



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة

Université Echahid Chikh Larbi Tebessi – Tébessa

معهد المناجم

Institut des mines

قسم المناجم والجيوتكنولوجيا

Département des mines et de la géotechnologie

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Génie minier

Option : Exploitation des mines

### Conversion de l'huile comestible usagée en un carburant alternatif au diesel

Présenté par

TORCHANE Borhane & Allal Chaima

Devant le jury:

المؤسسة	الصفة	الرتبة	الإسم واللقب
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي	رئيس اللجنة	أستاذ محاضر-ب	عميرش عبد الكريم
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي	المشرف الرئيسي الأول	ستاذ محاضر-ب	مراح شافية
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي	المشرف الرئيسي الثاني	أستاذ محاضر-ب	هوام علاء
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي	ممتحن	أستاذ مساعد-أ	بوطرفيف ليلي
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي	ممثل الحاضنة	أستاذ	رايس فضيل
/	الشريك الاجتماعي والاقتصادي	/	عوايطية سعد

Promotion 2022-2023



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي: جامعة العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي  
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) عادل شيبان ..... الصفة: طالب، أستاذ باحث، باحث دائم: طالبة

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية/ رخصة السياقة رقم: 121034555 ..... والصادرة بتاريخ 2021/09/28

المسجل بمعهد المناجم ..... قسم المناجم والجيوتكنولوجيا

والمكلف بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها:

Conversion de l'huile Comestible Usagée en un Carburant alternatif au diesel

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2023/07/03

إمضاء المعني (ة)



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي: جامعة العربي التبسي – تبسة

تصريح شرفي  
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) طربشان بوجمان ..... الصفة: طالب، أستاذ باحث، باحث دائم: طالب .....

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية/ رخصة السياقة رقم: 109489894 ..... والصادرة بتاريخ: 2018/06/03

المسجل بمعهد المتاح ..... قسم المتاح والجيوتكنولوجيا .....

والمكلف بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها:

Conversion de l'huile Comestible Usagée en un Carburant alternatif au diesel .....

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2018/07/03 .....





Année universitaire :

Tébessa le : 03.07.2023

### Lettre de soutenabilité

Noms et prénoms des étudiants :

1. Torchane Borhane
2. ALLAL Chaimo

Niveau : 2<sup>ème</sup> année Master Option : Exploitation des mines

Thème : Conversion de l'huile domestique usagée en un carburant alternatif au diesel

Nom et prénom de l'encadreur :

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre I	
Chapitre II	
Chapitre III	





## *Remerciements*

Avant tout nous remercions Allah car à lui seul revient les louanges, le tout puissant pour la force, la volonté et la patience qu'il nous a donnée pour réaliser ce travail .

Nous remercions chaleureusement notre encadreur, **Dr MERAH Chafia**, pour ses précieux conseils ,ses motivations pour réaliser ce modeste travail.

Nous remercions également notre Co-encadreur **Dr Houam Alaa** pour ses conseils.

Nous voudrions remercier chaleureusement chacun des membres du jury :

**Dr Amirech Abdelkarim** qui nous a honoré en acceptant d'être président de ce jury.

Nous sommes reconnaissant envers le **Mme Bouterfif Leila** pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons également à remercier Melle **Rechache Amel** ,responsable du laboratoire des mines pour sa disponibilité.



# *Dédicaces*

**Nous remercions Dieu Tout-Puissant qui nous a permis de mener à bien cette recherche scientifique et qui l'a inspiré avec santé, bien-être et détermination.**

**Je dédie ce modeste travail :**

**À toute la famille, mon père, ma mère, mes sœurs  
et mes frères , à tous les amis et mes  
Proches, toute la promotion du Master spécialité  
exploitation des mines 2022-2023.**

**« et à tous personne ayant contribué à ce travail ».**

**BORHANE**





# الإهداء

الحمد لله المعطاء المرجو سخاؤه رافع السماء المستحق فداؤه،

مشرف العلم والعلماء الذي شمل العالمين إنعامه وعمّ جميع المخلوقات إكرامه وبعد:

## إلى جنتي "وردة قلبي"

إلى أمي ثم أمي ثم أمي ليس لأنك أويتني في رحمك الدافئ فكل الأمهات يفعلن , بل لأنك أول من ساندني والتي ضححت بشبابها من أجلي إلى التي آمنت بي والتي أحببتي بكل نسخي والتي كانت معي في أسوء حالاتي وضغوطاتي , إلى التي تمننت أن تراني هذا اليوم أمي وحبيبتي أهدي لكي نجاحي أطل الله عمرك.

## إلى أبي الغالي تاج رأسي "إبراهيم"

أفنى من الأثر طيب إلى يديه ، على تربيته الذي وإلى قدماي خذلتني حيث عليه ، استندت الذي إلى إسمه أحمل من إلى النجاح دائما أنا هنا بك لي وأراد طريقي ومهد وعلمي أنار دربي الذي إلى المنير ، وسراجي رغباتي تحقيق في عمره ولأجلك إليك أهدي نجاحي أطل الله عمرك.

## إلى خطيبي " هشام "

إلى رفيق دربي وأجمل الأقدار التي رزقني الله بها إلى الذي ساندني وكان معي خطوة بخطوة للوصول لأحسن المراتب

## إلى إخوتي

إلى سندي آدم , وبسمة البيت أحمد "حمودي"

إلى توأم روجي الزهرة "زو" , إلى سندس , هبة الرحمان " الله ينجحكم "رفيف

## إلى كل عائلتي "علال" و"ناصر"

إلى رفيقي أخي في هذا المشوار "برهان"

إلى كل صديقاتي





## **Résumé**

Le biodiesel est un carburant renouvelable et un produit écologique à partir de sources végétales ou animales, il peut être fabriqué à partir d'huiles végétales, telles que l'huile de soja, l'huile de colza, l'huile de tournesol, l'huile de palme, ainsi que d'autres sources telles que les graisses animales ou les huiles usagées. Il est principalement utilisé comme substitut ou mélange avec le diesel conventionnel dérivé du pétrole. Le processus de production du biodiesel, est appelé estérification ou transestérification. Le biodiesel présente plusieurs avantages par rapport au diesel conventionnel tels que la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et ses impacts insignifiants sur l'environnement du fait qu'il est biodégradable.

Le présent travail concerne la production du biodiesel à partir d'huile usagée par transestérification, réalisé au laboratoire des mines.

**Mots clés :** Energie, Biodiesel, Transestérification, Huile usagée

## **Abstract**

Biodiesel is a renewable fuel and an environmentally friendly product from plant or animal sources, it can be made from vegetable oils, such as soybean oil, rapeseed oil, sunflower oil, 1 palm oil, as well as other sources such as animal fats or waste oils. It is mainly used as a substitute or blend with conventional petroleum-derived diesel. The process of producing biodiesel is called esterification or transesterification. Biodiesel has several advantages over conventional diesel such as the reduction of greenhouse gas emissions, and its insignificant impacts on the environment due to the fact that it is biodegradable.

This work concerns the production of biodiesel from used oil by transesterification, carried out in the mining laboratory.

**Keywords:** Energy, Biodiesel, Transesterification, Waste oil

## ملخص

وقود الديزل الحيوي هو وقود متجدد ومنتج صديق للبيئة من مصادر نباتية أو حيوانية ، ويمكن تصنيعه من الزيوت النباتية، مثل زيت فول الصويا وزيت بذور اللفت وزيت عباد الشمس وزيت النخيل ، بالإضافة إلى مصادر أخرى مثل الدهون الحيوانية أو النفايات زيوت. يستخدم بشكل أساسي كبديل أو مزيج مع الديزل التقليدي المشتق من البترول. تسمى عملية إنتاج الديزل الحيوي الأسترة أو الأسترة التبادلية. يتميز وقود الديزل الحيوي بالعديد من المزايا مقارنة بالديزل التقليدي مثل تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ، وتأثيراته الضئيلة على البيئة بسبب حقيقة أنه قابل للتحلل.

يتعلق هذا العمل بإنتاج وقود الديزل الحيوي من الزيت المستخدم عن طريق الأسترة التبادلية ، التي يتم إجراؤها في مختبر المناجم.

**الكلمات المفتاحية:** الطاقة ، وقود الديزل الحيوي ، الأسترة التبادلية ، نفايات الزيوت

# Table des matières

## *REMERCIEMENTS*

## *DEDICACES*

## **RESUME**

INTRODUCTION GENERALE.....	17
----------------------------	----

### **CHAPITRE I .PARTIE GEOLOGIQUE**

I.1. HISTORIQUE .....	4
I.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE .....	4
I.3. NATURE DE GISEMENT .....	5
I.4. MORPHOLOGIE ET STRUCTURE GEOLOGIQUE .....	6
I.5. TECTONIQUE.....	7
I.6. L'OUVERTURE DU GISEMENT AU NIVEAU DE LA MINE DU L'OUENZA .....	8
I.7. L'EXPLOITATION DANS LA MINE DE L'OUENZA .....	8
I.8. REGIME DU TRAVAIL DE LA MINE .....	9
I.9. LA MINERALISATION .....	10
I.10. RESERVES GEOLOGIQUES.....	10

### **CHAPITRE II. CHARGEMENT ET TRANSPORT**

II.1. INTRODUCTION .....	13
II.2. LE CHARGEMENT .....	13
II.2.1. LES ENGIN DE CHARGEMENT.....	14
II.2.2. Le type d'engin d'excavation et de chargement.....	21
II.2.3. Cycle de l'unité de chargement.....	22
II.2.4. Les rendements.....	23
II.3. LE TRANSPORT .....	24
II.3.1. Ttransport par camion: .....	28
II.3.2. Transport par convoyeur : .....	30
II.3.3. Transport par train (locomotive et wagons) : .....	31
II.4. CALCUL DE CHARGEMENT ET TRANSPORT DANS LA MINE D' ELOUENZA (QUARTIER ZERGA) .....	32
II.4.1. Chargement .....	32
II.4.2. Transport .....	35
I.5. IMPORTANCE DU COUT D'EXPLOITATION DANS UNE EXPLOITATION A CIEL OUVERT . .....	39

## Table des matières

### CHAPITRE III. PRODUCTION DU BIODIESEL

<i>III.1. Problématique.....</i>	<i>44</i>
<i>III.2. Biodiesel en algérie.....</i>	<i>45</i>
<i>III.3. Marché du biodiesel.....</i>	<i>45</i>
<i>III.4. Production du biodiesel à partir d'huile usagée.....</i>	<i>46</i>
<i>III.5. Production du biodiesel: principe et réalisation.....</i>	<i>48</i>
<i>III.6. Les étapes d'action :.....</i>	<i>50</i>
<i>III.7. Vérification du produit :.....</i>	<i>53</i>
III.7.1. Mesure de la viscosité.....	54
III.7.2 Le point d'éclair.....	55
III.7.3. L'indice de cétane.....	56
III.7.4 Mesures de la teneur en glycérine.....	58
<i>III.8. Proportions d'utilisation du biodiesel avec le diesel conventionnel.....</i>	<i>60</i>
<i>III.9. Conclusion.....</i>	<i>61</i>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>64</b>

## Liste des figures

FIGURE I.1. CARTE DE LA SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'OUENZA [2].....	5
FIGURE I.2. CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE L'OUENZA .....	6
FIGURE I.3. GISEMENT DE FER DE OUENZA .....	7
FIGURE II.1. PELLES MECANIQUES (A CABLES).....	15
FIGURE II.2. PELLES HYDRAULIQUES (EN BUTTE) .....	16
FIGURE II.3. ROUES-PELLES.....	17
FIGURE II.4. DRAGLINES .....	18
FIGURE II.5. LE SCRAPER [9,10] .....	18
FIGURE II.6. CHARGEUSE SUR CHENILLE [5].....	20
FIGURE II.7. CHARGEUSE PNEUMATIQUE.....	20
FIGURE II.8. .LES DIFFERENTS TYPES D'ENGINS DE CHARGEMENT .....	21
FIGURE II.9. CYCLE D'UNE UNITE DE CHARGEMENT DANS LES MINES .....	22
FIGURE II.10. CLASSIFICATION GENERALE DES SYSTEMES DE TRANSPORT ..	26
FIGURE II.11. SYSTEMES DE TRANSPORT CONTINU ET PAR LOTS. LE CYCLE DE L'ENGIN DE TRANSPORT PEUT ETRE REPRESENTE PAR LA FIGURE SUIVANTE :	27
FIGURE II.12. CYCLE D'UNE UNITE DE TRANSPORT DANS LES MINES.....	28
FIGURE II.13. SCHEMA D'UN CAMION CATARPILLAR 775G [12,13].....	30
FIGURE II.14. SCHEMA D'UN CONVOYEUR .....	31
FIGURE II.15. SCHEMA D'UN TRAIN (LOCOMOTIVE ET WAGONS) [16].....	32
FIGURE II.16. LA PELLE CAT 34990.....	33
FIGURE II.17. CAMION CATERPILLAR775G.....	36
FIGURE III.1. MOLECULE DE METHANOL .....	49
FIGURE III.2. MOLECULE D'HYDROXYDE DE POTASSIUM .....	49
FIGURE III.3. FILTRE L'HUILE. ....	50
FIGURE III.4. CHAUFFER L'HUILE A 60C° .....	50
FIGURE III.5. ALCOOL AVEC LE CATALYSEUR .....	50

## Liste des figures

FIGURE III.6. VERSER LA SOLUTION ET MELANGER PENDANT UN MOMENT5 A 10 MINUTES .....	51
FIGURE III.7. DECOLLEZ PROGRESSIVEMENT GLYCERINE LA COUCHE .....	51
FIGURE III.8. LAVER LA GLYCERINE AVEC DE L'EAU.....	52
FIGURE III.9. METTRE LE MELANGE AU FOUR.....	52
FIGURE III.10. LE BIODIESEL .....	53
FIGURE III.11. LA GLYCERINE.....	53
FIGURE III.12. POURCENTAGE DE REDUCTION DE L'EMISSION DE POLLUANTS DU DIESEL ET LE MELANGE DE 20% DU BIODIESEL AVEC 80% DE DIESEL (B20) [24] .....	61

## Liste des tableaux

TABLEAU I.1. PROPRIETES DU MINERAI [5].....	9
TABLEAU I.2. LA MINERALISATION [7].....	10
TABLEAU II.1. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE PELLE.....	32
TABLEAU II.2. CHRONOMETRAGE DE LA DUREE DU CYCLE PRATIQUE DE LA PELLE .....	33
TABLEAU II.3. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU CAMION CAT775G .....	35
TABLEAU II.4. CHRONOMETRAGE DE LA DUREE DU CYCLE DES CAMIONS CAT775G.1, CAT775G.2, CAT775G.3 .....	37
TABLEAU II.5. EQUATIONS DES COUTS D'EXPLOITATION QUOTIDIENS (O'HARA ET SUBOLESKI, 1992) [17].....	39
TABLEAU II.6. MODELE DE PETITE MINE A CIEL OUVERT (AVEC DES PRODUCTIVITES MOYENNES DE 500 A 20 000 ST) (CAMM, 1991)[18] .....	40
TABLEAU II.7. LA CONSOMMATION DE GASOIL (2022) .....	41
TABLEAU III.1. LES MATERIELS ET LES PRODUITS. ....	48



# **Introduction générale**

Au cours des dernières années la consommation de l'énergie a augmenté considérablement, c'est une pièce maîtresse du développement de la société moderne dont aucune activité ne peut s'en passer. Actuellement le pétrole, et tous les autres combustibles fossiles tels que le charbon et le gaz naturel fournissent la majeure partie de cette énergie. Malheureusement ces ressources ne sont pas renouvelables et leur consommation au rythme actuel conduira d'une part à l'épuisement de ces réserves dans quelques dizaine d'années et d'autres parts à la dégradation de l'environnement à travers la pollution des milieux naturels, la perte de biodiversité et les changements climatiques.

Ainsi toute stratégie énergétique doit s'inscrire absolument dans un contexte de développement durable.

Le biodiesel est un carburant renouvelable et un produit écologique à partir de sources végétales ou animales, il peut être fabriqué à partir d'huiles végétales, telles que l'huile de soja, l'huile de colza, l'huile de tournesol, l'huile de palme, ainsi que d'autres sources telles que les graisses animales ou les huiles usagées. Il est principalement utilisé comme substitut ou mélange avec le diesel conventionnel dérivé du pétrole.

Le processus de production du biodiesel est appelé estérification ou transestérification. Le biodiesel présente plusieurs avantages par rapport au diesel conventionnel tels que la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et ses impacts insignifiants sur l'environnement du fait qu'il est biodégradable.

En raison de sa compatibilité avec les moteurs diesel existants, le biodiesel peut être utilisé directement ou mélangé en différentes proportions avec du diesel conventionnel, formant ainsi des mélanges tels que le b5 (5 % de biodiesel et 95 % de diesel), le b20 (20 % de biodiesel et 80 % de diesel), le b100 pour certains véhicules spécialement conçus pouvant utiliser du biodiesel pur.

Il convient de noter que la production de biodiesel nécessite des matières premières, telles que des cultures oléagineuses, qui peuvent avoir des implications sur l'utilisation des terres, l'agriculture et la disponibilité alimentaire. Il est donc important de veiller à une production durable et équilibrée, en accordant une attention particulière à la gestion responsable des ressources naturelles et à l'impact social et environnemental de la culture des matières premières.

Dans notre alimentation quotidienne les huiles végétales jouent un rôle important, nous les consommons sous forme vierge, raffinée ou bien incluse dans de nombreux produits

Agro- alimentaires. La demande et la consommation de ces huiles ne cessent d'augmenter sur le marché national et international.

Dans ce contexte nous avons traité la production du biodiesel à partir d'huile usagée.

Dans une exploitation à ciel ouvert la consommation du carburant est importante, les coûts de chargements et de transport peuvent atteindre de 50 à 60% des couts d'exploitation. En produisant du carburant biodiesel nous espérons non seulement diminuer les coûts d'exploitation dans une exploitation à ciel ouvert mais aussi son application dans différents domaines tels que transports, notamment dans les véhicules légers, les camions, les autobus, les bateaux et les engins de construction. Le biodiesel peut également être utilisé comme combustible de chauffage résidentiel et industriel.

Pour atteindre cet objectif nous avons réalisé trois chapitres :

- Le chapitre i comporte la géologie, la situation géographique, les réserves ,et la méthode d'exploitation du fer dans la mine de l'ouenza .

- Le chapitre ii comporte l'aspect théorique et le calcul des processus de chargement et transport dans la mine de l'ouenza

- Le chapitre iii est consacré à la production du biodiesel par transestérification au laboratoire des mines par huile usagée.

# **Chapitre I**

## **Partie Géologique**

## I.1. Historique

Depuis l'époque romaine comme le témoignent les vestiges existants (puits et galerie) au niveau des quartiers, douamis et hallatif, cette exploitation concernait le cuivre.

C'est vers 1875 que le gisement de fer de l'ouenza entra dans l'histoire minière, en effet en 1875 l'ingénieur des mines tissot signale l'importance des affalements de minerais de fer de l'ouenza.

- En 1878, le premier permis de recherche de fer.
- En 1901, le prospecteur pascal. Obtient la concession de djebel ouenza.
- En 1913, constitution de la société de l'ouenza.
- En 1921, début de l'exploitation.
- En 1966, nationalisation des mines.
- En 1967, début d'aménagement des installations du skip pour le déblocage du minerai en provenance de la partie amont du gisement.

En 1970, achèvement des travaux du skip [1].

## I.2. Situation géographique

La région des travaux se trouve entre le tell et l'atlas saharien à 150 km au sud-est d'annaba et à 80 km au nord de tébessa. Elle appartient à la zone des hautes plaines, caractérisée par de gros massifs calcaires émergeant de 600 à 1200 m.

Le périmètre d'étude se trouve dans le « djebel ouenza ».

Djebel ouenza dont la partie orientale est située en territoire tunisien fait partie des zones diapiriques de l'atlas saharien, il se trouve dans la région des monts du mellègue en formant un anticlinal orienté ne-sw et s'étend sur une longueur de 12 km et une largeur de 5 km.[1]



**Figure I.1.** Carte de la situation géographique de la région d'ouenza [2]

### **I.3. Nature de gisement**

Le gisement fer de l'ouenza est composé d'un minerai de type hématite actuellement en exploitation, mais il est a noté la présence d'un minerai de fer carbonaté la sidérite qui n'est pas encore mis en exploitation à ciel ouvert, par conséquent un avant projet de sa mise en exploitation par la méthode souterraine a été établi. [3]



**Figure I.2.** Carte géologique de la région de l'ouenza

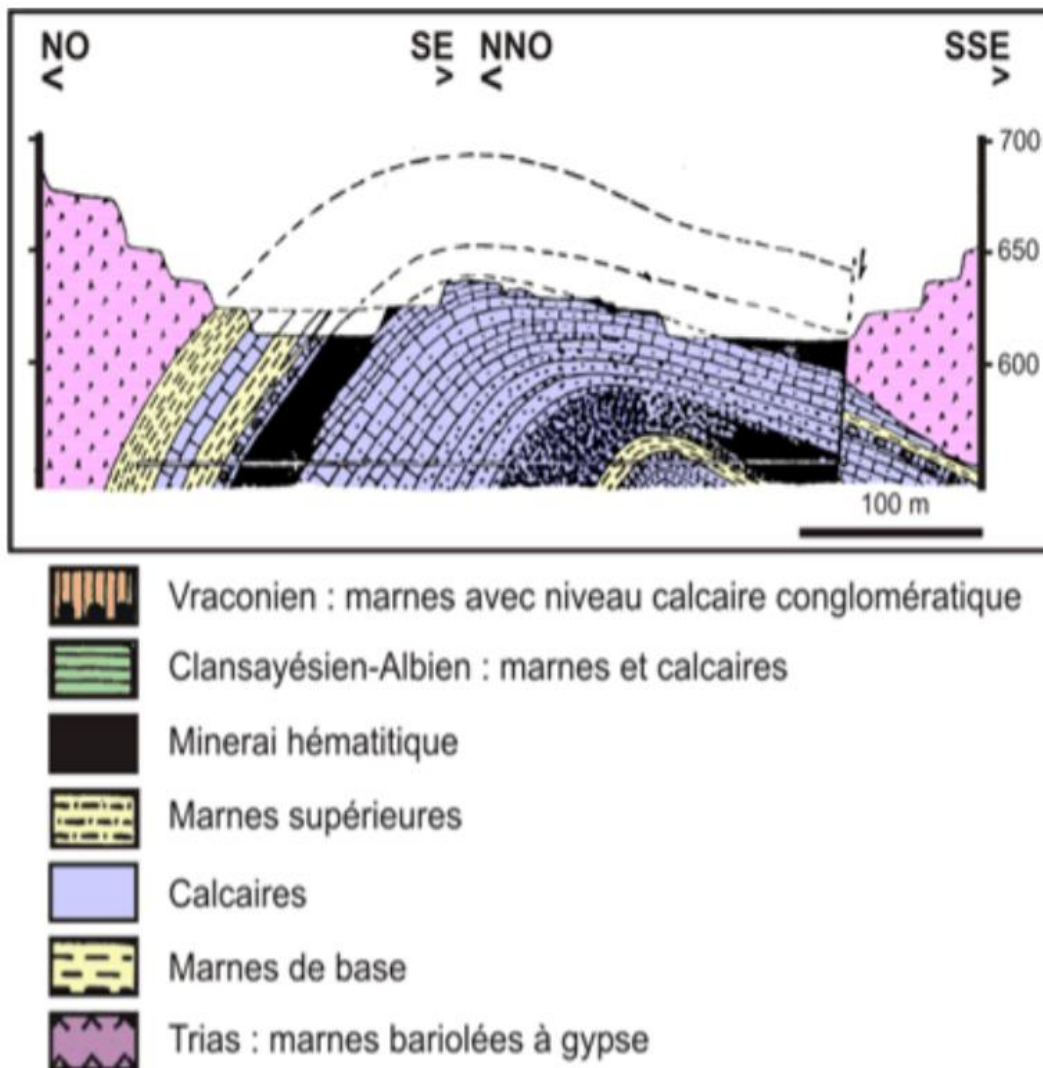
## **I.4. Morphologie et structure géologique**

Le gisement de ouenza se situe dans le djebel ouenza (à relief montagneux) qui est un grand anticlinal de direction sw-ne s'éloigne de la partie périclinale sw qui se présente d'une manière spectaculaire pour aller vers le ne on verra la masse énorme des calcaires récifaux de l'aptien qui forme l'ossature de la montagne.

Une grande faille longitudinale qui coupe le récif aptien dans une zone où il devait avoir tendance à s'amincir abaisse les terrains situés au se du djebel.

Celle – ci se prolonge vers le ne en passant au pied du pic de l'ouenza, et après avoir été éjecté par de petits accidents secondaires loge au nord les parties minéralisées de la mine entre 06 mai et hallatif.

Deux lames triasiques viennent s'injecter dans les marnes de l'albien au nord et au sud du djebel. La lame sud a fait remonter des lambeaux d'aptiens minéralisé (quartier zerga). [4]



**Figure I.3.** Gisement de fer de ouenza

## I.5. Tectonique

La géologie de l'atlas saharien oriental est influencée par trois épisodes tectoniques majeurs.

- la tectonique de distension (ne-sw) (des failles normales).
- la tectonique compressive (nw-se), cette phase a donné à l'atlas saharien sa configuration actuelle en faisant des faisceaux des plis orientés (ne-sw).



- les diapirs sont des structures très particulières qui se reproduisent lorsque les roches de faible densité se comportent de façon plastique et montent à travers leurs couvertures sous l'effet de leurs poids et de la tectonique.

Au niveau du djebel ouenza on distingue une grande faille longitudinale qui coupe le récif aptien dans une zone où il devait y avoir une tendance à l'amincissement, l'abaissement des terrains situés au se du djebel. Cette faille, se prolonge vers le ne en passant au pied du pic et après avoir été déjetée par de petits accidents secondaires, longe au nord les parties minéralisées de la mine de l'ouenza : sainte barbe et hallatif. C'est elle qui a permis la montée des venues minéralisantes.

Un troisième diapir du trias apparait au cœur de l'anticlinal à partir du chantier sainte barbe. Sa mise en place a été facilitée par la faille que nous avons signalée. Les trois injections du trias se rejoignent au ne du djebel.

Signalons encore : le déversement de l'aptien du flanc nord dans la région de koura ouenza qui est liée à la poussé triasique de la lame centrale, le décollement dont le trias est la cause. [3]

### **I.6. L'ouverture du gisement au niveau de la mine de l'ouenza**

Comme on sait, l'exploitation des gisements à relief montagneux se réalise par une ouverture à demi-tranchée d'accès, dont leur réalisation pour la mine du l'ouenza se caractérise par sept niveaux desservis et de tracé presque rectiligne elle est nommée : «*demi-tranchée d'accès commune*»

- la largeur de la demi-tranchée d'accès est **20.5m**.
- les longueurs de la demi tranchée d'accès pour les 7 niveaux est égales **195m**.
- angle de bord de la demi-tranchée d'accès est  $\beta=75$ .
- largeur de la demi-tranchée de découpage est **25m**.
- longueur de la demi-tranchée de découpage est **195m**.
- l'angle de bord de la demi-tranchée de découpage est égal à  $\alpha=80$ . [5]

### **I.7. L'exploitation dans la mine de l'ouenza**

Pour l'exploitation du gisement de l'ouenza, les travaux de forage et de tir sont utilisés comme moyen pour la préparation des roches à l'extraction.

en parallèle avec la méthode de forage et de tir le ripage mécanique est appliqué pour les roches dures et mi dures de forte fissuration, celle-ci présente des avantages économiques dans les conditions favorables pour l'application des rippers.

dans la mine de l'ouenza la méthode d'exploitation appliquée est avec transport et terril extérieur. Elle est de haut en bas ou les travaux d'extraction sont caractérisés par un avancement du chantier et des fronts du travail dans le temps et dans l'espace. [5]

**Tableau I.1.** Propriétés du minerai [5]

<b>Propriétés</b>	<b>Minerai</b>
<b>Nature</b>	Minerai de fer
<b>Densité en place</b>	2.8 t/m <sup>3</sup>
<b>Densité fois</b>	2.35 t/m <sup>3</sup>
<b>Dureté</b>	5.5 à 6.5
<b>Couleur</b>	Brune rouge

## **I.8. Régime du travail de la mine**

Le régime de travail de la mine concerne uniquement la direction d'exploitation et se présente comme suit [1] :

- Nombre de jours ouvrables par an : **295j/an**
- Nombre de jours ouvrables par semaine : **06 j**
- Durée d'un poste : **8 heures**

### **A. Département d'abattage**

- service des travaux de forage nombre de poste par jour : **02 continué**
- service de chargement et tir nombre de poste par jour : **01**

### **B. Département d'extraction**

- service de découverte ou de stérile nombre de poste par jour : **03 continué**
- service d'alimentation produit (minerai) nombre de poste par jour : **03 continué**

## I.9. La minéralisation

Les minerais sont constitués essentiellement d'hématite qui résulte de l'oxydation des amas de sidérose et de pyrite. Le carbonate provient lui-même du métamorphisme des calcaires récifaux de l'aptien.

Les hydroxydes de fer sont le résultat de la désagrégation de l'hématite. Outre le minerai de fer, il faut signaler une très faible présence de minéralisation poly métallique (pb, cu..., le long de la faille du pic.

Suite à la structure et la nature des roches, le gisement est divisé en 07 quartiers ou gites principaux, et il s'agit de : chagoura sud, pic, chagoura nord, 6 mai (conglomérat+ illout), hallatif, douamis et zerga.

**Tableau I.2.** La minéralisation [7]

<b>Les gites</b>	<b>Teneur moyenne Fe</b>	<b>Teneur SiO2</b>
Chagoura sud-pic	<b>47.29%</b>	<b>5.48%</b>
Chagoura nord	<b>48%</b>	<b>5 à 6%</b>
6 Mai	Corps n°1 et 2 <b>50%</b>	<b>4.8%</b>
	Corps n°3 et 4 <b>45%</b>	<b>7%</b>
Hallatif-Douamis	<b>53%</b>	<b>5%- 2%</b>
Zerga	Hors exploitation	Hors exploitation

## I.10. Réserves géologiques

Le gisement de djebel ouenza, avec des réserves importantes se classe parmi les grands gisements dans le monde ; arrêter le 30/06/2020.

- Etat des réserves géologiques en fer du gisement : **78083014 t** avec une teneur moyenne de **49%** ;

- Etat des réserves exploitables en fer du gisement :

- Minerai : **35364387 t** avec une teneur moyenne de **50.5%** ;
- Stérile : **118562665 t** ;

La production annuelle du minerai de fer est : **1700000 t/an** ;

La production annuelle du stérile : **4980000 t/an[1]**

# **Chapitre II**

## **Chargement et transport**

## II.1. Introduction

L'exploitation à ciel ouvert consiste à enlever les stériles de recouvrement et à accéder au gisement à partir du jour ,pour les minerais de la surface de la terre à une profondeur inférieure à 150 m, en raison de la disposition géologique du minerai et des exigences techniques liées à l'extraction, elle exige le déplacement d'une énorme quantité de gangue, de matériaux stériles, de déchets ou de morts-terrains qui recouvrent le minerai d'intérêt économique. Dans une exploitation à ciel ouvert le processus de production proprement dite comprend le forage , le dynamitage ,le chargement et le transport

Après les opérations de forage et de tir il faut charger les matériaux fragmentés puis déplacer les stériles vers les terrils et le minerai vers l'installation de traitement et éventuellement le stock pour la commercialisation, ce qui justifie l'importance du processus de chargement et de transport. L'équipement est donc très important pour assurer la continuité de la production minière.le système chargement transport pelle -camion est une pratique répandue dans les mines à ciel ouvert. Les coûts de transport sont élevés, ils représentent plus de 50 % des coûts d'exploitation totaux dans les mines à ciel ouvert qui utilisent les camions comme principal moyen de transport [6].

## II.2. Le chargement

Le chargement est une opération minière qui consiste à évacuer les déblais du front de taille vers un engin de transport. Nous devons le différencier du déblayage qui consiste à l'évacuation des déblais du front de taille.

Le chargement fait partie des opérations minières fondamentales, et est très déterminante pour le succès de tout projet minier du fait que la production minière dépend pratiquement de la quantité des déblais chargés. Le but de charger la matière (minerai ou stériles) dans les engins de transport.

Les excavateurs et les chargeuses sont des engins destinés à l'excavation et au chargement des roches dans les chantiers vers le lieu de déchargement (dans les moyens de transports ou dans les terrils)[7].

L'efficacité des travaux de chargement des roches dépend en grande partie des résultats des travaux de forage et de tir.

Les engins d'excavation et chargement employés dans les exploitations à ciel ouvert sont principalement des excavateurs à godet unique, des excavateurs à godet multiple, les chargeuses lourdes, les scrapers.

Le choix du type des engins de chargement dans la carrière ou mine à ciel ouvert se base sur les facteurs suivants :

- Nature des roches.
- Propriétés physico-mécaniques des roches.
- Méthode d'exploitation.
- Production envisagée (planifiée)
- Mesures de sécurité
- le personnel, l'usage des engins, la stabilité du talus de gradin, la stabilité des bords de talus des gradins, etc.

On distingue parmi les excavateurs de chargement :

- les excavateurs à godet unique ;
- les excavateurs à godet multiples ;

Les excavateurs à godet unique fonctionnent de manière cyclique et exécutent les opérations du cycle de travail successivement tel que les pelles mécaniques à godet unique, dragline...

Les excavateurs à godet multiples fonctionnent de manière continue, c'est-à-dire toutes les opérations du cycle de travail sont effectuées simultanément tel que la roue-pelle. [7,8]

### **II.2.1. les engins de chargement**

L'adaptation des engins de grandes capacités est conditionnée par les dimensions et les réserves du gisement.

Les exploitations à ciel ouvert utilisent divers types d'engins d'extraction, les plus courants sont :

- Les pelles mécaniques ou hydrauliques ;
- Les roue-pelle ;
- Les draglines ;
- Les scrapers ;

## Chapitre II. Chargement et transport

- Les chargeuses ;

### A- Les pelles :

Ce sont les engins d'excavation et de chargement les plus répandus en mines à ciel ouvert et qui sont destinés à travailler dans tout type de terrain.

Les pelles mécaniques ou à câbles travaillent habituellement en butte tandis que les pelles hydrauliques peuvent travailler soit en butte, soit en fouille ou soit en rétro.



**Figure II.1.** Pelles mécaniques (à câbles)





**Figure II.2.** Pelles hydrauliques (en butte)

### B- Les roues-pelles :

Ce sont des engins du groupe des excavateurs à godets multiples qui sont destinés à travailler dans des terrains meubles, tendres et de dureté moyenne.

Ces engins sont plus adaptés aux terrains homogènes et humides. Des blocs très durs inclus dans le massif constituent des obstacles pour le chargement et risquent de détériorer le godet et même d'arrêter l'exploitation.



**Figure II.3.** Roues-pelles

### C- Draglines :

Il s'agit d'un excavateur utilisant un godet mobile manœuvré par des câbles suspendus à une longue flèche métallique pouvant atteindre le double de celle de la pelle mécanique.

Par leur conception, les draglines sont destinées à travailler en fouille.



**Figure II.4.** Draglines

### **D- Les scrapers :**

Le scraper est un engin de travaux publics créé aux états-unis, aussi appelé « décapeuse ».

C'est un engin lourd, à grand rendement, qui se compose d'une benne basse ouverte à l'avant et dont le bord inférieur comporte une lame qui, en s'enfonçant au ras du sol, découpe le surplus de terre qui est entraîné dans une benne de forte capacité en même temps que l'engin progresse.



**Figure II.5.** Le scraper [9,10]

### **E- Les chargeuses :**

Dans les mines à ciel ouvert, les chargeuses sont utilisées lorsque la mission est non seulement d'excaver les matériaux (stériles et minerais), mais également les transporter jusqu'aux lieux de déversement pour la mise en terril ou le stockage des minerais non loin du chantier d'exploitation. Les chargeuses frontales sur chenilles ou sur pneus sont montées sur un châssis articulé, mais l'articulation travaille seulement dans un plan horizontal, l'essieu arrière étant monté sur un balancier, le godet pelleteur disposé en avant, doit avoir une largeur plus grande que l'empattement des pneus pour les protéger [11].

#### **E-1 - les chargeuses sur chenilles :**

Ce matériel est l'évolution d'un tracteur sur chaînes équipé d'un système à godet chargeur. Son utilisation principale consiste à extraire les matériaux du tas abattu en roches massives lorsque les conditions locales de granulométrie et/ou de foisonnement sont mauvaises ou médiocres.

Ce type de matériel est également bien adapté à l'extraction directe des matériaux alluvionnaires secs ou humides.

Par rapport aux chargeuses sur pneus les différences essentielles sont :

- Une meilleure force de pénétration au tas
- une meilleure adaptation à des terrains difficiles (déclivité adhérence)
- une moins bonne mobilité ce qui impose des déplacements limités de l'ordre 10 à 20 m. Maximum
- Possibilité d'avoir une aire de chargement réduite grâce à des rayons de braquage très courts.
- le chargeur peut tourner sur place par blocage d'une chenille un cycle de chargement réduit lié aux faibles déplacements de la machine.

Par contre la gamme proposée par les constructeurs est beaucoup moins étendue que celle des chargeuses sur pneus.[4]



**Figure II.6.** Chargeuse sur chenille [5]

### **E-2 - les chargeuses pneumatiques :**

La multitude des fonctions remplies par les chargeuses est due à leur très grande mobilité qui est le facteur déterminant de leurs emplois. En fonction de son âge, la chargeuse peut être utilisée successivement à des tâches de contraintes plus faibles, à l'extraction dans un premier temps, puis la reprise au stock et enfin le secours.[4]



**Figure II.7.** Chargeuse pneumatique

Les caractéristiques principales des chargeuses sont [7] :

- taille et types du godet en (m<sup>3</sup>) ;
- poids en ordre de marche ;
- cylindrée et régime ;

- force d'arrachage ;
- diamètre de braquage avec godet ;
- hauteur de vidage avec inclinaison de 45° ;
- diamètre de braquage avec godet ;

### II.2.2. Le type d'engin d'excavation et de chargement

Suivant le type d'organes de travail et le mode de fixation du godet à la flèche les excavateurs à godet unique sont classés en deux groupes :

Ceux dont le godet est fixé rigidement à la flèche tels que les pelles en butte et les pelles en rétro et ceux dont le godet est fixé à la flèche de manière souple tels que les draglines.

La détermination du type d'engin d'excavation et de chargement est basée sur les facteurs naturels [7,8]:

- Le type de roches ;
- La méthode d'exploitation ;
- La production planifiée ;
- Les mesures de sécurité ;

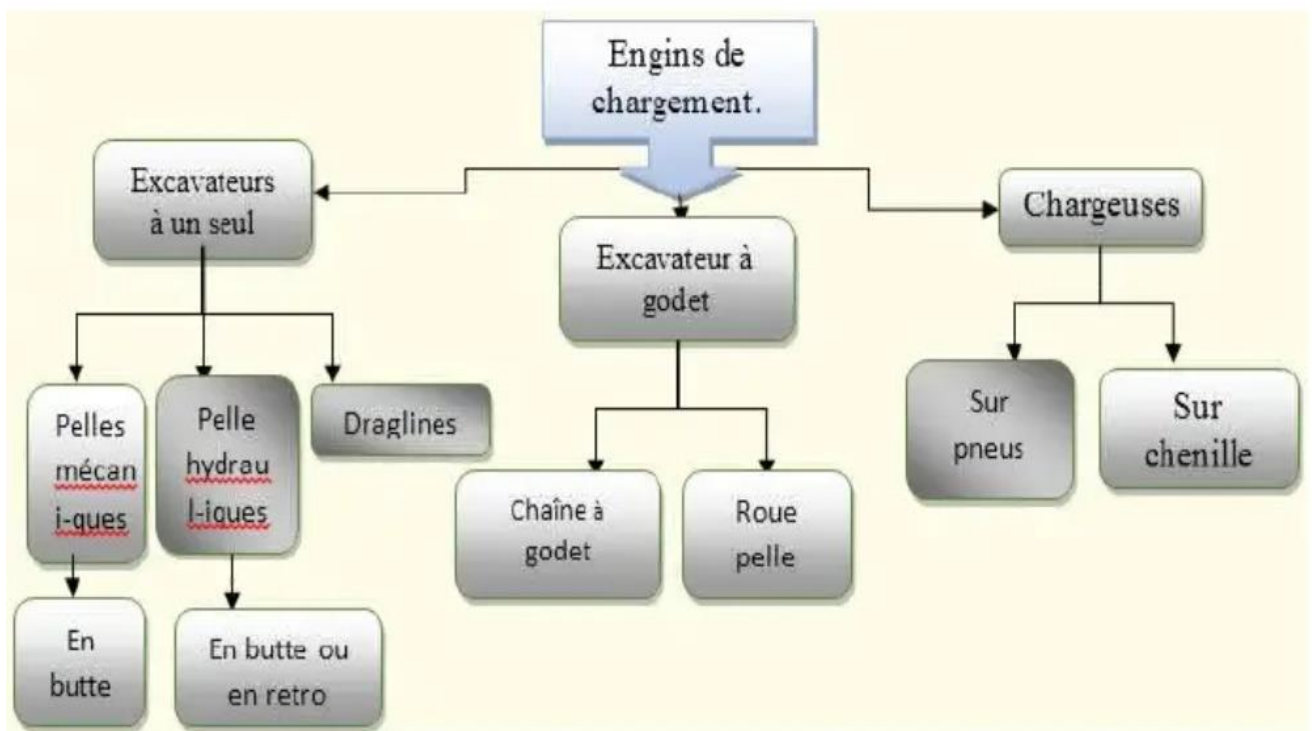
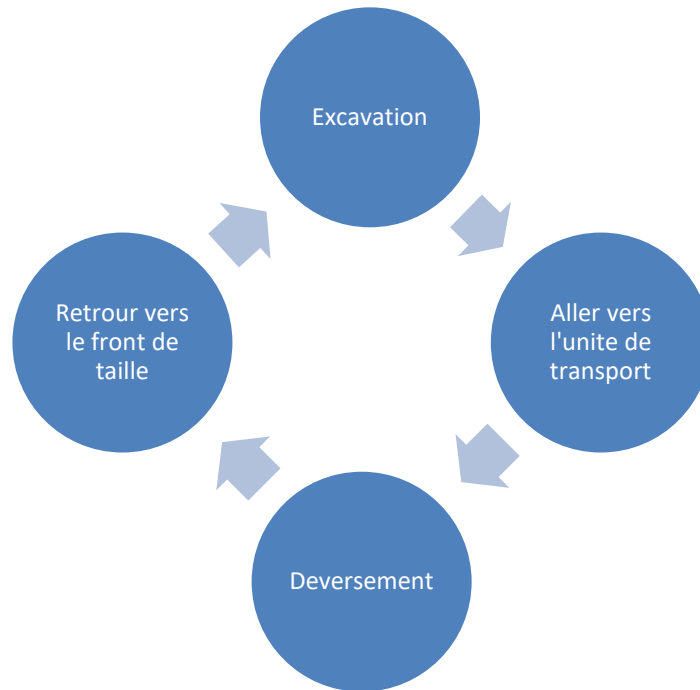


Figure II.8. .les différents types d'engins de chargement

### II.2.3. Cycle de l'unité de chargement

Le cycle de l'unité de chargement se présente comme suit :



**Figure II.9.** Cycle d'une unité de chargement dans les mines

On note la présence des temps de repositionnement pour les pelles, de nettoyage des plateformes de travail pour les chargeuses, par les boteurs ou niveleuses pour les pelles, etc. Qui se traduisent par des temps d'attente aux unités de chargement et de transport.

Ainsi :

Le temps de cycle de l'unité de chargement exprimé en secondes est donné par [7,8] :

$$T_{cyc} = T_{ch} + T_{dech} + T_m + T_{ret} \dots\dots\dots [ii.1]$$

Avec:

- $T_{cyc}$  : temps de cycle de l'unité de chargement exprimé en secondes ;
- $T_{ch}$  : temps de chargement qui varie en pratique entre 12÷25s
- $T_{dech}$  : temps de déchargement qui varie entre 8÷16s
- $T_m$  : temps de manoeuvre de la chargeuse compris entre 6÷12s
- $T_{ret}$  : temps de retour de la chargeuse à la position initiale, 6÷12s

Le temps d'un cycle moyen de la chargeuse  $t_{c(moy)}$  est déterminé par la formule suivante :

$$t_{c(moy)} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{c(i)}}{n} \dots\dots\dots(ii.2)$$

**N:** nombre d'essais

### II.2.4. Les rendements

Le rendement de la chargeuse est déterminé par la formule suivante :

✚ Rendement d'exploitation théorique horaire en  $m^3/h$  :

$$R_{th} = \frac{3600.E}{t_{c(moy)}} \dots\dots\dots(ii.3)$$

**E :** capacité théorique du godet avec,  $m^3$

- $T_c$  : temps du cycle de la chargeuse ;s

✚ Rendement d'exploitation technique horaire en  $m^3/h$  [7] :

$$R_{tech} = \frac{3600.E.K_r}{t_c.K_f} \dots\dots\dots(ii.4)$$

- $K_r$  : coefficient de remplissage du godet ;  $k_r = (0.7-0.85)$
- $K_f$  : coefficient de foisonnement du tas abattu ;  $k_f = (1.15-1.35)$

✚ Rendement d'exploitation postier en  $m^3/p$  :

$$R_p^{ch} = \frac{3600.E.K_r.T_p.K_u}{t_c.K_f} \dots\dots\dots(ii.5)$$

- $K_u$ : coefficient de d'utilisation postier de la chargeuse  $k_u = (0.8-0.9)$  ;selon la pratique
- $T_p$  : temps d'un poste de travail de la chargeuse

✚ Rendement d'exploitation annuel en  $m^3/an$ :

$$R_{an}^{ch} = R_j^{ch} . N_j \dots\dots\dots (ii.6)$$

- $N_j$  : nombre de jours ouvrables par an ;  $N_j = 295$  j/an
- $R_j^{ch}$  : rendement d'exploitation de la chargeuse par jour :

$$R_j^{ch} = R_p^{ch} . N_p ; ( m^3 /j)$$



- $N_p$ : nombre de postes par jour
- ✚ **Détermination du nombre de chargeuses nécessaire :**

$$N_{ch} = \frac{P_{an}}{R_{an}^{ch}} \cdot K_r;$$

**Ou :**

- $P_{an}$ : production annuelle de la mine en minerai
- $R_{an}^{ch}$ : rendement annuel de la chargeuse
- $K_r$ : coefficient de reserve

### II.3. le transport

Le transport dans la mine a pour objet le déplacement des minéraux utiles et des stériles du front de taille au point de déchargement au jour et également le déplacement des ouvriers et des matériaux vers le lieu de travail. Le but principal du transport dans les mines à ciel ouvert et les carrières est le déplacement de la masse minière des chantiers aux points de déchargement qui sont ; les terrils pour les roches stériles et les stocks ou les trémies de réception des usines de traitement pour les minéraux utiles.

D'une façon générale, on distingue les types et les modes de transport : les types de transport déterminent l'itinéraire du matériel roulant, c'est ainsi que le transport du minerai et du stérile peut se faire soit par les mêmes voies (transport dit du type concentré), soit par des voies différentes (transport dit du type séparé ou dispersé). Le mode de transport détermine les caractéristiques de fonctionnement des principaux moyens de transport, ainsi on distingue:

- ✓ Les transports continus (bande transporteuse, transport hydraulique, transport aérien par câble...);
- ✓ Le transport discontinu cyclique (locomotive et wagons, camions et engins dérivés des camions, grues à câbles).

Il existe une multitude de mode de transport à savoir :

- Transport par voie ferrée ;
- Transport par camion ;
- Transport par convoyeur ;
- Transport par gravité ;
- Transport combiné.

## Chapitre II. Chargement et transport

---

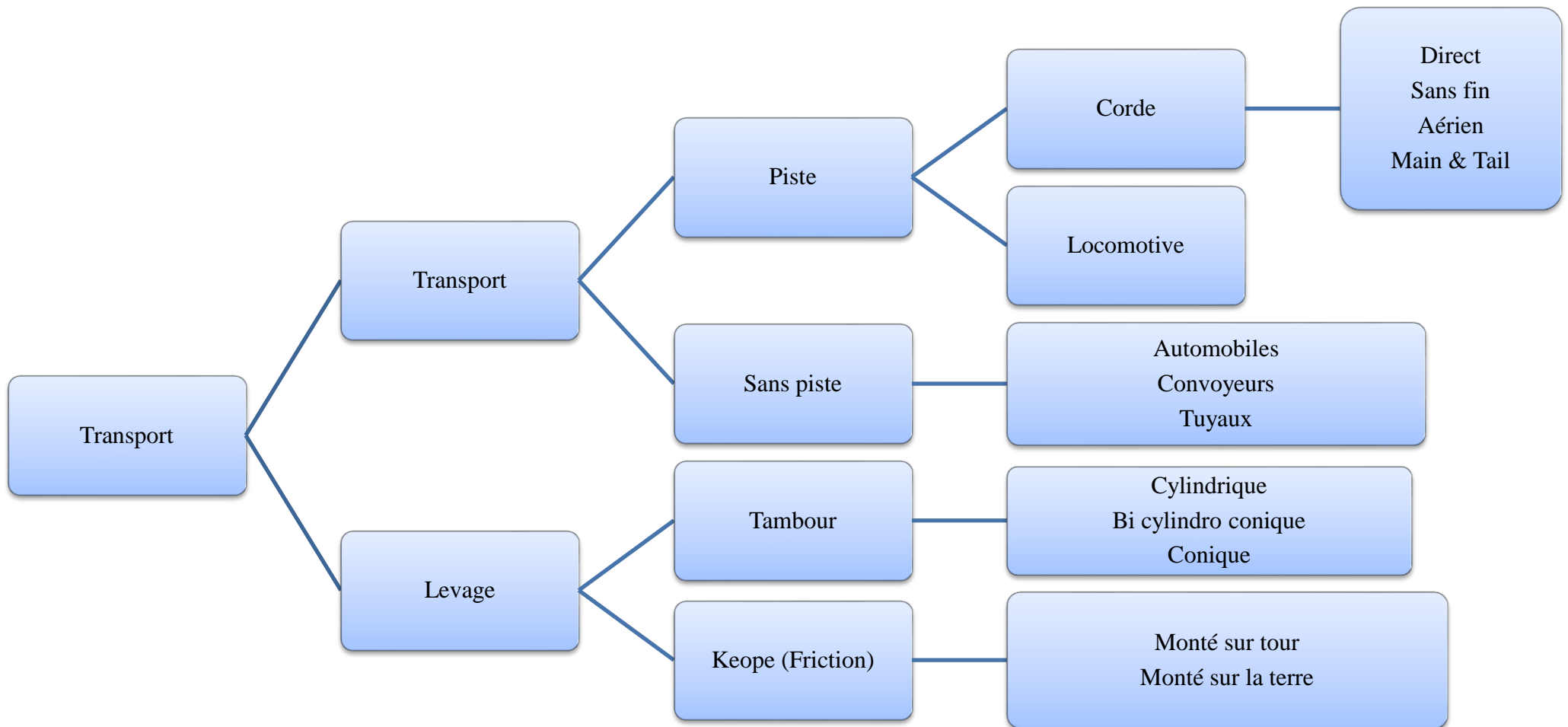
Actuellement le transport par camion est le plus répandu vu la simplicité de construction des engins, la simple manœuvrabilité, la possibilité de surmonter la pente élevée et la simplicité d'organisation de travail.

Les particularités principales du transport de dans les mines à ciel ouvert et les carrières sont :

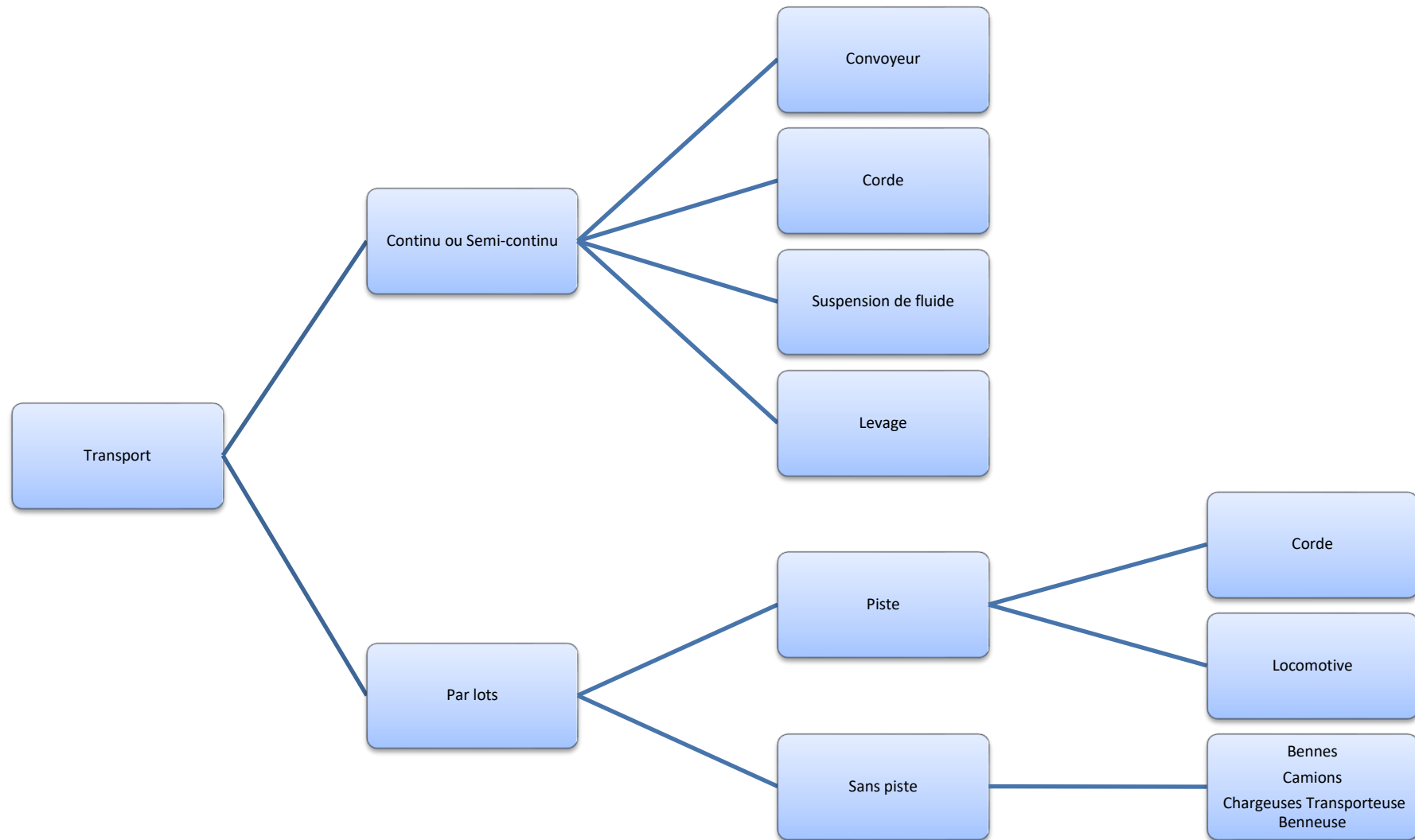
- Grand volume de charges transportées ;
- Grande circulation (champs dynamique) ;
- Pententes importantes de montée et de descente ;
- Augmentation de la distance du transport au fur et à mesure de l'avancement des travaux miniers ;
- Charges dynamiques importantes sur les moyens de transport des grands morceaux de roches pendant le chargement et le déchargement [7].

Les engins de transport peuvent être classés d'une façon générale selon la figure suivante :

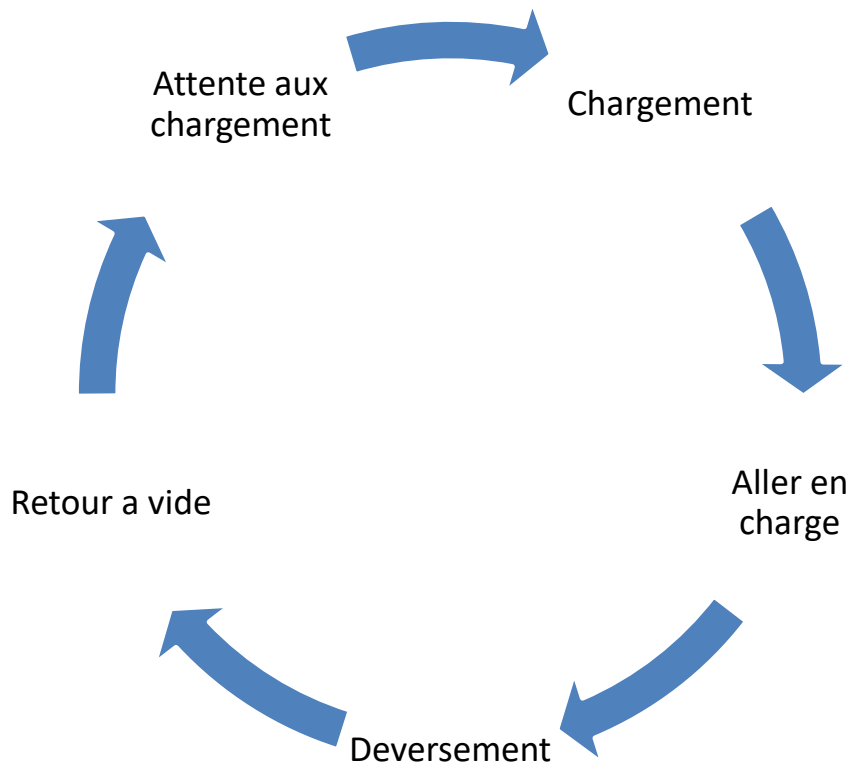
## Chapitre II. Chargement et transport



**Figure II.10.** Classification générale des systèmes de transport



**Figure II.11.** Systèmes de transport continu et par lots. Le cycle de l'engin de transport peut être représenté par la figure suivante :



**Figure II.12.** Cycle d'une unité de transport dans les mines

Le temps de cycle de l'unité de transport est donné par la somme des temps de ses éléments :

$$T_{cyt} = T_c + T_{at} + T_d + T_r + T_{at} \dots\dots\dots(ii.3)$$

**Avec:**

*T<sub>cyt</sub>*: temps de cycle de l'unité de transport

*T<sub>c</sub>*: temps de chargement

*T<sub>at</sub>*: temps de d'attente

*T<sub>d</sub>*: temps de déchargement

*T<sub>r</sub>*: temps de route

*T<sub>at</sub>*: temps de d'attente

### II.3.1. Ttransport par camion:

Le transport par camion est largement utilisé pour l'exploitation des carrières de petite et moyenne productivité.

## Chapitre II. Chargement et transport

---

Le transport par camion est le plus répandu en algérie il est rationnel de l'appliquer en cas de gisement compliqués l'approfondissement et de construction de la carrière de l'exploitation sélective.

La capacité de la benne d'un camion varie également de 5 à 120 tonnes.

Actuellement, et dans les pays modernisés sans environ de recherche afin d'augmenter la capacité de la benne jusqu'à 200 tonnes.

Les camions chargés peuvent sur monter une pente va jusqu'à 10% avec une grande vitesse.

Pour les camions à vidé la pente va jusqu'à 15% le rayon de braquage varie de 12 à 22 m le rondement de l'excavateur du type et de la disparition du camion dans la taille

### **A) Principaux éléments du camion**

-le camion se compose des éléments principaux suivant :

- essieux et roues.
- châssis.
- mécanisme de culbutage.
- moteur.
- dispositif du freinage (circuit de freinage).
- poste de conduite.
- la benne [14]



**Figure II.13.** Schéma d'un camion catarpillar 775g [12,13]

Le rendement effectif du camion exprimé en t/p est donné par la formule suivante :

$$R_c = \frac{60 \cdot G_c \cdot K_q \cdot K_u \cdot T_p}{t_{par}} \dots \dots \dots \text{(ii.4)}$$

Avec :

$G_c$  : capacité de charge de camion : tonnes

$K_q$  : coefficient d'utilisation de la capacité de charge du camion :  $k_q \leq 1$

$t_{par}$  : temps de parcours : min

$T_p$  : durée d'un poste : h

$K_u$  : coefficient d'utilisation du camion durant un poste

### II.3.2. Transport par convoyeur :

Les convoyeurs sont utilisés pour le transport des rochers tendre au des produits bien fragmentés.

La pente admissible parmi le convoyeur a bande va jusqu'à (18 à 20°).

La largeur de la bande est de (800 à 3000mm) et la vitesse est de (3 à 3m/s) étant donné le rendement important des convoyeurs la production de la carrière doit être grande pour justifier les dépenses d'investissement pour ce genre de transport suivant l'endroit où les convoyeurs sont installés et leur usage.

On distingue les convoyeurs de taille de concentration et d'élévation le transport par convoyeur à plusieurs avantages par rapport aux autres modes de transports à savoir.

simplicité facilitée d'entretien, rendement remarquable, transport contenue, réduction des travaux en tranchée, possibilité d'automatisation[14 ,15]



**Figure II.14.** Schéma d'un convoyeur

### **II.3.3. Transport par train (locomotive et wagons) :**

Le transport par train est théoriquement le plus économique, mais il lui manque beaucoup de souplesse.

Les conditions les plus favorables à l'utilisation des trains dans les mines à ciel ouvert sont :

- ✓ nature des sols favorables au déplacement des voies ;
- ✓ gisement vaste de dimensions importantes dont la profondeur ne dépasse pas 200 m ou 250 m maximum ;
- ✓ grande distance de transport (6 km et plus) ;
- ✓ régularité assez marquée du contour du gisement ;



✓ dans les roches dures et semi-durables ébranlées préalablement à l'explosif ou bien dans les roches tendres, meubles, moins humides. [16]



**Figure II.15.** Schéma d'un train (locomotive et wagons) [16]

### II.4. Calcul de chargement et transport dans la mine d' elouenza (quartier zerga)

Pour la partie calcul les données employées sont collectées durant notre stage pratique réalisé au niveau de la mine de l'ouenza.

#### II.4.1. Chargement

**Tableau II.1.** Caractéristiques techniques de pelle

Caractéristiques techniques	Valeurs	Unités
<b>Pelle hydrauliques cat 375</b>	---	---
<b>Puissance du moteur diesel</b>	319	Kw
<b>Vitesse de translation maxi avant</b>	30	Km/h
<b>Vitesse de translation maxi arrière</b>	32	Km/h
<b>Capacité du godet avec dôme</b>	4.2	M3
<b>Rayon de braquage hors tout</b>	10.34	M
<b>Poids de l'engin</b>	80	Tonne

## Chapitre II. Chargement et transport

<b>Largeur</b>	3.48	M
<b>Hauteur</b>	4.89	M



**Figure II.16.** La pelle cat 34990

**Tableau II.2.** Chronométrage de la durée du cycle pratique de la pelle

<b>N</b>	<b>Tchar (sec)</b>	<b>Tdep (sec)</b>	<b>Tm (sec)</b>	<b>Tret (sec)</b>	<b>Temps du cycle (sec)</b>
1	14	5	4	7	30.00
2	13	4	5	6	28.00
3	15	6	3	5	29.00
4	16	5	4	5	30.00
5	13	5	3	6	27.00
6	13	4	3	7	27.00
7	14	6	5	6	31.00
8	14	4	4	5	27.00
9	15	6	3	6	30.00
10	16	5	3	5	29.00
11	14.3	5	3.7	5.8	28.80
12	13.6	5	4	6	28.60

<b>13</b>	<b>14.2</b>	<b>4</b>	<b>3.3</b>	<b>7</b>	<b>28.50</b>
<b>Moyen</b>	<b>14.2</b>	<b>4.9</b>	<b>3.7</b>	<b>5.9</b>	<b>28.70</b>

En se référant aux formules présentées ci-dessus nous avons :

### A. Calcul du rendement théorique horaire :

$$R_{th} = \frac{3600.E}{t_{cmoy}} ; (m^3/h)$$

$$R_{th} = \frac{3600.4,2}{28,7} ; (m^3/h)$$

$$R_{th} = 526,82 m^3/h$$

#### ✚ Rendement technique horaire:

$$R_{tech} = \frac{3600.E.K_r}{t_c.K_f} ; (m^3/h)$$

$$R_{tech} = \frac{3600.4,2.0,85}{28.1,35} ; (m^3/h)$$

$$R_{tech} = 340 m^3/h$$

#### ✚ Calcul de rendement d'exploitation par poste :

$$R_p^{ex} = \frac{3600.E.K_r.T_p.K_u}{t_c.K_f} ; (m^3/p)$$

$$R_p^{ex} = \frac{3600.4,2.0,85.8,0,8}{28,7.1,35} ; (m^3/p)$$

$$R_p^{ex} = 2122,29 m^3/p$$

#### ✚ Calcul rendement d'exploitation de la pelle par jour :

$$R_j^{ch} = R_p^{ch} \cdot N_p ; (m^3/j)$$

$$R_j^{ch} = 2122,29.3 ; (m^3/j)$$

$$R_j^{ch} = 6366,87 m^3/j$$

#### ✚ Calcul rendement d'exploitation annuel de la pelle:

$$R_{an}^{ch} = R_j^{ch} \cdot N_j ; (m^3/an)$$

$$R_{an}^{ch} = 6366,87.295 ; (m^3/an)$$

$$R_{an}^{ch} = 1878226,65 m^3/an$$

**✚ Détermination du nombre de pelles nécessaires :**

$$N_{ch} = \frac{P_{an}}{R_{an}^{ch}} \cdot K_r;$$

$$N_{ch} = \frac{1700000}{1878226,65} \cdot K_r; \text{ donc } N_{ch}=1$$

**Le nombre d'engin de chargement nécessaire est 1**

## II.4.2. Transport

Les caractéristiques techniques du camion cat775g sont répertoriées sur le tableau suivant :

**Tableau II.3.** Caractéristiques techniques du camion cat775g

Caractéristiques techniques	Symbole	Valeur	Unité
<b>Caterpillar775g</b>	*	*	*
<b>Puissance de volant moteur : nette (sae)</b>	N	<b>572</b>	<b>Kw</b>
<b>Capacité de la benne</b>	Vb	<b>42,23</b>	<b>M3</b>
<b>Charge utile nominal</b>	Vut	<b>64</b>	<b>T</b>
<b>Vitesse maximale en charge</b>	Vtr	<b>66.9</b>	<b>Km/h</b>
<b>Rayon de braquage maximal</b>	Rb	<b>23,5</b>	<b>M</b>
<b>Largeur hors tout</b>	Lh	<b>5,01</b>	<b>M</b>
<b>Hauteur hors tout</b>	Ht	<b>9,27</b>	<b>M</b>
<b>Charge utile maximal autorisée</b>	Vmax	<b>76.7</b>	<b>T</b>
<b>Longueur du camion</b>	Lh	<b>10,15</b>	<b>M</b>



**Figure II.17.** Camion caterpillar775g

## Chapitre II. Chargement et transport

**Tableau II.4.** chronométrage de la durée du cycle des camions cat775g.1, cat775g.2, cat775g.3

N	Tvid	Tman	Tchar	Tall	Tatt	Tman	Tdecha	Tret	Temps du cycle(min)
Cat775g.1	4.52	0.33	7.04	14.30	0.00	0.35	0.25	11.07	38.26
Cat775g 1	0.00	0.30	7.20	14.25	0.34	0.36	0.30	11.10	36.55
Cat775g 1	0.40	0.26	8.00	14.40	0.22	0.35	0.40	12.00	40.03
Cat775g 1	5.00	0.40	9.11	14.00	4.32	0.24	0.26	11.00	44.33
Cat775g 1	0.00	0.36	6.37	14.07	0.25	0.36	0.57	11.20	33.18
Cat775g.1	1.30	0.33	8.08	13.57	0.33	0.28	0.40	11.00	35.29
Cat775g 1	3.00	0.37	8.30	13.44	0.23	0.30	0.31	12.00	38.35
Cat775g.1	0.00	0.31	7.00	14.00	3.47	0.29	0.40	11.45	37.32
Cat775g.1	1.50	0.28	9.00	14.08	0.27	0.36	0.45	12.24	38.18
Moyen	2.15	0.33	8.18	14.01	1.05	0.32	0.37	11.45	37.06
<b>Cat775g.2</b>									
Cat775g.2	4.45	0.30	8.52	14.28	2.50	0.34	0.23	11.00	42.2
Cat775g 2	0.40	0.32	7.40	14.00	0.36	0.30	0.27	11.33	35.18
Cat775g 2	0.36	0.24	7.54	14.39	1.23	0.35	0.38	12.10	36.59
Cat775g 2	0.00	0.38	9.00	14.07	3.55	0.23	3.21	11.43	42.27
Cat775g 2	4.55	0.36	7.00	14.22	0.45	0.37	0.55	11.33	39.23
Cat775g.2	1.00	0.30	8.00	13.58	1.27	0.29	0.39	12.07	37.30
Cat775g 2	2.41	0.35	8.37	14.22	0.30	0.32	0.44	12.00	38.41
Cat775g.2	0.00	0.31	7.00	14.41	0.44	0.24	2.15	11.29	36.24
Cat775g.2	1.39	0.29	8.45	14.17	3.40	0.30	0.23	13.04	41.27
Moyen	2.03	0.31	8.32	14.15	1.50	0.30	1.33	12.13	39.12
<b>Cat775g.3</b>									
Cat775g.3	5.00	0.34	7.02	14.39	3.45	0.33	0.29	11.19	42.31
Cat775g 3	0.47	0.32	7.00	14.17	0.30	0.35	0.27	11.04	34.32
Cat775g 3	0.00	0.29	8.00	14.15	0.20	0.39	0.47	12.07	35.57
Cat775g 3	2.17	0.32	8.44	14.11	3.41	0.30	0.33	11.24	40.32
Cat775g 3	1.42	0.28	6.57	14.09	0.24	0.36	0.32	11.34	35.02
Cat775g.3	1.33	0.30	8.10	13.59	0.34	0.27	0.38	11.00	35.31
Cat775g 3	3.42	0.34	8.45	13.54	0.22	0.27	0.34	11.56	38.14
Cat775g.3	0.00	0.25	7.48	14.09	0.21	0.24	0.30	11.41	34.38
Cat775g.3	0.53	0.27	9.07	13.49	3.37	0.29	0.39	12.25	40.06
Moyen	1.59	0.30	8.19	14.35	1.3	0.31	0.34	11.46	37.27

**Calcul du rendement du camion cat775g :**

Le rendement des camions part poste de travail se déterminé par le formule suivante :

$$R_c = \frac{60 \cdot G_c \cdot K_q \cdot K_u \cdot T_p}{t_{par}} ; \text{ t/p}$$

- Pour le camion cat775g1 le rendement est :  $60 \cdot 42.23 \cdot 0.9 \cdot 0.8 \cdot 8 / 37.06$
- $R_{c1} = 393.81 \text{ t/p}$
- Pour le camion cat775g2 le rendement est :  $60 \cdot 42.23 \cdot 0.9 \cdot 0.8 \cdot 8 / 39.12$
- $R_{c2} = 373.07 \text{ t/p}$
- Pour le camion cat775g3 le rendement est :  $r_{c3} = 60 \cdot 42.23 \cdot 0.9 \cdot 0.8 \cdot 8 / 37.27$
- $R_{c3} = 391.59 \text{ t/p}$

Le nombre du cycle de camion se déterminé par le formule suivante :

$$N_{cy} = \frac{T_p \cdot K_u}{T_c}$$

Avec :

$T_p$  = durée d'un poste de travail ;  $t_p = 8h = 480 \text{ min}$

$T_c$  = durée d'un cycle du camion ; lors le stage pratique le temps d'un cycle moyen est de (37.27-39.12-37.06) min

$K_u$  = coefficient d'utilisation ;  $k_u = 0.7-0.9$ . on prend  $k_u = 0.8$

Donc :

$N_{cy} (c1) = 480 \cdot 0.8 / 37.06 \approx 11 \text{ cycles/poste}$

$N_{cy} (c2) = 480 \cdot 0.8 / 39.12 = 11 \text{ cycle/poste}$

$N_{cy} (c3) = 480 \cdot 0.8 / 37.26 \approx 11 \text{ cycle/poste}$

**Calcul du rendement total des camions:**

$$R_{tot} = r_1 + r_2 + r_3$$

$$R_{tot} = 393.81 + 373.07 + 391.59$$

$$R_{tot} = 1156.55 \text{ t/p}$$

### I.5. Importance du coût d'exploitation dans une exploitation à ciel ouvert

Les coûts de chargement et de transport dans une mine sont des éléments clés de la chaîne d'approvisionnement minière. Ces coûts peuvent représenter une part importante des coûts totaux de production d'une mine, et leur efficacité peut avoir un impact significatif sur la rentabilité de l'entreprise minière.

Le chargement et le transport des matériaux dans une mine comprennent une série d'opérations, telles que le chargement des matériaux dans les camions ou les wagons, le transport de ces matériaux sur des routes ou des voies ferrées, ainsi que le déchargement à l'endroit approprié. Les coûts associés à ces activités peuvent varier en fonction de différents facteurs, tels que la distance de transport, la quantité de matériaux à transporter, les coûts de carburant, les coûts de main-d'œuvre, l'entretien et la réparation des équipements, ainsi que les coûts d'exploitation des infrastructures de transport.

Les coûts de chargement et de transport peuvent être réduits en optimisant la planification des opérations minières, en utilisant des technologies de pointe pour améliorer l'efficacité des équipements de chargement et de transport, en réduisant les temps d'arrêt pour l'entretien et la réparation des équipements, en planifiant des itinéraires de transport efficaces et en optimisant l'utilisation des infrastructures de transport.

En somme, la gestion efficace des coûts de chargement et de transport est essentielle pour maximiser la rentabilité d'une mine. Les entreprises minières doivent être en mesure de suivre les coûts associés à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement afin d'identifier les domaines où des améliorations peuvent être apportées et de mettre en place des mesures pour optimiser les coûts et améliorer l'efficacité de leurs opérations minières.

**Tableau II.5.** Equations des coûts d'exploitation quotidiens (o'hara et suboleski, 1992) [17]

Coût d'exploitation journalier (\$/st)	Équations
Coût de chargement par jour	$C_c = 2,67 T^{0,7}$
Coût de transport par jour	$C_t = 18,07 T^{0,6}$
Coût de broyage par jour	$C_b = 7,90 T^{0,6}$
Coût de forage par jour	$C_f = 1,90 T^{0,7}$



## Chapitre II. Chargement et transport

Coût de dynamitage par jour	$C_d = 3,17 T^{0,7}$
-----------------------------	----------------------

**Tableau II.6.** Modèle de petite mine à ciel ouvert (avec des productivités moyennes de 500 à 20 000 st) (camm, 1991)[18]

Catégorie	Coût en capital (\$)	Coût d'exploitation (\$/st)
Travail	$30,100 T^{0.443}$	$213 T^{-0.610}$
Équipement	$121,000 T^{0.516}$	$0.513 T^{-0.072}$
Acier	$2,930 T^{0.525}$	$0.110 T^{-0.149}$
Carburant	$262 T^{0.721}$	$0.704 T^{-0.159}$
Lubrifiant	$50.6 T^{0.762}$	$0.144 T^{-0.110}$
Explosifs	$24.0 T^{0.963}$	$0.221 T^{-0.040}$
Pneus	$16.5 T^{0.904}$	$0.509 T^{-0.251}$
Matériel de construction	$8,210 T^{0.470}$	$0.049 T^{-0.037}$
Taxe de vente	$7,630 T^{0.520}$	$0.069 T^{-0.084}$
Total	$160,000 T^{0.515}$	$71.0 T^{-0.414}$

## Chapitre II. Chargement et transport

### ✓ Consommation de gasoil dans une année 2022 :

**Tableau II.7.** La consommation de gasoil (2022)

<b>Terrassement</b>													
<b>Engin</b>	<b>Janvier</b>	<b>Février</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juillet</b>	<b>Août</b>	<b>Septembre</b>	<b>Octobre</b>	<b>Novembre</b>	<b>Décembre</b>	<b>Total</b>
<b>Niveleuse</b>	1279	1996	1246	1581	1283	1222	/	/	1222	2254	1460	1356	14899
<b>Bull a pneu</b>	2639	3012	2648	4269	/	1570	3462	3222	2577	2803	2903	1900	31005
<b>Foration</b>													
<b>Sondeuse</b>	8170	3750	200	200	4280	9480	1048	/	/	/	/	/	27128
<b>Sondeuse</b>	2192	1640	2452	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6284
<b>Sondeuse</b>	/	/	/	470	2263	2350	/	/	2420	/	/	1210	8713
<b>Sondeuse</b>	1030	/	400	1100	1690	1250	282	1330	1452	300	/	2154	10988
<b>Brise roche</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>Chargement</b>													
<b>Pelle</b>	15325	3150	210	600	/	/	/	269	/	/	/	/	19554
<b>Pelle</b>	15862	7171	8135	/	8075	5730	6218	2770	/	/	/	/	53961
<b>Pelle</b>	23404	3150	9230	14179	17135	18675	24761	16846	16621	19346	24197	16566	204110
<b>Chargeuse</b>	1223	16289	17310	10671	13012	1300	13160	14699	4724	17298	14719	11205	135610
<b>Transport</b>													
<b>Camion</b>	3692	1136	/	/	120	/	/	/	400	/	/	/	5348
<b>Camion</b>	10562	6665	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	17227
<b>Camion</b>	6562	8208	7856	5058	4347	5760	6418	8048	6436	9764	5193	5841	79491
<b>Camion</b>	7222	7747	8955	4318	3819	6340	7818	8431	7382	9574	7243	6400	85249
<b>Camion</b>	5820	7069	7272	4814	5425	5570	5502	3451	3422	7324	5170	200	61039

## Chapitre II. Chargement et transport

<b>Camion</b>	/	/	/	1585	3252	/	/	/	/	160	/	1050	6047
<b>Camion</b>	/	/	2652	5809	4884	4320	5573	6193	5924	4674	7669	3473	51171
<b>Camion</b>	8502	8053	7306	4242	1804	/	/	/	/	/	/	/	29907
<b>Camion</b>	13691	8793	8981	6854	5830	9760	7795	10929	7905	9964	/	1796	92298
<b>Camion</b>	10714	10343	10409	7543	2656	7240	9436	8806	4256	7402	5925	6773	91503
<b>Camion</b>	10187	6618	10049	6883	6524	5190	8611	9638	7717	9106	7570	5159	93252
<b>Camion</b>	10867	10207	9628	6319	6337	6250	4294	10089	7169	10701	8906	5768	96535
<b>Travaux preparation</b>													
<b>Bull</b>	/	/	/	/	/	/	/	60	560	/	700	100	1420
<b>Bull</b>	15986	9085	9031	/	4080	7530	8116	10640	5693	/	/	522	70683
<b>Bull</b>	7251	10500	8299	7032	6552	1570	2310	2760	3214	5607	5692	4816	65603
<b>Bull</b>	9437	10233	6245	5979	8542	7340	6970	5390	4310	8452	8597	5840	87335
<b>Installation</b>													
<b>660</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>803</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>Eng</b>	60000	30000	20000	40000	40000	35000	30000	20000	20000	25000	40000	12000	372000
<b>Egtph</b>	1022	/	/	/	/	/	1380	/	/	/	/	/	2402
<b>Camion d'arrosa</b>	/	/	/	1136	912	1730	/	2417	1425	1414	1991	1130	12155
<b>Total</b>	252639	174815	158514	140642	139810	145177	153154	145988	114829	151143	131459	95259	1832917

# **Chapitre III**

## **Production du biodiesel**

### III.1. Problématique

De nos jours l'Algérie comme tous les pays du monde est confronté à des enjeux importants tels que l'épuisement des ressources énergétiques fossiles accompagné d'une dégradation de l'environnement et la demande croissante en carburant. Le biodiesel est un biocarburant d'origine renouvelable qui peut se substituer au gazole issu de ressources fossiles.

Le biodiesel est un carburant renouvelable et un produit écologique à partir de sources végétales ou animales, il peut être fabriqué à partir d'huiles végétales, telles que l'huile de soja, l'huile de colza, l'huile de tournesol, l'huile de palme, ainsi que d'autres sources telles que les graisses animales ou les huiles usagées.

Il est principalement utilisé comme substitut ou mélange avec le diesel conventionnel dérivé du pétrole.

Le processus de production du biodiesel, appelé estérification ou transestérification. Ce processus implique la transformation des huiles ou des graisses en esters méthyliques ou éthyliques. Cette réaction chimique est généralement réalisée en présence d'un catalyseur, tel que la soude caustique ou la potasse.

Le biodiesel présente plusieurs avantages par rapport au diesel conventionnel et qui sont :

- Réduction des émissions de gaz à effet de serre, les émissions de particules fines et la pollution de l'air, ce qui contribue à améliorer la qualité de l'air et à réduire l'impact sur le changement climatique.
- Le biodiesel est biodégradable et non toxique, ce qui le rend moins nocif pour l'environnement en cas de déversement accidentel.

Il convient de noter que la production de biodiesel nécessite des matières premières, telles que des cultures oléagineuses, qui peuvent avoir des implications sur l'utilisation des terres, l'agriculture et la disponibilité alimentaire. Il est donc important de veiller à une production durable et équilibrée, en accordant une attention particulière à la gestion responsable des ressources naturelles et à l'impact social et environnemental de la culture des matières premières.

### III.2. Biodiesel en algérie

En algérie, le biodiesel est également produit et utilisé comme une alternative au diesel conventionnel dérivé du pétrole. Le pays a mis en place des initiatives visant à promouvoir la production et l'utilisation de biodiesel dans le cadre de ses efforts pour diversifier ses sources d'énergie, réduire sa dépendance aux importations de carburants fossiles et réduire les impacts environnementaux.

L'algérie dispose de vastes ressources agricoles, notamment d'oliviers, de tournesols et d'autres cultures oléagineuses, qui peuvent être utilisées pour produire de l'huile végétale utilisée comme matière première pour la production de biodiesel. Le gouvernement algérien encourage l'utilisation des ressources locales pour la production de biodiesel, afin de stimuler l'économie nationale et de créer des emplois dans le secteur agricole.

Des projets de production de biodiesel ont été lancés en algérie, notamment par le biais de partenariats public-privé. Ces projets visent à construire des usines de production de biodiesel, à mettre en place des chaînes d'approvisionnement en matières premières et à promouvoir l'utilisation de biodiesel dans le secteur du transport.

En algérie l'utilisation du biodiesel peut contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à l'amélioration de la qualité de l'air et à la promotion d'une agriculture durable. Il est important de s'assurer que la production de biodiesel est effectuée de manière responsable sur le plan environnemental et social, en accélérant la déforestation, en préservant les terres agricoles et en garantissant des conditions de travail équitables pour les travailleurs agricoles.

L'algérie continue d'explorer et de développer davantage les opportunités liées au biodiesel et à d'autres formes d'énergies renouvelables, dans le but de réduire sa dépendance aux combustibles fossiles et de promouvoir la durabilité environnementale et économique.

### III.3. Marché du biodiesel

Au cours des dernières années le marché du biodiesel connaît une croissance significative en raison de la demande croissante de carburants plus écologiques et renouvelables :

**1. Taille du marché :** le marché mondial du biodiesel a connu une expansion remarquable, avec une augmentation de la production et de la consommation. Selon certaines

estimations, il devrait atteindre une valeur de plusieurs milliards de dollars d'ici les prochaines années.

**2. Facteurs de croissance :** plusieurs facteurs encouragent la demande de biodiesel. Cela inclut la préoccupation croissante concernant les émissions de gaz à effet de serre et le changement climatique, les réglementations environnementales plus strictes, la recherche d'alternatives aux carburants fossiles, ainsi que l'intérêt croissant pour la durabilité et les énergies renouvelables.

**3. Utilisation et applications :** le biodiesel est principalement utilisé comme substitut ou mélange avec le diesel conventionnel dans les moteurs diesel existants. Il est utilisé dans les transports, notamment dans les véhicules légers, les camions, les autobus, les bateaux et les engins de construction.

le biodiesel peut également être utilisé comme combustible de chauffage résidentiel et industriel.

**4. Marchés régionaux :** le marché du biodiesel est réparti à l'échelle mondiale, avec des régions telles que l'europe, l'amérique du nord, l'asie-pacifique et l'amérique latine qui affiche une demande croissante. L'europe est l'un des principaux marchés, soutenu par des politiques gouvernementales favorables et des normes strictes en matière d'émissions.

**5. Matières premières :** les matières premières utilisées pour produire du biodiesel sont principalement les huiles végétales, telles que l'huile de soja, l'huile de colza et l'huile de palme, ainsi que les graisses animales et les huiles usagées. La disponibilité et la durabilité de ces matières premières engendrent des débats et des préoccupations quant à leur impact sur l'environnement et la sécurité alimentaire.

**6. Défis et opportunités :** le marché du biodiesel fait face à plusieurs défis, tels que la volonté des prix des matières premières, la compétitivité par rapport aux carburants fossiles, les politiques énergétiques incertaines et les préoccupations environnementales liées à la production de matières premières.

### III.4. Production du biodiesel à partir d'huile usagée

La production de biodiesel à partir d'huile usagée, appelée aussi biodiesel à base d'huile de cuisson usagée ou de biodiesel recyclé, est une approche écologique et durable.

elle comprend la collecte et le traitement des huiles de cuisson utilisées provenant de restaurants, de foyers ou d'autres sources, puis leur transformation en biodiesel.

Les étapes générales expliquées dans la production de biodiesel à partir d'huile usagée sont :

**1. Collecte des huiles usagées :** les huiles de cuisson usagées sont fournies auprès de diverses sources, telles que les restaurants, les hôtels, les cantines ou même les particuliers. Des systèmes de collecte appropriés sont mis en place pour rassembler les huiles usagées de manière sûre et hygiénique.

**2. Prétraitement :** les huiles usagées peuvent contenir des impuretés, des résidus alimentaires et des contaminants indésirables. Le prétraitement implique l'élimination de ces impuretés par des processus tels que le filtrage, la décantation ou la centrifugation.

**3. Transestérification :** cette réaction est le processus clé pour convertir les huiles usagées en biodiesel. Au cours de cette étape, les triglycérides présents dans les huiles transformées sont en esters méthyliques ou éthyliques, qui sont les composants principaux du biodiesel. Cette réaction chimique est généralement réalisée en présence d'un catalyseur, tel que la soude caustique ou la potasse, et d'alcool (méthanol ou éthanol).

**4. Séparation et purification :** après la réaction de transestérification, le mélange réactionnel est séparé en deux phases : le biodiesel et la glycérine, qui est un sous-produit de la réaction. Le biodiesel est ensuite approprié pour éliminer les impuretés résiduelles, telles que les résidus de catalyseur et les traces d'eau, par des processus tels que le lavage, la décantation et la filtration.

**5. Stockage et distribution :** une fois purifié, le biodiesel est stocké dans des réservoirs appropriés avant d'être distribué pour une utilisation dans les moteurs diesel. Il peut être mélangé avec du diesel conventionnel dans différentes proportions, selon les exigences et les réglementations appropriées.

La production de biodiesel à partir d'huile usagée présente plusieurs avantages, tels que :

- La réduction des déchets,
- La valorisation des ressources,
- La diminution des émissions de gaz à effet de serre,
- La promotion de l'économie circulaire.



## Chapitre III. Production du biodiesel

Toutefois, il est essentiel de veiller à ce que les huiles usagées doivent respecter conformément aux normes et réglementations en matière de sécurité et de qualité.

Nous allons essayer dans ce chapitre de porter une contribution expérimentale à la production du biodiesel à partir d'huile utilisée. L'huile utilisée dans cette partie est végétale, pour prendre le biodiesel il faut faire un mélange entre la matière primaire (huile végétale) et l'alcool (méthanol ou éthanol) avec le catalyseur pour activer le temps de la réaction.

### III.5. Production du biodiesel: principe et réalisation

Le biodiesel peut être produit à partir d'huile végétale, de graisse animale par une réaction chimique appelée transestérification avec des alcools et des catalyseurs, étant donné que les huiles végétales utilisées sont actuellement la principale source de matières premières dans la production commerciale de biodiesel.

Dans cette expérience, nous avons utilisé la méthode de transestérification, au laboratoire des mines, l'huile usagée a été collectée à partir de restaurants se trouvant dans la wilaya de Tébessa.

#### 1. Les matériels :

Tableau III.1. Les matériels et les produits.

Les produits	Les matériels
<ul style="list-style-type: none"><li>• méthanol</li><li>• éthanol</li><li>• hydroxyde de potassium koh</li><li>• huile utilisée</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ampoule à décanté 1000 ml</li><li>• les béchers de 50 et de 100 ml</li><li>• une balance</li><li>• une burette</li><li>• agitateur magnétique</li></ul>

#### 2. Les alcools :

L'alcool est l'un de deux réactifs mis en jeu lors de la réaction de transestérification. Dans notre présente étude, nous utiliserons le méthanol et l'éthanol.

## a) Le méthanol :

Le méthanol de formule  $\text{CH}_3\text{OH}$  est un produit chimique très toxique résultant de la synthèse du dihydrogène avec le monoxyde de carbone. Il fond vers  $-95^\circ\text{C}$ , bout à  $64,7^\circ\text{C}$  et à une densité de 0,79 à la température de  $20^\circ\text{C}$ [7]. Peu soluble mais très réactif, le méthanol est utilisé dans beaucoup de synthèses dont celle des emhv. A cet effet, il doit respecter les recommandations ci-dessous : • teneur en méthanol (% poids)  $< 99,85$  ; • teneur en eau (% poids)  $< 0,1$

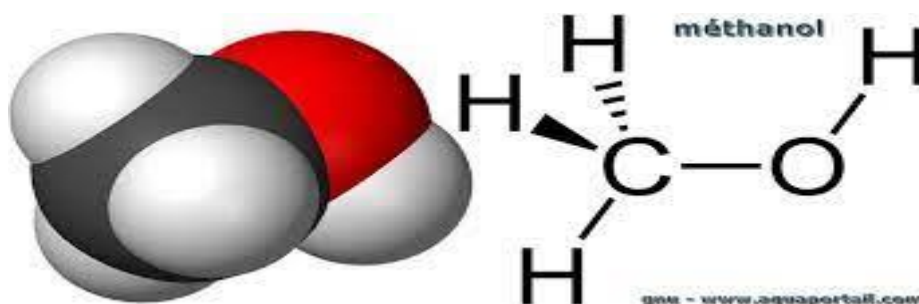


Figure III.1. Molécule de méthanol

## 3. Hydroxyde de potassium

Dénommé de façon usuelle la **potasse caustique** au laboratoire, est un corps composé minéral de formule brute  $\text{KOH}$ . Ce composé chimique caustique, à la fois corrosif et fortement basique est, à température et pression ambiante, un solide blanc dur et solide, mais très hygroscopique et déliquescent à l'air humide.

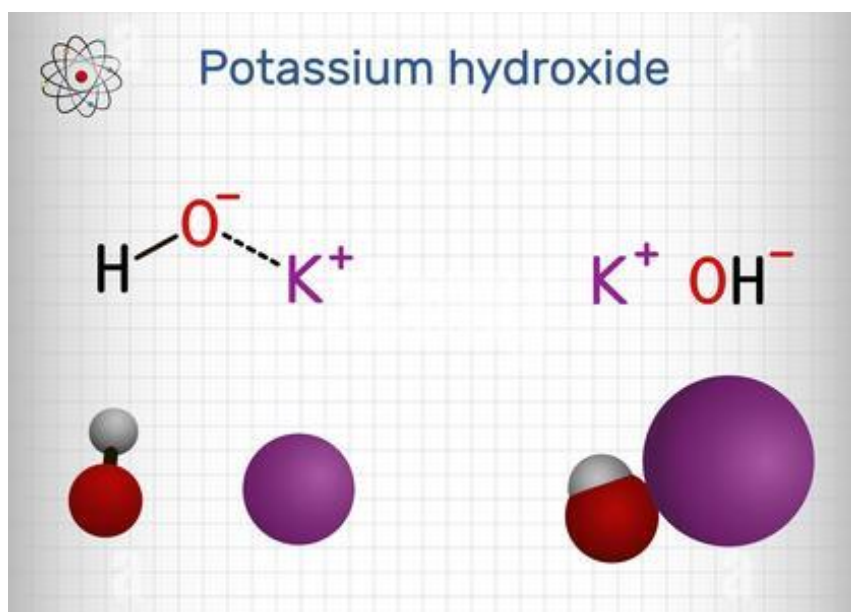


Figure III.2. Molécule d'hydroxyde de potassium

L'huile → 500ml

Ch<sub>3</sub>oh → 50ml

Koh → 4g

### III.6. Les étapes d'action :

Etape 1 : Nous avons filtré l'huile des impuretés

✚ On met 500ml d'huile dans un bécher du 1000ml



Figure III.3. Filtré l'huile.

Etape 2 :

✚ On met ce bécher sur l'agitateur magnétique et en fixant la température à 60c°

✚ D'un autre coté on met une quantité d'alcool avec le catalyseur choisie



Figure III.4. Chauffer l'huile à 60c°

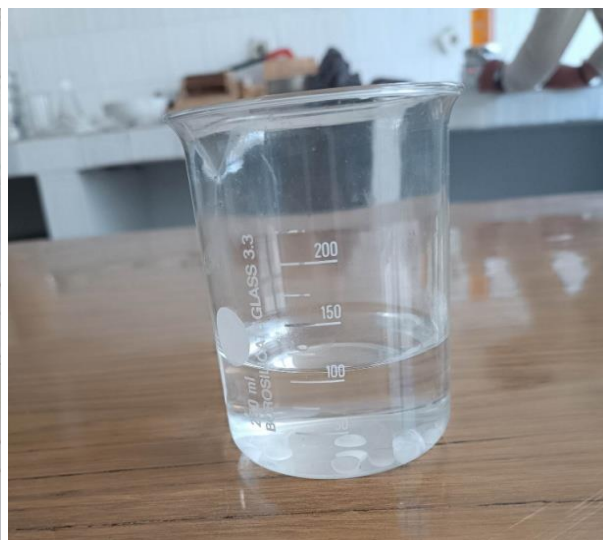


Figure III.5. Alcool avec le catalyseur

## Chapitre III. Production du biodiesel

### Etape 3 :

- ✚ Après en mélange le catalyseur et alcool préalablement préparée est ajoutée à l'huile
- ✚ Agiter ce mélange pendant 5 à 10 minutes



**Figure III.6.** Verser la solution et mélanger pendant un moment 5 à 10 minutes

### Etape 4 :

- ✚ Laisser le mélange de 12 à 24 heures, ensuite, nous obtenons deux couches, la couche supérieure est du biodiesel et la couche inférieure est de la glycérine
- ✚ Nous séparons la glycérine du biodiesel



**Figure III.7.** Décollez progressivement glycérine la couche

## Chapitre III. Production du biodiesel

### Etape 5 :

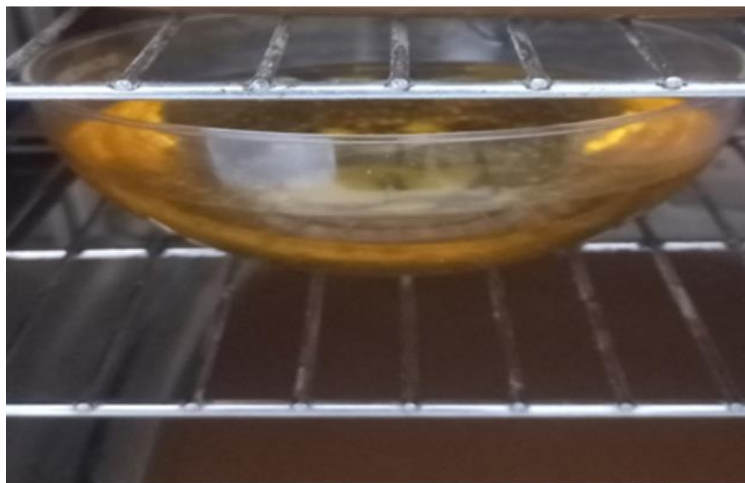
- ✚ Nous lavons le biodiesel avec de l'eau distillée pour éliminer l'alcool et la glycérine restants plusieurs fois, avec une légère et lente agitation.



**Figure III.8.** Laver la glycérine avec de l'eau

### Etape 6 :

- ✚ Après le processus de lavage, mettez la solution au four à une température de 110 degrés pendant une heure et demie.

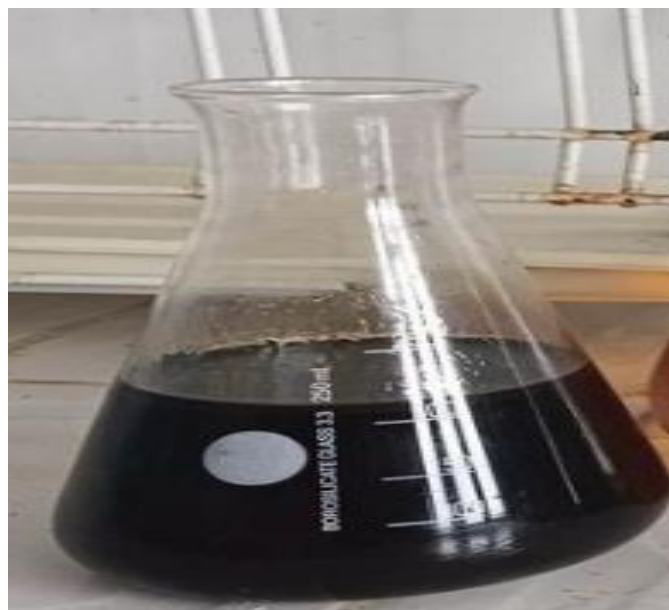


**Figure III.9.** Mettre le mélange au four

- Après le processus de séchage, nous obtenons du biodiesel



**Figure III.10.** Le biodiesel



**Figure III.11.** La glycérine

### III.7. Vérification du produit :

La vérification du produit obtenu par la fabrication du biodiesel à partir d'huile usagée est une étape essentielle pour garantir sa qualité et sa conformité aux normes requises. Les méthodes couramment utilisées pour vérifier le produit de biodiesel sont:

**1. Analyse des propriétés physico-chimiques :** cette méthode consiste à mesurer les propriétés physiques et chimiques du biodiesel, telles que la densité, la viscosité, le point d'éclair, l'indice de cétane, la teneur en eau, la teneur en glycérides résiduels, la teneur en esters méthyliques ou éthyliques, etc. Ces mesures sont effectuées à l'aide d'équipements de laboratoire spécialisés.

**2. Test de stabilité :** le biodiesel doit être testé pour sa stabilité à long terme, notamment en termes de résistance à l'oxydation et à la dégradation. Des tests d'oxydation accélérée peuvent être réalisés pour évaluer la résistance du biodiesel à l'oxydation, ce qui peut entraîner la formation de dépôts et de résidus indésirables.

**3. Analyse des impuretés :** le biodiesel doit être testé pour la présence d'impuretés telles que les résidus de catalyseur, les contaminants et les traces d'eau. Des analyses spécifiques peuvent être effectuées pour évaluer la teneur en ces impuretés et s'assurer qu'elles respectent les limites réglementaires.

**4. Test de performance :** le biodiesel peut être testé pour évaluer sa performance dans les moteurs diesel, notamment en termes de puissance, d'émissions, de compatibilité avec les composants du moteur, etc. Ces tests peuvent être réalisés sur des moteurs d'essai conformément aux protocoles normalisés.

**5. Certification de conformité :** dans de nombreux pays, il existe des normes et des réglementations spécifiques pour le biodiesel, telles que les normes astm, en ou iso. Les producteurs de biodiesel peuvent demander une certification de conformité à ces normes, ce qui implique des tests réguliers et une vérification indépendante de la qualité du produit.

Il est important que ces vérifications soient réalisées par des laboratoires accrédités et conformément aux procédures et aux normes définies. Cela garantit la fiabilité des résultats et la conformité du produit biodiesel à partir d'huile usagée.

### III.7.1. Mesure de la viscosité

La mesure de la viscosité du biodiesel est une méthode couramment utilisée pour évaluer la fluidité du carburant, c'est une mesure importante pour déterminer sa conformité aux spécifications de qualité. Les principales étapes pour mesurer la viscosité du biodiesel sont :

**1. Équipement :** on a besoin d'un viscosimètre, c'est un instrument de laboratoire spécialement conçu pour mesurer la viscosité des liquides. Il existe différents types de

viscosimètres, tels que les viscosimètres à capillaire, les viscosimètres rotatifs ou les viscosimètres à chute de bille. On choisit l'instrument approprié selon le besoin et les normes applicables.

**2. Préparation de l'échantillon :** on doit s'assurer que l'échantillon de biodiesel est propre, c'est-à-dire l'absence de particules ou de contaminants. Si nécessaire, on doit utiliser un filtre convenable pour éliminer les impuretés visibles.

**3. Étalonnage de l'appareil :** avant de mesurer la viscosité de l'échantillon de biodiesel, on doit calibrer le viscosimètre en utilisant un liquide de référence dont la viscosité est connue. On doit respecter les instructions spécifiques d'étalonnage fournies par le fabricant de l'instrument.

**4. Mesure de la viscosité :** on place l'échantillon de biodiesel dans le récipient approprié du viscosimètre. On vérifie que l'échantillon remplit correctement le récipient sans débordement ni bulles d'air. Ensuite, on effectue la mesure en suivant les instructions du fabricant de l'instrument. Cela peut impliquer le démarrage de l'instrument, le réglage des paramètres appropriés tel que la température, puis l'enregistrement de la viscosité affichée.

**5. Interprétation des résultats :** les résultats de la mesure de la viscosité seront exprimés en unités spécifiques, telles que les centistokes (cst) ou les millipascal-secondes (mpa•s). On doit comparer les résultats avec les spécifications réglementaires ou les normes de qualité applicables pour déterminer si le biodiesel satisfait aux exigences en termes de viscosité [19].

### III.7.2 Le point d'éclair

Le point d'éclair est une mesure importante pour évaluer la sécurité d'un carburant, y compris le biodiesel. Le point d'éclair est la température minimale à laquelle un liquide suffisamment de vapeurs inflammables pour former un mélange inflammable avec l'air à la surface du liquide.

Le point d'éclair du biodiesel dépend de la composition chimique spécifique du carburant, en particulier de la teneur en esters méthyliques ou éthyliques présents dans le biodiesel. En général, le biodiesel a un point d'éclair plus élevé que le diesel conventionnel dérivé du pétrole, ce qui le rend moins inflammable [20]



La norme astm d6751 définit les spécifications du biodiesel de qualité astm et spécifie les méthodes de test, y compris la détermination du point d'éclair. Selon cette norme, le point d'éclair minimum requis pour le biodiesel est de 93 degrés celsius (200 degrés fahrenheit) [21]

Le test du point d'éclair est généralement réalisé en utilisant une méthode normalisée telle que la méthode de la coupe ouverte ou la méthode de la coupe fermée. Ces méthodes cohérentes à chauffer progressivement l'échantillon de biodiesel dans un appareil spécifique et à détecter la température à laquelle une flamme ou une étincelle se produit au-dessus de l'échantillon.

Il est important de noter que le point d'éclair n'indique pas la facilité d'allumage du biodiesel dans un moteur diesel. Pour évaluer les performances du biodiesel dans les moteurs, d'autres propriétés telles que l'indice de cétane, la viscosité, la densité, etc., sont également prises en compte.

Il est recommandé de se conformer aux normes et réglementations locales en matière de biodiesel pour garantir la sécurité et la qualité du carburant.

### **III.7.3. L'indice de cétane**

L'indice de cétane est une mesure de la facilité d'allumage et de combustion du carburant diesel dans un moteur à combustion interne. Il indique la qualité de l'allumage spontané du carburant diesel lorsqu'il est alimenté dans la chambre de combustion du moteur. Un indice de cétane élevé indique une combustion plus rapide et plus complète, ce qui se traduit par une meilleure performance du moteur, une réduction des émissions et une diminution du bruit de combustion [20]

L'indice de cétane est déterminé par des tests de laboratoire normalisés, les valeurs de l'indice de cétane sont déterminées selon la norme astm d976, et à partir de la distillation simulée à la valeur de 50% (astm d2887) [22]

. Ces méthodes impliquent généralement l'utilisation d'un moteur de test spécifique, où le carburant diesel est comparé à une série de mélanges de référence contenant des hydrocarbures avec différents indices de cétane. Le moteur de test mesure les caractéristiques de combustion, telles que le délai d'allumage et la pression de combustion, et les compare à celles des mélanges de référence. L'indice de cétane est ensuite attribué en fonction de la correspondance avec les mélanges de référence.

## Chapitre III. Production du biodiesel

L'échelle des indices de cétane varie généralement de 0 à 100, où un indice de cétane plus élevé indique une meilleure qualité de combustion. Dans la plupart des pays, les carburants diesel commerciaux ont un indice de cétane compris entre 40 et 55. Toutefois, il existe des carburants diesel spéciaux, tels que le biodiesel ou les carburants de qualité supérieure, qui peuvent avoir des indices de cétane plus élevés, généralement supérieur à 55.

Il est important de noter que l'indice de cétane ne doit pas être confondu avec le numéro d'octane utilisé pour les carburants à essence. Les deux indices mesurent des caractéristiques différentes des carburants et sont utilisés dans des types de moteurs différents.

L'utilisation des carburants diesel avec un indice de cétane approprié pour les moteurs diesel contribue à une meilleure combustion, à une réduction des émissions polluantes, à une plus grande efficacité et à de meilleures performances globales du moteur.

La mesure de l'indice de cétane est effectuée à l'aide de méthodes normalisées en laboratoire. Voici les étapes générales du processus de mesure de l'indice de cétane :

**1. Échantillonnage :** on prélève un échantillon représentatif du carburant diesel à tester. On vérifie que l'échantillon est propre et exempt de contaminants pouvant porter des erreurs aux résultats.

**2. Moteur de test :** on utilise un moteur de test spécifique conçu pour mesurer les caractéristiques de combustion du carburant diesel. Les moteurs de test les plus couramment utilisés sont les moteurs cfr (cooperative fuel research) ou les moteurs de test de référence similaires.

**3. Préparation de l'échantillon :** selon la méthode spécifique utilisée, on prépare l'échantillon de carburant diesel en le mélangeant avec des composés de référence ayant différents indices de cétane. Ces mélanges de référence serviront de points de comparaison pour déterminer l'indice de cétane de l'échantillon.

**4. Injection et combustion :** on injecte l'échantillon préparé dans la chambre de combustion du moteur de test, tout en contrôlant les conditions de combustion telles que la pression, la température et le délai d'injection. Le moteur de test mesure ensuite les caractéristiques de combustion, telles que le délai d'allumage et la pression de combustion.

**5. Comparaison et détermination de l'indice de cétane :** on doit comparer les résultats de combustion de l'échantillon avec ceux des mélanges de référence. L'indice de

cétane est déterminé en fonction de la correspondance avec les mélanges de référence, généralement sur une échelle allant de 0 à 100.

Il est important de suivre les méthodes de test normalisées, telles que les méthodes astm d613, en iso 5165 ou d'autres normes nationales ou internationales applicables. Ces méthodes spécifient les conditions de test, les paramètres du moteur, les mélanges de référence et les procédures détaillées pour assurer des résultats précis et reproductibles.

La mesure de l'indice de cétane est essentielle pour évaluer la qualité du carburant diesel, optimiser les performances du moteur, réduire les émissions polluantes et garantir une combustion efficace et fiable.

### **III.7.4 Mesures de la teneur en glycérine**

La mesure de la teneur en glycérine est une étape importante pour évaluer la qualité du produit biodiesel à partir d'huile usagée. La glycérine est un sous-produit de la réaction de transestérification lors de la production de biodiesel.

Voici les étapes générales pour mesurer la teneur en glycérine dans le biodiesel :

#### **1. Préparation de l'échantillon :**

On prélève un échantillon représentatif du biodiesel à tester. On doit s'assurer que l'échantillon est homogène et propre, sans contaminants pouvant influencer les résultats.

#### **2. Extraction de la glycérine :**

Plusieurs méthodes d'extraction peuvent être utilisées pour séparer la glycérine du biodiesel. L'une des méthodes couramment utilisées est l'extraction par solvant, dans laquelle un solvant adapté est utilisé pour extraire la glycérine de l'échantillon de biodiesel. Le solvant extrait ensuite la glycérine et est séparé du biodiesel.

#### **3. Évaporation du solvant :**

Une fois que la glycérine a été extraite du biodiesel, le solvant est évaporé pour obtenir une solution concentrée de glycérine. Cela peut être réalisé en utilisant une évaporation à basse température ou une évaporation sous vide, selon la méthode choisie.

#### **4. Pesée et calcul de la teneur en glycérine :**

après évaporation du solvant, on pèse la quantité de glycérine obtenue. La teneur en glycérine est calculée en échantillon divisant la masse de glycérine par la masse initiale de l'échantillon de biodiesel et en multipliant le résultat par 100 pour obtenir un pourcentage.

Il est important de noter que la méthode exacte de mesure de la teneur en glycérine peut varier en fonction des normes et des procédures spécifiques utilisées par le laboratoire ou l'organisme effectuant l'analyse. Il est recommandé de suivre les méthodes normalisées, telles que celles désignées par les normes astm d6584 ou en 14105, pour obtenir des résultats précis et comparables [23]

La mesure de la teneur en glycérine est importante pour évaluer la qualité du biodiesel, car une teneur élevée en glycérine peut affecter les performances du carburant, la stabilité et la propreté du système de carburant, ainsi que la conformité aux spécifications réglementaires.

### **5. la teneur en esters méthyliques ou éthyliques :**

La teneur en esters méthyliques ou éthyliques est une mesure essentielle pour évaluer la qualité du biodiesel, car elle indique la quantité d'esters d'acides gras présents dans le carburant. Les esters méthyliques ou éthyliques sont les composants principaux du biodiesel et sont formés lors du processus de transestérification de l'huile végétale ou animale avec un alcool (méthanol ou éthanol).

La mesure de la teneur en esters méthyliques ou éthyliques peut être effectuée à l'aide de différentes méthodes, notamment la chromatographie en phase gazeuse (cpg) ou la spectroscopie infrarouge (ir). Ces méthodes permettent de quantifier la proportion d'esters méthyliques ou éthyliques par rapport aux autres composants présents dans le biodiesel.

Lorsque l'échantillon de biodiesel est soumis à une analyse par cpg ou ir, une courbe de calibration est généralement établie en utilisant des échantillons de référence de biodiesel avec des teneurs connues en esters méthyliques ou éthyliques. En comparant la réponse de l'échantillon inconnu à la courbe de calibration, la teneur en esters méthyliques ou éthyliques du biodiesel peut être déterminée.

La mesure précise de la teneur en esters méthyliques ou éthyliques est importante pour garantir la qualité du biodiesel et son adéquation en tant que carburant diesel. Des teneurs élevées en esters méthyliques ou éthyliques indiquent une meilleure conversion de l'huile en biodiesel et une plus grande pureté du carburant final. Cela peut contribuer à une combustion

plus propre, à une réduction des émissions polluantes et à une meilleure performance du moteur.

### III.8. Proportions d'utilisation du biodiesel avec le diesel conventionnel

En raison de sa compatibilité avec les moteurs diesel existants, le biodiesel peut être utilisé directement ou mélangé en différentes proportions avec du diesel conventionnel, formant ainsi des mélanges tels que :

- Le b5 (5 % de biodiesel et 95 % de diesel)
- Le b20 (20 % de biodiesel et 80 % de diesel).
- Certains véhicules spécialement conçus peuvent également utiliser du biodiesel

pur, connu sous le nom de b100.

Ce qui rend le biodiesel intéressant, c'est sa réduction éventuelle, jusqu'à 80%, des

Gaz à effet de serre (ges) émis durant la phase production /traitement de son cycle de vie

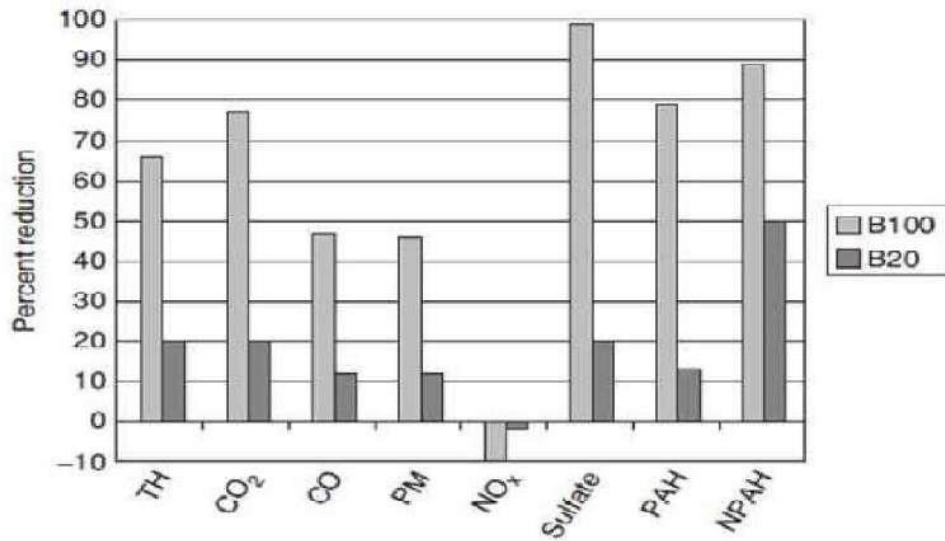
Comparativement aux émissions produites par le pétro-diesel.

Il faut signaler aussi que les émissions provenant de combustion du biodiesel sont

Moins dangereuses pour la santé humaine. On constate une baisse qui atteint jusqu'à 100%

D'anhydride sulfureux (dioxyde de soufre), 48% de monoxyde de carbone, 47% de matières

Particulaire, 67% des hydrocarbures imbrulés et jusqu'à 90% mutagénicité.



**Figure III.12.** Pourcentage de réduction de l'émission de polluants du diesel et le Mélange de 20% du biodiesel avec 80% de diesel (b20) [24]

### III.9. Conclusion

Pour la production du biodiesel nous avons réalisé les tâches suivantes :

- La collecte des huiles usagées à partir de restaurants se trouvant dans la wilaya de tébessa,
- La partie production du biodiesel a été réalisée au niveau du laboratoire des mines.

L'étape suivante de notre projet est la vérification du produit obtenu par :

1. Analyse des propriétés physico-chimiques ;
2. Test de stabilité ;
3. Analyse des impuretés ;
4. Test de performance ;
5. Certification de conformité ;

# **Conclusion générale**

Dans ce projet nous avons fixé un objectif de production d'un carburant biodiesel à partir des huiles usagées de cuisson comme matière première.

Ce travail a des avantages économiques et environnementaux considérables. Dans l'étape suivante nous projetons la vérification du produit obtenu pour garantir sa qualité et sa conformité aux normes requises. Les méthodes couramment utilisées pour vérifier le produit de biodiesel sont:

1. Analyse des propriétés physico-chimiques
2. Test de stabilité
3. Analyse des impuretés.
4. Test de performance
5. Certification de conformité

Il est important que ces vérifications soient réalisées par des laboratoires accrédités et conformément aux procédures et aux normes définies. Cela garantit la fiabilité des résultats et la conformité du produit biodiesel à partir d'huile usagée.



# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- [1] plan d'exploitation de la mine de fer de l'ouenza , document délivré par l'entreprise ; 2022.
- [2] [https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1-nygez84eantyev9fpiqb1powgohygfq&hl=en\\_us&ll=35.941750816581944%2c8.163826849999989&z=12](https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1-nygez84eantyev9fpiqb1powgohygfq&hl=en_us&ll=35.941750816581944%2c8.163826849999989&z=12); consulté le 03/06/2023
- [3] guelai houdaifa ; merahi hadjira, enrichissement et agglomération du minerai de fer pauvre de l'ouenza .2020
- [4] rapport géologique, plan de développement 2014-2023 ded (division D'étude et développement) mines de l'ouenza, 2019
- [5] khaoula sellaoui,(2020), mesure et estimation du cycle de chargement et transport dans les conditions de la mine de fer de l'ouenza , département génie minier, contrôle des terrains, ecole nationale supérieure des mines et de la métallurgie-amar laskri-2020.
- [6] hustrulid.w,\_kuchta.m,martin.randall. Open pit mine planning & designvolume 1 – fundamentals third-edition-crc-press-2013.
- [7] kovalenko.v. Ambartsoumian.n. Et lahmer. K.m. Exploitation des carrières. Université d'annaba. Edition opu. 1986.
- [8] chibka.n « exploitation des gisements métallifères ». Edition office des publications universitaires, 1980.
- [9] tp demain, <https://tpdemain.com/module/les-scrapers/>.
- [10] le monde du tp, <https://lemondedutp.wordpress.com/la-decapeuse/>.
- [11] serradj.t , cours d'exploitation des mines , master i ,ecole nationale supérieure des mines et métallurgie – annaba ,2018.
- [12] cataloguecaterpillar 775g
- [13] europe-tp, <https://www.europe-tp.com/modele/caterpillar-973-d>
- [14] djouema naima, surveillance et diagnostic des convoyeurs a bande, thèse de doctorat, génie industriel, université badji mokhtar,annaba,2019

## Références bibliographiques

- [15] document chapitre 4 équipement d'excavation-exoco-lmd,<https://www.exoco-lmd.com/equipements-miniers-en-souterrain/cours-equipements-miniers-en-souterrain/?action=dlattach;attach=12457>
- [16] chargement et transport dans les mines p 10
- [https://www.researchgate.net/publication/337800478\\_chargement\\_et\\_transport\\_dans\\_les\\_mines](https://www.researchgate.net/publication/337800478_chargement_et_transport_dans_les_mines)
- [17] t.allan ohara and stanley c.suboleskysme engineering handbook .1995 chapter 6.3 p 410
- [18] camm, t.w. (1991). Simplified cost models for prefeasibility mineral evaluations. Us bureau of
- [19] mohammed amouri, développement d'une filière de biodiesel en algérie apport des outils d'aide à la décision, thèse de doctorat en sciences, option génie chimique. Ecole nationale supérieure polytechnique. 2019
- [20] .z. Bettahar , b. Cheknane et k. Boutemak .etude de la transestérification d'un mélange des huiles usagées pour la production du biodiesel,revue des energies renouvelables vol. 19 n°4 605 – 615.laboratoire d'analyse fonctionnelle des procédés chimiques, faculté de technologie, université de blida1.2016
- [21] lyes tarabet, samir hanchi, mohand tazerout.conversion d'une l'huile végétale en carburant pour le moteur diesel
- [22] hamza kellou, rabia mansour.synthèse et caractérisation du biodiesel issu d'une huile de friture usagée.mémoire de projet de fin d'études.département de génie chimique.ecole nationale polytechnique.2016
- [23] astm d6584 determination of free and total glycerol, mono-, di-, tri-glycerides in fame with ac biodiesel all in one solution.
- [24] m. Senoussaoui zakaria, m. Derradjiberrekbia, caractérisation de biodiesel à partir Des huiles de friture,mémoire de master, universite kasdi marbah ouargla, Département de génie des procédés, 2022