



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique Et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة  
Université Echahid Cheikh Laarbi Tebessi - Tébessa  
معهد المناجم  
Institut des Mines  
قسم المناجم والجيوتكنولوجيا  
Département des mines et de la geotechnologie



## MEMOIRE

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

Filière : Génie minière

Option : Exploitation des mines

**Contribution à l'analyse de la méthode  
d'exploitation du phosphate de la mine de Bir El  
Ater dans un contexte environnemental**

Par

GARNE EL KABCHE Samia et HALAIMIA Ouafa

Devant le jury :

Mr.DERBAL Chemsedine	MAA	Président	Université Laarbi Tebessi - Tébessa
Dr. MERAH Chafia	MCB	Encadrant	Université Laarbi Tebessi - Tébessa
Mem.BOUTERFIF Leila	MCB	Examineur	Université Laarbi Tebessi - Tébessa

Promotion 2022-2023



Année universitaire : 2022-2023

Tébessa le :09/06/2023

### Lettre de soutenabilité

Noms et prénoms des étudiants :

1- Garen el kabech Samia

2 -Halaimia Ouafa

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

Thème : Contribution à l'analyse de la méthode d'exploitation du phosphate de la mine de Bir El Ater dans un contexte environnemental

Nom et prénom de l'encadreur : Dr Merah Chafia

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre I - Généralités sur les phosphates et géologie régionale et locale de Kef Essnoute	
Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnoute	
Chapitre III- Analyse des paramètres de la méthode d'exploitation de Kef Essnoute côté (N.O)	
Chapitre IV- Aspect environnemental	



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة الشهيد الشيخ التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة العربي التبسي- تبسة



مقرر رقم: مؤرخ في: 2023/05/30

يتضمن الترخيص بمناقشة مذكرة الماستر

إن مدير جامعة العربي التبسي بتبسة،  
- بموجب القرار الوزاري رقم 318 و المؤرخ في 05 ماي 2021 المتضمن تعيين السيد "قواسمية عبد الكريم" مديرا لجامعة العربي التبسي - تبسة،  
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم: 12-363 مؤرخ في 8 أكتوبر 2012، يعدل و يتم المرسوم التنفيذي رقم 09 - 08 المؤرخ في: 04 جانفي 2009 و المتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي بتبسة،  
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 08-265 المؤرخ في 17 شعبان عام 1429 الموافق 19 غشت سنة 2008 الذي يحدد نظام الدراسات للحصول على شهادة الليسانس وشهادة الماستر وشهادة الدكتوراه، لاسيما المادة 9 منه،  
- وبموجب القرار رقم 362 المؤرخ في 09 جوان 2014 الذي يحدد كفاءات إعداد ومناقشة مذكرة الماستر، لاسيما المادة 7 منه،  
- وبموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل ماستر الفروع ذات تسجيل وطني بجامعة تبسة.  
- وبموجب القرار رقم 375 المؤرخ في 15 جوان 2020 المعدل للمحق القرار 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل ماستر الفروع ذات تسجيل وطني بجامعة تبسة، اختصاص استغلال المناجم  
- وبموجب المقرر رقم ..... المؤرخ في 2023/05/29 والمتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر،  
- وبعد الاطلاع على مقرر تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر المؤرخ في .....  
يقرر ما يأتي:  
المادة الأولى: يُرخص للطالب(ة) حلايمية وفاء، المولود (ة) بتاريخ 2000/07/28 ب تبسة، بمناقشة مذكرة الماستر والموسومة ب

Contribution à l'analyse de la méthode d'exploitation du phosphate de la mine de Bir ElAter dans un contexte environnemental

المادة 2: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يسلم نسخة عنه إلى الطالب المعني بالمناقشة وأعضاء لجنة المناقشة فور توقيعه، وبضمن نشره عبر فضاءات المؤسسة المادية والرقمية.  
المادة 3: تُحفظ نسخة عن هذا المقرر ضمن الملف البيداغوجي للطالب المعني وينشر في النشرة الرسمية لجامعة العربي التبسي.

حُزّر ب تبسة، في: 2023/05/30

عن المدير، ويتقويض منه

مدير معهد المناجم

المدير  
معهد المناجم  
جامعة العربي التبسي  
مؤرخ في: 2023/05/30



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة الشهيد الشيخ التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة العربي التبسي - تبسة



مقرر رقم: مؤرخ في: 2023/05/30

يتضمن الترخيص بمناقشة مذكرة الماستر

إن مدير جامعة العربي التبسي بتبسة،  
- بموجب القرار الوزاري رقم 318 و المؤرخ في 05 ماي 2021 المتضمن تعيين السيد "فواسمية عبد الكريم" مديرا لجامعة العربي التبسي - تبسة،  
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم: 12-363 مؤرخ في 8 أكتوبر 2012، يعدل و يتم المرسوم التنفيذي رقم 08-09 المؤرخ في: 04 جانفي 2009 و المتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي بتبسة،  
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 08-265 المؤرخ في 17 شعبان عام 1429 الموافق 19 غشت سنة 2008 الذي يحدد نظام الدراسات للحصول على شهادة الليسانس وشهادة الماستر وشهادة الدكتوراه، لاسيما المادة 9 منه،  
- وبموجب القرار رقم 362 المؤرخ في 09 جوان 2014 الذي يحدد كفايات إعداد ومناقشة مذكرة الماستر، لاسيما المادة 7 منه،  
- وبموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل ماستر الفروع ذات تسجيل وطني بجامعة تبسة.  
- وبموجب القرار رقم 375 المؤرخ في 15 جوان 2020 المعدل الملحق القرار 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل ماستر الفروع ذات تسجيل وطني بجامعة تبسة، اختصاص استغلال المناجم  
- وبموجب المقرر رقم ..... المؤرخ في 2023/05/29 والمتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر،  
- وبعد الاطلاع على مقرر تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر المؤرخ في .....  
يقر بما يأتي:  
المادة الأولى: يُرخصُ للطالب(ة) قرن الكبيش سامية، المولود (ة) بتاريخ 2000/06/27 ب تبسة، بمناقشة مذكرة الماستر والموسومة ب

Contribution à l'analyse de la méthode d'exploitation du phosphate de la mine de Bir ElAter dans un contexte environnemental

المادة 2: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يسلم نسخة عنه إلى الطالب المعني بالمناقشة وأعضاء لجنة المناقشة فور توقيعه، وبضمان نشره عبر فضاءات المؤسسة المادية والرقمية.  
المادة 3: تُحفظ نسخة عن هذا المقرر ضمن الملفّ البيداغوجي للطالب المعني وينشر في النشرة الرسمية لجامعة العربي التبسي.

حُزّر ب تبسة، في: 2023/05/30

عن المدير، وبتفويض منه

مدير معهد المناجم

جامعة العربي التبسي  
المندوب  
مدير معهد المناجم  
عبد الوهاب زويير



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة



مقرر رقم : مؤرخ في : 2023/05/29

يتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر

إنّ مدير جامعة العربي التبسي بتبسة،  
- بموجب القرار الوزاري رقم 318 و المؤرخ في 05 ماي 2021 المتضمن تعيين السيد "قواسمية عبد الكريم" مديرا لجامعة العربي التبسي - تبسة،  
-و بمقتضى المرسوم التنفيذي رقم : 12-363 مؤرخ في 8 أكتوبر 2012، يعدل و يتم المرسوم التنفيذي رقم 09 - 08 المؤرخ في : 04 جانفي 2009 و المتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي بتبسة،  
-وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 08-265 المؤرخ في 17 شعبان عام 1429 الموافق 19 غشت سنة 2008 الذي يحدّد نظام الدراسات للحصول على شهادة الليسانس وشهادة الماستر وشهادة الدكتوراه، لاسيما المادة 9 منه،  
-وبموجب القرار رقم 362 المؤرخ في 09 جوان 2014 الذي يحدّد كفاءات إعداد ومناقشة مذكرة الماستر، لاسيما المادتان 10 و 11 منه،  
-وبموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل ماستر الفروع ذات تسجيل وطني بجامعة تبسة.  
-وبموجب القرار رقم 375 المؤرخ في 15 جوان 2020 المعدل ملحق القرار 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل ماستر الفروع ذات تسجيل وطني بجامعة تبسة، اختصاص استغلال المناجم  
-ويعد الأطلاع على محضر المجلس العلمي لمعهد المناجم المؤرخ في.....،  
يقرّ ما يأتي:

المادة الأولى: تُعيّن بموجب هذا المقرر لجنة مناقشة مذكرة الماستر المحضّرة من طرف الطالب (ة):

قرن الكبش سامية، المولود (ة) بتاريخ 2000/06/27 ب تبسة ،

والموسومة ب

Contribution à l'analyse de la méthode d'exploitation du phosphate de la mine de Bir ElAter dans un contexte environnemental

والمسجّل (ة) بمعهد المناجم

المادة 2: تتشكّل اللجنة المشار إليها في المادة الأولى من الأعضاء الآتي ذكرهم:

رقم	الاسم واللقب	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصّفة
1	دريال شمس الدين	أستاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	رئيسا
2	مراح شافية	أستاذة محاضرة - ب	جامعة العربي التبسي - تبسة	مشرفة
3	بوطرفيف ليلي	أستاذة مساعدة - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	ممتحنة

المادة 3: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يُسلّم نسخة عنه إلى كلّ من الطالب المعني والمشرف على المذكرة وأعضاء لجنة المناقشة فور توقيعه.

المادة 4: تحفظ نسخة عن هذا المقرر في الملفّ البيداغوجي للطالب المعني، وينشر في النشرة الرسمية لجامعة العربي التبسي.

حُرّز ب تبسة، في: 2023/05/29

عن المدير، وبتفويض منه

مدير معهد المناجم

المدير  
المعهد المناجم  
المعهد المناجم



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة



مقرر رقم : مؤرخ في : 2023/05/29

يتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر

إن مدير جامعة العربي التبسي بتبسة،  
- بموجب القرار الوزاري رقم 318 و المؤرخ في 05 ماي 2021 المتضمن تعيين السيد "قواسمية عبد الكريم" مديرا لجامعة العربي التبسي - تبسة،  
-و بمقتضى المرسوم التنفيذي رقم : 12- 363 مؤرخ في 8 أكتوبر 2012، يعدل و يتم المرسوم التنفيذي رقم 09 - 08 المؤرخ في : 04 جانفي 2009 و المتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي بتبسة،  
-و بمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 08-265 المؤرخ في 17 شعبان عام 1429 الموافق 19 غشت سنة 2008 الذي يحدّد نظام الدراسات للحصول على شهادة الليسانس وشهادة الماستر وشهادة الدكتوراه، لاسيما المادة 9 منه،  
-و بموجب القرار رقم 362 المؤرخ في 09 جوان 2014 الذي يحدّد كفاءات إعداد ومناقشة مذكرة الماستر، لاسيما المادتان 10 و 11 منه،  
-و بموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل ماستر الفروع ذات تسجيل وطني بجامعة تبسة.  
-و بموجب القرار رقم 375 المؤرخ في 15 جوان 2020 المعدل الملحق القرار 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل ماستر الفروع ذات تسجيل وطني بجامعة تبسة، اختصاص استغلال المناجم  
-وبعد الاطلاع على محضر المجلس العلمي لمعهد المناجم المؤرخ في.....،  
يقرّر ما يأتي:

المادة الأولى: تُعيّن بموجب هذا المقرر لجنة مناقشة مذكرة الماستر المحضّرة من طرف الطّالب (د):

حلايمية وفاء، المولود (د) بتاريخ 2000/07/28 ب تبسة ،

والموسومة ب

Contribution à l'analyse de la méthode d'exploitation du phosphate de la mine de Bir ElAter dans un contexte environnemental

والمسجّل (د) بمعهد المناجم

المادة 2: تتشكّل اللجنة المشار إليها في المادة الأولى من الأعضاء الآتي ذكرهم:

رقم	الاسم واللقب	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصفة
1	دربال شمس الدين	أستاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	رئيسا
2	مراح شافية	أستاذة محاضرة - ب	جامعة العربي التبسي - تبسة	مشرفة
3	بوطريف ليلي	أستاذة مساعدة - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	ممتحنة

المادة 3: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يُسلم نسخة عنه إلى كلّ من الطّالب المعني والمشرف على المذكرة وأعضاء لجنة المناقشة فور توقيعها.

المادة 4: تحفظ نسخة عن هذا المقرر في الملفّ البيداغوجي للطالب المعني، وينشر في النّشرة الرّسمية لجامعة العربي التبسي.

حُرر ب تبسة، في: 2023/05/29

عن المدير، وبتفويض منه

مدير معهد المناجم

جامعة العربي التبسي  
المستشار  
مدير معهد المناجم  
مدير معهد المناجم

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي: جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي  
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) قَرْن السبتي ساحية ..... الصفة: طالب، أستاذ باحث، باحث دائم: طالبة .....

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية/ رخصة السياقة رقم: 110000364025460004 والصادرة بتاريخ 2023-02-20  
المسجل بمعهد المناجم ..... قسم المناجم والتكنولوجيا  
والمكلف بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها:

Contribution à l'analyse de la méthode d'exploitation  
du phosphate de la mine de Bir El Ater dans un contexte  
environnemental.

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

التاريخ: 2023-06-8

إمضاء المعني (ة)



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي: جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي  
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) الأكاديمية وفاء ..... الصفة: طالب، أستاذ باحث، باحث دائم: طالبة .....

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية/ رخصة السياقة رقم: 1100036203045008... والصادرة بتاريخ 2023-08-20  
المسجل بمعهد المناجيع ..... قسم المناجيع والتكنولوجيا  
والمكلف بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها:  
Contribution à l'analyse de la méthode d'exploitation du phosphate  
de la mine de Bir El Ater dans un contexte  
environnementale

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

التاريخ: 2023-06-08

إمضاء المعني (ة)









## **Remerciements**

*Nous remercions DIEU qui nous a donné la volonté et nous a aidé à achever ce travail.*

*Nous remercions notre encadreur DR MERAH CHAFIA pour son encouragement, sa patience et ses conseils précieux, ainsi que pour son suivi pas à pas de Notre travail.*

*Nous remercions Mr, DERBAL CHEMSEDINE d'avoir accepté la tâche de présider notre jury de soutenance.*

*Un remerciement particulier à MME, BOUTERFIF LEILA d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous désirons aussi adresser nos remerciements les plus respectueux à Mr. HAMDANE ALI qui nous a orientées et qui a partagé généreusement ses connaissances avec nous. Merci pour sa disponibilité.*

*Nous remercions Mr SLIMANE HOUCINE pour son aide précieuse.*

*Un grand merci pour le personnel technique du complexe minier de Djebel Onk en particulier MR. MOHAMED ALI, MR. MAKHLOUF BRAHIM, MR. BELGHIT ALI, MEM. LATIFA*

## **Dédicace**

Je dédie ce modeste travail :  
À toute la famille, mon père, ma mère,  
Et mes frères et sœurs, à tous les amis et mes  
Proches, toute la promotion du Master spécialité  
exploitation minier 2022-2023.

« et à tous personne ayant contribué à ce travail  
de près ou de loin. »

Ouafa

## Dédicace

La recherche a traversé de nombreux obstacles, mais j'ai essayé de les surmonter avec persévérance, louange à Dieu et de sa part.

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

Au propriétaire d'une biographie parfumée et d'une pensée éclairée; C'était le principal crédit pour mes études supérieures (Mon père) que Dieu lui fasse miséricorde, longue vie. A celui qui m'a mis sur le chemin de la vie et m'a apaisé, Tu as pris soin de moi jusqu'à ce que je grandisse (Ma chère mère) Que Dieu bénisse son âme. Pour mes frères, qui a eu un grand impact sur de nombreux obstacles et difficultés. et Je remercie mes amis proches .

Et n'oubliez pas de soumettre l'aimable formulaire à tous les professeurs et professeurs d'instituts des mines

Nous vous disons merci beaucoup pour tous vos efforts.

Garne el kabche Samia

## **Résumé**

L'objectif du présent travail est de contribution à l'analyse de méthode d'exploitation du Phosphate du gisement de de Kef Essnune (côte NO) dans un contexte environnemental.

L'état actuel de l'exploitation de ce gisement a été minutieusement analysé ; L'évaluation de la stabilité de la pente a permis la conception d'un nouveau angle de talus ;

Le rayon de courbure est pris en compte lors de la détermination de la disposition horizontale du trait route, on a introduit la notion de super élévation pour la détermination de ce paramètre pour chaque disposition possible.

Pour améliorer la stabilité de ce site suite au glissement qui s'est produit le 08 Septembre 2007 le remblayage est considéré en détail. L'impact environnemental de l'exploitation est considéré en détail.

**Mots clés :** méthode d'exploitation, bermes, angles, stabilité, remblayage.

## **Abstract**

The aim of the present work is to contribute to the analysis of the phosphate mining method of the kef Essnourne deposit (NW coast) in an environmental context.

The current state of exploitation of this deposit has been meticulously analyzed; the evaluation of slope stability has enabled the design of a new slope angle;

The radius of curvature is taken into account when determining the horizontal layout of the road feature and the notion of super elevation has been introduced to determine this parameter for each possible layout.

To improve the stability of this site following the landslide that occurred on September 08, 2007, backfilling is considered in detail. The environmental impact of mining is considered in detail.

**Key words:** Open pit mining method, berms, angles, stability, backfilling.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو المساهمة في تحليل طريقة استغلال فوسفات رواسب الكاف السنون (الجانب الشمالي الغربي) في سياق بيئي.

تم تحليل الوضع الحالي لاستغلال هذا المنجم بعناية ؛ سمح تقييم استقرار المنحدر بتصميم زاوية ميل جديدة ؛

يتم أخذ نصف قطر الانحناء في الاعتبار عند تحديد التخطيط الأفقي لخط الطريق ، وقد تم تقديم فكرة الارتفاع الفائق لتحديد هذه المعلمة لكل تخطيط ممكن.

لتحسين استقرار هذا الموقع بعد الانهيار الأرضي الذي حدث في 8 سبتمبر 2007 ، تم دراسة الردم بالتفصيل. يتم النظر في التأثير البيئي للعملية المنجمية بالتفصيل.

**الكلمات المفتاحية:** طريقة الاستغلال ، الساتر ، الزوايا ، الثبات ، الردم.

# Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé.....	I
Liste des figures .....	VIII
Liste des Tableaux .....	X
<b>Introduction générale .....</b>	<b>11</b>
<b>Chapitre I -Généralités sur les phosphates et géologie régionale et locale de Kef Essnoue .....</b>	<b>2</b>
I.1.GENERALITES SUR LES PHOSPHATES.....	3
I.1.1.INTRODUCTION .....	3
I.1.2.Production et consommation mondiale de phosphate naturel .....	3
I.1.3.Domains d'utilisation du phosphate .....	4
I.1.4.L'exploitation du phosphate en Algérie .....	5
I.2.GEOLOGIE REGIONALE DU GISEMENT DE DJEBEL ONK NORD .....	6
I.2.1.INTRODUCTION .....	6
I.2.2.Présentation de l'entreprise .....	6
I.2.3.Organisation de SOMIPHOS .....	7
I.2.4.Situation géographique régionale de Djebel Onk.....	7
I.2.5.Historique des recherches .....	8
I.2.6.Contexte géologique de Djebel Onk.....	9
I.2.6.1.Stratigraphie .....	10
I.2.6.2.Tectonique .....	13
I.2.7.Caractéristiques du phosphate de Djebel Onk.....	15
I.2.8.Ressources géologiques et réserves exploitables en phosphates de Djebel Onk.....	15
I.3.GEOLOGIE LOCALE DU GISEMENT DE DJEBEL ONK NORD .....	16
I.3.1.Situation géographique.....	16
I.3.2.Historique de recherche .....	17
I.3.3.Contexte Géologie .....	17
I.3.3.1.Lithostratigraphie .....	17
I.3.3.2.Tectonique .....	21
I.3.4.Conclusion.....	22
<b>Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnoue.....</b>	<b>23</b>
II.1.DEFINITIONS RELATIVES A LA METHODE D'EXPLOITATION .....	24
II.1.1.Introduction .....	24



II.1.2.Cycle de vie d'une mine : .....	24
II.1.3.Définition d'une méthode d'exploitation des mines à ciel ouvert .....	25
II.1.4.Classification des méthodes d'exploitation.....	25
II.1.4.2.Classification des méthodes d'exploitation à ciel ouvert ( <i>d'après E. Chechko</i> ) .....	28
II.1.4.3.Classification des systèmes d'exploitation (d'après Arsentiev).....	29
II.1.5.Paramètres de la méthode d'exploitation.....	30
1-Le sens de progression : .....	31
2-La vitesse de progression : .....	32
II.1.6.Processus Technologiques de l'exploitation .....	32
II.1.7.Critères de choix du bloc.....	32
II.1.8.Critères de choix d'accès au bloc d'exploitation .....	32
II.1.10.Moyens matériels .....	33
II.1.11.Taux de découverte de la couche de phosphate productive.....	37
II.1.12.Répartition des réserves en fonction du taux de découverte.....	37
II.1.13.Critères du choix du sens d'ouverture du gisement.....	38
II.1.14.les différents sens d'ouverture .....	38
II.1.15.Ouverture du gisement .....	38
II.1.15.1.Généralités.....	38
II.1.15.2.Mode d'ouverture du gisement de Kef Essnounge .....	39
II.1.16.Méthodes d'exploitation.....	39
II.1.17.Principaux éléments d'une exploitation à ciel ouvert .....	40
II.2.ETAT ACTUEL DE KEF ESSNOUN .....	41
II.2.1.Détermination des paramètres de la méthode d'exploitation.....	41
II.2.2.Les paramètres des travaux de forage et de tir.....	44
II.2.3.Paramètres géométriques et géotechniques de la conception de la fosse : .....	49
II.2.4.Mise a terril .....	54
II.2.4.1.Introduction .....	54
II.2.4.2.Choix du type de mise à terrils : .....	55
II.2.4.3.Développement des terrils : .....	55
II.2.4.4.Technologie de mise à terrils : .....	55
<b>Chapitre III- Analyse des paramètres de la méthode d'exploitation de Kef Essnounge côté (N.O)</b> .....	58
III.1.ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL.....	59
III.1.1.Introduction.....	59
III.1.2.Durée de vie de la mine .....	59
III.1.3.Paramètres de la fosse.....	59
III.1.4.Détermination du nombre de gradins de la mine .....	63

III.1.5.Détermination de la Largeur des gradins de minerai .....	64
III.1.6.Ouverture du gisement et la progression des travaux d'exploitation.....	65
III.1.6.1.Constructions de la route d'accès .....	65
III.1.7. La progression des travaux d'exploitation.....	69
III.1.7.1.Détermination de la largeur de plate-forme .....	70
III.1.7.3.Progression des travaux .....	73
III.2.SOLUTION PROPOSEE .....	73
III.2.1.Introduction.....	73
III.2.2.Angles, hauteurs, et largeurs dans une exploitation à ciel ouvert.....	74
III.2.2.1.volet angles .....	75
III.2.3.Volet largeur .....	84
III.2.3.1.Modification du tracé de la route compte tenu des contraintes de rayon de courbure .....	84
<b>Chapitre IV- ASPECT ENVIRONNEMENTAL .....</b>	<b>87</b>
IV.A. Travaux de remblayage.....	88
VI.1.INTRODUCTION .....	88
VI.2.Le remblayage des mines à ciel ouvert et des carrières.....	89
VI.3.Criteres lies a la zone d'accueil du remblai .....	90
VI.4.Les techniques de remblayage .....	90
IV.5.Etat actuel de Kef Essnone (N-O) .....	91
IV.5-1.Les étapes de Remblayage de la fosse .....	92
IV.5.2.Les étapes pour la récupération du stot de protection et réserves géologiques .....	93
IV.6.Les étapes d'exploitation : .....	94
IV.7.Conclusion : .....	97
IV.B. Impacts d'exploitation minière du phosphate sur l'environnement.....	98
IV.1.Introduction .....	98
IV.2.Lutte contre tous les principaux agents pouvant nuire à l'homme et à son environnement .....	99
IV.2.1.Lutte contre la poussière.....	99
IV.2.2.Lutte contre le bruit .....	99
IV.3.Les lois environnementales des mines.....	100
IV.4.L'évaluation des impacts sur l'environnement : .....	102
IV.5.Impacts de l'exploitation des phosphates sur l'environnement : .....	102
IV.5.1.Les impacts négatifs : .....	103
IV.5.2.Les impacts positifs .....	107
IV.6. Impacts de l'exploitation des phosphates de Kef Essnounge sur l'environnement.....	107
IV.6.1.Impact sur a santé .....	107

IV.7.Impact des travaux d'exploitation sur l'environnement .....	109
IV.7.1.Impact sur l'air.....	109
IV.7.2.Impact sur les ressources en eau .....	111
IV.7.3.Autres impacts .....	113
IV.8.Impact effluents et rejets de laveries .....	114
IV.9.Métaux lourds .....	115
IV.9.1.Définition des métaux lourds.....	115
IV.9.2.Les sources naturelles des métaux lourds.....	115
IV.9.3.Les rejets physiques.....	115
IV.9.4.Les rejets des métaux lourds dans l'eau .....	115
IV.10.Sécurité au niveau des travaux miniers .....	116
IV.11. Sécurité du forage des trous.....	117
IV.12.Sécurité au niveau d'abattage des roches .....	117
IV.13.Sécurité lors des tirs de mine .....	117
IV.14.Sécurité par rapport aux personnes et engins .....	117
IV.15.Sécurité lors du chargement– transport .....	118
IV.16.Sécurité lors du transport de l'explosif.....	118
IV.17.Conclusion .....	119
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>121</b>
Référence bibliographique .....	123

## Annexes

## Liste des figures

Figure I. 1: Evolution de la production des phosphates : période 2012-2022 .....	6
Figure I. 2: Organigramme de l'entreprise SOMIPHOS. ....	7
Figure I. 3: Situation géographique de Bir El Ater. ....	8
Figure I. 4: Localisation des sites de phosphate dans Djebel El Onk .....	10
Figure I. 5:: Extrait de la carte géologique de Bir El Ater à partir de la carte géologique de l'Algérie (service géologique de l'Algérie, 2005) .....	12
Figure I. 6: Colonne lithostratigraphique de la région de Djebel Onk (Complexe minier Djebel Onk).....	14
Figure I. 7: Situation structurale de la région du Djebel Onk à l'intérieur du bassin de Gafsa - Métloui – Onk (SONAREM 1978).....	15
Figure I. 8: Extrait de la carte géologique de djebel Onk Nord (EREM, 1987). ....	18
Figure I. 9: Coupes géologiques montrant les variations latérales Est – Ouest à l'intérieur du faisceau phosphaté. ....	19
Figure I. 10: Coupe C – C montrant le biseautage stratigraphique de la couche phosphatée à l'Ouest.....	20
Figure I. 11: Carte géologique schématique du Djebel Onk gisements : Nord et Sud. ....	20
Figure I. 12: Coupe D – D montrant la disparation de la couche phosphatée vers l'Est. ....	21
Figure II. 1 : La vie d'une mine. ....	25
Figure II. 2 : Schéma de l'exploitation par découvert. ....	26
Figure II. 3 : Schéma de l'exploitation par fosse. ....	27
Figure II. 4 : Méthode d'exploitation avec transport par camions. ....	28
Figure II. 5 : La largeur de la plateforme de travail lors de l'abattage à l'explosif. ....	31
Figure II. 6 : pelle Caterpillar .....	34
Figure II. 7 : pelle Liebherr.....	35
Figure II. 8 : camions Caterpillar 773F.....	36
Figure II. 9 : camions Terex TR60.....	36
Figure II. 10 : Principaux éléments d'une exploitation à ciel ouvert.....	41
Figure II. 11 : Schéma représentant la plate-forme de travail.....	43
Figure II. 12 : Schéma de plan de tir.....	49
Figure II. 13 : Models géotechniques des coupes Zone Ouest au 31/12/2022. ....	51
Figure II. 14 : Models géotechniques des coupes Zone Est au 31/12/2022.....	52
Figure II. 15 : Models géotechniques des coupes Zone Ouest au 31/12/ 2023. ....	53
Figure II. 16 : Models géotechniques des coupes Zone Est au 31/12/ 2023.....	54
Figure II. 17 : disposition des décharges. ....	57
Figure III. 1: Variation de la dilution en fonction de la hauteur du gradin.....	61
Figure III. 2: Division d'un grand bloc en blocs par la méthode de séquençage simple .....	62
Figure III. 3: Schéma représentant le nombre et largeur des gradins minerais. ....	64
Figure III. 4: Création de la première tranchée et préparation de premier gradin .....	65
Figure III. 5: Découverte par un système de tranchées successives. ....	66
Figure III. 6: Paramètres d'une tranchée.....	66
Figure III. 7: Schéma représente la largeur de route.....	67

Figure III. 8: Schémas d'ouverture du gisement de Kef Essnoute (Coté Nord-ouest) pour les premiers niveaux.....	69
Figure III. 9: La progression des travaux d'exploitation. ....	70
Figure III. 10: La plate-forme de travail de la mine. ....	71
Figure III. 11: Single spotting.....	73
Figure III. 12: Enlevure longitudinale avec un seul bord de développement des travaux.....	73
Figure III. 13: Eléments clés dans une exploitation à ciel ouvert .....	74
Figure III. 14: Géométrie typique d'un gradin en exploitation.....	75
Figure III. 15: Principaux éléments à prendre en compte dans la conception d'une mine à ciel ouvert .....	75
Figure III. 16: Divers aspects des parois de fosses qui concernent l'exploitant chargé de la conception de la fosse (a) la géométrie des gradins, (b) la géométrie des bermes, (c) la géométrie des rampes .....	76
Figure III. 17: Angle de talus et hauteur du gradin pour différentes conditions d'eau et de fissure de traction (Hoek, 1970a).....	77
Figure III. 18: Slope design chart for plane failure including various safety factors (Hoek, 1970a). ....	80
Figure III. 19: Représentation d'une berme de sécurité.....	80
Figure III. 20: Géométrie d'une berme de sécurité, l'angle de talus du gradin pour les conditions de Kef Essnoute.....	81
Figure III. 21: Angle global de la mine de Kef Essnoute .....	82
Figure III. 22: Détermination de l'angle du bord inexploitable.....	83
Figure III. 23: Angle de pente global avec rampe incluse. ....	84
Figure III. 24: Représentation schématique des géométries de la route montrant (a) le rayon de courbure lorsque le camion-benne tourne et (b) une vue en coupe transversale de la route montrant le dévers.....	85
Figure III. 25: Géométrie de la route montrant une coupe transversale de la route. ....	86
Figure IV. 1: Opérations de gerbage et compactage des remblais.....	91
Figure IV. 2: Schéma global des différentes étapes menant à un réaménagement d'une carrière à ciel ouvert par remblayage de déchets inertes. ....	91
Figure IV. 3: Les Etapes de Remblayage de la fosse de la mine de Kef essnoute.....	93
Figure IV. 4: Schéma explicatif de plan d'analyse des impacts sur l'environnement.....	99
Figure IV. 5: Chargement et transport .....	103
Figure IV. 6: Tir de mine .....	103
Figure IV. 7: Les poussières par l'usine de traitement (cliché personnel).....	104
Figure IV. 8: Foration des trous de mine. ....	105
Figure IV. 9: transformation du paysage. ....	106
Figure IV. 10: Emission de poussière lors de l'opération de stockage. ....	111
Figure IV. 11: Les boues des laveries de phosphate (cliché personnel). ....	114
Figure IV. 12: Système de traitement des eaux de lavage de phosphate. ....	115

## Liste des Tableaux

Tableau I. 1: Production et réserves mondiales de phosphate naturel par pays en 2019 (U \$GS, 2021) .....	3
Tableau I. 2: Consommation mondiale de phosphate.....	4
Tableau I. 3: Ressources géologiques en phosphate des gisements de Djebel Onk .....	16
Tableau II. 1 : La classification des méthodes d'exploitation à ciel ouvert (d'après E. Chechko).....	28
Tableau II. 2 : La Classification des systèmes d'exploitation (d'après Arsentiev). .....	29
Tableau II. 3 : Répartition mensuelle des objectifs 2023.....	32
Tableau II. 4 : Les engins de terrassement programment en 2023. ....	33
Tableau II. 5 : Les sondeuses programmées pour l'exercice 2023 .....	33
Tableau II. 6 : Les engins de chargements programmés en 2023.....	35
Tableau II. 7 : Les camions programmés en 2023. ....	36
Tableau II. 8 : l'angle du talus des gradins selon la dureté des roches .....	41
Tableau II. 9 : récapitulatif des paramètres de la méthode d'exploitation.....	44
Tableau II. 10 : récapitulatif des paramètres de forage et de tir .....	48
Tableau II. 11 : Données géotechniques du gisement de Djebel Onk sud.....	49
Tableau II. 12 : montrent les coefficients de sécurité en fonction des paramètres géotechniques et la méthode de calculs utilisée.....	50
Tableau III. 1 : Variation de l'angle du talus du gradin en fonction de la nature des roches. .	63
Tableau III. 2 : Angle du talus du gradin et du bord inexploitable.....	63
Tableau III. 3 : Recommandations du facteur de sécurité Fs et de Probabilité de rupture (POF) (Priest and Brown, 1983). ....	78
Tableau III. 4 : Dénivelé de la route de transport en fonction du rayon de courbure et de la vitesse du véhicule .....	85

# **Introduction générale**

L'exploitation minière permet d'obtenir diverses substances minérales, jouant un rôle très important dans le développement de l'économie du pays.

L'exploitation à ciel ouvert est une succession de réalisation des travaux d'enlèvement des stériles et du minerais dans un ordre bien déterminé dans l'espace et dans le temps, ce corps minéralisé est extrait généralement du haut vers le bas en une série des couches horizontales uniformes.

Les paramètres qui définissent un système d'exploitation sont : la hauteur du gradin, largeur d'enlèvement, la largeur de plate-forme de travail, le nombre de gradins, le nombre de rampe de liaison, les angles.

La conception de la pente d'une fosse se fait en deux étapes. La première est d'évaluer la stabilité de la pente pour chaque disposition possible. La deuxième est de faire entrer ces données dans l'analyse financière, le présent travail concerne la première étape.

Les problèmes d'instabilité deviennent de plus en plus délicats avec les nouvelles tendances d'augmentation des profondeurs d'exploitation et des exigences de la production. Il provoquent plusieurs impacts directs ou indirects sur le milieu naturel et la santé publique.

Dans ce projet intitulé contribution à l'analyse de la méthode du gisement de Kef Essnune, dans un contexte environnemental nous avons réalisé quatre chapitres.

- Le premier chapitre comporte des généralités sur les phosphates naturels et le domaine d'application industrielle, les réserves, la production, et la présentation des phosphates de Djebel Onk et notamment de Kef Essnune –(N.O)
- Les définitions relatives à la méthode d'exploitation et l'état actuel Kef Essnune sont détaillées dans le deuxième chapitre.
- Le troisième chapitre concerne l'analyse des paramètres de l'exploitation ; nous avons étudié en détail les angles, les largeurs verticale et horizontale de la mine. Le choix du coefficient de sécurité adéquat pour les conditions de Kef Essnune (N.O) est argumenté, l'abaque de la conception de pente pour la rupture plane incluant divers facteurs de sécurité (Hoek, 1970a) est utilisée pour déterminer l'angle du talus du gradin ;  
Le rayon de courbure est pris en compte lors de la détermination de la disposition horizontale du trait route, on a introduit la notion de super élévation pour la détermination de ce paramètre.
- Le quatrième chapitre permet de mettre le point sur l'aspect environnemental d'une exploitation à ciel ouvert ; Pour cela nous avons distingué deux parties :  
La première concerne le remblayage pour améliorer la stabilité de ce site suite au glissement qui s'est produit 08 Septembre 2007. La deuxième est destinée à montrer l'impact de l'exploitation minière du phosphate sur l'environnement.



**Chapitre I -Généralités sur les phosphates  
et géologie régionale et locale de Kef  
Essnoune**

## **I.1.GENERALITES SUR LES PHOSPHATES**

### **I.1.1.INTRODUCTION**

L'expression «Phosphate naturel» (PN) décrit les assemblages minéraux naturels contenant une concentration élevée de minéraux phosphatés. Le terme se rapporte aussi bien aux minerais phosphatés non enrichis qu'aux produits concentrés. Les gisements sédimentaires ont fourni environ 80 à 90 % de la production mondiale des dix dernières années. Ils se trouvent dans des formations d'âge géologique très différent, montrent une gamme très large de compositions chimiques et de formes physiques, se trouvent souvent en couches épaisses relativement horizontales, et peuvent être à la base de terrains de recouvrement peu profonds.

Les gisements qui représentent la majeure partie de la production mondiale de PN sont au Maroc et dans d'autres pays africains, aux Etats-Unis, au Proche Orient et en Chine.

Les gisements ignés ont fourni environ 10 à 20 % de la production mondiale des dix dernières années. Ils sont exploités dans la Fédération de Russie, au Canada, en Afrique du Sud, au Brésil, en Finlande et au Zimbabwe mais se trouvent également en Ouganda, au Malawi, au Sri Lanka et en plusieurs autres endroits [1].

La mine de Djebel Onk, située dans la wilaya de Tébessa, est l'une des plus grandes réserves de phosphate d'Algérie, avec des réserves estimées à 2,8 millions de tonnes de minerai à 24 % de pentoxyde de phosphore [2].

### **I.1.2.Production et consommation mondiale de phosphate naturel**

#### **a- Production mondiale de phosphate**

Tableau I. 1: Production et réserves mondiales de phosphate naturel par pays en 2019 (U \$GS, 2021) [3].

Pays	Production (millions de kg)	Part de la production mondiale (%)	Réserves (millions de kg)
Algérie	1 300	0,54	2 200 000
Australie	2 700	1.17	1 100 000
Brésil	4 700	3,00	1 600 000
Chine	95 000	44,83	3 200 000
Egypte	5 000	2.47	2 800 000
Finlande	995	-	1 000 000
Inde	1 480	0,49	46 000
Irak	200	0,09	430 000
Jordan	9 220	3.36	857000
Kazakhstan	1 500	0,72	260 000
Mexique	558	0,76	30 000
Maroc et Sahara Occidental	35 500	13,45	50 000 000
Pérou	4 000	1,79	210 000
Russie	13 100	5,60	600 000
Arabie Saoudite	6 500	1.48	1 400 000

Sénégal	3 420	0,45	50 000
Afrique du Sud	2 100	0,99	1 400 000
Syrie	2 000	0,34	1 800 000
Aller	800	0,45	30 000
Tunisie	4 110	1,79	100 000
Ouzbékistan	900	-	100 000
États-Unis	23 300	12 ,37	1 000 000
Viêt Nam	4 650	1,21	30 000
Autres pays	1 140	1.17	840 000
<b>Total</b>	<b>227 000</b>	<b>100</b>	<b>71 000 000</b>

### **b- Consommation mondiale de phosphate**

L'intérêt des phosphates, dont plus de 80% de la production mondiale est utilisée par l'agriculture. Les phosphates naturels minéraux (guano ou phosphates d'origine sédimentaire) ont été très utilisés notamment dans les sols acides où le phosphore est un des nutriments limitant pour les plantes.

Comme il n'y a aucun produit de substitution, les phosphates sont indispensables à la vie du monde végétal.

Le tableau suivant présente les grands pays consommateurs de phosphate, en 2010, en milliers de tonnes, nous remarquons que les plus consommateurs de phosphate sont des pays ayant une grande population dont leurs économie repose en grande partie sur l'agriculture.

Avec le développement de ce domaine la population continue de croître dans ces pays voient leurs rendements et production agricoles s'amplifier. Il en résulte une forte demande de phosphate pour couvrir les différents besoins (phosphate, l'acide phosphorique, l'engrais phosphaté...etc.), que reflète la production mondiale de phosphate [1].

Tableau I. 2: Consommation mondiale de phosphate. [1]

Pays	Valeur de consommation en milliers de tonnes
Chine	11970
Inde	8050
États-Unis	3946
Brésil	3384
Indonésie	1250
Pakistan	761
France	500
Autre	11139
Monde	41000

### **I.1.3.Domains d'utilisation du phosphate**

Les domaines d'utilisation des phosphates sont les suivants :

### **a- Les engrais**

Il s'agit essentiellement de phosphate moulu, de phosphates calcinés, et de superphosphates simple et triple :

- \* Les phosphates moulus sont obtenus par broyage très fin de minerai de phosphate leur teneur moyenne varie entre 26 et 33% de  $P_2O_5$  ;
- \* Les phosphates calcinés sont obtenus après broyage et calcination du phosphate à haute température de l'ordre de 600° C à 1000°C .Ils sont de moins en moins utilisés à cause de leur coût énergétique ;
- \* Le superphosphate simple (SSP) est obtenu par attaque du phosphate l'acide sulfurique, c'est un engrais à bas titre (18 % de  $P_2O_5$ ) ;
- \* Le triple superphosphate est obtenu par réaction entre le phosphate et l'acide phosphorique, c'est un engrais d'un seul élément fertilisant contenant 46% de  $P_2O_5$  environ [1] ;

### **b- Les applications techniques**

Les phosphates ne sont pas seulement utilisés dans le domaine de l'agriculture, ils sont également utilisés pour des applications techniques et constituent une gamme vaste et hétérogène de produits qui diffèrent aussi bien par leur structure (phosphate, méta phosphate, polyphosphates, pyrophosphate) que par leurs applications (détergence, traitement des eaux, phosphatation des métaux, ...). Leur dénominateur commun est la pureté, qui doit être supérieure à celle de l'acide phosphorique résultant directement de l'attaque du minerai. Les produits les plus importants de cette famille sont les phosphates de penta sodium (PNT) et les tripolyphosphates de sodium (TPP) pour leurs applications en détergence. Dans ce cas, on les appelle "boulders" ou renforceurs de lessive. Les ions phosphates améliorent la force nettoyante des produits en se combinant aux ions calcium  $Ca^{+2}$  ou aux ions magnésium  $Mg^{+2}$ , qui se trouvent dans l'eau [1].

### **c- Les applications alimentaires**

Les phosphates pour des applications alimentaires recouvrent également un vaste domaine de produits : fromages, Leur degré de pureté, notamment vis à vis de certains éléments (arsenic, fluor, métaux lourds), est très rigoureux. Ceci explique pourquoi la majeure partie de ces composés est préparée à partir d'acide phosphorique dit de voie thermique. La pureté de ce dernier est nettement supérieure à celle de l'acide phosphorique dit de voie humide [1].

#### **I.1.4.L'exploitation du phosphate en Algérie**

La production des phosphates, toutes qualités confondues, traités par voie sèche et par voie humide, est assurée par la filiale publique SOMIPHOS du groupe FERPHOS, à partir des minerais provenant de ses gisements de phosphate de Djebel Onk (Djemi Djema et Kef ESSENOUN) localisés à Bir-El-Ater au Sud-est de la wilaya de Tébessa[4].

La production de l'année 2022 a atteint 2 828 596 tonnes enregistrant ainsi une augmentation de 77.79%, par rapport à celle réalisée au cours de l'année 2021. Jusqu'à l'année 2018, la production des phosphates variait entre 2 200 521 tonnes et 2 006 214 tonnes. Depuis l'année 2018, la production des phosphates traités a toujours dépassé 2 000 000 de tonnes. En 2022 la

production des phosphates a baissé de 77.79% par rapport à l'année 2021 au cours de laquelle a été enregistré le niveau de production le plus élevé.

Selon les rapports et les plans d'exploitation élaborés par le bureau d'étude de Somiphos production des phosphates de : 2012– 2022 a connu des variations importantes et qui sont représentés sur la Figure I.1.

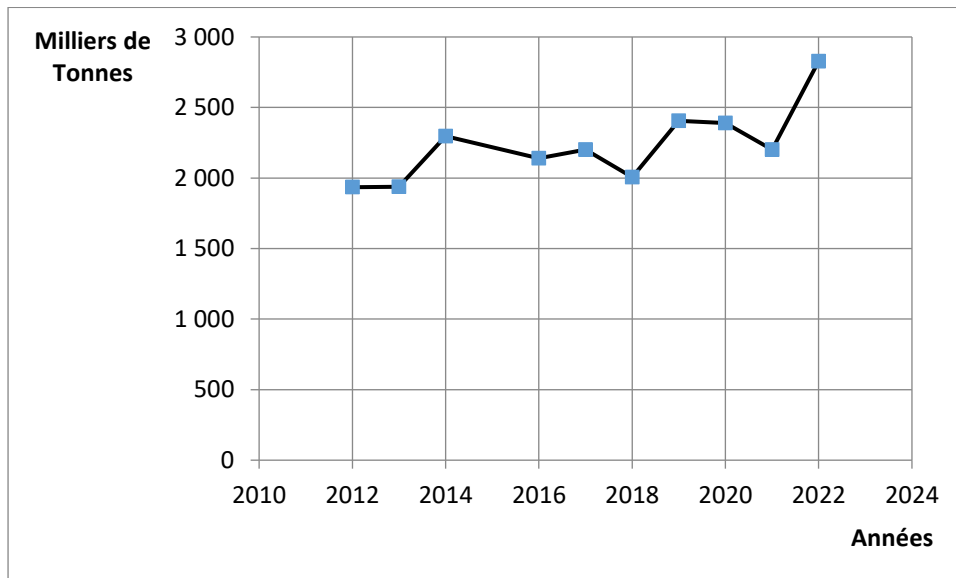


Figure I. 1: Evolution de la production des phosphates : période 2012-2022

## **I.2.GEOLOGIE REGIONALE DU GISEMENT DE DJEBEL ONK NORD**

### **I.2.1.INTRODUCTION**

Le présent chapitre est consacré à la description et à l'inventaire des différents événements géologiques (tectoniques, structures et lithostratigraphie) qui ont affecté le bassin phosphaté du Djebel Onk, avec une mise au point sur notre secteur d'étude «gisement phosphaté du Djebel Onk Nord».

### **I.2.2.Présentation de l'entreprise**

**a- FERPHOS** (L'entreprise nationale du fer et du phosphate) est l'une des plus importantes entreprises minières en Algérie. Dans ses activités d'exploitation des mines de phosphate, de fer et de pouzzolane, FERPHOS utilise les technologies et procédés les plus récents, recherche l'excellence, emploie les hommes qualifiés, intègres et motivés [5].

**b- SOMIPHOS** (Société des Mines de Phosphates) Filiale de FERPHOS group Créée en janvier 2005, suite à la réorganisation de FERPHOS spa, SOMIPHOS est une société par action à capital public, détenu à 100% par FERPHOS group. Elle a pour objet la recherche, l'exploitation, le traitement, l'enrichissement, la transformation le transport et la commercialisation des phosphates et produits connexes ou analogues [5].

### **I.2.3.Organisation de SOMIPHOS**

SOMIPHOS, extrait le phosphate brut du sol grâce à des carrières à ciel ouvert dans le bassin phosphatier de Djebel Onk. Le minerai est par la suite criblé, lavé et séché. Le minerai traité, est alors expédié aux Installations Portuaires de Annaba, soit par voie ferrée ou par transport routier. La totalité de la production est exportée, comme matière première, à destination de plusieurs pays à travers le monde. Le complexe du Djebel Onk est la principale Stratégique Business Unité de FERPHOS pour la Production de phosphates Composé de deux mines à ciel ouvert et d'une usine de traitement de phosphate, le Complexe du Djebel-Onk jouit, dans le cadre de l'organisation de FERPHOS, d'une autonomie de gestion administrative et financière lui permettant d'être à l'écoute de ses clients et plus proches de leurs exigences. Le complexe du Djebel-Onk est en phase finale de certification aux normes de L'International Standardisation Organisation, ISO 9001 Version 2000 (Système de Management de la Qualité) et ISO 14001(Système de Management Environnemental) [5].

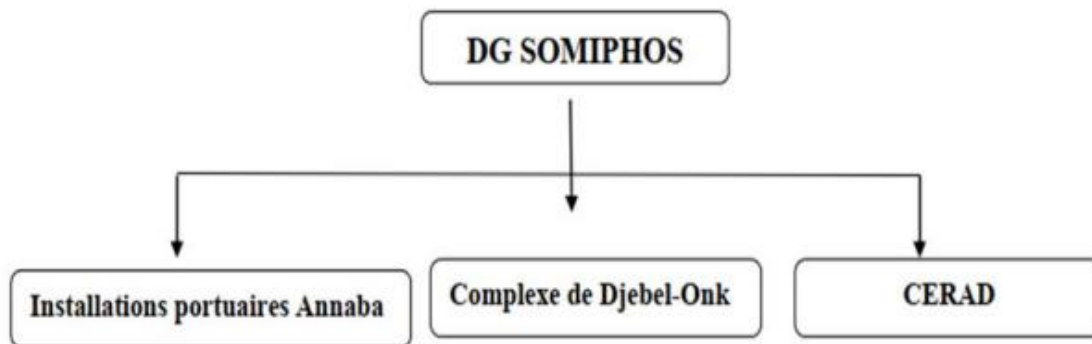


Figure I. 2: Organigramme de l'entreprise SOMIPHOS [6].

### **I.2.4.Situation géographique régionale de Djebel Onk**

Djebel Onk est située dans la région de Bir El Ater (Figure I.3) à 100 km au Sud de la wilaya de Tébessa et à 20km de la frontière Algero-Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued.

Cette région constitue la limite géographique naturelle entre les Hauts Plateaux Constantinois et le Domaine Saharien.

Topographiquement : le massif du Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20km de longueur qui culmine à 1198m d'altitude au Djebel Tarfaya, les altitudes les plus basses au pied du Djebel Onk sont d'environ 635m.

Les gisements de Djemidjema et Kef Essennoun, actuellement sont exploités en carrières par Somiphos immédiatement au Sud du massif du Djebel Onk, n'est distant que de 4 km de la ville de Bir El Ater [5].

Quatre gisements ont été découverts dans la région de Djebel Onk :

- \* Gisement de Djebel Onk Sud (Djemi-Djema et Kef Essennoun) ;
- \* Gisement d'Oued Bétita ;
- \* Gisement de Bled Hadba ;

\* Gisement de Djebel Onk Nord qui fera l'objet de notre étude .



Figure I. 3: Situation géographique de Bir El Ater.

### **I.2.5.Historique des recherches**

Les phosphates algériens ont été découverts à Boghari par Ph. THOMAS (1873), un peu avant les phosphates de Gafsa (1855).

Dans la période 1906 à 1907, L.JOLEAU a découvert le gisement de Djebel Onk avec la mise en évidence de deux couches phosphatées dans un ravin de l'Oued de DjemiDjema au Sud de Djebel Onk.

En 1912, M.D. DUSSERT a présenté les premières informations sur les gisements phosphatés algériens, des coupes lithologiques détaillées des gîtes de la zone de Djebel Onk ont été effectuées.

La prospection systématique a débuté par « la Compagnie des Phosphates de Constantine » en 1930. Cette compagnie a confirmé l'existence des réserves considérables, ce qui a amené à la création de la société de Djebel Onk (S.D.O) en 1936.

La connaissance sur la géologie régionale et des gisements progresse avec les études de R .LAFFITTE (1939), L .CAYEUX (1939, 1941 et 1950), et J .FLANDRIN (1948). En 1951, L .VISSE a étudié le gisement de phosphate du Djebel DjemiDjema et il reprend avec beaucoup de détails la stratigraphie.

A partir de 1960, dans le cadre de l'industrialisation de l'Algérie (plan de Constantine), le projet d'exploitation des phosphates est devenu prioritaire.

De 1961 à 1963, des essais de prospection radiométrique aéroportée ont été effectués sur les gisements du Djebel Onk (P. VOGT, A. BELHADJ, 1963).

Les études ont été reprises par G .RANCHIN (1963), il avait établi les cartes géologiques à l'échelle 1/5000. L'exploitation de Djemi-Djema a débuté en 1965 par la société de Djebel Onk (S.D.O), en se basant sur les données prévisionnelles de H .SERVAGEAN (1965).

De 1971 à 1974, les travaux de recherches et de prospection sur les phosphates de l'Est algérien ont été relancés par la SONAREM en s'appuyant sur un levé aéro-radiométrique (I .RUDOWICZ, 1975).

De 1985 à 1987, L'E.N. FERPHOS a confié à l'EREM les travaux de recherche et d'évaluation des ressources en phosphate de tous les gisements potentiels de la région de Djebel Onk. Ces importants travaux ont été réalisés avec la coopération Russe (Ex URSS).

En novembre 1989, l'E.N. FERPHOS fait connaître son cahier de charges, pour l'étude de développement du complexe phosphaté de Djebel Onk.

En Avril 1992, une signature du contrat entre l'E.N. FERPHOS et le consultant BRGM / SOFREMINES. Ce contrat concerne le rassemblement des éléments techniques et économiques permettant d'arrêter un projet de développement de l'exploitation des gisements de phosphates de Djebel Onk.

En 1993, BRGM a fourni un rapport d'expertise géologique de tous les gisements de Djebel Onk.

En 1999, ORGM a fourni un rapport d'exploration de la partie Nord du gisement de Bled El Hadba.

En 2015, ORGM a fourni un rapport de recherche géologique complémentaire du gisement de Bled El Hadba. En 2016 et 2017 DMT (bureau d'étude allemand) a réalisé une étude pluriannuelle des gisements de Djebel Onk Sud et Bled El Hadba [5].

### **I.2.6.Contexte géologique de Djebel Onk**

Les gisements de phosphates de la région de Djebel Onk sont d'âge Thanétien supérieur. La couche phosphatée a une épaisseur de l'ordre de 30 m. Ces terrains sont structurés régionalement en une suite d'anticlinaux et synclinaux fortement asymétriques et faillés dans leurs flancs, d'axes N80°E au Djebel Onk (Figure I.5) [7].



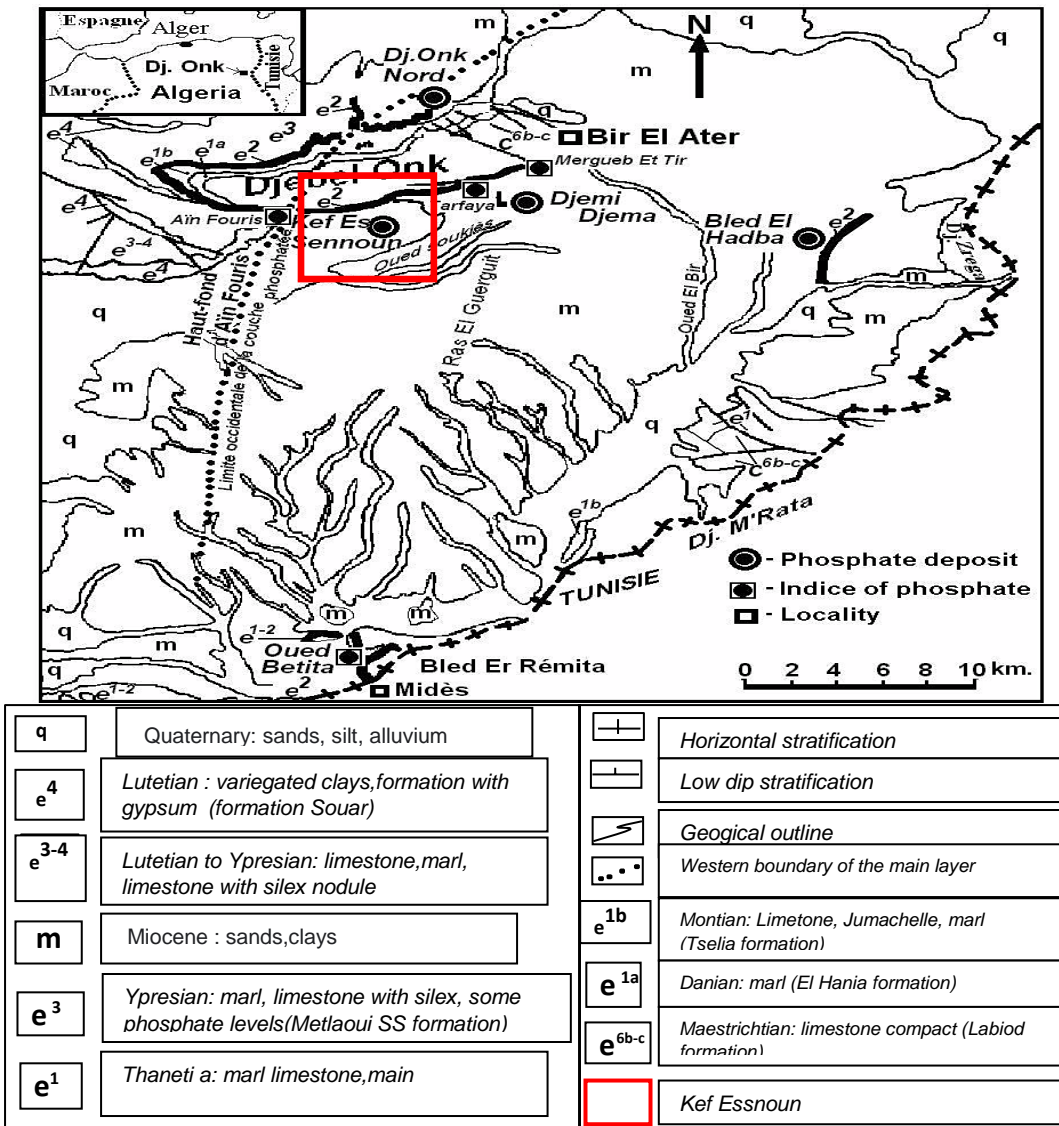


Figure I. 4: Localisation des sites de phosphate dans Djebel El Onk

Les principaux anticlinaux de la région, à cœur de Crétacé, sont ceux du Djebel Onk, du Djebel Zrega (à l'est, situé en Tunisie) et du Djebel Brikiss-Rmitta (au sud, également situé en Tunisie). ces structures majeures sont bordées par de petits anticlinaux à cœur de Paléocène supérieur - Eocène inférieur (Djebel Djemi Djema dans la région du Djebel Onk, Djebel El Karit dans la région du Djebel Brikiss). Tous ces anticlinaux, surélevés par des mouvements tectoniques d'âge Plio - Quaternaire, constituent des reliefs montagneux. Ils sont séparés par des zones synclinales plus basses comblées par les sédiments détritiques du Miocène et de Quaternaire.

### I.2.6.1. Stratigraphie

La série sédimentaire affleurante est exprimée par une succession stratigraphique allant du Crétacé supérieur (Maestrichtien) à l'Eocène moyen (Lutétien), surmontée par une série Sablo - Argileuse continentale datée du Miocène et du Quaternaire (Figure I.6) [7].

#### a. Crétacé

Représente les sédiments les plus anciens au cœur de l'anticlinal du Djebel Onk tectoniquement très accidentés, seuls les dépôts du Maestrichtien y affleurent. Ce dernier est caractérisé par des Calcaires blancs massifs avec des intercalations Marneuses.

### **b. Paléocène**

Est représenté par des sédiments marins assez épais.

#### **b.1. Danien**

Litho logiquement est subdivisée en deux sous étages

Inférieur et supérieur :

**1. Danien inférieur** : représenté par des argiles marneuses et schisteuses avec des fibres de gypse.

**2. Danien supérieur** : formé d'une alternance de calcaires et marnes calcaires.

**b.2. Montien** : Caractérisé par une minéralisation en Baryte - Céléstine, Calcaire avec bancs à Ostrea.

**b.3. Thanétien** : C'est l'horizon porteur de la minéralisation phosphatée principale.

Il est subdivisé en deux sous étages :

**1. Thanétien inférieur** : Représenté par des Marnes Schisteuses.

**2. Thanétien supérieur** : présente des phosphates pseudolithiques et cuprolithiques.

### **c. Eocène**

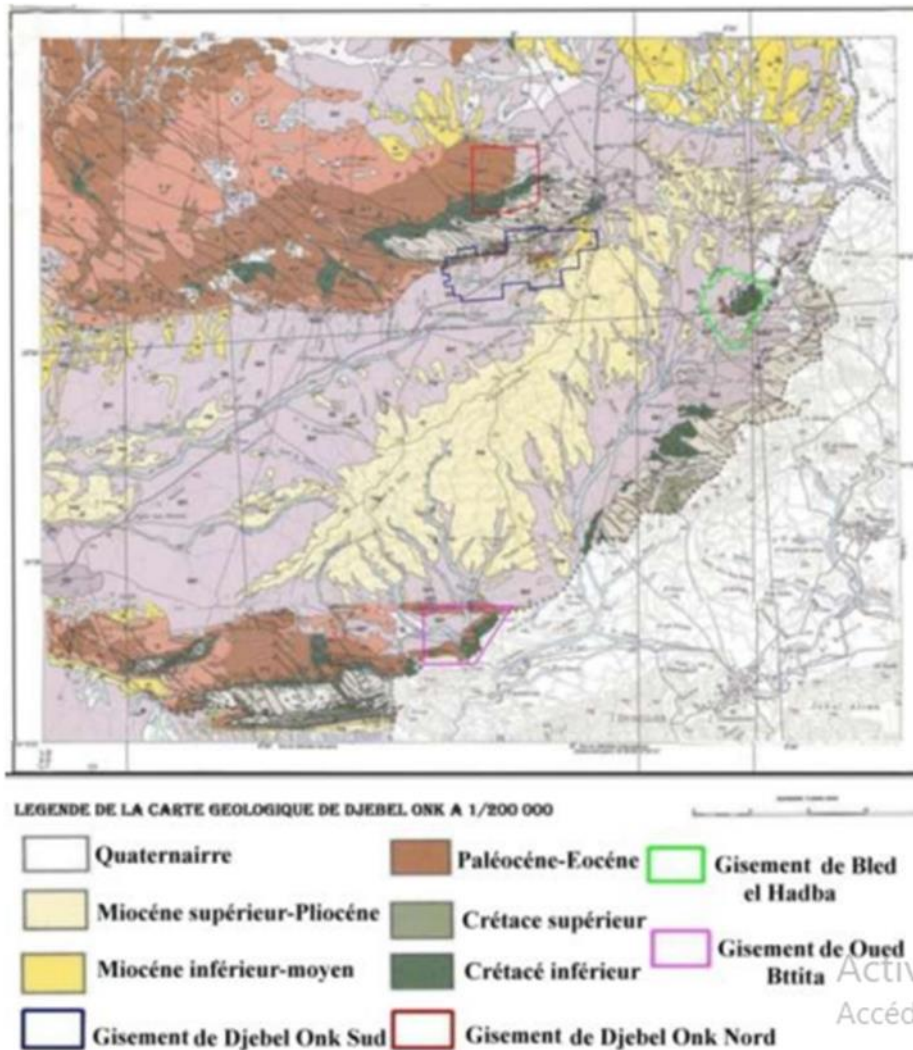


Figure I. 5:: Extrait de la carte géologique de Bir El Ater à partir de la carte géologique de l'Algérie (service géologique de l'Algérie, 2005)

**c.1. Yprésien** : Il repose directement sur les dépôts du Thanétien et prend une grande extension dans la région de Djebel Onk.

Il se subdivise en deux parties.

**1. Yprésien inférieur** : est représenté par des calcaires avec lentilles de silex et calcaire phosphaté.

**2. Yprésien supérieur** : est constitué par l'alternance de calcaires, calcaires dolomitiques et marnes.

**c.2. Lutétien** : Les formations de cet étage recourent en concordance les séries Yprésiens, on distingue de bas en haut :

**1. Lutétien inférieur** : est caractérisé par des Calcaires et dolomie avec géodes de quartz.

**2. Lutétien supérieur** : est caractérisé par la présence des gypses avec inter lits de Marnes évaporites.

**d. Miocène** : Constitué par trois formations lithologiques :

**1. Miocène inférieur** : est représenté essentiellement par des Conglomérats, des Sables avec des lits minces d'Argile Silteux.

**2. Miocène moyen** : est essentiellement Argileux, parfois Schisteux, avec des intercalations de Sables à grains fins et moyens.

**3. Miocène supérieur** : une série Sablo-Argilo-Conglomératique.

**e. Quaternaire** : Est essentiellement représentées par des éboulis de pente, de dépôts Sableux ; dépôts éoliens, des graviers et des dépôts alluviaux et fluviaux.

### **I.2.6.2. Tectonique**

La région de Djebel Onk appartient avec l'Atlas tunisien, à l'extrémité orientale de l'Atlas saharien.

La série du Crétacé supérieur à Eocène du bassin de Djebel Onk- Gafsa– Méthlaoui est structurée en une suite d'anticlinaux et synclinaux dissymétriques, généralement faillés dans leurs flancs d'axe le plus souvent SW-NE et décrochés par des accidents transverses N 120° à N 140° E.

La principale structure dans la région de Bir El Ater, est l'anticlinal de Djebel Onk, à cœur de Crétacé supérieur, allongé sur une vingtaine de Km et une largeur de 3 km.

Cet anticlinal fortement asymétrique, décrit par L .VISSE (1951) comme une flexure anticlinale Post - Pliocène, présente un flanc Nord à pendage faible, inférieur à 10° supportant le gisement de Djebel Onk Nord et un flanc sud à pendage fort, parfois vertical et même renversé.

A 750 m au Sud de l'anticlinal du Djebel Onk, culminant à 1198 m au Djebel Tarfaya, s'individualise le petit anticlinal surbaissé du Djebel Djemi-Djema avec une altitude de 883m.

Les deux structures anticlinales du Djebel Onk et du Djebel Djemi-Djema sont séparées par une cuvette synclinale effondrée, d'environ 1 km de largeur.

Les gisements de Bled El Hadba et de l'Oued Bétita présentent des contextes structuraux plus simples.

Ces gisements, à stratification faiblement inclinée, appartiennent respectivement aux flancs occidentaux des structures anticlinales du Djebel Zrega et Djebel Birkiss-Djebel Er-Rmita, à cœur de crétacé, qui se poursuivent en Tunisie dans la chaîne de Méthlaoui.

Dans ces deux gisements, la couche est perturbée par des accidents transverses.

Les zones anticlinales des Djebel Onk et Djemi-Djema, au Nord, sont séparées de celle des gisements de Bled El Hadba, à l'est et à l'Ouest de Bétita, au Sud, par une zone synclinale de 14 et 28 km de largeur, respectivement, comblée par les sédiments détritiques du Miocène et

du Quaternaire.

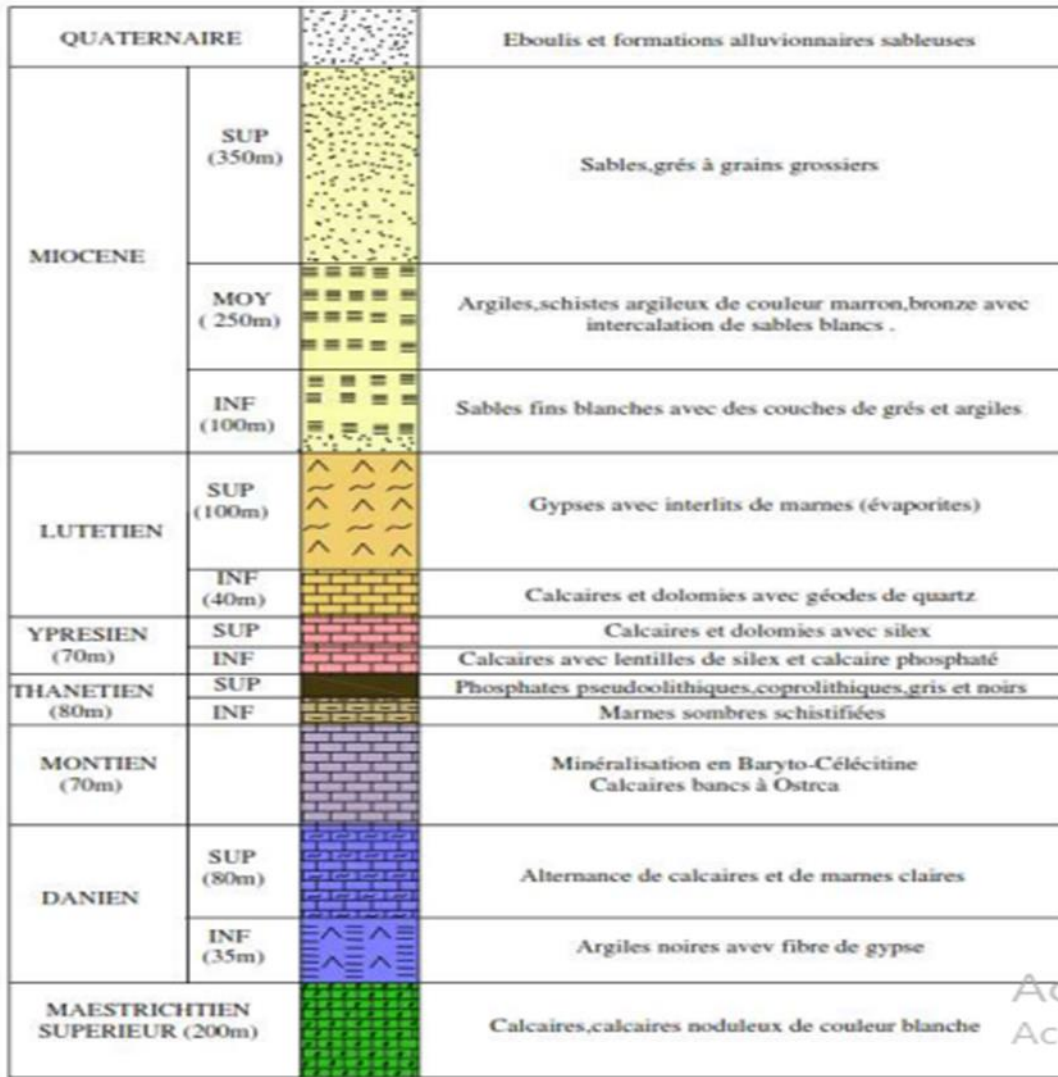


Figure I. 6: Colonne lithostratigraphique de la région de Djebel Onk (Complexe minier Djebel Onk)

Les anticlinaux des Djebel Onk, Djemi-Djema et Oued Betita sont localisés à la bordure de la flexure Sud atlasique qui correspond à une zone d'affrontement entre le domaine atlasique mobile et la plateforme saharienne stable.

Plus particulièrement, ils appartiennent à la branche Nord de la flexure, de direction E-W.

La disposition régionale des structures anticlinales et synclinales est liée à des mouvements en cisaillement dextres le long de la faille de Gafsa, orientée N120° E [7].

Les accidents transverses N 110° à 120° E, très abondants dans le bassin de Djebel Onk-Gafsa Métloui, constituent des structures pérennes ayant fonctionné depuis le Turonien (Figure I.7).

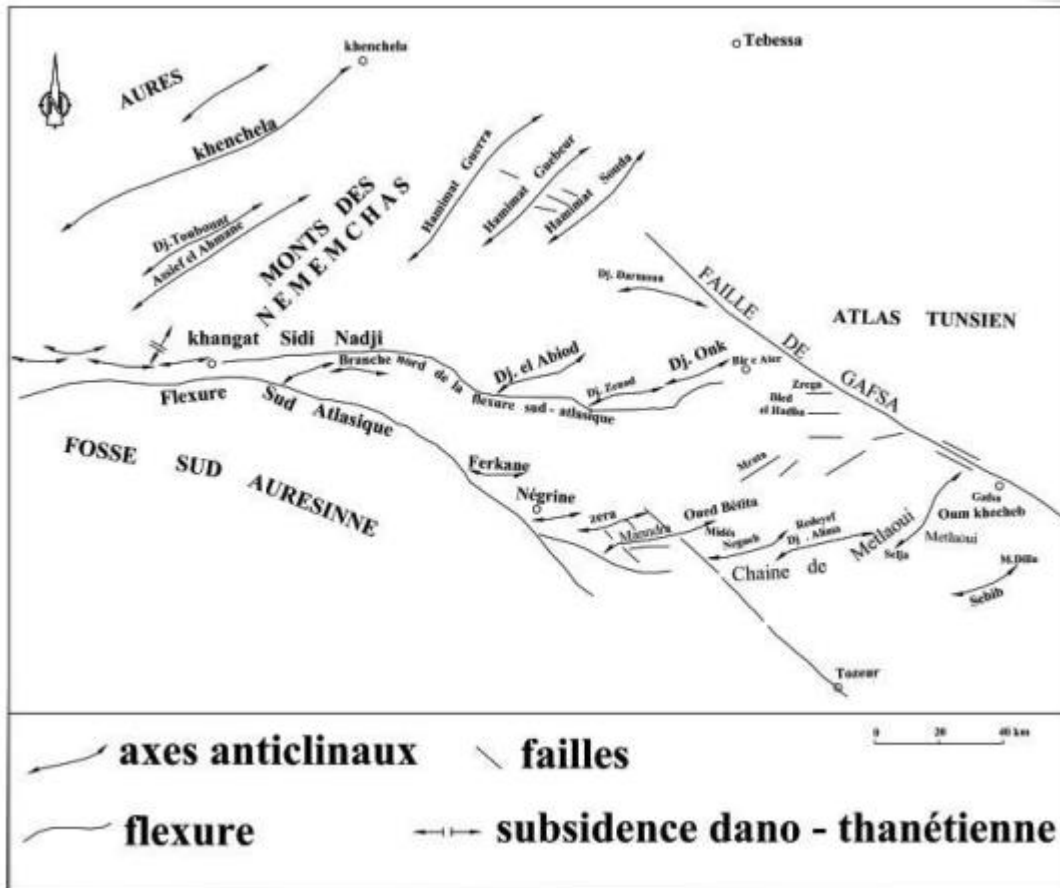


Figure I. 7: Situation structurale de la région du Djebel Onk à l'intérieur du bassin de Gafsa - Métloui – Onk (SONAREM 1978).

### I.2.7. Caractéristiques du phosphate de Djebel Onk

Dans la région de Djebel Onk le phosphate forme un groupe à part, ils sont présents surtout dans les formations du thanétien et de l'yprésien, ils ont une structure granulaire et à proportion plus ou moins grande, renfermant des oolithes et pseudo-oolithes, de la glauconite, du quartz, des coprolithes et des restes organiques d'invertébrés et de vertèbres. Ils sont cimentés par une substance carbonatée, calcite et dolomite. Leur couleur est grise ou gris foncée, plus rarement beige, ou noire. La couleur beige se rapporte surtout aux phosphates des zones d'affleurement et la couleur noire à ceux trouvant à la base de la série, au contact avec les marnes siliceuses sous-jacentes. Généralement les phosphates sont à grain fin par endroit, à grain gros et moyenne. Les phosphates de thanétien supérieure (le plus riche) ont une teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> plus élevée que ceux du thanétien inférieure et de l'yprésien (E.R.E.M, 1985 – 1987) [7].

### I.2.8. Ressources géologiques et réserves exploitables en phosphates de Djebel Onk

Les ressources géologiques et les réserves exploitables en potentiel phosphate de la région de Djebel Onk ont été évaluées par le bureau d'expertise allemand (DMT) en septembre 2016 (DMT Consulting GMBH, 2016).

Cette évaluation considère les ressources des gisements de Bled El Hadba et Djebel Onk Sud (DjemiDjema et Kef Es Sennoun) comme étant certifiées selon le code Australasien (Code JORC, Édition 2012) de Déclaration des résultats d'exploration, des ressources minérales et des réserves de minerai (DMT Consulting GMBH, 2016).

Les ressources des gisements d'Oued Bétita et Djebel Onk Nord nécessitent des prospections complémentaires pour leurs certifications [7].

Tableau I. 3: Ressources géologiques en phosphate des gisements de Djebel Onk

30/04/2023

Gisements	Catégorie de réserve	Mine à ciel ouvert	Mine souterraine	Total (t)	Hypothétique (t)	Total (t)
Djemi Djema	B1	68 935 761.03	/	422 935 761.03	185 150 000	608 085 761.03
	C1	31 000 000	/			
	C2	109 000 000	214 000 000			
Kef Essnoune	B1	142 473 694,1	/	291 473 694,1	188 500 000	479 973 694,1
	C1	/	50 000 000			
	C2	14 000 000	85 000 000			
Tarfaya	C2	14 000 000	/	14 000 000	/	14 000 000
Total de Djebel Onk Sud		379 409 455,13	349 000 000	728 409 455,13	373 650 000	1 102 059 455,13
Bled Elhadba	B1	210 772 096	/	737 784 315	151 387 630	889 171 945
	C1	232 515 209	/			
	C2	294 497 010	/			
Djebel Onk Nord	C1	31 000 000	61 000 000	92 000 000	/	92 000 000
Oued Betita	C2	/	125 000 000	125 000 000	50 000 000	175 000 000
TOTAL BEH-OB-DJ-O-N		768 784 315	186 000 000	954 784 315	201 387 630	1 156 171 945
TOTAL GENERAL		1 148 193 770,13	535 000 000	1 683 193 770,13	575 037 630	2 258 231 400,13

### **I.3.GEOLOGIE LOCALE DU GISEMENT DE DJEBEL ONK NORD**

#### **I.3.1.Situation géographique**

Le gisement est situé à 6km au Sud de la Ville de Bir El Ater, et à 2 km à l'Ouest du gisement de Djemidjema.

Topographiquement, la zone du gisement, située au pied du Djebel Kef Essenoun, constitue un plateau descendant en pente douce vers le Sud - Ouest.

Les cotes topographiques varient de 720m au Sud –Ouest à 810m au Nord-Est (dressant Nord) [5].

### **I.3.2.Historique de recherche**

Le gisement de Kef Essenoun a été reconnu en détail par l'EREM, au cours de l'année 1986, par 32 sondages carottés réalisés à la maille 250X300 m.

En outre, l'E.R.E.M a réalisé dans la zone des dressant 22 tranchées.

Des données plus anciennes proviennent des recherches réalisées par G.Ranchin en 1963 (puits, descenderie Dubuc, tranchées dans les dressant), ainsi que 3 sondages et tranchées des dressant réalisés par la SONAREM (1977-1979) [5].

### **I.3.3.Contexte Géologie**

Le gisement est situé dans le prolongement de la retombée méridionale de la flexure antiforme du Djebel Onk, dont la structuration majeure est due à la tectonique post-Miocène.

Litho logiquement, le gisement de Kef Essenoun est constitué de bas en haut, par la série calcaire-dolomitique à silex de l'Yprésien surmonté par les calcaires marneux du Lutétien, puis par les sables du Miocène, et les alluvions du Quaternaire.

La majeure partie du gisement est constituée par une couche unique de phosphate sombre, gris –noir, sans intercalation carbonatée stérile, vers le Nord-Est de gisement apparaît une couche de phosphate claire brun –beige oxyde sus-jacente à la couche de phosphate noir, la proportion des deux types de minerai est de 75% pour la première et 25% pour la deuxième [5].

#### **I.3.3.1.Lithostratigraphie**

La succession lithostratigraphique du gisement de Djebel Onk Nord est, dans ses grandes lignes, comparables à celle du gisement de djebel Onk Sud (Djem Djema et Kef Esennoun).

La différence essentielle concerne le faisceau phosphaté, dont l'épaisseur se réduit considérablement, et qui présente d'importantes variations latérales de faciès de l'Est vers l'Ouest (Figure I.9).

L'épaisseur totale de la couche minéralisée est décroissante d'Est en Ouest, en raison de son biseautage progressif sur le haut-fond d'Ain Fouris (FigureI.11).

L'épaisseur maximale du faisceau phosphaté est de 17 à 20m (sondages S-22N, S-23N, S-27N et S-30N).elle se réduit à moins de 10m vers l'Ouest, puis disparaît complètement à l'Ouest d'une ligne passant par les sondages S-1N - S-28N (Figure I.10).

Ce biseautage stratigraphique de la couche de phosphate prolonge vers le Nord celui mis en évidence au niveau des dressants d'Ain fouris.

Cette lacune de sédimentation du phosphate définit, cartographiquement, une limite d'extension Ouest de la couche de phosphate orientée globalement NE-SW (Figure I.11).

Cette direction est celle du haut-fond d'Ain Fouris. Vers l'Est, la couche disparaît également entièrement, non pas par lacune de sédimentation, mais par érosion anté - Miocène. Dans les sondages S-5N, S-10N, S-20N et S24N, les sables du Miocène reposent directement sur les marnes du mur du faisceau phosphaté.

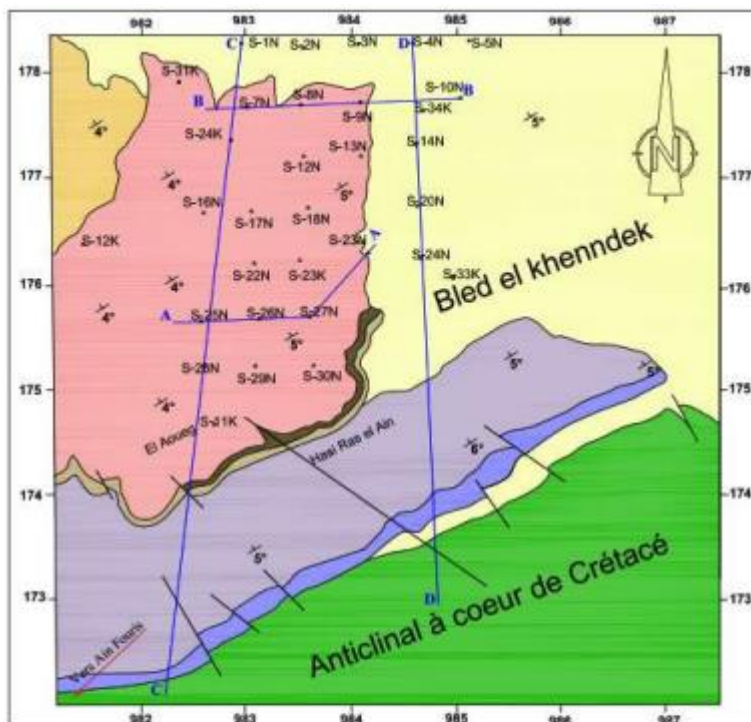


Cette surface d'érosion se manifeste déjà sur la bordure orientale du gisement, dans les sondages S-14N et S-23N où les calcaires yprésiens, supra-phosphates, ont entièrement disparu (érosion en biseau, de l'Ouest vers l'Est) (Figure I.12).

Le toit de la couche de phosphate est constitué par la série dolomitique, localement à silex et phosphates, caractérisant l'Yprésien. Son épaisseur est de 20 à 51m.

Vers l'Est la discordance d'érosion anté - miocène est responsable de l'érosion total de cette série dolomitique (sondages S-5N, S-10N, S-14N, S-15N, S-20N, S-23N, S-24N).

Au -dessus de l'yprésien, le Lutétien carbonaté et le Miocène sableux ne sont pas présents à l'aplomb du gisement de phosphate, mais seulement sur sa bordure Nord et Nord-ouest (Figures I : 8, 9, 10, et 11).



**Légende**

- Lutétien : calcaires, marnes, argiles, gypses.
- Quaternaire Miocène : sables, graviers, argiles.
- Yprésien : calcaires, marnes, dolomies, phosphates avec silex.
- Thanétien supérieur : phosphate.
- Thanétien inférieur : marnes.
- Montien : calcaires, marnes.
- Danien : calcaires, marnes, argiles.
- Maestrichtien : calcaires.
- Failles majeures.
- Coupe géologique.

<sup>1</sup>Sondage réalisé par l'EREM (1985-1987), <sup>2</sup>Sondage réalisé par SONAREM (1976-1978).

Figure I. 8: Extrait de la carte géologique de djebel Onk Nord (EREM, 1987) [7].

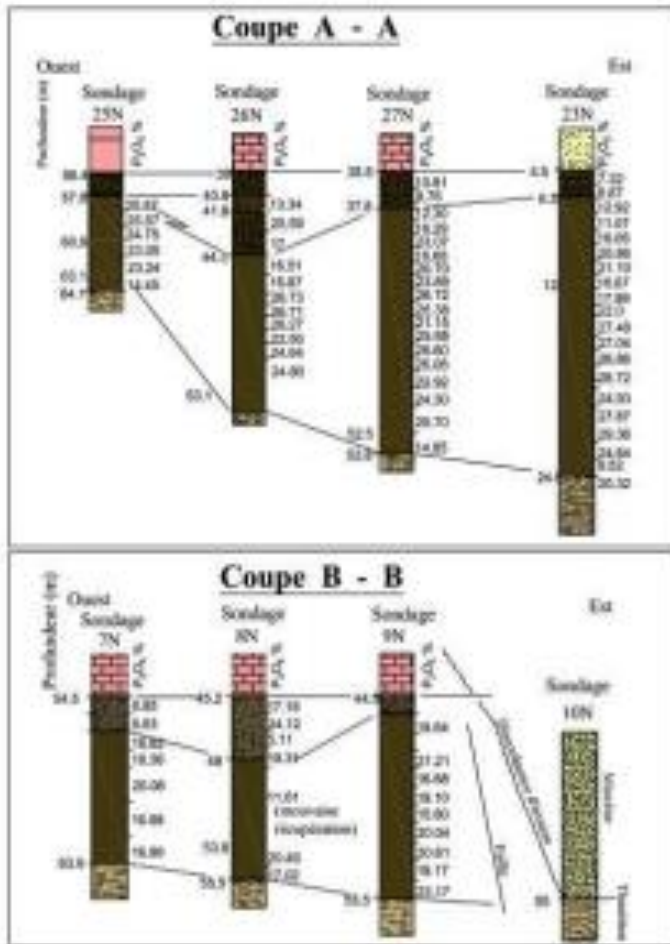


Figure I. 9: Coupes géologiques montrant les variations latérales Est – Ouest à l’intérieur du faisceau phosphaté [7].

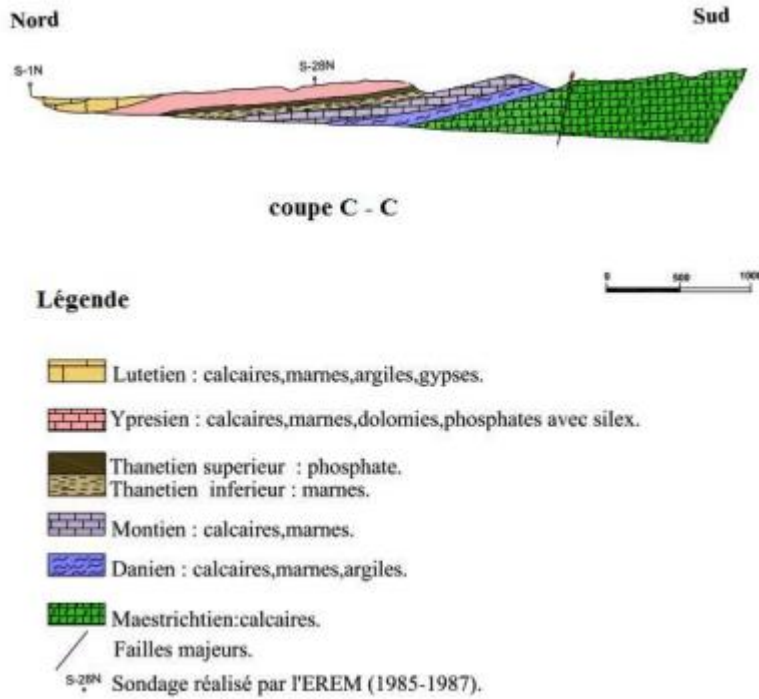


Figure I. 10: Coupe C – C montrant le biseautage stratigraphique de la couche phosphatée à l'Ouest [7].

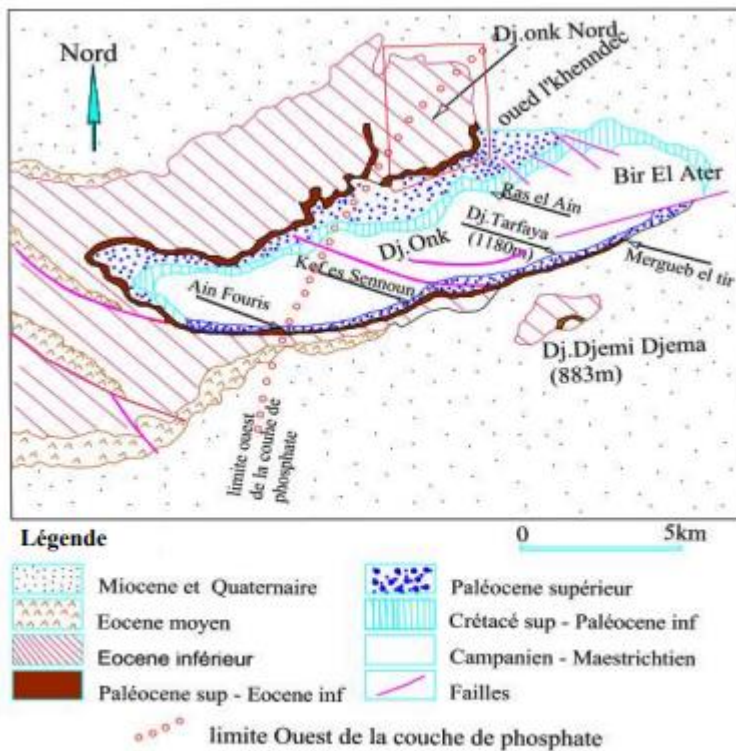


Figure I. 11: Carte géologique schématique du Djebel Onk gisements : Nord et Sud [7].

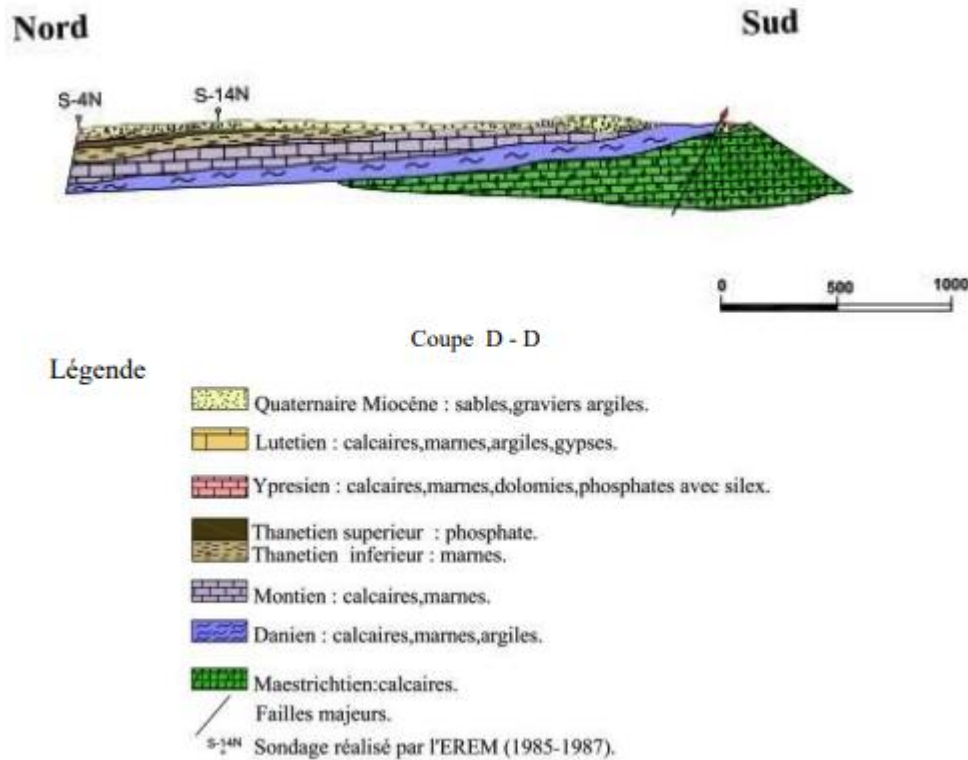


Figure I. 12: Coupe D – D montrant la disparation de la couche phosphatée vers l’Est [7].

### **I.3.3.2.Tectonique**

Le flanc Nord de l’anticlinal de Djebel Onk est faiblement incliné vers le Nord de 2 à 6°, par endroit seulement, le pendage atteint 10°, on observe, ici, toute une série de failles peu importantes dont la direction prédominante est NW-SE .leurs rejets sont de quelques mètres à plus de 10m, en général, ils sont de l’ordre de 2 à 3m, ce qui est visible, en plusieurs endroits, sur les pentes des vallées des oueds. On a également constaté une faille qui a pour effet la répétition des mêmes couches elle est située dans la zone d’affleurement des phosphates, à proximité de la tranchée Tr-16K.Le flanc Nord de l’anticlinal de Djebel Onk a une tectonique très compliquée ; il est affecté de failles parallèles qui ont remonté les couches de l’Yprésien par rapport à celles plus anciennes, ce qui a conduit à une inversion des pendages qui, sur ces terrains se dirigent vers le cœur de l’anticlinal (E.RE.M, 1985 – 1987).

### **I.3.4.Conclusion**

Le gisement de Kef Essennoun est situé dans le prolongement de la retombée méridional de la flexure antiforme du Djebel Onk. La structuration majeure est due à la tectonique post-Miocène. Il est caractérisé par un faciès phosphaté d'une épaisseur atteignant les 50m et un recouvrement de stérile constitué généralement par une série calcaïrodolomitique à silex de l'Yprésien surmonté localement par les calcaires de Lutétien puis par les sables du Miocène et les alluvions du Quaternaire. Son épaisseur totale varie de 40 m à 198 m. De plus, la région est caractérisée par un réseau hydrographique généralement sec.

**Chapitre II- Définitions relatives à la méthode  
d'exploitation et état actuel de la méthode  
d'application à Kef Essnoune**

## **II.1.DEFINITIONS RELATIVES A LA METHODE D'EXPLOITATION**

### **II.1.1.Introduction**

L'exploitation minière est l'une des activités les plus anciennes de l'humanité. Presque depuis le début de l'âge de pierre, il y a 2,5 millions d'années ou plus, elle a été la principale source de matériaux pour la fabrication d'outils.

On peut dire que l'exploitation minière est apparue lorsque les prédécesseurs des êtres humains ont commencé à récupérer certains types de roches pour les sculpter et fabriquer des outils. L'exploitation minière à ciel ouvert est le plus grand secteur minier et est utilisée pour plus de 60% des matériaux extraits. Il peut être utilisé pour n'importe quel matériau.

La méthode de l'exploitation à ciel ouvert concerne les gisements peu profonds.

Cette méthode exige d'importants capitaux (particulièrement à cause des équipements).

Cette méthode se caractérise aussi par de fortes productions (de grands tonnages extraits). Elle présente de nombreux avantages :

- faible cout d'exploitation ;
- productivité supérieur (quantité produite en unité de temps par personne) ;
- meilleure sécurité ;
- investissement de capital inférieur par tonne de matériaux stérile, minerai, mort terrain ;
- meilleure récupération des reverses du minerai lus considérables (les zones de basses teneurs incluses) ;
- possibilité d'utiliser des équipements plus puissants et plus.

### **II.1.2.Cycle de vie d'une mine :**

Dans le secteur minier, les délais entre les étapes sont longs et les investissements sont énormes.

La vie d'une mine à ciel ouvert se résume en :

- Travaux préparatoires comprenant la construction de la mine, c'est-à-dire l'accès, l'ouverture, le découpage et l'aménagement du terril ;
- Travaux d'exploitation et travaux de développement des travaux miniers, ces travaux concernent l'exploitation proprement dite, c'est-à-dire la production orientée suivant la stratégie de développement conçue (méthode adaptée d'exploitation) [8 ,9].

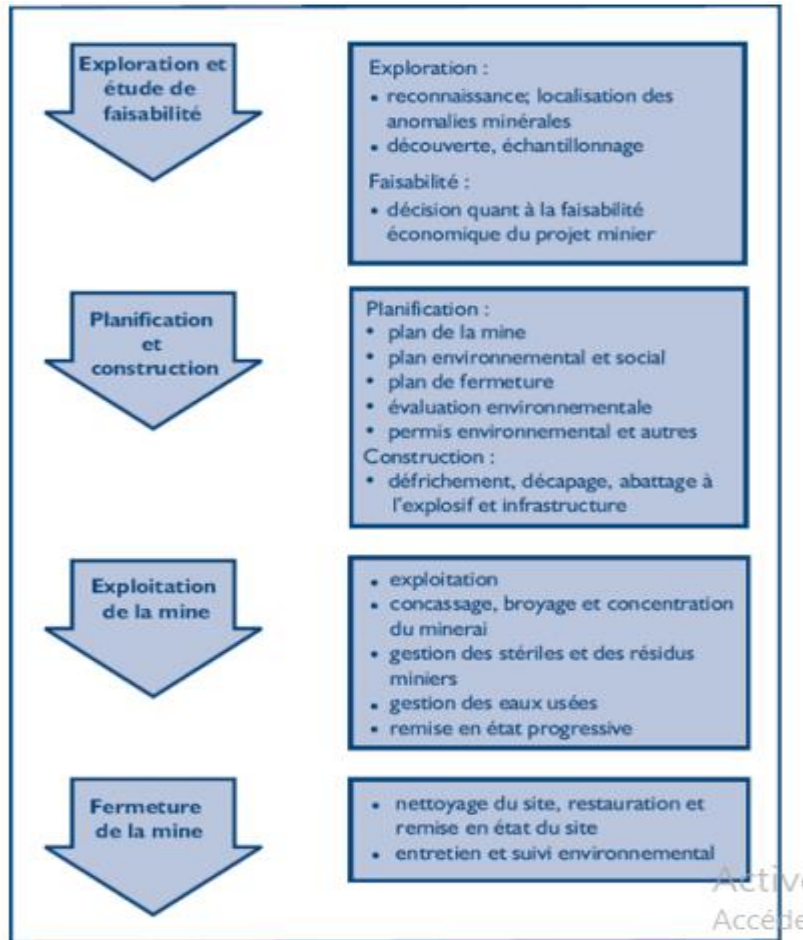


Figure II. 1 : La vie d'une mine.

### II.1.3. Définition d'une méthode d'exploitation des mines à ciel ouvert

Par définition l'exploitation à ciel ouvert consiste toujours à enlever les matériaux stériles qui surmontent le minerai dans une première phase (découverte), puis à récupérer le minerai dans une deuxième phase (exploitation proprement dite) [10].

V. Rjevsky (1968), a défini le système d'exploitation à ciel ouvert comme suit : « sous le système d'exploitation à ciel ouvert on accomplit un ordre bien déterminé d'exécution des travaux préparatoires, de découverte et d'exploitation, assurant pour le gisement donné la sécurité, l'économie et l'extraction la plus complète des réserves exploitable de minerai ».

Par analogie avec l'exploitation souterraine, les méthodes d'exploitation à ciel ouvert peuvent être définies comme étant l'ordre d'exécution dans le temps et l'espace d'un ensemble déterminé de travaux d'enlèvement des stériles et du minerai, établi pour des conditions déterminées. Cet ordre dépend de la variété du nombre des appareils utilisés pour les travaux d'enlèvement des stériles et du minerai et de l'organisation de ces derniers [11].

### II.1.4. Classification des méthodes d'exploitation

II.1.4.1. selon la forme des gisements Il existe deux types principaux dans l'exploitation d'une mine à ciel ouvert :

- l'exploitation par découverte ;



- l'exploitation par fosse.

**a) exploitation par découvert**

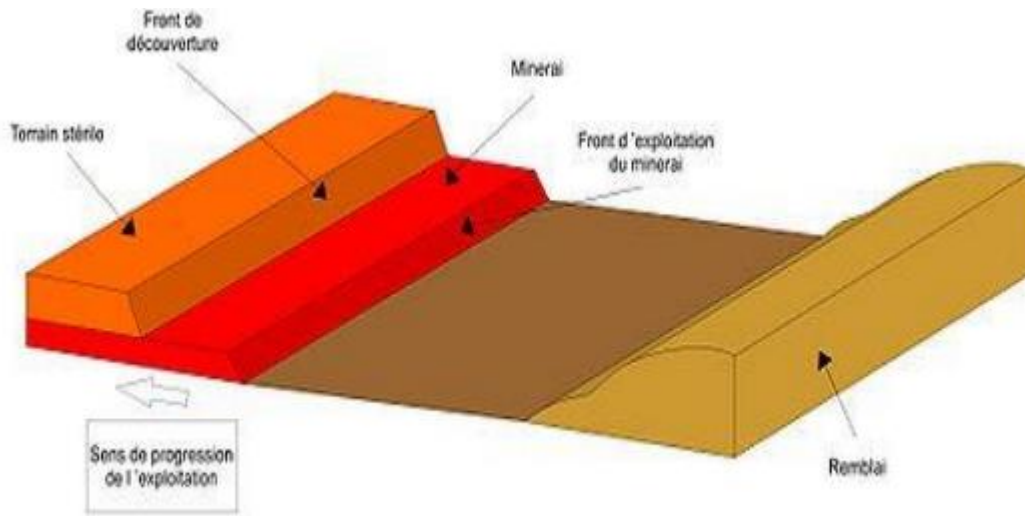


Figure II. 2 : Schéma de l'exploitation par découvert.

Cette méthode s'applique aux gisements stratiformes, peu profonds et s'étendant fortement horizontalement.

Une tranchée ouverte est créée dans le recouvrement stérile sur la largeur totale à exploiter (elle est élargie progressivement vers les extrémités qui constituent le front de découverte) jusqu'au début de la surface de minéralisation : c'est la découverte. Ce procédé est continu, l'extraction et l'évacuation s'enchaînant.

L'exploitation du minerai se fait à partir d'une tranche initiale qui progresse parallèlement à la découverte (front d'exploitation), les stériles étant remis en place au fur et à mesure pour combler l'excavation (front de remblayage).

**b) exploitation par fosse**

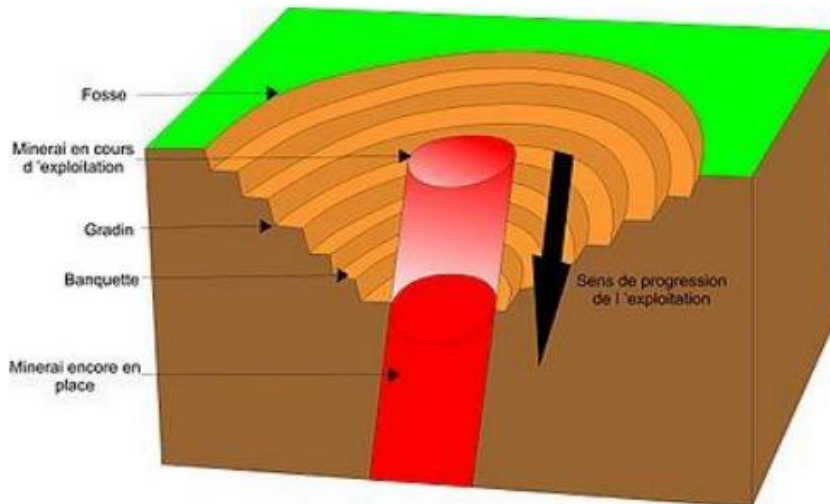


Figure II. 3 : Schéma de l'exploitation par fosse.

Cette méthode s'applique à l'extraction de minerai encaissé dans des roches dures, disséminé ou en veines profondes avec une extension latérale réduite.

Elle est réservée aux filons, aux couches fortement pentées et aux amas. Ainsi, dans ce type d'exploitation, la découverte va porter sur tout le volume du cône qui constitue la fosse.

Tous les matériaux stériles sont évacués hors de la fosse et stockés (pour remblayer éventuellement le trou).

Les parois de la fosse, pour des raisons de sécurité, doivent avoir une inclinaison horizontale limitée entre  $30^\circ$  et  $70^\circ$ , cette valeur variant selon la nature de la roche.

Seulement, le taux de découverte va s'accroître très vite avec la profondeur (plus la profondeur augmente, plus le cône augmente, impactant fortement sur la découverte totale), ce qui limite l'intérêt économique de la méthode.

Celle-ci est basée sur les modes de déplacement des roches de recouvrement au terril, la méthode utilisée dans la mine de Kef Essnoute est celle avec transport où les déblais sont transportés par des camions vers des terrils intérieurs ou extérieurs [8].

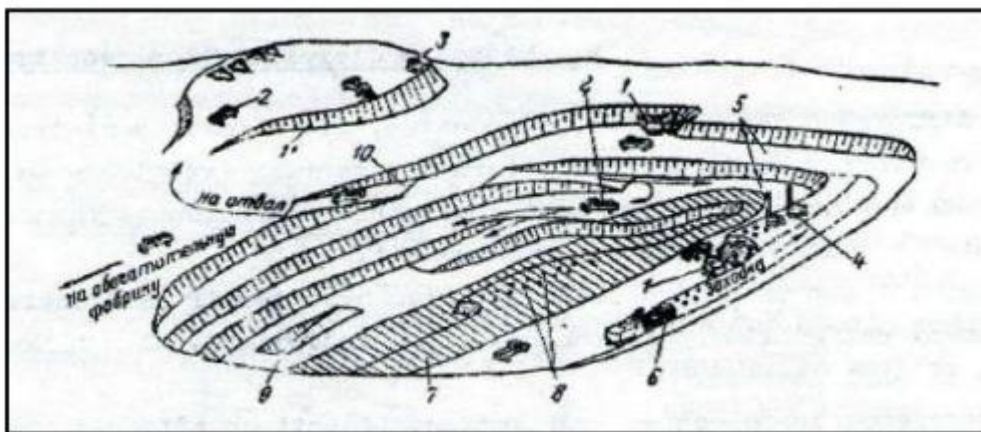


Figure II. 4 : Méthode d'exploitation avec transport par camions [10].

**II.1.4.2. Classification des méthodes d'exploitation à ciel ouvert (d'après E. Chechko)**

Dans l'exploitation à ciel ouvert, les moyens mis en œuvre pour déplacer les stériles déterminent les principaux paramètres de la méthode d'exploitation: la hauteur et le nombre de gradins au stérile, la largeur des plates-formes de travail, le nombre de rampes de liaison pour le transport, le nombre d'attaques (front de taille), l'ordre et le rythme de déplacement du front des travaux, la quantité de réserves découvertes et préparées, etc. La classification des méthodes d'exploitation à ciel ouvert figure dans le tableau ci-dessous [12].

Tableau II. 1 : La classification des méthodes d'exploitation à ciel ouvert (d'après E. Chechko) [12].

Méthodes	Principes des Méthodes	Cas d'emploi	Matériel d'exploitation et de transport
Méthode dite sans transport a) simple b) avec remaniement des déblais au terril	Les déblais sont rejetés dans des terrils intérieurs directement par les excavateurs ; les déblais peuvent être ensuite remaniés dans les terrils	Couches horizontales ou peu inclinées de puissance limitée ; les recouvrements sont de dureté moyenne et de puissance limitée. Couches à moyen et à fort pendage incluses dans des terrains tendres, situées à faible profondeur, ce qui permet de remanier 2 et 3 fois les déblais au moyen d'excavateurs	Excavateurs, pelles mécaniques et draglines dont les organes de travail, conçus spécialement, sont de grandes dimensions ; pas d'engins de transport
Méthode avec emploi d'engins de transfert	Les déblais sont rejetés dans des terrils intérieurs au moyen d'engins de transferts mobiles (ponts de transfert et sauterelles)	Couches horizontales et peu inclinées, recouvrements meubles et tendres	Excavateurs à godets multiples et pelles mécaniques ; ponts de transfert et sauterelles mobiles
Méthode dite spéciale	Les déblais sont évacués au moyen des engins suivants : excavateurs à tourelle, scrapers à roues, appareils hydromécaniques,	' Couches horizontales ou peu inclinées ; recouvrements tendres ou meubles. Lorsqu'on emploie les grues, couches à fort pendage incluses dans	Excavateurs à câble, scrapers à roues ; pas d'engins de transport ; monitors et installation de pompage pour les déblais ; grues

**Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnour**

	grues	des terrains durs	
Méthode avec transport des déblais	Les déblais sont transportés par locomotives et wagons vers des terrils extérieurs ou intérieurs	Toutes formes de gisement et toutes duretés des recouvrements	Excavateurs de tous types ; locomotives et wagons ou camions
Méthodes mixtes	Les déblais provenant des gradins supérieurs sont transportés jusqu'aux terrils intérieurs ou extérieurs ; les déblais provenant des gradins inférieurs sont rejetés dans des terrils intérieurs au moyen d'excavateurs ou d'engins transfert ;	Couches horizontales ou peu inclinées de puissance limitée ; recouvrements tendres, meubles ou de dureté moyenne	Excavateurs de tous types pour les gradins supérieurs et excavateurs à organes de travail de grandes dimensions pour les gradins inférieurs locomotives et wagons ou camions ; engins de transfert

**II.1.4.3. Classification des systèmes d'exploitation (d'après Arsentiev)**

Selon la disposition dans l'espace des zones minéralisées, on peut utiliser deux méthodes : la fosse et la découverte [12].

Tableau II. 2 : La Classification des systèmes d'exploitation (d'après Arsentiev) [12].

Excavation des gradins	Direction de déplacement Du front des travaux	Terrils	Gradins	Etat du chantier
Fosse				
Passes (enlevures) : Longitudinales Tempéré Transversales Diagonales Circulaires	A côté unique : parallèle	Extérieurs Intérieurs	Horizontaux	Rude Inclinés
	éventail	Combinés		

Radiales Combinées	Deux côtés : parallèle Eventail côtés multiples			
Découverte				
Passes (enlevures) : Longitudinales Transversales Diagonales Circulaires Radiales Combinées	A côté unique : Parallèle Eventail Deux côtés : Parallèle Eventail côtés multiples Suivant pendage Suivant étendue	Extérieurs Intérieurs avec transfert unique des roches ; avec plusieurs fois transfert des roches ; avec déplacement longitudinal des roches.	Horizontaux Inclinés Combinés	Rude Tempéré

### II.1.5. Paramètres de la méthode d'exploitation

Les principaux paramètres de la méthode d'exploitation sont :

- ❖ Hauteur de gradin.
- ❖ Largeur de plate -forme de travail.
- ❖ Vitesse de progression du chantier.

Les éléments sont commandés par la nature de gisement et dans une large mesure par les engins de déblayement.

➤ **Hauteur de gradin :**

Lors de la détermination de la hauteur du gradin, on tient compte de quelque facteur comme la sécurité des travaux miniers et la capacité de mine et les caractéristiques de gisement.

Elle se calcule par la formule suivante :

- pour les roches tendres :  $h \leq h_{cmax}$
- pour les roches dures :  $h \leq 1,5 h_{cmax}$

$h_{cmax}$  : hauteur de creusement maximale de l'excavateur exprimée en mètres.

➤ **La largeur de plate-forme de travail :**

La largeur de la plateforme de travail sert à la disposition des équipements miniers. Elle se détermine à l'aide des propriétés physiques et mécaniques des roches, le tas de roches abattus, les dimensions des engins utilisées, lors d'exploitation en fosse la largeur est

minimisée pour réduire le taux de découverte, suffisamment pour qu'elle assure les bonnes conditions de travail des équipements pour atteindre un rendement satisfaisant.

En terrain tendre la largeur de la plateforme de travail se calcul avec la formule suivante :

$$L_{pt} = A + C + T + Z \dots\dots\dots (II.1)$$

Lorsque l'abattage se fait à l'explosif, la largeur minimale se calcule par la formule suivante :

$$L_{pt} = A + X + C + T + Z \dots\dots\dots (II.2)$$

A : largeur de l'enlevure, m

C : distance entre l'arrête inférieur du gradin et la berme de transport, m

T : largeur de la chaussée de transport, m

Z : prisme d'éboulement

$\gamma$ : Angle du talus stable

$\alpha$  : angle du talus du gradin

X : largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlevure,

n : nombre de rangées

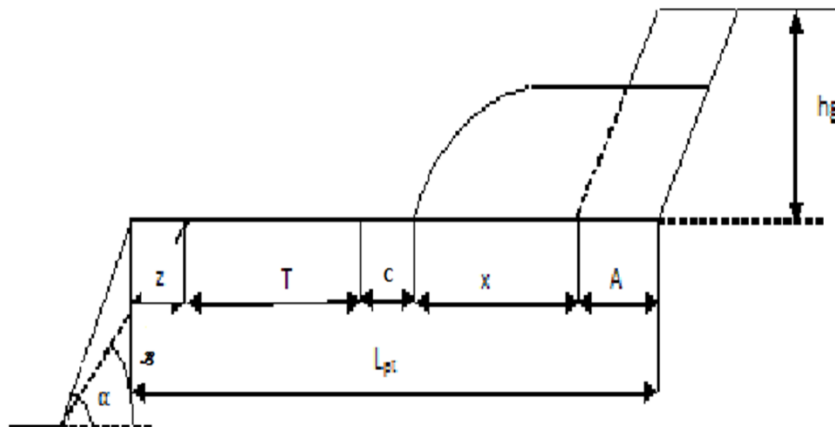


Schéma technologique de la plateforme de travail

Figure II. 5 : La largeur de la plateforme de travail lors de l'abattage à l'explosif.

➤ **Progression de travail :**

**1-Le sens de progression :**

Le sens de progression de travail dans une mine a ciel ouvert dépend de la morphologie du gisement à exploiter et de la capacité de production.

Les schémas technologiques de front de taille appliqués sont :

1-longitudinal

2- transversal

3-en éventail

4-annulaire

## **2-La vitesse de progression :**

La vitesse de déplacement d'un chantier de travail dépend de la largeur d'enlèvement et du rendement des moyens de chargement ; elle est déterminée par la formule :

$$V_{cha} = \frac{Qch}{A.Hg} \quad ; \text{ (m/poste)..... (II.3)}$$

Qch : rendement de la chargeuse ; m<sup>3</sup> /poste.

A : largeur d'enlèvement : m.

### **II.1.6.Processus Technologiques de l'exploitation**

On distingue en découvertes les processus suivants :

1. Abattage
2. Chargement
3. Transport
4. Mise à terril

### **II.1.7.Critères de choix du bloc**

- Eloignement des zones d'habitation ;
- Les affleurements sont plus importants dans cette zone (partie Est) ;
- L'épaisseur moyenne de la couche de stérile est entre 10 à 35 m [1] ;

### **II.1.8.Critères de choix d'accès au bloc d'exploitation**

- Taux de découverte : il doit être minimal pendant les travaux préparatoires et la mise en exploitation ;
- La puissance de la couche productive ;
- La teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et MgO : les teneurs moyennes doivent être acceptables par la chaîne de traitement ;
- Minimum de dépenses des travaux d'ouvertures ;
- L'hydrogéologie : Présence des oueds et les venues d'eau ;
- La mise à terrils [1] ;

### **II.1.9.Planning d'exploitation**

Tableau II. 3 : Répartition mensuelle des objectifs 2023

**Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnoune**

DESIGNATION	Stérile	Phosphate	Taux de découverte(T/T)	Masse rocheuse Tonnes
Janvier	850000	238000	3.57	1088000
Février	770000	214000	3.59	984000
Mars	850000	238000	3.57	1088000
Avril	820000	230000	3.56	1050000
Mai	850000	238000	3.57	1088000
Juin	820000	230000	3.56	1050000
Juillet	850000	238000	3.57	1088000
Août	850000	238000	3.57	1088000
Septembre	820000	230000	3.56	1050000
Octobre	850000	238000	3.57	1088000
Novembre	820000	230000	3.56	1050000
Décembre	850000	238000	3.57	1088000
Total	10000000	2800000	3.56	12800000

### II.1.10.Moyens matériels

#### a- Le terrassement

Les travaux de terrassement de Kef Essnoune est exécutée à l'aide d'un bulldozer de marque (Caterpillar ; Liebherr ; Dressta) et aussi à l'aide des niveleuses de marque (Caterpillar).

Tableau II. 4 : Les engins de terrassement programmé en 2023 [5].

Désignation	Phosphate	Stérile
Nombre	CAT 659/ LIBHERR 639	Dressta (638, 641, 642,643)
Régime de travail	3*8 continu	3*8 continu
Taux de disponibilité (TD)	CAT 659 (60 %)/ LIEB 639 (90 %)	90%
Rendement horaire (Rh)	400H	500h

#### b- Foration

C'est pour avoir cet objectif que Djebel Onk a opté pour des sondeuses hydrauliques de marque (ATLAS COPCO) pour forer les trous de mine. Cette machine utilise la méthode de forage par roto percutant, marteau perforateur en fond de trou.

Tableau II. 5 : Les sondeuses programmées pour l'exercice 2023 [5].

Désignation	Phosphate	Stérile
La marque	Atlas Copco	Atlas Copco



**Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnour**

Nomenclature	739 et 745	753 et 754
Régime de travail	2*8 continu	2*8 continu
Taux de disponibilité (TD)	50%	90%
Rendement métrique T/m	38	38
Rendement horaire m/h	43	43

**c- Chargement**

Les travaux d'extraction et de chargement consistent en abattage des roches du massif vierge ou préalablement ameubli et leur chargement dans les engins de transport ; Au niveau de la mine de Kef Essennoun, les engins utilisés pour l'extraction et chargement des roches préalablement abattues par travaux de forage et de tir sont les pelles hydrauliques sur chenilles. La mine de Kef Essennoun possède des pelles en butte de marque Liebherr ; aussi des pelles en rétro de marque Caterpillar

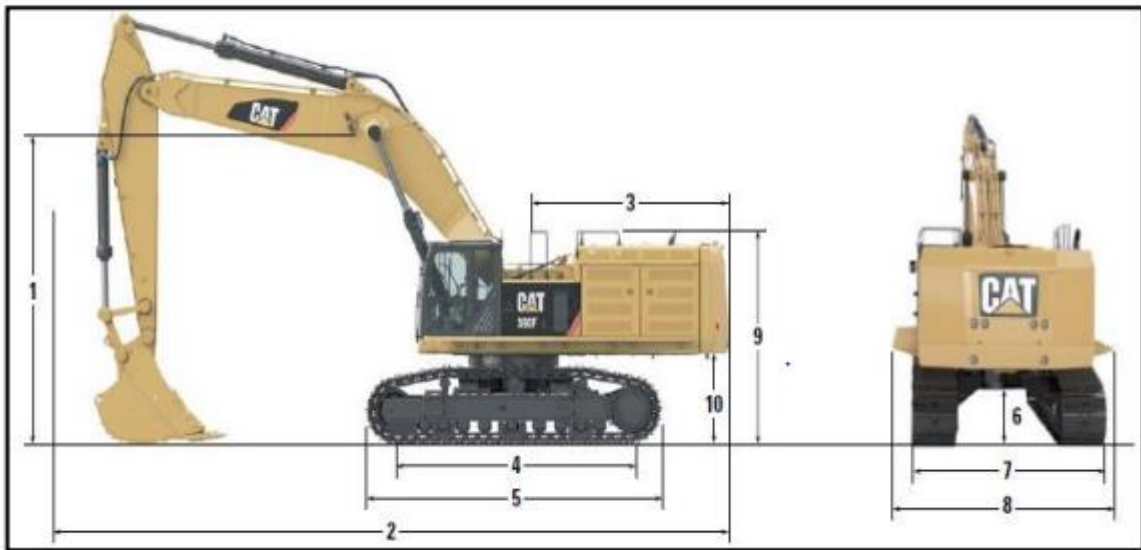


Figure II. 6 : pelle Caterpillar

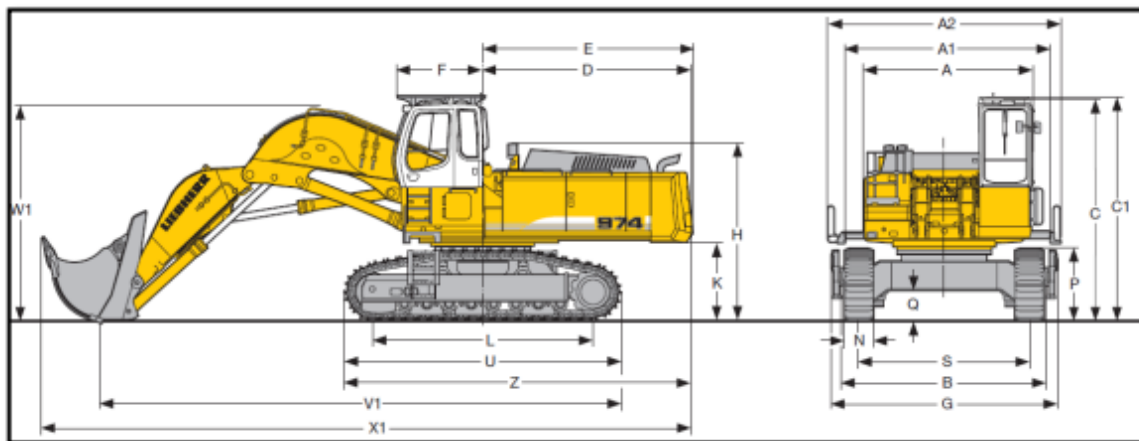


Figure II. 7 : pelle Liebherr

Tableau II. 6 : Les engins de chargements programmés en 2023 [5].

DESIGNATION	Phosphate	Stérile
Nombre En activité	Pelle 618	Pelle 624
	Pelle 627	Pelle 625
	/	Pelle 626
	/	Pelle 619
Nombre En réserve	Pelle 616	Pelle 616
	Chargeuse621	Pelle 613
	Chargeuse 620	Pelle614
Régime de travail	3*8	3*8
Taux de disponibilité En activité	70%	70%
Taux de disponibilité En réserve	60%	80%LIEBHERR
		50%CAT

**d- Transport :**

Le nombre des camions programmés par l'entreprise pour atteindre la production planifiée (phosphate et stérile) sont représenté dans le tableau

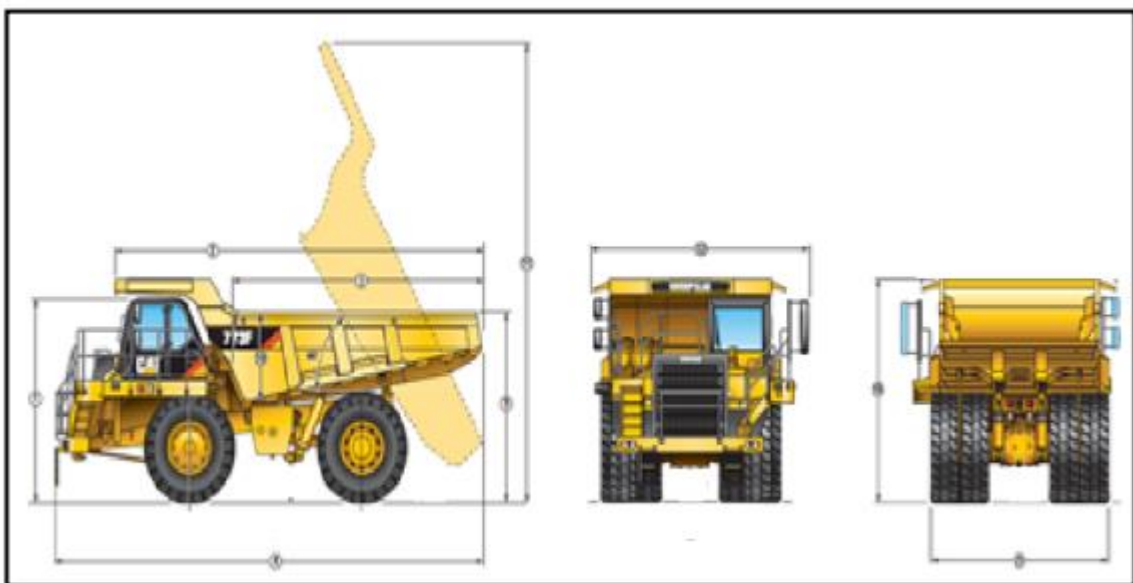


Figure II. 8 : camions Caterpillar 773F

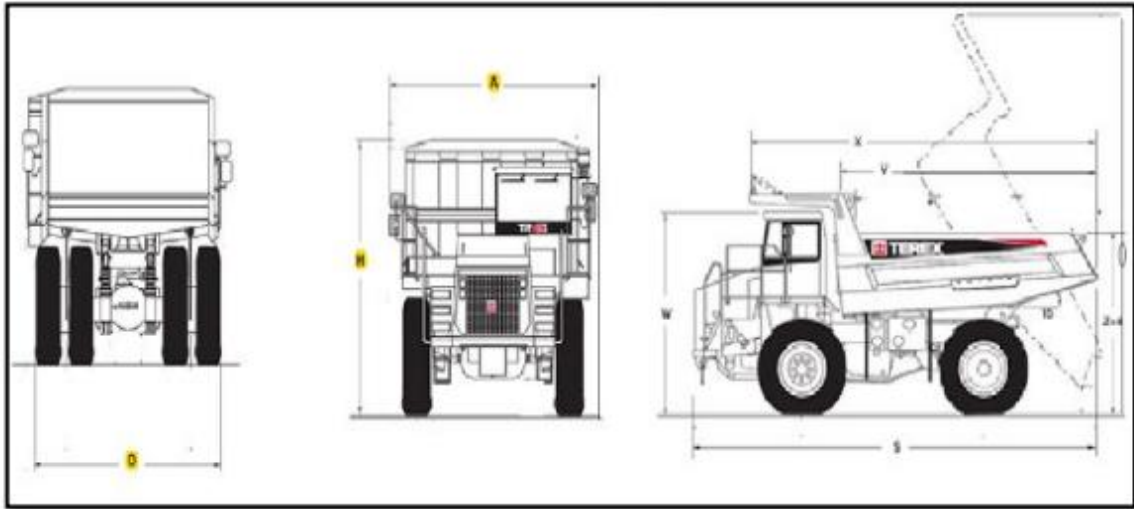


Figure II. 9 : camions Terex TR60

Tableau II. 7 : Les camions programmés en 2023 [5].

DESIGNATION	Stérile	Phosphate
Nombre En Activité	Cat 576	Terex 594
	Cat 577	
	Cat 579	
	Cat 580	Terex 595
	Cat 581	
	Cat 584	Terex 596
	Cat 586	
	Cat 587	
	Terex 800	Terex 597
	Terex 801	
	Terex 802	
	Terex 803	
Nombre En Réserve	Cat 591	/
	Cat 592	
	Cat 593	

Taux de disponibilité TD	Cat 60%	80%
	Terex 80%	
Rendement horaire	200 T/H	100 T/H 1

### **II.1.11.Taux de découverte de la couche de phosphate productive**

Le recouvrement est constitué par des calcaires domotiques surmontées par une couche de sable du miocène en allant vers l'ouest.

L'épaisseur de recouvrement augmente progressivement de l'est vers l'ouest à partir de la bande d'affleurement du faisceau phosphaté sur toute la bordure orientale du gisement le recouvrement en majorité calcaire est d'une épaisseur inférieure à 30m dans cette zone le taux de découverte ne dépasse pas 1.

Le taux de découverte du gisement de Djebel Onk Sud (Djem Djema et Kef Essnoue) est inférieur à 3.56 pour les réserves de 812 MT circonscrites dans toute la zone reconnues par les sondages.

La couche productive est représentée par des phospharénites grises noires, d'épaisseur variant de 22m au Nord – Est à 43m au Sud- Ouest [5].

### **II.1.12.Répartition des réserves en fonction du taux de découverte**

Compte tenu de la remarque faite précédemment sur la couche de phosphate sommitale il est plus logique d'exprimer les réserves de cette couche séparément par rapport à la couche complète du faisceau phosphaté [1].

- La couche sommitale

De 1 à 4m d'épaisseur, au – dessus de la couche de phospharénites, présente un faciès dur, hétérogène, fin et grossier, coprolithique et coquillier. Les grains de phosphate fins (100 à 200  $\mu\text{m}$ ) sont prépondérants, mais voisinent avec de gros coprolithes qui peuvent atteindre 2 à 6mm, même plus. Le ciment est abondant, essentiellement dolomitique (rhomboèdres bien calibrés de 50 à 100  $\mu\text{m}$ ), avec quelques plages de calcite spathique [7].

- La couche principale de phospharénites

Les épaisseurs les plus importantes sont localisées dans la partie orientale du gisement, à proximité de la zone d'affleurement de la couche. L'épaisseur maximale est de 14m (sondage S30N).dans toute la partie ouest du gisement, la couche de phospharénites présente une épaisseur comprise entre 0 et 10m.pétrographiquement, les phospharénites de la couche principale sont assez semblables à celles du gisement de Djebel Onk Sud (DjemiDjema et Kef Es Sennoun. Leur couleur est généralement claire (brun-beige), mais peut aussi parfois être sombre (gris clair) comme dans les sondages S-8N, S-16N, S-17N et S-25N).les grains de phosphate (pseudoolithes, pellets et débris osseux) sont bien calibrés (100 à 200  $\mu\text{m}$ ) et sont noyés dans un ciment dolomitique constitué de rhomboèdres de dolomite de 50 à 100  $\mu\text{m}$ . Chimiquement, les phospharénites à grains jointifs, à sub-jointifs, présentent de bonnes teneurs en P2O5 (24 à 26%) [7].

- La couche basale

Quand elle est exprimée (sondages 21N ,22N...), est une couche de minerai fin, fortement carbonaté, assez dure, pouvant atteindre jusqu'à 3m d'épaisseur, présentent de faibles teneurs en P2O5 (15 à 20% P2O5) [7].

### **II.1.13.Critères du choix du sens d'ouverture du gisement**

Les critères de choix du sens d'ouverture du gisement sont [1] :

- Taux de découverte ;

Il doit être minimal pendant les travaux préparatoires et la mise en exploitation du gite.

- Puissance de la couche productive ;
- Teneur en P2O5 et MgO ;

Les teneurs moyennes doivent être acceptables par la chaîne de traitement.

- Mise à terre ;

Il est nécessaire de penser aux espaces libres pour leur utilisation comme décharge.

- Importance de la couche de sable ;
- Minimum de dépenses pour les travaux d'ouverture ;
- Eviter les venues d'eau ;

### **II.1.14.les différents sens d'ouverture**

Les différents sens d'ouverture du gisement de KEF ESNOUNE sont les suivants :

- Sens Nord– Ouest Cote Ouest
- Sens Nord– Ouest Cote Est

### **II.1.15.Ouverture du gisement**

#### **II.1.15.1.Généralités**

L'ouverture du gisement est le creusement des excavations spéciales et elle a pour but de réaliser l'accès aux moyens de transport de la superficie vers les niveaux de travail.

Elle consiste à creuser des tranchées plus ou moins inclinées qui sont appelées les tranchées d'accès ou bien principales.

Le choix du mode d'ouverture dépend de plusieurs facteurs tels que :

- Le relief de la surface du sol ;
- Les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du gisement ;
- Les dimensions du champ de la carrière (longueur, largeur, profondeur) ;
- La méthode d'exploitation du gisement ;
- La mécanisation des travaux miniers ;
- Le rendement de la carrière ;

Le choix du mode d'ouverture fait grande partie du projet de la mine et détermine les indices technico-économiques de l'entreprise, il faut choisir le schéma d'ouverture qui assure le fonctionnement des engins au régime favorable et l'exploitation du gisement la plus rentable.

Dans tous les cas les modes d'ouvertures doivent présenter :

- Sécurité de travail ;
- Productivité de la mine ;
- Economie de travail ;
- Le prix de revient doit être le plus bas possible [9];

### **II.1.15.2.Mode d'ouverture du gisement de Kef Essnoune**

Le mode d'ouverture du gisement de Kef Essnoune consiste au creusement d'une tranchée d'accès commune extérieure qui relie à la surface tous les gradins de la mine. Le creusement de cette dernière s'effectue par les travaux de forage et de tir. Ces tranchées doivent être développées au fur et à mesure vers le Sud. Tandis que l'exploitation vers l'Ouest s'étend aisément, alors que du côté (Est) il est nécessaire d'élargir les bermes de sécurité aux largeurs demandées.

Ce mode d'ouverture fut le premier mode utilisée lors de la première mise en exploitation du gisement Kef Essnoune, cependant après le glissement de terrain du côté nord de la mine en 2007, il a été adopté un autre schéma d'ouverture réalisée par différentes tranchées d'accès :

- tranchée d'accès extérieur de groupe.
- une demi-tranchée d'accès.

Actuellement SOMIPHOS et après l'orientation des travaux vers le bloc NORD OUEST à réaliser deux tranchées d'accès extérieur communs par des travaux de forage et de tir [9].

### **II.1.16.Méthodes d'exploitation**

En général, toutes les méthodes d'exploitation débutent par un point commun : le découpage.

La tranchée de découpage constitue en fait la suite de la tranchée d'accès et coupe les horizons en direction d'une limite de la mine (ou de la carrière) à une autre.

L'exploitation d'un gradin commence par l'élargissement d'un ou de deux bords de la tranchée de découpage. L'élargissement des bords de la tranchée de découpage est l'exploitation proprement dite du gradin.

Deux grandes méthodes d'extraction apparaissent selon la nature des formations géologiques composant les gisements :

- a) Exploitation de gisements de roches meubles (argiles, marnes, sables, calcaires friables .....);
- b) Exploitation de gisements de roches massives (calcaires durs, gypse, dolomie, basalte, granite....).

Dans le cas

a) la fragmentation du minerai sera réalisée à l'aide de moyens mécaniques seulement (bulldozer avec ripper, pelles mécaniques...) alors que dans le cas b), il sera question de l'utilisation de substances explosives.

Partant de ces principes, la méthode d'exploitation adaptée sera fonction des dimensions des gisements, de leur emplacement dans l'espace, du taux de recouvrement et des moyens à mettre en œuvre en fonction du niveau de production requis.

Les paramètres de travail retenus, notamment la hauteur des gradins, l'angle d'inclinaison des talus, la largeur d'enlèvement entre autres, seront fonction de la puissance du minerai, de sa structure et de la cohésion des matériaux le composant pour assurer la stabilité des ouvrages miniers à mettre en place et détermineront alors la direction des travaux ou des fronts de taille ainsi que des fronts d'abattage.

### **II.1.17.Principaux éléments d'une exploitation à ciel ouvert**

On appelle fosse (carrière ou découvert) l'ensemble des ouvrages réalisés pour l'exploitation des minerais à ciel ouvert. Un gradin est la partie du mort- terrain ou d'un gisement que l'on enlève de manière autonome et qui est desservi par les moyens de transport qui lui sont propres.

Le gradin est le premier élément d'une exploitation à ciel ouvert.

Dans un gradin, on distingue :

- le toit ;
- le mur ;
- le talus ;
- les arêtes supérieures ;
- les arêtes inférieures ;
- l'angle du talus.

Les gradins sont exploités par zones de largeur sur toute la longueur du gradin.

Ces zones enlevées sont appelées enlevures. Une partie de l'enlèvement délimitée en longueur et exploitée par des moyens d'abattage et de chargement indépendants est appelé bloc.

Comme éléments fondamentaux de la méthode de surface, on peut citer :

- Le gradin ;
- Le bloc ;
- Les fosses ou ouvrages d'évacuation des eaux de ruissellement [8].

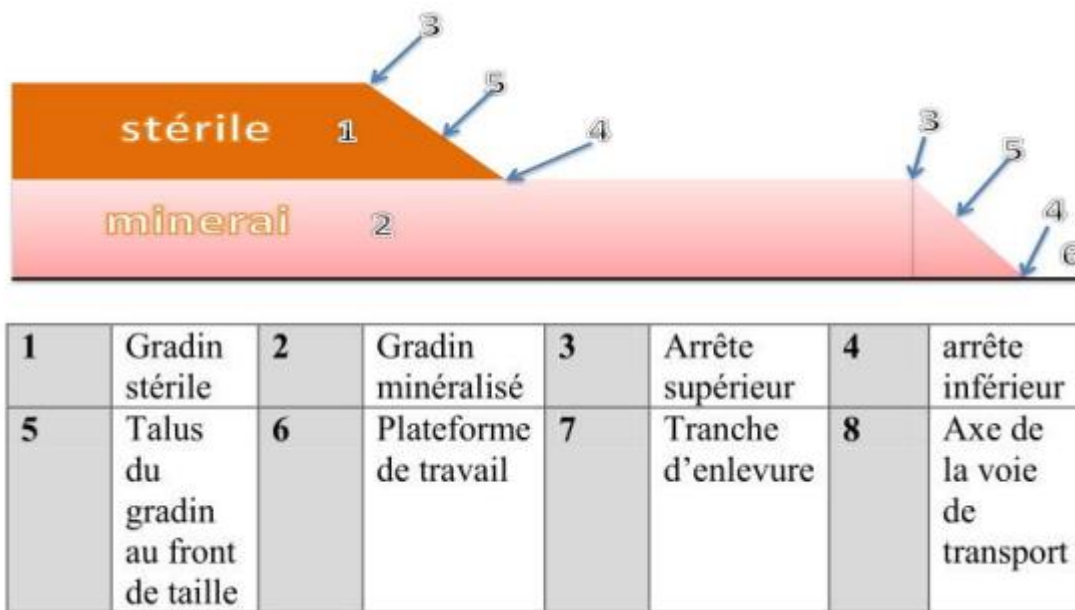


Figure II. 10 : Principaux éléments d'une exploitation à ciel ouvert.

## II.2. ETAT ACTUEL DE KEF ESSNOUN

### II.2.1. Détermination des paramètres de la méthode d'exploitation

#### a) Hauteur du gradin (Hg)

Elle est choisie en fonction des paramètres techniques de l'excavateur, de l'organisation des travaux de forage et de tir, de la sécurité de travail et d'autres facteurs. Dans les roches dures, la hauteur du gradin ne doit pas être supérieure à 1,5H<sub>c</sub>.max [11].

$$H_g \leq 1,5 H_{c,max} ; (m) \dots\dots\dots (II.4)$$

Où :

H<sub>c</sub> : la hauteur de creusement max de l'engin d'extraction.

Actuellement, dans le cas de la mine Kef Essnoue, la hauteur adoptée est de 15m pour les stériles et 15 pour le phosphate.

#### b) L'angle du talus des gradins :

L'angle du talus des gradins doit assurer la stabilité des gradins et dépend des paramètres physico-mécaniques de la roche et des engins miniers [11].

Tableau II. 8 : l'angle du talus des gradins selon la dureté des roches [11].

Coefficient de dureté	Angle du talus des gradins inexploitable (stable), en degrés	Angle du talus des gradins exploitables en degrés
-----------------------	--	---



8-14	60°	75°
------	-----	-----

**c) La vitesse de progression**

$$V_{cha} = \frac{Q_{ch}}{A.Hg} \quad ; \text{ (m/poste)} \dots\dots\dots (II.5)$$

**\* Le rendement technique**

$Q_{ch}$  : Le rendement technique de la pelle

$$Q_{ch} = \frac{3600.E.K_r.K_{con}}{T_c.K_f} \quad ; \text{ (m}^3\text{/h)} \dots\dots\dots (II.6)$$

$E$  : capacité du godet de la pelle,  $m^3$ . ( $E = 6m^3$ )

$K_r$  : coefficient de remplissage du godet de la pelle.  $K_r = (0,75 \text{ à } 0,95)$

$K_{con}$  : coefficient de condition.  $K_{con} = (0,85 - 0,95)$

$K_f$  : coefficient de foisonnement des roches. ( $k_f = 1,5$ )

$T_c$  : durée d'un cycle, s (voir l'annexe), ( $T_{moy} = 29$  s)

Dans notre condition on prend ( $k_r = 0,75$  ;  $k_{con} = 0,9$  ;  $k_f = 1,5$  ;  $T_{moy} = 29$  (s) ;  $E = 6m^3$ )

$$Q_{ch} = \frac{3600.0,75.6.0,9}{29.1,5} = 335,17 \text{ m}^3\text{/h}$$

$$V_{cha} = \frac{335,17}{4,5.15} = 4,96 \text{ m/post}$$

**d) Largeur d'enlevure**

Lors du choix de la largeur d'enlevure on prend en considération [11] :

- Les propriétés physico-mécaniques des roches
- La méthode de préparation des roches à l'abattage
- Le type et dimension des engins de chargement.

**e) Largeur de la plate-forme de travail**

Elle est commandée par les dimensions des engins de déblayement, de transport et par la technique de tir.

Lorsque l'abattage se fait à explosif, la largeur minimale de la plate-forme de travail est [10] :

$$L_{pt} = A + X + C + T + Z \quad ; \text{ (m)} \dots\dots\dots (II.7)$$

Où :

$A$  : largeur d'enlevure ; m

Pour les conditions de Kef Essnoute selon les données pratiques et réalisés durant notre stage dans l'entreprise on considère  $A = 10$  m

$X$  : la largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlevure ; m

La largeur  $X$  dépend de la hauteur du gradin, de la nature fie terrain, des paramètres des travaux de forages et de tir. Elle est à préciser par des essais sur place.

Signalons à titre d'exemple, que pour le gradin de 10 à 15 m de hauteur elle est de l'ordre de 20 à 25 m.

**Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnoue**

Dans les conditions de Djebel Onk (Kef Essnoue) la largeur X est de 20 et 25 m respectivement pour les phosphates et les stériles.

C : la distance entre l'arête inférieur du tas et la voie de transport (2-2,5), m.

On prend C= 2,5 ; m

T : largeur de voie de transport ; m

Pour double voies :

$$T=2a+2b+d.....(II.8)$$

Avec :

a : largeur du camion

$$a= 5,4m$$

b : largeur de sécurité varié de (0,7÷1) m. on prend b =1m

d : distance de croisement entre deux camions varié de (0,7-1,7).on prend D=1,7 ; m

$$T= 2 \times 5,4 + 2 \times 1 + 1,7 = 14,5 ; m$$

Z : largeur de prisme d'éboulement ; m

$$Z = Hg (ctg\rho - ctg\alpha) .....(II.9)$$

Où :

$\rho$  : Angle d'éboulement naturel des roches,  $\rho = 60^\circ$

$\alpha$  : angle du talus du gradin,  $\alpha = 75^\circ$

Hg : hauteur du gradin, m, Hg = 15m

$$Z = 15 (ctg60-ctg75)=4,6 ; m$$

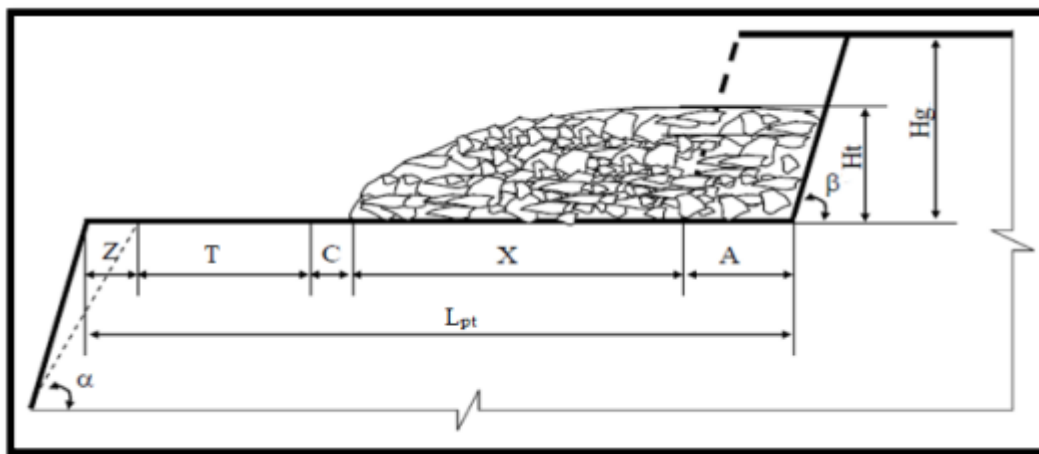


Figure II. 11 : Schéma représentant la plate-forme de travail [10].

Donc la largeur minimale de la plate-forme est :

**Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnoune**

$$L_{pt} = 10 + 20 + 2,5 + 14,5 + 4,6 \approx 51,6 \text{ m}$$

$$L_{pt} \approx 52 \text{ m}$$

**f) Longueur du bloc**

Suivant la longueur, un gradin peut être divisé en blocs que l'on exploite par des moyens d'abattage et de chargement indépendants. La longueur du bloc est de 100 à 250 m lorsque le transport se fait par camions [10].

Dans les conditions de Djebel Onk la longueur du bloc est égale à 200 m pour le stérile et le phosphate.

Tableau II. 9 : récapitulatif des paramètres de la méthode d'exploitation

Paramètre	Désignation	Valeur	Unité
Hauteur du gradin	H <sub>g</sub>	7	m
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour le phosphate :</li> <li>• Pour le calcaire :</li> </ul>		15	
Largeur d'enlevure	A	10	m
Largeur de plate-forme de travail	L <sub>pt</sub>	52	m
Largeur de prisme d'éboulement	Z	4.5	m
largeur de la bande de transport	T	14.5	m
la distance entre l'arête inférieure du tas et la voie de transport	C	1.7	m
Angle d'éboulement naturel des roches	ρ	60	°
Angle du talus du gradin exploitable	α	75	°
Longueur du bloc	L <sub>b</sub>	200	m
Le rendement technique de pelle	Q <sub>ch</sub>	335.17	m <sup>3</sup> /post
La vitesse de progression	V <sub>cha</sub>	4.96	m/post

**II.2.2. Les paramètres des travaux de forage et de tir**

On distingue les modes de forage suivants :

- Forage rotatif
- Forage percutant
- Forage roto-percutant

Le mode de forage dépend de plusieurs facteurs tels que des propriétés physicomécaniques des roches, de la longueur et du diamètre du trou à forer, de la production annuelle de la mine [9].

**a) Choix de l'explosif**

Dans la mine de Kef Essnourne les explosifs utilisés sont l'ANFOMIL en vrac pour la charge principale et MARMANITE pour la charge d'amorçage.

**b) Diamètre du trou**

Le diamètre du trou détermine les principaux paramètres des travaux de forage et de tir et du type de la sondeuse, et la quantité d'explosif par unité de longueur

Le choix du diamètre du trou dépend de la dureté des roches et leurs résistances au tir [9].

Au niveau de la mine de Djebel Onk, carrière Kef Essnourne, la sondeuse utilisé dotée d'un taillant de diamètre de foration 165 mm.

$$D = 165 \text{ mm}$$

**c) Longueur du trou**

La longueur du trou est déterminée à l'aide de la formule suivante [10]. :

$$L_{tr} = \frac{H}{\sin\beta} + L_s, \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(II.10)}$$

Où :

H : Hauteur du gradin, m

L<sub>s</sub> : longueur du sous-forage, m

β : angle d'inclinaison du trou, degré.

La longueur du sous-forage est déterminée par la formule suivante [11] :

$$L_s = K_s * D, \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(II.11)}$$

K<sub>s</sub> : coefficient qui tient compte des propriétés des roches et de l'inclinaison du trou K<sub>s</sub> (10-15)

D : diamètre du trou, m

$$L_s = 10 * 0.165 = 1.65, \text{ m}$$

- Pour le minerai

$$H_g = 7 \text{ m} ; \beta = 75^\circ$$

$$L_{tr} = \frac{7}{\sin 75} + 1.65 = 8.9 \text{ m}$$

- Pour le stérile

$$H_g = 15 \text{ m} ; \beta = 75^\circ$$

$$L_{tr} = \frac{15}{\sin 75} + 1.65 = 17.17 \text{ m}$$

**d) Ligne de moindre résistance**

$$W = \frac{\sqrt{0.5P^2 + 4.m.q.P.H_g.L_{tr} - 0.75P}}{2.m.q.H_g}, \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(II.12)}$$

m : coefficient de rapprochement des trous (0.8-1.2)

q : Consommation spécifique de l'explosif

P : charge métrique du trou

$$P = \frac{\pi D^2}{4} * \Delta, \text{ (kg/m)} \dots\dots\dots \text{(II.13)}$$

$\Delta$  : densité d'explosif (kg/m<sup>3</sup>)

$$\Delta = \frac{85\% \Delta_{anf} + 15\% \Delta_{mar}}{100\%} = 0,85 * 0,9 + 0,15 * 1,05 = 0,92 \text{ g/cm}^3 = 920 \text{ kg/m}^3$$

$\Delta_{anf}$  : Densité de l'Anfomil (0,90 g/cm<sup>3</sup>).

$\Delta_{mar}$  : Densité de Marmanite (1,05 g/cm<sup>3</sup>).

$$P = \frac{\pi}{4} * 920 * 0,165^2 = 19.66 \text{ kg/m}$$

- **La ligne de moindre résistance pour le minerai**

$$W = \frac{\sqrt{0.5 * 19.66^2 + 4 * 1 * 0.421 * 19.66 * 7 * 8.9} - 0.75 * 19.66}{2 * 1 * 0.421 * 7} = 5.55 \text{ m}$$

- **Pour le stérile :**

$$W = \frac{\sqrt{0.5 * 19.66^2 + 4 * 1 * 0.417 * 19.66 * 15 * 17.17} - 0.75 * 19.66}{2 * 1 * 0.417 * 15} = 6.25 \text{ m}$$

**d) Vérification de la résistance au pied du gradin**

$$W \geq H \text{ ctg } \alpha + c ; \text{ m} \dots\dots\dots \text{(II.14)}$$

$\alpha$  : Angle du talus de gradin,  $\alpha = 75^\circ$

c : distance de sécurité entre l'axe du trou et l'arrête supérieur du gradin, c = 3 m

- **Pour le minerai :**

$$H \text{ ctg } \alpha + c = 7 * \text{ctg} 75 + 3 = 5 ; \text{ m}$$

Donc, W est accepté

$$W > 5 ; \text{ m}$$

**f) Distance entre deux trous dans une même rangée**

$$a=m*w, (m) \dots\dots\dots (II.15)$$

• **Pour le minerais :**

$$a=1*5.55=5.55, (m)$$

• **Pour le stérile :**

$$a=1*6.25=6.25, (m)$$

**g) Quantité d'explosif dans un trou**

$$Q_{tr}=q_{ex} *hg*W*a, (kg/trou) \dots\dots\dots (II.16)$$

• **Pour le minerais :**

$$Q_{tr} = 0,421 *7*5.55*5.55= 90,77 \text{ kg/ trou}$$

• **Pour le stérile :**

$$Q_{tr} = 0,417 *15* 6.25*6.25= 244.33 \text{ kg/ trou}$$

**h) Longueur de la charge**

$$L_{ch}=\frac{Q_{tr}}{P}, (m) \dots\dots\dots (II.17)$$

• **Pour le minerais :**

$$L_{ch}=\frac{90.77}{16.66}=4.61, (m)$$

• **Pour le stérile :**

$$L_{ch}=\frac{244.33}{19.66}=12.42, (m)$$

**i) Longueur de bourrage**

$$L_b=L_{tr}-L_{ch}, (m) \dots\dots\dots (II.18)$$

• **Pour le minerais :**

$$L_b=8.9-4.61=4.29, (m)$$

• **Pour le stérile :**

$$L_b=17.17-12.42=4.75, (m)$$

**k) Volume du bloc à tire**

$$V_{bl}=\frac{P_{an}}{N_s*N_{int}*\gamma}, (m^3/bloc) \dots\dots\dots (II.19)$$

$P_{an}$  : Production annuelle de la mine, t/an

$N_s$  : Nombre de semaines ouvrables par an, semaines /an

$N_{int}$  : Intervalle entre deux tirs successifs

**Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnoune**

$\gamma$ : Masse volumique des roches à abattre, t/m<sup>3</sup>

• **Pour le minerai :**

$$V_{bl} = \frac{2600000}{52 \times 2 \times 2.3} = 10869.56 \text{ m}^3/\text{bloc}$$

• **Pour le stérile :**

$$V_{bl} = \frac{10000000}{52 \times 2 \times 2.4} = 40064.10 \text{ m}^3/\text{bloc}$$

Tableau II. 10 : récapitulatif des paramètres de forage et de tir

Paramètres de forage et de tir	Symbol e	Phosphate	Stérile	Unités
Diamètre du forage	D	0.165	0.165	m
Hauteur du gradin	H <sub>g</sub>	7	15	m
Longueur du sous –forage	L <sub>s</sub>	1.65	1.65	m
Inclinaison du forage	$\alpha$	75	75	Degré
Longueur du trou	L <sub>tr</sub>	8.9	17.17	m
Consommation spécifique d'explosif	Q	0.421	0.417	Kg/m <sup>3</sup>
Ligne de moindre résistance	W	5.55	6.25	m
Distance entre deux trous	a	5.55	6.25	m
Quantité de charge par trou	Q <sub>tr</sub>	90.77	244.33	Kg/trou
Longueur de la charge	L <sub>ch</sub>	4.61	12.42	m
Longueur totale de bourrage	L <sub>b</sub>	4.29	4.75	m
Volume du bloc à abattre	V <sub>bl</sub>	10869.56	40064.10	m <sup>3</sup>

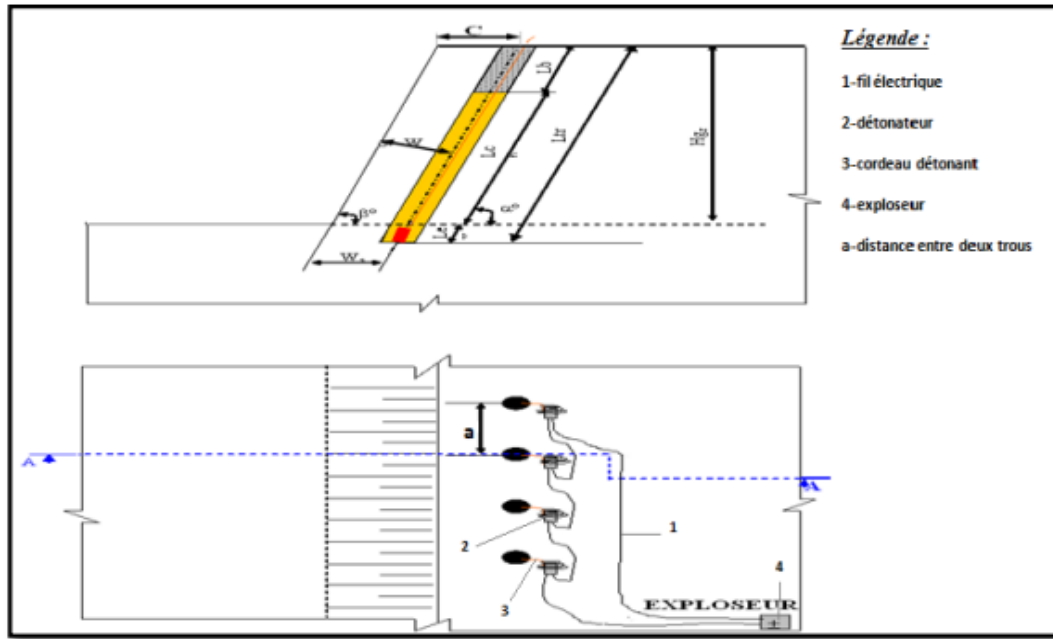


Figure II. 12 : Schéma de plan de tir

### **II.2.3.Paramètres géométriques et géotechniques de la conception de la fosse :**

#### **a- Paramètres géotechniques**

La parfaite reconnaissance de la nature géotechnique des sols et des roches est essentielle pour les analyses de stabilité des pentes. Les principales paramètres géotechniques des matériaux qu'il est nécessaire de connaître sont : le poids volumique en place, l'angle de frottement interne, et la cohésion.

Les données géotechniques pris en considération pour le calcul des coefficients de sécurité des bords finaux (Sud, Nord-Ouest et Est) de la carrière de Djebel Onk sud sont mentionnés dans le tableau suivant (Tableau II .11) (DMT Consulting GMBH, 2015) [5] :

Tableau II. 11 : Données géotechniques du gisement de Djebel Onk sud.

<b>Formation géologique</b>	<b>Poids volumique en KN/m<sup>3</sup></b>	<b>Angle de frottement interne en (°)</b>	<b>Cohésion en KN/m<sup>2</sup></b>
<b>Remblai</b>	20.4	37	0
<b>Sable de Miocène</b>	19.6	37.5	0
<b>Calcaire supérieur de l'Yprésien</b>	26.50	37	270
<b>Phosphate</b>	20.60	37	115
<b>Marne</b>	22.60	15	0
<b>Calcaire inférieur du Montien</b>	26.5	37	180

Le calcul des coefficients de sécurité a été effectué avec le logiciel GEOSLOP est basé sur les paramètres de calculs ont été utilisés par DMT 2015.



**Chapitre II- Définitions relatives à la méthode d'exploitation et état actuel de la méthode d'application à Kef Essnoue**

- **Le logiciel GEO-SLOPE**

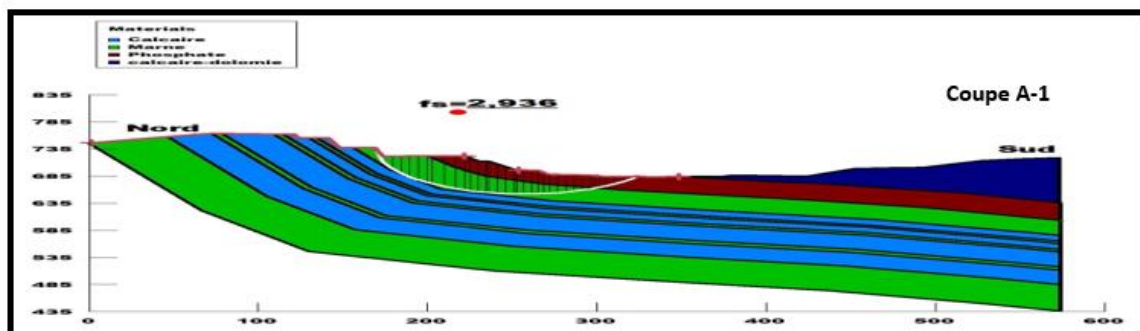
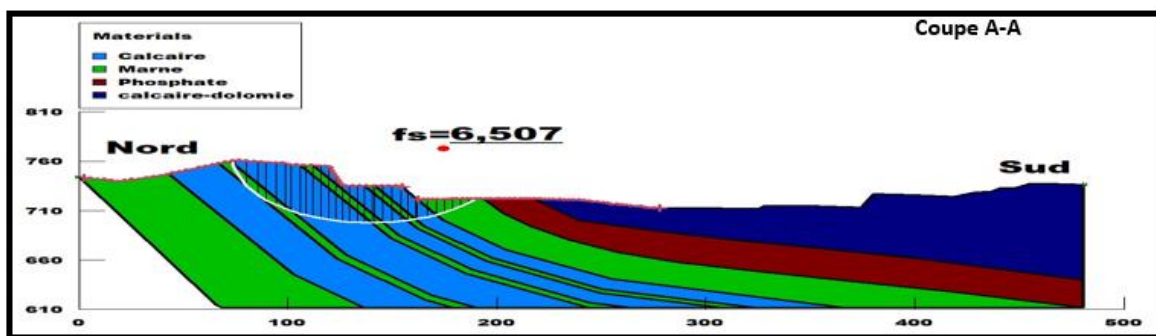
Le logiciel de calcul GEOSLOPE, développé par GEOSLOPE International Ltd, ce logiciel est utilisé par les responsables de l'exploitation des mines pour étudier le glissement en générale en appliquant les résultats des analyses expérimentales et paramétriques des sols ou des roches utilisés et la géométrie réelle de ce glissement.

GEO-SLOPE est un programme de calcul de stabilité des pentes qui permet de modéliser des problèmes de domaine géotechnique et de géo-environnement. Ce programme de conception assistée par ordinateur permet d'utiliser la méthode des tranches pour déterminer le facteur de sécurité des massifs en pente constitués d'une ou de plusieurs couches de sol ou de roche, avec ou sans présence de nappe, avec ou sans sollicitations sismiques, avec ou sans succion, etc.

- **Résultats des calculs**

Tableau II. 12 : montrent les coefficients de sécurité en fonction des paramètres géotechniques et la méthode de calculs utilisée [5].

Coefficient de sécurité	Zone	Coupe	Coupe A-A	Coupe A1	Coupe B-B	Coupe B1	
	Zone Ouest	Initial 31-12-2022		6.50	2.93	1.34	1.57
		Final 31-12-2023		3.07	2.26	1.58	1.39
	ZoneEst	Coupe	Coupe 1-1	Coupe 2-2	Coupe 3-3	Coupe 4-4	
		Initial 31-12-2022		1.13	1.70	2.92	3.26
		Final 31-12-2023		1.15	2.25	2.55	3.20



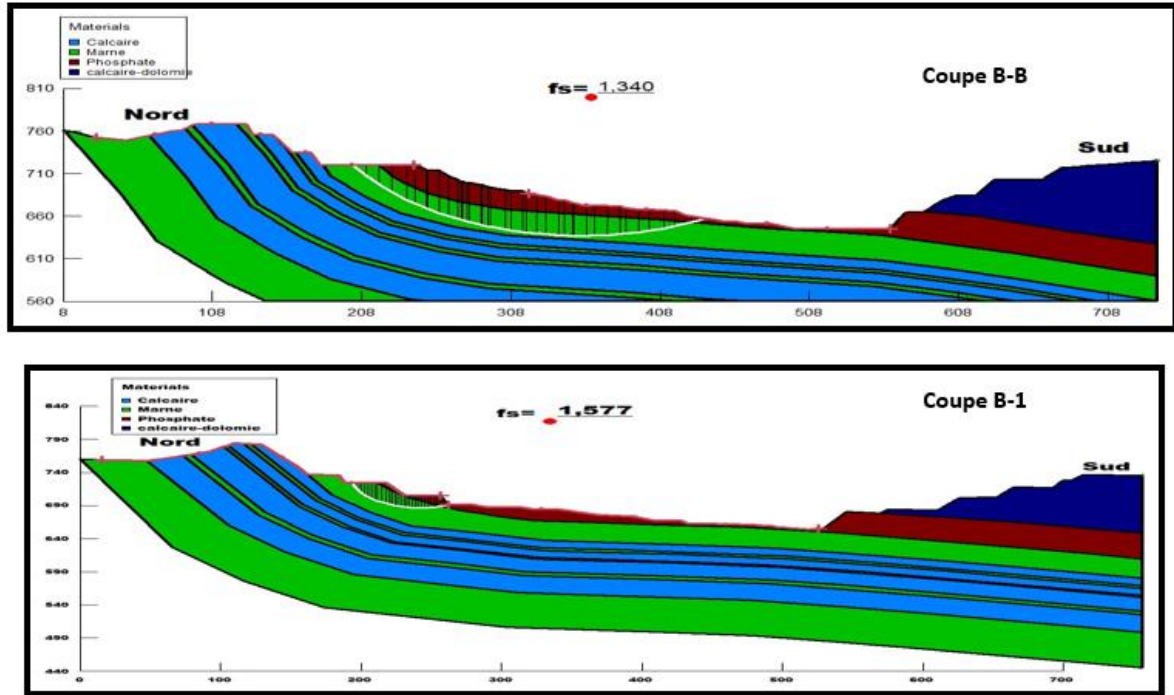
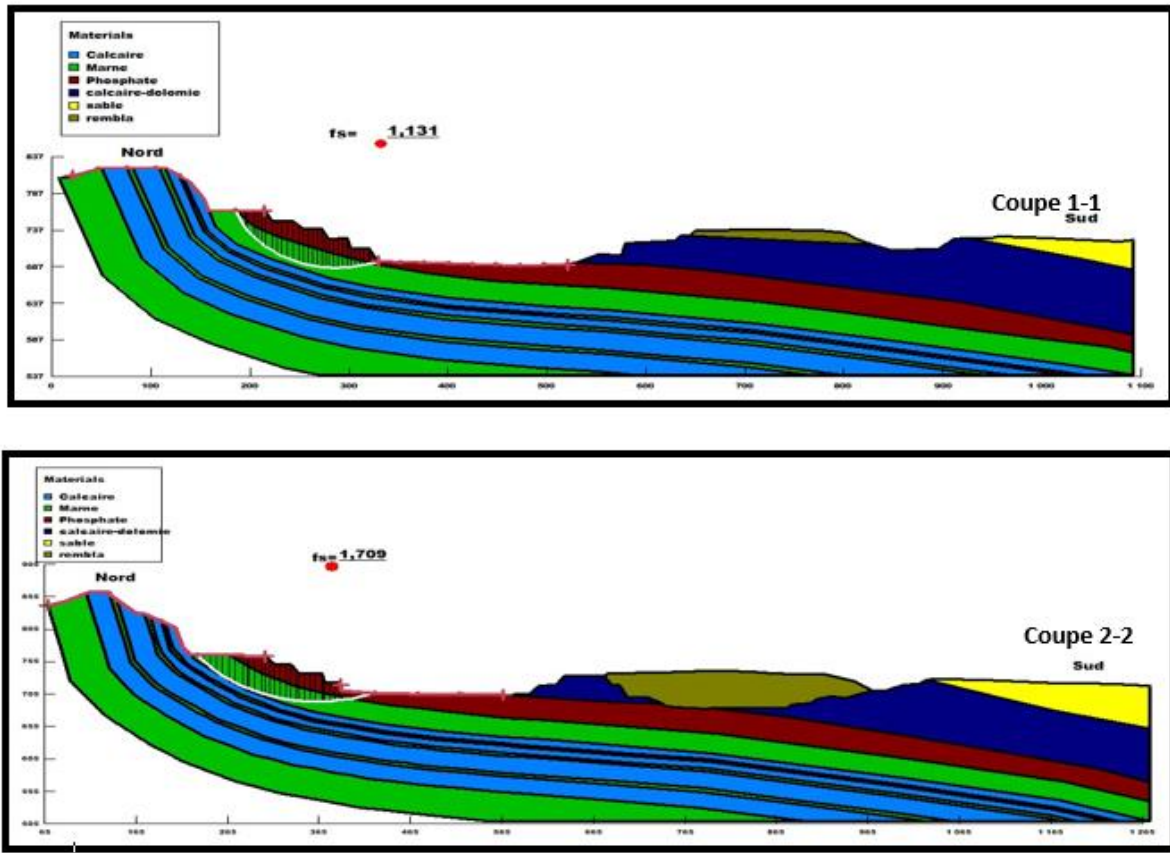


Figure II. 13 : Modèles géotechniques des coupes Zone Ouest au 31/12/2022 [5].



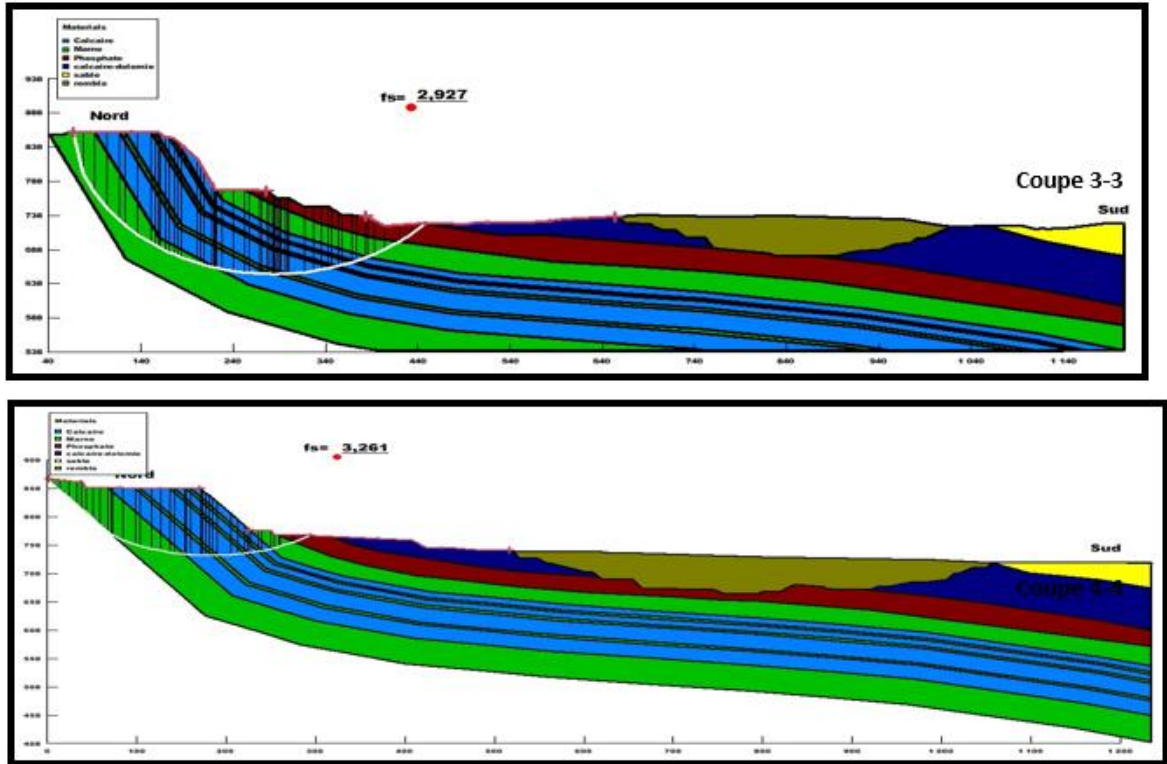
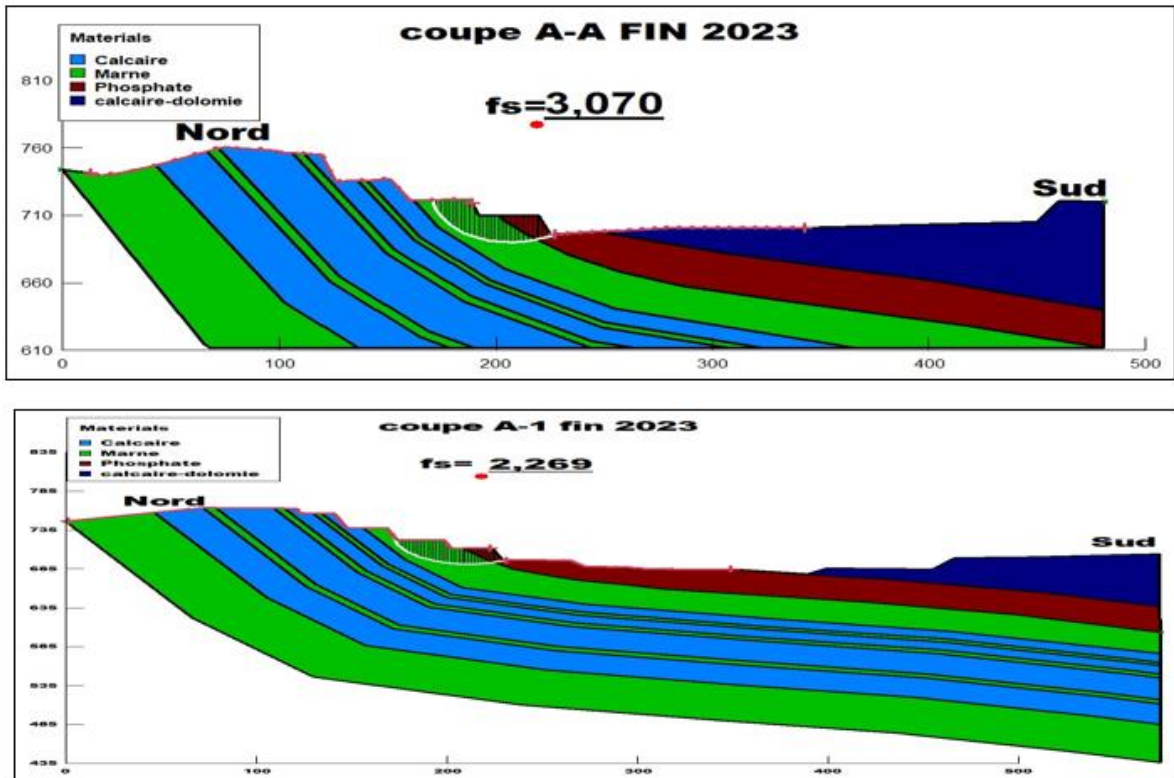


Figure II. 14 : Models géotechniques des coupes Zone Est au 31/12/2022 [5].



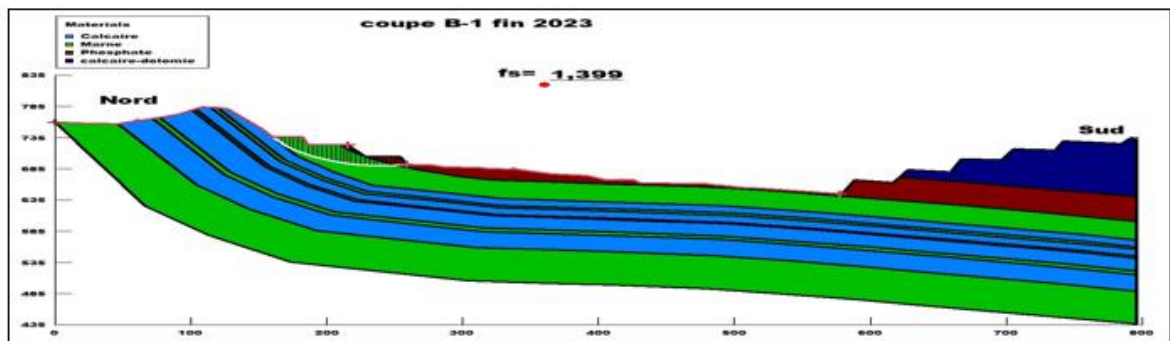
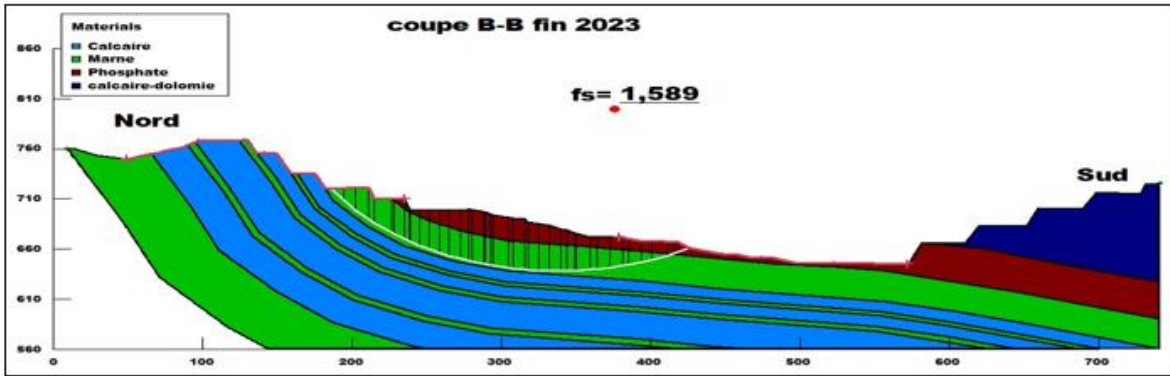
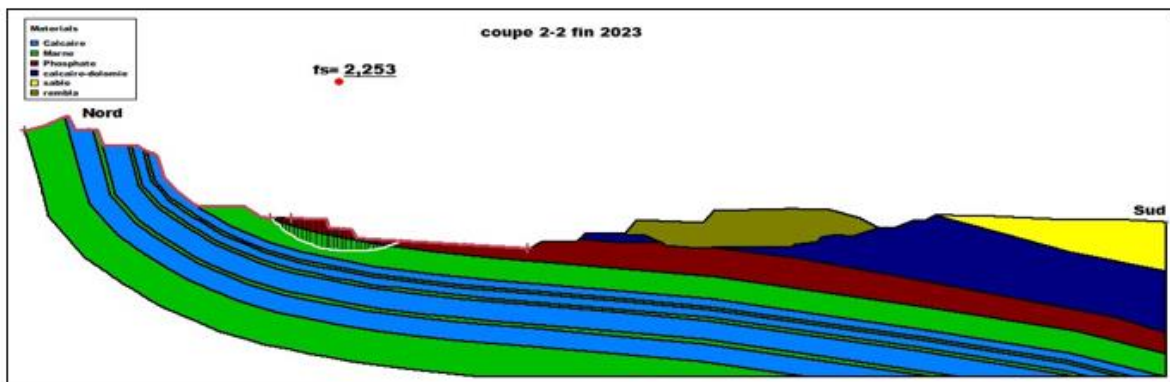
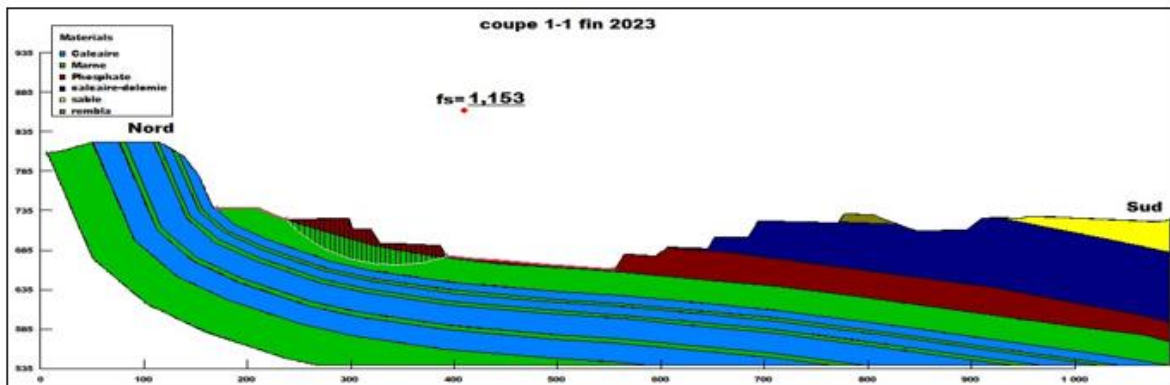


Figure II. 15 : Models géotechniques des coupes Zone Ouest au 31/12/ 2023 [5].



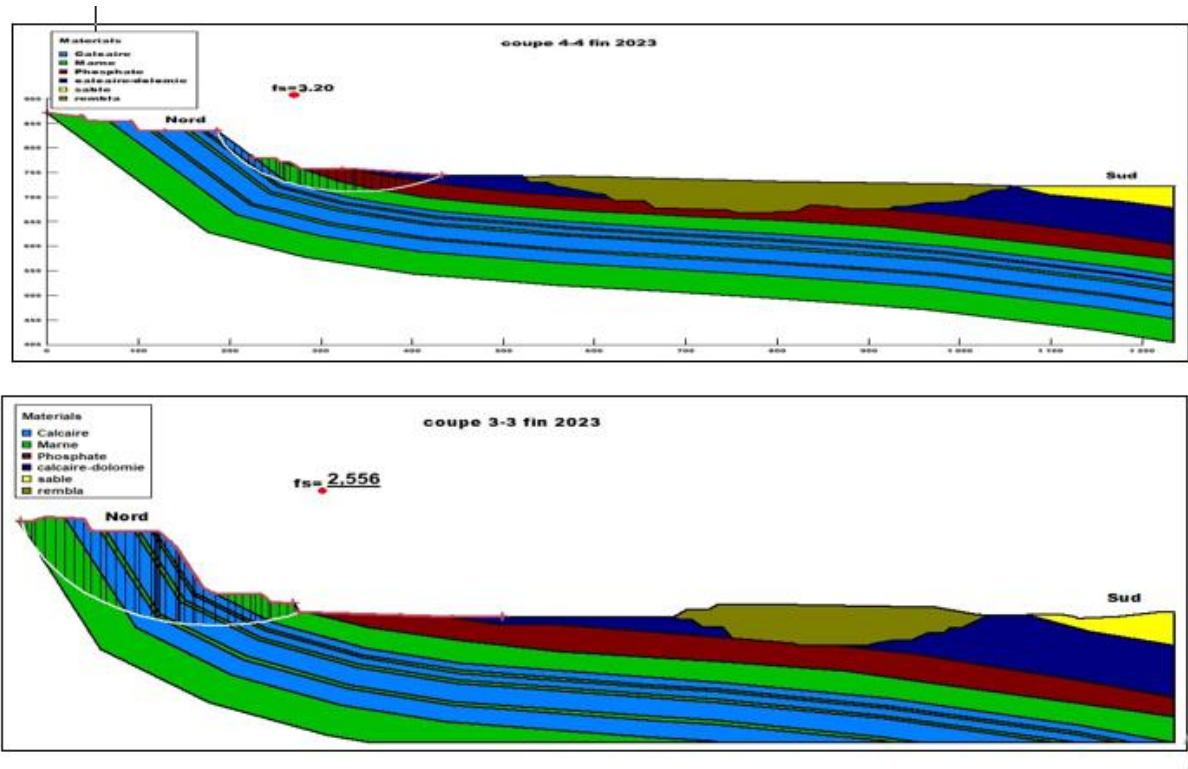


Figure II. 16 : Modèles géotechniques des coupes Zone Est au 31/12/ 2023 [5].

Afin d'assurer la stabilité et la configuration des bords finaux et d'éviter tout risque de rupture ou glissement, les paramètres géométriques à recommander sont [5] :

- ✓ profondeur de la fosse sont de 120 m
- ✓ largeur de la voie de transport  $\geq 25$  m
- ✓ berme de sécurité  $\leq 10$  m
- ✓ pentes des voies de transport  $[8-10]^\circ$
- ✓ angles du bord exploitable  $55^\circ$
- ✓ angles du bord inexploitable  $45^\circ$
- ✓ Pente final de la fosse (Calcaire / Phosphate)  $57^\circ$  et marnes  $8^\circ$  à  $12^\circ$

## II.2.4.Mise a terril

### II.2.4.1.Introduction

La mise à terril est un processus qui consiste à déplacer les stériles provenant de la découverte (ou roches encaissantes) et de les déposer dans des endroits réservés à cet effet. Suivant leur emplacement par rapport au contour du champ de carrière les terrils peuvent être :

- Les terrils intérieurs : moins onéreux, sont disposés dans l'espace exploité de la carrière ou mine à ciel ouvert. Leur application est possible si toute la puissance du minerai est exploitée simultanément.
- Les terrils extérieurs : sont formés lors de l'exploitation des gisements inclinés ou dressants. En général, on les implante dans les terrains impropres à l'agriculture, les ravins et les dépressions.
- Les terrils combinés : sont envisageables lors de l'exploitation des gisements plantés et faiblement inclinés avec une grande puissance des stériles. Dans ce cas, les stériles des gradins supérieurs sont évacués hors des champs miniers et ceux des gradins inférieurs sont déplacés dans l'espace exploité [11].

#### **II.2.4.2. Choix du type de mise à terrils :**

Le choix de type de mise à terrils dépend :

- ✓ Le pendage du gisement
- ✓ La puissance du minerai
- ✓ Profondeur du gisement

Un terril peut être constitué de un, deux ou trois étages.

#### **II.2.4.3. Développement des terrils :**

La constitution des terrils et leur extension peuvent être exécutées suivant :

- a) **la méthode périphérique** : a pour effet l'extension des terrils dans le plan, ce qui entraîne l'accroissement de la longueur et de la largeur de celui-ci.
- b) **la méthode de surface** : entraîne l'augmentation de la hauteur du terril.

Les fronts de terrils peuvent s'étendre par déplacement :

- ✓ Parallèle.
- ✓ Eventail.
- ✓ Anneau.

#### **II.2.4.4. Technologie de mise à terrils :**

##### **a) Formations des terrils intérieurs :**

La technologie de la mise à terrils intérieurs est simple et efficace, peut se suffire d'un seul excavateur, ce dernier doit avoir un rayon de déversement important.

Pour cela, on utilise les draglines et les pelles mécaniques de recouvrement.

Si la carrière géante et les roches de recouvrement sont tendres, les terrils intérieurs sont constitués par les excavateurs à godets multiples auxquels on adjoint les sauterelles.

##### **b) Formations des terrils extérieurs :**

- **Avec emploi des convoyeurs :**

Lors de la formation du terril extérieur avec emploi de convoyeurs il est nécessaire d'avoir une trémie de réception, un alimentateur et parfois un concasseur si les stériles sont tirs. Les

stériles sont transportés d'abord du front de taille à la trémie, au moyen de camion pour être ensuite acheminés par convoyeurs au terril extérieur.

Cette technologie de mise à terril nécessite généralement deux moyens de transport aux régimes de travail différents ; ceci complique l'organisation des travaux de transport et autres [11].

- **Avec emploi des bulldozers :**

La mise à terril au moyen de bulldozer est largement appliquée quand les stériles sont déplacés par les camions.

Cette technologie de mise à terril a les avantages suivants :

- Simple d'organisation des travaux lors de la formation et de l'exploitation des terrils.
- Grande mobilité et manœuvrabilités des engins utilisés.
- Réduction des dépenses d'exploitation.

Les inconvénients de cette technologie sont :

- Nécessite de construction et d'entretien des routes.
- Pollution de l'environnement par les poussières.

La formation des terrils à l'aide de bulldozer nécessite :

- La construction des routes pour les camions jusqu'au lieu de stockage.
- La création d'une plateforme de déchargement de dimension qui puisse permettre aux camions d'effectuer aisément les manœuvres nécessaires.

La hauteur des terrils constitués par bulldozer dépend des propriétés physiques et mécaniques des roches, elle varie de 25 à 30 m pour les roches dures, de 15 à 20 m pour les terrains sableux et de 10 à 15 m pour les roches argileuses.

Pour une meilleure organisation des travaux de mise à terril, on divise la surface du toit du terril en différentes zones :

- Zone réservée à l'aplanissement des matériaux.
- Zone de déchargement des produits.
- Zone de réserve [11].

**c) formation des terrils combinés :**

Les terrils combinés comprennent les deux types étudiés, on les utilise dans la majorité des cas, lors de l'exploitation des gisements horizontaux et peut inclinés dont la puissance de découverte est importante.

Dans ce cas, les roches des gradins supérieurs sont déplacées au terril extérieur et celles des gradins inférieurs dans l'espace occupé par le minerai exploité [11].

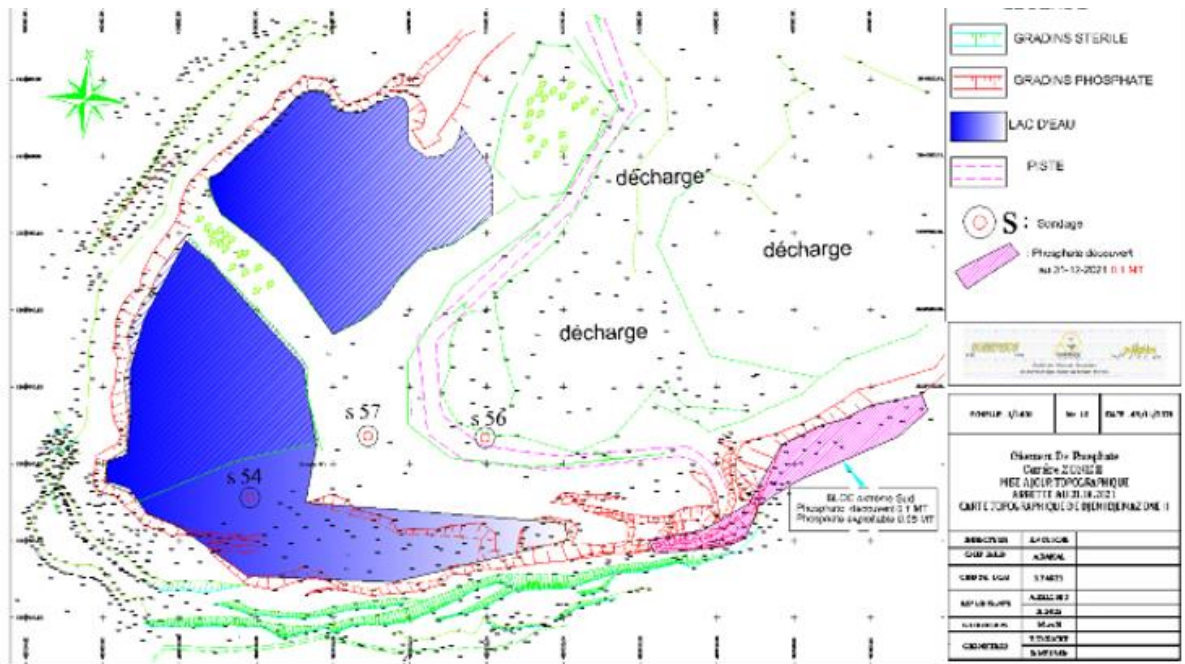


Figure II. 17 : disposition des décharges [5].



**Chapitre III- Analyse des paramètres de la  
méthode d'exploitation de Kef Essnoune côté  
(N.O)**

### III.1.ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL

#### III.1.1.Introduction

L'exploitation minière est en plein développement surtout pour certains minerais très demandés tels que les phosphates. L'exploitation à ciel ouvert est la méthode privilégiée pour extraire le minerai de gisements situés près de la surface (typiquement entre 0 et 400 m de profondeur) ; le coût par tonne de minerai extrait est généralement inférieur à celui du minerai extrait par méthodes souterraines.

L'exploitation à ciel ouvert consiste à enlever les stériles de recouvrement et à accéder au gisement à partir du jour. Elle consiste à exploiter le minerai depuis une excavation créée en surface après avoir enlevé les matériaux stériles qui le surmontent.

Dans l'ensemble des travaux exécuté lors de l'ouverture et de l'exploitation d'une mine, on peut distinguer les étapes suivantes :

- Préparation de la surface à l'emplacement du gisement que l'on se propose d'exploiter ou d'une partie de cette surface ; elle comprend le défrichage, l'assèchement des marécages et le détournement des cours d'eau se trouvant dans le champ de l'exploitation.
- La préparation de la surface : elle concerne l'assèchement du champ de la mine et prise de mesures contre l'afflux d'eau ;
- Creusement des tranchées principales (ouverture du champ de la mine) ;
- Enlèvement des stériles de recouvrement ;
- Travaux d'exploitation (enlèvement du minéral).

Les travaux d'ouverture et d'exploitation comprennent les opérations suivantes :

- ❖ Enlèvement, transport et déchargement des stériles et des minéraux utiles.
- ❖ Suivant leurs propriétés physiques, la roche stérile et le minéral peuvent être enlevés soit directement au moyen de machines, soit après une préparation par tir [12].

#### III.1.2.Durée de vie de la mine

On détermine la durée de vie de la mine par la formule de Taylor [13,14].

$$\text{Durée de vie} = 0.2 \sqrt[4]{\text{reserve exploitables}} \dots\dots\dots (III.1)$$

Sachant que les réserves exploitables sont exprimées en tonnes (voir Tableau I.3).

$$\text{Durée de vie} = 0.2 \sqrt[4]{142473694.1} = 21.85 \approx 22 \text{ ans}$$

#### III.1.3.Paramètres de la fosse

##### A- Hauteur du gradin

Le choix de la hauteur du gradin se fait en dépendance de la production de la mine et la sécurité des travaux, ainsi que les moyens de la mécanisation des travaux miniers.

Les critères de choix de la hauteur du gradin peuvent être divisés en deux types :

**Critères d'aspect économiques et qui sont :**

- La production planifiée ;
- La dilution ;
- Les coûts et qui englobent les coûts d'investissements et les coûts opératoires.

**Critères d'aspect techniques et qui sont :**

- Praticabilité ;
- Sécurité ;
- Disponibilité des équipements à savoir : machines de forage, machines de chargement, et machines de transport.

**A- Planification de la production**

D'abord il faut comprendre la notion de pushback. Les pushbacks sont simplement définis comme une série de phases gérables qui peuvent être exploités avec l'équipement minier disponible et qui peuvent répondre aux contraintes géotechniques et opérationnelles pratiques de l'exploitation. Ces pushbacks jouent un rôle important dans la conception et l'optimisation des mines à ciel ouvert.

De point de vue de planification de la production, lorsque variation de la teneur du minerai à partir des pusbacks conçus est moindre. Ce critère peut être exprimé comme l'écart type pour la teneur en minerai de différents pusbacks, si on suppose que les autres paramètres tels que le taux de découverte global et la production annuelle totale est restée constante. L'écart type (SD) de la teneur du minerai peut être calculé par Équation (1). Cette équation statistique est célèbre dans les mathématiques comme correction de Bessel (Reichmann, 1961) et calcule l'écart type (SD) comme suit [15] :

$$SD = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(G_i - \mu)^2}{(n-1)} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(III.2)$$

Où, n est le nombre de pusbacks  $i=1,2,\dots,n$ ,

$G_i$  est la valeur moyenne de la teneur en minerai pour le pusback

$\mu$  : La valeur moyenne de la teneur du minerai pendant le cycle de vie de la mine.

**B- La dilution**

La hauteur gradin a également un impact sur la récupération du minerai et par conséquent, la dilution et la perte de minerai doivent être estimée avec précision pour des géométries de banc pratiques.

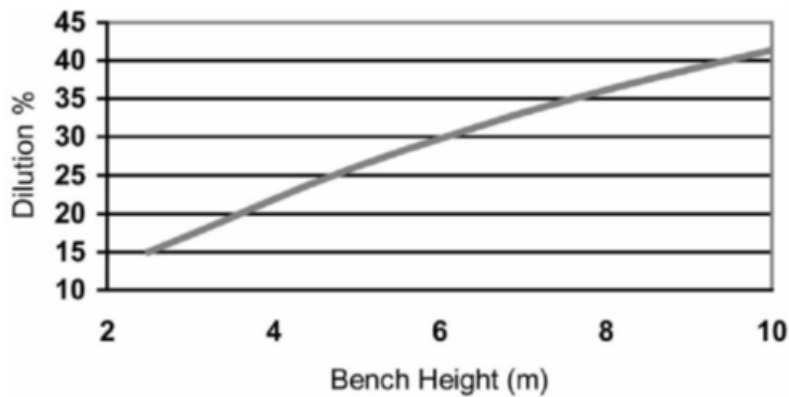


Figure III. 1: Variation de la dilution en fonction de la hauteur du gradin [16].

### **C- Les coûts**

Les coûts d'une mine peuvent être divisés en deux principales parties, à savoir, le coût en capital, et le coût d'exploitation qui consiste principalement de main-d'œuvre, d'entretien et de consommables comme l'électricité, explosifs, carburant, etc.

Cependant, la quantité, la taille et la puissance des machines commandées doivent être modifiées au fur et à mesure. Ces frais sont considérablement prévisibles et peuvent être exprimés comme unité monétaire par tonne de minerai extrait.

### **D- Praticabilité**

Compte tenu du caractère inévitable des simplifications excessives, une méthode appelée séquençage simple, est présentée pour évaluer la praticabilité des alternatives des hauteurs de gradins dans la conception finale de la fosse.

Le grand bloc est divisé en un nombre de petits blocs qui ont des largeurs, des longueurs égales et hauteurs. Le grand bloc et les petits blocs sont égaux en longueur; la largeur des petits blocs ne doit pas être supérieure à la longueur d'un bloc de dynamitage régulier et la hauteur des petits blocs correspondront à la hauteur de gradin considérée. Dans afin d'extraire chaque petit bloc représenté sur la figure 3, les petits blocs supérieurs et adjacents auraient dû être extraits dans les séquences précédentes pour assurer un minimum l'espace opérationnel requis. Le cycle de temps minimum requis pour « le forage et les opérations de dynamitage » et de « chargement et roulage » d'un bloc de dynamitage régulier peut être mesuré à partir de similaires projets en cours d'exécution dans la zone avec différentes hauteurs gradin.

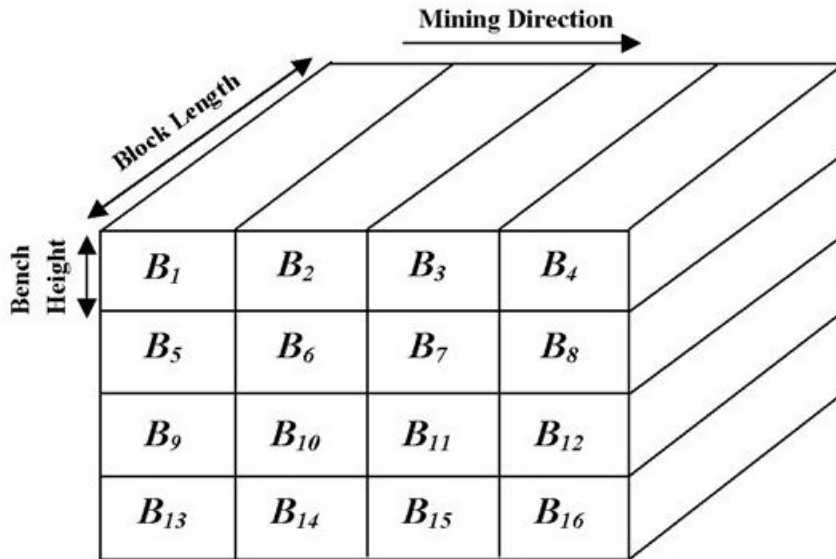


Figure III. 2: Division d'un grand bloc en blocs par la méthode de séquençage simple

### E- Sécurité

Chaque gradin dans les mines à ciel ouvert compose une pente qui sa stabilité doit être garantie pour assurer la sécurité de la fosse entière. Aujourd'hui, le facteur de sécurité est la mesure la plus courante de mesure de la stabilité des pentes, et il existe une vaste expérience dans son application à tous types de conditions géologiques. Pour les mines à ciel ouvert, le facteur de sécurité généralement utilisée est de l'ordre de 1,2 à 1,4. La limite l'analyse d'équilibre est généralement utilisée pour calculer le facteur de sécurité FS sous forme d'équations.

### F- Disponibilité des équipements

Il est clair que la géométrie du gradin a une influence directe sur la disponibilité de l'équipement. La disponibilité de l'équipement peut être estimée pour différentes hauteurs de gradin alternatives d'une mine à ciel ouvert dans laquelle différents types de machines de forage, de chargement et de transport sont utilisés, étant bien adaptés à la géométrie du gradin considérée. La disponibilité est définie comme la probabilité qu'un équipement fonctionne de manière satisfaisante à un moment donné, lorsqu'il est utilisé selon des conditions spécifiées.

En récapitulatif pour les conditions du gisement de Kef Essnoune (côté NO), selon les gradins déjà épuisés et les études qui n'ont marqué aucun problème vis-à-vis de la dilution, d'après la condition de sécurité des travaux miniers selon l'équipement de chargement, on a la formule suivante :

✓ pour les roches tendres :  $hg \leq h_{crmax}$

✓ pour les roches dures :  $hg \leq 1,5 h_{crmax}$

$h_{crmax}$  : hauteur de creusement maximale de l'excavateur exprimée en mètres et qui vaut d'après les caractéristiques de la pelle 10 mètres.

Donc  $hg=15m$

### B- Angle du talus du gradin

Il dépend de la nature des roches tel que mentionné sur le tableau ci-dessous :

Tableau III. 1 : Variation de l'angle du talus du gradin en fonction de la nature des roches.

Nature des roches	Angle de talus $\alpha$ (degrés)
- Les roches tendres et friables	
-Roches ignées très durs et métamorphiques	70 – 80
- Roches sédimentaires	50 – 60
-Roches altérées& terrains de sables secs	40 – 50
- Roches argileuses	35 – 45

La stabilité des talus dépend de la composition pétrographique des défauts structuraux et des eaux souterraines.

Tableau III. 2 : Angle du talus du gradin et du bord inexploitable [17].

Caractéristiques Des roches	Coefficient de dureté selon Protodiakonov	Angle du talus du gradin (degrés)	l'angle de talus du bord inexploitable $\gamma_2$ (en degrés) selon la profondeur finale H (en mètres)			
			90m	180m	240m	300m
Extrêmement dure	15-20	75-85	60-68	57-65	53-60	48-54
<b>Dure</b>	<b>8-14</b>	<b>65-75</b>	50-60	<b>48-57</b>	45-53	42-48
Dureté moyenne	3-7	55-65	43-50	41-48	39-45	36-43
Tendre	1-2	40-55	30-43	28-41	26-39	-
Meuble et végétale	0.6-0.8	25-40	21-30	20-28	-	-

- Le coefficient de dureté de la roche [8-14] de phosphate de Kef Essnoune (N.O)
- L'angle du talus est égal 75°
- l'angle de talus du bord inexploitable (en degrés) selon la profondeur finale 120m est 60°.

### III.1.4.Détermination du nombre de gradins de la mine

Comme on a fixé la hauteur du gradin 15 m le nombre de gradins est calculé par la formule suivante [14] :

$$N_g = \frac{\text{profondeur totale de la fosse}}{\text{hauteur de gradin}} \dots\dots\dots (III.3)$$

Avec :

Profondeur total de la mine : 120m

Hauteur de gradin e : 15 m

$$N_g = \frac{120}{15} = 8 \text{ gradins}$$

### III.1.5. Détermination de la Largeur des gradins de minerai

- La pente finale de minerai est égal 60°
- la profondeur totale de la mine est 120 m
- le nombre de gradin minerai est 8 gradins
- l'angle de talus du gradin 75°

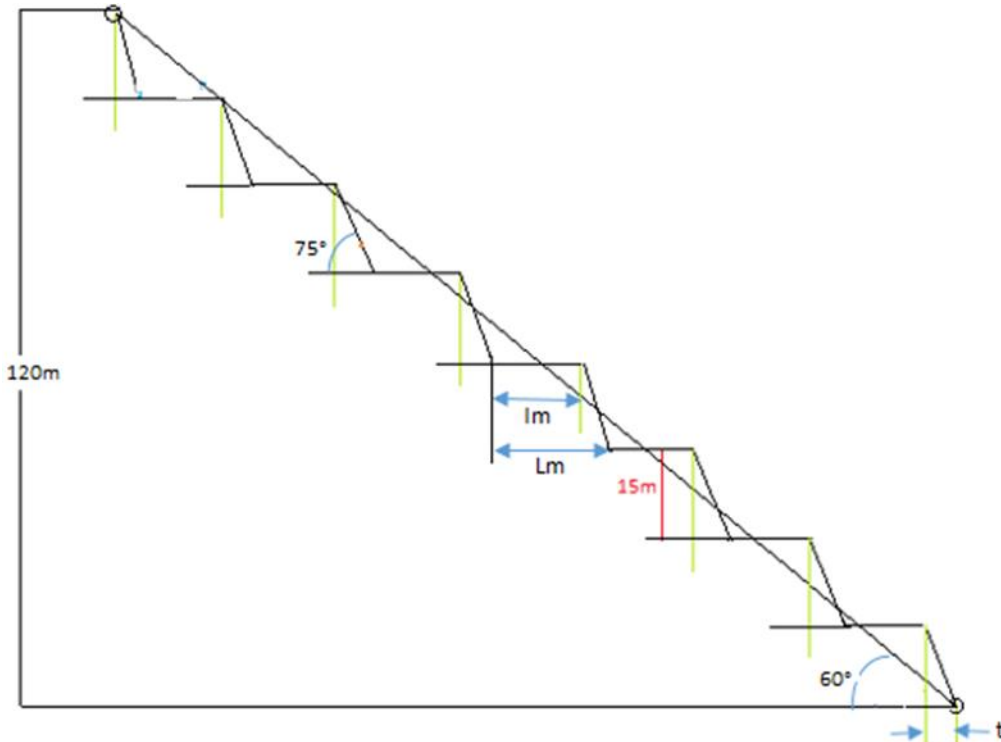


Figure III. 3: Schéma représentant le nombre et largeur des gradins minerai.

$$L_m = \frac{\text{profondeur final de la fosse}}{N_g \cdot \tan(\text{la pont final})} \dots\dots\dots (III.4)$$

$$L_m = \frac{120}{8 \cdot \tan 60} = \frac{120}{13.85} = 8.66\text{m}$$

Et

$$t = \frac{Hg}{\tan(\text{l' angl de talus})} \dots\dots\dots (III.5)$$

$$t = 4.01\text{m}$$

On déduit la largeur du gradin minerai

$$I_m = L_m - t \dots\dots\dots (III.6)$$

$$I_m = 8.66 - 4.01 = 4.65\text{m}$$

### III.1.6.Ouverture du gisement et la progression des travaux d'exploitation

Le mode d'ouverture du gisement de Kef Essnoue consiste au creusement d'une tranchée d'accès commune extérieure qui relie à la surface tous les gradins de la mine.

Les paramètres de la tranchée sont :

- + Longueur de la tranchée.
- + Largeur de la tranchée.
- + Le pendage.

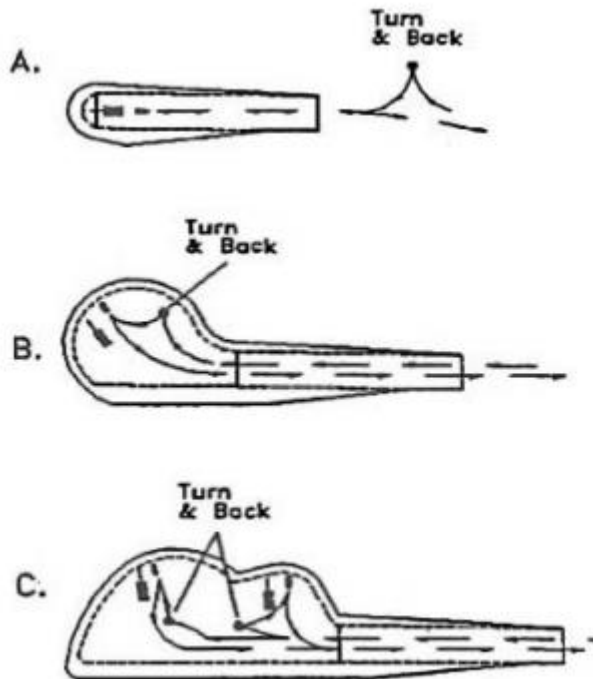


Figure III. 4: Création de la première tranchée et préparation de premier gradin [13 ,14].

#### a- Longueur de la tranchée

La longueur de la tranchée dépend de deux paramètres principaux :

- Hauteur de gradin : il égale à 15 m
- Pendage de la tranchée : égale à 8%

Le pendage de la tranchée a été fixé à 8% car :

- La mine a une grande extension.
- Pour assurer la sécurité.
- Economie d'énergie (diesel).

Pour assurer les bonnes conditions de roulage

#### III.1.6.1.Constructions de la route d'accès

L'accès est indiquée la projection du bord la mine sur une surface verticale. Pour l'accès d'un gradin du point A vers le deuxième gradin on va creuser une tranchée d'accès inclinée AB.



Sur ce niveau se forme une plate-forme de jonction BC et ensuite dans cette même direction, d'une manière consécutive, est creusée la tranchée d'accès CD [14].

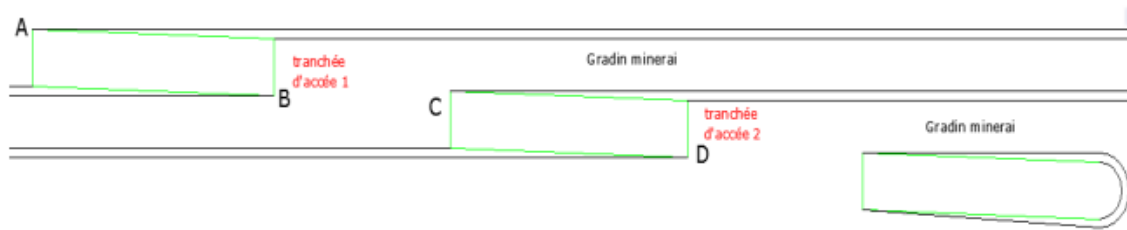


Figure III. 5: Découverte par un système de tranchées successives.

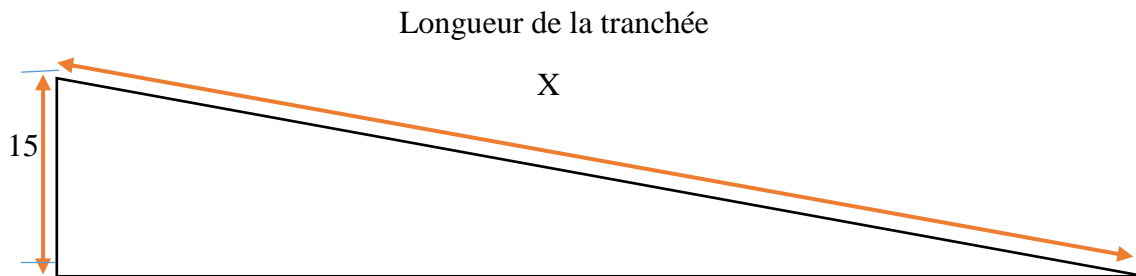


Figure III. 6: Paramètres d'une tranchée

La longueur de la tranchée est donnée par :

$$X = \frac{\text{hauteur de gradin}}{\text{pendage de tranchée}} \dots\dots\dots (III.7)$$

$$X = \frac{15}{0.08} = 187.5 \text{ m}$$

**b- Largeur de la tranchée**

La largeur de la tranchée est déterminée à base de plusieurs paramètres, en se référant à plusieurs documents on propose une autre formule de la largeur de la route en plus de celle déterminée au chapitre II formule II-8 [14] :

- Nombre de voix de transport : 2voies
- Largeur de camion : 5.4 m (camion Caterpillar)
- Distance entre deux camions en marche : 2.4 m
- La largeur de la berme de sécurité : 4
- Le fossé de drainage : 3 m

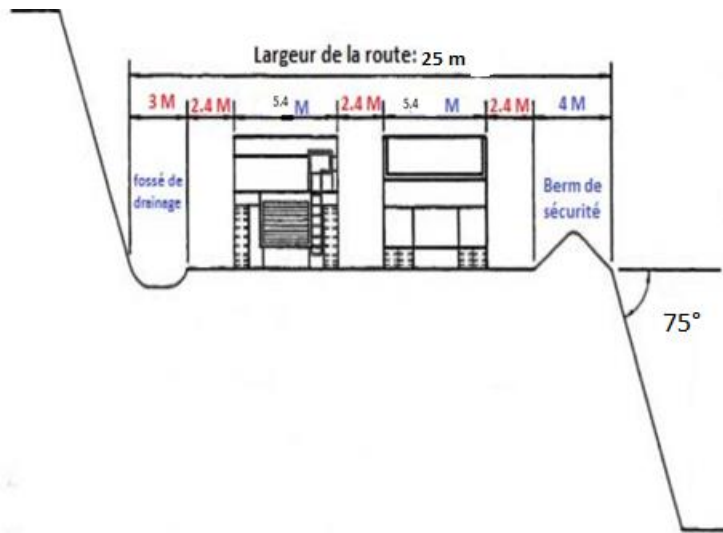


Figure III. 7: Schéma représente la largeur de route [13 ,14].

Largeur de la route=2(largeur de camion) + 3(distance entre camion) +largeur de berme de sécurité +le fossé de drainage ..... (III.8)

Largeur de la route =2(5.4) +3(2.4) +4+3=25 m

Largeur de la route=25 m

La longueur de la plate-forme de jonction BC a été fixée à cause de plusieurs contraintes :

- Laisser de l'espace aux engins de transport pour circuler et éviter les dégâts.
- Faciliter la circulation entre les différents gradins.
- Ne pas gêner les travaux de développement de la mine.
- Assurer la sécurité du personnel et des engins
- Faciliter l'évacuation de minerai à l'extérieur de la mine.

On opte pour la longueur de la plate-forme de jonction BC 100 feet [15], ce qui équivaut 30.48 m, on choisit 30 m.

Largeur de BC=25

Donc les paramètres de la plate-forme de jonction BC sont :

1. Longueur = 30 m
2. Largeur=25 m

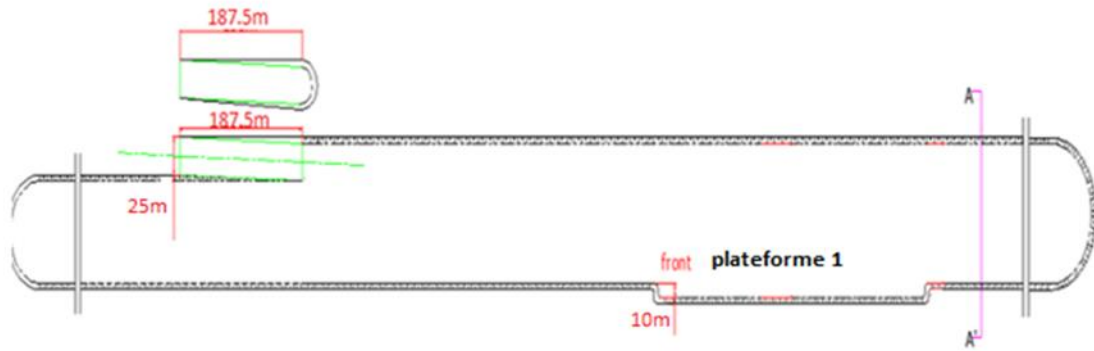
Comme la mine a été planifiée selon 8 gradins donc les nombre de tranchée d'accès est 8 et le nombre de plate-forme de jonctions et de 7plate- forme.

La longueur totale de route d'accès est : 8(longueur de tranchée d'accès) +7(longueur de plate-forme de jonction)..... (III.9)

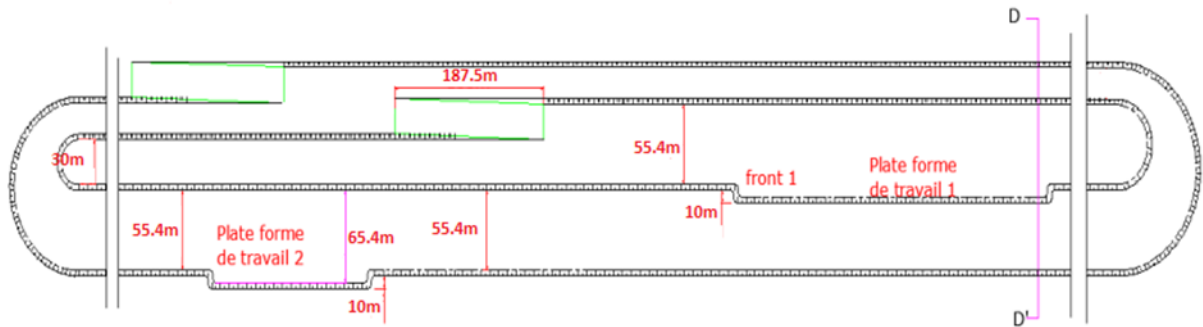
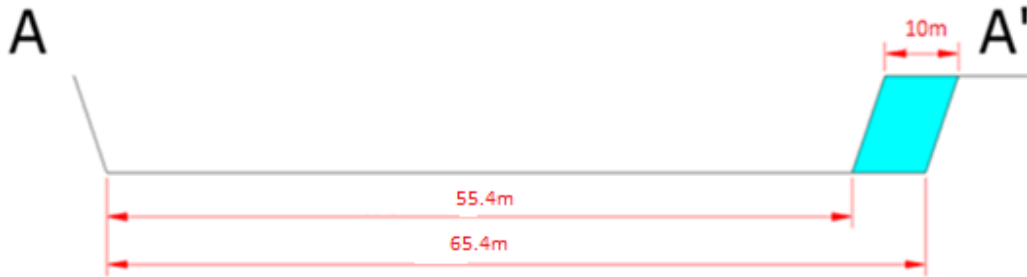
Longueur de route d'accès =8(187.5) +7(30)=1500+210=1710 m

Longueur de la route d'accès =1710 m

La représentation de la tranchée est représenté sur la figure suivante sachant que la longueur de plate-forme de jonction est 100feet ce qui équivaut 30 mètres [14].



Coupe A-A



Coupe D-D



Figure III. 8: Schémas d'ouverture du gisement de Kef Essnoune (Côté Nord-ouest) pour les premiers niveaux.

### **III.1.7. La progression des travaux d'exploitation**

Lorsque le gisement s'enfonce dans le sous-sol avec extension latérale réduite. La découverte porte alors non seulement sur les terrains stériles qui surmontent directement les minerais, mais aussi sur tout le volume du cône qui constitue la fosse. Tous les matériaux stériles doivent être évacués hors de la fosse et stockés (pour être éventuellement remis dans le trou en fin d'exploitation).

Cette méthode est réservée aux filons, couches fortement pentes. L'abattage est en général réalisé à l'explosif et l'évacuation des stériles, comme du minerai, nécessite des camions qui remontent le long des flancs de la fosse sur des pistes spécialement aménagées pour passer de gradin en gradin. Le chargement des camions peut être effectué sur chaque gradin (par des pelles ou chargeuses).

L'angle de fosse ou inclinaison sur l'horizontale des parois de la fosse, doit, pour des raisons de sécurité, être limité : à 30° pour des terrains peu consistants ; jusqu'à 70° pour des terrains très compacts et résistants. Le taux de découverte s'accroît très vite avec la profondeur [14].

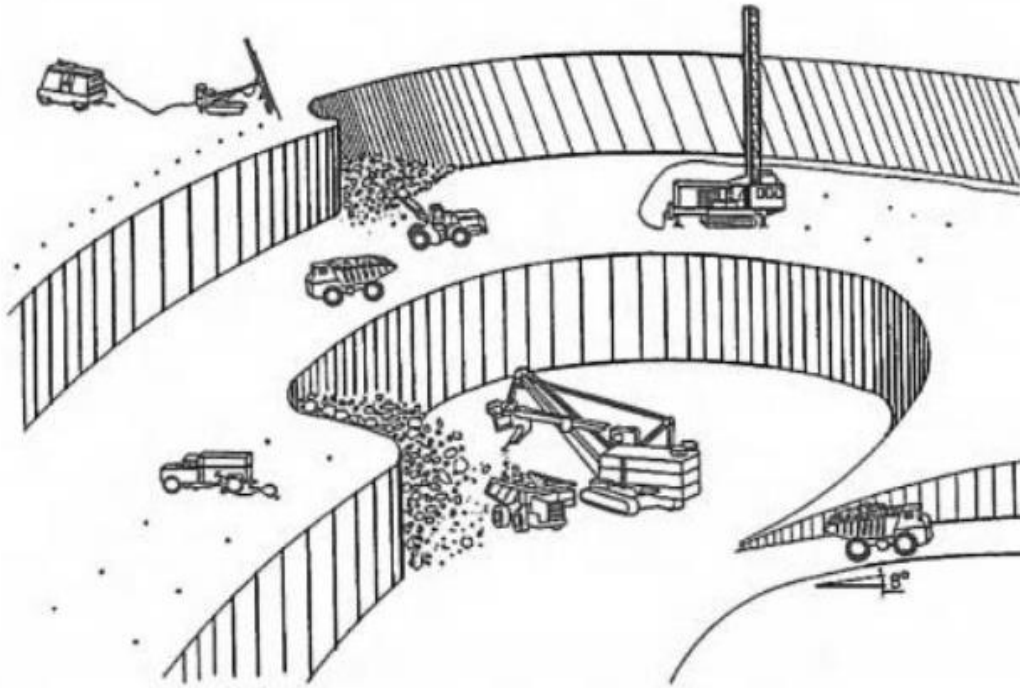


Figure III. 9: La progression des travaux d'exploitation [13,14].

### **III.1.7.1.Détermination de la largeur de plate-forme**

La hauteur du gradin vaut 15 m

La largeur de plate-forme de travail est déterminée en fonction de :

1. Propriétés physique et mécanique des roches ;
2. Dimension du tas des roches abattues ;
3. Paramètres techniques des engins de chargement et de transport.
4. Des lignes de transmission électrique ainsi que de la disponibilité de réserve prête au chargement.

La largeur de cette plate-forme est de 60 à 80 m pour les roches compactes avec le transport par Camoin [14].

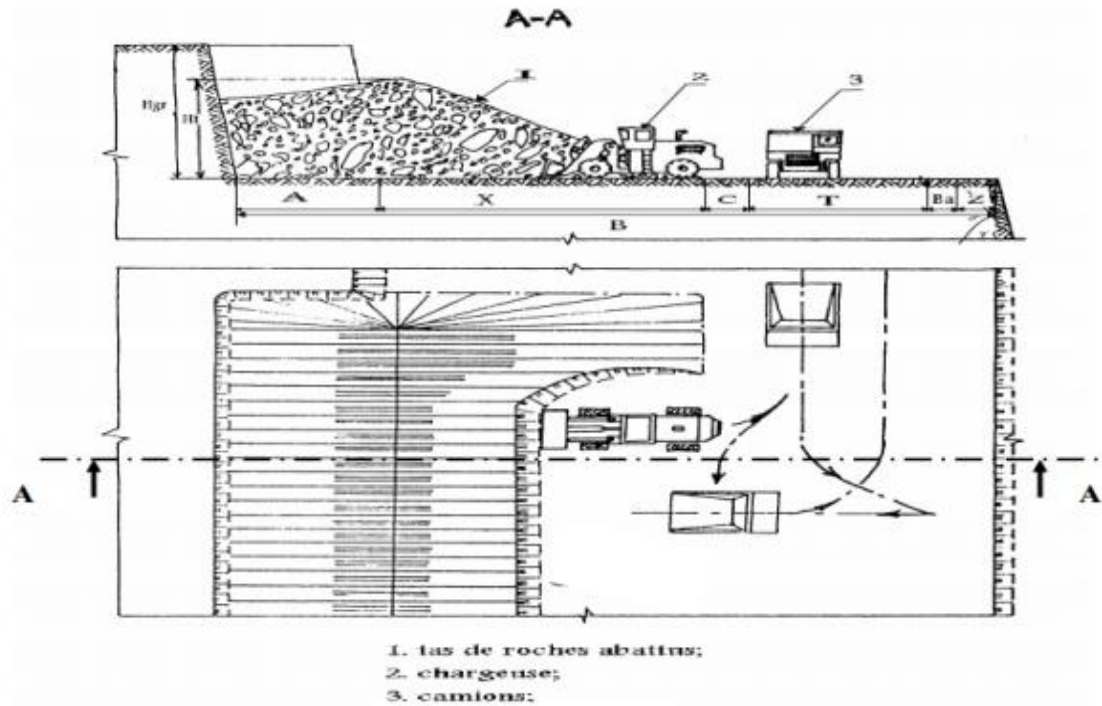


Figure III. 10: La plate-forme de travail de la mine [14].

Lors de l'emploi de l'abattage des roches par travaux de forage et de tir, la plate-forme de travail se calcule par la formule suivante :

$$B=A+X+C+T+Z \dots\dots\dots(III.10)$$

Où :

A : largeur d'enlevure 10 m

X : largeur réduite du tas de roches abattues en dehors de l'enlevure

Dans les conditions de Djebel Onk (Kef Essnoune) La largeur X est de 20 à 25 m respectivement pour les phosphates et les stérile

X= 20 m

C : Distance de sécurité comprise entre le tas de roches et la chaussée de transport C=2

T : largeur de la chaussée de transport (chaussé) ;

En plus de la formule (II.8) employée, on propose la formule suivante [14]

$$T= 2c+2b+d+r \dots\dots\dots(III.11)$$

b : largeur de camion.

d : distance entre deux camions qui se croisent : d= [0.8 - 1] m, on prend d= 1m.

r : distance de braquage 13 m.

Donc

**Chapitre III- Analyse des paramètres de la méthode d'exploitation de Kef Essnoue côté (N.O)**

$$T=2(2) +2(5.4) +1+13=28.8 \text{ m}$$

Z : largeur du prisme d'éboulement

$$Z=Hg (\text{ctg}\rho-\text{ctg}\alpha) \dots\dots\dots\text{(III.12)}$$

Angle d'éboulement naturel des roches ; d'après les données pratiques de Kef Essnoue  
 $\rho=60^\circ$

Angle de talus du gradin  $\alpha=75^\circ$

$$Hg=15 \text{ m}$$

$$Z= 15(\text{ctg}60-\text{ctg}75) =4.6\text{m}$$

Donc :

$$B=A+X+C+T+Z \dots\dots\dots\text{(III.13)}$$

$$B=10+20+2+28.8+4.6=65.4 \text{ m}$$

Largeur de plate -forme de travail =65.4 m

Le mode de transport utilisé pour notre cas est de type « single spotting »

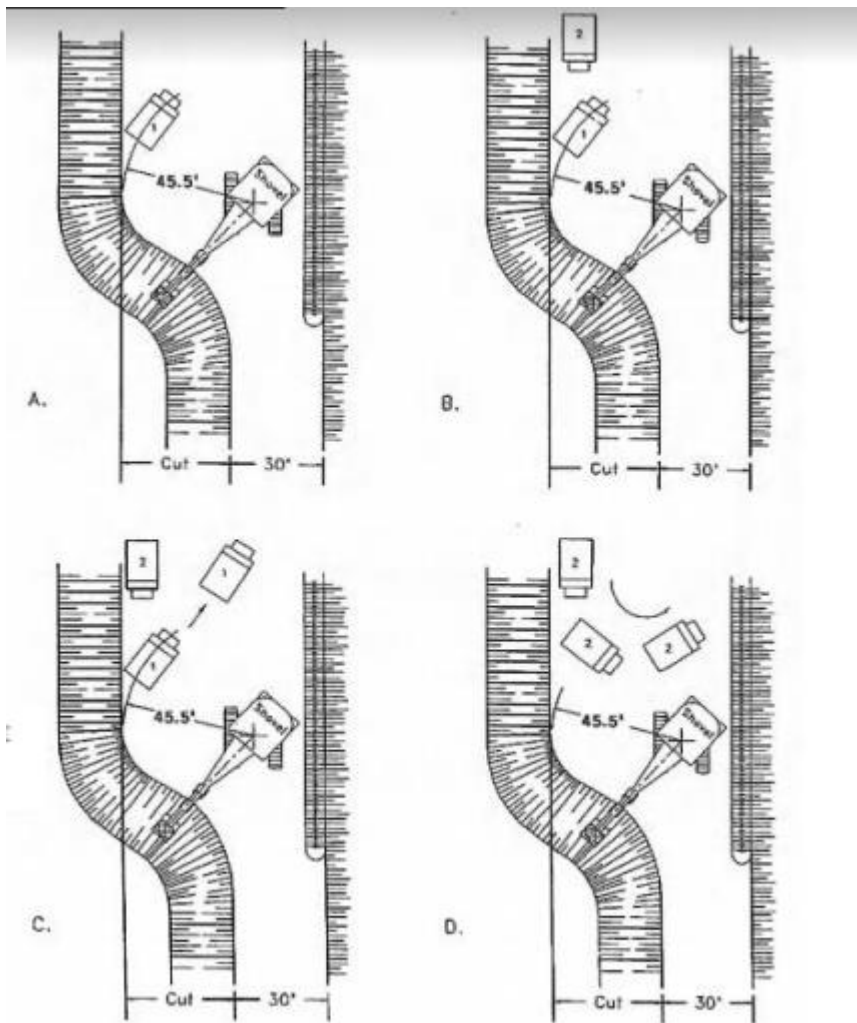


Figure III. 11: Single spotting [13].

### III.1.7.3. Progression des travaux

Les travaux s'effectuent en respectant les points suivants:

- Le phasage de la mine.
- La largeur de la mine.
- Le nombre de gradin pour chaque phase.
- L'équilibrage d'exploitation entre minerai et stérile en gardant toujours le même taux de découverte planifié.
- Le bon couplage entre les deux fonctions (Exploitation-chargement-transport)
- Respecter le programme de production planifiée.
- Essayer d'avoir un bon rendement lors de l'ouverture de chaque gradin.

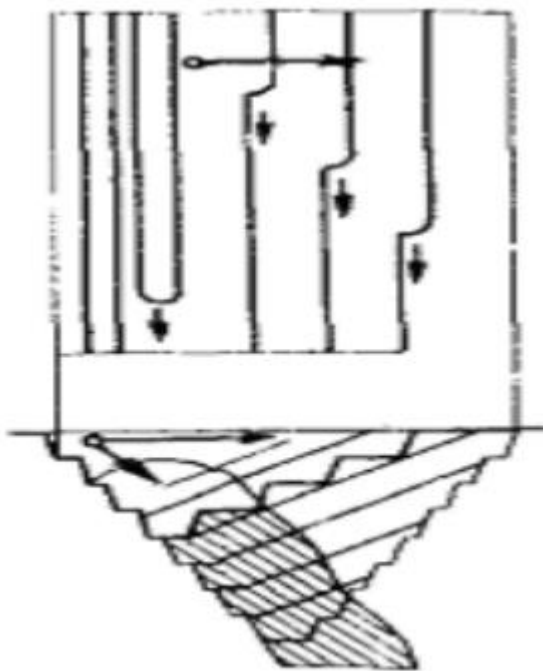


Figure III. 12: Enlèvement longitudinal avec un seul bord de développement des travaux [14].

## III.2. SOLUTION PROPOSEE

### III.2.1. Introduction

Le déplacement dans l'espace et le temps se gère par les angles et les déplacements des chantiers horizontalement et verticalement.

Pour atteindre cet objectif, on a réalisé notre travail en deux volets :

1. Le premier volet prend en considération les angles à savoir :
  - ❖ Angle de talus (bench face angle)
  - ❖ Angle global de la mine à ciel ouvert (overall pit slope )
  - ❖ Angle du bord inexploitable



2. Le deuxième volet concerne la largeur de la route en détail avec considération des rayons de courbure.

Dans une exploitation à ciel ouvert, on est toujours confronté à l'enjeu économique qui vise à enlever le maximum de minerai en un temps court dans des conditions variables, et un enjeu de sécurité qui exige la considération des conditions géotechniques pour le choix des paramètres de la méthode d'exploitation.

### III.2.2. Angles, hauteurs, et largeurs dans une exploitation à ciel ouvert

Dans l'exploitation à ciel ouvert, il existe plusieurs éléments qui jouent un rôle important dans la production, la stabilité de la mine à ciel ouvert à court terme et durant toute la durée de vie de la mine telle que ceux mentionnés sur les figures suivantes :

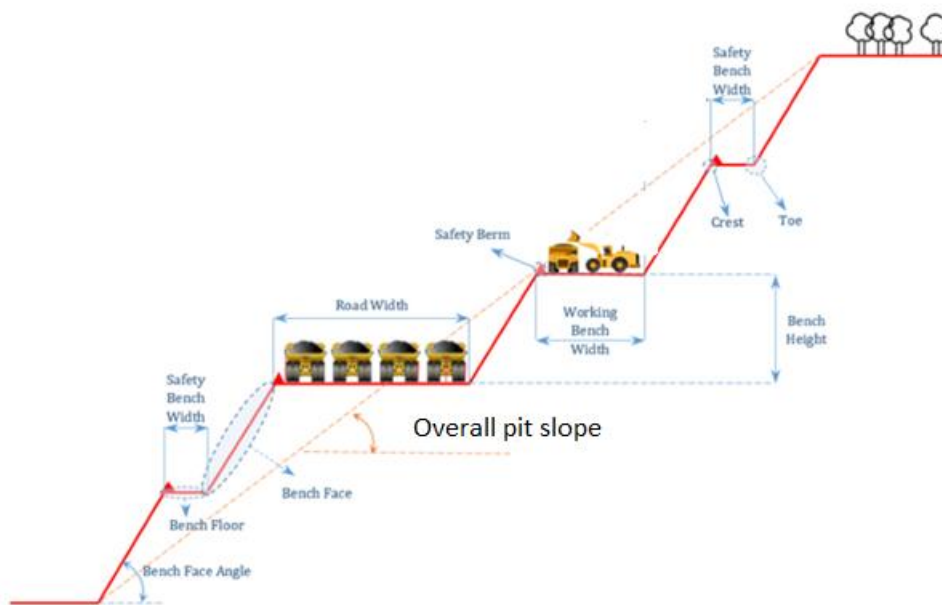


Figure III. 13: Eléments clés dans une exploitation à ciel ouvert[18]

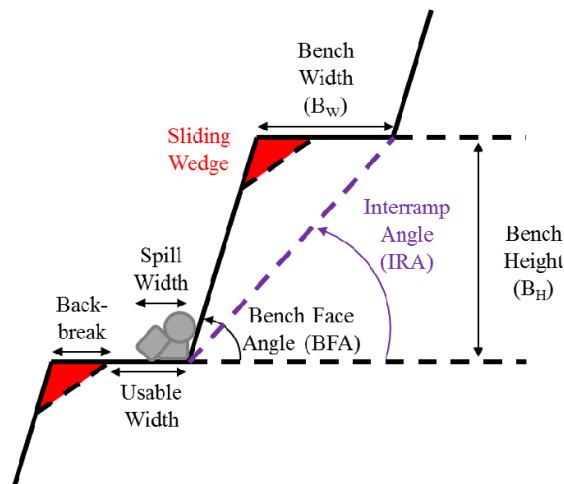


Figure III. 14.: Géométrie typique d'un gradin en exploitation [19]

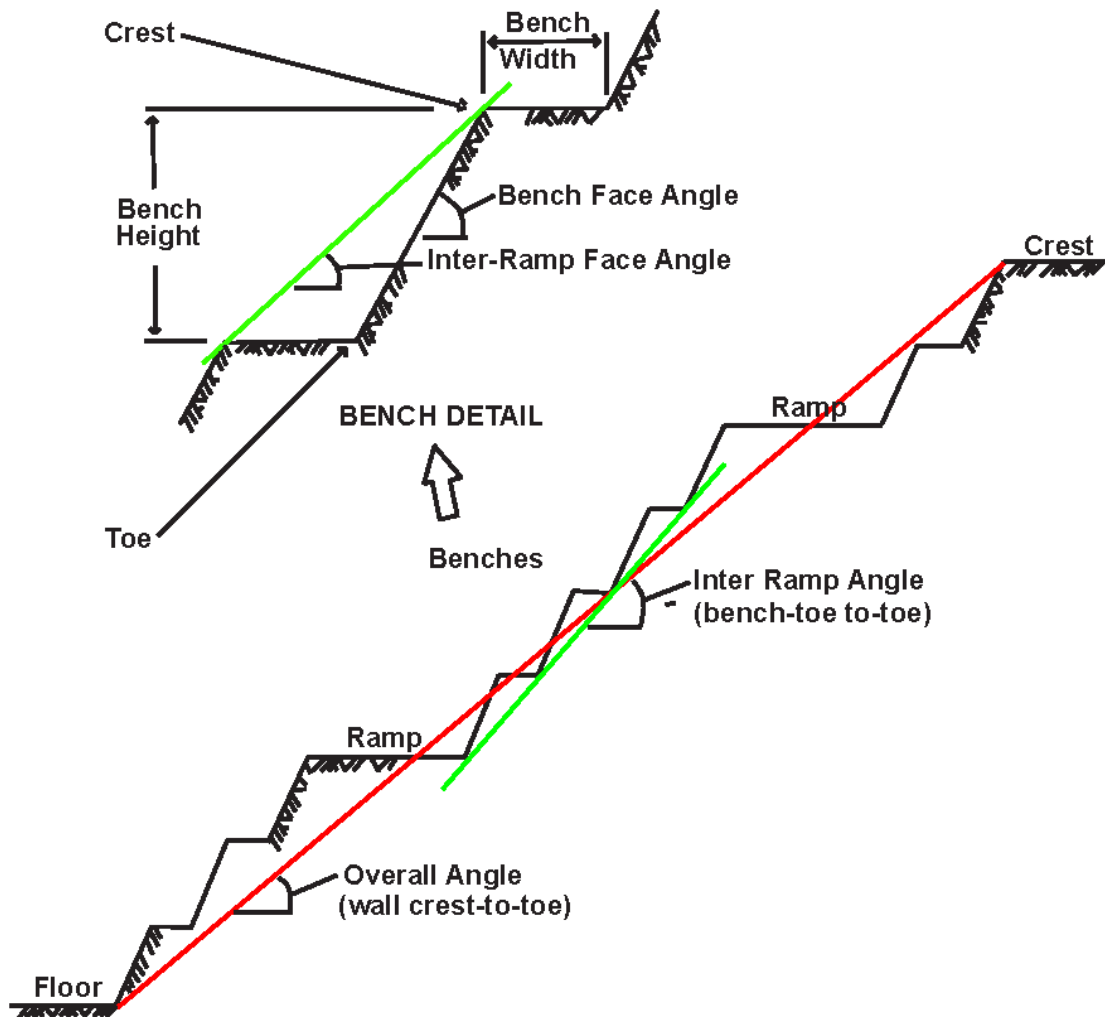


Figure III. 15: Principaux éléments à prendre en compte dans la conception d'une mine à ciel ouvert [20].

### III.2.2.1. volet angles

L'objectif de la conception des pentes des mines à ciel ouvert est de déterminer la disposition qui permet les bénéfices financiers et la quantité de minéral récupéré les plus fortes. L'ingénieur chargé de l'étude doit envisager simultanément les angles de pentes définitifs et provisoires, les angles de gradins, l'emplacement des rampes et la progression de l'exploitation (Figure III.16).

Selon le dictionnaire « le trésor de la langue Française Informatisé » une rampe est une partie d'un escalier conduisant d'un palier à un autre.

La conception de la pente d'une fosse se fait en deux étapes. La première est d'évaluer la stabilité de la pente pour chaque disposition possible. La deuxième est de faire entrer ces données dans l'analyse financière, pour ce travail on se limite à la première étape.

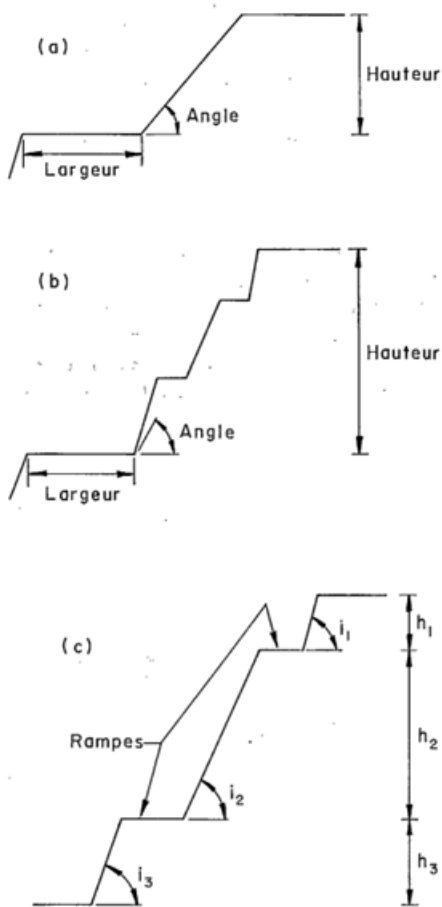


Figure III. 16: Divers aspects des parois de fosses qui concernent l'exploitant chargé de la conception de la fosse (a) la géométrie des gradins, (b) la géométrie des bermes, (c) la géométrie des rampes [21].

Durant l'exploitation et l'approfondissement de la fosse apparaissent plusieurs déformations et ruptures. Une classification des déformations et ruptures appliquée aux mines à ciel ouvert a été proposée par Fissenko. Elle contient quatre types principaux de déformations : les chutes de blocs, les éboulements, les glissements et les mouvements de fluage [22].

On s'intéresse à la rupture plane car selon les études précédentes pour le gisement considéré dans ce travail le type de déformation possible est le glissement plan et qui sera détaillé dans la partie suivante.

### A- Rupture Plane

Une rupture plane le long de divers types de discontinuités peut se produire à l'échelle du talus, à l'échelle de l'inter-rampe et à l'échelle de la paroi de la fosse. Les instabilités de du talus naturel des principaux plans de joint signifient que la pente globale doit être aplatie pour fournir l'espace requis pour des bermes de sécurité adéquates. La pente finale est composée de faces de banc aplaties, couplées aux marches de la berme de sécurité. L'angle de pente de conception peut être calculé une fois qu'un angle de talus stable moyen est déterminé. Étant donné que l'on s'intéresse à la stabilité finale de la paroi de la fosse, l'analyse de cette section

s'applique à une structure majeure se produisant dans la paroi de la fosse, bien que le même type d'analyse s'applique également à plus petite échelle. La figure 4.63 montre les dimensions et les forces dans une pente rocheuse avec un plan de rupture potentiel. Le Mohr-Coulomb critère de rupture a été utilisé.

$i$  est l'angle de pente moyen par rapport à l'horizontale (degrés),

$\beta$  est l'angle de la discontinuité par rapport à l'horizontale (degrés),

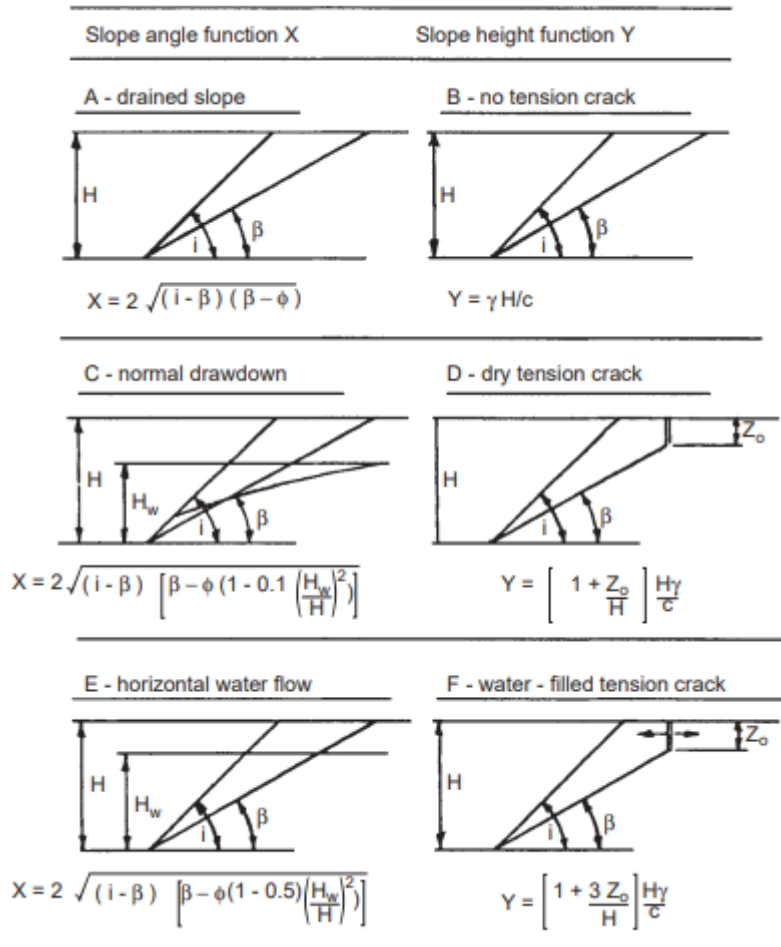


Figure III. 17: Angle de talus et hauteur du gradin pour différentes conditions d'eau et de fissure de traction (Hoek, 1970a) [13].

Dans le cas de Kef Essnoue, les conditions du terrain imposent la configuration D .La fonction de l'angle de talus sec est :

$$X=2\sqrt{(i - \beta)(\beta - \phi)} \dots\dots\dots (III.14)$$

Avec :

$\beta$  : L'angle de plan de rupture

$i$  : L'angle de talus

$\phi$  : L'angle de frottement interne

Inclinaison critique du plan de glissement ( $\beta$ ) est déterminée d'après la formule [17] :

$$\beta = \frac{1}{2}(i+\phi) \dots \dots \dots (III.15)$$

$$\beta = \frac{1}{2}(75+32) = 53.5^\circ$$

**B- Détermination d'un nouveau angle de talus du gradin selon la stabilité**

Pour la détermination du nouveau angle de talus du gradin on utilise la démarche suivante [15] :

- On fixe le facteur de sécurité ;
- On détermine  $Y = [1 + \frac{Z_0 \gamma H}{H} ] \frac{\gamma H}{C}$  après avoir spécifié et calculé chaque composante de la formule ;
- On utilise l'abaque de la conception de pente pour la rupture plane incluant divers facteurs de sécurité (Hoek, 1970a) [13].

**B-1 Détermination du coefficient de sécurité**

On utilise le tableau suivant :

Tableau III. 3 : Recommandations du facteur de sécurité Fs et de Probabilité de rupture (POF) (Priest and Brown, 1983) [23].

Conséquence de rupture	Exemples	Acceptable values		
		Moyen FS	Minimum P(FS<1.0)	Maximum P(FS<1.5)
Légère	Gradins individuels; petit (<50m). Pentes temporaires, non adjacentes aux routes de roulage	1.3	10%	20%
Modérément grave	Toutes pentes à caractère permanent ou semi-permanent	1.6	1%	10%
Très sérieux	Pentes moyennes (50-100 m) et hautes (<150 m) supportant des routes de transport importantes ou des installations minières permanentes sous-jacentes	2.0	0.3%	5%

Pour la stabilité de la fosse selon les conditions de Kef Essnour le coefficient de sécurité admis est de  $F_s=1.3$

**B-2 Détermination de la fonction Y**

La fonction Y peut être déterminée par [13] :

$$Y = [1 + \frac{Z_0 \gamma H}{H} ] \frac{\gamma H}{C} \dots \dots \dots (III.16)$$

La profondeur de la fissure de traction critique  $Z_0$  est déterminée par [24] :

$$\frac{Z_0}{H} = 1 - \sqrt{\cot(i) \cdot \tan(\beta)} \dots\dots\dots (III.17)$$

$$Z_0 = [1 - \sqrt{\cot(70) \cdot \tan(53.5)}] \cdot H = [1 - \sqrt{\cot 70 \cdot \tan 53.5}] \cdot 15 = 4.48 \text{ m}$$

Avec : C la cohésion = 0.1 Mpa = 2088.85 lb/ft<sup>2</sup>

$$\gamma = 20.60 \text{ KN/m}^3 = 131.119 \text{ lb/ft}^3$$

$$Z_0 = 4.483 \text{ m} = 14.7 \text{ ft}$$

$$Y = \left[1 + \frac{Z_0}{H}\right] \frac{\gamma H}{C} = \left[1 + \frac{14.7}{393.7}\right] \frac{131.119 \cdot 393.7}{2088.85} = 25.63$$

B-3 On utilise l'abaque de la conception de pente pour la rupture plane incluant divers facteurs de sécurité (Hoek, 1970a) [13].

On positionne Y sur l'axe des Y et qui vaut 25.63 et on trace une ligne horizontale jusqu'à l'intersection avec la valeur du coefficient de sécurité et qui est égal à 1.3, on obtient X=22 °.

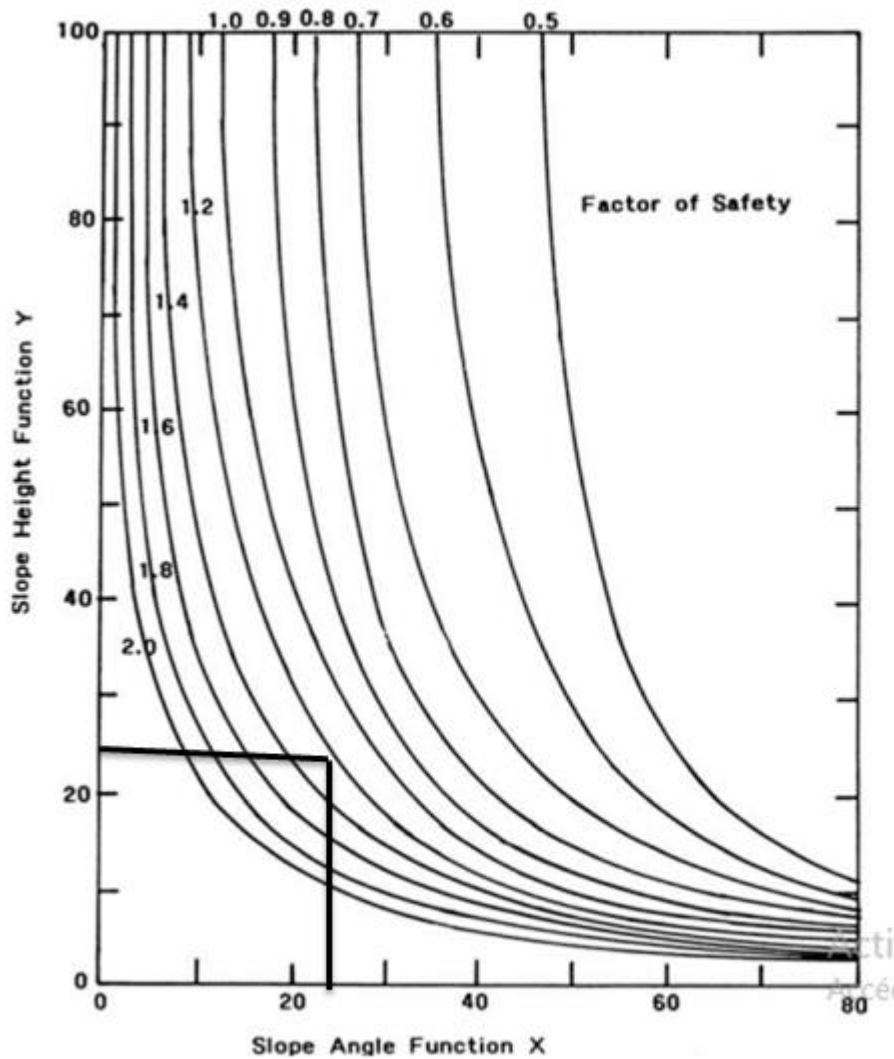


Figure III. 18: Slope design chart for plane failure including various safety factors (Hoek, 1970a) [13].

D'après la formule (III-14), on obtient :

$$i = \frac{X^2}{4(\beta - \phi)} + \beta \dots \dots \dots (III.18)$$

$$i = \frac{22^2}{4(53.5 - 37)} + 53.5 = 60.83^\circ$$

On obtient un nouvel angle du talus de gradin 60.83 degrés

$$i = \alpha = 60^\circ$$

L'angle « i » calculé d'après la stabilité est celui connu en exploitation « α ».

**C- Berme de sécurité**

Rebord horizontal construit dans (un remblai) ou un mur en pente d'une mine à ciel ouvert pour casser la continuité d'une pente autrement dit afin de renforcer et d'augmenter la stabilité d'une pente.

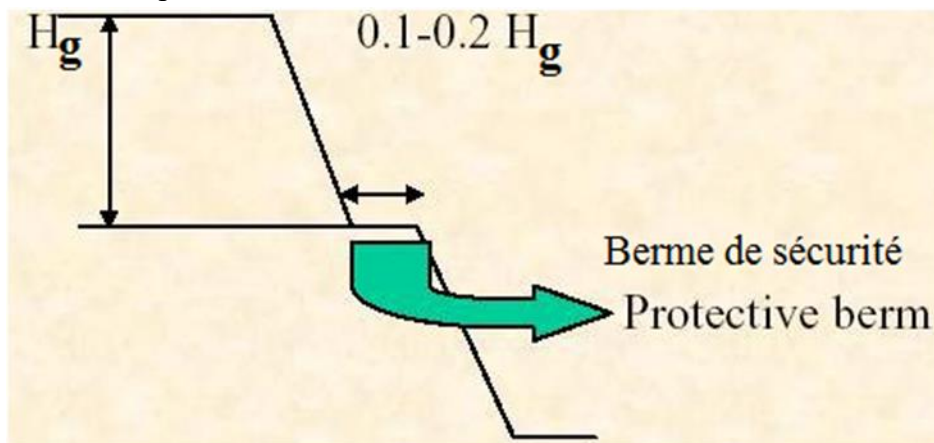


Figure III. 19: Représentation d'une berme de sécurité [25].

On peut également déterminer la largeur de la berme de sécurité d'après la formule suivante [17] :

$$b_s = \frac{H_g}{3} \dots \dots \dots (III.19)$$

$$b_s = 5m$$

$$t = \frac{H_g}{\tan i} \dots \dots \dots (III.20)$$

$$t = \frac{15}{\tan 60} = 8.66 m$$

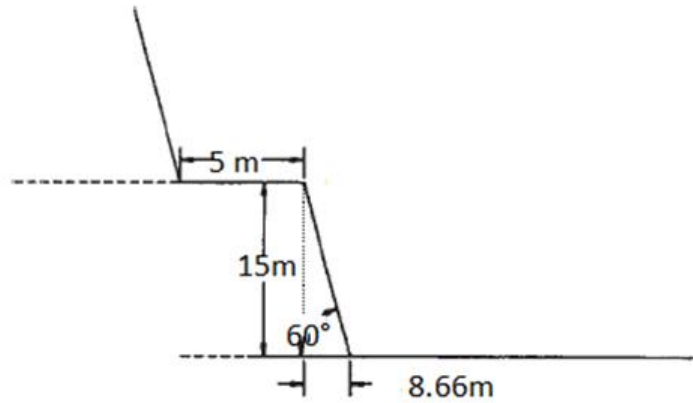


Figure III. 20: Géométrie d'une berme de sécurité, l'angle de talus du gradin pour les conditions de Kef Essnoue.

**D- Pente globale de la fosse (overall pit slope)**

Il existe un certain nombre de «pentes » qui entrent dans la conception de la fosse. Il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas de confusion quant à la façon dans dont ils sont calculés et ce qu'ils signifient. Une pente a déjà été introduite. C'est l'angle de la face du gradin.

La pente globale de la fosse est la pente composée de 8 gradins (figure III.21), l'angle formé avec l'horizontale de la ligne reliant le pied le plus bas à la crête la plus haute est défini comme suit [13] :

$$\Theta = \tan^{-1} \frac{Ng * Hg}{(Ng - 1) * bs + \frac{Ng * Hg}{\tan i}} \dots \dots \dots (III.21)$$

$$\Theta = \tan^{-1} \frac{8 * 15}{(8 - 1) * 5 + \frac{8 * 15}{\tan 60}} = 49^\circ$$



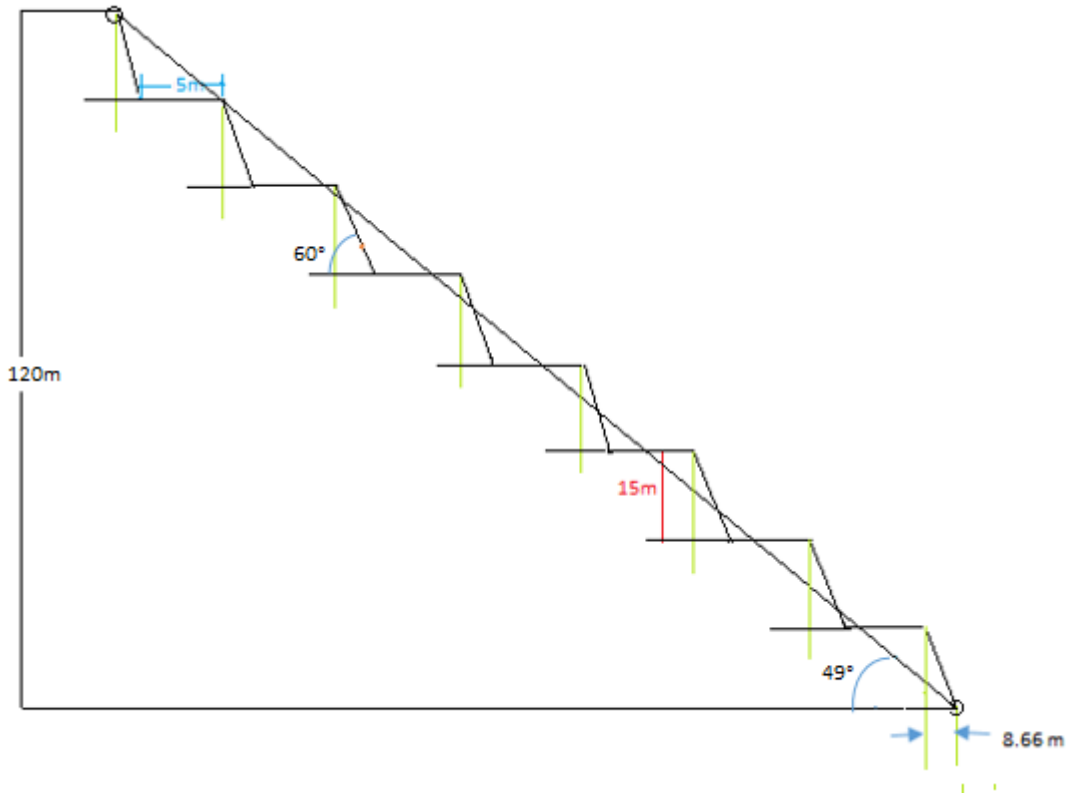


Figure III. 21: Angle global de la mine de Kef Essnour

**E- .Angle de bord inexploitable  $\beta'$**

Pour la délimitation du contour supérieur de la carrière, il est nécessaire de déterminer l'angle de talus du bord inexploitable ( $\beta'$ ) selon la profondeur finale et les propriétés du massif. La pratique de l'exploitation à ciel ouvert et l'analyse statistique des différentes données à travers les mines à ciel ouvert et les carrières du monde, montrent que l'angle de talus du gradin et celui du bord inexploitable peuvent prendre les valeurs présentées au (tableau III.1)

L'angle du talus de bord inexploitable dépend aussi des particularités constructives de ce bord. Il peut être calculé par la formule suivante [17] :

$$\tan \beta' = \frac{H_c}{\sum b_s + \sum b_t + \sum H_g \cdot \cot \alpha} \dots \dots \dots (III.22)$$

Avec :

$H_c$  : profondeur finale de la mine ; m

$b_s$  : largeur de la berme de sécurité ; m

$b_t$  : largeur de berme de transport ; m

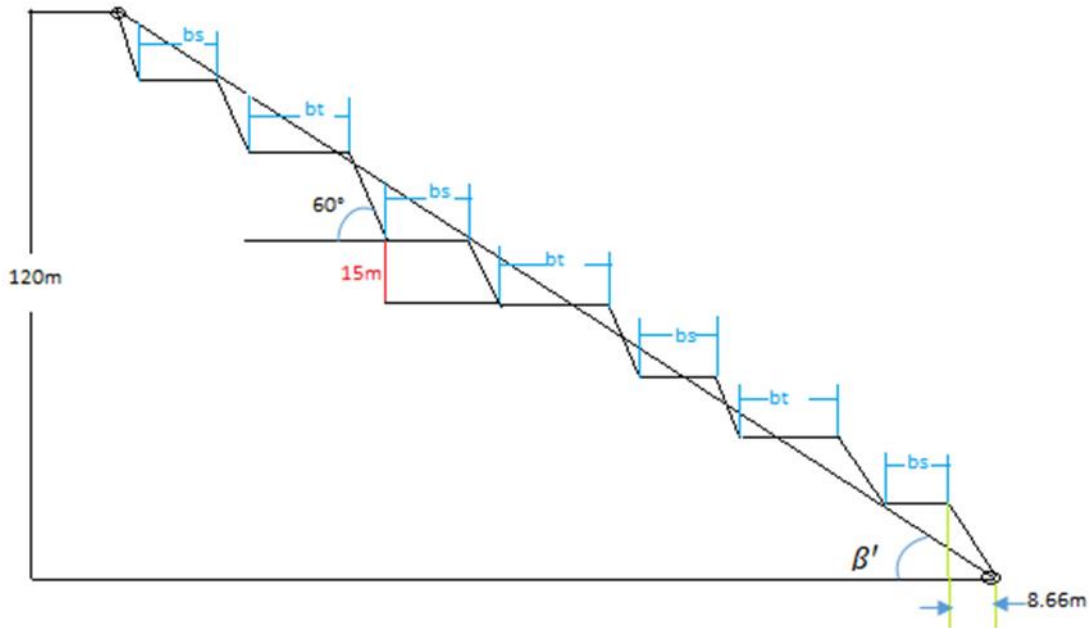


Figure III. 22: Détermination de l'angle du bord inexploitable

$$\beta' = \tan^{-1} \frac{Hc}{\sum bs + \sum bt + \sum Hg \cdot \cot \alpha} \dots\dots\dots (III.23)$$

$$\beta' = \tan^{-1} \frac{120}{4 \cdot 5 + 3 \cdot 25 + (15 \cdot \cot 60) \cdot 8} = 36.14^\circ$$

Pour augmenter la stabilité du bord on propose d'installer une rampe comme le montre la figure III.23 d'une largeur de 100 pieds est située à mi-hauteur du gradin 4, la pente globale de la fosse devient :

$$\beta' = \tan^{-1} \frac{Hc}{\sum bs + \sum bt + \sum Hg \cdot \cot \alpha + 30.48} \dots\dots\dots (III.24)$$

$$\beta' = \tan^{-1} \frac{120}{4 \cdot 5 + 3 \cdot 25 + ((15 \cdot \cot 60) \cdot 8) + 30.48} = 31.63^\circ$$

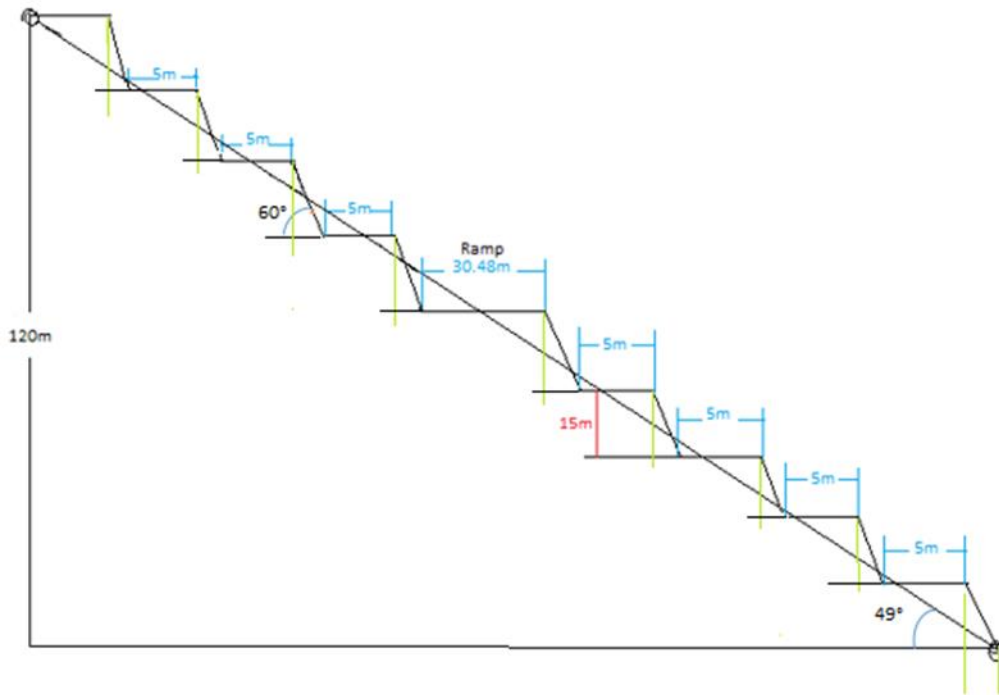


Figure III. 23: Angle de pente global avec rampe incluse.

### III.2.3.Volet largeur

#### III.2.3.1.Modification du tracé de la route compte tenu des contraintes de rayon de courbure

Le rayon de courbure doit être pris en compte lors de la détermination de la disposition horizontale du trait route. Si un rayon de courbure suffisant n'est pas pris en compte, le temps et le coût de déplacement pourraient être augmentés en raison d'une diminution de la stabilité opérationnelle d'un camion. Si un rayon de courbure suffisant est obtenu, une vitesse stable du chariot peut être maintenue et l'usure des roues du chariot peut être réduite, permettant ainsi une opération de transport efficace.

Le rayon de courbure doit être conçu de manière à ce que la force centrifuge sur le chariot pendant la rotation et le frottement entre le pneu de camion et la surface de la route sont équilibrés (voir Figure III.24a) [22].

L'équation du rayon de courbure minimal à prendre en compte lors de la conception d'une route est comme suit :

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots \dots \dots (III.25)$$

R : le rayon de courbure m ;

V : vitesse du véhicule (km/h) ;

e : super élévation (m/m)(voir figure) ;

f : le coefficient de frottement entre le pneu et la surface de la route ;

La vitesse du véhicule signifie la vitesse maximale lorsque le camion roule sur une pente descendant sans charge. La surélévation fait référence au degré d'inclinaison le long d'un bord d'une route (figure III.24b). l'application de la différence au degré d'altitude aux deux bords de la route diminue la force centrifuge sur le camion pendant la rotation et permet au camion de tourner de manière stable. Le dévers doit être conçu pour ne pas dépasser 5% à 7% (environ 3° à 4°). Un dénivelé sur une route de transport en fonction du rayon de courbure et de la vitesse du véhicule (voir tableau III.4). Le coefficient de frottement varie en fonction de la surface de la route et est supposé égal à 0.3 si la surface est sablonneuse et molle ou à 0.45 si la surface de route est partiellement constituée de gravier [26].

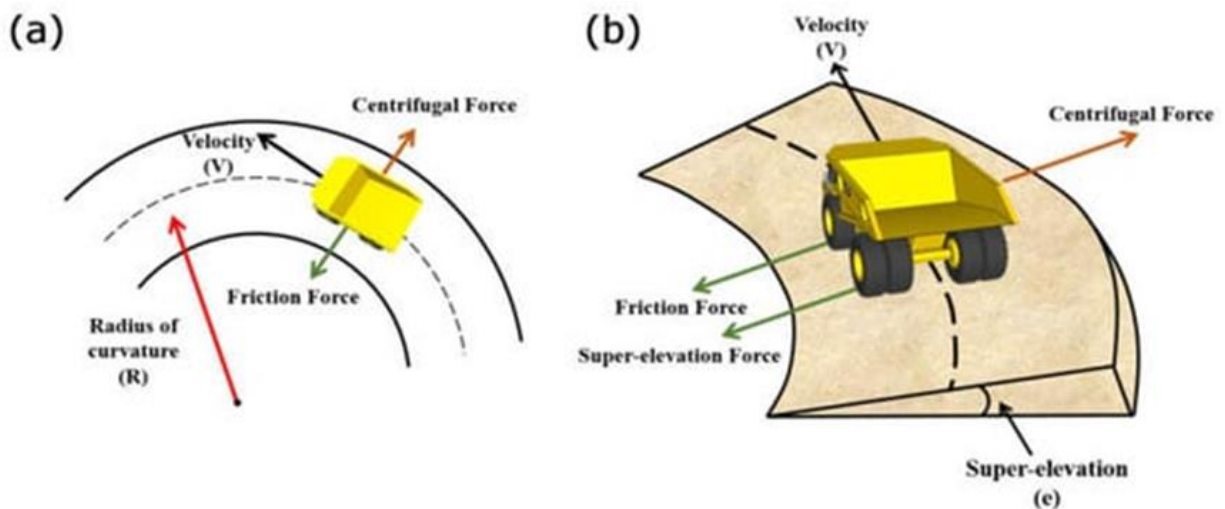


Figure III. 24: Représentation schématique des géométries de la route montrant (a) le rayon de courbure lorsque le camion-benne tourne et (b) une vue en coupe transversale de la route montrant le dévers [22].

Tableau III. 4 : Dénivelé de la route de transport en fonction du rayon de courbure et de la vitesse du véhicule [22].

Rayon de courbure (m)	Vitesse (km/h)				
	25	32	40	48	>56

**Chapitre III- Analyse des paramètres de la méthode d'exploitation de Kef Essnoune côté (N.O)**

15	4% (≈2°)				
30	4% (≈2°)	4% (≈2°)			
45	4% (≈2°)	4% (≈2°)	5% (≈2°)		
75	4% (≈2°)	4% (≈2°)	4% (≈2°)	6% (≈3°)	
90	4% (≈2°)	4% (≈2°)	4% (≈2°)	5% (≈3°)	6% (≈3°)
180	4% (≈2°)	4% (≈2°)	4% (≈2°)	4% (≈2°)	5% (≈3°)
300	4% (≈2°)	4% (≈2°)	4% (≈2°)	4% (≈2°)	4% (≈2°)

En plus de la formule de calcul la largeur de la route doit être conçue sur la base de l'équipement avec la plus grande largeur parmi les équipements de traction utilisés dans une mine et peut varier selon le nombre de voies. L'équation utilisée pour déterminer la largeur de la route de transport est comme suit :

$$W = (1.5 * L + 0.5) * X \dots\dots\dots (III.26)$$

Où

W : la largeur de la route de transport ;

L : le nombre de voies ;

X : la largeur de la route de transport équipement ;

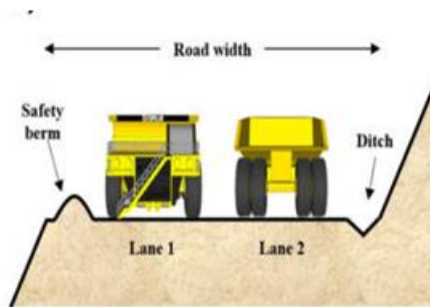


Figure III. 25: Géométrie de la route montrant une coupe transversale de la route [26].

## **Chapitre IV- ASPECT ENVIRONMETAL**

Dans ce chapitre destiné à visualiser l'impact environnemental d'une exploitation à ciel ouvert sur l'environnement nous avons distingué deux parties :

- La première concerne le remblayage pour améliorer la stabilité de ce site suite au glissement qui s'est produit en 2007.  
Au niveau du gisement de Kef Essnune (Djebel El-Onk) s'est produit un glissement de terrain le 08 Septembre 2007. Ce glissement a été caractérisé par un mouvement de terrain de très grande ampleur par son volume de 7,7 Millions m<sup>3</sup> qui a comblé entièrement la fosse d'exploitation au niveau de la mine et entraîné l'arrêt temporaire des travaux d'extraction sur une période prolongée.
- La deuxième est destinée à montrer l'impact d'exploitation minière du phosphate sur l'environnement

#### **IV.A. Travaux de remblayage**

##### **VI.1.INTRODUCTION**

Selon le journal officiel de la république Algérienne N°=77 publié le 15 décembre 2001 relatif à la définition et la classification des déchets en Algérie, on a les définitions suivantes [27] (voir ANNEXE).

**Déchet** : tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire, ou de l'éliminer .

Classification des déchets :

- a) **Déchets ménagers et assimilés** : tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres. Qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.
- b) **Déchets encombrants** : tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés.
- c) **Déchets spéciaux** : tous déchets issus des activités industrielles agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.
- d) **Déchets spéciaux dangereux** : tous déchets spéciaux qui, par leurs constituantes ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.
- e) **Déchet d'activité de soins** : tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.
- f) **Déchets inertes** : tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne

subissent aucune modification physique, chimique, ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et/ou à l'environnement.

Selon la loi Algérienne les déchets générés lors de l'exploitation de phosphates sous forme de solides stériles et issus de l'exploitation de phosphate de Kef Essnoune sont classés en déchets inertes

## **VI.2. Le remblayage des mines à ciel ouvert et des carrières**

Par définition le remblayage est géré de manière à assurer la stabilité physique des terrains remblayés ». Il ne doit pas nuire à la qualité du sol ainsi qu'à la qualité et au bon écoulement des eaux.

Dans le même contexte on fait un rappel sur certaines définitions importantes :

- **Glissement** : mouvement de matériaux meubles au sein d'une pente, le long d'une zone de rupture définie par une surface continue (dont la forme peut être circulaire, plane ou parfois complexe). Lorsque la surface de rupture se trouve à une ou quelques dizaines de mètres de profondeur on parle de glissement profond, et lorsque cette surface se trouve à quelques mètres de profondeur on parle de glissement superficiel. Une pente de matériaux meubles peut être également sujette à des mouvements superficiels, terme regroupant des phénomènes qui ne sont pas associés à l'existence d'une surface de rupture bien définie : ce peut-être des reptations de sols ou matériaux par modification de leur comportement mécanique en présence d'eau, ou encore du ravinement d'une pente par l'eau.
- **Intégratrice (pente)** : pente globale d'un flanc rocheux, d'une pente réaménagée, ou d'un remblai, intégrant à la fois les talus/fronts unitaires et les banquettes/risbermes intermédiaires.
- **Risberme** : ce terme désigne généralement une banquette aménagée dans un talus ou un remblai pour en diminuer la pente et collecter/acheminer les eaux de ruissellement.
- **Stériles** : terme qui désigne les roches déplacées pour atteindre le gisement, y compris au stade de la préproduction, ou encore les roches non valorisables dudit gisement. Il peut donc s'agir de stériles francs (forage de puits ou traçage de galeries au rocher par exemple) ou de stériles minéralisés (teneur en éléments valorisables inférieure à la teneur économiquement exploitable au moment du dépôt) [27].
- **Zone d'accueil (du remblai)** : dans le cas présent, zone de la mine à ciel ouvert ou carrière où le remblai sera mis en place de manière pérenne, soit, selon le cas, l'excavation et les fronts la délimitant, le plan d'eau, leur pourtour le cas échéant [28].
- **Gisement** : le gisement le dépôt naturel des minéraux utiles dans l'écorce terrestre. Le gisement peut comprendre l'une ou plusieurs gîtes. On entend sous le gisement exploitable un gisement contenant le minéral utile en quantité suffisante pour l'organisation de l'exploitation et par sa qualité répondant aux exigences de l'économie nationale, d'où, étant donné le niveau actuel de la technique et de l'économie, on peut extraire le métal ou le produit minéral à l'échelle industrielle [29].



### VI.3. Critères liés à la zone d'accueil du remblai

Concernant la zone d'accueil des remblais, plusieurs éléments sont à considérer pour s'assurer de la stabilité à long terme du site.

#### a- La géologie du site

Les contextes géologiques des sites d'accueil des remblais sont très différents. Parmi les principaux, on cite :

- Les carrières de roches meubles : à savoir les carrières de matériaux granulaires de type gravière ou les carrières de roche plus tendre, voire de sol de type marne ou argile ;
- Les carrières de roches massives, d'origine sédimentaire (calcaire, craie, grès, ...), magmatiques (granite, roches volcaniques, ...) ou métamorphiques (schiste, gneiss, ...) [27].

#### b- La géomorphologie du site

La géomorphologie de la zone d'accueil du remblayage peut-être de deux types :

- une carrière en forme de fosse, soit en eau, soit partiellement en eau ou soit hors d'eau
- une carrière à flanc de relief (le front d'exploitation n'est pas circulaire).

### VI.4. Les techniques de remblayage

Généralement, le remblayage est réalisé selon différentes opérations, à savoir :

- les opérations de gerbage : les déchets inertes sont poussés dans la fosse par le chargeur ;
- les opérations de compactage : le chargeur fait régulièrement des passages sur les déchets inertes pour les tasser ;
- la mise en place des terrains de couverture : lorsque le remblai arrive à la cote topographique finale autorisée, les terrains de couverture décapés préalablement et stockés en carrière sont mis en place et régalés.

Les opérations de remblayage sont fortement liées à la géométrie du site, à la cadence d'arrivée du matériau, à la largeur des banquettes, au phasage entre la poursuite de l'extraction (voir l'extension de l'exploitation) et la mise en place du remblai.

Pour des remblais de grande hauteur, le remblayage par couches successives avec compactage pour chacune des couches est recommandé, car il permet de diminuer le phénomène de tassement. Il s'agit de tasser le matériau à l'aide des moyens mécaniques disponibles pour réduire les vides et augmenter la cohésion.

Idéalement chaque couche ne doit pas dépasser le mètre, pour que le compactage par les engins de carrière puisse être efficace, au-delà il n'y a pas de garantie que la partie basale de la couche soit compactée.

Dans le cas des carrières, le compactage peut se faire par les engins classiques (pelles, chargeurs, boteurs, bulldozers, camions, ...).

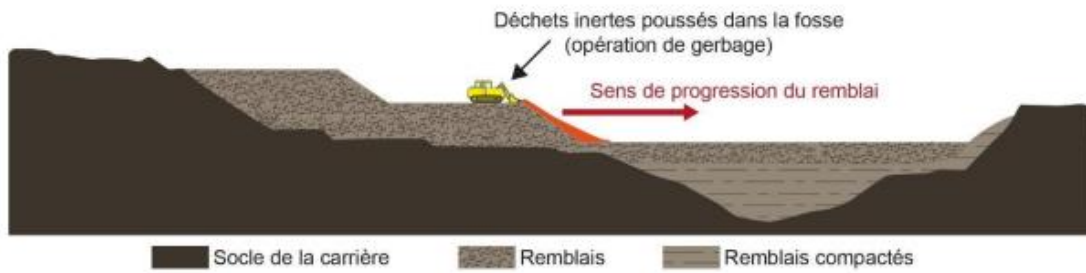


Figure IV. 1: Opérations de gerbage et compactage des remblais

Les différentes étapes menant à un réaménagement d'une carrière à ciel ouvert par remblayage de déchets inertes peuvent être récapitulés dans la figure suivante :

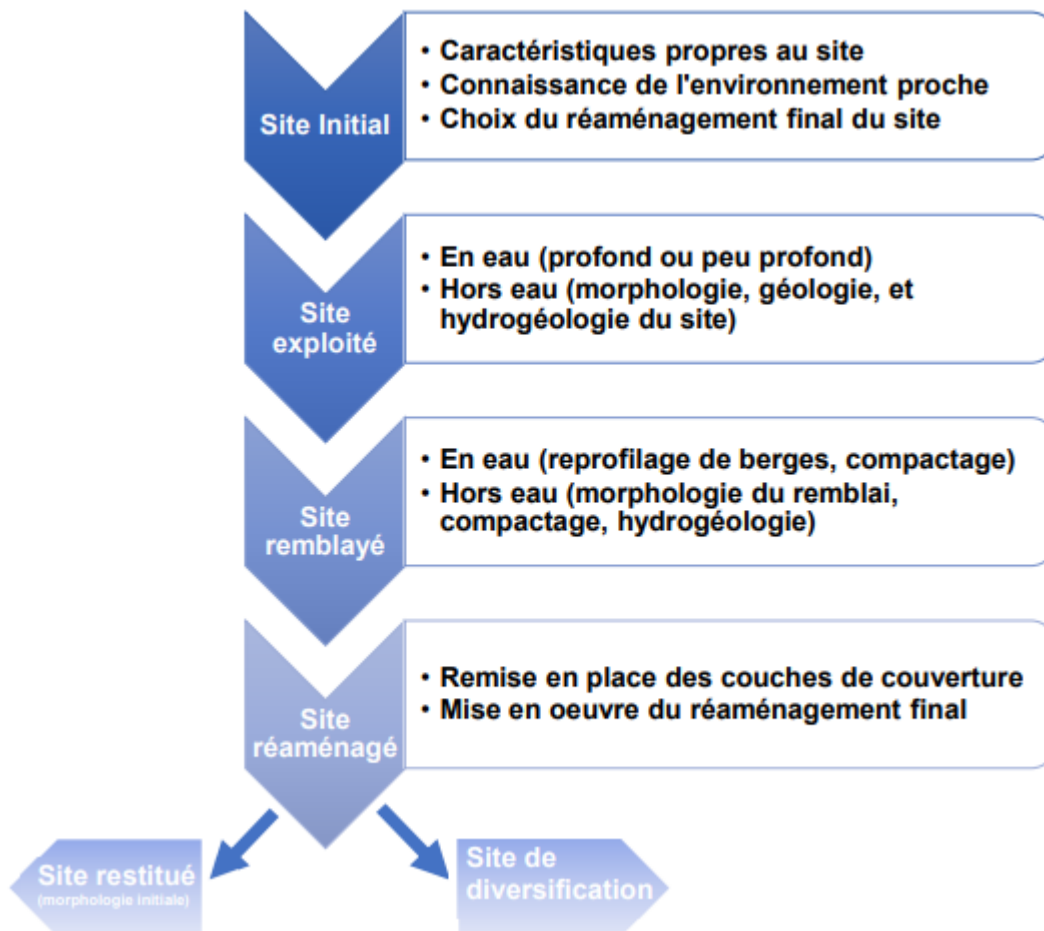


Figure IV. 2: Schéma global des différentes étapes menant à un réaménagement d'une carrière à ciel ouvert par remblayage de déchets inertes [27].

#### IV.5. Etat actuel de Kef Essnone (N-O)

La région de Kef Essnoune est l'un des gisements de phosphate les plus importants du bassin phosphaté de Djebel Onk, et constitue le principal axe de développement du complexe minier de Djebel Onk.

L'appréciation de l'état de stabilité d'une pente ou d'un talus est souvent faite pour une démarche géotechnique qui consiste à opérer un calcul de stabilité qui comprend en considération, la structure géologique du massif rocheux, l'effet hydrogéologique et les paramètres mécaniques de la roche.

De point de vue quantité et qualité, le phosphate à récupérer du stot a une bonne qualité [30].

#### **IV.5-1. Les étapes de Remblayage de la fosse**

Dans notre cas de Djebel Onk sud, c'est le cas de dynamitage (utilisation de l'explosif). DMT ont démontrés que pour la meilleure façon de développer la carrière de Kef Essnoune et de maximiser la récupération du phosphate avec une garantie de la stabilité de la paroi Nord en matière de sécurité, il est recommandé de :

Stabilisation de la paroi Nord par remblayage de la fosse existante en utilisant des stériles disponibles avec une hauteur optimale de 72 m.

Le remblayage de la fosse s'effectue en étapes suivantes :

- **1<sup>ère</sup> étape** : le remblayage de la zone Ouest de la fosse dans le sens du sud vers le Nord. La quantité est de l'ordre de : **637.054 m<sup>3</sup> (1 156 438 Tonnes)**
- **2<sup>ème</sup> étape** : le remblayage de la même zone vers l'Ouest (La quantité est de l'ordre de : **374.826 m<sup>3</sup> (682 183 Tonnes)**).
- **3<sup>ème</sup> étape** : la continuité de remblayage de la même zone jusqu'à une hauteur de 72 m. (La quantité est de l'ordre de : **3.125.823 m<sup>3</sup> (5 688 998 Tonnes)**)
- **4<sup>ème</sup> étape** : l'achèvement de remblayage de la fosse vers l'Est. (La quantité est de l'ordre de : **5. 542. 985 m<sup>3</sup> (10 088 232 Tonnes)**).

La fosse doit être remblayée par une quantité on assurant la sécurité totale selon l'étude de DMT est de l'ordre de **17 615 851 Tonnes**.

Dans notre cas on a appliqué les recommandations du DMT , actuellement on a arrivé à la 4<sup>ème</sup> finale de l'Etape du remblayage de la fosse (depuis Février 2016 jusqu'au Mai 2021 ) d'une quantité de stérile est de : **19 000 000 m<sup>3</sup> (35 000 000 Tonnes)**.

Pour conclure que le remblayage de la fosse actuelle donne un coefficient de sécurité (dynamique) supérieur à la limite acceptable (Selon l'étude, le coefficient de sécurité est de l'ordre de : **1.17**) .

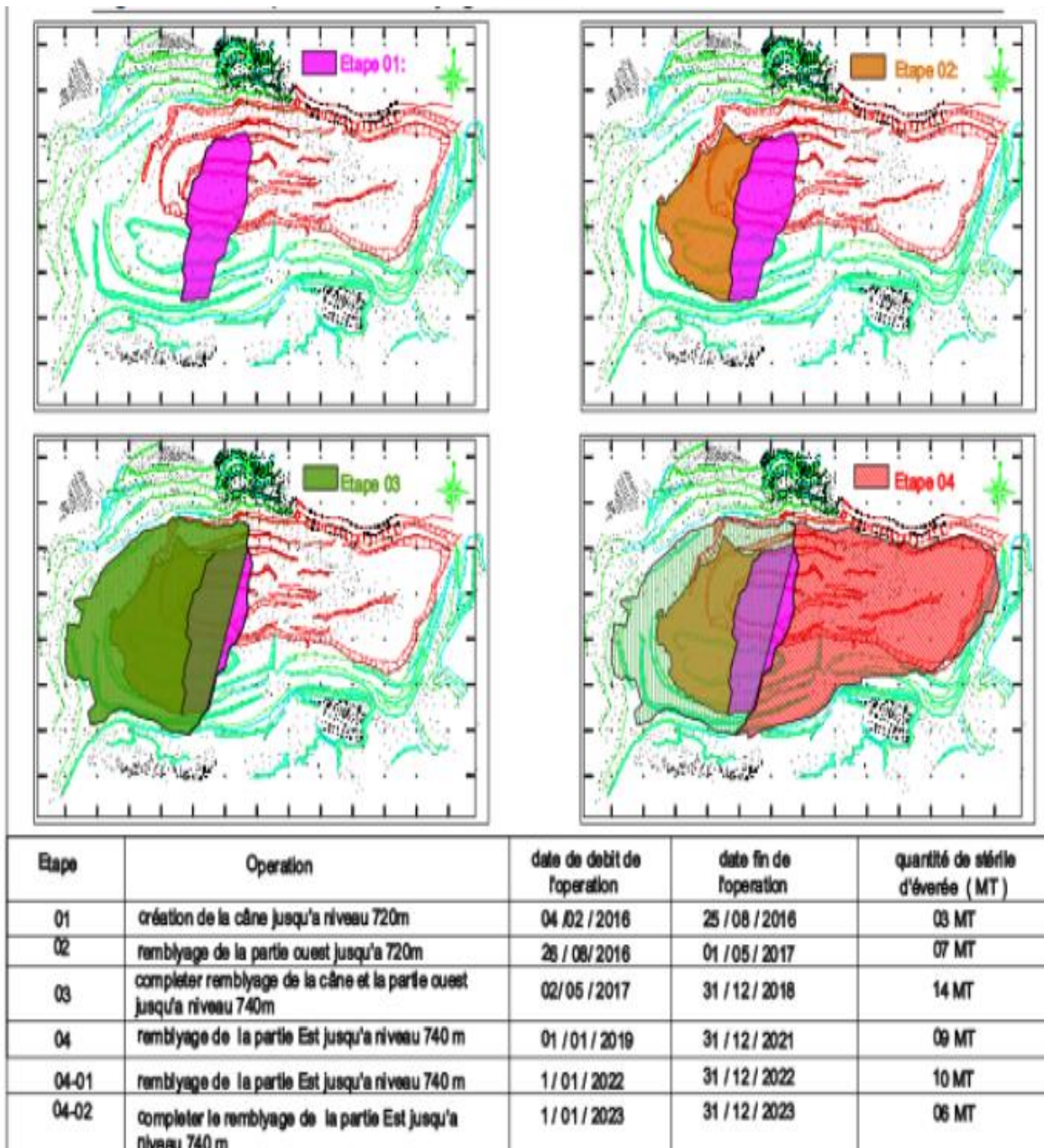


Figure IV. 3: Les Etapes de Remblayage de la fosse de la mine de Kef essnoue [5].

#### IV.5.2. Les étapes pour la récupération du stot de protection et réserves géologiques

##### a- Réserves Géologiques Du Stot De Protection:

site	Superficiés (m <sup>2</sup> )	Hauteur moyen (m)	Densité de phosphate (t/m <sup>3</sup> )	Réserves de Phosphate (t)
KES	17 531	18	2.3	7000

### **b- Les étapes Pour La Récupération Du Stot De Protection**

Suite au glissement de 2007, la forme d'éboulement de la masse rocheuse (calcaire et phosphate) au niveau de l'ancienne fosse, nous permettons de récupérer le stot de protection en deux phases différentes.

- la récupération de la quantité totale du phosphate côté **Ouest** est de l'ordre de **630.000 tonnes**.
- la récupération de la quantité totale du phosphate coté **Est** est de l'ordre de **420.000 tonnes**.
- **Etape I :**

La réalisation d'une piste de roulage au niveau 738.00 côté **Ouest** vers la même zone du stot de protection jusqu'au niveau 723.00 avec une pente de 4.5 % et une longueur de 334 m et d'une largeur de 40 m.

La quantité de remblayage et déblayage et de l'ordre **300.000 Tonnes**.

- **Etape II :**

**a.** Côté Ouest du stot de protection :

La récupération de la totalité du stot de protection côté **Ouest** et les pistes de roulages avec une quantité de phosphate est de l'ordre **630.000 Tonnes**, est au fur et a mesuré jusqu'à l'achèvement, en remplacent les vides par les stériles de la carrière de Kef Essonne, la quantité de remblayage et de l'ordre **800.000 Tonnes**.

**b.** Coté Est du stot de protection :

Vu la forme de l'éboulement et le contacte de la roche issue du glissement (calcaire et phosphate) avec le stot de protection, nous obligeons de récupérer d'une partie du stot de protection et les pistes de roulages en gardant les bermes de sécurité de (06 m), la quantité de phosphate à extraire est de l'ordre de **420.000 tonnes [16]**.

### **IV.6.Les étapes d'exploitation :**

Compte tenu des conditions géologiques et minières du gisement, la méthode d'exploitation adoptée au stot de protection est la méthode à ciel ouvert par un gradin de 06 m à 15m de hauteur allant de haut en bas.

#### **a) Ordre d'exploitation :**

Les travaux d'extractions sont du côté Ouest vers le côté Est avec des plates formes de 20 m de largeur et un gradin de 06m en gardant un pendage du front ne dépassant pas les normes utilisés dans le gisement de Kef Essnune.

L'extraction du phosphate du stot de protection du coté, Ouest vers l'Est prévue selon l'étude tout en respectant les paramètres dictés par l'art minier à savoir **[16]**

Paramètres d'exploitation	
Angle de talus du gradin	70°
Largeur de la berme de sécurité	06 m
Largeur de la plate-forme de travail	20 m
Angle de bord	55 °
Hauteur du gradin	06 m
Nombre des gradins	<p style="text-align: center;"><b>Côté Ouest du stot :</b> - 01 (pour le stot de protection).</p> <p style="text-align: center;"><b>Côté Est du stot :</b> - 02 (pour les plates formes et les accès jusqu'à l'achèvement de la couche du phosphate).</p>

**b) Organisation des travaux d'exploitation**

Sur la base des prévisions de commercialisation de phosphate marchand, les prévisions projetées (cas stot de protection, plate-forme et piste de roulage) sont comme suit [16] :

- phosphate : **1 050 000** Tonnes, selon le régime de travail 2x8 discontinu :
  - Terrassement et Foration : 02 postes
  - Chargement : 02 postes
  - Transport : 02 postes
  - Durée d'un poste : 06 h

**c) Processus d'exploitation**

Il s'agit d'opération classique de la mine à ciel ouvert [16].

✓ **Abattage**

La Foration principale (pour les volées d'abattage) est réalisée par des sondeuses.

Désignation	stérile	Phosphat e
Production semestriel prévue T	//	1 050 000
Heures de marche sondeuse semestriel prévue H	//	438

Production mensuel prévu	T		175 000
Heures de marche sondeuse mensuel prévu	h	//	73
Diamètre de foration	mm	//	125
Maille de foration 04.5 m x 04.5	m		//
Rendement métrique	t/ m	//	48
Rendement horaire des sondeuses	m/h	//	50
Nombres des sondeuses nécessaires	N	//	01

**✓ Travaux de chargement**

Le chargement du phosphate sera assuré par pelle hydraulique d'une capacité de godet de 06 m<sup>3</sup>.

Désignation		Stérile	Phosphate
Production semestriel prévue	T	//	1 050 000
Heures de marche pelle semestriel prévue	h	//	1 750
Production mensuel prévu	T	//	175 000
Heures de marche pelle mensuel prévu	h	//	292
Rendement chargement	t/h	//	600
Heures de marche par poste	h	//	06
Nombre de pelle prévu nécessaires	N	//	01
Nombre de poste par jour	N	//	02

**✓ Travaux de Transport**

Le transport du phosphate vers le concasseur ou les stocks sera assuré par des camions d'une capacité de 50 Tonnes

Désignation		Stérile	Phosphate
Production semestriel prévue	T	//	1 050 000
Heures de marche camion semestriel prévue	h	//	1 908
Heures de marche 05 camion semestriel prévue	h	//	9 545

Production mensuel prévu	T	//	175 000
Heures de marche camion mensuel prévu	h	//	318
Heures de marche 05 camion mensuel prévue	h	//	1 590
Heures de marche par poste	h	//	06
Rendement de transport	t/h	//	110
Nombre des camions nécessaires	N	//	05
Nombre de poste par jour	N	//	02

✓ **Plan de répartition**

Désignation	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	Tonnage
<b>Phosphate</b>	175 000	175 000	175000	175 000	175 000	175 000	1 050 000
<b>Stérile</b>	00	00	00	00	00	00	00

✓ **Moyen Humains et Matériels**

Désignation des engins	Stérile	Phosphate
<b>Décapage – Terrassement</b>		
- Bulldozer	//	<b>01</b>
- Niveleuse	//	<b>01</b>
- Camion arroseur	//	<b>01</b>
<b>Foration</b>		
- Sondeuse	//	<b>01</b>
<b>Chargement</b>		
- pelle hydraulique d'une capacité du godet de 06 m <sup>3</sup>	//	<b>01</b>
<b>Transport</b>		
- camion de carrière de 50T	//	<b>05</b>

**IV.7.Conclusion :**

La finalité des quatre étapes de remblayage de la fosse selon l'expertise du DMT d'une quantité de 9 680 679 m<sup>3</sup>, par contre la quantité réalisé effectivement est de l'ordre de



19 000 000 m<sup>3</sup> donnera un coefficient de sécurité supérieure à la limite demander par le Bureau expertise DMT.

Au fur et a mesuré de l'extraction des stériles et du phosphate de la paroi Nord pour opérer une libération des contraintes.

## **IV.B. Impacts d'exploitation minière du phosphate sur l'environnement**

### **IV.1.Introduction**

Le but de l'exploitation minière est de satisfaire la demande en ressources métalliques et minérales afin d'améliorer la qualité de vie de la population. Ces ressources peuvent être, par des minéraux métallifères ou des minéraux industriels employés dans des divers secteurs industriels tels que le phosphate ou dans la construction.

Les rejets produits des morts-terrains et des résidus de stériles, représentent une charge financière indésirable pour les exploitants. La gestion des résidus et le management de l'environnement dans son ensemble sont des conséquences des étapes d'extraction, de traitement et de transformation de ces substances minières.

La pollution due à l'exploitation minière définie comme étant une contamination de l'air, de l'eau ou du sol par des substances chimiques, organiques et radioactives affectant ainsi la santé de l'homme, la qualité de la vie et le fonctionnement naturel des écosystèmes.

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), elle est définie par la présence dans la composition normale de l'atmosphère de substances étrangères en quantité anormale susceptible d'entraîner un impact sur l'homme, les animaux, les végétaux, les matériaux ou l'environnement.

L'industrie de phosphate composée essentiellement des phases d'extraction, de préparation mécanique qui génère de grande quantité de poussières et gaz

Les différents types de pollution rencontrés dans une industrie tel que le phosphate sont indiqués dans le diagramme suivant :

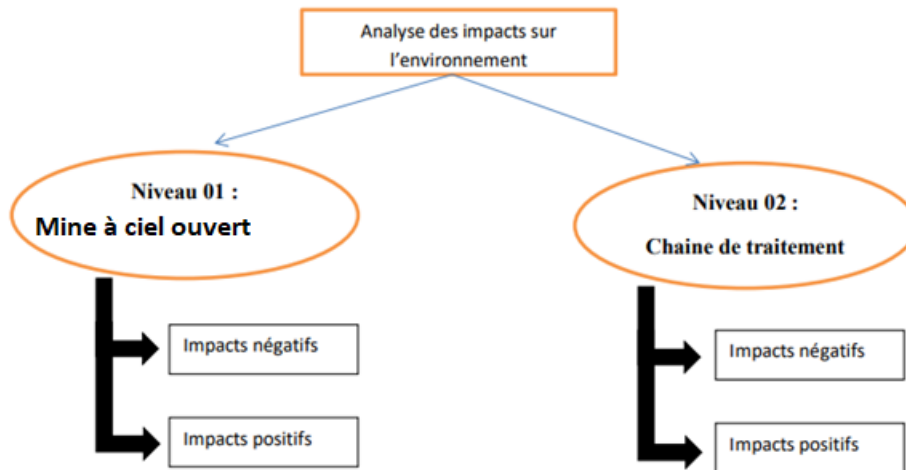


Figure IV. 4: Schéma explicatif de plan d'analyse des impacts sur l'environnement [31].

## IV.2.Lutte contre tous les principaux agents pouvant nuire à l'homme et à son environnement

### IV.2.1.Lutte contre la poussière

Les contaminations de l'air, par exemple par les poussières de roche, ont lieu principalement au cours d'opérations de forage, de recherche de minéraux, de chargement, de concassage de la roche ou de minerai, et d'explosion. Les personnes exposées à un excès de poussière pendant de longues périodes, peuvent souffrir de maladies permanentes des poumons, comme la silicose. Dans la pratique, la production de poussières dans l'atmosphère doit être évitée, en particulier dans les zones peu aérées.

La production de poussière peut être contrôlée ou évitée par:

L'utilisation de techniques de forage humide.

L'utilisation de jets d'eau pendant l'extraction, le chargement, le concassage, etc.

Utiliser de l'eau pour supprimer la poussière et / ou porter un masque à poussière.

### IV.2.2.Lutte contre le bruit

Une exposition répétée ou prolongée à des niveaux sonores excessifs, peut affaiblir l'acuité auditive. Les sources potentielles de bruits excessifs sont les compresseurs, les foreuses, les marteaux piqueurs et autres engins utilisés à la mine.

Partout où cela est possible, de telles sources de bruits doivent être enveloppées de matériaux isolants, de façon à réduire les émissions sonores à des niveaux tolérables. Une méthode pratique de contrôle du bruit est d'augmenter la distance entre la source sonore et l'ouvrier.

Là où de telles mesures de contrôle du bruit ne sont pas applicables, les dispositifs de protection de l'ouïe confortables et pratiques, comme des casques aux normes, doivent être utilisés par chaque personne exposée à des niveaux sonores dépassant 90 décibels.

Dans la mesure où l'intensité sonore des marteaux piqueurs ou des foreuses dépasse normalement les niveaux acceptables, chaque personne utilisant ces machines ou travaillant à proximité, doit toujours porter une protection sur les oreilles.

### **IV.3. Les lois environnementales des mines**

Les lois environnementales : tous les lois sont mises en vigueur pour permettre à réduire voir à éliminer les impacts affectant l'être humain ainsi que son milieu de vie (flore et faune) [33].

#### **Art. 42**

Les ingénieurs de la police des mines, instituée par l'article 41 ci-dessus, assurent les missions du contrôle administratif et technique des activités de recherche et d'exploitation minières, conformément aux dispositions législatives et réglementaires en vigueur. Les ingénieurs de la police des mines surveillent. S'assurent du respect des règles et des normes propres à garantir l'hygiène, la sécurité et les conditions d'exploitation selon les règles de l'art minier. En vue d'assurer la conservation du domaine minier, la protection des sources d'eau, des voies publiques, des Edifices de surface et la protection de l'environnement, et la préparation des mesures de prévention liées aux risques miniers à faire prendre en charge en tant que de besoin par le titulaire du permis minier.

#### **Art. 43**

Les ingénieurs de la police des mines exercent les missions de contrôle de la mise en œuvre des plans de gestion de l'environnement et de l'application des dispositions législatives et réglementaires relatives à la protection de l'environnement dans les activités minières. Les ingénieurs de la police des mines informent l'administration chargée de l'environnement de tout événement ou fait susceptible de constituer une infraction aux dispositions législatives relatives à la protection de l'environnement. Ils exercent également les missions de contrôle des techniques de mise en œuvre des substances explosives.

**Art. 48**

Nul ne peut abandonner un puits, une galerie, une tranchée, un siège d'extraction, un carreau mine, une digue à stériles, verses, terrils, haldes miniers, sans avoir été préalablement autorisé par l'agence nationale des activités minières, sous peine des sanctions prévues à l'article 146. Le titulaire du permis minier est tenu, à la fin du permis minier, d'exécuter immédiatement, à ses frais, les travaux prescrits expressément par l'autorité administrative compétente, en vue notamment, de la restauration et de la remise en état des lieux, de la conservation du gisement, de la protection des nappes d'eau et des écoulements superficiels ainsi que de la préservation de la sécurité publique. La durée durant laquelle la responsabilité du titulaire du permis minier est engagée est fixée par l'autorité administrative compétente ayant délivré le permis minier après avis des services habilités du ministère chargé de l'environnement.

**Art. 56**

En présence d'une cause de danger imminent, soit pour la sécurité des personnes, soit pour la conservation des exploitations minières ou pour l'environnement, l'agence nationale des activités minières peut prescrire au titulaire du permis minier toute mesure visant à assurer la protection des interdits ou suspendre son activité dans un délai imparti, le wali territorialement compétent étant tenu informé.

**Art. 83**

Outre les cas prévus par l'article 125 ci-dessous, la suspension ou le retrait du permis minier est prononcé par l'autorité administrative compétente l'ayant délivré dans les cas suivants : ... Non-respect des règles de l'art minier, des conditions de sécurité et de protection de l'environnement ; ...

**Art. 126**

Tout demandeur d'un permis d'exploitation de mines ou de carrières, doit joindre à sa demande les études d'impact et de danger de l'activité minière sur l'environnement, accompagnées du plan de gestion de l'environnement et du plan de restauration et de remise en état des lieux. Ces études sont soumises à l'examen et à l'approbation des autorités compétentes conformément à la réglementation en vigueur.

**Art. 127**

-Le contenu de l'étude d'impact doit comporter, outre les dispositions législatives relatives à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, ce qui suit :

-les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations relatives à la protection de l'environnement, l'option a été retenue dans le projet minier adopté, parmi celles envisagées.

-la procédure pour le choix du mode d'exploitation. -les conditions techniques d'exploitation qui garantissent la stabilité et l'équilibre du milieu naturel,

-les mesures prises pour la remise en état graduelle des lieux pendant et après l'activité minière, ainsi que pour la prévention des risques miniers dans le cadre de l'après-mine, tenant compte de la santé et de la sécurité du public, du respect de l'intégrité écologique et des principes de développement durable. L'étude d'impact sur l'environnement, réalisée par des bureaux d'études, des bureaux d'expertise ou des bureaux de consultations agréés, est soumise au ministre chargé de l'environnement, pour approbation.

#### **Art. 128**

Tout demandeur d'un permis d'exploration minière, d'un permis d'exploitation minière artisanale, ou d'un permis de ramassage, de collecte et/ou de récolte de substances minérales relevant du régime des carrières, doit joindre à sa demande une notice d'impact de l'activité minière sur l'environnement.

#### **IV.4.L'évaluation des impacts sur l'environnement :**

Il s'agit de déterminer la nature, l'étendue et l'intensité des différents impacts. Cet impact se traduira par une analyse des effets de l'exploitation sur l'environnement Concernant le site et le paysage, la faune et la flore, les milieux naturels, les eaux naturelles et le voisinage (poussière, bruit, odeur, etc...) L'évaluation des impacts sera énumérée comme suit pour définir rapidement les Impacts positifs ou négatifs de l'exploitation et de la mise en valeur sur l'environnement [31].

#### **IV.5.Impacts de l'exploitation des phosphates sur l'environnement :**

L'exploitation des mines à ciel ouvert par la méthode classique a des effets très visibles sur l'environnement.

### **IV.5.1. Les impacts négatifs :**

#### **Sources de poussières**

Toute carrière engendre forcément l'émission de poussière provenant des différentes activités du gisement. Les sources d'émission de poussières dans une carrière sont en général dues :

- à la foration des trous de mines et du tir à l'explosif ;
- au déplacement et à la circulation des engins de carrière ;
- le chargement et transport des matériaux ;
- à la chute des blocs extraits le long du front de taille ;



Figure IV. 5: Chargement et transport



Figure IV. 6: Tir de mine

La production de poussières dans une station de concassage est estimée selon les statistiques entre 7 et 84 g/m<sup>2</sup> /mois dans un rayon de 100 à 200 mètres dans la classe granulométrique entre 0.1 et 10 micromètres retenue par l'appareil pulmonaire. Les poussières dont la taille est supérieure à 10 microns sont pratiquement arrêtées par les voies respiratoires, ce qui est nuisible pour la santé des ouvriers opérant en carrière. Tout ce qui affecte le processus de la photosynthèse peut éliminer la vie sur Terre.

Les nuages de poussière dans l'atmosphère, la poussière grave sur les feuilles ou un revêtement de débris empêche feuilles de la plante de recevoir la lumière du soleil utilisé pour commencer le processus de la photosynthèse. Les débris de poussière et ne permet pas de créer des plantes la nourriture et l'énergie nécessaires pour les plantes de reproduire ainsi que libérer l'oxygène humains ont besoin Ces polluants concerne ; les poussières, les oxydes

de carbone (CO<sub>2</sub>) et les oxydes de l'azote (NO<sub>2</sub>). Ce sont généralement des produits des tirs de mines, des échappements des moteurs diesels et des opérations d'extraction de la matière.



Figure IV. 7: Les poussières par l'usine de traitement (cliché personnel).

### **Emissions de bruit**

Le bruit engendré par l'activité minière avec les vibrations liées aux tirs de mines, la nuisance la plus fortement ressentie par les riverains.

On peut distinguer ces quelques sources de bruits :

- L'abattage à l'explosif ;
- La foration des trous de mines ;
- Les moteurs des engins en circulation ;
- Les avertisseurs de recul des engins ;

On enregistre deux types de vibration :

- des vibrations liées à la perforation des trous de mines ;
- des vibrations liées aux tirs de mines ;



Figure IV. 8: Foration des trous de mine.

Le seuil réglementaire des bruits tolérables pendant le jour étant de 70 dB. L'impact sonore d'une exploitation dépend également fortement du sens du vent et du relief du terrain. Le bruit est d'autant plus ressenti par les riverains que les carrières se trouvent bien souvent dans des zones rurales relativement calmes.

### **Impact sur le paysage**

Il est évident que l'extraction de la carrière entraînerait une transformation du paysage et un impact négatif de la surélévation naturelle des reliefs (altération de la morphologie et l'apparition des surfaces dévastées), produisant des impacts visuels tel que :

- La forme de l'excavation ;
- L'aspect des fronts de taille ;
- Les contrastes de forme et de couleur ;
- Le déboisement ;





Figure IV. 9: transformation du paysage.

### **Impact sur les infrastructures**

L'exploitation de la carrière entraîne à long terme l'effet d'usure permanent des infrastructures routières par l'usage des convois et le risque de dégâts aux constructions voisines par les vibrations introduites. Le transport des matériaux endommage les voiries. La circulation des engins entraîne la dégradation des chaussées et aggrave les risques de dérapage sur les routes par suite de l'épandage des boues.

### **Impact biologique**

Le développement de l'activité d'extraction des matériaux dans une région est de nature à détruire la flore et écarter la faune.

### **Impact socio-économique**

Les activités d'exploitation des carrières ont un impact social tel que les répercussions sur la santé des personnes employées et des habitants au voisinage, des modifications induites dans l'environnement et dans les conditions de vie des populations locales.

Un impact économique tel que ; l'aménagement de nouvelles voies de transport et de communication, l'occupation des sols, notamment lorsque le site fait déjà l'objet d'une mise en valeur agricole ou forestière.

#### **IV.5.2.Les impacts positifs**

On peut résumer les effets positifs de l'exploitation minière dans trois axes principaux :

-Création d'emploi direct et indirect.

-Avantages économiques de l'exploitation pour le développement de la wilaya et ses régions.

-Apport considérable conséquent en renflouant le trésor public par diverses recettes [31].

### **IV.6. Impacts de l'exploitation des phosphates de Kef Essnoune sur l'environnement**

#### **IV.6.1.Impact sur a santé**

L'activité d'extraction de phosphates génère de nombreux impacts négatifs sur le plan sanitaire. Ceci présente des risques de santé liés aux métaux lourds et aux substances les plus toxiques notamment : le fluor, le cadmium, le plomb, la silice et les minéraux radioactifs.

##### **a) Effet du Flore**

La commune de Bir-El-Ater appartient au domaine de la steppe à alfa et à armoise. L'occupation forestière est de faible importance, avec seulement 5518 ha sur une surface totale de la commune de 152200 ha.

La zone d'étude est non cultivée et désertique ; elle est occupée par la steppe à scoparium et astragale, une forme dégradée de la steppe à armoise qui n'est pas un bon pâturage (sauf pour les chameaux).

Aucune des espèces végétales recensées dans les steppes de la zone d'étude ne peut être considérée comme rare.

Les données du Service des forêts de Bir-El-Ater signalent 8500 ha de halfa et 90869 ha pour le parcours.

##### **b) Effet du faune**

Concernant la faune, on note dans la zone de Djebel Onk la présence de gerbilles (gerboise et gerbier), lièvres ibériques, renards et chacals. Le fennec, la belette et le porc-épic doivent être considérés comme rares. L'oryx et l'hyène sont très rares. Dans le massif du Djebel Onk, on trouve des gundis.

Il faut aller jusqu'au Djebel Madjour (près de Négrine) pour pouvoir apercevoir

Le mouflon et la gazelle des dunes ou la gazelle dorças.

Outre les mammifères, la faune avienne, concentrée dans les djebels, est composée du pigeon sauvage, de l'épervier, de la perdrix et de la chouette. Des moineaux, des corneilles et des oies sauvages sont également présents.

La zone d'étude est riche en scorpions jaunes et en vipères à cornes et vipères libertines,

La zone d'étude est riche en scorpions jaunes et en vipères à cornes et vipères libertines, qui ne sont évidemment pas des espèces que l'on cherche à protéger.

#### **c) Effet du cadmium**

La respiration d'air contenant des particules ou des vapeurs de cadmium est souvent à l'origine des pneumopathies, des néphropathies reconnues comme des maladies professionnelles. L'injection dans l'appareil digestif se réalise par la consommation d'eau et d'aliments contaminés.

#### **d) Effet du plomb**

Il provoque une maladie dite plombite par suite d'exposition prolongée en entraînant des troubles dans la croissance chez les enfants et des avortements des accouchements prématurés chez les femmes en grossesse.

#### **e) Effet de La silice**

Il provoque une maladie respiratoire appelée silicose.

#### **f) Effet des minéraux radioactifs**

Comme l'uranium et ses dérivés dont l'inhalation prolongée provoque des malformations cellulaires avec des séquelles cancérigènes irréversibles [32].

## **IV.7.Impact des travaux d'exploitation sur l'environnement**

L'exploitation des gisements de phosphates n'est pas sans effet sur l'environnement et la santé des populations. En effet, les différentes étapes d'extraction, de préparation et de valorisation des phosphates, génèrent divers problèmes (liquides, gazeux, solides et sonores) ayant des impacts directs sur les milieux naturels et la santé des populations. Parmi les impacts les plus nuisibles nous pouvons citer :

La Mine de Kef Essnune (gisement de phosphate) exploitée par la méthode d'exploitation à ciel ouvert, au cours des travaux d'exploitation affectent les compartiments de l'environnement à savoir :

### **IV.7.1.Impact sur l'air**

Dans le cas de la mine de Kef Essnune dont l'exploitation est à ciel ouvert, le déséquilibre de l'atmosphère est dû aux :

- Dégagements de poussières par les tirs à l'explosif et le trafic routier,
- Dégagements des gaz nocifs et des effluents gazeux suite à l'échappement des engins, des automoteurs et toute autre source fixe.

Pendant son activité la mine émet des gaz, des fumées et de la poussière. Ce qui engendre une grande pollution atmosphérique qui peut provoquer des maladies respiratoires chez le personnel et la population riveraine.

Caractérisation des poussières générées par la mine Dans une mine, les émissions de poussière peuvent être classées en trois groupes :

Sporadiques ou fugitives (par exemple les émissions provoquées par les tirs de mines, le déchargement des bennes ou les envols d'éléments fins des stocks à l'air libre) ;

Semi-permanentes (essentiellement les émissions produites durant la foration et la circulation des véhicules sur les routes, pistes et chemins) ;

Permanentes (celles produites par les installations de concassage).

Pour chaque étape de production de minerai de phosphate, la nature des poussières, leur granulométrie, leur forme, ainsi que le processus de mise en suspension ou d'envol, sont très différents. La dispersion des poussières dans l'atmosphère se fait :

- Au forage des trous de mines,
- Explosion au niveau de la mine,
- Lors du chargement des bennes ;
- A l'entrée et à la sortie des concasseurs ;
- Transport de la matière première par tapis à ciel ouvert ou par camion vers le concassage ou le stockage ;
- Au stockage et au chargement des produits commercialisés ou éliminés.
- A la jetée des convoyeurs à bandes sur le site de stockage

**b) Les poussières générées par les aires de stockage**

D'autre part, la mise en mouvement des poussières présentes sur le sol constitue (figure IV.9) pour l'environnement, un aspect important de ce problème. Il touche les abords dès l'installation de l'unité, les aires de stockage non couvertes, les voiries de transport, qu'elles soient internes à la carrière ou externes. Cette remise en suspension est principalement due aux mouvements des véhicules et engins qui provoquent également une augmentation de la finesse des poussières par attrition, mais aussi sous la seule influence du vent. Les conditions atmosphériques jouent dans ce domaine un rôle prépondérant.



Figure IV. 10: Emission de poussière lors de l'opération de stockage.

### **Émis par les engins Poussière et gaz**

Les activités d'extraction et de transformation de phosphates sont généralement accompagnées de l'émission d'une grande quantité de poussières. Les grains de poussière, même s'ils sont envoyés par le vent à plusieurs kilomètres de leur lieu d'émission, finissent par retomber naturellement sur les villages environnants. Ces dépôts provoquent la pollution de ces milieux récepteurs. Les poussières et les gaz émis par les engins au cours des exploitations des phosphates sont constitués des particules solides ou liquides et résultent soit de la dispersion dans l'air des particules fines contenues dans le sol ou produites par l'exploitation soit des gaz issus de la combustion des hydrocarbures ou de l'usure des métaux. Ces particules polluent l'air ou l'atmosphère donc altèrent la qualité et la pureté de

L'air. Cette dégradation intervient lorsque les degrés de concentration et les durées de présence de ces particules sont suffisamment longues pour produire un effet toxique et ou écotoxique. Une partie importante de la pollution de l'air dans les exploitations de phosphates est imputable à la consommation de carburant fossile. La combustion de gasoil entraîne en général la libération de quantités importantes de polluants atmosphériques tels que : NO (oxyde d'azote), CO (monoxyde de carbone), Hc (hydrocarbure), PbO (monoxyde du plomb). Ces gaz sont en général des gaz à effet de serre. Ils sont responsables du réchauffement climatique, de la destruction de la couche d'ozone. Certains sont cancérigènes d'autres toxiques voire mortels en milieu fermé.

### **IV.7.2.Impact sur les ressources en eau**

Les effets sur la qualité de l'eau et de la disponibilité des ressources en eau dans la zone d'étude constituent un impact important dans l'exploitation minière. Pour les besoins de son activité (l'arrosage) et le besoin de son personnel, la mine de Kef-Essnune puise son eau par pompage de la nappe phréatique ainsi que par les eaux de ville.

### **Impact sur les eaux superficielles**

Le ruissellement des eaux et par accumulation de poussière provoque des écoulements de boues qui peuvent avoir un impact négatif sur les eaux superficielles en augmentant le taux de MES (Matières En Suspensions) dans ces eaux.

Renforcement de l'érosion en raison de l'endommagement par l'exploitation minière et des grandes quantités de matériaux qui sont exposées sur les sites, L'érosion peut provoquer le chargement important de sédiments vers des plans d'eau proches, surtout pendant des tempêtes sévères.

Lorsque des matériaux minés tels que les parois des mines à ciel ouvert, les résidus et les déchets rocheux sont exposés à l'eau et à l'oxygène, des acides peuvent se former si les minéraux en particulier les métaux lourds sont abondants d'acide. L'acide, à son tour, lessivera ou dissoudra les métaux et autres contaminants dans les matériaux minés et formera alors une solution acide, à forte teneur en phosphore et riche en métal.

Des niveaux élevés de composés de Cadmium et de Zinc également être trouvés dans les eaux en provenance de la lixiviation en tas et des produits d'abattage par explosifs.

Les métaux sont particulièrement problématiques, car ils ne se dissolvent pas dans l'environnement. Ils se déposent au fond et demeurent dans le cours d'eau pendant de longues périodes, se transformant en une source de contamination à long terme pour la faune aquatique [21].

### **Impact sur les eaux souterraines**

Le seul risque qui peut provoquer la contamination de la nappe phréatique est l'infiltration des effluents liquides issus de la maintenance des engins de la mine. Par contre, les autres déchets issus des travaux d'exploitation sont de nature minérale et n'ayant aucun risque sur la nappe phréatique. L'entretien des camions et des engins de la mine s'effectue dans un atelier aménagé pour cet effet.

### **IV.7.3. Autres impacts**

#### **a) Le bruit**

Le bruit est un mélange complexe de sons produisant une sensation auditive considérée comme gênante ou dangereuse. Le bruit peut être caractérisé par sa fréquence (grave ou aigu), son niveau sonore (aussi appelé intensité), et sa durée (court ou long). Le volume sonore se mesure en décibel (dB)

. Le bruit résulte des circulations des engins dans les mines ainsi que des tirs à l'explosif visant l'abattage des couches stériles et utiles.

#### **b) La Vibration**

Une vibration est un mouvement de va et vient très rapide autour d'une position d'équilibre. C'est une onde qui se propage sans déplacement de matière mais transporte de l'énergie. Les vibrations sont associées à de nombreux types d'équipements utilisés dans l'exploitation de mine mais l'abattage par explosifs est considéré comme la source la plus importante. Les vibrations affectent la stabilité des infrastructures, des bâtiments et des maisons et des personnes vivant à proximité des opérations. Elles conduisent aussi à la destruction des structures dans les zones environnantes non-habitées. La vie animale est également perturbée. Les vibrations sont mesurées avec un vibromètre. Les vibrations produites par les engins utilisés dans les exploitations de phosphates ont une fréquence importante quoique les amplitudes semblent faibles. Elles sont sensibles sur un rayon relativement faible de 30 à 50 m autour de l'exploitation. Leurs fréquences assez élevées et leur durée de 7 à 8 heures par jour, font que ces vibrations répétitives et régulières peuvent occasionner des troubles musculaires, vasculaires et neurologiques. Par ailleurs, les vibrations d'amplitudes les plus élevées sont constatées au cours des abattages à l'explosif effectués en général dans les mines à ciel ouvert. Ces niveaux de vibrations sont instantanés et très sporadiques (une à deux fois par semaine). Elles font trembler les habitations, provoquent parfois des effondrements de falaises et la chute de certains arbres. La vibration affecte la stabilité des infrastructures, les bâtiments et les maisons des personnes vivant à proximité des opérations des grandes mines

La dégradation du paysage

Les activités liées au phosphate détruit le paysage naturel, car il n'existe pas d'obligation de reconstitution ou de réhabilitation des terrains. Les boues des laveries de phosphate



(FigureIV.11) affectent la perméabilité du sol et dégrade sa structure et pollue les eaux souterraines et de ruissellement.



Figure IV. 11: Les boues des laveries de phosphate (cliché personnel).

#### **IV.8.Impact effluents et rejets de laveries**

Le traitement de phosphates par lavage nécessite de quantités énormes d'eau. Une tonne de phosphates enrichie nécessite 4 tonnes d'eau. Le rendement de lavage des phosphates est de l'ordre de 65% avec une perte de 35% sous forme de pulpe dont la charge solide est comprise entre 160 à 240g/l (20%) et 15% sous forme de résidus grossiers. Le rejet stérile fin, constituant 20% du minerai brut, est évacué avec l'eau sous forme de boues. Le complexe minier de Djebel Onk dispose d'un système de gestion des eaux usées utilisé pour le traitement du phosphate minéral (FigureV.12).



Figure IV. 12: Système de traitement des eaux de lavage de phosphate [32].

## **IV.9.Métaux lourds**

### **IV.9.1.Définition des métaux lourds**

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5g/cm<sup>3</sup>.

### **IV.9.2.Les sources naturelles des métaux lourds**

Si l'on s'intéresse aux effets sur la santé de quelques microgrammes de métal (0,000001 gramme), les gisements des métaux lourds au sein de la biosphère se chiffrent par millions de tonnes. Les métaux lourds se retrouvent dans tous les compartiments de l'environnement. Selon les métaux, les réserves les plus importantes se trouvent dans les roches et/ou les sédiments océaniques. On estime le gisement de mercure à 300 milliards de tonnes dont 99 % se trouvent dans les sédiments océaniques. Les métaux lourds, comme tout minerai, sont présents dans les roches, et sont diffusés avec l'érosion. Les métaux lourds en surface ne viennent cependant pas tous de la roche, puisqu'il peut y avoir cumul entre ce qui vient du sous-sol et ce qui est apporté par l'air, qui peut provenir de très loin (plomb dans les glaces des pôles).

### **IV.9.3.Les rejets physiques**

L'exploitation minière génère une grande quantité de déchets dont certains présentent des risques pour l'environnement. Le Cadmium (Cd), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le plomb (Pb), sont les principaux contaminants dans ces résidus miniers [32].

### **IV.9.4.Les rejets des métaux lourds dans l'eau**

**a) L'eau et les métaux lourds**

Les métaux lourds sont des micros polluants de nature à entraîner les nuisances même quand ils sont rejetés en quantités très faibles. D'ailleurs, de petites quantités en proportion (mesurées en microgrammes par litre) sont souvent compensées par un effet volume compte tenu de l'importance des débits d'eau. L'industrie est responsable de la quasi-totalité des rejets de métaux lourds dans l'eau. La nécessité de réduire ces rejets n'est plus discutée. (Effet des métaux lourds)

**b) Spéciation des métaux lourds dans les sédiments**

Le terme spéciation fait référence aux formes spécifiques dans lesquelles un élément chimique se trouve dans une matrice (niveaux d'oxydation, forme organométalliques...). L'importance de la spéciation repose sur le fait que l'évaluation de la concentration totale n'est pas suffisante pour déterminer l'impact environnemental d'un métal. En effet, l'utilisation de la concentration totale comme critère d'évaluation des effets potentiels des sédiments contaminés sous-entend que toutes les formes d'un élément ont un même impact sur l'environnement, ce qui n'est pas réellement le cas.

La spéciation des métaux lourds peut être étudiée par :

La modélisation thermodynamique, mais qui souffre de manque de données.

Les méthodes spectroscopiques : diffraction des rayons X, RMN, Microsonde, spectrométrie infra-rouge, XPS, EXAFS...)

Les méthodes chimiques (extraction séquentielle) .

**IV.10.Sécurité au niveau des travaux miniers**

Dans la carrière l'exploitation doit faire connaître aux services compétents

(Service des mines), la personne chargée de la conduite des travaux miniers et qui sera aussi responsable de l'application des règlements. Dans la carrière au l'abattage se fait par trou de mine profonde et celle qui emploie des engins lourds,

L'exploitant doit soumettre à l'approbation du dit service, les consignes définissant la méthode d'exploitation et ses différents paramètres :

Hauteur de gradin.

Largeur des banquettes.

Nature, importance et disposition des charges explosives et particulièrement des conditions de tir.

Le schéma de chargement et de transport.

#### **IV.11. Sécurité du forage des trous**

La sondeuse doit être placée sur une surface plate, à une distance de sécurité supérieure ou égale 3m à partir de l'arrête supérieur du gradin.

Il est interdit de se trouver en avant du mat lors de son levage ou de son abaissement.

Il faut toujours vérifier les organes de travail de la sondeuse.

Le port du casque antibruit est obligatoire si la sondeuse n'est pas équipée silencieux.

#### **IV.12.Sécurité au niveau d'abattage des roches**

Les fronts d'abattage et parois dominant doivent être constamment surveillés et purgés s'il y a lieu (par un agent désigné à cet effet).

L'examen et la purge des fronts d'abattage doivent être faits notamment après chaque tir de mine et avant toute reprise des travaux en période de pluie.

La purge est conduite lors des travaux miniers dans le sens descendant.

#### **IV.13.Sécurité lors des tirs de mine**

L'exécution des travaux de tir doit s'effectuer conformément aux consignes de sécurité en vigueur au sein de l'entreprise.

#### **IV.14.Sécurité par rapport aux personnes et engins**

Un avis de sécurité doit toujours être communiqué aux personnes et service intéressé suffisamment longtemps avant le tir, surtout par le service sécurité.

Le tir doit être effectué le jour même du chargement des trous.

La présence d'un agent de sécurité national avant le tir, est obligatoire.

Les mineurs munis des drapeaux rouges seront postés en temps voulu surtout dans les voies d'accès qui mène à la zone de tir.

Avant le tir on donne un signal continu avec la sirène d'une durée minimale d'une minute.

Le chargement des trous à l'explosif et le signal d'alerte sont supervisés par le boude-feu.

Lors des ratés, l'artificier doit attendre au moins 70 minutes avant de s'approcher du trou raté.

Le responsable de la carrière doit s'assurer, après chaque tir, que tous les explosifs dans les trous ont sauté.

Au moment du tir, toute circulation doit être interrompue, le personnel et les engins sont déjà évacués en dehors de la zone dangereuse.

Avant chaque tir, il est indispensable de calculer la distance de sécurité à respecter.

La zone dangereuse doit être cernée par des balises de signalement afin de d'avertir les éventuels intrus

L'agent doit s'assurer que toutes les prescriptions de sécurité sont observées.

#### **IV.15.Sécurité lors du chargement– transport**

Le transport doit s'effectuer conformément au code de la route [20] :

Le chargement doit s'effectuer seulement sur un côté à l'arrière du camion, il est interdit de lever le godet du chargement au-dessus de la cabine du camion.

Le conducteur de la chargeuse désigne au chauffeur du camion l'emplacement le plus favorable pour le chargement et le stationnement du dumper.

Le stationnement du camion chargé pour une durée inacceptable est interdit.

L'excès de vitesse est interdit à l'intérieur de la carrière < 50 km/h.

A la fin du poste de travail, la benne du camion doit être vidée.

#### **IV.16.Sécurité lors du transport de l'explosif**

Le transport des explosifs est soumis à une réglementation rigoureuse qu'il faut absolument respectée [20] :

La longueur de la chaussée de transport doit satisfaire les normes de sécurité et de la distance entre deux camion croisés ne doit pas être inférieur à 0,5 m.

Le rayon de courbure doit être de 20 m au moins lors descentes.

Une benne tenue des pneus du camion est fortement conseillée, interdiction de circuler avec la benne relevée.

L'état général du camion doit être satisfaisant.

#### **IV.17.Conclusion**

Les activités d'enrichissement des phosphates ne présentent pas que des avantages, mais elles représentent aussi une source significative de pollution de l'air et de la terre. Elle est également à l'origine d'une dégradation de la santé et de la qualité de la vie des ouvriers des usines et aussi la population vivant à proximité des usines. La production de poussières est le plus gros problème de pollution au Complexe de Djebel Onk et une attention particulière devra être accordée aux mesures de réduction de cet impact majeur sur l'environnement.



## **CONCLUSION GENERALE**

Le travail réalisé concernait l'analyse de la méthode d'exploitation au niveau du gisement de Kef Essnoue côté NO, avec prise en compte de l'environnement.

Pour cela une étude détaillée concernant les méthodes d'exploitation à ciel ouvert a été réalisée. Le cas d'étude considéré est celui du gisement de Kef Essnoue côté NO ; les réserves exploitables considérées sont 142473694.1 tonnes ; c'est un gisement exploité du haut vers le bas avec un seul bord exploitable de, l'ouverture a été réalisée par tranchées communes extérieures, la méthode d'exploitation est celle avec moyen de transport, qui emploie les camions pour le transport des stériles vers les terrils.

Dans l'exploitation à ciel ouvert, il existe plusieurs éléments qui jouent un rôle important dans la production, la stabilité de la mine à ciel ouvert à court terme et durant toute la durée de vie de la mine. Dans ce travail nous avons déterminé un nouvel angle de talus du gradin selon la stabilité, selon les étapes suivantes :

- On a fixé le facteur de sécurité d'après les recommandations du facteur de sécurité  $F_s$  et de Probabilité de rupture (POF) établi par Priest et Brown en 1983 ;
- On a déterminé  $Y = [1 + \frac{z_0}{H}] \frac{\gamma H}{c}$
- On a utilisé l'abaque de la conception de pente pour la rupture plane incluant divers facteurs de sécurité (Hoek, 1970a).

Le nouveau angle de talus du gradin est de  $60^\circ$ , la berme de sécurité est de 5m ;

Suite à ce calcul les angles de bord et l'angle global de la fosse seront systématiquement changés.

Le rayon de courbure est pris en compte lors de la détermination de la disposition horizontale du trait route. Si un rayon de courbure suffisant n'est pas pris en compte, le temps et le coût de déplacement pourraient être augmentés en raison d'une diminution de la stabilité opérationnelle d'un camion. Si un rayon de courbure suffisant est obtenu, une vitesse stable du chariot peut être maintenue et l'usure des roues du chariot peut être réduite, permettant ainsi une opération de transport efficace.

L'aspect environnemental pendant l'exploitation à ciel ouvert du phosphate de Kef Essnoue (Côté NO) a été détaillée dans ce travail ; d'une part nous avons considéré le remblayage pour améliorer la stabilité de ce site suite au glissement qui s'est produit 08



Septembre 2007, d'autre part nous avons présenté l'impact de l'exploitation minière du phosphate sur l'environnement.

## **Référence bibliographique**


- [1] Dhaher ibtisssem, Prise en compte de l'environnement dans une exploitation à ciel ouvert cas de bled el hadba Bir el ater, Mémoire de master, université larbi Tébessa faculté sciences et de la technologie département génie minier ,2015/2016.
- [2] DASSAMIOUR, M., MEZGHACHE, H., ELOUADI, B. The use of three physico-chemical methods in the study of the organic matter associated with the sedimentary phosphorites in Djebel Onk Basin, Algeria. J. Sci. Arab. J. Geosci. 6(2). (2011)
- [3] Wikipedia : <https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphate>, Consulté le 1-05-2023
- [4] Koutti hayat, ETUDE DE LA CALCINATION DU PHOSPHATE PAR SPECTROSCOPIEIR ET DIFFRACTION DES RAYONS X, Mémoire de master chimie, Université Larbi Ben M'Hidi Oum El-Bouaghi Faculté des Sciences Exactes et des S.N.V Département Sciences de la Matière, 2019/2020.
- [5] Plan d'exploitation 2023, Complexe Minier de Djebel Onk.
- [6] Bouzenada nasreddine, Tebba sofiane, Valorisation du minerai phosphaté de Djebel Onk, Mémoire de Fin d'Etudes, ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES ET DE LA METALLURGIE AMAR LASKRI- ANNABA ,2021.
- [7] Allal aimed, RAhal abid, MODELISATION DU GISEMENT DE DJEBEL ONK NORD A PARTIR DES LOGS DE SONDAGE, Mémoire de Fin d'Etudes, , université larbi Tébessa faculté sciences et de la technologie département génie minier, 2020.
- [8] Brahim Makhoulf , Diagnostic géomécanique d'une mine à ciel ouvert, Mémoire de Fin d'Etudes ,université larbi Tébessa faculté sciences et de la technologie département génie minier ,2020-2021.
- [9] BOUKHELOUF Idriss, ABDELLAOUI Moulet Imane, Structure de la mécanisation complexe gisement du phosphate de Djebel Onk , Tébessa (Cas de Kef ESsenoun), Mémoire de Fin d'Etudes ,université Larbi Tébessla faculté sciences et de la technologie département génie minier, 2018/2019.
- [10] CHIBKA.N « Exploitation des gisements métallifères ». Edition Office des publications universitaires, 1980.
- [11] KOVALENKO.V. AMBARTSOUMIAN.N. Et LAHMER. K.M. Exploitation des carrières. Université d'Annaba. Edition OPU. 1986.
- [12] Serradj.T , cours d'exploitation des mines , Master I ,Ecole Nationale Supérieure des Mines et Métallurgie – Annaba ,2018.
- [13] Hustrulid.W, \_Kuchta.M,Martin.Randall. OPEN PIT MINE PLANNING & DESIGNVOLUME 1 – FUNDAMENTALS Third-Edition-CRC-Press-2013.
- [14] Hassad Ramzi,Chaykhaoui Youcef,Projet minier 1,Ecole Nationale Supérieure des Mines et Métallurgie,2014-2015
- [15] Hossein Soltanmohammadi,Ali Sami,.,Selectionof pratical bench height in open pit multi-criteria decision making solution,Journal of Geology and Mining Research Vol. 2(3) pp. 48-59, June 2010

- [16] Bozorgebrahimi A, Hall RA, Morin MA Equipment size effects on open pit mining performance, *Inter. J. Surface Min. Reclamation. Environ.* 19(1): 41-56 ,2005.
- [17] Dj.Merabet.Dj,Stepanov.V.,Principes de l'élaboration des mines à ciel ouvert ; 1<sup>ère</sup> partie, Office des publications universitaires (OPU) ; 1989.
- [18] John A .Dutton Institute of teaching and learning excellence,GEO 000 ,7.2.3 Pit terminology, consulté le 05/06/2023
- [19] <https://www.rocscience.com/help/swedge/tutorials/tutorials-overview/10-bench-design>, consulté le 05/06/2023
- [20] Read, J., & Stacey, P.*Guidelines for Open Pit Slope Design.* Collingwood: CSIRO. 2009
- [21]Chapitre1 : manuel sur la pente des mines à ciel ouvert,Laboratoire de recherche minière ,centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie,Energie,Mines ,et Ressources,Canada,1976
- [22]Fissenko G.LOustoitchevost bortov carrierov i otvalov (La stabilité des talus de mines à ciel ouvert et des stériles) En russe, 380 p. Nedra. Moscou, . 1965
- [23]Priest,S.D.,Brown,E,T.Probabibilistic stability analysis of variable ock slopes,Trans.Ins.Min,PA1-A12 ,1983
- [24]Duncan CWyllie,Christopher W Mah,Rock slope engineering,civil and mining,2005
- [25] Mehmet ali hindistan ,mad455 – surface mining / açık ocak işletmeciliği course programme academic year fall semester), (2015-16)
- [26] Jieun. Baek , Yosoon. Choi, A New Method for Haul Road Design in Open-Pit Mines to Support Efficient Truck Haulage Operations, article du journal applied sciences,2017
- [27] Le journal officiel de la république Algérienne N°=77 publié le 15 décembre 2001
- [28] Remblayage de carrières à ciel ouvert par des déchets inertes, Guide de bonnes pratiques sur les critères de stabilité des remblais, Ineris,201162. 2342192 V1.0 , 2021.
- [29] L.TARASSOV, Exploitation des mines, Traduit du russe par S. Belkova, rédacteur N. Erchov, Editions «ecole supérieure» Moscou
- [30] CERAD (centre d'étude et de recherche et de développement ,Récupération du stot avec un coefficient de sécurité acceptable, Somiphos, 2022.
- [31] Bouhariche Idriss, Etude d'impacts sur l'environnement d'exploitation et de mise en valeur des phosphates de djebel Onk Tébessa ,2017.
- [32] MERAMRIA Amina, Impact de l'exploitation minière sur l'environnement – Cas des mines de phosphate, Mémoire de Fin d'Etudes, université Larbi Tébessa faculté sciences et de la technologie département génie minier ,2020/2021.
- [33] Code minier 2014 : journal officiel de la république Algérienne N°18 du 30 mars 2014.

# **Annexes**



## Annexe 1 :

N° 77		Samedi 30 Ramadhan 1422	
40 <sup>e</sup> ANNEE		correspondant au 15 décembre 2001	
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية <h1>الجريدة الرسمية</h1> إتفاقات دولية ، قوانين ، مراسيم قرارات وآراء ، مقررات ، مناشير ، إعلانات وبلاعات			
<b>JOURNAL OFFICIEL</b> DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE CONVENTIONS ET ACCORDS INTERNATIONAUX - LOIS ET DECRETS ARRETES, DECISIONS, AVIS, COMMUNICATIONS ET ANNONCES (TRADUCTION FRANÇAISE)			
<b>ABONNEMENT ANNUEL</b>	Algérie Tunisie Maroc Libye Mauritanie	ETRANGER  (Pays autres que le Maghreb)	DIRECTION ET REDACTION: <b>SECRETARIAT GENERAL DU GOUVERNEMENT</b>  WWW. JORADP. DZ Abonnement et publicité: <b>IMPRIMERIE OFFICIELLE</b> 7,9 et 13 Av. A. Benbarek-ALGER Tél: 65.18.15 à 17 - C.C.P. 3200-50 ALGER TELEX : 65 180 IMPOF DZ BADR: 060.300.0007 68/KG ETRANGER: (Compte devises) BADR: 060.320.0600 12
	<b>1 An</b>	<b>1 An *</b>	
Edition originale.....	<b>1070,00 D.A</b>	<b>2675,00 D.A</b>	
Edition originale et sa traduction.....	<b>2140,00 D.A</b>	<b>5350,00 D.A</b> (Frais d'expédition en sus)	
Edition originale, le numéro : 13,50 dinars. Edition originale et sa traduction, le numéro : 27,00 dinars. Numéros des années antérieures : suivant barème. Les tables sont fournies gratuitement aux abonnés. Prière de joindre la dernière bande pour renouvellement, réclamation, et changement d'adresse. Tarif des insertions : 60,00 dinars la ligne			

## Chapitre 4

**Du développement du système d'information économique sur les P.M.E**

Art. 22. — Les organismes, les entreprises et les administrations sous-mentionnés doivent fournir, au système d'information économique sur les P.M.E, les différentes informations figurant dans les fichiers dont ils disposent.

Il s'agit notamment de fichiers :

- du Centre national du registre de commerce,
- de la Caisse nationale des assurances sociales,
- de la Caisse d'assurance sociale des non salariés,
- de l'administration fiscale,
- de l'Office national des statistiques,
- de l'administration des douanes,
- des petites et moyennes entreprises et tout autre organisme susceptible d'alimenter ce système en données nécessaires.

Art. 23. — Les données visées à l'article 22 ci-dessus portent notamment sur :

- l'identification et la localisation des entreprises,
- leur taille, selon les critères définis à l'article 4 ci-dessus,
- leur secteur d'activité, selon la nomenclature en vigueur,
- leur démographie en termes de création, de cessation et leur modification d'activité,
- les différents agrégats économiques qui les caractérisent.

Les modalités d'accès et de mise à disposition des informations contenues dans ces fichiers sont fixées conjointement par le ministère chargé de la P.M.E et les administrations et organismes visés à l'article 22 ci-dessus.

Art. 24. — Il est institué une banque de données pour les P.M.E adaptée aux technologies informatiques modernes, et ce afin de servir d'appui à ces entreprises.

Les modalités d'application du présent article sont déterminées par voie réglementaire.

Art. 25. — Dans le cadre de l'information et de la concertation et en vue de développer les P.M.E, il est créé auprès du ministère chargé des P.M.E, un organisme consultatif composé d'organisations et d'associations professionnelles spécialisées et expérimentées.

Les modalités d'application du présent article sont déterminées par voie réglementaire.

## TITRE III

**DES DISPOSITIONS FINALES**

Art. 26. — Les P.M.E, objet de la présente loi, bénéficient d'autres avantages et incitations prévus par la législation en vigueur.

Art. 27. — Sont exclus du champ d'application de la présente loi :

- les banques et les établissements financiers,
- les compagnies d'assurances,
- les sociétés cotées en Bourse,
- les agences immobilières,
- les sociétés d'import/export, à l'exception de celles destinées à la production nationale, quand le chiffre d'affaires annuel réalisé au titre des importations est inférieur ou égal aux deux tiers (2/3) du chiffre d'affaires global.

Art. 28. — La présente loi sera publiée au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001.

Abdelaziz BOUTEFLIKA.



**Loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.**

Le Président de la République,

Vu la Constitution, notamment ses articles 122 et 126 ;

Vu le décret présidentiel n° 98-158 du 19 Moharram 1419 correspondant au 16 mai 1998 portant adhésion, avec réserve, de la République algérienne démocratique et populaire, à la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination ;

Vu l'ordonnance n° 66-03 du 26 mars 1966 relative aux zones et aux sites touristiques ;

Vu l'ordonnance n° 66-154 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure civile ;

Vu l'ordonnance n° 66-155 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure pénale ;

Vu l'ordonnance n° 66-156 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code pénal ;

Vu l'ordonnance n° 76-80 du 23 octobre 1976, modifiée et complétée, portant code maritime ;

Vu la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement ;

Vu la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, modifiée et complétée, portant code des eaux ;

Vu la loi n° 84-12 du 23 juillet 1984, modifiée et complétée, portant régime général des forêts ;

Vu la loi n° 84-17 du 7 juillet 1984, modifiée et complétée, relative aux lois de finances ;

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;

Vu la loi n° 87-05 du 27 janvier 1987 relative à l'aménagement du territoire ;

Vu la loi n° 87-17 du 1er août 1987 relative à la protection phytosanitaire ;

Vu la loi n° 88-08 du 26 janvier 1988 relative aux activités de médecine vétérinaire et à la protection de la santé animale ;

Vu la loi n° 89-02 du 7 février 1989 relative aux règles générales de protection du consommateur ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990 relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme ;

Vu la loi n° 98-04 du 20 Safar 1419 correspondant au 15 juillet 1998 relative à la protection du patrimoine culturel ;

Vu la loi n° 01-13 du 17 Joumada El Oula 1422 correspondant au 7 août 2001 portant orientation et organisation des transports terrestres ;

Après adoption par le Parlement ;

**Promulgue la loi dont la teneur suit :**

## TITRE I

### DISPOSITIONS GENERALES

#### Chapitre I

#### Objet et champ d'application

Article 1er. — La présente loi a pour objet de fixer les modalités de gestion, de contrôle et de traitement des déchets.

Art. 2. — La gestion, le contrôle et l'élimination des déchets reposent sur les principes suivants :

— la prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source ;

— l'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets ;

— la valorisation des déchets par leur réemploi, leur recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir de ces déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie ;

— le traitement écologiquement rationnel des déchets ;

— l'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leur impact sur la santé et l'environnement, ainsi que les mesures prises pour prévenir, réduire ou compenser ces risques.

Art. 3. — Au sens de la présente loi on entend par :

**Déchets** : tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer.

**Déchets ménagers et assimilés** : tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.

**Déchets encombrants** : tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés.

**Déchets spéciaux** : tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes.

**Déchets spéciaux dangereux** : tous déchets spéciaux qui, par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.

**Déchets d'activité de soins** : tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.

**Déchets inertes** : tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et/ou à l'environnement.



**Générateur de déchets** : toute personne physique ou morale dont l'activité génère des déchets.

**Détenteur des déchets** : toute personne physique ou morale qui détient des déchets.

**Gestion des déchets** : toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations.

**Collecte des déchets** : le ramassage et/ou le regroupement des déchets en vue de leur transfert vers un lieu de traitement.

**Tri des déchets** : toutes les opérations de séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement.

**Traitement écologiquement rationnel des déchets** : toute mesure pratique permettant d'assurer que les déchets sont valorisés, stockés et éliminés d'une manière garantissant la protection de la santé publique et/ou de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets.

**Valorisation des déchets** : toutes les opérations de réutilisation, de recyclage ou de compostage des déchets.

**Elimination des déchets** : toutes les opérations de traitement thermique, physico-chimique et biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes autres opérations ne débouchant pas sur une possibilité de valorisation ou autre utilisation du déchet.

**Immersion des déchets** : tout rejet de déchets dans le milieu aquatique.

**Enfouissement des déchets** : tout stockage des déchets en sous-sol.

**Installation de traitement des déchets** : toute installation de valorisation, de stockage, de transport et d'élimination des déchets.

**Mouvement des déchets** : toute opération de transport, de transit, d'importation et d'exportation des déchets.

Art. 4. — Les dispositions de la présente loi s'appliquent à tous les déchets au sens de l'article 3 ci-dessus, à l'exception des déchets radioactifs, des effluents gazeux, des eaux usées, des explosifs déclassés, des épaves d'aéronefs et des épaves maritimes.

Art. 5. — Les déchets au sens de la présente loi sont classifiés comme suit :

— les déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux.

— les déchets ménagers et assimilés.

— les déchets inertes.

La nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux, est fixée par voie réglementaire.

## CHAPITRE II

### OBLIGATIONS GENERALES

Art. 6. — Tout générateur et/ou détenteur de déchets doit prendre les mesures nécessaires pour éviter autant que faire se peut la production de déchets, notamment par :

— l'adoption et l'utilisation des techniques de production plus propres, moins génératrices de déchets,

— l'abstention de mettre sur le marché des produits générant des déchets non biodégradables,

— l'abstention d'utilisation de matières susceptibles de créer des risques pour les personnes, notamment pour la fabrication des emballages.

Art. 7. — Tout générateur et/ou détenteur de déchets est tenu d'assurer ou de faire assurer la valorisation des déchets engendrés par les matières qu'il importe ou écoule et les produits qu'il fabrique.

Art. 8. — Lorsque le générateur et/ou le détenteur de déchets est dans l'impossibilité d'éviter de générer et/ou de valoriser ses déchets, il est tenu d'assurer ou de faire assurer, à ses frais, l'élimination de ses déchets de façon écologiquement rationnelle, conformément aux dispositions de la présente loi et de ses textes d'application.

Art. 9. — La réutilisation d'emballages de produits chimiques pour contenir directement des produits alimentaires est interdite.

Cette interdiction doit être obligatoirement indiquée sur les emballages de produits chimiques, par des signaux apparents avertissant des risques qui menacent la santé des personnes, du fait de la réutilisation de ces emballages pour le stockage de produits alimentaires.

Art. 10. — L'utilisation de produits recyclés susceptibles de créer des risques pour les personnes dans la fabrication d'emballages destinés à contenir directement des produits alimentaires ou des objets destinés à être manipulés par les enfants est interdite.

Les modalités d'application des dispositions du présent article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 11. — La valorisation et/ou l'élimination des déchets doivent s'effectuer dans des conditions conformes aux normes de l'environnement, et ce notamment sans :

**Annexe 2 :**

Traduction

Anglais : français

Safety bench : Banc de sécurité

Overall slope angle : Angle de pente global

Upper most crest : crête la plus haute : arête supérieur

Lowest most toe : orteil le plus bas : arête inférieur

Ramp included : rampe incluse

Bench : gradin

---





