silicate bi calcique), cette réaction est légèrement exothermique :



- L'aluminium (Al) pour former une solution solide d'aluminates de calcium.



- La température de la matière monte jusqu'à 1450 °C. Une partie de la matière fond pour donner naissance à la phase liquide (constituée de phase aluminat et ferrite C₄AF), cette étape demande beaucoup d'énergie.

En parallèle, il y a formation de C₃S (silicate tricalcique) : à partir de 1300 °C, le C₂S se transforme en C₃S en réagissant avec une partie du CaO non combiné. La réaction est exothermique [13].



H. Refroidisseur

Le refroidisseur a pour rôle d'abaisser la température du clinker tombant du four à une température d'environ 1450°C jusqu'à 80-100°C. Il est équipé d'une batterie de ventilateurs fournissant l'air de refroidissement.

I. Stockage du clinker

La manutention du clinker est réalisée par des transporteurs métalliques vers les deux stocks polaires principaux de capacité unitaire de 30000 t un troisième stock de 3000 est réservé pour les incuits. L'extraction de clinker est assurée par des extracteurs vibrants [14].

J. Broyage ciment

Le clinker additionné de gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) comme retardateur de prise avec une proportion qui ne dépasse pas 5% et éventuellement de produit secondaires (calcaire...) sont broyés dans des broyeurs ciment pour obtenir le produit fini qui est le ciment [17].

K. Stockage ciment

Le ciment fabriqué est ensuite stocké dans des silos et prêt à être vendu soit par sacs ou en vrac.

L. Expédition

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de grandes capacités qui alimentent par la suite les ateliers d'ensachage pour les l'expédition en sacs, ou les dispositifs de chargement et livraisons en VRAC. Donc les expéditions comprennent le stockage du ciment, son conditionnement (ensachage) en cas de livraison par sacs ou via un vrac et son chargement sur l'outil de transport (camion). C'est l'interface de l'usine avec le client [7].

CHAPITRE II

Généralités sur le noyau d'olive

II.1. Olive et noyau d'olive

II.1.1 Les olive

II.1.1.1 Histoire et l'origine de l'olivier

L'olivier, arbre spécifique du bassin méditerranéen, a été depuis la nuit des temps considéré comme symbole de la sagesse, de la paix, de la richesse et de la gloire [18].

Il a été planté dans toutes sortes de sols mais le plus souvent dans des terrains pauvres (sols rocheux et calcaires), là où d'autres cultures n'auraient pas pu être envisagées. Il a la particularité de se multiplier facilement. Il prend racine par toutes les parties qui le constituent, à l'exception des feuilles.

L'origine de l'olivier reste toujours incertaine, mais il est généralement admis que son berceau fut l'Asie mineure depuis six mille ans avant J.C. Il est apparu en premier temps en Palestine, le Liban. La culture de l'olivier poursuivit ensuite son expansion en dehors de la Méditerranée avec la découverte de l'Amérique en 1492. L'olivier est retrouvé au Mexique puis Pérou, en Californie, au Chili et en Argentine en 1560 [19].

L'olivier a connu aussi une large diffusion à Chypre, les côtes de la Turquie, la Syrie, le sud de l'Espagne, la France et l'Italie. En Afrique du nord, la culture de l'olivier existait déjà avant l'arrivée des Romains [20].

Selon le Conseil Oléicole International, on découvrit en 1957 dans la zone montagneuse du Sahara Central (Tassili dans le Hoggar en Algérie), des peintures rupestres réalisées au II^e millénaire avant J.C. avec des hommes couronnés de branches d'olivier témoignant ainsi de la connaissance de cet arbre au cours de ces époques anciennes [21].

II.1.1.2 Production de l'olive

La plupart des oliviers sont produits par des pays méditerranéens dont l'Algérie qui produit environ 1% de la production mondiale.

II.1.1.2.1 Production de l'olive en Algérie

La culture de l'olivier revêt une importance non négligeable pour l'Algérie, et surtout la Kabylie, sur une surface de 389 000 ha pour plus de 25 millions d'arbres. L'oléiculture est basée exclusivement au niveau de six principales wilayas, trois wilayas de la région du centre,

qui représente plus 50% de la surface oléicole nationale (Bejaia, Tizi-Ouzou, Bouira) et trois de la région Est (Bourdj Bourreridj, Sétif et Jijel) [22].

Selon les chiffres avancés par l'instance internationale de contrôle de la production d'huile d'olive, l'Algérie a produit lors de la saison 2016/2017, 66 700 tonnes d'huile d'olive contre 80 000 tonnes en 2017/2018 occupant ainsi la 9ème place au niveau mondial. Pour moderniser cette filière en difficulté, le ministère de l'agriculture a mis en œuvre les mesures incitatives à la production en faveur des professionnels de l'oléiculture. Un programme qui entre dans le cadre de la Politique de Renouveau Agriculture et Rurale (PRAR).

La figure suivante représente le verger oléicole Algérien:

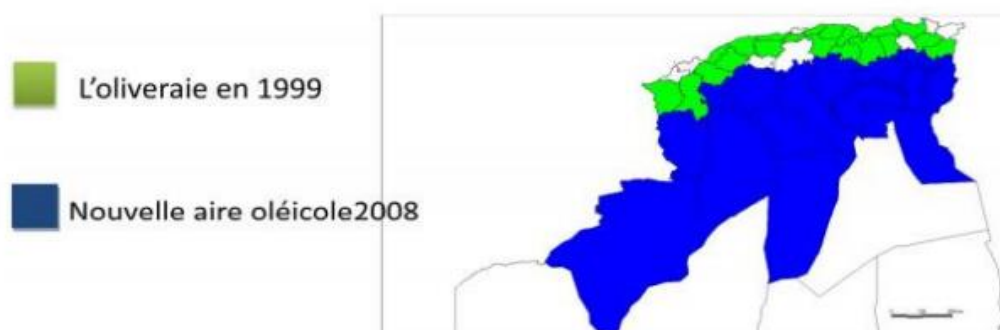


Figure II.1 : Carte oléicole d'Algérie.

II.1.1.3 Définition

L'olive est le fruit de l'olivier, un arbre fruitier caractéristique des régions méditerranéennes. Sur le plan botanique, il s'agit d'une drupe, à peau lisse, à mésocarpe charnu riche en matière grasse, renfermant un noyau ligneux, qui contient une graine. Sa forme ovoïde est typique. Sa couleur, d'abord verte, vire au noir à maturité complète chez la plupart des variétés. La maturité est atteinte entre octobre et décembre dans l'hémisphère nord [23].

II.1.1.4 Composition

L'olive est une drupe, elle se compose de trois parties: le noyau (ou endocarpe), la pulpe (mésocarpe) et la cuticule (épicarpe). Les composés chimiques se répartissent quant à eux dans les différentes parties de l'olive. Ainsi, les triglycérides (l'huile) se trouvent majoritairement dans la pulpe et dans le noyau [24].

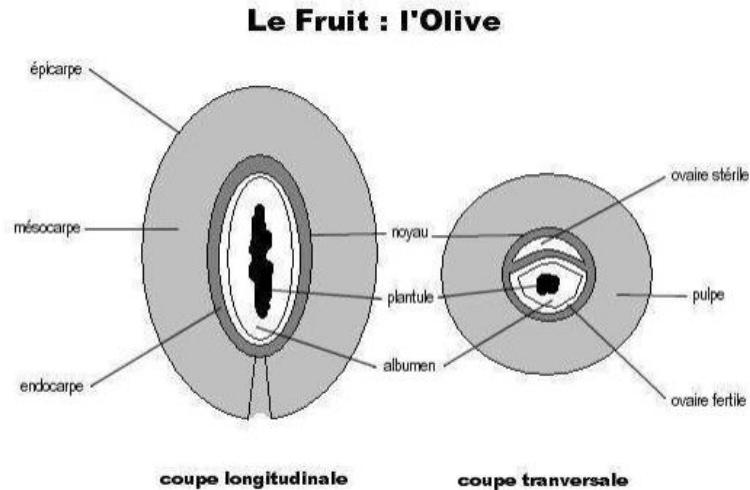


Figure II.2 : Composition d'olive.

II.1.2 Noyau d'olive

I.1.2.1 Définition

Le noyau d'olive est issu de la séparation de la coque du grignon d'olive rejeté lors de la trituration de l'olive par une huilerie moderne dans la ville de Bejaia (Algérie). D'après l'analyse chimique du noyau d'olive, cette matière est composée principalement de cellulose (40.2%), la lignine (24.21%), hémicellulose (20.19%), les cendres (1.62%) et une quantité de matières grasses (1.2%) [25].



Figure II.3 : Noyaux d'olive.

II.1.2.2 Caractéristiques des noyaux d'olive

Le noyau d'olive est caractérisé généralement comme suis [24] :

- Forme: ellipsoïdale
- La taille: petite à moyenne.
- Poids de 20 grain: 10 à 15g.
- Couleur: verre et noire.
- Surface: grossière.

II.1.2.3 Noyaux d'olives pour différentes applications industrielles

Car le noyau peut avoir de nombreuses vies... Prenons l'Espagne, premier pays producteur d'huile d'olive au monde. Chaque année, les moulins n'y génèrent pas moins de 37 500 tonnes de grignons, les résidus de la presse qui contiennent les noyaux broyés. Traditionnellement, ces grignons étaient jetés, brûlés ou, dans le meilleur des cas, compostés. Mais depuis que des pionniers ont montré la voie, de nombreuses initiatives se développent à travers le monde entier pour réutiliser de diverses manières ce qui apparaît aujourd'hui comme une précieuse matière secondaire.

Le granulé de noyaux d'olives est également utilisé comme matériau de construction, par exemple comme mortier aussi performant que le béton traditionnel ou sous forme de briques très résistantes. Il joue un rôle d'agent liant et structurant, et certains fabricants estiment qu'il améliore la résistance et durée de vie de matériaux variés [26].



Figure II.4 : Mortier léger à base de noyaux d'olive.

II.1.3 grignons d'olives

II.1.3.1 Définition des grignons d'olives

Les grignons sont les résidus solides issus de la première pression de l'olive. Ils sont formés de la pulpe et noyaux d'olives. Le poids des grignons représente environ un tiers du poids des olives fraîches triturées. Ces déchets contiennent en moyenne 28,5% d'eau, 41,5% de coque, 21,5% de pulpe et 8,5% d'huile [27].

II.1.3.2 Les types de grignon d'olive [28]

Selon le traitement subit, les grignons se divisent en:

A- Le grignon brut

C'est le résidu de la première extraction de l'huile par pression de l'olive entière, ses teneurs relativement élevées en eau et en huile favorisent son altération rapide lorsqu'il est laissé à l'air libre.

B- Le grignon épuisé

C'est le résidu obtenu après déshuilage du grignon brut par un solvant, généralement l'hexane.

C- Le grignon partiellement dénoyauté

Résulte de la séparation partielle du noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation Il est dit "gras" si son huile n'est pas extraite par solvant Il est dit "dégraissé ou épuisé" si son huile est extraite par solvant.

II.1.3.3 Caractéristiques physiques

Les grignons bruts renferment la coque du noyau, réduite en morceaux, la peau et la pulpe broyée de l'olive, environ 25% d'eau et encore une certaine quantité d'huile qui favorisent leur altération rapide.

Les grignons épuisés diffèrent essentiellement par une plus faible teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'ils ont été déshydratés au cours du processus de l'extraction.

Les grignons épuisés partiellement dénoyautés sont constitués essentiellement par la pulpe (mésocarpe) et contiennent encore une petite proportion de coques qui ne peuvent être séparées complètement par les procédés de tamisage ou de ventilation utilisés [21].

II.1.3.4 Caractéristique chimiques

Les caractéristiques chimiques de noyau d'olive sont présentées dans le tableau ci-dessous

- Composition chimique de l'olive

Tableau II.1 : Composition chimique d'olive.

Partie	Matières Az. totales	Matières Grasses	Cellulose brute	Matières minéraux	Extractif non azoté
Epicarpe	9.8	3.4	2.4	1.6	82.8
Mésocarpe	9.6	51.8	12.0	2.3	24.2
Endocarpe (noyau et amande)	1.2	0.8	74.1	1.2	22.7

- Composition chimique des grignons

Tableau II.2 : Composition chimique du grignon.

Type	% de la Matière Sèche				
	Matière Sèche	Matières minérales	Mat. Az. totales	Cellulose brute	Matières Grasses
Grignon brut	75-80	3-5	5-10	35-50	8-15
Gr. gras part. dénoyauté	80-95	6-7	9-12	20-30	15-30
Grignon épuisé	85-90	7-10	8-10	35-40	4-6
Gr. épuisé part. dénoyauté	85-90	6-8	9-14	15-35	4-6
Pulpe grasse	35-40	5-8	9-13	16-25	26-33

II.1.3.5 Les composants minéraux des grignons d'olives**Tableau II.3 :** Les composants minéraux du grignon.

KO	NaO	MgO	CaO	Fe	P	S	Cu	Zn	Mn
12.40	0.40	1.20	8.50	1.90	2.70	1.30	0.44	0.33	1.08

II.1.4. Technologie de transformation des olives

L'objectif principal de la culture de l'olivier a toujours été la production d'huile d'olive. Toutes les méthodes d'extraction visent à extraire une quantité d'huile maximale sans compromettre sa qualité d'origine. Des processus mécaniques ou physiques sont nécessaires pour obtenir un produit qui conserve ses caractéristiques initiales.

II.1.4.1. La récolte

Pour obtenir une huile d'olive de haute qualité, la matière première à partir de laquelle elle est produite doit respecter les normes de pureté les plus élevées. Il faut que les fruits soient matures et sains. Qui décrit la durée de temps nécessaire pour que la couleur passe du vert jaune au violet noir.

En conséquence, Le meilleur moment pour récolter des olives est lorsque la production d'huile et les caractéristiques organoleptiques (parfum, saveur, etc.) seront les plus élevées. Les olives sont récoltés manuellement ou mécaniquement.

A- La cueillette manuelle

C'est la méthode la plus ancienne et la seule employée en Algérie. Il peut être effectué manuellement, avec des instruments de gaulage basiques, par chute naturelle de fruits, ou encore avec l'utilisation d'un type de peigne qui permet de retirer les olives de leurs branches (Figure 12 a, b, c). Pendant toute la période de récolte, des filets permanents de récolte doivent également être étendus sous les arbres afin que les olives ne touchent pas le sol directement.

B- La récolte mécanique

Les équipements appropriés, tels que les crochets vibrants, les peignes oscillantes et les vibreurs, sont utilisés pour y parvenir.

Les peignes mécaniques utilisés ont un moteur qui leur permet de tourner au bout d'une manche télescopique, en revanche, dans les grandes exploitations, la méthode de vibration des branches est la plus courante, consistant à attacher des pinces métalliques au tronc de l'olivier, puis à appliquer une vibration à haute fréquence sur le tronc, ce qui empêche les olives mûres de tomber de l'arbre.



a) Récolte à la main.

b) Récolte avec gaule.

c) Récolte avec peigne.

Figure II.5 : Récolte manuelle (A la main, à la gaule et avec peigne).

a) Fourche vibrante.

b) Vibreur spécial olive.

Figure II.6 : Récolte mécanique.

II.1.4.2. Le transport et le stockage des olives

Après la cueillette, les olives doivent être transportées le plus rapidement possible. Une voiture à corps basculant ou un tracteur sont utilisés pour effectuer cette opération, qui seront recouverts d'une toile imperméable ou utilisés de petites caisses en plastique trouées afin que l'air circule et que la chaleur des fruits se disperse.

Afin d'éviter leur écrasement, il est essentiel de limiter la profondeur des couches d'olives et le temps de transport.

Dès leur arrivée dans les huileries, les olives doivent être modifiées afin d'éviter toute détérioration de leur qualité, mais cette conservation sera limitée.

Pour que l'air circule, le système le plus logique de stockage des olives consiste à faire des couches de 10 à 12 cm de hauteur sur le sol ou à utiliser des claies superposables. Il est possible de conserver les fruits dans des caisses en plastique perforées, à condition que les couches ne dépassent pas 20 à 30 cm.

Ensuite, tout doit être entreposé au frais, à l'abri de la lumière, loin de toute source de chaleur et dans un espace bien aéré. De plus, les olives saines ne doivent pas être stockées avec des olives à maturité avancée pour éviter la fermentation, la moisissure ou le réchauffement (Figure 7).



Figure II.7 : Stockage des olives.

II.1.4.3. Le nettoyage (Défeuillage et lavage)

Cette étape consiste à éliminer toutes les impuretés et les résidus potentiels de traitement phytosanitaire. Le défeuillage est effectué manuellement ou à l'aide d'un appareil automatique équipé d'un système d'aspiration pour retirer les feuilles, les branches, les petits cailloux, les brindilles et d'autres matériaux. Les olives sont ensuite lavées pour éliminer toutes les matières étrangères, comme la terre et la poussière, qui pourraient altérer la qualité de l'huile d'olive.



Figure II.8 : Nettoyage des olives.

II.1.4.4. L'extraction de l'huile d'olive

Les quatre principales étapes du processus d'extraction de l'huile d'olive sont les suivantes : Les opérations préliminaires comprennent le nettoyage, le broyage, le malaxage et la séparation des phases. Tous les systèmes utilisés pour la transformation des olives partagent ces étapes. Ils ont pour but : Pour augmenter la quantité d'huile extraite : Pour faciliter sa libération et préserver sa qualité lors de la séparation des phases solide et liquide.

II.1.4.5. Le broyage des olives

Il implique la rupture mécanique des parois et des membranes cellulaires, ce qui provoque la libération d'huile et de sucs cellulaires. Le broyage des olives doit être conforme à leur degré de maturité.

Pendant cette phase, le produit obtenu est une pâte connue sous le nom de "pâte d'huile", qui est une masse semi-fluide composée d'une fraction solide et d'une autre liquide. La première représente les fragments de noyaux, la peau et la pulpe, tandis que la seconde représente l'émulsion d'huile et d'eau. Deux types de broyeurs les plus courants de nos jours sont le broyeur à meule (Figure 9 a) et le broyeur à marteau ou à disques dentés (Figure I.17 b) qui effectuent ce processus

L'action mécanique du broyeur à meule est exercée par la rotation d'une ou plusieurs grandes roues en granit, qui concassent les noyaux et malaxent la masse travaillée. Le deuxième type de broyeur est traité en cycle continu avec un chargement et un déchargement automatisés. Par conséquent, il est plus simple et a un rendement de trituration plus élevé que le premier broyeur, ce qui a amélioré son utilisation.



a) Broyeur à meule en pierre.



b) Broyeur à marteau.

Figure II.9 : Broyage des olives (broyeur à meule en pierre, broyeur à marteau).

II.1.4.6. Le malaxage

Afin d'obtenir un maximum de rendement, il est nécessaire de malaxer la pâte d'olive obtenue après le broyage car cela permet d'homogénéiser et d'agiter la pâte et de briser l'émulsion huile/eau afin que les gouttelettes d'huile se fusionnent pour former des gouttelettes plus grosses. Cette intervention est effectuée pendant une période limitée (20–30 minutes) et à une température ne dépassant pas 22-25 °C (Figure 10).



Figure II.10 : Le malaxage des olives.

II.1.4.7. L'extraction (Séparation des phases)

Le grignon est la substance solide présente dans la pâte produite par le broyage et le malaxage, qui comprend des débris de noyaux, des épidermes et des parois cellulaires. Alors que la "marge" est la partie fluide contenant l'huile et l'eau de végétation. Et pour séparer ces deux substances solides et liquides, des systèmes de pression, de centrifugation et de percolation doivent être utilisés.

A-L'extraction par pression

Il s'agit d'un processus discontinu qui implique l'utilisation de presses hydrauliques ou métalliques à vis pour séparer les phases liquides (huile et marge) des grignons de la phase solide.

La méthode d'extraction consiste à étaler la pâte d'olive en fines couches sur des disques filtrants connu sous le nom de « scourtins », qui sont remplis les uns les autres et guidés par une aiguille centrale pour former une colonne qui est soumise à une pression graduelle et lente de 200 à 400 Kg F/cm² pendant au moins 45 minutes.

La pâte évacue le moût huileux et les bords sous cette pression. En revanche, cette substance liquide s'écoulera dans un récipient tandis que les grignons seront visibles sur les scourtins. La phase huileuse sera ensuite séparée des bords par décantation dans des cuves ou plus récemment à l'aide d'une centrifugeuse verticale.

La densité inférieure de l'huile par rapport à l'eau qui permet sa montée à la surface permet cette décantation naturelle. Comme il est également effectué à l'air libre dans des bacs en ciment, en argile ou en faïence, un sous-produit liquide appelé "Les margines" sera produit à la fin.



Figure II.11 : Presse hydraulique
(système traditionnel)



Figure II.12 : Broyeur à meules
(système traditionnel)

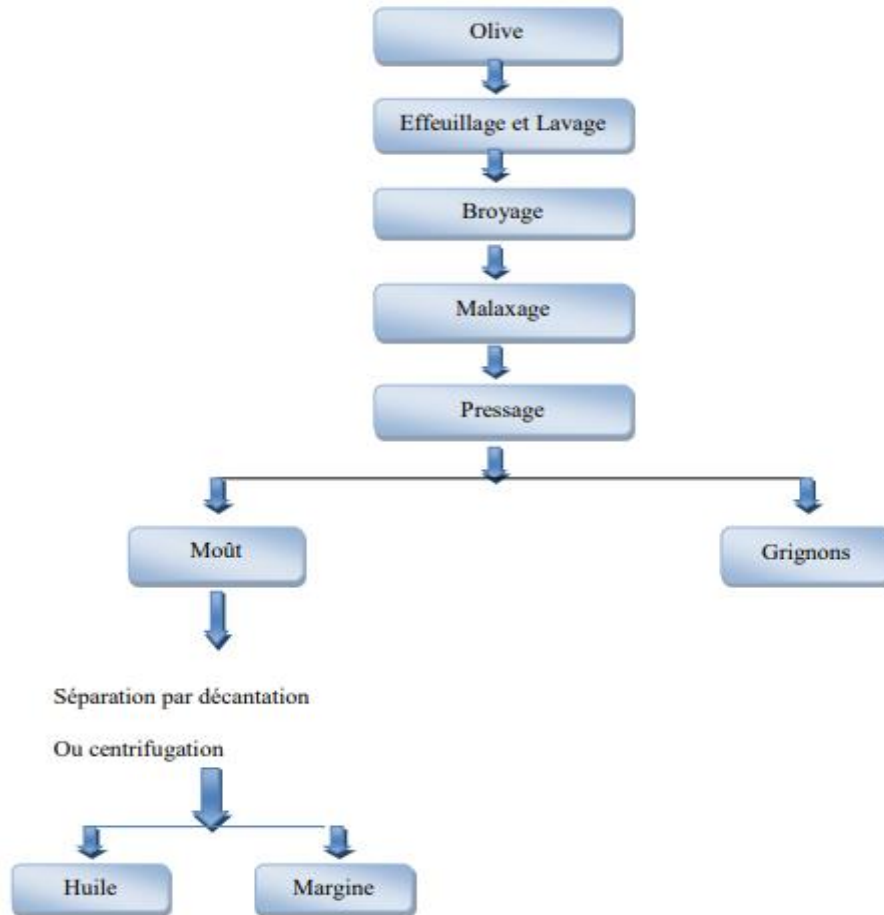


Figure II.13 : Diagramme de système d'extraction discontinue par pression.

B-Système d'extraction par centrifugation

C'est le processus de transformation le plus courant et correspond à un système d'extraction en continue avec deux centrifugations, une horizontale et une verticale. Il peut y avoir deux phases où l'eau ne sera pas injectée ou très peu ajoutée. De plus, il peut être divisé en trois étapes où l'addition d'eau est nécessaire.

Dans ce système, le principe de la séparation est basé sur la vitesse élevée générée par la centrifugeuse horizontale pour augmenter les masses spécifiques des liquides non miscibles (huile et eau) et de la matière solide (grignons). En d'autres termes, l'extraction par centrifugation exploite les différences existantes entre les poids spécifiques des grignons et des phases liquides.

- **Système d'extraction par centrifugation à deux phases**

Il fonctionne avec un décanteur et une centrifugation à deux phases qui ne nécessite pas d'eau et permet de séparer l'huile d'un mélange pâteux avec une humidité d'environ 65 à 72 %.

Par conséquent, l'utilisation d'une seule centrifugation dans ce système permet de séparer l'huile du grignon des eaux de végétation sans fluidifier la masse d'olive.

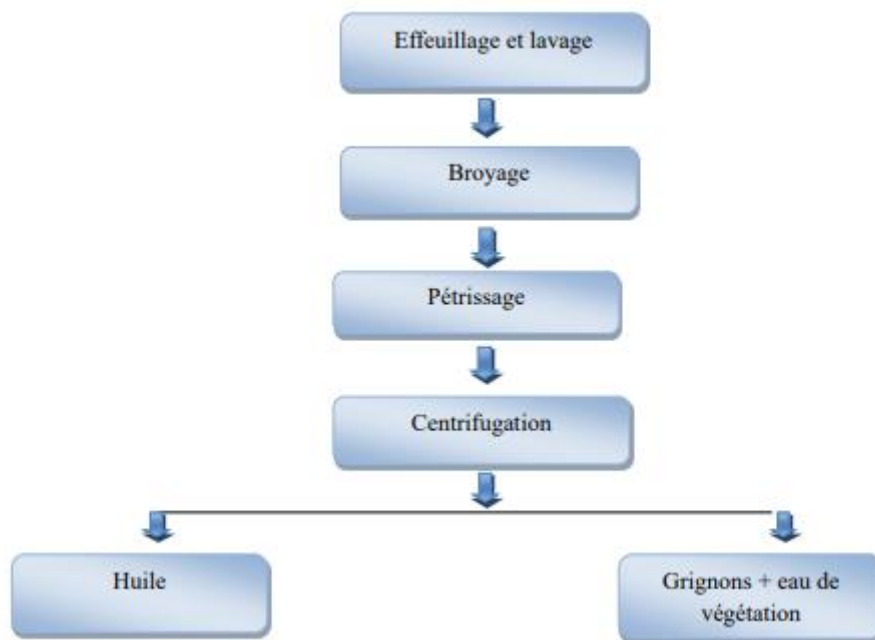


Figure II.14 : Diagramme de système d'extraction continue avec centrifugation à deux phases.

- **Système d'extraction par centrifugation à trois phases**

En utilisant deux centrifugations, le processus consiste à séparer les phases solides et liquides, tandis que l'autre centrifugation fluidifie la masse d'olive en ajoutant une quantité variable d'eau (entre 50 et 70 %) à une température comprise entre 25 et 35 °C. Une centrifugeuse horizontale sera utilisée pendant l'extraction pour séparer les grignons de la phase liquide (huile et margine). Ensuite, l'huile sera séparée des bords par une centrifugeuse verticale qui ajoute de l'eau tiède lors du malaxage et de la centrifugation pour une meilleure séparation entre la phase huileuse et aqueuse.

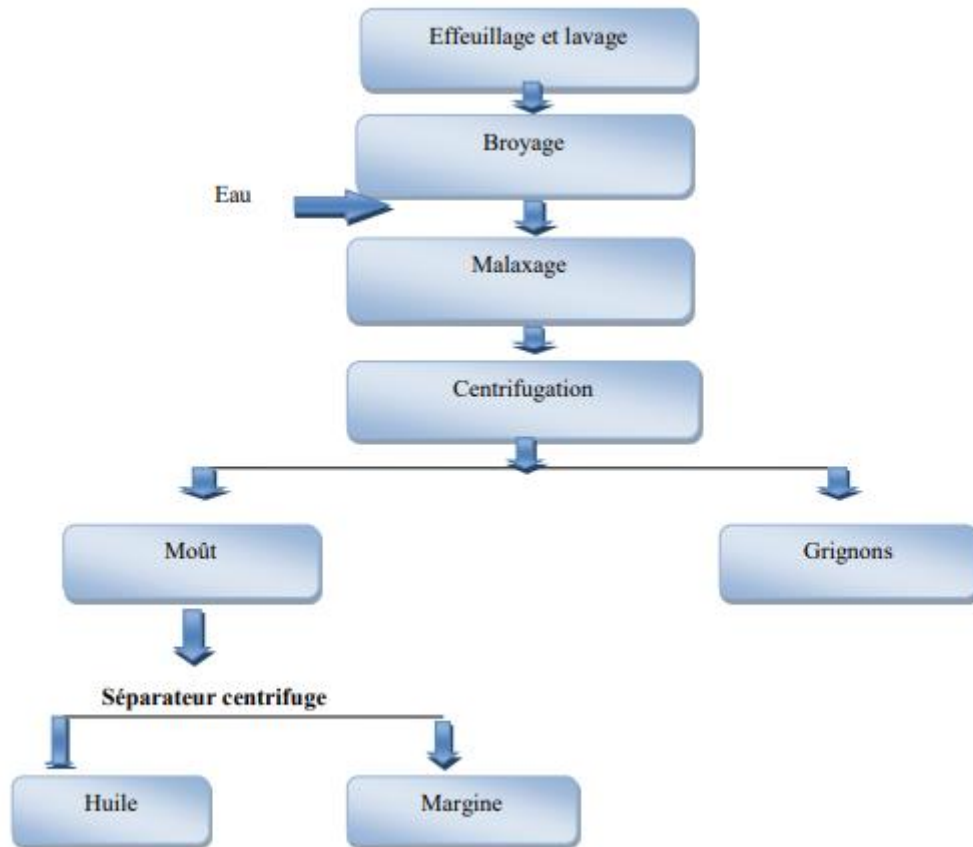


Figure II.15 : Diagramme de système d'extraction continue avec centrifugation à trois phases.



Figure II.16 : Centrifugeuse (système moderne).



Figure II.17 : Broyeur à marteau (système moderne).

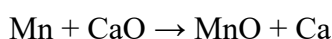
Chapitre III

Partie expérimentale

III.1. Les expériences entre les composants du ciment et les composants des déchets d'olive

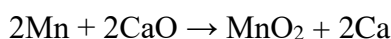
Lorsque les composants manganèse (Mn) et oxyde de calcium (CaO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de manganèse (II) oxyde (MnO):



Dans cette réaction, le manganèse réagit avec l'oxyde de calcium pour former de l'oxyde de manganèse (II) et du calcium. C'est une réaction de substitution simple.

- Formation de manganèse (IV) oxyde (MnO₂):



Dans cette réaction, le manganèse réagit avec l'oxyde de calcium pour former de l'oxyde de manganèse (IV) et du calcium. C'est également une réaction de substitution simple.

- Formation de manganèse (II) calcium silicate (CaMnSiO₄) :



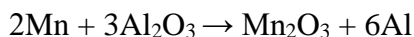
Dans cette réaction, le manganèse, l'oxyde de calcium et le dioxyde de silicium réagissent ensemble pour former un silicate de manganèse (II) et du calcium. C'est une réaction de formation d'un silicate.

- $2\text{KMnO}_4 + \text{CaO} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{MnO}_4)_2$

Dans cette réaction, le permanganate de potassium réagit avec l'oxyde de calcium pour former du dioxyde de manganèse (MnO₂), de l'oxyde de potassium (K₂O) et du permanganate de calcium (Ca(MnO₄)₂).

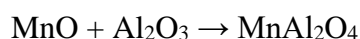
Lorsque les composants manganèse (Mn) et oxyde d'aluminium (Al₂O₃) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles :

- Formation de manganèse (III) oxyde (Mn_2O_3):



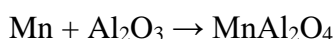
Dans cette réaction, le manganèse réagit avec l'oxyde d'aluminium pour former de l'oxyde de manganèse (III) et de l'aluminium. C'est une réaction de substitution simple.

- Formation d'aluminate de manganèse (MnAl_2O_4):



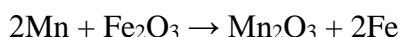
Dans cette réaction, le manganèse réagit avec l'oxyde d'aluminium pour former de l'aluminate de manganèse. C'est une réaction de formation d'un aluminate.

- Formation de manganèse (II) aluminate (MnAl_2O_4):

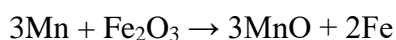


Lorsque les composants manganèse (Mn) et oxyde de fer (III) (Fe_2O_3) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

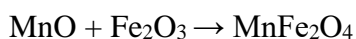
- Formation de manganèse (III) oxyde (Mn_2O_3):



- Formation de manganèse (II) oxyde (MnO):

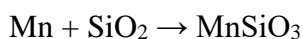


- Formation de manganèse (III) ferrite (MnFe_2O_4):

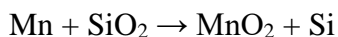


Les réactions chimiques entre le manganèse (Mn) et le dioxyde de silicium (SiO_2) peuvent varier en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs utilisés. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de silicate de manganèse (MnSiO_3):

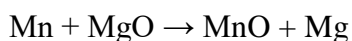


- Formation de manganèse (IV) oxyde (MnO₂):

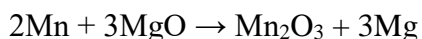


Lorsque les composants manganèse (Mn) et oxyde de magnésium (MgO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

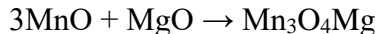
- Formation de manganèse (II) oxyde (MnO):



- Formation de manganèse (III) oxyde (Mn₂O₃):

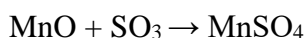


- Formation de magnésiomanganite (Mn₃O₄Mg):



Le trioxyde de soufre (SO₃) est un composé chimique qui réagit de manière limitée avec le manganèse (Mn). Cependant, voici un exemple de réaction possible entre le manganèse et le SO₃:

- Formation de sulfate de manganèse (MnSO₄):

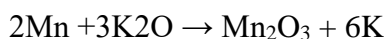


Lorsque les composants manganèse (Mn) et oxyde de potassium (K₂O) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de manganate de potassium (K₂MnO₄):

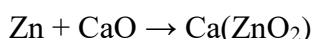


- Formation de manganèse (III) oxyde (Mn_2O_3):



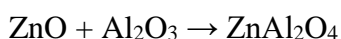
Lorsque les composants zinc (Zn) et oxyde de calcium (CaO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de zincate de calcium ($Ca(ZnO_2)$):

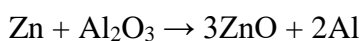


Lorsque les composants zinc (Zn) et oxyde d'aluminium (Al_2O_3) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de zincate d'aluminium ($ZnAl_2O_4$):

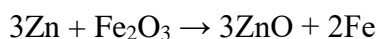


- Formation de zinc métallique et d'alumine (Al_2O_3):

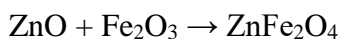


Lorsque les composants zinc (Zn) et oxyde de fer (Fe_2O_3) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de zinc métallique et d'oxyde de fer (FeO):

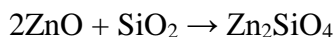


- Formation de zincate de fer ($ZnFe_2O_4$):

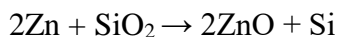


Lorsque les composants zinc (Zn) et dioxyde de silicium (SiO_2) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29] :

- Formation de silicate de zinc (Zn_2SiO_4):

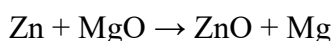


- Formation de zinc métallique et de silice (SiO_2):



Lorsque les composants zinc (Zn) et oxyde de magnésium (MgO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de zinc métallique et d'oxyde de magnésium (MgO):

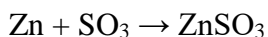


- Formation de zincate de magnésium (MgZn_2O_4):

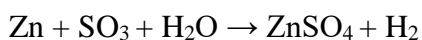


Lorsque les composants zinc (Zn) et trioxyde de soufre (SO_3) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

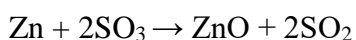
- Formation de zinc sulfite (ZnSO_3):



- Formation de zinc sulfate (ZnSO_4):

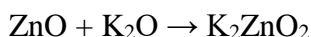


- Formation de zinc oxyde (ZnO) et de dioxyde de soufre (SO_2):

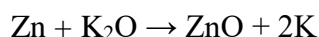


Lorsque les composants zinc (Zn) et oxyde de potassium (K_2O) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de zincate de potassium (K_2ZnO_2):

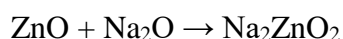


- Formation de zinc métallique et d'oxyde de potassium (K₂O):

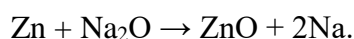


Lorsque les composants zinc (Zn) et oxyde de sodium (Na₂O) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de zincate de sodium (Na₂ZnO₂):

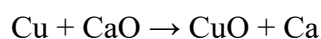


- Formation de zinc métallique et d'oxyde de sodium (Na₂O):

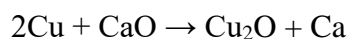


Lorsque les composants cuivre (Cu) et oxyde de calcium (CaO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de cuivre métallique et d'oxyde de calcium (CaO):

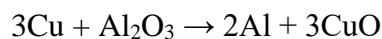


- Formation de cuivre(I) oxyde (Cu₂O) et d'oxyde de calcium (CaO):

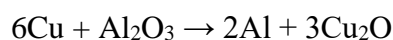


Lorsque les composants cuivre (Cu) et oxyde d'aluminium (Al₂O₃) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de cuivre métallique et d'alumine (Al₂O₃):

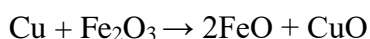


- Formation de cuivre(I) oxyde (Cu₂O) et d'alumine (Al₂O₃):

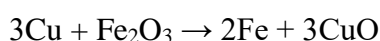


Lorsque les composants cuivre (Cu) et oxyde de fer(III) (Fe₂O₃) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de cuivre métallique et d'oxyde de fer(II) (FeO):

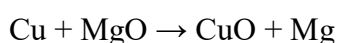


- Formation de cuivre(II) oxyde (CuO) et de fer métallique:

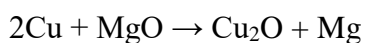


Lorsque les composants cuivre (Cu) et oxyde de magnésium (MgO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de cuivre métallique et d'oxyde de magnésium (MgO):

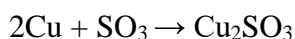


- Formation de cuivre(I) oxyde (Cu₂O) et d'oxyde de magnésium (MgO):

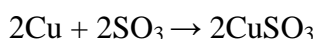


Lorsque les composants cuivre (Cu) et trioxyde de soufre (SO₃) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

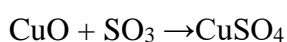
- Formation de cuivre(I) sulfite (Cu₂SO₃):



- Formation de cuivre(II) sulfite (CuSO₃):

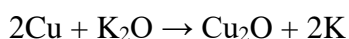


- Formation de cuivre(II) sulfate (CuSO₄):

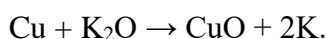


Lorsque les composants cuivre (Cu) et oxyde de potassium (K₂O) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles [29]:

- Formation de cuivre(I) oxyde (Cu₂O) et de potassium (K):

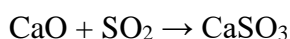


- Formation de cuivre(II) oxyde (CuO) et de potassium (K):

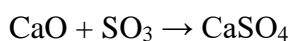


Lorsque les composants de soufre (S) et d'oxyde de calcium (CaO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de sulfite de calcium:

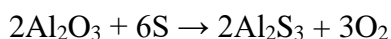


- Formation de sulfate de calcium:

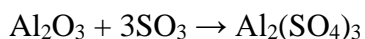


Lorsque les composants de soufre (S) et d'oxyde d'aluminium (Al₂O₃) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de sulfure d'aluminium:

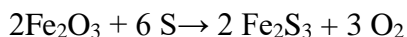


- Formation de sulfate d'aluminium:

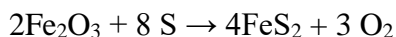


Lorsque les composants de soufre (S) et d'oxyde de fer (Fe₂O₃) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

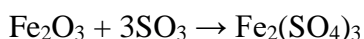
- Formation de sulfure de fer (II):



- Formation de sulfure de fer (III):

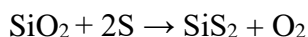


- Formation de sulfate de fer (II):

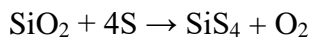


Lorsque le soufre (S) et le dioxyde de silicium (SiO_2) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

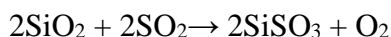
- Formation de sulfure de silicium:



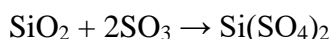
- Formation de polysulfure de silicium:



- Formation de sulfite de silicium:

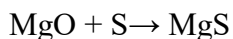


- Formation de sulfate de silicium:

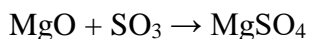


Lorsque le soufre (S) et l'oxyde de magnésium (MgO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

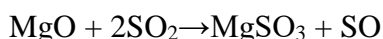
- Formation de sulfure de magnésium:



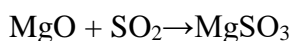
- formation de sulfate de magnésium:



- Formation de sulfoxyde de magnésium et d'oxyde de soufre:

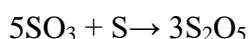


- Formation de sulfite de magnésium:



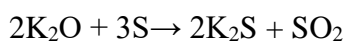
Lorsque le soufre (S) et le trioxyde de soufre (SO₃) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de disulfure de soufre:

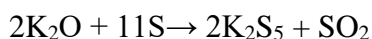


Lorsque le soufre (S) et l'oxyde de potassium (K₂O) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

- Formation de sulfure de potassium:



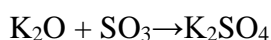
- Formation de polysulfure de potassium:



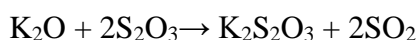
- Formation de sulfite de potassium:



- Formation de sulfate de potassium:

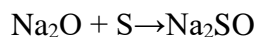


- Formation de thiosulfate de potassium:

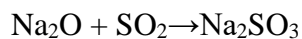


Lorsque le soufre (S) et l'oxyde de sodium (Na₂O) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

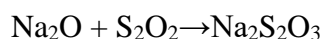
- Formation de sulfure de sodium:



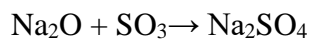
- Formation de sulfite de sodium:



- Formation de thiosulfate de sodium:

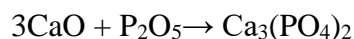


- Formation de sulfate de sodium:

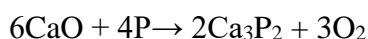


Lorsque les composants de phosphore (P) et d'oxyde de calcium (CaO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

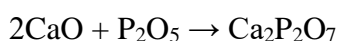
- Formation de phosphate de calcium:



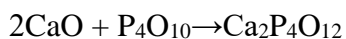
- Formation de phosphure de calcium:



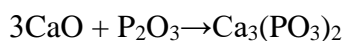
- Formation de pyrophosphate de calcium:



- Formation de diphosphate de calcium:



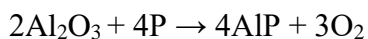
- Formation de phosphite de calcium:



Lorsque les composants de phosphore (P) et d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions

expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles :

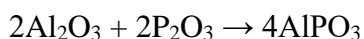
- Formation de phosphore d'aluminium:



- Formation de phosphate d'aluminium:

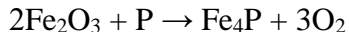


- Formation de phosphite d'aluminium:

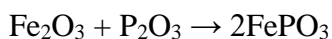


Lorsque le phosphore (P) et l'oxyde de fer (III) (Fe_2O_3) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

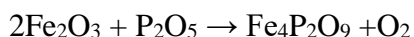
- Formation de phosphore de fer (III):



- Formation de phosphite de fer (III):

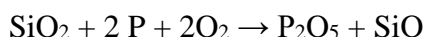


- Formation de pyrophosphate de fer (III):

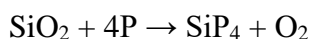


Lorsque le phosphore (P) et le dioxyde de silicium (SiO_2) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

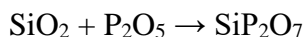
- Formation de phosphate de silicium:



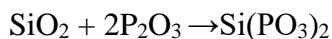
- Formation de phosphore de silicium:



- Formation de pyrophosphate de silicium:

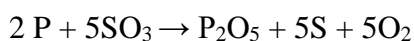


- Formation de phosphite de silicium:

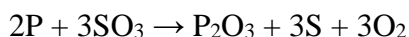


Lorsque le phosphore (P) et le trioxyde de soufre (SO₃) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

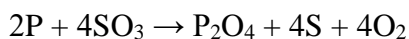
- Formation de phosphate de soufre:



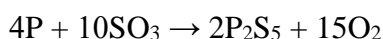
- Formation de phosphite de soufre:



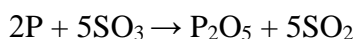
- Formation de diphosphate de soufre:



- Formation de polysulfure de phosphore:

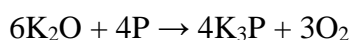


- Formation de sulfate de phosphore:

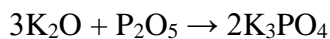


Lorsque le phosphore (P) et l'oxyde de potassium (K₂O) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

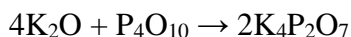
- Formation de phosphure de potassium:



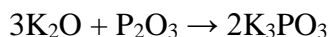
- Formation de phosphate de potassium:



- Formation de pyrophosphate de potassium:

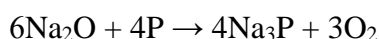


- Formation de phosphite de potassium:

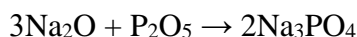


Lorsque le phosphore (P) et l'oxyde de sodium (Na_2O) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

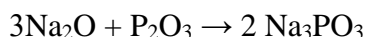
- Formation de phosphure de sodium:



- Formation de phosphate de sodium:

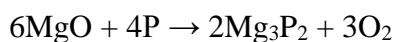


- Formation de phosphite de sodium:

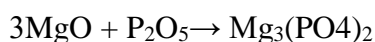


Lorsque le phosphore (P) et l'oxyde de magnésium (MgO) réagissent ensemble, plusieurs réactions chimiques peuvent se produire en fonction des conditions expérimentales et des proportions des réactifs. Voici quelques exemples de réactions possibles:

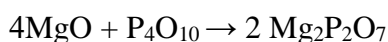
- Formation de phosphure de magnésium:



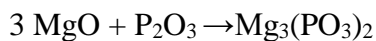
- Formation de phosphate de magnésium:



- Formation de pyrophosphate de magnésium:



- Formation de phosphite de magnésium:



III.2. Les différences composants du mélange

Définition permanganate de calcium

Le permanganate de calcium est un composé chimique inorganique représenté par la formule $\text{Ca}(\text{MnO}_4)_2$. Il est composé d'ions calcium (Ca^{2+}) et d'ions permanganate (MnO_4^-). Le permanganate de calcium est généralement disponible sous forme de cristaux violets foncés ou noirs [30].

Utilisation de permanganate de calcium

Ce composé est principalement utilisé comme oxydant puissant dans divers domaines tels que la chimie analytique, la chimie organique et la chimie industrielle. Il est également utilisé dans le traitement de l'eau pour éliminer les impuretés et les contaminants organiques [30].

Définition de la ferrite de manganèse

La ferrite de manganèse est un oxyde mixte contenant des ions métalliques divalents et trivalents et présents sous la forme d'un matériau solide avec des propriétés magnétiques, à la couleur noire ou brun foncé.

Utilisation de la ferrite de manganèse :

La ferrite de manganèse est utilisée pour la fabrication d'aimants permanents, noyaux de transformateurs, dispositifs magnétiques, d'inductances et de filtrage.

Définition de silicate de manganèse

Mn_2SiO_4 est un composé chimique inorganique composé de ions manganèse (Mn^{2+}) et silicate (SiO_4^{4-}) avec une formule chimique Mn_2SiO_4 . Le silicate de manganèse (II) est généralement présent sous forme de cristallin de couleur verte ou noire.

Utilisation de silicate de manganèse

Mn_2SiO_4 a une dureté modérée et peut être utilisé pour des applications industrielles, comme pigment vert et matériau pour les catalyseurs.

Définition de sulfate de calcium

Le sulfate de calcium est un composé chimique inorganique composé de ions calcium (Ca^{2+}) et sulfate (SO_4^{2-}). Le sulfate est répandu dans la nature et est souvent trouvé sous forme de gisements de gypse. Il est également produit synthétique pour diverses utilisations industrielles.

Utilisation de sulfate de calcium

Le sulfate de calcium est utilisé pour fabriquer des produits de construction, comme agent de charge dans les peintures, encres et revêtements, comme amendement du sol pour améliorer la structure du sol et fournir des nutriments aux plantes, et comme régulateur d'acidité et agent de levée dans la fabrication de produits de boulangerie.

Définition de sulfate d'aluminium

Le sulfate d'aluminium est un composé chimique inorganique représenté par la formule $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Il est composé d'ions aluminium (Al^{3+}) et d'ions sulfate (SO_4^{2-}).

Le sulfate d'aluminium se présente généralement sous forme de cristaux incolores ou blancs.

Utilisation de sulfate d'aluminium

Le sulfate d'aluminium est utilisé pour traiter l'eau, améliorer la formation et la résistance du papier, morder les colorants sur les fibres, ajuster le pH des sols acides, et stabiliser les couleurs dans certains aliments et boissons.

Définition de manganèse calcium silicate

Le manganèse calcium silicate est un composé chimique qui se forme lors de la combinaison du manganèse (Mn), du calcium (Ca) et du silicium (Si) pour former un silicate de manganèse et de calcium.. Sa formule chimique générale est souvent représentée comme MnCaSiO_4 [31].

Le manganèse calcium silicate est un minéral qui se trouve généralement dans les roches métamorphiques riches en manganèse. Il est également connu sous le nom de bustamite, qui est

une variété spécifique de manganèse calcium silicate. Le minéral peut avoir une couleur rose à rougeâtre, et il peut présenter un clivage et une fracture distincts [31].

Utilisation de manganèse calcium silicate

Le manganèse calcium silicate peut être utilisé dans l'industrie des matériaux réfractaires, en raison de sa résistance à la chaleur et à l'usure. Il est également utilisé dans la fabrication de certains types de céramiques et de verres. En outre, il peut être utilisé comme source de manganèse dans certaines applications industrielles [31].

Définition d'aluminate de manganèse

L'aluminate de manganèse est un composé chimique qui se forme lors de la réaction du manganèse (Mn) avec l'alumine (Al_2O_3) pour former un sel d'aluminium et de manganèse. Sa formule chimique générale est $MnAl_2O_4$.

L'aluminate de manganèse est un matériau solide qui peut se présenter sous différentes formes cristallines. Il peut avoir une couleur variable, allant du brun foncé au noir. Il possède des propriétés intéressantes telles que la résistance à la chaleur, la conductivité électrique et la conductivité thermique [32].

Utilisation d'aluminate de manganèse

Ce composé est utilisé dans diverses applications, notamment dans la production de céramiques et de verres spéciaux. Il peut également être utilisé comme pigment pour la coloration des matériaux et dans la fabrication de matériaux réfractaires. En outre, l'aluminate de manganèse peut être utilisé dans les batteries rechargeables à haute énergie, telles que les batteries lithium-ion [32].

Définition de silicate de zinc

Le silicate de zinc est un composé chimique inorganique formé par la combinaison du zinc (Zn) avec le silicium (Si) et l'oxygène (O). Sa formule chimique générale est Zn_2SiO_4 .

Le silicate de zinc se présente généralement sous la forme d'une poudre blanche à jaune pâle. Il est insoluble dans l'eau, mais peut être soluble dans des acides forts tels que l'acide chlorhydrique [33].

Utilisation de silicate de zinc

Ce composé est utilisé dans divers domaines industriels. Il est couramment utilisé comme pigment dans les peintures, les revêtements et les plastiques pour donner des teintes blanches ou opaques. Il est également utilisé dans la production de céramiques, de verres spéciaux, d'émaux et de produits réfractaires [33].

Définition de zincate de potassium

Le zincate de potassium est un composé chimique formé par la réaction entre le zinc (Zn) et le potassium (K) dans une solution alcaline, généralement à base d'hydroxyde de potassium (KOH). Sa formule chimique générale est K_2ZnO_2 .

Le zincate de potassium se présente sous la forme d'un solide cristallin blanc. Il est soluble dans l'eau et se dissocie en ions potassium (K^+) et ions zincate ($Zn(O_2)^{2-}$) en solution [33].

Utilisation de zincate de potassium

Ce composé est principalement utilisé dans l'industrie électrochimique, notamment dans les batteries à base de zinc et de potassium. Il peut également être utilisé comme réactif chimique dans certaines réactions organiques et comme additif dans diverses applications industrielles [33].

Définition de sulfure d'aluminium

Le sulfure d'aluminium est un composé chimique inorganique formé par la réaction entre l'aluminium (Al) et le soufre (S). Il est insoluble dans l'eau mais peut être réagir avec les acides pour former le sulfure d'hydrogène (H_2S).

Utilisation de sulfure d'aluminium

Il peut être utilisé comme réactif chimique dans la synthèse de composés organiques, comme catalyseur dans certaines réactions chimiques et comme pigment dans la fabrication de peintures et de revêtements [33].

Définition de sulfure de magnésium

Le sulfure de magnésium est un composé chimique inorganique formé par la réaction entre Mg et S. Il est blanc à jaune pâle et insoluble dans l'eau, mais peut être réagir avec les acides pour former H₂S.

Utilisation de sulfure de magnésium

Ce composé est utilisé pour détecter ou séparer composés, être utilisé comme pigment dans l'industrie des peintures, des encres et des plastiques, et dans la production de matériaux réfractaires.

Définition de polysulfure de potassium

Le polysulfure de potassium est un composé chimique inorganique formé par la réaction entre le potassium (K) et le soufre (S) pour former des chaînes de soufre avec des degrés variables de polymérisation. Sa formule chimique générale est K₂S_x, où x représente le degré de polymérisation.

Le polysulfure de potassium se présente généralement sous la forme d'un solide jaune à orange. Il est soluble dans l'eau et forme une solution alcaline [34].

Utilisation de polysulfure de potassium

Ce composé est utilisé dans diverses applications, notamment dans l'industrie du caoutchouc pour la vulcanisation des pneus et des produits en caoutchouc. Il peut également être utilisé comme réactif chimique dans certaines réactions organiques et comme composant dans certaines formulations chimiques, notamment dans les adhésifs et les revêtements [34].

Définition de sulfure de sodium

Le sulfure de sodium est un composé chimique inorganique formé par la réaction entre le sodium (Na) et le soufre (S). Ce composé est soluble dans l'eau et est utilisé dans diverses applications industrielles.

Utilisation de sulfure de sodium

Il est utilisé pour éliminer impuretés et colorants, fabriquer produits chimiques, textiles, caoutchouc et métallurgie.

Définition de phosphate d'aluminium

Le phosphate d'aluminium est un composé chimique inorganique formé par la réaction entre l'aluminium (Al) et le phosphate (PO_4^{3-}) pour former le sel d'aluminium du phosphate. Sa formule chimique générale est AlPO_4 .

Le phosphate d'aluminium se présente généralement sous la forme d'un solide blanc ou incolore. Il est insoluble dans l'eau, mais peut être soluble dans des solutions acides ou basiques selon les conditions [33].

Utilisation de phosphate d'aluminium

Ce composé est utilisé pour stabiliser la texture des aliments, catalyser certaines réactions, et fabriquer céramiques, verre et revêtements.

III.3.L'effet des composants sur l'environnement**■ Permanganate de calcium**

Permanganate de calcium est un composé chimique qui peut avoir des effets sur l'environnement, en particulier si il est libéré dans les écosystèmes aquatiques ou terrestres.

Écosystèmes aquatiques : Le permanganate de calcium peut entraîner une augmentation de la concentration en manganèse, qui est toxique pour beaucoup d'organismes aquatiques, et réduire la concentration en oxygène dissous dans l'eau, ce qui peut nuire aux espèces aquatiques dépendant de niveaux élevés d'oxygène.

Écosystèmes terrestres : Le permanganate de calcium peut être absorbé par les plantes, entraîner des effets néfastes sur la santé des plantes et contaminer les réserves d'eau potable. L'impact réel du permanganate de calcium sur l'environnement dépend de nombreux facteurs, tels que la quantité utilisée, la voie d'exposition, la durée et la fréquence d'utilisation, ainsi que les conditions environnementales locales.

■ Ferrite de manganèse

La ferrite de manganèse est un composé chimique à base de manganèse qui a un impact sur l'environnement dépendant de ses formes, concentration, exposition et conditions environnementales.

Écosystèmes aquatiques : La ferrite de manganèse peut être trouvée dans les sédiments et sols des écosystèmes aquatiques, qui peuvent libérer de manganèse dans l'eau et avoir des effets toxiques sur les organismes aquatiques.

Écosystèmes terrestres : La ferrite de manganèse peut affecter la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes, entraîner une toxicité et affecter leur croissance et leur santé. Dans de nombreux pays, la réglementation environnementale encadre l'utilisation et le rejet de la ferrite de manganèse pour minimiser les risques pour l'environnement.

■ Sulfate de calcium

Le sulfate de calcium, connu sous le nom de gypse, est un composé chimique largement présent dans la nature et a une incidence faible et non toxique sur l'environnement. Voici quelques informations sur l'effet potentiel du sulfate de calcium sur l'environnement :

Écosystèmes aquatiques : Le sulfate de calcium est soluble dans l'eau et non toxique pour les organismes aquatiques, et il est utilisé pour l'aquaculture et la conservation de poissons.

Écosystèmes terrestres : Le sulfate de calcium est utilisé pour maintenir un équilibre chimique approprié dans le sol, mais des concentrations élevées peuvent entraîner des effets indésirables. Les effets environnementaux peuvent varier en fonction de la quantité, de la concentration et des conditions d'utilisation. Les réglementations et bonnes pratiques doivent être suivies pour minimiser les impacts éventuels sur l'environnement.

■ Silicate de manganese

Le sulfate d'aluminium est utilisé pour diverses applications industrielles, mais son impact sur l'environnement dépend de ses concentrations, expositions et conditions environnementales. Voici quelques informations générales sur l'effet potentiel du sulfate d'aluminium sur l'environnement:

Écosystèmes aquatiques : Le sulfate d'aluminium est utilisé pour la clarification de l'eau potable et le traitement des eaux usées. Des concentrations normales, ces ions sont non toxiques pour les organismes aquatiques, mais des niveaux élevés peuvent être toxiques pour certains organismes aquatiques sensibles.

Écosystèmes terrestres : Le sulfate d'aluminium peut être utilisé comme amendement du sol dans l'agriculture ou l'horticulture. Les concentrations élevées peuvent avoir un effet toxique sur les plantes et inhiber leur croissance. Il est important de noter que l'utilisation inappropriée ou excessive de sulfate d'aluminium peut entraîner des problèmes environnementaux.

■ Sulfate d'aluminium

Le sulfate d'aluminium est un composé chimique largement étudié en ce qui concerne son impact sur l'environnement. Voici quelques références scientifiques qui fournissent des informations sur l'effet du sulfate d'aluminium. Voici quelques informations sur l'effet potentiel du sulfate d'aluminium sur l'environnement :

Écosystèmes aquatiques : Il est important de maintenir les concentrations d'aluminium dans les eaux de surface dans les limites réglementaires pour minimiser l'effet négatif sur les écosystèmes aquatiques. Les niveaux élevés d'aluminium peuvent être toxiques pour certains organismes aquatiques sensibles.

Écosystèmes terrestres : L'utilisation de sulfate d'aluminium comme coagulant dans le traitement des eaux usées peut provoquer des rejets d'aluminium dans les sols environnants, qui peuvent être toxiques pour les plantes et affecter leur croissance. Il est important de surveiller les concentrations et de maintenir des pratiques de gestion appropriées pour minimiser les effets négatifs sur les écosystèmes terrestres.

■ Aluminate de magnésium

Les effets potentiels de l'aluminate de magnésium sur l'environnement :

Écosystèmes aquatiques : Les concentrations élevées d'aluminium peuvent être toxiques pour certains organismes aquatiques susceptibles à un pH bas, et les effets dépendent de la biodisponibilité et des interactions avec d'autres facteurs environnementaux.

Écosystèmes terrestres : Les informations spécifiques sur l'effet de l'aluminate de magnésium sur les écosystèmes terrestres sont limitées. Cependant, comme le magnésium est un élément essentiel pour les plantes et les animaux, une augmentation de la concentration de magnésium peut potentiellement affecter les écosystèmes terrestres. Des études spécifiques sont nécessaires pour évaluer les effets potentiels de l'aluminate de magnésium sur les sols, la végétation et les organismes terrestres.

■ **Silicate de potassium**

En ce qui concerne son effet sur l'environnement, voici quelques informations générales :

Écosystèmes aquatiques : Le silicate de potassium est peu toxique pour les organismes aquatiques, mais des concentrations élevées peuvent influencer l'équilibre chimique de l'eau et avoir un impact négatif sur les organismes aquatiques. Il est important de maintenir des niveaux appropriés pour éviter tout impact négatif.

Écosystèmes terrestres : Le silicate de potassium est un élément essentiel pour la croissance des plantes et est souvent utilisé comme fertilisant. Une utilisation excessive peut entraîner une augmentation de la concentration de potassium dans le sol, ce qui peut avoir un impact sur la disponibilité d'autres éléments nutritifs pour les plantes. Une utilisation judicieuse et conforme aux recommandations est importante pour minimiser les effets négatifs potentiels sur les écosystèmes terrestres..

■ **Polysulfure de potassium**

Le polysulfure de potassium est une substance chimique utilisée dans divers domaines, notamment l'industrie chimique, l'agriculture et la recherche scientifique. Lorsqu'il est utilisé ou rejeté dans l'environnement, le polysulfure de potassium peut avoir certains effets, notamment :

Toxicité pour les organismes aquatiques : Polysulfure de potassium peut être toxique pour les organismes aquatiques et peut perturber l'équilibre écologique des écosystèmes aquatiques.

Impact sur les sols : L'application de polysulfure de potassium sur les sols peut avoir des effets sur la fertilité, l'absorption des nutriments par les plantes et les écosystèmes terrestres.

Risques pour la santé humaine : Polysulfure de potassium peut être irritant pour la peau, les yeux et les voies respiratoires.

■ Phosphate d'aluminium

Le phosphate d'aluminium est une substance chimique utilisée dans diverses applications, notamment comme adjuvant dans les produits chimiques industriels, les produits de nettoyage et les fertilisants. Lorsqu'il est utilisé ou rejeté dans l'environnement, le phosphate d'aluminium peut avoir certains effets, notamment :

Eutrophisation des plans d'eau : Le phosphate d'aluminium est une source de phosphore essentielle pour la croissance des plantes, mais si rejeté dans les plans d'eau en quantités excessives, il peut contribuer à l'eutrophisation, provoquer une diminution de l'oxygène dissous dans l'eau et causer la mort des organismes aquatiques.

Perturbation des sols et des écosystèmes terrestres : L'utilisation excessive de phosphate d'aluminium comme fertilisant peut entraîner un excès de phosphore dans les sols. Cela peut modifier l'équilibre des nutriments dans le sol, perturber la croissance des plantes indigènes et favoriser la prolifération d'espèces envahissantes.

Impacts sur la qualité de l'eau potable : Si le phosphate d'aluminium est utilisé dans le traitement de l'eau potable, des préoccupations peuvent surgir concernant la présence de résidus de phosphate d'aluminium dans l'eau potable et ses effets sur la santé humaine.

III.4. Etude comparative entre le ciment et le ciment avec les déchets d'olive

L'ajout de noyau d'olive au ciment peut être considéré comme un adjuvant ou un ajout cimentaire utilisé dans certaines applications spécifiques. Cependant, il convient de noter que les propriétés physiques du ciment avec l'ajout de noyau d'olive peuvent varier en fonction de la proportion, de la préparation et de la qualité des noyaux d'olive utilisés. Voici quelques propriétés physiques générales associées à l'ajout de noyau d'olive au ciment :

Tableau II.4 : la différence entre le ciment et le ciment avec les déchets d'olive.

	Ciment	Ciment avec le noyau d'olive
Résistance à la compression	Le ciment Portland offre une résistance à la compression élevée après durcissement. Les ciments de qualité standard ont généralement une résistance à la compression minimale d'environ 20 mégapascals (MPa) après 28 jours.	L'ajout de noyau d'olive peut influencer la résistance à la compression du ciment. Des études ont montré que l'incorporation de noyaux d'olive dans le ciment peut réduire légèrement la résistance à la compression par rapport au ciment pur.
Durabilité	Le ciment Portland durcit par réaction chimique avec l'eau, processus connu sous le nom de prise. Au cours de cette réaction, des cristaux de silicate de calcium hydraté se forment, ce qui confère au ciment sa solidité et sa résistance	L'ajout de noyau d'olive peut potentiellement améliorer certaines propriétés de durabilité du ciment. Les noyaux d'olive peuvent contenir des composés organiques qui ont des propriétés liantes et peuvent réduire la perméabilité du matériau, améliorant ainsi la résistance à la pénétration de l'eau et des agents agressifs.
Retrait	Le ciment Portland subit un retrait lorsqu'il durcit, ce qui peut causer de légères fissures si les conditions de cure ne sont pas adéquates.	L'ajout de noyau d'olive peut également influencer le retrait du ciment. Des études ont montré que l'incorporation de noyaux d'olive peut réduire le retrait plastique du ciment. Cela peut aider à minimiser la formation de fissures dans le matériau durci.
Densité	La densité du ciment Portland se situe généralement entre 3,1 et 3,2 grammes par centimètre cube.	L'ajout de noyau d'olive peut entraîner une légère augmentation de la densité apparente du ciment. Les noyaux d'olive, en tant qu'ajout granulaire, peuvent augmenter la compacité du matériau.

Il est important de souligner que les propriétés physiques spécifiques du ciment avec l'ajout de noyau d'olive peuvent varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la granulométrie des noyaux d'olive, la proportion d'ajout, les conditions de mélange et de durcissement, ainsi que les méthodes d'essai utilisées pour évaluer les propriétés. Pour obtenir des données précises sur les propriétés physiques du ciment avec l'ajout de noyau d'olive.

Conclusion

Conclusion

Ce mémoire de master a été consacré à l'étude de l'ajout de noyaux d'olive en tant qu'adjuvant cimentaire et à son impact sur les propriétés physiques et durables du matériau. Les résultats obtenus ont mis en évidence plusieurs conclusions significatives.

Premièrement, l'ajout de noyaux d'olive au ciment présente des effets sur les propriétés physiques du matériau. Les essais de résistance à la compression ont montré une légère diminution de la résistance du ciment avec l'ajout de noyaux d'olive par rapport au ciment pur. Cependant, la résistance reste dans une plage acceptable pour de nombreuses applications de construction.

Deuxièmement, l'incorporation de noyaux d'olive a un impact positif sur la durabilité du ciment. Les composés organiques présents dans les noyaux d'olive agissent comme des agents liants supplémentaires, réduisant la perméabilité du matériau aux agents agressifs tels que l'eau et les produits chimiques. Cela peut contribuer à une meilleure résistance du matériau aux conditions environnementales défavorables et à une plus grande durabilité à long terme.

Troisièmement, l'ajout de noyaux d'olive a un effet sur d'autres propriétés physiques du ciment, notamment la porosité et le retrait. Les noyaux d'olive agissent comme des particules de remplissage, réduisant la porosité globale du matériau et minimisant le retrait plastique. Cela peut aider à prévenir la formation de fissures et à améliorer la stabilité dimensionnelle du matériau.

En conclusion, l'ajout de noyaux d'olive au ciment présente des avantages et des limitations spécifiques. Bien que cela puisse légèrement réduire la résistance à la compression, cela améliore la durabilité et peut contribuer à des performances globales satisfaisantes du matériau. Les noyaux d'olive offrent une voie intéressante pour la valorisation des déchets de l'industrie de l'huile d'olive et contribuent à la promotion d'une construction plus durable et respectueuse de l'environnement.

Cependant, il est important de souligner que des recherches supplémentaires sont nécessaires pour optimiser les proportions d'ajout de noyaux d'olive, évaluer les effets à long terme sur les propriétés physiques et durables du ciment, ainsi que pour évaluer les aspects économiques et environnementaux de cette approche. Ces recherches futures permettront de mieux comprendre le potentiel de l'ajout de noyaux d'olive en tant qu'adjuvant cimentaire et d'explorer de nouvelles applications dans l'industrie de la construction.

En somme, l'ajout de noyaux d'olive en ciment ouvre des perspectives intéressantes pour une utilisation plus durable des ressources et contribue à la recherche de solutions innovantes dans le domaine de la construction.

Recommandations

Quelques recommandations pour étudier l'effet des noyaux d'olive sur les propriétés physiques et chimiques du ciment :

Préparation des échantillons : Préparez des échantillons de ciment contenant des concentrations différentes de noyaux d'olive. Vous pouvez utiliser des pourcentages pondéraux spécifiques pour la proportion de noyaux d'olive dans le ciment. Assurez-vous de préparer des échantillons représentant un large éventail de concentrations pour étudier l'effet des noyaux sur les propriétés.

Tests des propriétés physiques : Effectuez des tests pour mesurer les propriétés physiques du ciment contenant des noyaux d'olive. Cela peut inclure des tests de résistance à la compression, d'absorption d'eau, de changement de volume, de fatigue thermique, etc. Utilisez des méthodes normalisées couramment utilisées en génie civil pour obtenir des résultats fiables.

Analyses chimiques : Analysez les propriétés chimiques du ciment contenant des noyaux d'olive. Cela peut inclure l'analyse de la teneur en silice, en calcium, en alumine, ainsi que d'autres composés pertinents. Utilisez des techniques d'analyse chimique appropriées pour mesurer les composants et déterminer les éventuels changements dus aux noyaux d'olive.

Interprétation des résultats : Fournissez une interprétation complète des résultats obtenus. Comparez les échantillons contenant des noyaux d'olive avec le ciment ordinaire en termes de propriétés physiques et chimiques. Essayez d'identifier les facteurs contribuant à l'effet réel des noyaux d'olive sur le ciment.

Expansion de l'étude : En fonction des résultats préliminaires, votre étude peut s'étendre pour inclure l'effet des noyaux d'olive sur d'autres propriétés du ciment, telles que les propriétés mécaniques et chimiques supplémentaires. Cela contribuera à une compréhension plus globale de l'effet des noyaux d'olive sur le ciment.

Références

Références

[1] [Biskria Ciment – Biskria Ciment](#)

[2] M.YAHIA, Contribution à la valorisation d'un déchet de cimenterie (ciment hydraté) pour l'élaboration d'un nouveau ciment. Mémoire de master en Génie Civil 2015/2016.

[3] A. SIDI AISSA, L. SIDI YAKOUB, Optimisation du taux des incuits pour la fabrication de ciment CPJ CEM I A/42,5. Université Abou-Bakr Belkaïd, 2008.

[4] B.BELHACHEMI, N. E. HASSAINE, Etude d'un milieu agressif acide sur un mortier à base de ciment composé, 2012.

[5] F. Z. HASNI, A. EL-BOUSLEMTI, Influence de la composition minéralogique du clinker sur la qualité de ciment. Université Abou-Bakr Belkaïd, 2007.

[6] M. A. BENHADDA, La durabilité du mortier à base de ciment de Béni-Saf vis-à-vis de milieux basiques NaOH et NH₄OH. Université Abou-Bakr Belkaïd, 2012.

[7] H. MEBARKI, Etude comparative des clinkers de l'ouest Algérien : Analyse Physicochimique et Applications, Mémoire du master académique en chimie, université de Tlemcen, 2013.

[8] [Minerai de fer. — Wikipédia \(wikipedia.org\)](#)

[9] J.VECOVEN, HOLCIM ; CNRS. L'industrie du ciment donné générales. (Association techniques de l'industrie des liants hydrauliques, 2005.

[10] E. ROMILLIAT « Étude des modes d'action d'agents de mouture sur le broyage du clinker». France, (2006), pp(396).

[11] C. GUERANDEL, Étude de la qualité du piégeage des matières organiques par la matrice cimentaire vis-à-vis de la lixiviation, Thèse de doctorat, Chimie analytique : Université Paul Verlaine –METZ, 2009

[12] NJOYA MAMA, Amélioration Du Processus De Broyage Des Matières Premières En Ciment A La Cimbenin S.A. (2018).

- [13] Y. MOHAMED, Contribution à la valorisation d'un déchet de cimenterie (ciment hydraté) pour l'élaboration d'un nouveau ciment. Mémoire du master, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, (2016)
- [14] A.GHERMAOUI, Effets de certains métaux sur les propriétés physico des mortiers de ciment de Béni pouzzolane. Mémoire du master, Université Aboubaker belkaid- Tlemcen, (2015).
- [15] Y.MADOUI, Recyclage d'un déchet industriel (poussière de By-pass). Mémoire du master, Université Mohamed Kheider de Biskra, (2019).
- [16] A.BENAISSA, Y.HASSINOUI, Optimisation du Taux Des Incuits Dans le Ciment CEM II/A 42,5. Mémoire du master, centre universitaire Belhadj bouchaib-Ain témochente, 2018.
- [17] H.HADDOU, Comportement des mortiers à base d'un ciment portland et ciment.
- [18] M. Benlemlih, J. Ghanam, polyphénols d'huile d'olives, trésors santé, 2ème édition, (2016), pp(208).
- [19] Chevalier. A, L'origine de l'olivier cultivé et ses variations. Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 1948, N303-304.
- [20] D. Tavakoli, M. Hashempour, A. Heidri, Use of waste materials in concrete, Pertanika J.Sci.etTechnol, 26(2018), 499.
- [21] C.O.I. L'Olivier, l'huile, l'olive - Madrid / Espagne, (1998).
- [22] O. Lamani, H. Ilbert, Spécificités de l'oléiculture en montagne (région kabyle en Algérie) : pratiques culturelles et enjeux de la politique oléicole publique, CIHEAM-Options méditerranéennes. (2016), pp (149).
- [23]
https://www.google.com/search?q=L+OLIVE&source=lmns&hl=en&ved=2ahUKEwjEuqjY5ejpAhVPQRoKHadIBdIQ_AUoAHoECAEQAA
- [24] A. NEFZAOU, A. ZIDAN, Les sous- produits de l'olivier. Publication spéciale de l'institut de l'olivier, 3092 Sfax, Tunisie, 1987.
- [25] [Valorisation des sous-produits de l'olivier - Fellah Trade \(fellahtrade.com\)](http://fellahtrade.com)

[26] [Les noyaux d'olive | Jus d'olive \(jUSDolive.fr\)](http://jUSDolive.fr)

[27] Amic. A, Dalmasso. C, Unité de valorisation complète de déchets oléicoles par lombricompostage : Production de produits à haute valeur ajoutée : lombricompost, savon, collagène et lombrics, (2013).

[28] N. Babakhouya, Récupération des métaux lourds par l'utilisation des absorbants naturels, Université de Boumerdes, mémoire de magister ,2010.

[29] Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th Edition, Wiley-VCH, 2008.

[30] P. Patnaik. Handbook of Inorganic Chemicals (Manuel des produits chimiques inorganiques), (2002).

[31] <http://webmineral.com/data/Bustamite.shtml>

[32] <https://www.mindat.org/min-1355.html>

[33] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Zinc-silicate>

[34] <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/480789>

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure I.1	BISKRIA CIMENT.	04
Figure I.2	L'emplacement de l'usine par satellite.	05
Figure I.3	Types de ciment produit par biskria ciment.	07
Figure I.4	Calcaire.	08
Figure I.5	Argile.	09
Figure I.6	Minerai de fer (Fe_2O_3).	09
Figure I.7	Le sable.	10
Figure I.8	Fabrication du ciment.	12
Figure II.1	Carte oléicole d'Algérie (ITAFV, 2012).	19
Figure II.2	Composition d'olive.	20
Figure II.3	Noyaux d'olive.	20
Figure I.4	Mortier léger à base de noyaux d'olive	21
Figure II.5	Récolte manuelle (A la main, à la gaule et avec peigne).	25
Figure II.6	Récolte mécanique.	25
Figure II.7	Stockage des olives.	26
Figure II.8	Nettoyage des olives.	27
Figure II.9	Broyage des olives (broyeur à meule en pierre, broyeur à marteau).	28
Figure II.10	Le malaxage des olives.	28
Figure II.11	Presse hydraulique (système traditionnel).	29

Figure II.12	Broyeur à meules (système traditionnel).	29
Figure II.13	Diagramme de système d'extraction discontinue par pression.	30
Figure II.14	Diagramme de système d'extraction continue avec centrifugation à deux phases.	31
Figure II.15	Diagramme de système d'extraction continue avec centrifugation à trois phase.	32
Figure II.16	Centrifugeuse (système moderne).	32
Figure II.17	Broyeur à marteau (système moderne).	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau I.1	Composition chimique du laitier granule.	10
Tableau I.2	Composition chimique du clinker.	11
Tableau I.3	Compositions minéralogiques moyenne du clinker.	12
Tableau II.1	Composition chimique d'olive.	23
Tableau II.2	Composition chimique des grignon.	23
Tableau II.3	Les composants minéraux des grignon.	24
Tableau II.4	La différence entre le ciment et le ciment avec les déchets d'olive.	62

Résumé

L'objectif principal de ce travail est d'améliorer les propriétés physiques du ciment et d'améliorer la durabilité de la construction en plus de réduire les déchets environnementaux et de le convertir en un produit de valeur en combinant des noyaux d'olive avec du ciment et en évaluant les effets environnementaux et durables de cette approche. Cette étude a montré que l'ajout de noyaux d'olive a un effet positif sur certaines des propriétés physiques du ciment, mais il existe d'autres recherches pour améliorer les proportions d'ajout.

Mot clés : ciment, noyau d'olive

Abstract

The main objective of this work is to improve the physical properties of cement and enhance the sustainability of construction in addition to reducing environmental waste and converting it into a valuable product by combining olive kernels with cement and evaluating the environmental and sustainable effects of this approach. This study showed that the addition of olive kernels has a positive effect on some of the physical properties of cement, but there is more research to improve the proportions of addition.

Key words : cement, olive kernels.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحسين الخصائص الفيزيائية للإسمنت وتعزيز استدامة البناء بالإضافة إلى التقليل من المخلفات البيئية وتحويلها إلى منتج ذو قيمة وذلك من خلال دمج نواة الزيتون مع الإسمنت وتقييم الآثار البيئية والمستدامة لهذا النهج.

أظهرت هذه الدراسة أن إضافة نواة الزيتون له تأثير إيجابي على بعض الخصائص الفيزيائية للإسمنت إلا أن هناك إلى مزيد من البحث لتحسين نسب الإضافة.

الكلمات المفتاحية: الإسمنت، نواة الزيتون.