



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 العربي التبسي - تبسة
Université Larbi Tebessi - Tébessa
معهد المناجم
Institut des Mines
قسم الإلكتروميكانيك
Département Electromécanique



MEMOIRE

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

Filière : Génie Minier

Option : Electromécanique Minière

Etude du processus de chargement et de transport dans une mine à ciel ouvert. Cas de la mine de Boukhadra

Par

KEBAR Adel Bakhti
BOUMEZBEUR Yasser

Devant le jury :

RECHACH Abdelkarim	MAA	Président	Université Larbi Tebessi Tébessa
HOUAM Alla	MAA	Encadreur	Université Larbi Tebessi Tébessa
RAIS Khaled	MCB	Examineur	Université Larbi Tebessi Tébessa

Promotion 2020-2021



Année universitaire : 2020-2021

Tébessa le :

Lettre de soutenabilité

Noms et prénoms des étudiants :

1 Kebar Adel Bakhti

2 Boumezbeur Yasser

Niveau : 2^{ème} année master Option : Electromécanique minière

Thème : Etude du processus de chargement et de transport dans les mines à ciel ouvert. Cas de la mine de Boukhadra.

Nom et prénom de l'encadreur : Houam Alla

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Généralité sur le chargement dans les mines	
Généralité sur le transport dans les mines	
Choix d'un système du chargement et de transport	
Etude du processus de chargement et de transport	

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) كبار عادل معيني : الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : طالب

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 20013952 و الصادرة بتاريخ

المسجل بمعهد المناجم قسم الادوات و ميكانيك

و المكلف بانجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :

Etude du processus de Chargement et de transport
dans les mines à ciel ouvert. Cas de la mine de Boukhadra

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية

المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ:

13 جوان 2021

إمضاء المعني (ة)

المجلس العلمي
بجامعة العربي التبسي
تبسة
مكتب رئيس المجلس

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) فيوم زبير ياسر الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : طالب

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 200392716 و الصادرة بتاريخ 2016 / 04 / 27

المسجل بمعهد المتخصص قسم الإلكترونيات

و المكلف بانجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :

..... Etude du processus de Chargement et de transport
..... dans les mines à ciel ouvert. Cas de la mine de Boukhaloua

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية
المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ:

إمضاء المعني (ة)

٩

أ/ دكتور المجلس العلمي قنوي
أ/ دكتور المجلس العلمي قنوي
أ/ دكتور المجلس العلمي قنوي
أ/ دكتور المجلس العلمي قنوي



13
12021

Remerciements

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et la capacité d'effectuer ce travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier RECHACH ABDELKARIM qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury.

Nous sincères reconnaissances s'adressent à HOUAM ALLA pour avoir accepté d'encadrer ce mémoire.

Nous remercions Monsieur RAIS KHALED qui a bien voulu prendre part à ce jury afin d'examiner notre travail.

Nous tenons également à remercier toute l'équipe de la mine de Boukhadra pour leur aide, sympathie et assistance durant mon stage.

Nous remercions les plus sincères vont également aux professeurs qui ont contribué à ma formation, et ceux de l'institut des mines.

Je tiens également à remercier ma famille pour leur soutien continu.

Dédicace

*Je dédie ce travail à ceux qui sont
toujours présents dans mon cœur*

A ma très chère mère,

A mon très cher père

A mes frères A toute ma famille

A tous mes professeurs

*A tous mes collègues et mes amis sans
exception*

*Enfin, je voudrais remercier
chaleureusement K. Adel pour son
Soutien complet et intégré tout au long
de la période de recherche.*

Yasser

Dédicace

*Je dédie ce travail à ceux qui sont
toujours présents dans mon cœur*

A ma très chère mère,

A mon très cher père

A mes frères A toute ma famille

A tous mes professeurs

*A tous mes collègues et mes amis sans
exception*

*Enfin, je voudrais remercier
chaleureusement B. Yasser pour son
Soutien complet et intégré tout au long
de la période de recherche.*

Adel

RÉSUMÉ

Notre travail se concentre sur l'étude du processus de chargement et de transport, opérations d'une importance majeure pour l'exploitation minière.

Pendant l'exploitation minière, il est opportun de faire un choix judicieux des machines de chargement et de transport et de bien les affecter pour limiter les temps d'attente et d'augmenter les rendements ce qui aboutira bien sur à la réalisation de la production planifiée.

Dans ce contexte nous avons réalisé un stage au niveau de la mine de Boukhadra (Tébessa), ce qui a permis de faire une récolte des données concernant l'exploitation du gisement de fer de Boukhadra ; nous avons également effectué les chronométrages relatifs aux opérations de chargement et de transport.

L'analyse de l'état actuel des travaux de chargement et de transport au niveau de la mine de Boukhadra, a révélé des temps perdus élevés, des pannes continues ;

Nous avons ainsi réalisé une optimisation des paramètres de chargement et de transport à savoir : types d'engins, nombres des engins, performance des engins, distributions des engins des attentes, files d'attente.

Mots clés: chargement, transport, optimisation, des attentes, files d'attente.

Abstract

Our work is based on studying the loading and transportation process, operations of major importance for mining.

During mining, it is convenient to make a judicious choice of the machines of loading and transport and to affect them well to limit the latencies and to increase the outputs what will lead of course to the realization of the planned production.

In this context we carried out a training course on the level of the mine of Boukhadra (Tebessa), which made it possible to make a harvest of the data concerning the exploitation of the iron layer of Boukhadra; we also carried out timings relating to the operations of loading and transport.

The analysis of the current state of work of loading and transport on the level of the mine of Boukhadra, revealed raised wasted times, continuous purling; We thus carried out an optimization of the parameters of loading and transport to knowing: types of machines, numbers of machines, waiting lines, expectations, performance of the machines,.

Key words: loading, transport, optimization, speed of rolling, expectations.

ملخص

يرتكز عملنا حول دراسة عملية الشحن والنقل، وهي أعمال ذات أهمية كبرى لاستغلال المناجم.

خلال عملية استغلال المناجم، يكون من المناسب القيام باختيار حكيم لآلات الشحن والنقل وغيرها ذلك للحد من أوقات الانتظار وزيادة المردود و بالطبع هذا الأمر سيؤدي إلى تحقيق الإنتاج المخطط له.

في هذا السياق قمنا بفترة تدريبية على مستوى منجم بوخضرة (بتبسة)، الذي سمح بحصد معلومات متعلقة باستغلال منجم الحديد لبوخضرة، كما قمنا أيضا بأخذ التوقيت المتعلق بعمليات النقل و الشحن.

وقد كشف تحليل الحالة الراهنة لعمليات النقل و الشحن على مستوى منجم بوخضرة، وجود وقت ضائع مرتفع، و أعطال مستمرة؛

بالتالي قمنا بإجراء عملية تحسين للشحن والنقل وذلك بخصوص: نوع الآلات، عدد الآلات، توزيع الآلات، أداء الآلات، الانتظار، قوائم الانتظار.

الكلمات المفتاحية:

الشحن، النقل، التحسين، الانتظار، قوائم الانتظار.

Sommaire

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	01
Chapitre I Généralités sur l'opération de chargement dans les mines	
I.1 Introduction	02
I.2 chargement dans les mines	02
I.2.1 Mines à ciel ouvert	02
a) Méthode par tranches successives	02
b) Méthodes par fosses emboîtées	03
I.2.2 Détermination de la capacité de chargement	04
I.2.3 Cycle de l'unité de chargement	05
I.2.4 Engins de chargement	06
a) Mines souterraines	06
b) Mine à ciel ouvert	07
I.2.5 Les moyennes de chargement	07
A) Chargeuses	07
1. Les chargeuses sur pneus.....	07
2. Les conditions de travail de chargeuse sur pneus sur chantier.....	08
3. Les chargeuses sur chenilles	09
B) Les Pelles	09
1. Les pelles hydrauliques	09

Sommaire

2. Les conditions de travail Les pelles hydrauliques sur Chantier ...	11
a) Pelle excavatrice mobile	11
b) Pelle excavatrice sur chenilles	12
3. Les pelles à câbles sur chenilles	13
C) Les draglines marcheuses	13
D) Roue pelle	14
I.2.6 Choix de l'engin de chargement	15
1. Choix d'un type de pelle	16
2. Choix d'un type de dragline	16
I.3 Conclusion	17
Chapitre II Généralités sur l'opération de transport dans les mines	
II.1 Introduction	18
II.2 Transport dans les mines	18
II.2.1 Engins de transport	19
1. Détermination de la capacité de transport	20
a) Cycle des engins de transport	20
2. Transport par train (locomotive et wagons).....	20
a) Rendement de transport par train	21
3. Transport par convoyeur	23
4. Transport par camion	23
A) Principaux éléments du camion	23
a)Essieux et roues	24
b) Châssis	24
c) Mécanisme de culbutage	25
d) Le moteur	25
e) Dispositif de freinage	26
f) poste de commande	26
g) La benne	27
II.3 Conclusion	28
Chapitre III choix d'un système de chargement et transport	
III.1 Généralités	29
III-2 Classes d'heures	30
III.2.1 Heures théoriques ou possibles, HP	30

Sommaire

1. Heures d'activité, HACT	30
A) Heures de mise à disposition	30
a) Heures d'utilisation réelle ou effective, HUE	30
b) Heures improductives, HIMP	30
B) Heures de maintenance, HM	31
2. Heures d'inactivité, HINACT	31
III.2.2 Composition des différentes heures	31
1. Coefficient de mise à disposition, CMD	32
2. Coefficient d'utilisation effective, CUE	33
3. Coefficient d'utilisation absolu, CUA	33
III.3 Combinaison des opérations de chargement et transport	33
III.3.1 Saturation des équipements	35
III.3.2 Quelques cas particuliers : Mines de surface	36
1. Matériaux durs abattus à l'explosif	36
a) Distances inférieures à 200 m. – Débit faible ou moyen	36
b) Distances supérieures à 200 m. mais inférieures à 2000 m	37
c) Distances importantes 1500 m. et plus – Gros débit	38
2. Les matériaux sont friables	40
a) Travaux de découverte	40
b) Le matériau ne nécessite pas de concassage, la distance est courte	41
c) Le matériau ne nécessite pas de concassage, la distance est supérieure à 200m et inférieure à 2000 m	42
d) Le matériau nécessite un concassage primaire	42
e) Une solution plus économique	44
III.3.3 Cas particulier d'un gisement alluvionnaire sous recouvrement d'eau..	44
III.4 Résumé des critères de choix	45
III.5 Conclusion	46
Chapitre IV études de processus de chargement et transport	
IV.1 introduction	47
IV.2 Historique de la mine	47
IV.3 Situation géographique	48
IV.4 Composition minéralogique	49

Sommaire

IV.5 Caractéristiques du minerai et des roches encaissantes	49
IV.6 Propriétés physico-mécaniques	50
IV.7 Les réserves géologiques	50
IV.7.1 Site carrière principale (Amont)	50
IV.7.2 Site carrière BK II	50
IV.7.3 Site Pic (en épuisement)	50
IV.8 Calcul du procédé de chargement dans la mine de Boukhadra	52
IV.8.1 Les différentes caractéristiques techniques des pelles et des chargeuses	52
IV.8.2 L'influence de variation du temps de cycle sur la productivité horaire	56
IV.8.2.1 L'influence de variation du temps de cycle sur la productivité horaire de la pelle LIEBHERR 9100	57
1. Calcul des rendements de la pelle hydraulique liebherr pour le minerai	58
a) Calcul du rendement théorique horaire « Q_{th} »	58
b) Calcul du rendement technique horaire « Q_{tec} »	58
c) Calcul du rendement d'exploitation horaire « Q_{exp} »	59
d) Calcul de rendement d'exploitation par poste « $Q_{exp/p}$ »	59
e) Calcul du rendement d'exploitation par jour « $Q_{exp/j}$ »	59
f) Calcul du rendement d'exploitation par ans « $Q_{exp/an}$ »	59
g) Calcul de nombre de pelle nécessaire « N_{ch} »	60
IV.8.2.2 L'influence de variation du temps de cycle sur la productivité de la chargeuse CAT 990K	62
1. Calcul des rendements de la chargeuse CAT 990K pour le stérile	63
a) Calcul du rendement théorique horaire « Q_{th} »	63
b) Calcul du rendement technique horaire « Q_{tec} »	63
c) Calcul du rendement d'exploitation horaire « Q_{exp} »	64
d) Calcul de rendement d'exploitation par poste « $Q_{exp/p}$ »	64
e) Calcul du rendement d'exploitation par jour « $Q_{exp/j}$ »	64
f) Calcul du rendement d'exploitation par ans « $Q_{exp/an}$ »	64
g) Calcul de nombre de chargeuse nécessaire « N_{ch} »	65
IV.9 Calcul du procédé de transport dans la mine de Boukhadra	67

Sommaire

IV.9.1 Les différentes caractéristiques techniques des camions	67
IV.9.2 L'influence de variation du temps de cycle sur la productivité du camion	69
IV.9.2.1 Première opération pour le minerai.....	69
1. Calcul des paramètres du transport par camion CAT de type 775G..	70
a) Nombre de godet dans la benne du camion	70
b) Calcul de la capacité réelle de la benne du camion	71
c) Calcul du rendement de camion par poste	71
d) Calcul du rendement postier total des camions	71
e) Calcul de nombre de camion nécessaires	73
IV.9.2.2 Deuxième opération pour le stérile	73
1. Calcul des paramètres du transport par camion CATERBILLAR de type 775G	74
a) Nombre de godet dans la benne du camion	74
b) Calcul de la capacité réelle de la benne du camion	75
c) Calcul du rendement de camion par poste	75
d) Calcul du rendement postier total des camions	75
e) Calcul de nombre de camion nécessaires	77
IV.10 Optimisation du rendement par la rationalisation de l'affectation des engins de chantier	79
IV.11 Conclusion	84
Conclusion général	85

Annexes

Références Bibliographiques

Liste des tableaux

Tableau IV.1. La composition chimique de fer	49
Tableau IV.2. Caractéristiques du minerai et des roches encaissantes	49
Tableau IV.3. Propriétés physico-mécaniques du minerai et des roches encaissantes	50
Tableau IV.4. Caractéristiques techniques de la pelle hydraulique KOMATSU	52
Tableau IV.5. Caractéristiques techniques de la pelle hydraulique LIEBHERR	53
Tableau IV.6. Caractéristiques techniques de la chargeuse CAT 988B.....	54
Tableau IV.6. Caractéristiques techniques de la chargeuse CAT 990K.....	55
Tableau IV.8. Chronométrage de la pelle hydraulique LIEBHERR 9100.....	57
Tableau IV.9. Les résultats des rendements de la pelle hydraulique LIEBHERR 9100	59
Tableau IV.10. Chronométrages de la durée de cycle de chargeuse CAT 990k	62
Tableau IV.11. Les résultats des rendements de la chargeuse CAT 990k pour le stérile	64
Tableau IV.12 . Caractéristiques techniques du camion CAT 775F	67
Tableau IV.13. Caractéristiques techniques du camion CAT 775G	68
Tableau IV.14. Chronométrage de la durée de cycle du transport par camion CAT 775G.....	70
Tableau IV.15. Les résultats des rendements de camion (minerai)	72
Tableau IV.16. Chronométrage de la durée de cycle du transport par camion CAT 775G.....	74
Tableau IV.17. Les résultats des rendements de camion (stérile)	76

Liste des figures

Figure I.1. Cycle des opérations dans les mines à ciel ouvert selon l'exploitation Par tranches successives	03
Figure I.2. Cycle des opérations minières dans une mine à ciel ouvert exploit Selon les fosses emboîtées	04
Figure I.2. Cycle d'une unité de chargement dans les mines.....	05
Figure I.4. Chargement pour les mines souterraines	06
Figure I.5. Chargement pour les mines de surface	07
Figure I.6. Chargeuse sur pneus	08
Figure I.7. La plate-forme max de travail de la chargeuse sur pneus.....	08
Figure I.8. Chargeuse sur chenilles	09
Figure I.9. Pelle hydraulique en bute sur chenilles	11
Figure I.10. La plate-forme max de travail de la pelle à pneus.....	11
Figure I.11. La plate-forme max de travail de la pelle sur chenilles	12
Figure I.12. Pelle à câbles sur chenilles	13
Figure I.13. Dragline	14
Figure I.14. Roue pelle	15
Figure II.1. Classification générale des systèmes de transport	19
Figure II.2. .Systèmes de transport continu et par lots	19
Figure II.3. Cycle d'une unité de transport dans les mines	20
Figure II.4. Transport par train	20
Figure II.5. Essieux et roues	24
Figure II.6. Châssis	25
Figure II.7. Mécanisme de culbutage	25
Figure II.8. Le moteur	26
Figure II.9. Dispositif de freinage	26
Figure II.10. Poste de commande	27
Figure II.11 : La benne.....	27

Liste des figures

Figure III.1: Tableau des classes d'heures	32
Figure III.2. Procédure de détermination de la flotte de production d'une mine....	34
Figure III.3. Chargement et transport sur distance inférieure à 200 m	37
Figure III.4. Chargement et transport sur distances entre 200 et 2000 m.....	37
Figure III.5. Distances supérieures à 1500 m.....	38
Figure III.6. Distance supérieure à 1500 m	39
Figure III.7. Découverte sur 2000 m.....	40
Figure III.8. Découverte sur 200 m.....	41
Figure III.9. Découverte sur 200 m à 2000 m.....	42
Figure III.10. 200 à 2000 m.....	42
Figure III.11. 200 m à 2000 m.....	43
Figure III.12. Pelle et concasseur mobile.....	43
Figure III.13. Pelle et concasseur mobile.....	44
Figure III.14. Alluvions.....	45
Figure III.15. Résumé sur les critères de choix.....	46
Figure IV.1. Vue générale de la mine de Boukhadra.....	48
Figure IV.2. Pelle hydraulique KOMATSU pc 1250	53
Figure IV.3. Pelle hydraulique LIEBHERR 9100.....	54
Figure IV.4. Chargeuse CAT 988B	55
Figure IV.5. Chargeuse CAT 990K	56
Figure IV.6. Courbe de la durée de cycle d'une pelle LIEBHERR 9100	58
Figure IV.7. La Dépendance des productivités $Q_{thé}$, Q_{tec} , et Q_{exp} en fonction du temps de cycle	61
Figure IV.8. Graphe de la durée de cycle d'une chargeuse CAT 990K	63
Figure IV.9. La Dépendance des productivités $Q_{thé}$, Q_{tec} , et Q_{exp} en fonction du temps de cycle.....	66
Figure IV.10. Camion CATERPILLAR 775F, mine de Boukhadra	68

Liste des figures

Figure IV.11. Camion CAT 775G, mine de Boukhadra	69
Figure IV.12. Le rendement de camion en fonction du temps de cycle (minerai)..	72
Figure IV.13. Le rendement de camion en fonction du temps de cycle (stérile)....	76
Figure IV.14. Graphe de résultat des travaux de chargement et transport	78
Figure IV.15. les travaux de chargement et transport	78

Introduction

Générale

Introduction générale

L'industrie minière joue un rôle très important dans l'économie nationale, c'est pourquoi l'Algérie, depuis son indépendance, n'a cessé d'accorder une importance capitale à l'industrie extractive. À cet effet, toutes les exploitations minières en activité ont été réactivées.

Dans toute exploitation minière, les processus de chargement et de transport sont primordiaux, ces deux processus représentent de 40 à 60% du coût technique de l'extraction, on mesure l'importance que représente l'étude détaillée de ces deux postes. Ils nécessitent en matière d'engins de plusieurs types et de différentes puissances et capacités.

Dans le cadre d'élaboration de notre mémoire de fin d'étude, pendant le stage pratique effectué au niveau de la mine de Boukhadra (Tébessa), nous nous sommes penchés aux travaux chargement et transports avec la réalisation de chronométrage nécessaires à ces opérations pour calculer le rendement général de l'entreprise.

Il est opportun de limiter les temps d'attente des engins de chargement et transports, d'utiliser les performances des machines, d'optimiser le couple chargement – transport.

La démarche suivie dans ce mémoire est la suivante :

Le chapitre 1 consiste à présenter le processus de chargement dans les mines et les carrières ainsi que les moyens utilisés dans cette opération, les différentes méthodes de chargement.

Le chapitre 2 est consacré sur l'opération de transport dans les mines et les carrières, les moyens utilisés dans cette opération et les différentes méthodes de transport.

Le chapitre 3 présente une étude sur le choix d'un système de chargement et de transport, ainsi que les classes d'heures et composition des différentes heures, afin de prendre le mieux choix des équipements de chargement et de transport.

Le chapitre 4 nous avons étudié l'état actuel des travaux de chargement et de transport au niveau de la mine de Boukhadra, et nous avons utilisé les chronométrages et les données recueillies pendant notre stage pratique, par la suite nous avons réalisé une optimisation des paramètres à savoir : type de machines, nombres de machines, distributions des engins, des attentes et files d'attente.

Finalement, une conclusion générale qui présente les résultats de notre travail.

Chapitre 01

**Généralité sur l'opération
de chargement dans les
mines**

I.1 Introduction

Le fonctionnement de la carrière ou mine à ciel ouvert est conçu et organiser au tour des engins choisis pour le chargement des matériaux ; de leur choix dépend pratiquement celui des autres matériels, et leur mise en œuvre. On retiendra de même, que la hauteur des gradins est adoptée en fonction des paramètres technologiques des moyens de chargement.

Considéré comme le maillon principal de la chaîne technologique d'exploitation minière à ciel ouvert, l'engin de chargement définit le niveau de production d'une carrière ou mine à ciel ouvert.

On notera la tendance des entreprises minières accroître considérablement les capacités du matériel.

La détermination du type d'engin d'excavation et chargement se basé sur les facteurs suivants :

- La nature des matériaux ;
- La méthode d'exploitation ;
- La production envisagée ;
- Les mesures de sécurités.

Dont l'adoption des engins de grandes capacités conditionnés par les dimensions et réserve du gisement importantes.

I.2 Chargement dans les mines

Le chargement comme définit précédemment 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 [6].

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. Il est à noter qu'il est plus judicieux de parler de déblayage au lieu de chargement du fait que les opérations minières dépendent de la méthode d'exploitation arrêtée :

I.2.1 Mines à ciel ouvert

Les opérations minières dans les mines à ciel ouvert dépendent de la méthode choisie :

a) Méthode par tranches successives

Dans cette méthode, le stérile est évacué dans un espace adjacent au front de taille tandis que le minerai est transporté vers le point de destination qui peut être soit la

plateforme d'alimentation, soit un remblai pour des reprises ultérieures, ou soit directement vers l'usine de traitement chimique ou métallurgique. L'équipement de déblayage doit remplir les rôles de chargement et de déblayage tout en assurant une bonne sélectivité [6].

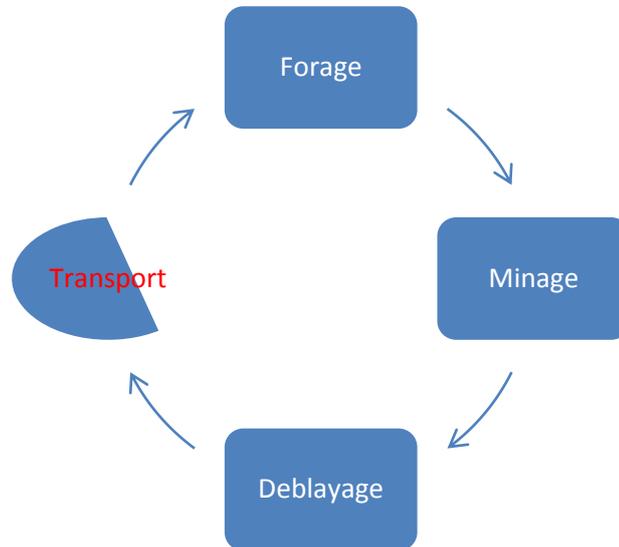


Figure I.1. Cycle des opérations dans les mines à ciel ouvert selon l'exploitation Par tranches successives [6].

b) Méthodes par fosses emboîtées

Dans cette méthode, les opérations sont telles que :

- 1- Le forage s'effectue pour deux raisons :
 - a. Le minage, ceci est inclus dans le cycle des opérations fondamentales dans les opérations minières
 - b. Le contrôle des teneurs, ici le forage est sous la responsabilité du géologue chargé de la production géologique.
- 2- Le minage, les roches tendres à dures doivent être minées pour permettre une excavation maximale
- 3- Le déblayage, évacuation des déblais du front de taille
- 4- Le transport, cette opération s'effectue pour les minerais du front de taille vers le point de destination. Elle est inexistante pour les stériles qui sont évacués vers un lieu adjacent étant donné que dans cette méthode d'exploitation, les stériles sont déplacés du front de taille vers un emplacement adjacent sans transport [6].

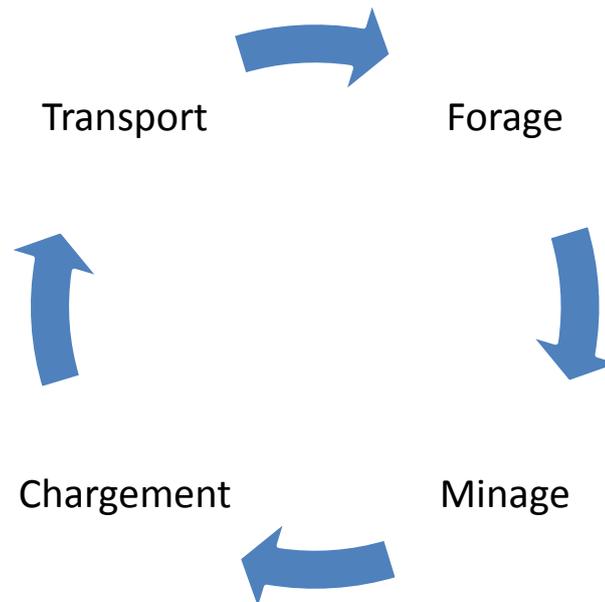


Figure I.2. Cycle des opérations minières dans une mine à ciel ouvert exploitée
Selon les fosses emboîtées [6].

I.2.2 Détermination de la capacité de chargement

Quelle que soit la méthode d'exploitation choisie, la capacité de chargement est déterminée de la même manière, et est fortement liée à la capacité de transport :

- 1- Déterminer la quantité des produits finaux à livrer sur le marché
- 2- Déterminer le rendement de récupération de l'usine de traitement chimique ou métallurgique s'il y en a.
- 3- Déterminer la quantité de minerai à alimenter en fonction de la teneur d'alimentation exigée
- 4- Déterminer le mode d'alimentation
 - a. Direct de la mine vers l'usine de traitement
 - b. Indirect, de la mine vers les stocks, pour ensuite faire la reprise des stocks.
 - c. Une combinaison des deux méthodes ci-dessus.
- 5- Déterminer les rapports de découverte, pour les mines à ciel ouvert, ou le taux de développement pour les mines souterraines
- 6- Déterminer la quantité des déblais à évacuer durant le temps choisis
- 7- Déterminer les différents éléments de la production :
 - a. La densité
 - b. Le coefficient de foisonnement
 - c. Les coefficients d'utilisation des équipements

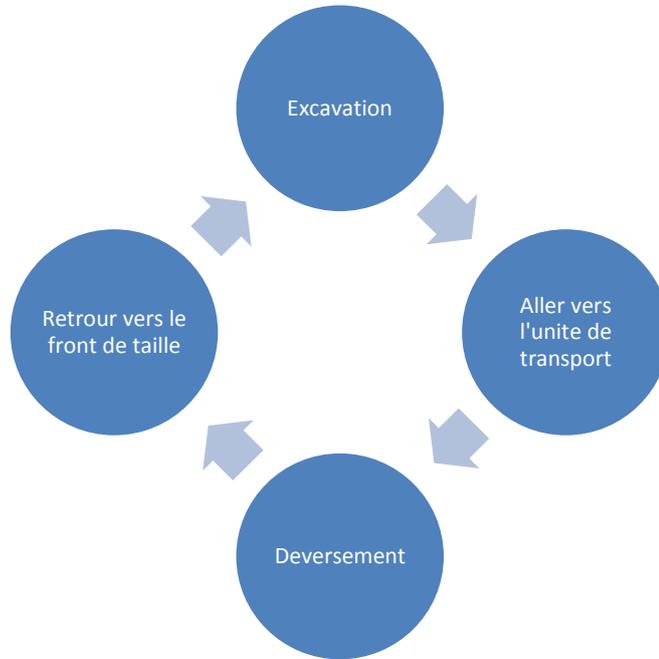
d. Les temps de cycle

8- Déterminer la capacité des engins de chargement

9- Déterminer le nombre d'engins de chargement [6].

I.2.3 Cycle de l'unité de chargement

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

**Figure I.2.** Cycle d'une unité de chargement dans les mines [6].

Nous notons la présence des temps de repositionnement pour les pelles, de nettoyage des plateformes de travail pour les chargeuses, par les bouteurs ou niveleuses pour les pelles, etc. qui se traduisent par des temps d'attente aux unités de chargement et de transport [6].

Ainsi donc, le temps de cycle de l'unité de chargement est donné par :

$$T_{cyc} = T_e + T_{at} + T_d + T_r \quad (I.1)$$

Avec :

- T_{cyc} = Temps de cycle de l'unité de chargement
- T_e = Temps d'excavation d'une passe
- T_{at} = Temps d'aller à l'unité de transport
- T_d = Temps de déversement
- T_r = Temps de retour au front de taille

En pratique ce temps varie de 20 à 60 secondes dépendant d'un chantier à un autre, de la qualité du minage, de l'habilité de l'opérateur, etc., Une moyenne de 30 secondes est acceptable pour les estimations lors de la planification [6].

I.2.4 Engins de chargement

Nous avons deux classes de chargement selon la méthode d'exploitation

- Le chargement souterrain.
- Le chargement à ciel ouvert [6].

a) Mines souterraines

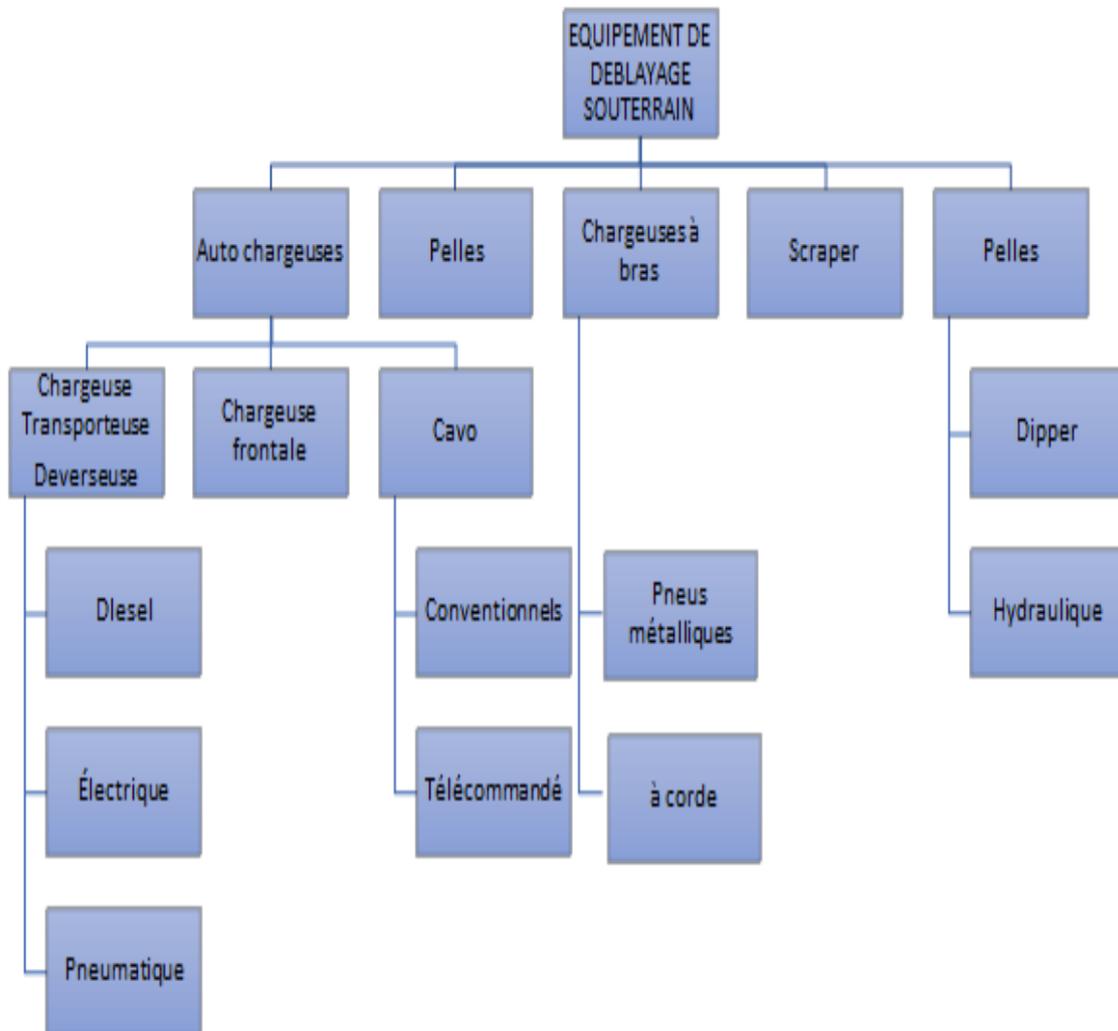
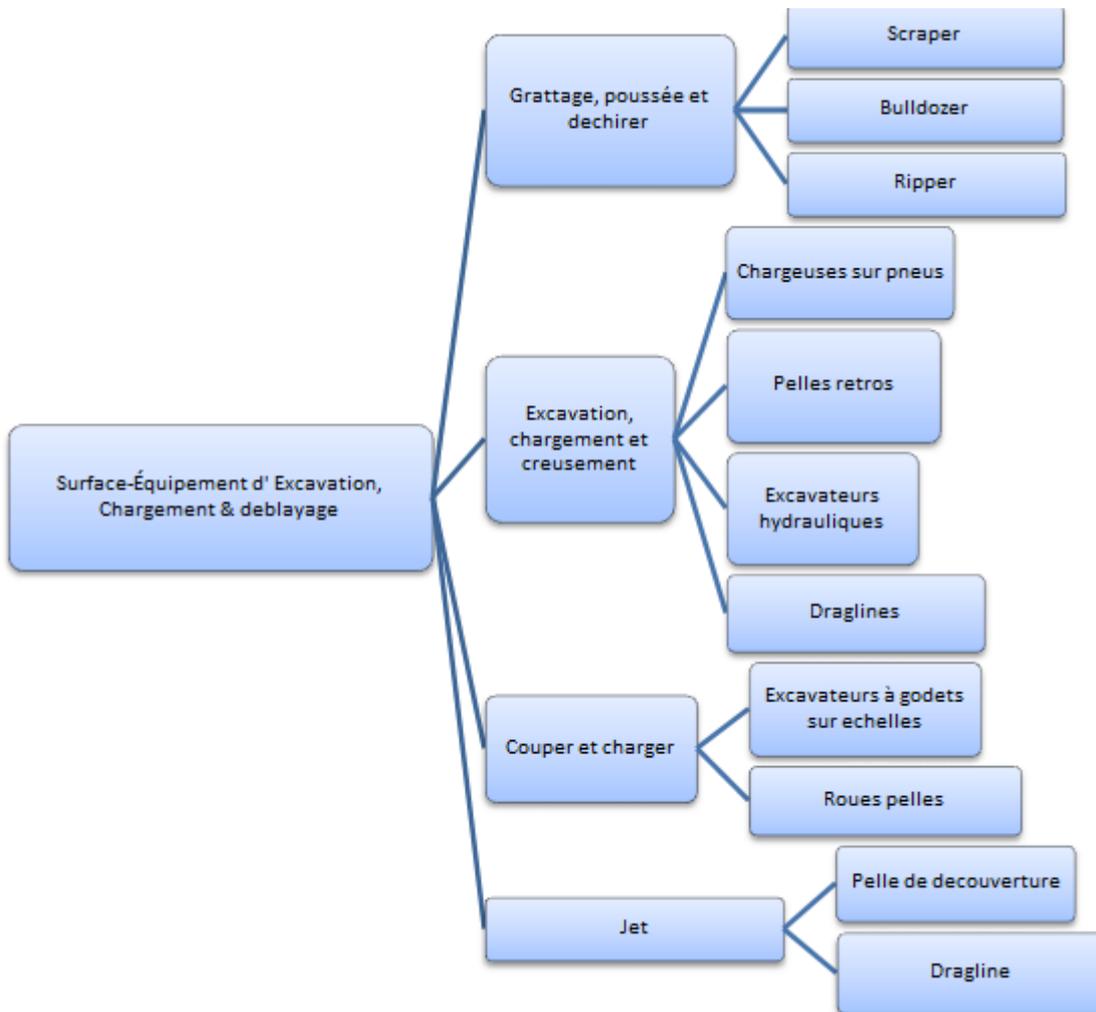


Figure I.4. Chargement pour les mines souterraines [6].

b) Mine à ciel ouvert**Figure I.5.** Chargement pour les mines de surface [6].**I.2.5 Les moyennes de chargement****A) Chargeuses****1. Les chargeuses sur pneus**

La chargeuse sur pneus est la machine la plus répandue dans les carrières et TP. Ces machines servent à l'extraction, et à la reprise des matériaux bruts ou traités. Elles assurent aussi parfois sur de courtes distances, la fonction transport. En dehors de ces applications carrières et TP elles assurent également de nombreuses fonctions de manutentions et de levages. Lorsque les conditions d'adhérence sont difficiles ou que l'espace de déplacement est réduit (tunnel) on leur préfère les chargeuses sur chaînes. Les caractéristiques de ces machines sont limitées de 150 à 200 Kw ce qui impose des godets de faible capacité, 3 à 4 m³. Grâce à leur polyvalence leur utilisation est fréquente dans les travaux de terrassements en zone urbaine, de fondations, et de

démolition. En fonction de son nombre d'heures de marche la chargeuse peut être utilisée successivement à des tâches de contraintes plus faibles. On utilisera d'abord les machines neuves en extraction puis, au-delà de 12000 à 15000 heures, en reprise de stock et enfin en réserve. [1]

a : profondeur de cavage

b : hauteur de position de transport

c : hauteur godet horizontal

d : hauteur de vidage, godet à 45°

e : portée

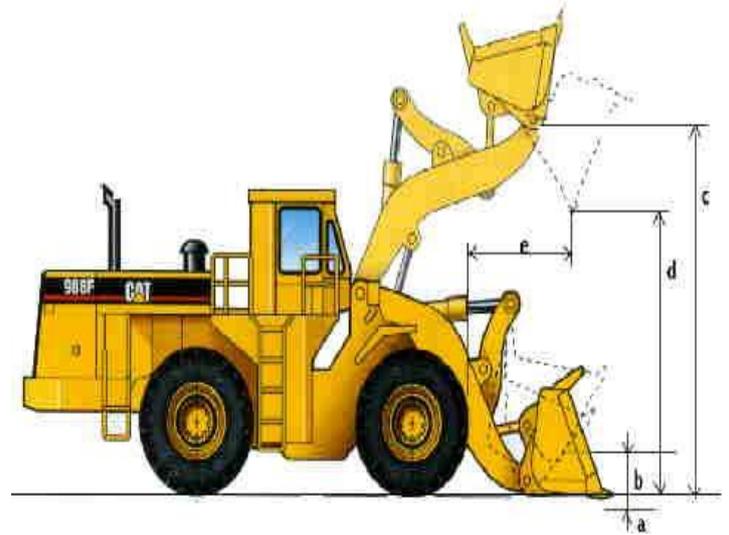


Figure I.6. Chargeuse sur pneus [1]

2. Les conditions de travail de chargeuses sur pneus sur chantier

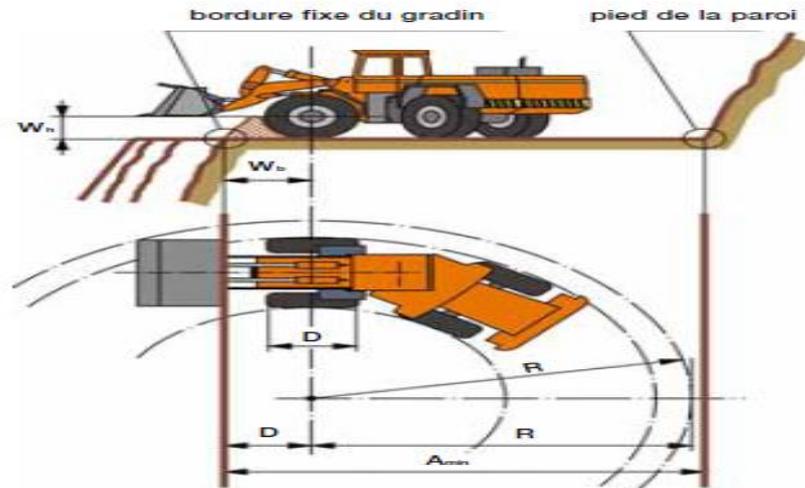


Figure I.7. La plate-forme max de travail de la chargeuse sur pneus [1].

Largeur minimale du gradin au niveau du sol fixe A_{\min}

$$A_{\min} = D + R \quad (I.2)$$

$$, \quad A_{\min} = 12.5 \text{ m}$$

Où :

D : Diamètre des roues ; $D = 2 \text{ m}$;

R : Rayon du cercle de braquage basé sur l'extérieur du godet de l'engin ; $R = 10.5 \text{ m}$;

W_b : Largeur du remblai supérieur ou égale de diamètre des roues D (compris dans la largeur du gradin A_{min}) ; $W_b \geq 2m$

W_h : Hauteur du remblai ou du rail de sécurité supérieur ou égale $0.5 \times$ diamètre des roues D ; $W_h \geq 1 m$

La charge utile de la chargeuse ne doit pas dépasser 50% de la charge limite d'équilibre statique au braquage maximum de la machine pour le travail considéré.

Charge limite d'équilibre : Effort exercé au centre de gravité de la charge nominale du godet à partir duquel les roues arrière décollent du sol. [1]

3. 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 [2].



Figure I.8. Chargeuse sur chenilles [2].

B) Les Pelles

1. Les pelles hydrauliques

Cet autre type de pelles a connu ces dernières années un développement considérable. Initialement conçues pour les chantiers de travaux publics ces machines se sont imposées en carrière et découverte grâce à leur souplesse d'emploi due à la transmission hydraulique.

Les possibilités de travailler en butte ou en rétro à diverses hauteurs offre au mineur un choix de solutions techniques qui en font un outil polyvalent. Par ailleurs sa

force de pénétration élevée ainsi que le mouvement de cavage du godet conduit assez fréquemment.

La suppression de l'abattage à l'explosif et par voie de conséquence une diminution significative du coût d'extraction. Enfin, la précision et la souplesse de manœuvre du godet,

Sa course plane au sol, sa possibilité d'attaquer à la hauteur voulue pour disloquer les matériaux ou purger un front d'abattage est autant d'éléments qui contribuent à son développement.

Les caractéristiques principales des pelles hydrauliques sont :

- Une bonne aptitude au cavage et à la pénétration au tas
- La possibilité de travailler en butte ou en rétro
- Une assez bonne mobilité et des possibilités de franchissement importantes.
- Une faible pression au sol
- Des commandes hydrauliques qui facilitent les déplacements, la rotation de la tourelle, les mouvements de la flèche et du godet.
- Un bon remplissage du godet
- Des temps de cycle courts
- La possibilité de trier les matériaux (chargement sélectif)
- Une durée de vie importante de 20.000 à 30.000 heures. [1], [13]

Actuellement la pelle hydraulique est le produit le plus fabriqué et le plus vendu dans le monde. Chaque constructeur se doit d'avoir une gamme la plus complète et la plus large possible. En outre ces machines ont investi de nombreux domaines qui vont de la démolition aux manutentions de ferrailles au chargement et déchargement des bateaux des trains etc....

Les machines qui nous intéressent ont des godets qui vont de 2 à 12 m³ avec des poids de 25 à 200 t et des puissances de 150 à 850 kW. On trouve cependant en standard pour les mines à ciel ouvert des machines de taille bien supérieure avec des godets de 25 à 30 m³ et des puissances de 2000 kW pour un poids total voisin de 500 t.

Au cours des 15 dernières années la taille et la capacité des pelles hydrauliques ont constamment augmenté pour prendre la place des pelles à câbles et plus récemment des chargeuses. Elles sont devenues des concurrentes efficaces de ces dernières lorsque la mobilité n'est pas une nécessité première. En terrassement elles ont remplacé, associées à des tombereaux, le couple boteur, chargeuse fréquemment utilisé il y a encore quelques années. Actuellement la pelle hydraulique est la machine la plus

fabriquée et la plus vendue dans le monde. Elle a investi de nombreuses activités annexes telles que la démolition, les chargements et déchargements de bateaux de train, les manutentions de bois, le dragage

En rivière etc... Dans ce chapitre nous nous intéresserons qu'aux pelles hydrauliques d'un poids supérieur à 25 tonnes qui sont généralement affectées aux travaux d'extraction et de découvertures en mines à ciel ouvert et carrières.[1], [13], [14]

Rappel technologique

- A- châssis à chaînes
- B- tourelle
- C- flèche ou bras
- D- vérin de flèche
- E- balancier
- F- vérin de balancier
- G- vérin de godet
- H- godet monobloc
- I- moteur et pompes hydrauliques

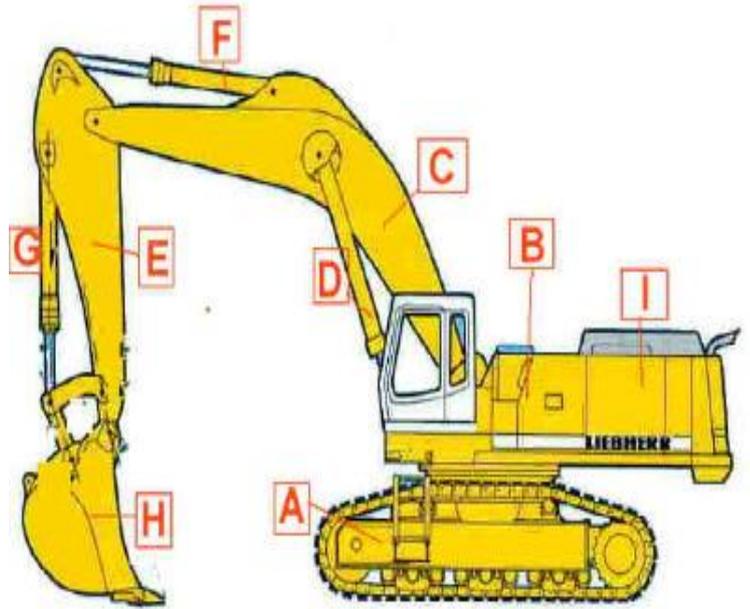


Figure I.9. Pelle hydraulique en bute sur chenilles. [1]

2. Les conditions de travail Les pelles hydrauliques sur Chantier :

a) Pelle excavatrice mobile

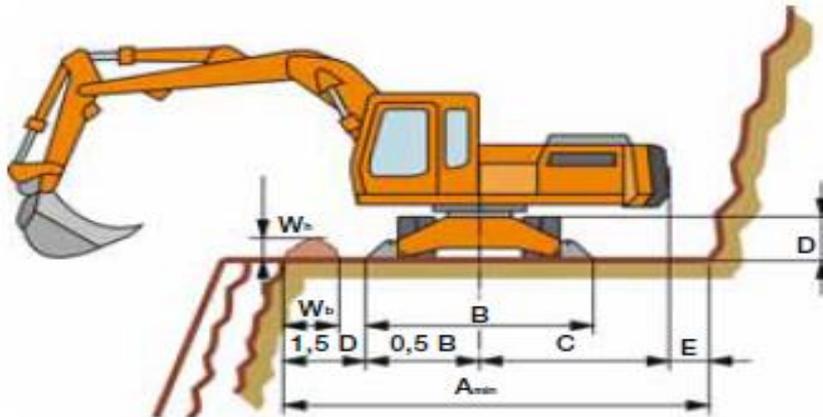


Figure I.10. La plate-forme max de travail de la pelle à pneus.

Largeur minimale du gradin au niveau du sol fixe A_{min}

$$A_{min} = (1,5 \times D) + (0,5 \times B) + C + E \quad (I.3)$$

Où :

B : largeur du châssis ;

C : changement par l'arrière ;

D : Diamètre des roues ;

E : distance par rapport au pied de la paroi supérieur ou égale 1 mètre

W_b : Largeur du remblai supérieur ou égale de diamètre des rouers D (compris dans la largeur du gradin A_{min}) ;

W_h : Hauteur du remblai ou du rail de sécurité supérieur ou égale $0.5 \times$ diamètre des roues D, [1]

b) Pelle excavatrice sur chenilles

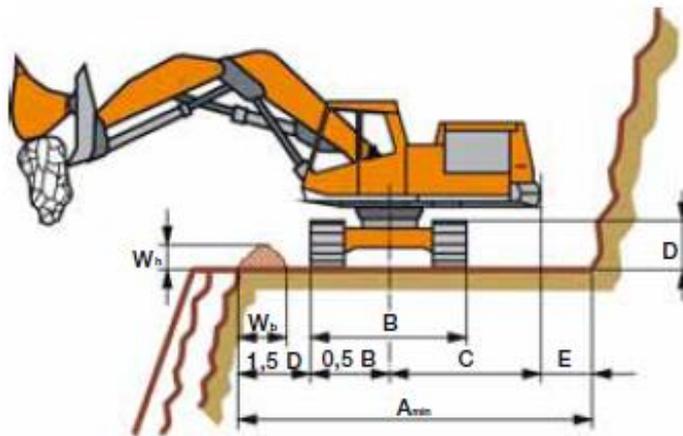


Figure I.11. La plate-forme max de travail de la pelle sur chenilles

Largeur minimale du gradin au niveau du sol fixe A_{min}

$$A_{min} = (1.5 \times D) + (0.5 \times B) + C + E \quad (1.4)$$

$$A_{min} = 11.5 \text{ m}$$

Où :

B : Largeur du châssis ; B=4.5 m ;

C : Changement par l'arrière ; C=6 m ;

D : Hauteur du châssis; D=1.5 m

E : distance par rapport au pied de la paroi supérieur ou égale 1 mètre

W_b : Largeur du remblai supérieur ou égale hauteur du châssis D (compris dans la largeur du gradin A_{min}) ; $W_b \geq 1.5 \text{ m}$

W_h : Hauteur du remblai ou du rail de sécurité supérieur ou égale $0.5 \times$ hauteur du châssis D

En aucun cas le godet de la pelle ne doit surplomber la cabine de conduite du tombereau. Cette interdiction est également valable lors des manœuvres de positionnement du tombereau sous la pelle. [1]

3. Les pelles à câbles sur chenilles

La pelle à câbles a été et reste malgré la montée en puissance des pelles hydrauliques l'engin de chargement des grandes mines à ciel ouvert. Pour des pelles de 3 à 30 m³ de godet il existe sur le marché mondial 8 constructeurs qui proposent environ 40 modèles de poids de 100 à 1500 tonnes. Les progrès ont été très rapides durant la dernière décennie.

Plusieurs modèles standards avec des puissances de 500 à 800 kW permettent de charger des matériaux de densité et de granulométrie variables avec des godets de 15 à 30 m³. Dans ces conditions les temps de cycle évoluent de 0,42 à 0,60 minute avec une disponibilité qui atteint fréquemment 90%. Ces machines de construction lourde ont des durées de vie qui peuvent dépasser 20 ans. Les grosses pelles à câbles sur chaînes sont en général électriques. Elles chargent en tombereaux ou en trémies mobiles d'alimentation de convoyeurs à bandes avec ou sans concassage primaire. Les très grosses machines, godet de 30 m³ et plus sont montées sur patins [2].



Figure I.12. Pelle à câbles sur chenilles [2].

C) Les draglines marcheuses

Le parc de ces matériels s'est considérablement réduit au cours de ces vingt dernières années sous la concurrence des pelles hydrauliques. L'équipement dragline est cependant toujours utilisé pour les grands travaux de découverte des mines à ciel ouvert en Amérique du Nord, Afrique et Australie [3].

En France ces matériels sont presque exclusivement réservés à l'extraction de gisements alluvionnaires en eau.

A sec l'avantage de la dragline sur la pelle hydraulique réside dans le fait que l'on peut stocker des quantités importantes de matériaux grâce à la hauteur de gerbage et la portée importante de ces machines. Il devient alors possible d'extraire des tranches importantes de gisement que l'on pourra par la suite homogénéiser en fonction de la demande du marché [2].



Figure I.13. Dragline [2].

Pour un travail et matériau donné le fonctionnement de la dragline est conditionné par :

- ✓ Le type de travail à réaliser, extraction, découverte à sec ou en eau.
- ✓ La longueur et l'inclinaison de la flèche.
- ✓ Le type de godet.
- ✓ L'équilibrage de la machine
- ✓ L'angle de cavage du couteau d'attaque ou des dents [2].

D) Roue pelle

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 (sable, argile, charbon, lignite, phosphate...). Ces engins marchent mieux dans des 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. Compte tenu de leur emploi, elles travaillent dans la plupart des cas

en butte par passes successives à des niveaux différents. On fabrique aussi des modèles conçus pour le travail en butte et en fouille.

L'organe de travail est une roue placée à l'extrémité d'une longue flèche métallique orientable et relevable à l'aide d'un treuil. Cette roue dont le diamètre variant de 3 à 22 m suivant le modèle porte 6 à 18 godets de 10 à 6600 litres de capacité.

Le mouvement de rotation de la roue permet aux godets d'attaquer le terrain et se remplir. Ayant atteint sa position haute, le godet se vide et le produit arraché tombe sur le transporteur à bandes placé à l'intérieur de la flèche de la roue pelle. Ces produits sont transportés à travers le bât de l'excavateur et sont ensuite transférés vers l'arrière de l'appareil par un second convoyeur porté par un pont

Intermédiaire orientable et ajustable en longueur. Ces convoyeurs déversent les matériaux dans le wagon ou sur une courroie transporteuse ou encore sur une sauterelle (sur la sauterelle pour la mise en terril).

Le creusement se fait à partir de l'arrête supérieure du gradin sous forme de rabattage (l'épaisseur du copeau est de l'ordre de 0.5 à 1 m) au cours des mouvements de va et vient de la flèche. [5]



Figure I.14. Roue pelle [5]

I.2.6 Choix de l'engin de chargement

Le choix de l'engin de chargement, pelle ou chargeuse, est lié à la granulométrie, la densité et le foisonnement des matériaux abattus, ainsi qu'à la qualité de l'aire de

chargement, déclivité, adhérence [2].

La détermination du type d'engin d'excavation et de chargement est basée sur les facteurs naturels :

- ✓ La matière des roches.
- ✓ La méthode d'exploitation.
- ✓ La production envisagée.
- ✓ Les mesures de sécurité.

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

1. Choix d'un type de pelle

La détermination du type de pelle le plus approprié se fait à partir des éléments suivants :

- ✓ La production envisagée.
- ✓ La nature des matériaux.
- ✓ La granulométrie.

La hauteur du front de taille. D'autres facteurs entrent également en compte :

- ✓ La mobilité nécessaire de l'appareil de chargement.
- ✓ Sa rapidité (cycle de base).
- ✓ Le mode de déchargement (trémie ou tombereaux).

Sur le plan financier ces machines comportent des dépenses d'investissement, donc des frais d'amortissement élevés mais permettent d'obtenir des coûts opérationnels très bas [4].

2. Choix d'un type de dragline

Les éléments du choix d'une pelle sont aussi à prendre en considération pour une dragline. Mais au contraire d'une pelle mécanique, sur une même machinerie de dragline (comme celle de la pelle hydraulique), on peut monter des équipements différents. Ainsi, il y a une étude plus poussée à faire pour déterminer :

- ✓ La machinerie de base.
- ✓ La longueur de la flèche.
- ✓ La capacité et le type du godet.
- ✓ Tout cela en fonction des conditions précises du travail demande aux draglines

[4]

I.3 Conclusion

Le chargement est un processus important contribuant au rendement d'une entreprise, il s'effectue par des engins tel que : les pelles et les chargeuses.

Le chargement par les engins s'effectue avec plusieurs méthodes et leurs choix dépendent de leurs caractéristiques.

Le chargement s'effectue le plus souvent au moyen de pelles à câbles, de pelles hydrauliques ou de pelles en butte.

Pour le chargement de blocs argileux ou en terrain humide, les pelles sur chenilles sont préférables. Par contre, les chargeuses sur pneus, d'un coût bien moindre, conviennent pour le chargement de matériaux de plus faible calibre et faciles à extraire. Ces chargeuses sont très maniables et particulièrement bien adaptées aux opérations exigent des déplacements rapides et aux opérations de mélange de matériaux.

Elles sont souvent utilisées pour reprendre les produits apportés par camions à proximité des concasseurs, les transporter et les déverser dans ces derniers.

Chapitre 02

**Généralité sur l'opération
de transport dans les
mines**

II.1 Introduction

Le transport établit la liaison entre le fond de la carrière et le point de déchargement des produits (stérile et minerai). Il a pour objet non seulement de déplacer des minerais mais aussi des stériles qui représentent souvent la principale partie de la circulation des produits dans une exploitation à ciel ouvert.

Les mines à ciel ouvert posent généralement le problème de transport très particulier et cela pour plusieurs raisons :

- Les fonds des carrières et les points de déchargement des produits se déplacent de manière continue dans les limites de la carrière et des terrils ou remblais en minerais. Ce qui demande les ripages (déplacements latéraux et périodiques) des voies ferrées ainsi que la reconstruction et l'entretien des routes

- Les pentes considérables qu'il faut gravir en passant d'un gradin à l'autre dans un espace assez limité

- Un grand tonnage à déplacer.

L'organisation de transport est un problème très important, à ne jamais négliger, qui conditionne en partie les possibilités de production de l'entreprise. Les frais de transport dans les mines à ciel ouvert atteignent 30 à 40 % des dépenses totales de l'exploitation.

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)

Pour déplacer des grandes quantités de stériles à faibles distances, on utilise quelques fois des ponts de transfert qui sont constitués d'un ensemble métallique et d'un convoyeur à bandes.

II.2 Transport dans les mines

Selon que nous nous retrouvons dans les mines à ciel ouvert ou dans les mines

Souterraines, le transport des déblais prend le nom de transport ou de levage.

Quand la trajectoire des engins de transport est verticale, nous parlons de levage, quand elle est inclinée ou horizontale, nous parlons de transport.

Le levage est quasi inexistant en mine à ciel ouvert, tandis que le levage est présent dans les cycles des opérations en carrière et en mine souterraine. [7]

II.2.1 Engins de transport

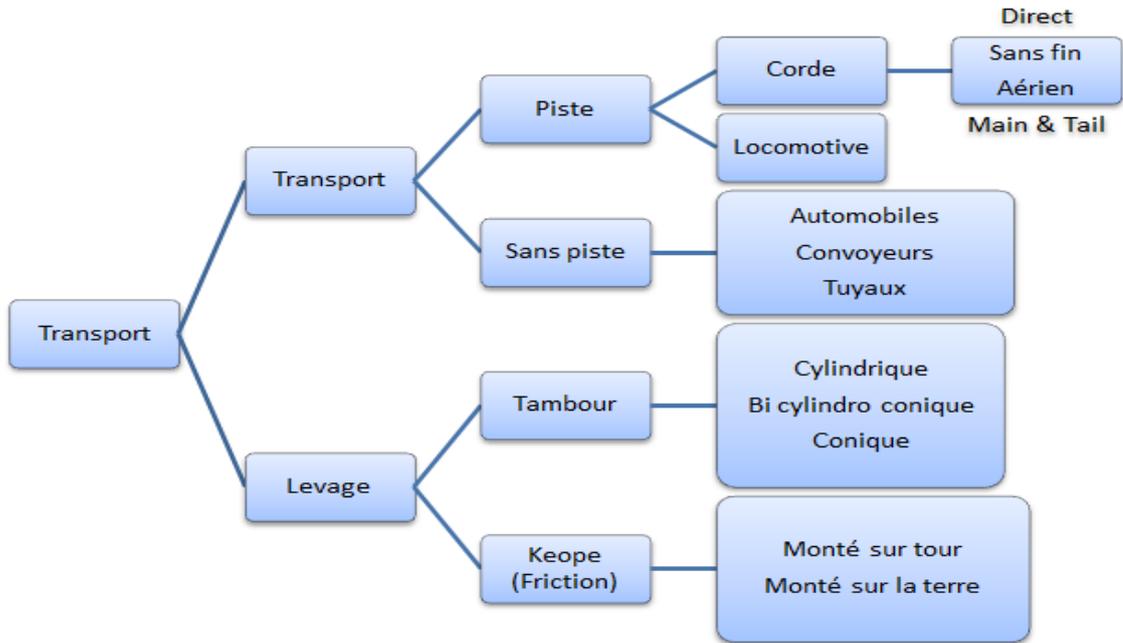


Figure II.1. Classification générale des systèmes de transport [7].

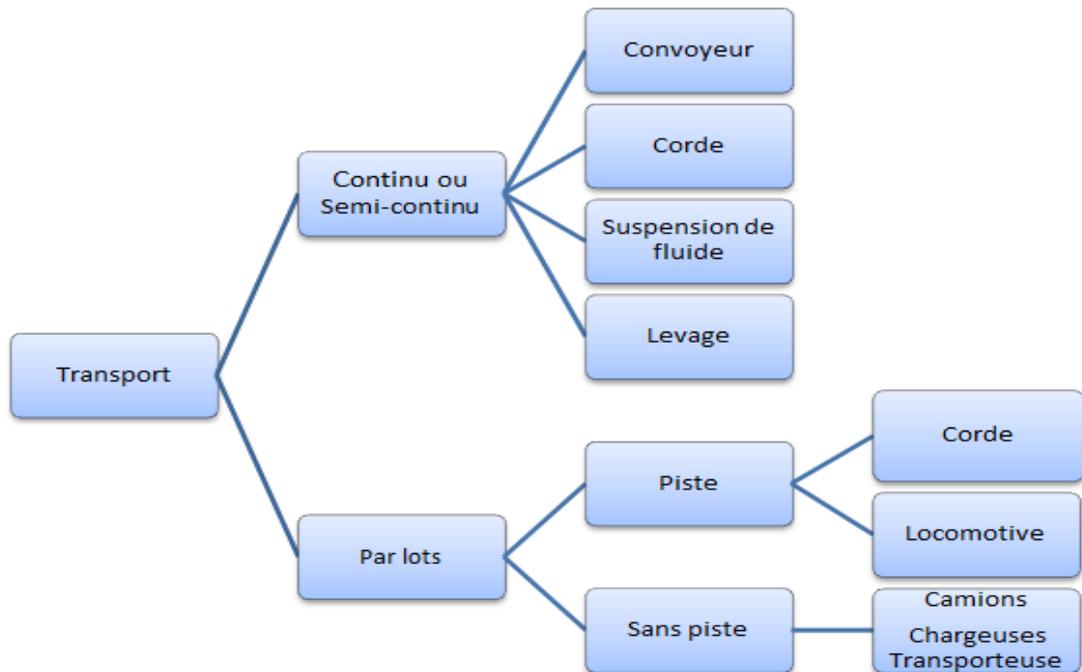


Figure II.2. Systèmes de transport continu et par lots [7].

1. Détermination de la capacité de transport

Pour la détermination de la capacité de transport, les mêmes procédures de la détermination de la capacité de chargement sont valables.

a) Cycle des engins de transport

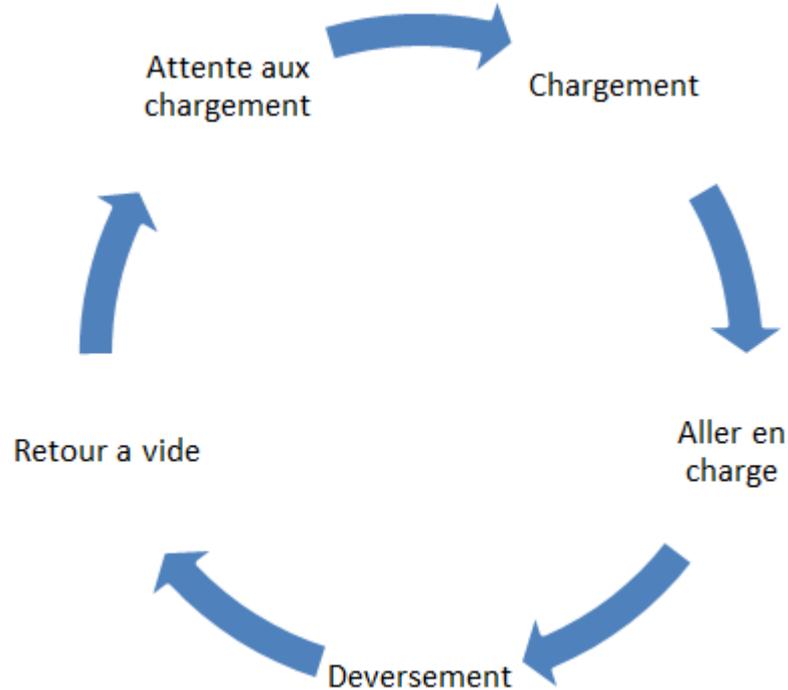


Figure II.3. Cycle d'une unité de transport dans les mines [7].

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

$$T_{cyt} = T_c + T_a + T_d + T_r + T_{at} \quad (\text{II.1})$$

2. Transport par train (locomotive et wagons)



Figure II.4. Transport par train [5]

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 [5].

a) Rendement de transport par train

Dans les carrières, le rendement de transport peut être défini comme étant soit le poids des matériaux transportés par unité de temps, rendement appelé capacité de transport ; soit le nombre de trains circulant par unité de temps appelé capacité de circulation [5].

Les capacités de transport et de circulation dépendent de :

- L'état des trains.
- Le mode de traction.
- Le type de locomotive.
- Le type et la capacité des wagons.
- La vitesse de l'organisation de circulation.

Les capacités de transport et de circulation sont établies sur la ligne dite trajet limitatif qui est la partie de la ligne la plus longtemps utilisée ou occupée par une paire de train lorsque cette ligne est à voie unique et un train lorsqu'elle est à double voie [5].

La capacité de circulation des voies ferrées est le nombre de paires de train pendant un poste ou par jour. Lorsque la voie est unique, la capacité de circulation par poste est donnée par la formule suivante :

$$N_{p_{\max}} = 60 \cdot \frac{T}{t_1 + t_2 + t_n} \quad (\text{Paires de trains}) \quad (\text{II.2})$$

Avec :

- T : la durée du poste (en moyenne 7 heures)
- t_1 : $60L/V_1$; temps en minutes mis par un train chargé pour parcourir le trajet de longueur L en km à la vitesse V_1 en (km/h).

- $t_2 : 60L/V_2$; temps en minutes mis par un train vide pour parcourir le trajet de longueur L en km à la vitesse V_2 en (km/h).
- t_n : temps nécessaire pour la liaison avec le poste de commande (3 à 4 minutes pour la liaison téléphonique, 2 à 3 minutes pour la commande semi-automatique, 1 à 2 minutes pour la commande automatique).

Lorsque la ligne est à deux voies, la capacité de circulation est donnée par la formule suivante :

$$N_{p_{\max}} = 60 \cdot \frac{T}{t + t_n} \quad (\text{II.3})$$

La signification des lettres est la même que précédemment sauf pour les valeurs de t_n :

- Pour la liaison téléphonique, t_n est le même.
- Pour la commande semi-automatique, $t_n = 1$ à 2 minutes.
- Pour la commande automatique, $t_n = 0$ minute.

Le degré d'utilisation de la capacité de circulation caractérisant l'organisation générale et l'intensité des travaux est donné par la formule :

$$K = \frac{N_{\text{eff}}}{N_{\text{max}}} \quad (\text{unité}) \quad (\text{II.4})$$

Avec :

- N_{eff} : Nombre effectif de paires de trains
- N_{max} : Nombre maximum de paires de trains déterminé par le graphique chronologique.

La capacité des trains M est donnée par l'expression suivante :

$$M = \frac{N}{K_t} \cdot n \cdot q \quad (\text{tonnes}) \quad (\text{II.5})$$

Avec :

- N : nombre de trains chargés.
- K_t : coefficient correctif lié à l'irrégularité des départs du train. Il varie entre 1.20 et 1.75.
- n : nombre de wagons par train.
- q : charge des wagons en tonnes.

$$q = v \frac{d}{f} \quad (\text{tonnes}) \quad (\text{II.6})$$

Avec :

- V : le volume de wagons en m³.
- d : la densité du minerai en place.

- f : le coefficient de foisonnement du minerai [5].

3. 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 a plusieurs avantages par rapport aux autres modes de transports a savoir.

Simplicité facilitée d'entretien, rendement remarquable, transport contenue, réduction des travaux en tranchée, possibilité d'automatisation [5].

4. Transport par camion

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

Le transport par camion est le plus répandu en Algérie il est rationnel de l'appliquer en cas du 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 rendement de l'excavateur du type et de la disparition du camion dans la taille [9].

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 [9].

a) Essieux et roues

Les camions a bennes basculantes peuvent avoir deux ont trois essieux suspendus aux châssis par mettant au cylindrique élevée pneumatique de préférences on utilise l'air comprimé comme gaz d'amortisseur les roues motrices sont reliev solidement avec l'axe des essieux moteurs, les pneus sont de barre compression 0.17 à 0.32 MPa. Soit de hautes compressions de 0.35 à 0.55 MPa [9].

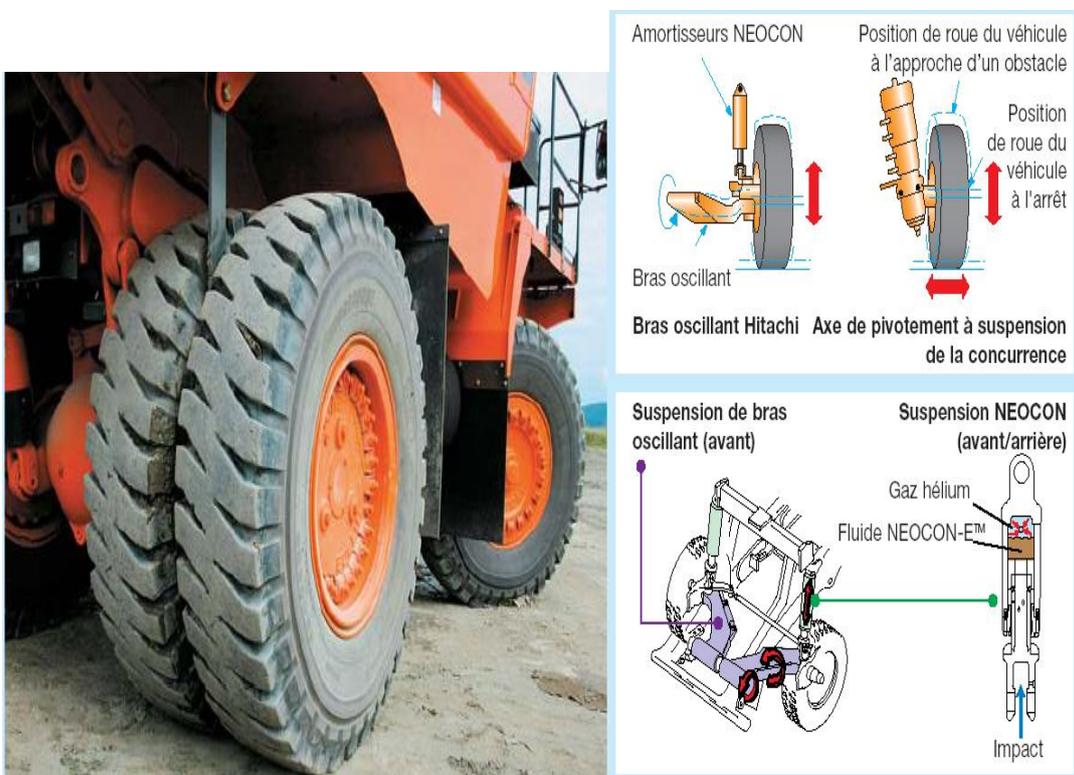


Figure II.5. Essieux et roues [9]

b) Châssis

La base du camion surmonte tout les éléments de camion, elle est comparée de deux par tiers longitudinales reliev entre elle par des traverser vue la charge de choc.

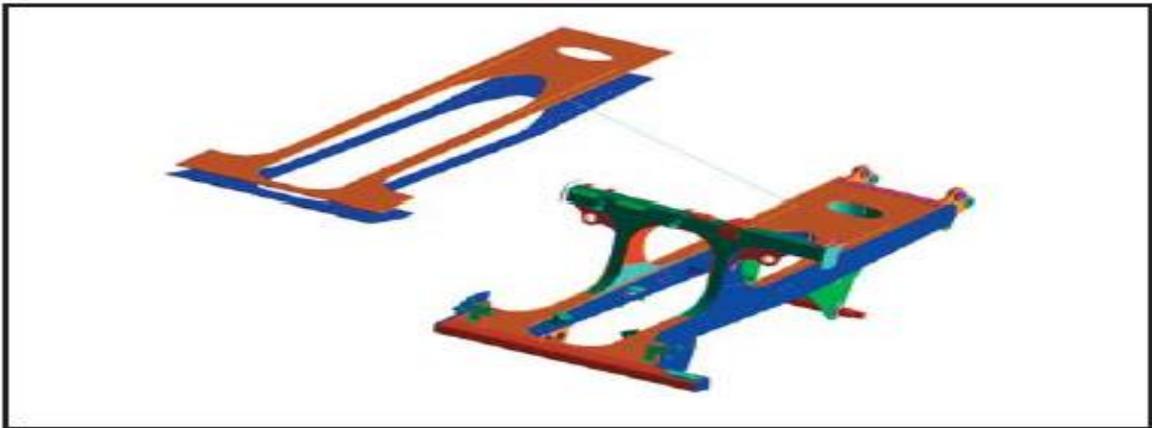


Figure II.6. Châssis [9]

c) Mécanisme de culbutage

Le mécanisme de culbutage s'opère en général à l'aide de vérin hydraulique à doubles effets, commander pour garder la charge à l'inclinaison voulue.

Brusquement ramené en position « MAINTIEN », lorsque la benne est en train de monter la pression ainsi intensifiée à l'extrémité trigo peut être renvoyée à l'extrémité pied éviter d'endommages, les vérins de levage [9].



Figure II.7. Mécanisme de culbutage [9].

d) Le moteur

Le moteur est de type à quatre temps dont le piston est en haut de sa course à cause au moment de la combustion qui force un piston à descendre l'arc, le piston dépasse le milieu de la course de descente.

Les soupapes d'échappement s'ouvrent et les gazes s'échappent à la chambre de combustion le piston continue sa descente jusqu'au fond le cause et découvre les orifices d'admission d'air [9].



Figure II.8. Le moteur [9].

e) Dispositif de freinage

Les freinages peuvent être hydraulique ou pneumatiques agissant sur toutes les roues Motrices et directrices.



Figure II.9. Dispositif de freinage [9].

f) poste de commande

Il comprend les différents boutons pour la commande prévue actionneur tous les mécanismes du camion et le Siège du conducteur.



Figure II.10. Poste de commande [9].

g) La benne

La benne est conçu pour prendre la charge surtout pensé pour les applications en carrières et mines, elle bénéficie de plaques de fond en alliage d'acier, pour supporter l'usure et l'impact s'en trouve ainsi optimisée, d'une hauteur, largeur, et longueur pour mettre la charge au-dessus [9].

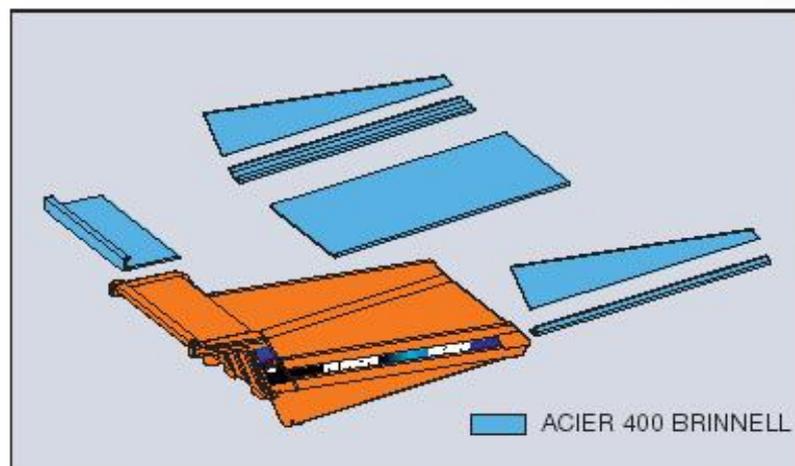


Figure II.11. La benne [9].

II.3 Conclusion

Le transport dans une carrière est un procédé technologique adopté pour le déplacement de la matière abattue du chantier vers le point de déchargement.

Le transfert des matériaux entre le front d'extraction et l'installation de traitement peut s'effectuer soit en continu, par transporteurs à bandes (appelés aussi convoyeurs à bandes ou bandes transporteuses) soit en discontinu, au moyen des engins roulants communément appelés dumpers ou tombereaux ; ces derniers ayant été préalablement chargés par des engins de reprise tels que les chargeurs ou pelles mécaniques.

Le transport dans la carrière prédéterminer dans une large mesure; le mode d'ouverture du gisement, la méthode d'exploitation et le mode de la mise à terrils; il représente des dépenses très considérables qui peuvent aller de 20% à 30% du prix de revient total d'exploitation. Elle est caractérisé par :

- ✓ le débit à transporter ;
- ✓ la distance comprise entre le front de travail et le point de déchargement ;
- ✓ la matière à transporter.

C'est fonction de ces éléments qu'on choisira la solution la mieux à adopter pour chaque cas particulier, qui tient compte aussi des conditions topographique du site choisi.

Chapitre 03

**Choix d'un système de
chargement et de transport**

III.1 Généralités

Pour réaliser les opérations de chargement et transport dans les mines, les notions de temps, de coefficient d'utilisation, de coefficient de remplissage, de foisonnement, de cycle, sont vraiment très important.

En effet, en un cycle l'équipement de chargement ou de transport est capable de produire :

Production par cycle = $Ce * Kr$, Si nous nous referons au matériau foisonné.

$$\text{Production par cycle} = Ce * \frac{Kr}{1+f} \quad (\text{III.1})$$

Avec :

- Ce : la capacité nominale de l'équipement en m^3 ou en tonnes.
- Kr : le coefficient de remplissage en pourcentage.
- f : le foisonnement.

Or la production d'une mine se réfère toujours à une période plus longue que le cycle. Nous avons par exemple :

- 1- La productivité qui est la production par heure.
- 2- La production par poste.
- 3- La production journalière.
- 4- La production hebdomadaire.
- 5- La production mensuelle.
- 6- La production bimensuelle.
- 7- La production trimestrielle.
- 8- La production semestrielle.
- 9- La production annuelle.

La production sur la durée du projet, etc

Ainsi donc, nous devons aller de la production par cycle à la production sur une période plus longue qui peut être l'heure, le poste, le jour, la semaine, le mois, le trimestre, le semestre, l'année, la durée du projet, etc. La production dans ces cas vaut :

$$\mathbf{Prod} = T * \frac{3600 * Kr * CUA * Ce}{(1+f) * Tcy} \quad (\text{III.2})$$

Avec :

- CUA : le coefficient d'utilisation absolu.
- Tcy : le temps de cycle de l'équipement en seconde.

III.2 Classes d'heures

Tout part d'une période de référence qui représente normalement soit un poste, soit une journée, soit une semaine, soit un mois, soit une année, ... Elle peut être décomposée en différentes classes d'heures suivantes [5] :

III.2.1 Heures théoriques ou possibles, HP

Elles représentent le total d'heures possibles dans une période donnée :

- ✓ Un poste= 8 heures.
- ✓ Un jour= 24 heures.
- ✓ Un mois =30 jours= 720 heures (ou $8760/12=730$ heures).
- ✓ Une année = 365 jours = 8 760 heures...

Ces heures sont décomposées en deux classes :

- Les heures d'activité.
- Les heures d'inactivité [5].

1. Heures d'activité, HACT

Elles représentent l'ensemble des heures pendant lesquelles les services d'exploitation et de maintenance sont en activité quelle que soit la période de référence considérée [5].

Elles sont décomposées en deux classes principales d'heures :

- ✓ Heures de mise à disposition, MD.
- ✓ Heures de maintenance, HM.

A) Heures de mise à disposition

Ce sont les heures pendant lesquelles les engins sont mis à la disposition de la division de l'exploitation. Autrement dit, le total d'heures garanties par la division de Maintenance à l'Exploitation pour la réalisation de la production planifiée.

Elles sont décomposées en deux classes d'heures :

- ✓ Heures d'utilisation réelle ou effective.
- ✓ Heures improductives [5].

a) Heures d'utilisation réelle ou effective, HUE

Ce sont les heures effectivement prestées par les engins affectées à l'exploitation.

b) Heures improductives, HIMP

Ce sont les heures pendant lesquelles les engins qui sont mis à la disposition de l'exploitation ne travaillent pas à la production. Il s'agit par exemple des heures de :

- ✓ changement de poste.

- ✓ Attente poste.
- ✓ Minage.
- ✓ Déplacement des engins d'un chantier à l'autre.
- ✓ Ravitaillement en carburant.
- ✓ Visite de la division de maintenance.
- ✓ Manque du courant ou panne sèche.
- ✓ Autres arrêts divers indépendants de l'état de l'engin. [5]

B) Heures de maintenance, HM

Ce sont les heures pendant lesquelles les engins sont à la disposition de la maintenance. Il s'agit des heures qui correspondent aux périodes d'entretien, de réparation, de rénovation ou du retard dû aux approvisionnements en pièces de rechanges [5].

2. Heures d'inactivité, HINACT

Elles représentent les heures pendant lesquelles les engins ne sont sous la responsabilité directe ni de l'exploitation, ni de la maintenance.

Dans cette classe d'heures, nous considérons les heures de réserve qui sont les heures gérées par la direction du siège en cas de surabondance de la flotte d'engins. Les engins de réserve sont localisés à la maintenance [5].

III.2.2 Composition des différentes heures

Connaissant toutes ces différentes classes d'heures, nous définissons :

- ✓ le coefficient de mise à disposition.
- ✓ le coefficient d'utilisation effective.
- ✓ le coefficient d'utilisation absolue [5].

Classes d'heures principales (à utiliser obligatoirement pour le calcul des coefficients).			Catégories d'heures (à utiliser facultativement).		
			1-niveau : terminologie obligatoire	2-niveau : à définir par la société.	
Période de référence.	Heures possibles.	Heures d'inactivité.			
		Heures d'activité.	Heures de maintenance.	Entretien préventif.	-visites systématiques. -entretien périodique. -réparation (révisions partielles). -modification/amélioration.
				Rénovation.	Démontage complet de l'engin.
				Dépannage.	-intervention sur chantier. -intervention au garage.
				Accident.	
				Attentes diverses.	-attentes manques sous-ensembles. -attentes manques rechanges. -attentes manque Atelier Tous sièges (ATS). -attentes manque personnel entretien. -attentes transport ou remorquage, ...
		Heures de mise à disposition.	Heures de chômage.	Temps morts.	Minage.
				Réserves.	Abondance de l'équipement disponible.
				Divers.	Attente chauffeurs, panne sèches.
			Heures de marche.	Changement des postes.	-Prise en charge. -ravitaillement.
				Heures de régie.	-nettoyage chantier, pistes. -préparation chantier DEM. -Dépannage remorquages. -services généraux Siège.
				Heures de translation.	-Déplacement entre chantier et garage -Déplacement entre carrières.
				Heures de travail.	Production.

Figure III.1. Tableau des classes d'heures [5].

1. Coefficient de mise à disposition, CMD

C'est le rapport entre les heures de mise à disposition et les heures possibles [5].

$$CMD = \frac{HMD}{HP} \times 100 \quad (\%) \quad (III.3)$$

2. Coefficient d'utilisation effective, CUE :

C'est le rapport entre les heures d'utilisation effective de l'engin et les heures de mise à disposition [5].

$$\text{CUE} = \frac{\text{HUE}}{\text{HMD}} \times 100 \quad (\%) \quad (\text{III.4})$$

3. Coefficient d'utilisation absolu, CUA :

C'est le produit des coefficients de mise à disposition et d'utilisation effective.

$$\text{CUA} = \text{CMD} * \text{CUE} = \frac{\text{HMD}}{\text{HP}} \frac{\text{HUE}}{\text{HMD}} = \frac{\text{HUE}}{\text{HP}} ; \text{CUA} = \frac{\text{HUE}}{\text{HP}} 100 \% \quad (\text{III.5})$$

Ainsi, le coefficient d'utilisation absolu est le rapport entre les heures d'utilisation effective de l'engin et les heures possibles pendant une période de référence considérée [5].

III.3 Combinaison des opérations de chargement et transport

La combinaison du chargement et du transport constitue la production dans la plupart des mines actuellement. Il s'agit d'utiliser aux maximums les capacités de production des équipements de chargement et de transport afin de réduire le coût d'exploitation le plus possible.

En pratique, nous acceptons qu'un équipement de transport, bennes rigides ou articulées, soient remplis en trois à six passes. Donc nous déterminons les capacités des engins de chargement, ensuite nous y faisons correspondre les engins de transport en multipliant par trois à six fois la capacité des engins de chargement choisis.

Pour des raisons de praticabilité, les fabricants d'engins de chargement et de transport offrent des gammes variées des tandems engins de chargement-engins de transport qui sont complétés par des engins de terrassement permettant une optimisation des opérations minières.

Ainsi donc, l'ingénieur des mines détermine la capacité des engins de chargement selon la production exigée, ces engins de chargement font suite aux engins de transport qui sont complétés par les engins de terrassement assurant une production optimale.

Un mauvais choix d'engins de chargement aura des répercussions sur les résultats de la production. Ceci est aussi vrai pour les engins de transport ainsi que ceux de terrassement. Les coefficients d'utilisation seront faibles malgré le nombre d'engins disponibles [8].

Pour ce faire, les étapes suivantes doivent être suivies pour le choix des engins des chantiers dans les mines :

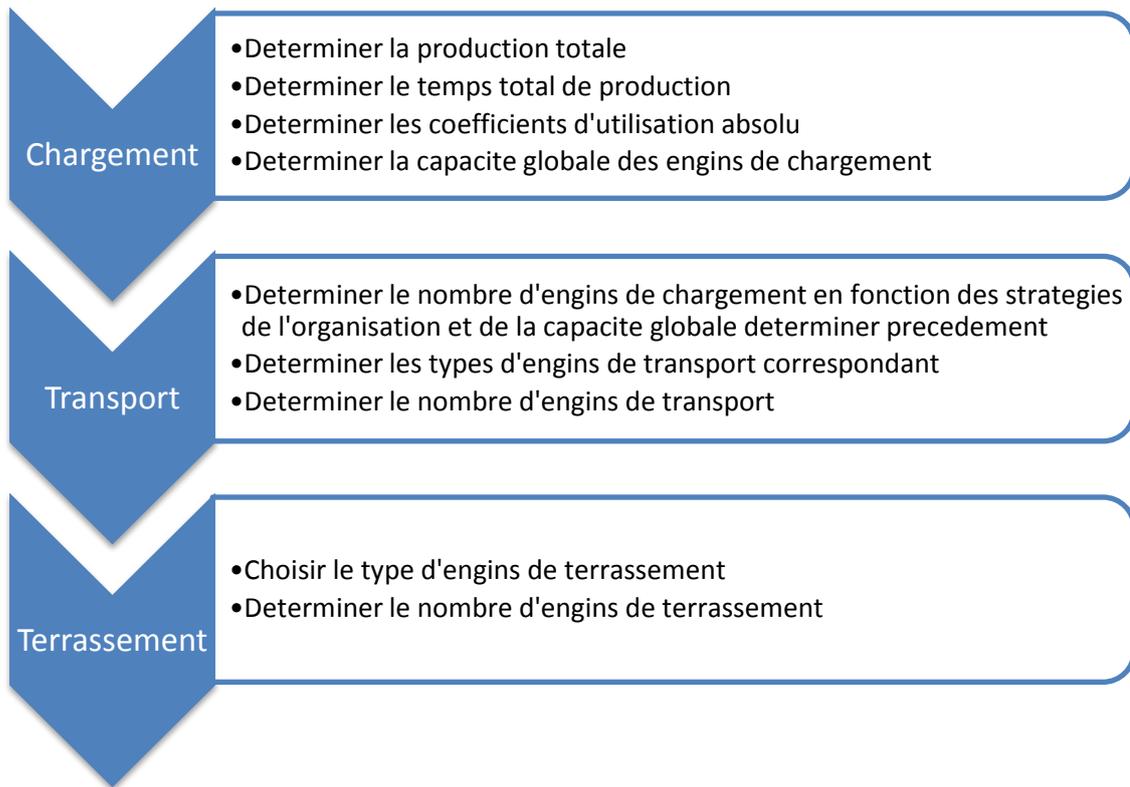


Figure III.2. Procédure de détermination de la flotte de production d'une mine [8].

En ce qui est des temps de cycle, ils peuvent être déterminés par chronométrage sur les sites de production existants, ou ils peuvent être estimés à partir des calculs tenant en compte les différentes résistances au roulement et dues à la pente (Caterpillar Performance Handbook, June 2018). La première méthode est plus utilisée pour des productions en cours, et est simple de nature. La deuxième méthode est utilisée dans la planification et le design.

Notons que la stratégie de l'entreprise tient en compte la gestion des finances, les ressources humaines, la législation, etc. qui ont un impact certain sur les opérations minières. Les finances peuvent permettre l'achat d'une certaine qualité d'équipement par exemple jusqu'à un certain prix, elles peuvent nous pousser à aller vers des équipements à prix relativement faibles par rapport à ceux disponibles à partir d'un prix relativement élevé. Les ressources humaines influentes par exemple dans le cas de la maintenance, le gestionnaire peut être poussé à contracter des spécialistes pour la maintenance des engins de production. La législation peut contraindre un fournisseur à ne pas être présent sur le site, etc... [8].

III.3.1 Saturation des équipements

Un équipement saturé est un équipement qui fonctionne à pleine capacité de production. Pour un engin de chargement, ceci se traduit par l'impossibilité d'accroître sa production, il en est de même pour les équipements de transport.

Pour saturer nos équipements de production, tous les retards doivent être supprimés. Une bonne planification et une bonne organisation des chantiers permet de saturer les équipements affectés à la production.

En ce qui concerne la planification, il s'agit de trouver le nombre d'engins de transport qui maintiennent l'engin de chargement saturé. Un surplus en engin de transport est tolérable pour tenir en compte des aléas de la nature. Un surplus d'engins de chargement n'est pas du tout toléré aux regards du coût et des pertes engendrées [8].

Il faut donc faire correspondre les cycles des engins de transport au cycle des engins de chargement :

- 1- Pour un engin de chargement opérant de temps de cycle T_{cy-c} avec un engin de transport de temps de cycle T_{cy-t} , le temps d'attente pour l'engin de chargement est donnée par : $T_{att} = T_{cy-b} - T_{cy-c}$
- 2- Pour un engin de chargement opérant de temps de cycle T_{cy-c} avec deux engins de transport de temps de cycle T_{cy-t} , le temps d'attente pour l'engin de chargement est donnée par : $T_{att} = T_{cy-b} - 2 T_{cy-c}$
- 3- Pour un engin de chargement opérant de temps de cycle T_{cy-c} avec n engins de transport de temps de cycle T_{cy-t} , le temps d'attente pour l'engin de chargement est donnée par : $T_{att} = T_{cy-b} - n T_{cy-c}$

A la saturation, le temps d'attente est nul, nous avons donc :

$$T_{cy-b} - n T_{cy-c} = 0 \quad (III.6)$$

Ce qui nous permet de déterminer le nombre d'engins de transport saturant l'engin de chargement par la formule :

$$n = \frac{T_{cy-t}}{T_{cy-c}} \quad (III.7)$$

Avec :

- n : le nombre d'engins de transport saturant l'engin de chargement.
- T_{cy-t} : le temps de cycle des engins de transport.
- T_{cy-c} : le temps de cycle de l'engin de chargement.

Etant donné que les chantiers sont en mouvement dans l'espace et dans le temps, la distance de transport augmente, ce qui se traduit par une augmentation de la durée du

cycle des engins de transport. Il arrivera un moment telle que cette distance va nécessiter l'ajout d'une unité de transport de plus, cette distance est appelée la distance critique. Elle est déterminée par la formule :

$$d_c = V_m \frac{T_{cy c}}{2} \quad (III.8)$$

En pratique, nous constaterons que les unités de transport sont arrondies par excès, et que la distance critique se détermine quand la différence entre les temps des cycles des unités de transport et n fois le temps de cycle de chargement de ces unités vaut ce temps de chargement [8].

$$d_c \equiv T_{cy t} - n T_{cy c} = T_{cy c}$$

$$T_{cy c} + n T_{cy c} = T_{cy t}$$

$$1 + n = \frac{T_{cy t}}{T_{cy c}} \quad (III.9)$$

III.3.2 Quelques cas particuliers : Mines de surface

Le choix se définit à partir des paramètres suivants :

- 1- Nature et dureté des matériaux à extraire.
- 2- Production à assurer.
- 3- Distance de transport.
- 4- Nécessité de concasser les matériaux avant leur reprise pour un traitement ultérieur.
- 5- Opportunité de créer des stocks (matériaux commercialisables, minerais, terres végétales) ou de mettre en remblais (stériles) [8].

Bien qu'il existe de nombreuses combinaisons qui permettent d'optimiser la fonction chargement roulage nous allons décrire à titre d'exemple, les plus courantes et notamment celles qui font appel à des matériels le plus fréquemment rencontré :

1. Matériaux durs abattus à l'explosif

a) Distances inférieures à 200 m. – Débit faible ou moyen

L'engin de chargement, réalise également le transport. Dans cette configuration une chargeuse sur pneus convenablement calculée assure ces deux fonctions. Cette solution est très employée en carrière de granulats lorsque celle-ci est équipée d'un concasseur mobile ou qu'il s'agit de constituer des stocks de granulats tout venant.

La chargeuse sur pneus présente l'avantage de sa mobilité et de sa vitesse de déplacement rapide qui peut atteindre 25 km/h en charge. Elle peut pratiquement s'adapter à toutes les conditions de roulage. [8]

L'utilisation économiquement rentable d'une chargeuse utilisée en chargement – transport se situe en deçà de 150 à 200 m. En fonction des conditions de roulage.

Lorsque les matériaux de la piste sont coupants l'usure des pneumatiques est importante et la rentabilité d'un tel transport décroît rapidement. Il en est de même si la piste est en mauvais état car nombre de rotations / heure diminue. Pour améliorer la stabilité sur piste en mauvais état la plupart des machines modernes sont équipées d'un système anti-tangage. Cependant Il est bon de rappeler que l'obtention d'un bon prix de revient est indissociable du bon entretien des pistes [8].

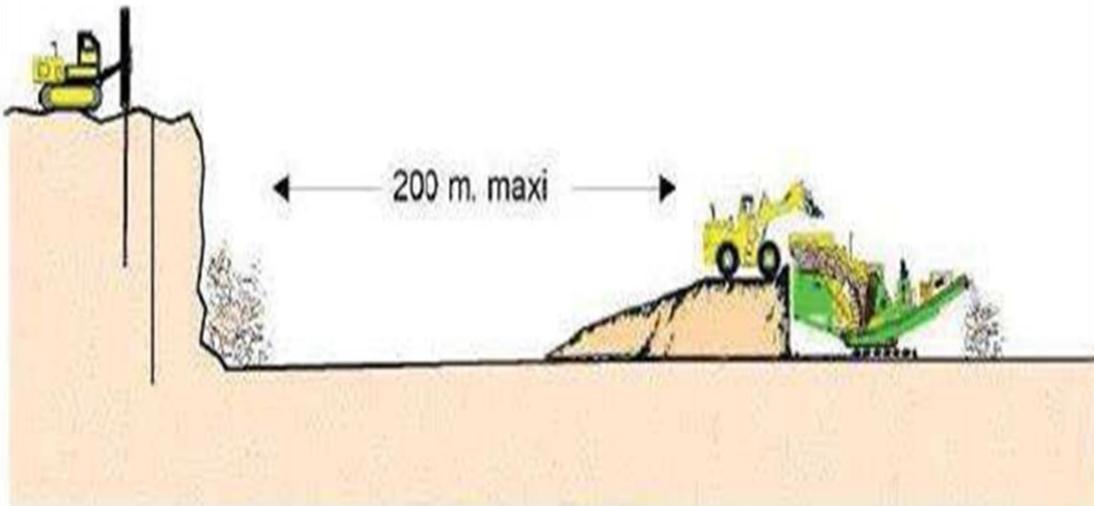


Figure III.3. Chargement et transport sur distance inférieure à 200 m [8].

b) Distances supérieures à 200 m. mais inférieures à 2000 m

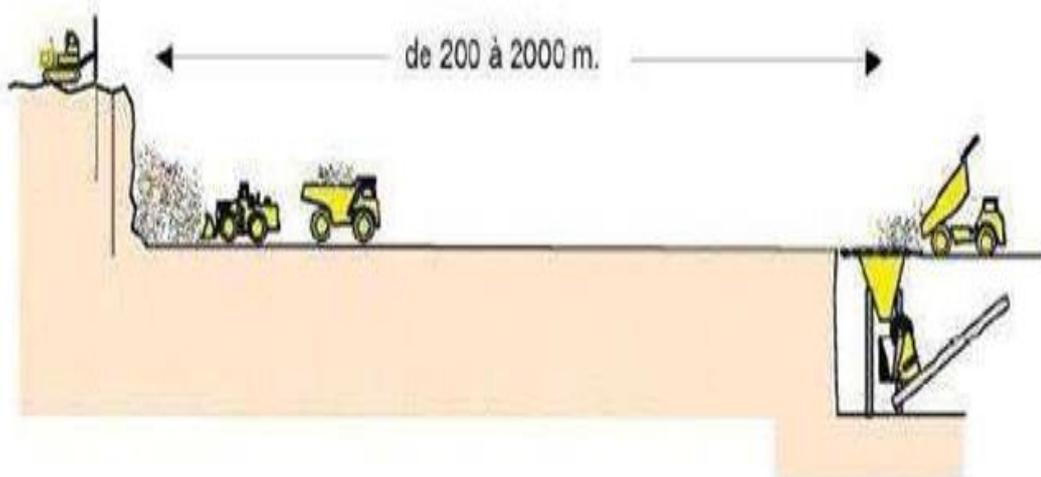


Figure III.4. Chargement et transport sur distances entre 200 et 2000 m [8].

Ce schéma représente la configuration la plus répandue pour des débits moyens à importants. Sur parcours peu accidenté avec des pistes de pentes n'excédant pas 8 à 10 % on choisira des tombereaux rigides plus économiques à l'achat et moins coûteux en entretien que les tombereaux articulés. Ces deniers seront réservés aux chantiers TP en terrains boueux ou accidentés ou à l'exploitation de gravières en terrains instables à faible adhérence [8].

Le choix de l'engin de chargement, pelle ou chargeuse, est lié à la granulométrie, la densité et le foisonnement des matériaux abattus, ainsi qu'à la qualité de l'aire de chargement, déclivité, adhérence. Nous reviendrons sur ces conditions particulières dans l'étude détaillée de la productivité de ces machines. Ce système de déserte, simple et souple d'emploi présente l'inconvénient d'être cher dès que les tonnages à transporter deviennent important et que la distance s'allonge [8].

c) Distances importantes 1500 m. et plus – Gros débit

Une première configuration consiste à limiter le transport par tombereaux à des distances raisonnables, 800 m. par exemple, Pour cela on va rapprocher régulièrement le concasseur primaire des fronts d'abattage. Les matériaux sont ensuite transportés par bandes jusqu'à leurs points d'utilisation ou de traitement. En général on constitue en bout de bande un stock tampon avec reprise automatique par tunnel. Ce système assure une grande régularité de l'approvisionnement et conserve la même souplesse que la desserte directe par tombereaux [8].

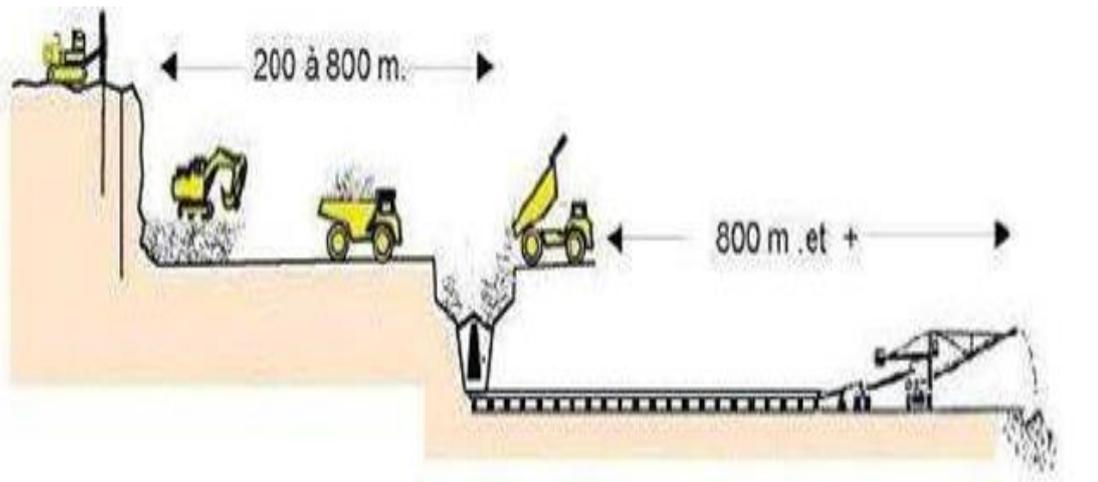


Figure III.5. Distances supérieures à 1500 m [8].

Cette configuration permet d'assurer de gros débits, plus de 1000 t/h. Sur des distances très importantes. D'une façon générale, le coût opératoire direct pour une exploitation à ciel ouvert se répartie comme suit :

- 40 à 50 % pour les opérations de forage, abattage, chargement
- 50 à 60 % pour les opérations de transport

Le transport a donc une grande importance dans le coût total de l'exploitation. Cependant on constate, assez souvent que si les opérations de foration et d'abattage sont parfaitement optimisées on s'occupe assez peu des opérations aval de chargement et transport. Il y a la une anomalie que rien ne justifie puisque, et nous le verrons par la suite, nous disposons actuellement des outils de calcul qui permettent une telle recherche.

Si le transport se fait par tombereaux l'énergie dépensée se répartie en moyenne comme suit :

- 60 % pour les tombereaux.
- 40 % pour l'engin de chargement.

Si le transport se fait par bandes le bilan énergétique devient :

- 20 % pour le convoyeur.
- 80 % pour le chargement.

Pour transporter 1 tonne sur 1 km, à plat il faut en moyenne 8 litres de gazole avec des tombereaux ou 12 kW avec un transport par bande. Au total la tonne kilomètre utile (TKU) est de 2 à 4 fois moins chère avec un transport par bande qu'avec des tombereaux. Cependant il ne faut pas perdre de vue que le transport par bande ne sera rentable que sous certaines conditions de distance et de débit.

Une autre technique dérivée de la précédente, consiste à rendre le concasseur primaire déplaçable le chargement se fait alors directement dans la trémie de l'installation mobile. Certains modèles blindés permettent d'être placés à proximité immédiate du front d'abattage et peuvent ainsi être chargés directement avec une pelle hydraulique [8].

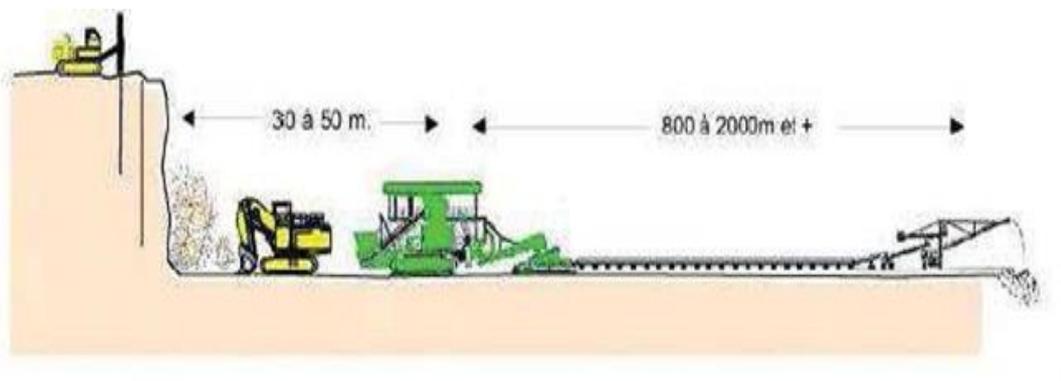


Figure III.6. Distance supérieure à 1500 m [8].

Cette technique a été développée depuis une vingtaine d'années en France et principalement par les cimentiers dans leurs carrières de calcaire. Cette technique s'applique d'autant mieux que :

- Ø le gisement est régulier en géométrie et qualité puisque le changement rapide d'un point de chargement à l'autre devient difficile.
- Ø les matériaux doivent de toute façon être concassés, il faut peu ou pas de stérile.
- Ø les distances de transport et les débits à réaliser permettent d'amortir le coût élevé des matériels et installations nécessaires à l'extraction [8].

2. Les matériaux sont friables

a) Travaux de découverte

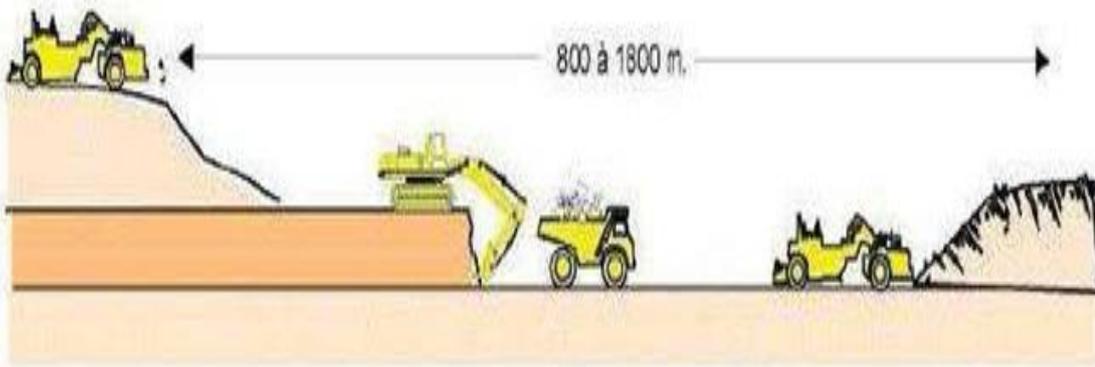


Figure III.7. Découverte sur 2000 m [8].

Pour des débits relativement importants et des distances supérieures à 200 m, la solution du décapage mécanique (scrappage) est la plus économique. La décapeuse opère par passe de 20 à 25 cm de profondeur. Elle assure à la fois l'extraction et le transport. L'aptitude du matériau à être "décapé" est souvent déterminée par l'enfoncement des pneus qui doit être compris entre 2 et 12 cm.

La décapeuse peut être tractée, benne de 5 à 20 m³, ou automoteur, bennes de 5 à 40 m³. Dans la phase de chargement, on utilise fréquemment un bouteur ou une autre décapeuse qui sert de pousseur. On réalise ainsi rapidement le remplissage de la benne sur une courte distance [8].

La vitesse à plat peut atteindre 50 km/h, ce qui permet à ce type d'engin d'atteindre des débits importants sur des distances comprises entre 200 et 2000 m. Les pentes maximales admissibles sont :

- à vide : 12% en solo, 20 % en tandem.
- en charge : 6% en solo, 12% en tandem.

Les caractéristiques moyennes des machines utilisées en France sont :

- Poids à vide : de 30 à 80 tonnes.
- Charge utile : de 20 à 50 tonnes.
- Puissance : de 300 à 700 kW.

Les utilisations les plus rationnelles sont :

- L'extraction de terres végétales avant exploitation.
- Le terrassement de routes et plate-forme en travaux publics.
- L'extraction de stériles de recouvrement friable.

Note : Le décapage peut être réalisé après défonçage au bouteur mais la rentabilité est médiocre et cette technique n'est employée qu'en dépannage lorsque, pour des raisons d'environnement, les tirs ne sont pas possibles [8].

b) Le matériau ne nécessite pas de concassage, la distance est courte

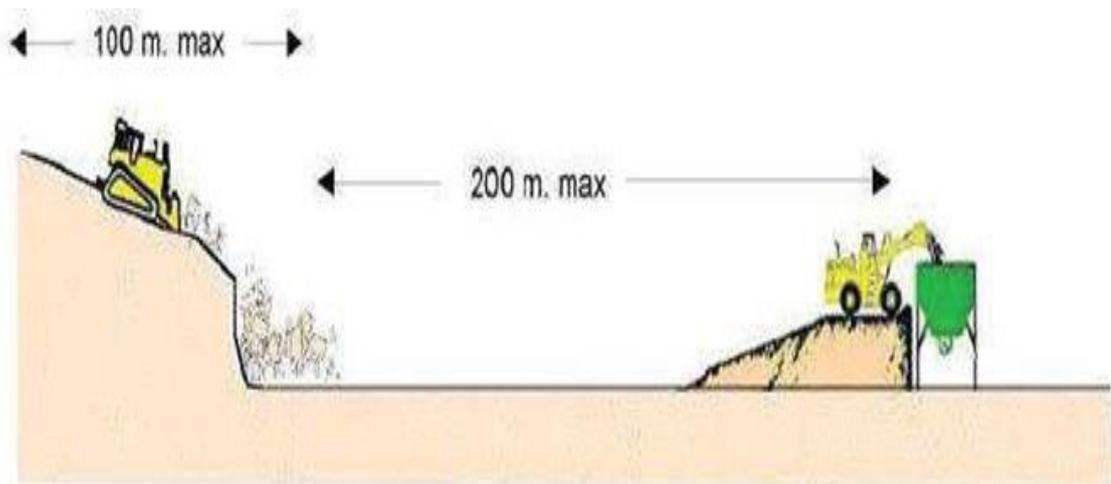


Figure III.8. Découverte sur 200 m [8].

On utilise l'association d'un bouteur qui alimente une chargeuse laquelle assure extraction et transport.

On réalise ainsi un système d'exploitation très économique. Cette solution est fréquemment employée dans l'exploitation de gisement alluvionnaire à sec. La trémie est déplacée périodiquement. Si la distance est importante on doit alors organiser un transport par tombereaux classiques [8].

c) Le matériau ne nécessite pas de concassage, la distance est supérieure à 200m et inférieure à 2000 m

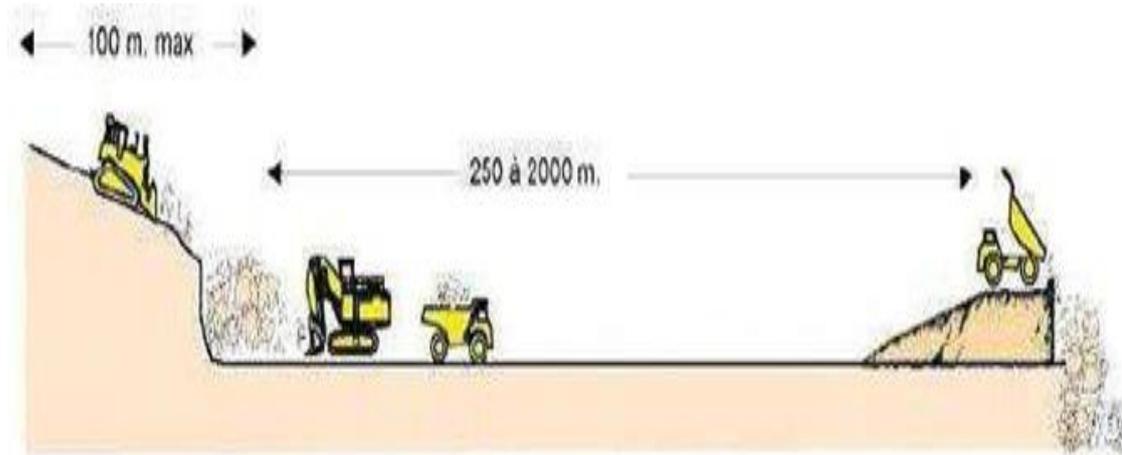


Figure III.9. Découverte sur 200 m à 2000 m [8].

Un boteur alimente, en général une pelle à gros débit, qui charge des tombereaux. Le déchargement se fait sur une verse à stérile dans le cas d'une découverte, ou sur un stock s'il s'agit d'une extraction de tout venant.

De gros débit sur de grandes distances sont possibles avec cette organisation. Le principal inconvénient est que le coût croît très vite avec la distance et le tonnage à transporter. On notera que dans cette organisation la pelle travaille en configuration "butte". Le poussage simultané par boteur ne permet pas de créer la plate-forme de chargement nécessaire au chargement en configuration "rétro"[8].

Par ailleurs pour des questions de sécurité il est nécessaire que le conducteur de pelle ait toujours dans son champ de vision la position et la phase de travail (poussage ou recul) du boteur.

d) Le matériau nécessite un concassage primaire

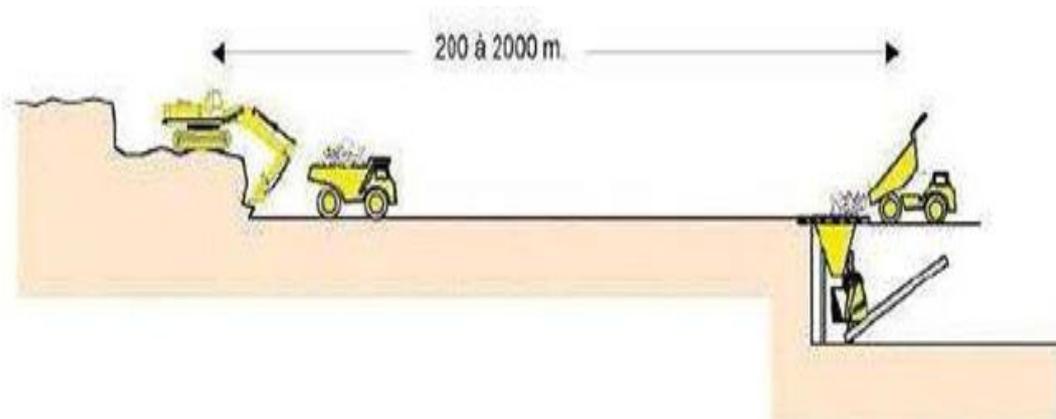


Figure III.10. 200 à 2000 m [8].

Si le matériau est suffisamment friable pour être extrait directement à la pelle hydraulique et c'est fréquemment le cas, en gisement alluvionnaire à sec, on peut organiser un transport par tombereaux sur des distances variant de 200 à 1800 m [8].

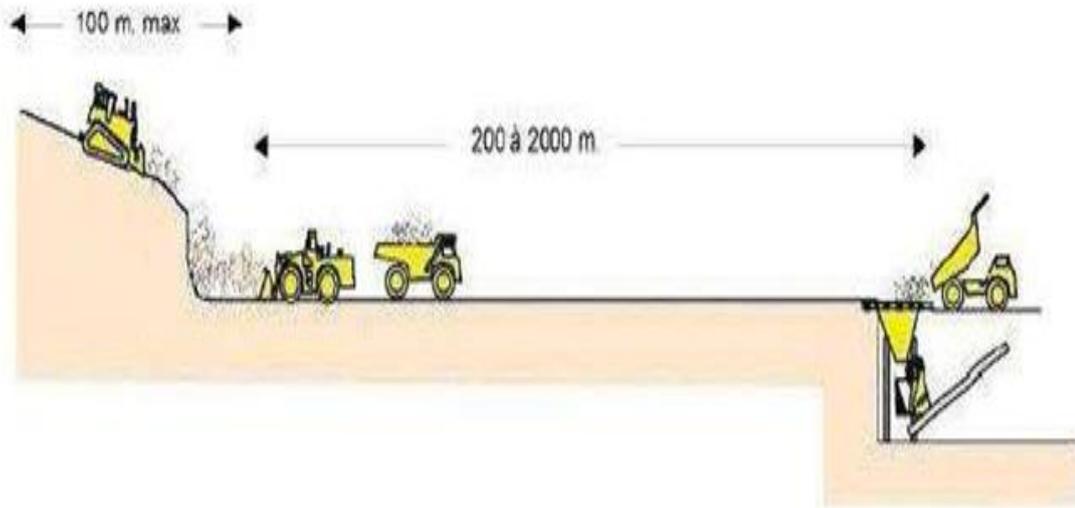


Figure III.11. 200 m à 2000 m [8].

Toutefois on aura intérêt à déplacer périodiquement le concassage primaire afin de réduire le coût du transport qui dans ce cas peut dépasser 60% du prix total du poste extraction / transport.

En découverte ou gisement irrégulier on préfère utiliser un poussage par buteur avec reprise au chargeur. Cette solution est moins économique que la précédente, il y a un engin supplémentaire, mais on gagne en souplesse d'exploitation et en sélectivité [8].



Figure III.12. Pelle et concasseur mobile [8].

Cette configuration est à retenir si on exploite des gisements irréguliers en qualité et en dureté.

e) Une solution plus économique

Pour les chantiers mobiles et de faible à moyenne production consiste à utiliser une installation mobile de concassage type "LOCOTRACK". Une pelle assure l'extraction et l'alimentation. Les produits finis, en nombre limité sont mis en stock au fur et à mesure de leur production [8].



Figure III.13. Pelle et concasseur mobile [8].

III.3.3 Cas particulier d'un gisement alluvionnaire sous recouvrement d'eau

Dès que le recouvrement d'eau est important, plus de 5m. Et que le gisement présente une certaine puissance, au-delà de quelques mètres il faut faire appel soit aux draglines à godet soit aux draglines à grappin monté sur barge. Le schéma ci-dessous représente une configuration classique.

L'extraction en eau impose une mise en dépôt des matériaux pour égouttage. Une reprise, en général par chargeuse, est nécessaire pour desservir le matériel roulant ou une trémie d'alimentation d'un convoyeur à bande [8].

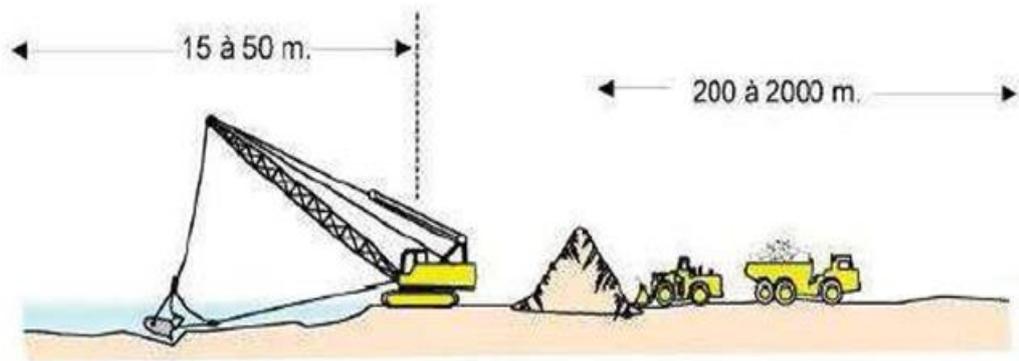


Figure III.14. Alluvions [8].

Toute tentative de suppression de cette reprise conduit généralement à des échecs. On constate généralement que :

- lors de transport par convoyeurs, les matériaux fins saturés d'eau colmatent les bandes malgré la présence de racleurs.
- l'eau qui s'égoutte des tombereaux détrempe les pistes qui ne peuvent alors être tenue en état
- il est impossible d'utiliser le réseau routier national
- il 'excès d'eau perturbe gravement le traitement ultérieur, concassage, criblage
- le rendement de la dragline décroît rapidement

Par ailleurs l'existence d'un stock tampon entre l'extraction et le traitement donne de la souplesse à l'exploitation tout en améliorant la fiabilité globale de la chaîne de production [8].

III.4 Résumé des critères de choix

Le synoptique suivant permet d'orienter le choix d'un système de desserte en fonction de la fragmentation primaire et des conditions de gisement.

Les matériaux étant supposés suffisamment fragmentés ou présentant une friabilité naturelle qui permet leur extraction par un engin mécanique on doit réaliser les plus économiquement possible deux 2 opérations :

- 1- Charger le minerai ou le matériau et le transporter à son point d'utilisation
- 2- Charger transporter et stocker les stériles ou les terres de recouvrement utilisables pour le réaménagement futur défini par l'étude d'impact [8].

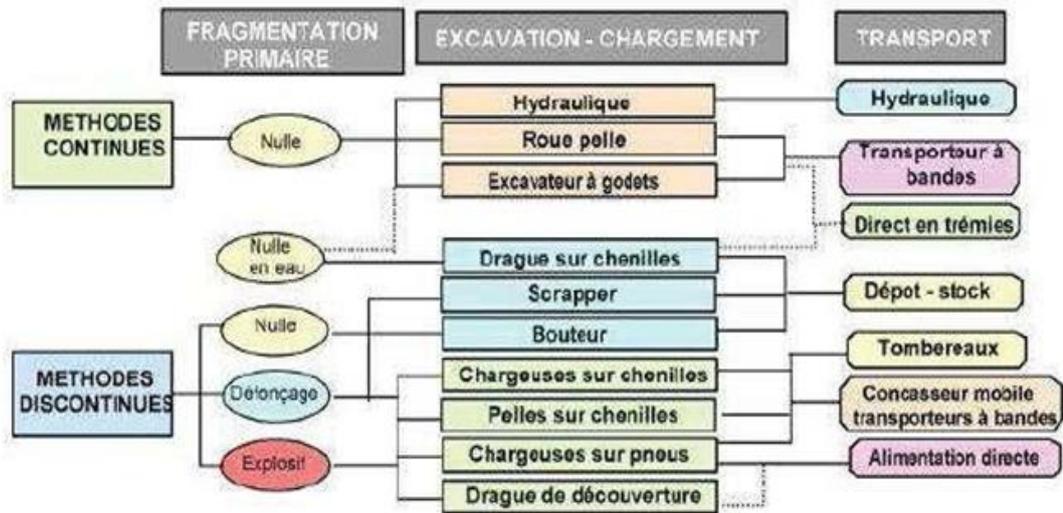


Figure III.15. Résumé sur les critères de choix [8].

III.5 Conclusion

La bonne gestion de l'entreprise et le calcul de rendement général des engins de transport et de chargement nécessite d'établir une classe d'heures des engins.

Comme nous l'avons vu les technologies possibles sont liés aux engins disponibles et le synoptique schématise de façon simplifiée diverses combinaisons.

On remarque que les engins de chargement - transport peuvent être classés en deux groupes :

- Les machines qui travaillent en se déplaçant : buteurs, décapeuses, chargeuses, camions.
- Les machines qui travaillent en station fixe ou à déplacement lent : pelles, draglines, chargeuses sur chaînes, concasseurs mobiles, convoyeurs à bandes.

Chapitre 04

**Etude du processus de
chargement et de transport**

IV.1 Introduction

Notre cas d'étude est la mine de fer de l'est de **Boukhara** ; nous choisissons cette entreprise pour faire l'étude thématique du mémoire de fin d'étude pour plusieurs raisons ; l'une de ces raisons est la recherche de différentes sources de perte de temps et les minimiser.

IV.2 Historique de la mine

L'exploitation de la mine de BOUKHADRA fut entamée durant l'époque Romaine pour l'extraction du cuivre dans la zone du pic ; par la suite de l'exploitation apportée sur le zinc et les autres poly-métaux par la concession de Boukhadra de (Mr. TADRO)

De 1903 à 1926, la concession de MOKTA EL HADID avait entrepris des travaux de recherche systématiques par des galeries entre les niveaux 845-1225.

De 1926 à 1966, date de nationalisation des mines, c'était la société d'OUENZA qui exploitait le gîte de Boukhadra. Cette dernière avait effectuée de la recherche systématique par des travaux minières et par des sondages sur le gisement de Boukhadra.

Durant la période de 1967 à 1984 la SONAREM était chargée de l'exploitation et des recherches sur les gîtes ferrifères d'OUENZA et BOUKHADRA.

Après la restructuration des entreprises (1983 - 1984), c'était FERPHOS qui gérait, exploitait et développait ces recherches sur l'ensemble des gîtes ferrifères existant sur le territoire national.

Depuis la date du 18/10/2001, et dans le cadre de partenariat avec l'étranger, le holding L.N.M.N.V. a signé l'accord de partenariat avec HADID OUENZA - BOUKHADRA filiale FERPHOS avec 70% pour ISPAT Tébessa, qui est devenue MittalSteel Tébessa et aujourd'hui Arcelor Mittal Tébessa. [10]

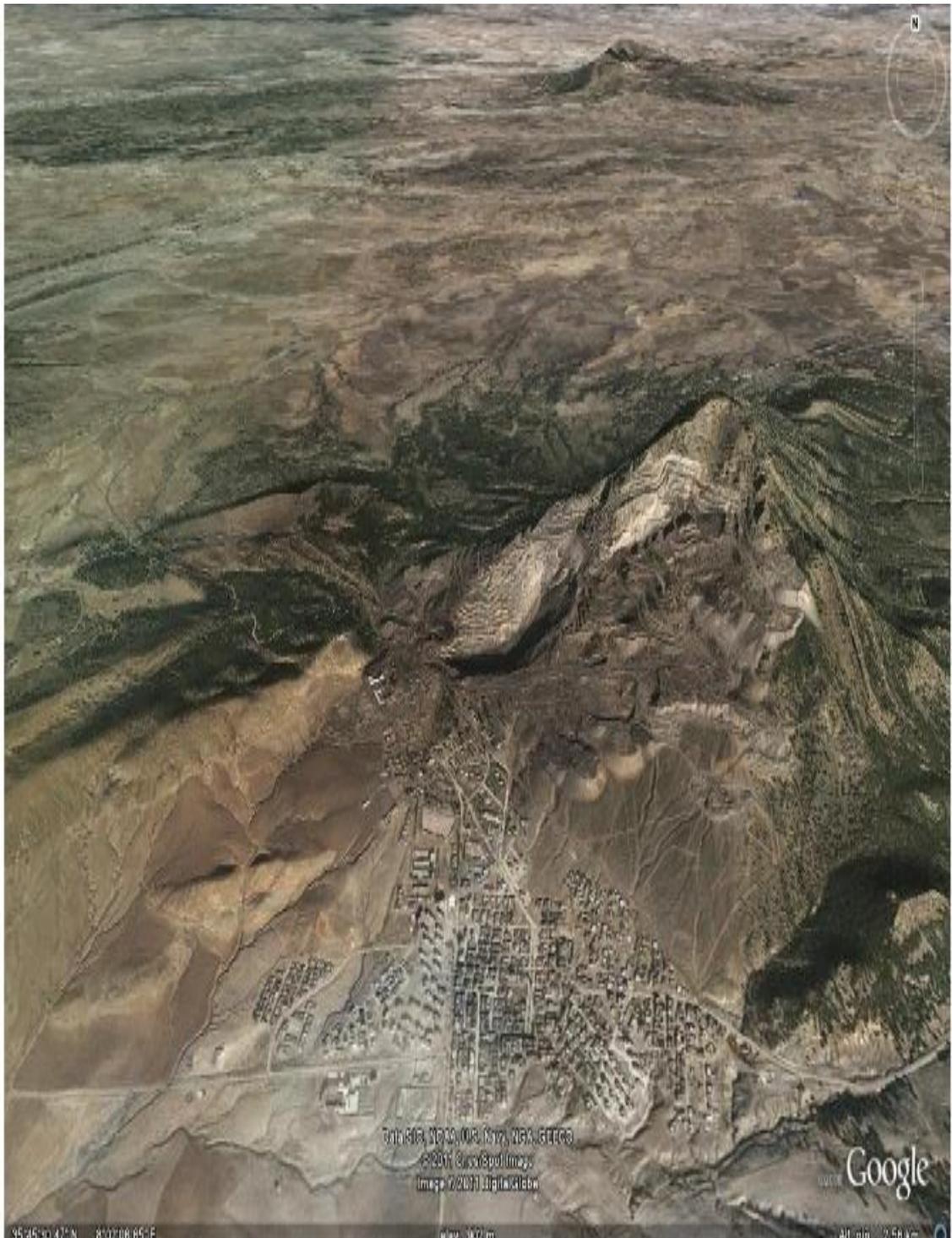


Figure IV.1. Vue générale de la mine de Boukhadra (Google earth).

IV.3 Situation géographique

Le Djebel de BOUKHADRA se situe sur l'Atlas saharien, à l'Est Algérien. L'unité de BOUKHADRA se trouve à une altitude de 850 m, le point culminant du Djebel est de 1463 mètres. La ville de BOUKHADRA fait partie de la WILAYA de TEBESSA.

IV.4 Composition minéralogique

Tableau IV.1. La composition chimique de fer. [10]

ELEMENTS MAJEURS	%
Manganèse(Mn)	2.0-3.0
Phosphore (P)	6-10
Cuivre(Cu)	Trace
Oxyde de calcium(CaO)	3.5-8
Oxyde de magnésium(MgO)	0,2 - 0,40
Soufre (S)	0,04-0,10
Oxyde de d'aluminium (AL ₂ O ₃)	0.5 -0.3
Oxyde de sodium et potassium (Na ₂ O) +(K ₂ O)	0,05 - 0,3
Phosphore (P)	0,002 - 0,01
Oxyde de silicium(SiO ₂)	6-9
Humidité(H ₂ O)	2-6
Plomb(Pb)	0,005 - 0,02
Zinc(Zn)	<0,01

IV.5 Caractéristiques du minerai et des roches encaissantes

Les caractéristiques du minerai et des roches encaissantes sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau IV.2. Caractéristiques du minerai et des roches encaissantes. [10]

Caractéristiques des Roches	Masse Volumique (g/cm³)	Dureté	Cohésion. (bars)	Angle de frottement interne (°)
Marnes jaunes	2.2	3	0.33	23
Marnes minéralisées	2.4	-	2.6	40
Marnes grises	2.2	4	-	-
Grès	2.3	4	-	-
Marnes bariolées	1.95	-	0.3	19
Calcaires	2.6	7	-	50
Minerai	2.7	7	-	40

IV.6 Propriétés physico-mécaniques

Les propriétés physico-mécaniques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV.3. Propriétés physico-mécaniques du minerai et des roches encaissantes[10]

Propriétés	Minerai	Roches encaissantes
Stabilité	Moyenne	Moyenne
Masse volumique t/m ³	2,7	2,5
Dureté	6-7	6-7
Angle de pendage	50°-60°	50 ^â -60°

IV.7 Les réserves géologiques

Dans l'exploitation à ciel ouvert de Boukhadra il y a (03) trois sites de carrier :

IV.7.1 Site carrière principale (Amont)

C'est le premier site d'exploitation à ciel ouvert, il se situe entre les niveaux 1225 et 830, ses réserves géologiques sont de 24 800 000 T, avec une teneur de 55,15% en fer, et les réserves exploitables sont évaluées à 10600000 T, avec une teneur en fer de 54,52 %. Le volume de stérile est de 13 752 000 m³.

IV.7.2 Site carrière BK II

C'est le prolongement du corps sud, son exploitation a débuté cette année (1997) avec des réserves globales géologiques de 3 098 200 T, avec une teneur en fer de 56,95% et exploitables de 3 033 000 T, à 54,95% en fer et un volume de stérile de 346 200 m³.

Pour la partie qui sera exploitée en deux différentes méthodes (ciel ouvert et souterrain).

Elle présente des réserves exploitables de 1 322 000 T, à une teneur de 53,19% de fer.

IV.7.3 Site Pic (en épuisement)

C'est autre carrière à ciel ouvert, elle a été conçue pour l'exploitation de la suite du corps nord de la carrière principale.

L'exploitation du minerai a débuté en 1993 avec des réserves géologiques totales de 1 393 000 T, à 52,76% de fer et des réserves exploitables de 1 360 000 T, à 51,17% de fer. Le volume de stérile est de 326 000 m³.

Dans la carrière ciel ouvert de la mine de Boukhadra L'ouverture est faite au moyen de tranchées communes multiples la hauteur du gradin est de 7.5 m dans les parties amont de 12 m dans les parties aval ; à l'exception du site PIC elle est de 10 m.

La forassions s'effectue au moyen de sondeuse de chariots et de marteaux perforateurs.

Les diamètres des trous de foration sont respectivement de 165 mm, 80 mm et de 26 mm

L'abattage s'effectue à l'explosif par tir électrique, le chargement est opéré à L'aide de pelles mécaniques et de chargeuses sur pneus de type DIESEL de capacité respective 6.4 et 8.4 m³ de godet.

Le transport est réalisé à l'aide des camions de carrière vers les terrils extérieurs au périmètre d'exploitation pour le stérile sur une distance d'un 1 Km et vers le concasseur pour le minerai sur une distance de 4km. [10]

Dans une exploitation minière les opérations de chargement et de transport constituent deux processus d'une importance capitale et qui sont fortement liés.

Dans ce chapitre nous présenterons d'abord les travaux actuels au niveau de la mine de Boukhadra concernant le chargement et le transport.

Ensuite ; nous étudions des processus des travaux de chargement et de transport. Nous terminerons ce chapitre par une partie sécurité, fort importante en exploitation minière.

IV.8 Calcul du procédé de chargement dans la mine de Boukhadra

Au niveau de la mine de Boukhadra, les engins utilisés pour l'extraction et chargement des roches préalablement abattues par travaux de forage et de tir sont les pelles sur chenilles et les chargeuses.

La mine de Boukhadra possède deux chargeuses et deux pelles.

Les chargeuses sont fabriquées par la même firme « **CATERILLAR** » la première est de type 990K, la date de mis en marche de cette dernière est 2017. La deuxième est de type 988B, la date de mis en marche 2011.

Les deux pelles sont des pelles hydrauliques de deux types différents ; la première est de type LIEBHERR 9100 et la date de mis en marche de cette dernière est 2016 la deuxième c'est la pelle KOMATSU PC1250 la date de mis en marche de cette dernière est 2010.

Durant notre période de stage, nous avons eu l'occasion de voir une chargeuse CATERPILLAR 990K et une pelle hydraulique LIEBHERR 9100, tandis que deux autres engins ne sont pas en état de service.

IV.8.1 Les différentes caractéristiques techniques des pelles et des chargeuses

Les caractéristiques techniques de chaque type de pelle et les chargeuses sont récapitulées dans les tableaux suivants :

Tableau IV.4. Caractéristiques techniques de la pelle hydraulique KOMATSU. [11]

Force maximal de creusement	422 KN
Masse	115.90 t
Longueur (L)	10,94 m
Largeur (l)	5,60 m
Hauteur (H)	6,20 m
Puissance mesurée au	1800 tr/min
Profondeur maxi de travail	14 m
Capacité du godet max	5.2 m ³
Vitesse de rotation	5.5 r/m (rotation par minute)
Angle de rotation maximal	12 deg
Rayon d'encombrement arrière (R)	5.03 m
Longueur de contact au sol (E)	4.99 m
Largeur des patins standards (C)	700 mm
Surface totale de contact au sol	6.60 m ²



Figure IV.2. Pelle hydraulique KOMATSU pc 1250

Tableau IV.5. Caractéristiques techniques de la pelle hydraulique LIEBHERR 9100
[11]

Force maximal de creusement	404 KN
Masse	108.50 t
Longueur (L)	10,94 m
Largeur (l)	5,60 m
Hauteur (H)	6,20 m
Puissance mesurée au	1800 tr/min
Profondeur maxi de travail	13 m
Capacité du godet	6.4 m ³
Largeur de chenilles	600 mm
Profondeur de dragage	7.15 m
Cylindrée du moteur	24.24 l
Puissance du moteur	565 kw



Figure IV.3. Pelle hydraulique LIEBHERR 9100.

Tableau IV.6. Caractéristiques techniques de la chargeuse CAT 988B [11].

Machine type / marque	Poids / dimension
Marque : CATERPILLAR	Longueur : 10340 mm
N° de série : 50W 10598	Largeur : 3645 mm
TYPE : 988 B	Hauteur : 4126 mm
puissance : 375 CV	Poids : 40180 kg
Moteur (marque) : CATERPILLAR	Débit capacité : 6.3 m ³
N° de série du moteur : 48W31472	Arrangement : 2w988
Transmission : série : 1JE03083	Arrangement : 9w0782
Convertisseur : 6V17203	-



Figure IV.4. Chargeuse CAT 988B.

Tableau IV.7. Caractéristiques techniques de la chargeuse CAT 990K. [11]

poids	80.97 t
Largeur de godet	4.61 m
Capacité de godet	8.4 m ³
Largeur de transport	4.45 m
Longueur de transport	13.07 m
Hauteur de transport	5.24 m
Vitesse	24.5 km/h
Diversement hauteur max	4.06 m
Rayon de braquage à l'extérieur	10.38 m
Puissance de moteur	521 kw
Puissance mesurée au	1200 tr/min



Figure IV.5. Chargeuse CAT 990K.

IV.8.2 L'influence de variation du temps de cycle sur la productivité horaire

Le temps de cycle est la période de temps écoulé entre deux instants successifs pour lesquels les mêmes conditions de travail se retrouvent identiques à elles-mêmes.

a- Pour les pelles : Cette période peut être décomposée en différentes tranches qui sont :

1. Temps d'excavation ou chargement (temps variable)
2. Temps de rotation (temps fixe)
3. Temps de diversement (temps fixe)
4. Temps de retour (temps variable)
5. Temps d'attente (temps variable)

Dans cette décomposition on remarque que la plupart des tranches de temps sont variables sauf deux qui sont le temps de rotation et le temps de diversement.

b- Pour les chargeuses :

1. Temps d'excavation ou chargement (temps variable)
2. Temps de manœuvre (temps variable)
3. Temps de diversement (temps fixe)
4. Temps de retour (temps variable)
5. Temps d'attente (temps variable)

Dans cette décomposition on remarque que la plupart des tranches de temps sont variables sauf un qui est le temps de diversement.

La variation du temps de cycle influe directement sur la variation de la productivité horaire des engins.

IV.8.2.1 L'influence de variation du temps de cycle sur la productivité horaire de la pelle LIEBHERR 9100

Le temps de cycle de la pelle hydraulique LIEBHERR 9100 était chronométré durant la période de stage :

Durant cette période la pelle travaille dans le niveau 902 m, elle travaille dans l'exploitation propremendite (minerai) dans des condition normales.

Tableau IV.8. Chronométrage de la pelle hydraulique LIEBHERR 9100.

Nombre des cycle	Chargement du godet (sec)	Déplacement du godet (sec)	Déchargement du godet (sec)	Retour au point initial (sec)	Temps de cycle (sec)
1	14	6	4	5	29
2	15	6	5	6	32
3	13	7	5	6	31
4	15	6	6	6	33
5	13	6	4	5	28
6	14	7	5	5	31
7	16	7	6	6	35
8	15	6	4	6	31
9	14	7	5	5	31
10	15	6	4	5	30
Moyenne	14.4	6.4	4.9	5.5	31.2

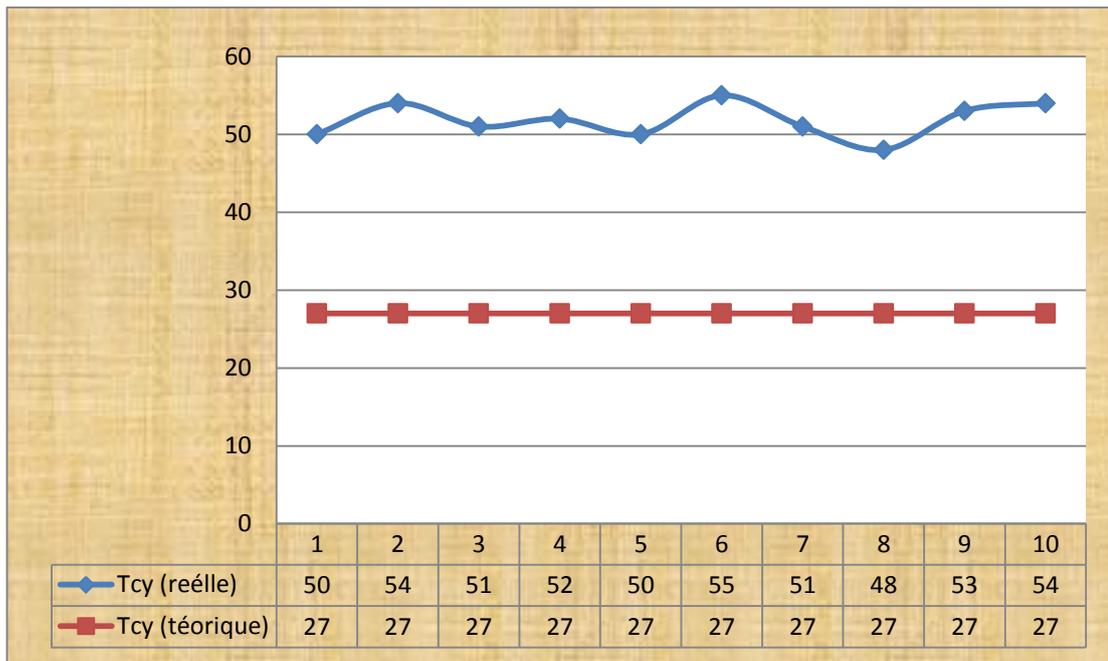


Figure IV.6. Courbe de la durée de cycle d'une pelle LIEBHERR 9100.

Remarque

On remarque que les valeurs théoriques sont assez réduites que les valeurs réelles à cause des facteurs liés aux conditions du chantier et autres liés aux habilités des conducteurs.

Les causes de variation des durées de cycle sont :

- Plate-forme non tracée.
- Manque d'expérience des conducteurs.
- Présence de hors gabarit.
- Mauvais emplacement des camions.
- Attaque mécanique.

1. Calcul des rendements de la pelle hydraulique liebherr pour le minerai

a) Calcul du rendement théorique horaire « Q_{th} »

$$Q_{th} = (3600 * E) / T_{cy}; \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{IV.1})$$

E : capacité du godet ; $E = 6,4 \text{ m}^3$

T_{cyc} : la durée d'un cycle de la chargeuse en secondes.

b) Calcul du rendement technique horaire « Q_{tec} »

$$Q_{tec} = (3600 * E * k_c * K_r * k_f) / T_{cyc}; \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{IV.2})$$

K_c : coefficient des conditions du travail, $K_c=1$

K_r : coefficient de remplissage du godet, $K_r=1$

K_f : coefficient de foisonnement ; $k_f=1.4$

c) Calcul du rendement d'exploitation horaire « Q_{exp} »

$$Q_{exp} = (3600 * E * Kr * Ku) / ((T_{cyc} * Kf)) ; m^3/h \quad (IV.3)$$

K_u : coefficient de d'utilisation de la chargeuse pendant un poste; $K_u = 0,8$

d) Calcul de rendement d'exploitation par poste « $Q_{exp/p}$ »

$$Q_{exp/p} = (3600 * E * Kr * Ku * T_p * \gamma) / ((T_{cyc} * Kf)) ; t/h \quad (IV.4)$$

T_p : durée d'un poste de travail de la chargeuse, $T_p = 8$ h

γ : Masse volumique du minerai $\gamma = 2.7$ t/m³

e) Calcul du rendement d'exploitation par jour « $Q_{exp/j}$ »

$$Q_{exp/j} = Q_{exp/p} * N_p ; t/j \quad (IV.5)$$

N_p : nombre de postes de travail de la chargeuse par jour

f) Calcul du rendement d'exploitation par ans « $Q_{exp/an}$ »

$$Q_{exp/an} = Q_{exp/j} * N_j ; t/an \quad (IV.6)$$

N_j : nombre de jours ouvrables de la pelle : 255

Tableau IV.9. Les résultats des rendements de la pelle hydraulique LIEBHERR 9100.

T_{cyc} (sec)	Q_{th} (m ³ /h)	Q_{tec} (m ³ /h)	Q_{exp} (m ³ /h)	$Q_{exp/p}$ (t/p)	$Q_{exp/j}$ (t/j)	$Q_{exp/an}$ (t/an)
29	794.48	567.48	453.98	9806.18	19612.36	5001151.80
32	720.00	514.28	411.42	8886.80	17773.60	4532268.00
31	743.22	530.87	424.70	9173.52	18347.04	4678495.20
33	698.18	498.70	398.95	8617.52	17235.04	4394935.20
28	822.85	587.75	470.20	10156.40	20312.80	5179764.00
31	743.22	530.87	424.70	9173.52	18347.04	4678495.20
35	658.28	470.20	376.16	8125.12	16250.24	4143811.20
31	743.22	530.87	424.70	9173.52	18347.04	4678495.20
31	743.22	530.87	424.70	9173.52	18347.04	4678495.20

30		768.00	584.57	438.85	9479.28	18958.56	4834432.80
moy	31.2	738.46	527.47	421.97	9114.72	18229.45	4648509.89

g) Calcul de nombre de pelle nécessaire <<Nch>>

Le nombre de pelle nécessaires pour réaliser le chargement des roches abattues est déterminé par la formule suivante :

$$N_{ch} = (P_{an} * K_{rés}) / (Q_{exp}/an) ; \quad (IV.7)$$

- **Pour le minerai**

P_{an} : production annuelle de la mine en minerai $P_{an} = 600000$ t/an

$K_{rés}$: coefficient de réserve ; $K_{rés} = 1,10 \div 1,2$, on prend $K_{rés} = 1.2$

Donc :

$$N_{ch} = \frac{600000 * 1.2}{4648509.89}$$

$$N_{ch} = 0.15 \approx 1 \text{ pelle}$$

- **Remarque**

On observe que l'utilisation de la pelle LIEBHERR 9100 peut assurer une production plus grande que celle demandée par l'entreprise ($P_d = 4648509.89$ t/an).

La deuxième pelle **Komatsu pc1250** est en état de réserve pendant la période de stage et pour cela nous ne pouvons pas prendre des mesures pour estimer le taux de perte de temps dans chaque cycle de travail de cette dernière et par conséquent calculer l'influence de cette perte sur la productivité de l'engin ainsi que la productivité générale du chantier.

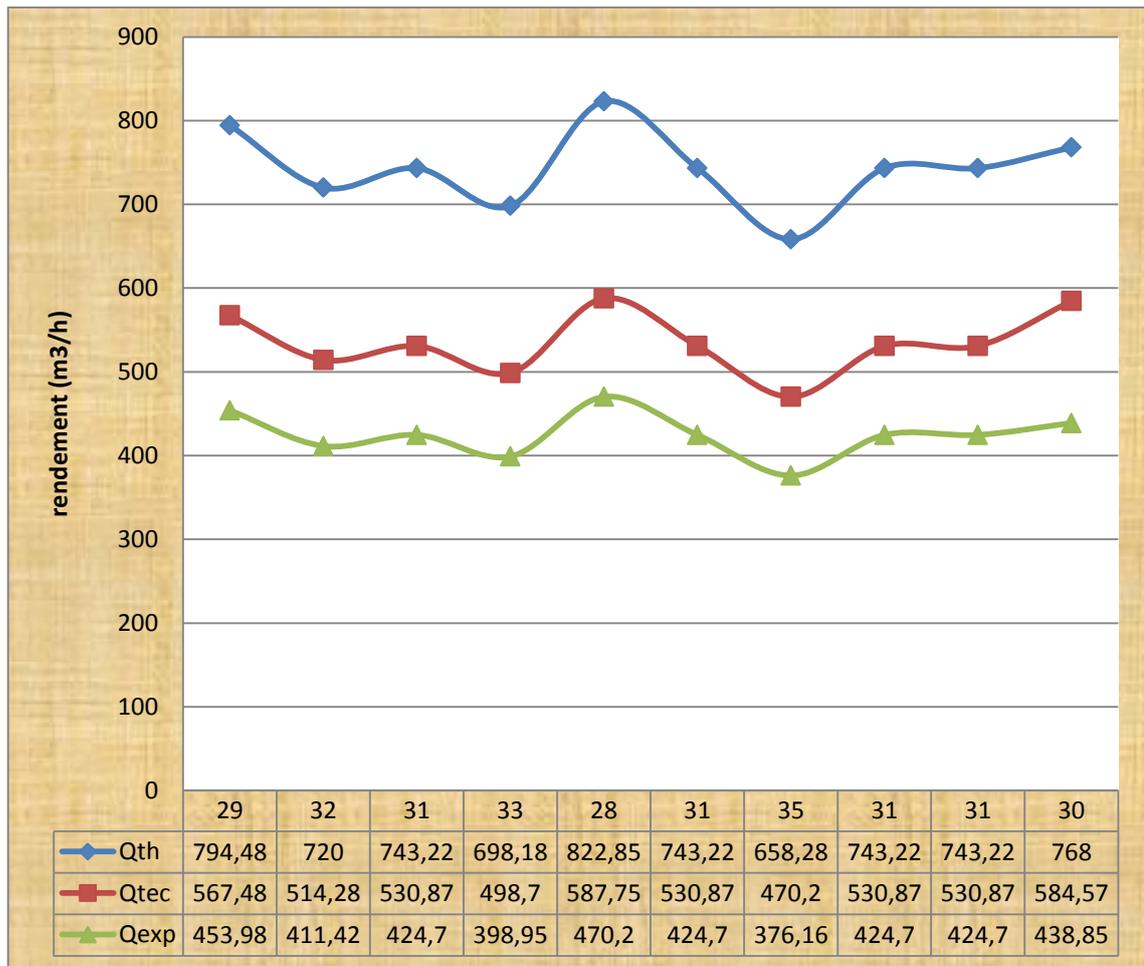


Figure IV.7. La Dépendance des productivités $Q_{thé}$, Q_{tec} , et Q_{exp} en fonction du temps de cycle.

Les courbes de dépendance $Q_{théo} = f(T_c)$, $Q_{tech} = f(T_c)$, et $Q_{exp} = f(T_c)$ tracées nous permet de conclure :

On observe que le rendement théorique présenté par la courbe bleu est plus élevé que les autres rendements à cause des données de construction, ensuite, le rendement technique présenter par la courbe rouge avec un moyen rendement qui dépend des propriétés de la roche k_r et k_f . Enfin le plus faibles des rendements qui est le rendement exploitables présenter par la courbe verte à cause de l’habilité et les conditions d’utilisation k_u .

Dans les trois courbes on remarque que la variation de la productivité en fonction de la durée de cycle donne des variations importantes dans la productivités théorique, technique et exploitation. Si l’on prend une variation de 1s du temps de cycle provoque plus de 20 m^3 de charge par heure, ce qui influe directement sur la productivité annuelle demandé par l’entreprise.

IV.8.2.2 L'influence de variation du temps de cycle sur la productivité de la chargeuse CAT 990K

Le temps de cycle de la chargeuse sur pneus CAT 990 K était chronométré durant la période de stage :

Durant cette période la chargeuse travaille dans le niveau 962 m, elle travaille dans l'exploitation propremendite (stérile) dans des condition normales.

Tableau IV.10. Chronométrages de la durée de cycle de chargeuse CAT 990K.

N°	Chargement du godet (sec)	Déplacement du godet (sec)	Déchargement du godet (sec)	Retour au point initial (sec)	Temps de cycle (sec)
1	22	10	8	10	50
2	24	9	9	12	54
3	21	10	7	13	51
4	22	10	8	12	52
5	20	9	9	12	50
6	23	11	9	12	55
7	22	9	8	12	51
8	21	8	8	11	48
9	23	11	7	12	53
10	22	10	9	13	54
Moyenne	22	9.7	8.2	11.9	51.8

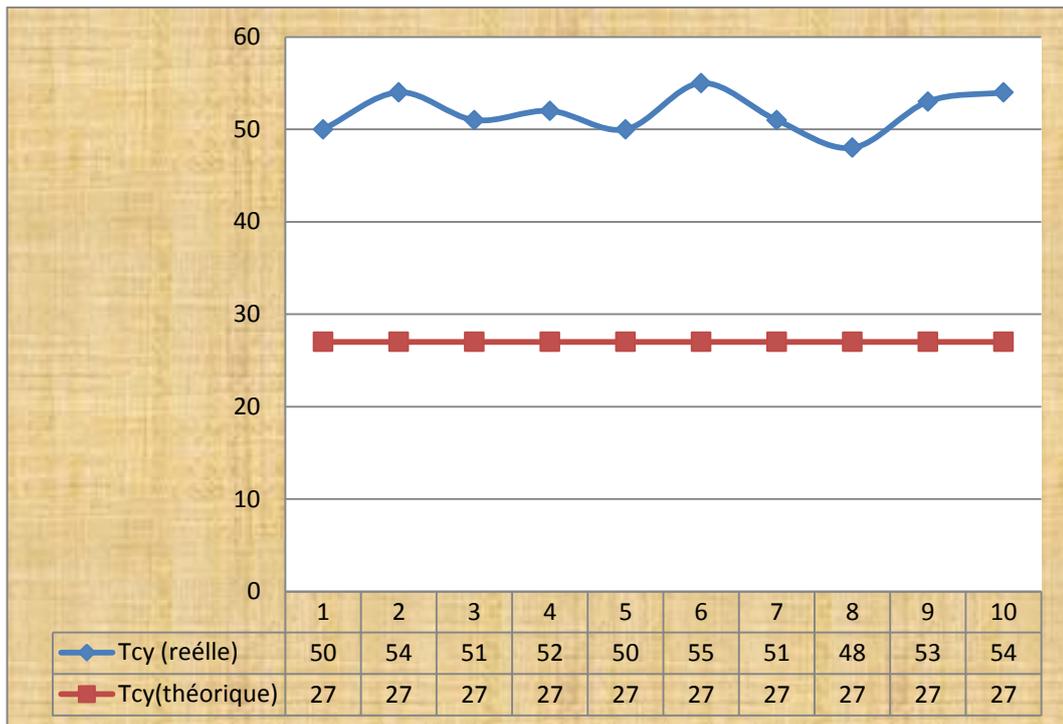


Figure IV.8. Graphe de la durée de cycle d'une chargeuse CAT 990K.

Remarque

On remarque que les durées des opérations de cycle de chargement varient de façon aléatoire.

Les causes de variation des durées de cycle sont :

- Plate-forme non dégagée.
- Manque d'expérience des conducteurs.
- Presence de hors gabarit.
- Mauvais emplacement des camion

1. Calcul des rendements de la chargeuse CAT 990K pour le stérile

a) Calcul du rendement théorique horaire « Q_{th} »

$$Q_{th} = (3600 * E) / T_{cyc}; m^3/h$$

E : capacité du godet ; E = 8.4 m³

T_{cyc} : la durée d'un cycle de la chargeuse en secondes

b) Calcul du rendement technique horaire « Q_{tec} »

$$Q_{tec} = (3600 * E * K_r) / ((T_{cyc} * K_f)); m^3/h$$

K_c : coefficient des conditions du travail, K_c=1

K_r : coefficient de remplissage du godet, K_r=1

K_f : coefficient de foisonnement ; k_f=1.4

c) Calcul du rendement d'exploitation horaire « Q_{exp} »

$$Q_{exp} = (3600 * E * Kr * Ku) / ((T_{cyc} * Kf)); m^3/h$$

K_u : coefficient de d'utilisation de la chargeuse pendant un poste; $K_u = 0,8$

d) Calcul de rendement d'exploitation par poste « $Q_{exp/p}$ »

$$Q_{exp/p} = (3600 * E * Kr * Ku * \gamma) / ((T_{cyc} * Kf)) m^3/h$$

T_p : durée d'un poste de travail de la chargeuse, $T_p = 8$ h

γ : Masse volumique du minerai $\gamma = 2.5$ t/m³

e) Calcul du rendement d'exploitation par jour « $Q_{exp/j}$ »

$$Q_{exp/j} = Q_{exp/p} * N_p ; t/j$$

N_p : nombre de postes de travail de la chargeuse par jour

f) Calcul du rendement d'exploitation par ans « $Q_{exp/an}$ »

$$Q_{exp/an} = Q_{exp/j} * N_j ; t/an$$

N_j : nombre de jours ouvrables de la pelle : 255

Tableau IV.11. Les résultats des rendements de la chargeuse CAT 990K pour le stérile.

T_{cyc} (sec)	Q_{th} (m ³ /h)	Q_{tec} (m ³ /h)	Q_{exp} (m ³ /h)	$Q_{exp/p}$ (t/p)	$Q_{exp/j}$ (t/j)	$Q_{exp/an}$ (t/an)
50	604.80	432.00	345.60	6912.00	13824.00	3525120.00
54	560.00	400.00	320.00	6400.00	12800.00	3264000.00
51	592.94	423.52	338.81	6776.32	13552.64	3455923.20
52	581.53	415.37	332.29	6645.92	13291.84	3389419.20
50	604.80	432.00	345.60	6912.00	13824.00	3525120.00
55	549.81	392.72	314.17	6283.52	12567.04	3204595.20
51	592.94	423.52	338.81	6776.32	13552.64	3455923.20

48	630.00	450.00	360.00	7200.00	14400.00	3672000.00
53	570.56	407.54	326.02	6520.64	13041.28	3325526.40
54	560.00	400.00	320.00	6400.00	12800.00	3264000.00
moy	51.8	583.78	416.98	333.58	6671.81	13343.62
						3402623.10

g) Calcul de nombre de chargeuse nécessaire <<Nch>>

Le nombre de chargeuses nécessaires pour réaliser le chargement des roches abattues est déterminé par la formule suivante :

$$N_{ch} = (P_{an} * K_{rés}) / (Q_{exp}/an) ;$$

- **Pour le stérile**

P_{an} : production annuelle de la mine en stérile $P_{an} = 4000000$ t/an

$K_{rés}$: coefficient de réserve ; $K_{rés} = 1,10 \div 1,2$, on prend $K_{rés} = 1.2$

Donc :

$$N_{ch} = \frac{4000000 * 1.2}{3402623.10}$$

$N_{ch} = 1.41 \approx 2$ chargeuse

- **Remarque**

On observe que l'utilisation de la chargeuse **CAT 990K** peut assurer une production petite que celle demandée par l'entreprise ($P_d = 3402623.10$ t/an)

La deuxième chargeuse **CAT 988B** est en état de réserve pendant la période de stage et pour cela nous ne pouvons pas prendre des mesures pour estimer le taux de perte de temps dans chaque cycle de travail de cette dernière et par conséquent calculer l'influence de cette perte sur la productivité de l'engin ainsi que la productivité générale du chantier.

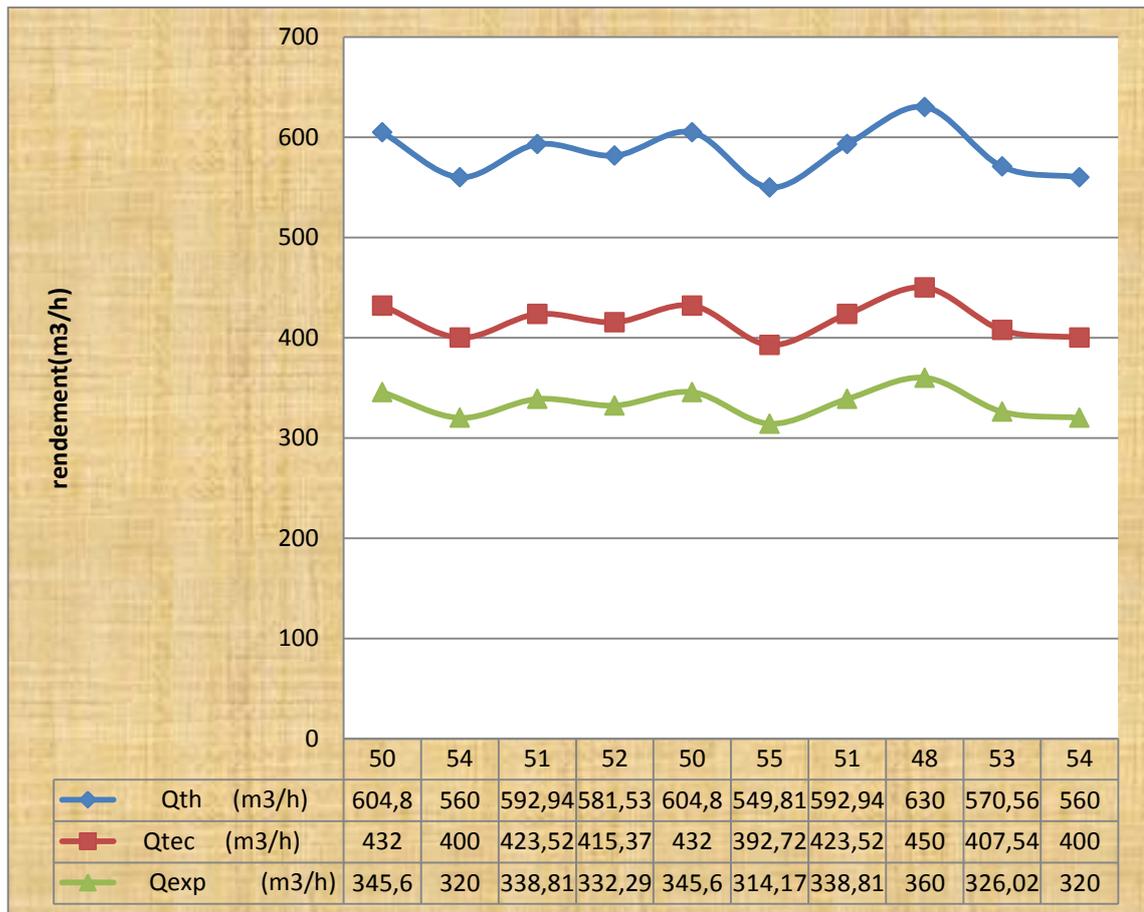


Figure IV.9. La Dépendance des productivités $Q_{thé}$, Q_{tec} , et Q_{exp} en fonction du temps de cycle.

Les courbes de dépendance $Q_{théo} = f(T_c)$, $Q_{tech} = f(T_c)$, et $Q_{exp} = f(T_c)$ tracées nous permet de conclure :

La productivité des chargeuses dépend en premier lieu de leurs capacités et la force de pénétration du godet, et la durée du cycle parce que ces derniers déterminent le rendement de la chargeuse.

On observe que le rendement théorique présenté par la courbe Blue est plus élevé que les autres rendements à cause des données de construction, ensuite, le rendement technique présenter par la courbe rouge avec un moyen rendement qui dépend des propriétés de la roche k_r et k_f . Enfin le plus faibles des rendements qui est le rendement exploitables présenter par la courbe verte à cause de l'habilité et les conditions d'utilisation k_u .

Dans les trois courbes on remarque que la variation de la productivité en fonction de la durée de cycle donne des variations importantes dans la productivités théorique, technique et exploitation.

Si l'on prend une variation de 2s du temps de cycle provoque plus de 20 m³ de charge par heure, ce qui influe directement sur la productivité annuelle demandé par l'entreprise.

IV.9 Calcul du procédé de transport dans la mine de Boukhadra

Le mode de transport choisis et utilisé dans la mine de Boukhadra est le transport par camions.

Les camions utilisés sont de marque **CATERPILLAR**, ils alimentent la station de concassage et ils sont utilisés pour la mise à terril de stérile.

Ces camions ont été choisis en fonction de la productivité de la carrière, des caractéristiques des charges à transporter, du type des engins de chargement et de la distance de transport.

La mine de Boukhadra possède sept camions (six camions **CAT 775G** et un camion **CAT 775F**)

Durant notre période de stage, nous avons eu l'occasion de voir quatre camions type **CAT 775 G** tandis que trois autres engins ne sont pas en état de service.

IV.9.1 Les différentes caractéristiques techniques des camions

Les caractéristiques techniques de chaque type de camion sont récapitulées dans les tableaux suivants :

Tableau IV.12. Caractéristiques techniques du camion **CAT 775F**. [11]

N°	Caractéristique technique	Symbole	Valeur	Unité
1	CATERPILLAR755F	*	*	*
2	Puissance de volant moteur : Nette (SAE)	N	798 552	Ch. Kw
3	Capacité de la benne	V _b	41.9	m ³
4	Charge utile nominal	V _{ut}	63.5	t
5	Vitesse de traction	V _{tr}	61.3	Km/m
6	Rayon de braquage maximal	R _b	23.5	m
7	Largeur hors tout	I _h	5.39	m
8	Hauteur de hors tout	H _t	9.22	m
9	Hauteur de chargement	H _{ch}	3.94	m
10	Longueur du camion	L _h	10.33	m
11	Poids du camion à vide	P _c	45620	Kg



Figure IV.10. Camion CATERPILLAR 775F, mine de Boukhadra

Tableau IV.13. Caractéristiques techniques du camion **CAT 775G**. [11]

N°	Caractéristique technique	Symbole	Valeur	Unité
1	CATERPILLAR755G	*	*	*
2	Puissance de volant moteur : Nette (SAE)	N	780 581	Ch. Kw
3	Capacité de la benne	V_b	42.2	m^3
4	Charge utile nominal	V_{ut}	63.67	t
5	Vitesse de traction	V_{tr}	66.9	Km/m
6	Rayon de braquage maximal	R_b	26.1	m
7	Largeur	I_h	4.41	m
8	Hauteur	H_t	4.45	m
9	Longueur du camion	L_h	10.15	m
10	Poids du camion à vide	P_c	50200	Kg



Figure IV.11. Camion CAT 775G, mine de Boukhadra

IV.9.2 L'influence de variation du temps de cycle sur la productivité du camion

✓ Durée de cycle du camion (T_{cam})

$$T_{cam} = T_{char} + T_{tra} + T_{man} + T_{chan} + T_{vid}; \text{ min} \quad (IV.8)$$

T_{char} : temps de chargement du camion, (min)

T_{tra} : temps du trajet parcouru par le camion allée + retour, (min)

T_{man} : temps de manœuvre du camion, (min)

T_{chan} : temps de changement d'un camion lors du chargement ou du déchargement, (min)

T_{vid} : temps du vidage de la benne du camion lors du déchargement, (min)

IV.9.2.1 Premier opération pour le minerai

Le temps de cycle des camions CAT 775G était chronométré durant la période de stage :

Durant cette période les camions travaillent dans le niveau 902 m, elle travaille dans l'exploitation propremendite (minerai) dans une distance 1000 m vers le concasseur et sur vitesse 23 km/h en charge et 27 km/h a vide .

Tableau IV.14. Chronométrage de la durée de cycle du transport par camion CAT 775G

N°	T _{cha} (min)	T _{tr} aller (min)	T _{att} (min)	T _{man} (min)	T _{dech} (min)	T _{tr} retour (min)	T _{att} (min)	T _{man} (min)	T _{cy} (min)
1	2.50	3.33	0	0,46	0.91	3.20	0	0,33	10.73
2	2.40	3.25	0	0,35	1.00	2.84	0	0,36	10.20
3	2.57	3.63	0	0,40	1.06	2.98	0	0,43	11.07
4	2.48	3.67	0	0,26	0.95	2.89	0	0,41	10.66
5	2.54	3.51	0	0,35	1.11	2.92	0	0,35	10.78
6	2.52	3.56	0	0,38	0.96	2.86	0	0,51	10.79
7	2.75	3.85	0	0,53	1.21	3.10	0	0,43	11.87
8	2.50	3.75	0	0,33	1.006	2.83	0	0,39	10.80
9	2.90	3.15	0	0,50	0.95	3.05	0	0,41	10.96
10	2.62	3.29	0	0,26	1.08	2.80	0	0,43	10.48
Moy	2.57	3.49	0	0.40	1.05	2.94	0	0.40	10.85

1. Calcul des paramètres du transport par camion CAT de type 775G

a) Nombre de godet dans la benne du camion

➤ Selon le volume géométrique de la benne

$$N_g = V_b / E, \text{ godets} \quad (\text{IV.9})$$

Où :

V_b : volume géométrique de la benne, $V_b = 42.2 \text{ m}^3$ (voir tableau)

E : volume géométriques du godet de la pelle, $E = 6.4 \text{ m}^3$ (voir tableau)

$$N_g = \frac{42.2}{6.4} = 6 \text{ godets}$$

➤ Selon la capacité de charge de la benne

$$N_g = (V_{ut} * K_f) / (E * K_r(g) * \gamma), \text{ godets} \quad (\text{IV.10})$$

V_{ut} : Charge utile maximale de la benne de camion, en tonnes

$V_{ut} = 63.67 \text{ t}$ (voir tableau)

K_f : coefficient de foisonnement, $K_f = 1.4$

E : capacité de godet, $E = 6.4 \text{ m}^3$

K_r : coefficient de remplissage du godet, $K_r = 1$

γ : masse volumique de fer, $\gamma = 2.7 \text{ t/m}^3$

$$N_g = \frac{63.67 * 1.4}{6.4 * 1 * 2.7} = 5 \text{ godets}$$

De ces deux nombre de godets (n_g), on choisira le plus petit et l'on arrondit par défaut. Finalement on à : $n_g=5$ godets

Pour le calcul postérieur, on prendra $n_g=5$ godets

b) Calcul de la capacité réelle de la benne du camion

La capacité réelle de la benne du camion P_c est donné par :

$$P_c = (n_g * E * K_r * \gamma) / K_f ; \text{ tonnes} \quad (\text{IV.11})$$

$$P_c = \frac{5 * 6.4 * 1 * 2.7}{1.4} = 61.71 ; \text{ tonnes.}$$

La valeur de la charge utile maximale de la benne du camion est : $V_{ut}=61.71$ t

La valeur de la capacité réelle de la benne de camion calculée est égale à $P_c=61.71$ t.

On déduit que le choix du camion **CAT 755G** est correct

$$P_c \leq V_{ut} \quad ; \quad 61.71 \text{ t} \leq 63.67 \text{ t}$$

c) Calcul du rendement de camion par poste

Le volume du camion est donné par la formule suivante :

$$R_c = n_c * E ; \text{ m}^3/\text{p} \quad (\text{IV.12})$$

E : capacité de la benne du camion ; $E=42.2\text{m}^3$ (voir tableau)

n_c : nombre de cycle de camion par poste, (cycles/poste)

Le nombre de cycle d'un camion se détermine par la formule suivante :

$$n_c = (T_p * K_u) / T_{cam} \quad (\text{IV.13})$$

T_p : duré d'un poste de travail $8\text{h}=480\text{min}$

K_u : coefficient d'utilisation $K_u=0.8$

T_{cam} : temps de cycle d'un camion.

d) Calcul du rendement postier total des camions

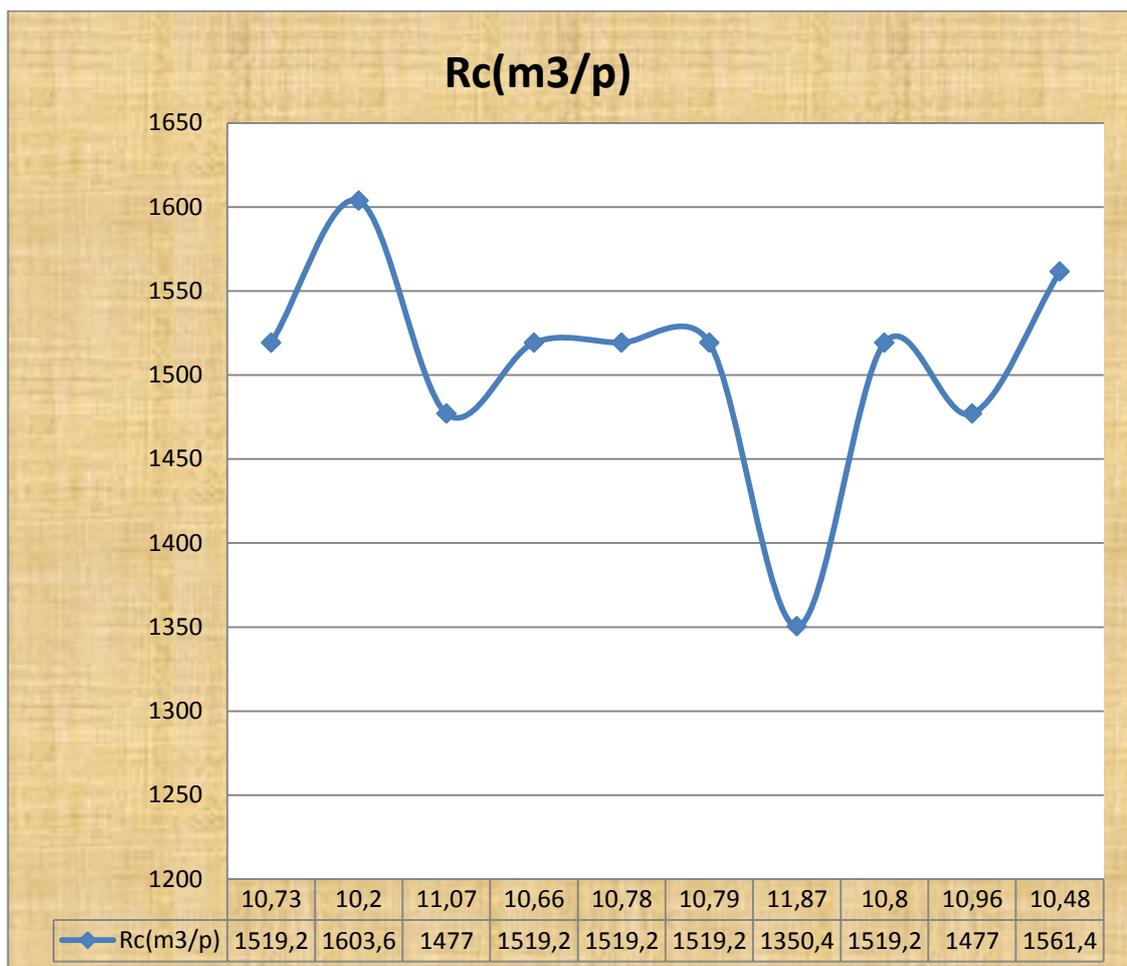
Le rendement total d'exploitation est calculé suivant le nombre des camions existant dans la mine :

$$R_{exp - tot} = K * R_c ; \text{ m}^3/\text{p} \quad (\text{IV.14})$$

Où: K : nombre de camion on service ; $N_{camion}= 2$ camions.

Tableau IV.15. Les résultats des rendements de camion (mineral).

T_{cyc}	n_c (cycle/poste)	$R_c(m^3/p)$	$R_{exp-tot} (m^3/p)$
10.73	36	1519.20	3038.40
10.20	38	1603.60	3207.20
11.07	35	1477.00	2954.00
10.66	36	1519.20	3038.40
10.78	36	1519.20	3038.40
10.79	36	1519.20	3038.40
11.87	32	1350.40	2700.80
10.80	36	1519.20	3038.40
10.96	35	1477.00	2954.00
10.48	37	1561.40	3122.80
moyenne	10.85	35	1477.00

**Figure IV.12.** Le rendement de camion en fonction du temps de cycle (mineral).

✓ **Remarque**

- Mauvaise gestion et organisation de travail.
- Le manque de sérieux de travail des conducteurs.
- Les pistes de roulage ne convient pas avec les camions.

e) Calcul de nombre de camion nécessaires

Le nombre des camions nécessaires pour la mine de boukhadra (ciel ouvert) est déterminé par la formule suivante :

- pour le minerai:

$$N_c = (P_p * T_{cam} * k_{irr}) / (60 * P_c * T_p * k_u) ; \text{ camion} \quad (IV.15)$$

Ou :

P_p : production de la mine par post ; sachant qu'on a 255 jours ouvrables et 2 poste par jour.

$$P_p = \frac{600000}{255 * 2} = 1176.46 \text{ t/p}$$

T_{cam} : dure d'un cycle d'un camion (calculée), $t_c = 10.85 \text{ min}$

K_{irr} : coefficient tenant compte des irrégularités du trafic des camions,

$K_{irr} = 1,1 \div 1,2$, dans notre cas on prend $K_{irr} = 1,1$

P_c : capacité réelle de la benne du camion, $P_c = 61.71 \text{ t}$

T_p : durée d'un poste de travail, $T_p = 8 \text{ h}$

K_u : coefficient d'utilisation d'un poste de travail du camion, $K_u = 0.8$

$$N_c = \frac{1176.46 * 10.85 * 1.1}{60 * 61.71 * 8 * 0.7} = 0.59 \approx 1 \text{ camions}$$

IV.9.2.2 Deuxième opération pour le stérile

Le temps de cycle des camions CAT 775G était chronométré durant la période de stage :

Durant cette période les camions travaillent dans le niveau 962 m, elle travaille dans l'exploitation proprement dite (stérile) dans une distance 1500 m vers mise a terril et sur vitesse 23 km/h en charge et 27 km/h a vide .

Tableau IV.16. Chronométrage de la durée de cycle du transport par camion CAT 775G

N°	T _{cha} (min)	T _{tr} aller (min)	T _{att} (min)	T _{man} (min)	T _{dech} (min)	T _{tr} retour (min)	T _{att} (min)	T _{ma} n (min)	T _{cy} (min)
1	2.42	5.55	0	0,33	1.02	5.06	0	0,31	14.72
2	2.55	6.15	0	0,35	1.15	5.18	0	0,39	15.77
3	2.51	5.76	0	0,42	0.97	5.33	0	0,41	15.40
4	2.68	5.87	0	0,29	0.95	5.27	0	0,39	15.45
5	2.88	6.11	0	0,40	1.09	5.21	0	0,43	16.12
6	2.42	6.02	0	0,39	0.93	5.35	0	0,49	15.60
7	2.76	5.96	0	0,51	1.17	5.09	0	0,51	16.00
8	2.46	5.67	0	0,42	1.08	5.17	0	0,36	15.16
9	2.78	6.26	0	0,45	0.99	5.22	0	0,43	16.13
10	2.62	6.08	0	0,28	1.15	5.24	0	0,47	15.84
Moy	2.60	5.94	0	0.38	1.05	5.21	0	0.41	15.61

1. Calcul des paramètres du transport par camion CATERBILLAR de type 775G

a) Nombre de godet dans la benne du camion

➤ Selon le volume géométrique de la benne

$$N_g = V_b / E, \text{ godets}$$

V_b : volume géométrique de la benne, $V_b = 42.2 \text{ m}^3$ (voir tableau)

E : volume géométriques du godet de la chargeuse, $E = 8.4 \text{ m}^3$ (voir tableau)

$$N_g = \frac{42.2}{8.4} = 5 \text{ godets}$$

➤ Selon la capacité de charge de la benne

$$N_g = (V_u * K_f) / (E * K_r(g) * y), \text{ godets}$$

Où:

V_u : Charge utile maximale de la benne de camion, en tonnes

$V_{ut}=63.67$ t (voir tableau)

K_F : coefficient de foisonnement, $K_f=1.4$

E : capacité de godet, $E=8.4$ m³

K_r : coefficient de remplissage du godet, $K_r = 1$

γ : masse volumique de fer, $\gamma = 2.5$ t/m³

$$N_g = \frac{63.67 * 1.4}{8.4 * 1 * 2.5} = 4 \text{ godets}$$

De ces deux nombre de godets (n_g), on choisira le plus petit et l'on arrondit par défaut.

Finalement on à : $n_g = 4$ godets, Pour le calcul postérieur, on prendra $n_g = 4$ godets

b) Calcul de la capacité réelle de la benne du camion

La capacité réelle de la benne du camion P_c est donné par :

$$P_c = (n_g * E * K_r * \gamma) / K_f ; \text{ tonnes}$$

$$P_c = \frac{4 * 8.4 * 1 * 2.5}{1.4} = 60 ; \text{ tonnes.}$$

La valeur de la charge utile maximale de la benne du camion est : $V_{ut}=60$ t

La valeur de la capacité réelle de la benne de camion calculée est égale à $P_c=60$ t.

On déduit que le choix du camion **CAT 755G** est correct $P_c \leq V_{ut} 60$ t

c) Calcul du rendement de camion par poste

Le volume du camion est donné par la formule suivante :

$$R_c = n_c * E ; \text{ m}^3/\text{p}$$

E : capacité de la benne du camion ; $E=42.2$ m³ (voir tableau)

n_c : nombre de cycle de camion par poste, (cycles/poste)

Le nombre de cycle d'un camion se détermine par la formule suivante :

$$n_c = (T_p * K_u) / T_{cam}$$

T_p : duré d'un poste de travail $8h=480$ min

K_u : coefficient d'utilisation $K_u=0.8$

T_{cy} : temps de cycle d'un camion

d) Calcul du rendement postier total des camions

Le rendement total d'exploitation est calculé suivant le nombre des camions existant dans la mine :

$$R_{exp - tot} = K * R_c ; \text{ m}^3/\text{p}$$

K : nombre de camion on service ; $N_{camion}=2$ camions.

Tableau IV.17. Les résultats des rendements de camion (stérile).

T_{cyc}	n_c (cycle/poste)	$R_c(m^3/p)$	$R_{exp-tot} (m^3/p)$
14.72	26	1097.20	2194.40
15.77	24	1012.80	2025.60
15.40	25	1055.00	2110.00
15.45	25	1055.00	2110.00
16.12	24	1012.80	2025.60
15.60	25	1055.00	2110.00
16.00	24	1012.80	2025.60
15.16	25	1055.00	2110.00
16.13	24	1012.80	2025.60
15.84	24	1012.80	2025.60
moyenne	15.61	25	1055.00

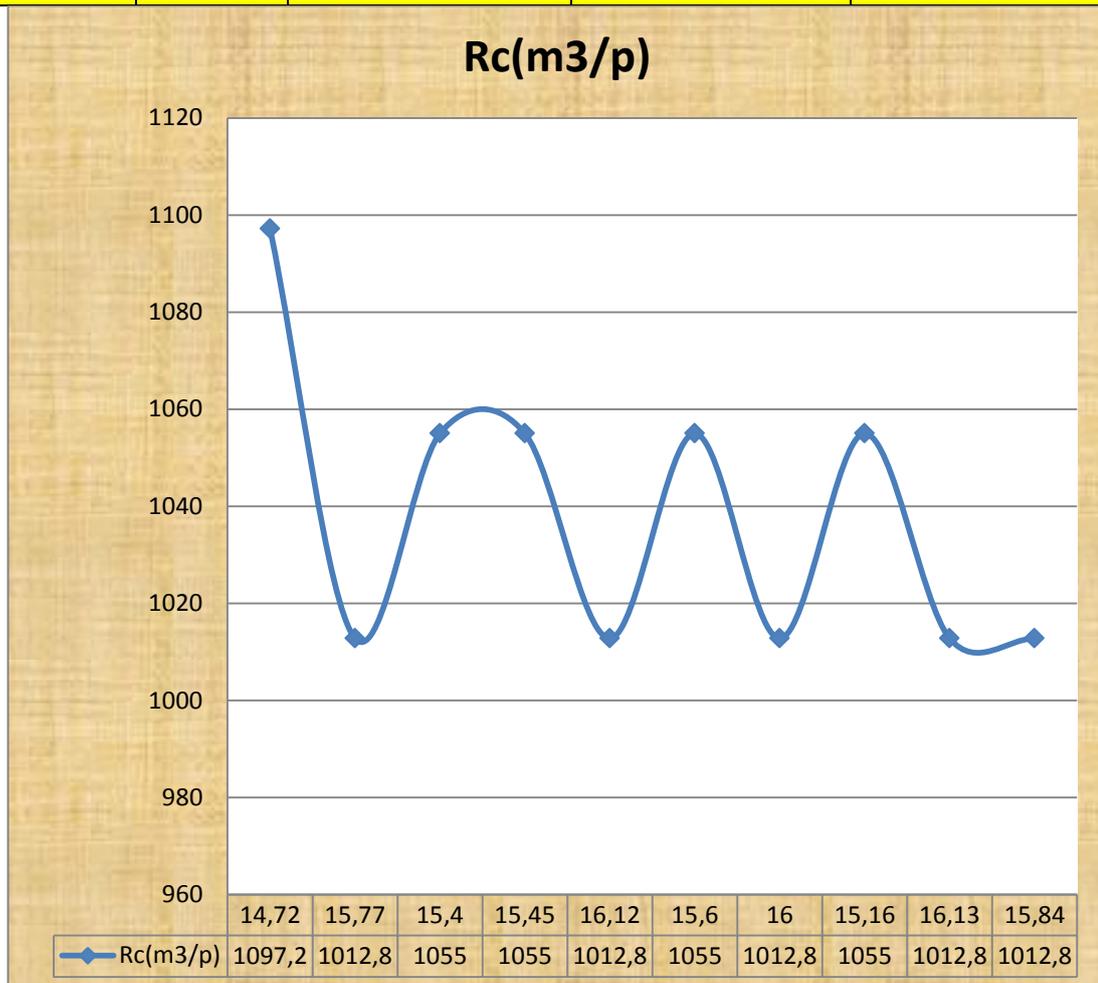


Figure IV.13. Le rendement de camion en fonction du temps de cycle (stérile).

Remarque

- Mauvaise gestion et organisation de travail.
- Le manque de sérieux de travail des conducteurs.
- Les pistes de roulage ne convient pas avec les camions.
- Distance plus grands entre le front et le mise à terrils.

e) Calcul de nombre de camion nécessaires

Le nombre des camions nécessaires pour la mine de boukhadra (ciel ouvert) est déterminé par la formule suivante :

- pour le sterile

$$N_c = (P_p * T_{cam} * k_{irr}) / (60 * P_c * T_p * k_u), \text{ camion}$$

Ou :

P_p : production de la mine par post ; sachant qu'on a 255 jours ouvrables et 2 poste par jour.

$$P_p = \frac{4000000}{255 * 2} = 7843.13 \text{ t/p}$$

T_{cam} : dure d'un cycle d'un camion (calculée), $t_c = 15.61 \text{ min}$

K_{irr} : coefficient tenant compte des irrégularités du trafic des camions,

$K_{irr} = 1,1 \div 1,2$, dans notre cas on prend $K_{irr} = 1,1$

P_c : capacité réelle de la benne du camion, $P_c = 60 \text{ t}$

T_p : durée d'un poste de travail, $T_p = 8 \text{ h}$

K_u : coefficient d'utilisation d'un poste de travail du camion, $K_u = 0.8$

$$N_c = \frac{7843.13 * 15.61 * 1.1}{60 * 60 * 8 * 0.7} = 5.85 \approx 6 \text{ camions}$$

❖ Résultats des travaux de chargement et transport pour le minerai

Engins	Nombre	Rendement en (t/h)
Pelle liebherr 9100	1	1139.34
Camion CAT 775G	1	498.48

❖ Résultats des travaux de chargement et transport pour le stérile

Engins	Nombre	Rendement en (t/h)
Chargeuse CAT 990k	1	833.97
Camion CAT 775G	1	329.68

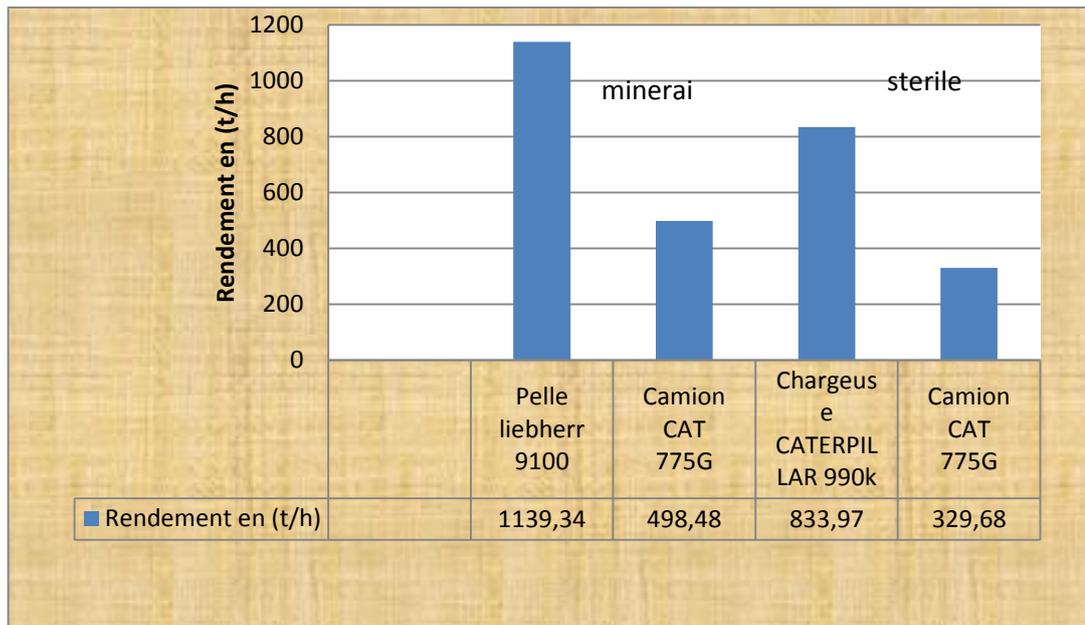


Figure IV.14. Graphe de résultat des travaux de chargement et transport.



Figure IV.15. Les travaux de chargement et transport.

IV.10 Optimisation du rendement par la rationalisation de l'affectation des engins de chantier

La mine de Boukhadra possède deux chargeuses **CAT**, deux pelles hydrauliques **LIEBHERR**, **KOMATSU**, six camions **CAT 775G** et un camion **775F**.

Durant notre période de stage, nous avons eu l'occasion de voir une chargeuse **CAT 990K** et une pelle hydraulique **liebherr** et quatre camion type **CAT 775G**, tandis que autre engins ne sont pas en état de service mais en réserve.

Afin d'optimiser les paramètres de chargement et de transport pour la mine de boukhadra on va proposer deux hypothèse, en se basant sur la minimisation des pertes de temps produit par la méthode de gestion et d'affectation des engins de chantier.

Hypothèse 01

Dans cette hypothèse on suppose qu'on utilise :

Tant que on a deux chantier dans la carrière principal un de minerai et l'autre de stérile avec cinq camion, une pelle et une chargeuse donc il faut distribuer les moyens de chargement et de transport pour les deux chantiers afin de minimisé les pertes de temps de chargement et l'augmentation de rendement général de chantier.

Chantier 01

Une seule pelle et deux camions pour le minerai.

Chantier 02

Une seule chargeuse et trois camions pour le stérile.

Pour établir une meilleure optimisation des paramètres, on élimine les temps mort des engins de chargement et transport.

Minerai

Premièrement, on a le rendement effectif annuel de la pelle qui est de:

$$Rch = 4648509.89 \text{ t/an.}$$

En deuxième lieux, le rendement effectif annuel d'un camion qui est de:

$$Rca = 2033829 \text{ t/an;}$$

Donc pour deux camions :

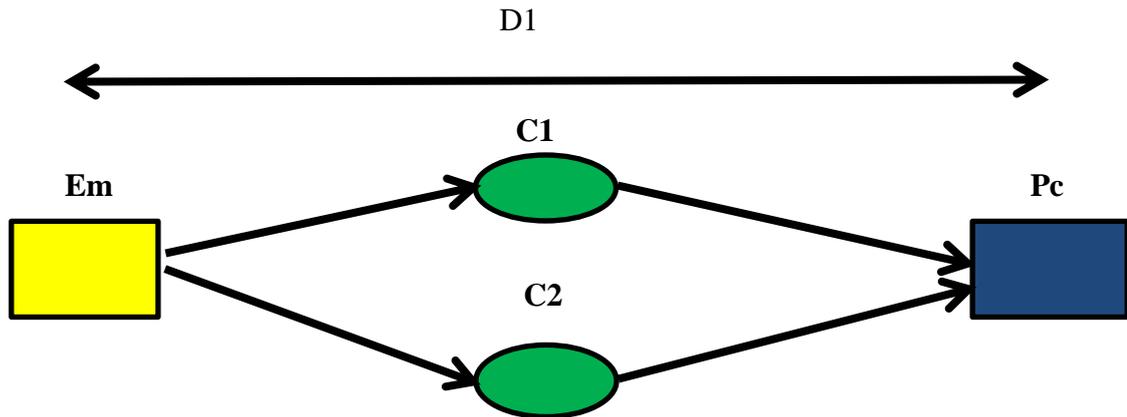
$$Rca = 4067658 \text{ t/an}$$

On constate que l'utilisation de seulement deux camions, n'exploite pas la totalité du rendement de la pelle.

Si on prend en considération le temps de cycle de la pelle, ainsi que celui des camions, on remarque qu'on peut réduire au maximum le temps mort des camions,

résultant de la file d'attente sous l'engin de chargement. Cette combinaison (une seule pelle et deux camions), s'avère très rentable, vu qu'elle élimine les temps morts, qui présente des pertes économiques, et que malgré qu'elle ne met pas en valeur tout le rendement de la pelle, elle présente une augmentation très importante de production (presque un trois million cinq cent mille de tonne).

Schémas ouvert 01 point de chargement 01 point de déchargement (concassage). (2) nombres de camions desservis.



Où:

Em: Une Station de Chargement du Minerais

Pc : Une station de déchargement point de concassage.

C1 ;C2 : Des moyens de transport par camion.

D1 : Distance de transport du point de chargement au point de déchargement (concassage).

Stérile

Premièrement, on a le rendement effectif annuel de la chargeuse qui est de:

$$R_{ch} = 3402623.10 \text{ t/an.}$$

En deuxième lieux, le rendement effectif annuel d'un camion qui est de:

$$R_{ca} = 1345125 \text{ t/an.}$$

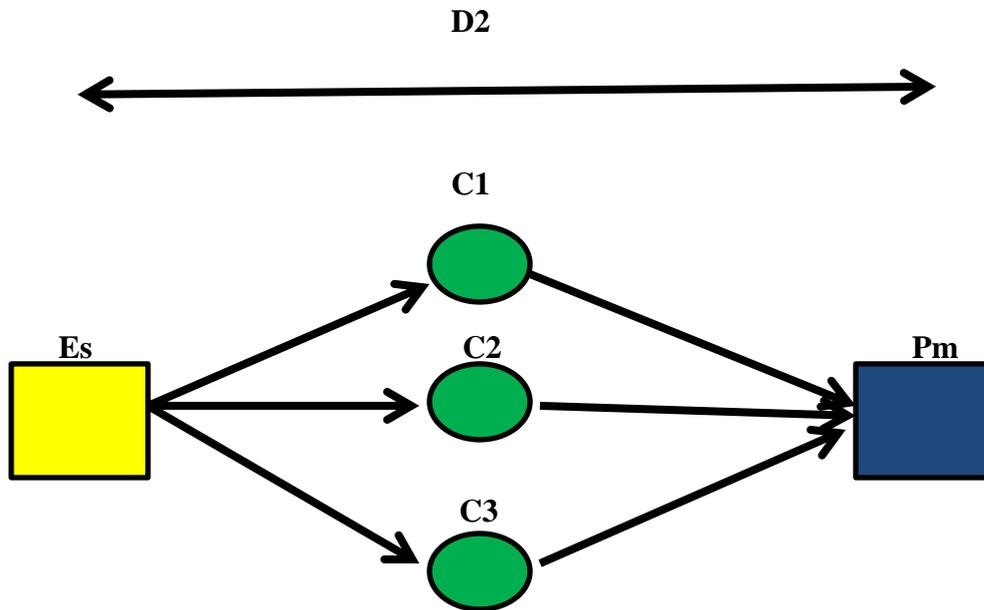
Donc pour trois camions :

$$R_{ca} = 4035375 \text{ t/an}$$

On constate que l'utilisation de trois camions avec une seule chargeuse, permet d'exploiter à 100% le rendement de la chargeuse. Mais en revanche, avec une seule chargeuse en service, on aura un problème considérable des temps morts, ce qui va créer des pertes économiques en premier lieu (carburant...etc.), et qui va empêcher la bonne exploitation des camions. Cette combinaison, bien qu'elle exploite parfaitement le rendement de la chargeuse, mais le rendement effectif annuel de la

chargeuse n'atteint pas l'exigence de l'entreprise qui est quatre million t/an de stérile.

Schémas ouvert 01 point de chargement 01 point de déchargement (mise à terril). (3) nombres de camions desservis.



Es : Une Station de Chargement du stérile.

Pm : Une station de déchargement point de mise a terril.

Hypothèse 02

Dans cette hypothèse on suppose qu'on utilise :

Tant que on a deux chantier dans la carrière principal un de minerai et l'autre de stérile avec cinq camion, une pelle et une chargeuse donc il faut distribuer les moyens de chargement et de transport pour les deux chantiers afin de minimisé les pertes de temps de chargement et l'augmentation de rendement général de chantier.

Chantier 01

Une seule pelle et trois camions pour le minerai

Chantier 02

Une chargeuse et deux camion pour le stérile.

Minerai

Premièrement, on a le rendement effectif annuel de la pelle qui est de:

$$R_{ch} = 4648509.89 \text{ t/an.}$$

En deuxième lieux, le rendement effectif annuel d'un camion qui est de:

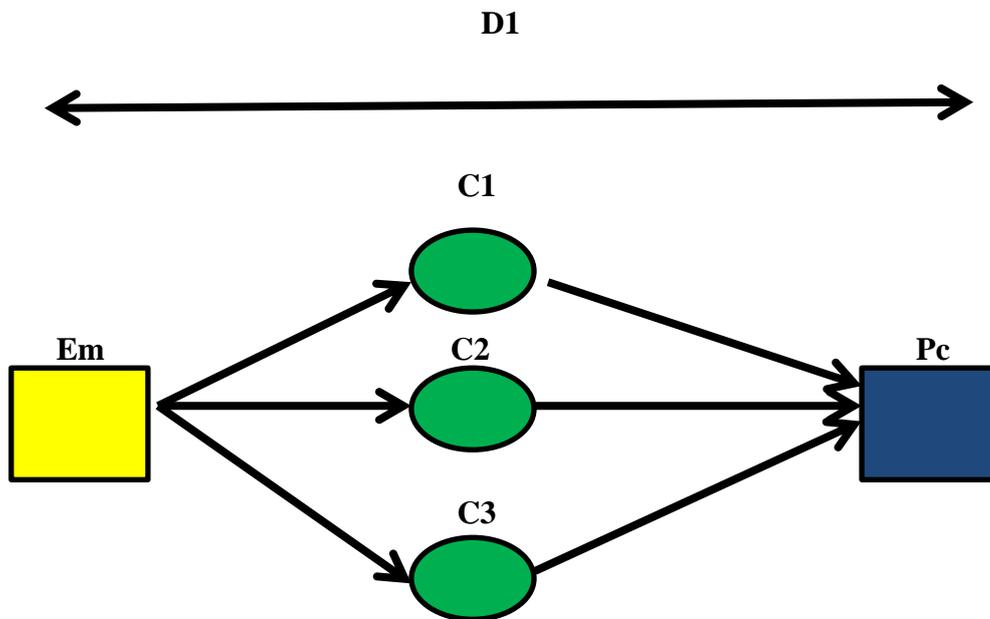
$$Rca = 2033829 \text{ t/an};$$

Donc pour trois camions :

$$Rca = 6101487 \text{ t/an}$$

On constate que l'utilisation de trois camions avec une seule pelle, permet d'exploiter à 100% le rendement de la pelle. Mais en revanche, avec une seule pelle en service, on aura un problème considérable des temps morts plus grand que le premier cas, ce qui va créer des pertes économiques en premier lieu (carburant...etc.), et qui va empêcher la bonne exploitation des camions. Cette combinaison, bien qu'elle exploite parfaitement le rendement de la pelle, mais l'ajout de camion a augmenter de plus la production de la carrière, elle entraîne des pertes économiques énorme.

Schémas ouvert 01 point de chargement 01 point de déchargement (concassage). (3) nombres de camions desservis.



Stérile

Premièrement, on a le rendement effectif annuel de la chargeuse qui est de:

$$Rch = 3402623.10 \text{ t/an.}$$

En deuxième lieux, le rendement effectif annuel d'un camion qui est de:

$$Rca = 1345125 \text{ t/an.}$$

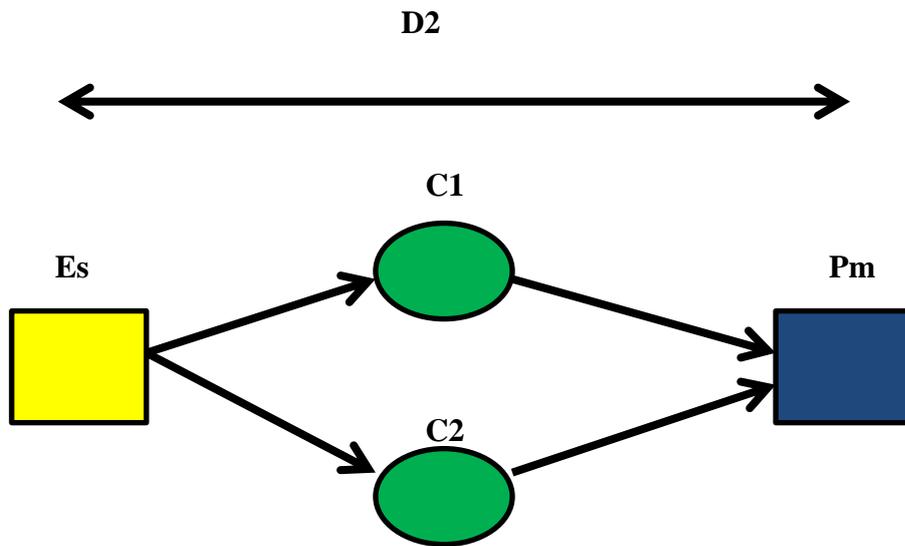
Donc pour deux camions :

$$Rca = 2690250 \text{ t/an}$$

On constate que l'utilisation de seulement deux camions, n'exploite pas la totalité du rendement de la chargeuse.

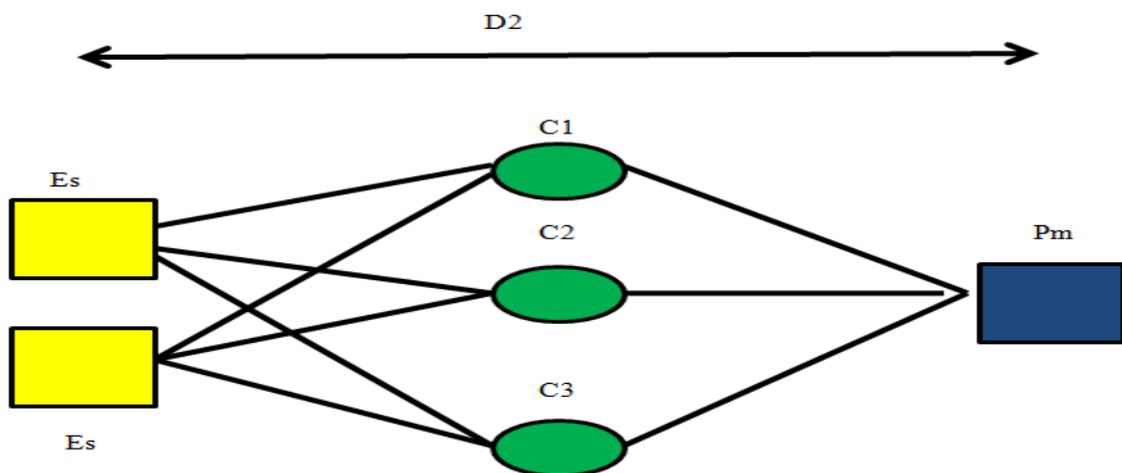
Si on prend en considération le temps de cycle de la chargeuse, ainsi que celui des camions, on remarque qu'on peut réduire au maximum le temps mort des camions, résultant de la file d'attente sous l'engin de chargement par l'ajout d'un camion. Cette combinaison (une seule chargeuse et deux camions), n'est pas rentable, qui présente des pertes économiques de côté des camions, et que malgré qu'elle ne met pas en valeur tout le rendement de la chargeuse, elle présente le manque de production (presque un million trois cent mille t/an).

Schémas ouvert 01 point de chargement 01 point de déchargement (mise a terril). (2) nombres de camions desservis.



- On prend la première hypothèse :
Concernant le deuxième chantier la rationalisation de l'affectation des engins de chargement et de transport est la solution pour atteindre le rendement général de stérile demandé.

Schéma complexe deux points de chargement -----un point de déchargement



IV.11 Conclusion

On conclue que entre les deux hypothèses proposé, en prend la première qui a attient le rendement envisagé de l'entreprise. La première hypothèse concerne deux chantier, le premier a dépassé l'objectif de l'entreprise en production qui est de six cents mille tonnes théoriquement, mais en réalité sur le terrain on a remarqué que l'exploitation du minerai n'est pas à jours avec ce régime, c'est-à-dire, il y a des jours où il y a du minerai, mais parfois il y a pas, à cause de la panne du sondeuse. Concernant le deuxième chantier, l'objectif n'a pas était atteint par l'entreprise, et qui est évalué de quatre million tonnes de stérile théoriquement, à cause du manque d'une chargeuse, parce une seul ne suffit pas a atteint l'objectif de l'entreprise. Alors on ajoute une autre chargeuse, qui a étai laissé en réserve, ceci pour attient le rendement générale de chantier.

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'exploitation des mines et carrières requiert en matière de chargement et de transport divers engins. Différents systèmes de desserte et correspondance entre un engin de chargement et de transport, peuvent être envisagés pour chacun d'entre eux ayant un domaine d'application bien défini, vu leurs incidences économiques.

La mine de Boukhadra, a une production annuelle de six cents mille de minerai et de quatre million de stérile (2021), déploie une flotte d'engin de sept camions, deux chargeuses et deux pelles hydraulique pour assurer la production.

Au sien de la mine, l'opération de chargement se fait à l'aide des chargeuses sur pneus CATERPILLAR qui possède de nombreuses caractéristiques et une pelle hydraulique se traduisent par un niveau de confort de conduite, une facilité d'entretien, et un coût d'achat plutôt modéré.

Dans notre présent travail, nous avons étudié et calculé les paramètres de chargement et de transport de la mine, afin de les optimiser et augmenter ainsi la production annuelle du site.

Les études et les résultats de calcul, nous ont permis de donner une nouvelle solution à un problème pratique et actuel dont souffre le site de Boukhadra; cette nouvelle solution consiste en une adoption d'une nouvelle combinaison chargement-transport pour les deux chantiers, une pelle et deux camion, l'autre deux chargeuses et trois camion, le reste des engins est en réserve.

Les études et les observations accomplies nous permettent de faire les recommandations suivantes :

- Pour une meilleure productivité, il est impératif d'utiliser cinq camions, deux chargeuses et une pelle pour les deux chantiers.
- Améliorer les pistes d'accès en les élargissant, telle que le croisement des camions puisse se faire dans de bonnes conditions de sécurité, évitant ainsi le roulage alterné, qui crée des temps mort plutôt considérable et l'amélioration des plates-formes pour le bon fonctionnement des chargeuses et le stationnement des camions.
- Faire bénéficier les opérateurs des engins de chargement et de transport de stage, afin d'améliorer leurs efficacités;
- Création d'un poste de gestionnaire d'engin, au sein du site afin d'améliorer le processus et le rendre plus fluide.
- Mettre le processus de foration à jour pour augmenter la quantité de produit.

Les annexes

Mines De Fer De L'est
Mine de Boukhadra
Bureau Des Methodes

BILAN D'ACTIVITE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION

MOIS DE JANVIER 2021

TRANSPORT

ENGIN	N°ANA	HEURE											taux		PROD	RENDE		
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHÉ				HEURE RESERVE			%	%	T	T/H
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPLA	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT		
Cam CAT	531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Cam CAT	536	496	1	0	485,5	486,5	9,5	6,5	0	2	8,5	0	1	1	2	89	800	123
Cam CAT	537	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Cam CAT	538	496	22	0	16	38	458	227,5	0	44	271,5	164,5	22	186,5	92	59	34150	150
Cam CAT	539	496	8	0	0	8	488	87	0	16	103	377	8	385	98	21	13800	159
Cam CAT	540	496	22	0	0	22	474	239	0	44	283	169	22	191	96	60	35800	150
Cam CAT	541	496	8,5	0	0	8,5	487,5	84,5	0	17,5	102	377	8,5	385,5	98	21	13700	162
CUMUL DUMPERS		2480	61,5	0	501,5	563	1917	644,5	0	123,5	768	1087,5	61,5	1149	77	40	98250	152

CHARGEMENT:

ENGIN	N°ANA	HEURE											taux		PROD	RENDE		
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHÉ				HEURE RESERVE			%	%	T	T/H
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPLA	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT		
Char CAT (4)	841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Char CAT (6)	862	496	28,5	10	0	38,5	457,5	311,5	0	56	367,5	61,5	28,5	90	92	80	95800	307,54414
Pelle koma	413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
pelle liebherre	414	496	9	0	349	358	138	78	0	16,5	94,5	34,5	9	43,5	28	68	2450	31,410256
CUMUL		992	37,5	10	349	396,5	595,5	389,5	0	72,5	462	96	37,5	133,5	60	78	98250	252

LES ANNEXES

FORATION:																			
ENGINS	N° ANA	HEURE														taux		PROD	RENDE
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHÉ				HEURE RESERVE			%	%	T	T/H	
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPLA	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT			
Sond IR	606	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	
CUMUL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	
CHARIOTS DE FORATION:																			
ENGINS	N° ANA	HEURE														taux		PROD	RENDE
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHÉ				HEURE RESERVE			%	%	T	T/H	
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPLA	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT			
Tamrock	608	336	0	0	336	336	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!		0	#DIV/0!	
FOREUSE	610	336	8	0	248	256	80	53	0	14,5	67,5	4,5	8	12,5	24	84,375	1240	23,396226	

TERRASSEMENT:																			
ENGINS	N° ANA	HEURE														taux			
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHÉ				HEURE RESERVE			%	%			
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPLA	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT			
CAT 824C	826	496	0	0	496	496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	
CAT D9T	713	496	4,5	0	444,5	449	47	34,5	0	8	42,5	0	4,5	4,5	9	90			
CAT D10T2	714	496	1,5	0	463,5	465	31	9,5	0	3	12,5	17	1,5	18,5	6	40			
CAT D10T2	715	496	17	0	135	152	344	162,5	0	34	196,5	130,5	17	147,5	69	57			
NIVELEUSE	863	496	3,5	0	240	243,5	252,5	21	0	7	28	221	3,5	224,5	51	11			
CUMUL		2480	26,5	0	1779	1805,5	674,5	227,5	0	52	279,5	368,5	26,5	395	27	41			

LES ANNEXES

MOIS DE FIVRIER 2021

DUMPERS:

ENGIN	N° ANA	HEURE													taux		PROD	RENDE
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHE				HEURE RESERVE			%	%	T	T/H
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPLA	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT		
Cam CAT	531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Cam CAT	536	448	1,5	0	438,5	440	8	4	0	3	7	0	1	1	2	88	550	138
Cam CAT	537	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Cam CAT	538	448	20,5	1	107	128,5	319,5	215	0	40	255	44	20,5	64,5	71	80	30750	143
Cam CAT	539	448	23,5	0	82	105,5	342,5	232	0	43,5	275,5	44,5	22,5	67	76	80	33150	143
Cam CAT	540	448	26,5	4	0	30,5	417,5	269,5	0	50	319,5	59	39	98	93	77	39500	147
Cam CAT	541	448	4,5	0	360	364,5	83,5	51	0	9	60	19	4,5	23,5	19	72	7200	141
CUMUL DUMPERS		2240	76,5	5	987,5	1069	1171	771,5	0	145,5	917	166,5	87,5	254	52	78	111150	144

LOADERS:

ENGIN	N° ANA	HEURE													taux		PROD	RENDE
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHE				HEURE RESERVE			%	%	T	T/H
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPLA	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT		
Char CAT (4)	841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Char CAT (6)	862	448	27	3	0	30	418	299,5	0	53,5	353	29,5	27,5	57	93	84	101750	339,73289
Pelle koma	413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
pelle liebherre	414	448	15	0	156,5	171,5	276,5	143	0	31	174	88,5	13	101,5	62	63	9400	65,734266
CUMUL		896	42	3	156,5	201,5	695	442,5	0	84,5	527	118	40,5	158,5	78	76	111150	251

LES ANNEXES

DRILLS:

ENGIN	N° ANA	HEURE													taux		PROD	RENDE	
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHE				HEURE RESERVE			%	%	T	TIH	
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPL	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT			
Sond IR	606	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
CUMUL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!

CHARIOTS DE FORATION:

ENGIN	N° ANA	HEURE													taux		PROD	RENDE	
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHE				HEURE RESERVE			%	%	T	TIH	
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPL	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT			
Tamrock	608	320	0	0	320	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!
FOREUSE	610	448	3,5	0	410	413,5	34,5	24,5	0	6,5	31	0	3,5	3,5	8	89,855072	540	22,040816	

DOZERS:

ENGIN	N° ANA	HEURE													taux	
		HEURE	HEURE DE MAINT.				HEURE	HEURE DE MARCHE				HEURE RESERVE			%	%
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIB	H M/P	H M/PINT	H M DEPL	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT
CAT 824C	826	448	0,5	0	445,5	446	2	1	0	0,5	1,5	0	0,5	0,5	0	75
CAT D9T	713	448	2,5	0	402	404,5	43,5	24	0	5	29	3,5	11	14,5	10	67
CAT D10T2	714	448	0	0	448	448	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	
CAT D10T2	715	448	23,5	0	7	30,5	417,5	222,5	0	46,5	269	125	23,5	148,5	93	64
NIVELEUSE	863	448	3,5	0	236	239,5	208,5	14	1,5	5	20,5	184,5	3,5	188	47	10
CUMUL		2240	30	0	1538,5	1568,5	671,5	261,5	1,5	57	320	313	38,5	351,5	30	48

LES ANNEXES

MOIS DE MARS 2021

DUMPERS:

ENGINES	N°ANA	HOURS													taux		PROD	RDT
		HOURS	HRS OF MAINT. (MH)				HRS AVAIL	HRS WORKING (HW)				HRS IDLE (IH)			%	%	T	T/H
			CAL	SPM	NHPM	CMH		TOT	nefh	efhr	nhw	TOT	iih	eih	TOT	AV		
Cam CAT	531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	3100	#DIV/0!
Cam CAT	536	496	7,5	0	368	375,5	120,5	57	0	15	72	12	4,5	16,5	24	60	4550	80
Cam CAT	537	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Cam CAT	538	496	10,5	0	5	15,5	480,5	98	0	21	119	319	10,5	329,5	97	25	15400	157
Cam CAT	539	496	20,5	0	24	44,5	451,5	215,5	0	41	256,5	142,5	20,5	163	91	57	31900	148
Cam CAT	540	496	12,5	0	0	12,5	483,5	123,5	0	25	148,5	290,5	12,5	303	97	31	17600	143
Cam CAT	541	496	13,5	0	211	224,5	271,5	136	0	27	163	63	13,5	76,5	55	60	20050	147
CUMUL DUMPERS		2480	64,5	0	608	672,5	1807,5	630	0	129	759	827	61,5	888,5	73	42	92600	147

LOADERS:

ENGINES	N°ANA	HOURS													taux		PROD	RDT
		HOURS	HRS OF MAINT. (MH)				HRS AVAIL	HRS WORKING (HW)				HRS IDLE (IH)			%	%	T	T/H
			CAL	SPM	NHPM	CMH		TOT	nefh	efhr	nhw	TOT	iih	eih	TOT	AV		
Char CAT (4)	841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Char CAT (6)	862	496	28,5	0	2	30,5	465,5	321	0	57	378	27	28,5	55,5	94	81	90650	282,39875
Pelle koma	413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!
pelle liebherre	414	496	65	0	414,5	479,5	16,5	74,5	0	2	76,5	3	1	4	3	464	1950	26,174497
CUMUL		992	93,5	0	416,5	510	482	395,5	0	59	454,5	30	29,5	59,5	49	94	92600	234

LES ANNEXES

DRILLS:

ENGINES	N° ANA	HOURS													taux		PROD	RDT		
		HOURS	HRS OF MAINT. (MH)				HRS AVAIL	HRS WORKING (HW)				HRS IDLE (IH)			%	%			M	MIH
			CAL	SPM	NHPM	CMH		TOT	nefh	efhr	nhw	TOT	iih	eih	TOT	AV				
Sond IR	606	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	
CUMUL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	

CHARIOTS DE FORATION:

ENGINES	N° ANA	HOURS													taux		PROD	RDT		
		HOURS	HRS OF MAINT. (MH)				HRS AVAIL	HRS WORKING (HW)				HRS IDLE (IH)			%	%			M	MIH
			CAL	SPM	NHPM	CMH		TOT	nefh	efhr	nhw	TOT	iih	eih	TOT	AV				
Tamrock	608	368	0	0	368	368	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!		0	#DIV/0!	
FOREUSE	610	368	8	0	245,5	253,5	114,5	62,5	0	9	71,5	6,5	8	14,5	31	62,445415	1708	27,328		

DOZERS:

ENGINES	N° ANA	HOURS													taux			
		HOURS	HRS OF MAINT. (MH)				HRS AVAIL	HRS WORKING (HW)				HRS IDLE (IH)			%	%		
			CAL	SPM	NHPM	CMH		TOT	nefh	efhr	nhw	TOT	iih	eih	TOT	AV	UT	
CAT 824C	826	496	0	0	496	496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
CAT D9T	713	496	0	0	496	496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
CAT D10T2	714	496	0	0	496	496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
CAT D10T2	715	496	19,5	0	81	100,5	395,5	172,5	0	41,5	214	114	19,5	133,5	80	54		
NIVELEUSE	863	496	0	0	496	496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	
CUMUL		2480	19,5	0	2065	2084,5	395,5	172,5	0	41,5	214	114	19,5	133,5	16	54		

Références Bibliographiques

- [1] : Ecole des mines de DOUAI formation TIM **le forage des roches**. Ceficem .2010.
- [2] : Centre National des Etudes et de Formation de l'Industries des Carrières et des Matériaux de construction (CEFICEM), « CHARGER - TRANSPORTER (Première partie) ».
- [3] : Société de l'Industrie Minérale (SIM), « Memento des mines et carrières», 1998.
- [4] : MUDIANGA Kamulete Cours d'exploitation des mines à ciel ouvert, Université de Lubumbashi.
- [5] : UNIVERSITE DE LUBUMBASHI FACULTE POLYTECHNIQUE DEPARTEMENT DES MINES, COURS D'EXPLOITATION DES MINES À CIEL OUVERT PAR : Pr . Dr. Ir. KAMULETE MUDIANGA NSENSO PIERR
- [6] : Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. (2006). Open Pit Mine Planning & Design. London: Taylor & Francis plc.
- [7] : Tatiya, R. R. (2005). Surface and Underground Excavations : Methods, Techniques and Equipement. LEIDEN / LONDON / NEWYORK / PHILADELPHIA / SINGAPORE: Taylor & Francis Group, LLC.
- [8] : Yano, Y. I. (2018, Septembre). Gestion De Rendement Des équipements Miniers. International Journal of Research, 855-868. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/336253067_GESTION_DE_RENDEMENT_DES_EQUIPEMENTS_MINIERS
- [9]: Caterpillar Performance Handbook (48 ed.). (June 2018). Peoria, Illinois, United States of America: Caterpillar.
- [10] : Documentation de la société minière de Boukhadra ;
- [11] : Fiches techniques des camions Caterpillar et chargeuse, pelle au niveau de la mine de Boukhadra ;
- [12] : DUBOURDIEU,G.(1951) :Carte géologique de l'Algérie au 1/50000 N° 151 (Boukhadra).Service de la carte géologique de l'Algérie.
- [13] : **V. KOVALENKO**. Exploitation des carrières ; OPU, 1986 ;

[14] : **FREDJ Mohamed.** Etude du régime de forage dans les conditions de la carrière de calcaire (Chouf-Amar M'SILA). Mémoire Magister en Mines. Génie Minier. Annaba.2012.