



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 Larbi Tebessi - Tébessa
معهد المناجم
Institut des mines
قسم المناجم والجيوتكنولوجيا
Département des mines et de la géotechnologie

MEMOIRE

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

Filière : Génie minier

Option : exploitation des mines

Conditions d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'Ouenza

MENAI HAITHEM

GHILANI DHIA EDINE

Devant le jury :

		Grade	Etablissement
Président :	BOUTERFIF Leila	MAA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi - Tébessa
Encadrant :	SAADAOUI Salah	MAA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi - Tébessa
Co-encadrant	(Prénom NOM)		Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi - Tébessa
Examineurs :	MERAH Chafia	MCB	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi - Tébessa

Promotion 2022-2023



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد 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،

- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم : 12-363 مؤرخ في 8 أكتوبر 2012، يعدل ويتم 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 كفايات 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 للمحق 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 الطّالِب (ة):

مناعي هيثم، المولود (ة) بتاريخ 1998/05/17 ب الونزة - تبسة ،

والموسومة ب

Conditions d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'Ouenza

والمسجّل (ة) بمعهد المناجم

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

رقم	الاسم واللقب	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصفة
1	بوطرفيف ليلي	أستاذة مساعدة - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	رئيسة
2	سعداوي صالح	أستاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	مشرفا
3	مراح شافية	أستاذة محاضرة - ب	جامعة العربي التبسي - تبسة	ممتحنة

المادة 3: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يُسلم نسخة عنه إلى كلّ من الطّالِب 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.

حُرّر ب تبسة، في: 2023/05/29

عن المدير، وبتفويض منه

مدير معهد المناجم





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد 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،
- 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 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 للملحق 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.....،
يقرر ما يأتي:

المادة الأولى: تُعيّن بموجب هذا المقرر لجنة مناقشة مذكرة الماستر المحضّرة من طرف الطالب (ة):
غيلاني ضياء الدين، المولود (ة) بتاريخ 2001/04/25 بـ الونزة - تبسة ،
والموسومة بـ

Conditions d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'Ouenza

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	بوطرفيف ليلي	أستاذة مساعدة - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	رئيسة
2	سعداوي صالح	أستاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	مشرفا
3	مراح شافية	أستاذة محاضرة - ب	جامعة العربي التبسي - تبسة	ممتحنة

المادة 3: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يُسّم 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 للطلاب المعني، وينشر في النشرة الرسمية لجامعة العربي التبسي.

حُزّر ب تبسة، في: 2023/05/29

عن المدير، وبتفويض منه

مدير معهد المناجم

المدير العام
مدير معهد المناجم



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 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 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

يقر ما يأتي:

المادة الأولى: يُرخصُ للطالب(ة) مناعي هيثم، المولود (ة) بتاريخ 1998/05/17 ب الونزة - تبسة، بمناقشة مذكرة الماستر والموسومة بـ

Conditions d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'Ouenza

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.

حُرر ب تبسة، في: 2023/05/30

عن المدير، وبتفويض منه

مدير معهد المناجم





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: يُرخصُ للطالب (ة) غيلاني ضياء الدين، المولود (ة) بتاريخ 2001/04/25 ب الونزة - تبسة، بمناقشة مذكرة الماستر والموسومة ب

Conditions d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'Ouenza

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 الملف البيداغوجي للطالب المعني وينشر في النشرة الرسمية لجامعة العربي التبسي.

حُرِّب تبسة، في: 2023/05/30

عن المدير، وبتفويض منه

مدير معهد المناجم

د. علمي زويير
مدير معهد المناجم





Année universitaire : 2022-2023

Tébessa le : 08.06.2023

Lettre de soutenabilité

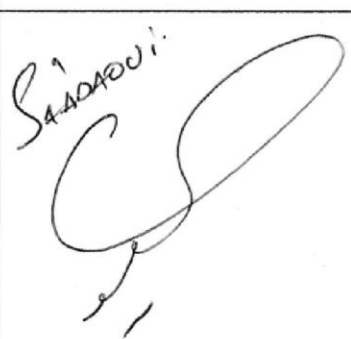
Noms et prénoms de l'étudiant :

MENAI Haithem

Niveau : 2^{ème} année Master Option : exploitation des mines

Thème : Condition d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'Ouenza -

Nom et prénom de l'encadreur : SAADAOUI Salah

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre 1 : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza	
Chapitre 2 : Généralités sur le minerai de fer	
Chapitre 3 : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza	
Chapitre 4 : Méthodologie du stockage du minerai de fer dans la mine de L'Ouenza	



Année universitaire : 2022-2023

Tébessa le : 08.06.2023

Lettre de soutenabilité


Noms et prénoms de l'étudiant :

GHILANI Dhia Eddine

Niveau : 2^{ème} année Master Option : exploitation des mines

Thème : Condition d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'Ouenza -

Nom et prénom de l'encadreur : SAADAoui Salah

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre 1 : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza	
Chapitre 2 : Généralités sur le minerai de fer	
Chapitre 3 : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza	
Chapitre 4 : Méthodologie du stockage du minerai de fer dans la mine de L'Ouenza	

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) مصطفى شريم الصفة: طالب، أستاذ باحث، باحث دائم: طالب

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية/ رخصة السياقة رقم: 120845542 والصادرة بتاريخ 06-19-2021
المسجل بمعهد المناجم قسم المناجم والجيوتكنولوجيا

والمكلف بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها:
Conditions d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'ouenta

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

التاريخ: 08-06-2023

إمضاء المعني (ة)

Mesfer



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) غياثي ضياء الدين الصفة: طالب، أستاذ باحث، باحث دائم: طالب

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية/ رخصة السياقة رقم: 10.51.8.1.484 والصادرة بتاريخ 17-03-2023


المسجل بمعهد المناجم قسم المناجم والجيولوجيا

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

Condition d'exploitation du stock pauvre en fer dans la mine de l'aven #1

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)



رئيس قسم المناجم
بن غسار

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A mes très chers parents, qui n'ont pas cessé de m'encourager et de
prier pour moi*

A mes très chers frères

A mes très chères sœurs

A tous mes chers amis

A mon binôme Ghilani Dhia Eddine et sa famille.

On remercie également notre promoteur Mr.Saadaoui Salah

*A tous les étudiants du département Mine et Géotechnologie de la
promo 2023.*

M.Haïthem

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A ma très chers maman, qui n'est pas cessé de m'encourager et de
prier pour moi*

A mes très chères sœurs

A tous mes chers amis

A mon binôme Menai Haïthem et sa famille.

On remercie également notre promoteur Mr.Saadaoui Salah

*A tous les étudiants du département Mine et Géotechnologie de la
promo 2023.*

G.Dhia Eddine

Remercîment

À l'issu de cette étude, Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé tout au long de notre travail.

Notre reconnaissance va plus particulièrement à :

Notre promoteur Monsieur SAADAOUI Salah pour avoir accepté de nous encadrer, Nous lui exprimons par la présente toute notre gratitude pour la confiance qu'il nous a prodigué, pour ses encouragements continus, pour le suivi de près de notre travail et pour ses qualités humaines.

Notre respect au président du jury madame BOUTERFIF et le membre du jury MADAME MERAH qui nous feront l'honneur d'apprécier notre travail.

L'ensemble des enseignants qui nous ont suivis durant notre cycle d'étude.

H.Menaï & D.Ghilani

Résumé

Le gisement de l'Ouenza est le principal fournisseur en minerai de fer du complexe sidérurgique d'El Hadjar. La qualité du produit finale de cette industrie (fonte et acier) dépend de la qualité du minerai de fer, l'Exploitation de façon aléatoire de ce gisement pose l'irrégularité de la qualité et la quantité de minerai, donc on va choisir le minerai qui a un teneur acceptable pour assurer la production, au contraire le minerai à faible qualité (minerai pauvre) doit être stockée dans des stocks sont créé spécialement pour ce dernier .

Les stocks de minerai pauvre dans la mine de l'Ouenza occupé des grandes surfaces dans plusieurs endroits en plus avec l'exploitation le volume de ces stock s'augmente à chaque fois en extraire le minerai pauvres depuis les chantiers.

Le but principal de notre travail est de déterminer les stocks au niveau de la mine de l'Ouenza en vue de qualité et quantité et en va préciser quelles sont les conditions pour l'exploitation de ces stocks.

ملخص

ودائع الوزنة هي المورد الرئيسي لخام الحديد لمجمع الحجار للصلب. تعتمد جودة المنتج النهائي لهذه الصناعة (الحديد الزهر والصلب) على جودة خام الحديد، ويؤدي الاستغلال العشوائي لهذه الرواسب إلى عدم انتظام جودة وكمية خام الحديد، وبالتالي علينا اختيار خام يحتوي على جودة مقبولة للإنتاج، على عكس ذلك يجب أن يتم تخزين الخام منخفض الجودة في مخزون يتم إنشاؤه خصيصاً من أجله.

مخزون الخام المنخفض الجودة في منجم الوزنة يأخذ مساحات كبيرة في عدة أماكن بالإضافة إلى الاستغلال يزداد حجم هذه المخزونات في كل مرة يتم فيها استخراج الخام الفقي من المواقع الاستغلال.

الغرض الرئيسي من عملنا هو تحديد المخزون في منجم الوزنة من حيث الجودة والكمية وتحديد شروط استغلال هذه المخزونات.

Abstract

The Ouenza deposits are the main supplier of iron ore to Al-Hajjar Steel complex. The quality of the final product of this industry (cast iron and steel) depends on the quality of the iron ore, the indiscriminate exploitation of these deposits leads to irregular quality and quantity of iron ore, and therefore we have to choose the ore that has an acceptable quality for production,

On the contrary, low-quality ore must be stored in Stocks are created for low quality crude.

Stocks of low-quality crude in Ouenza mine, large areas in several places, in addition to exploitation, the volume of these stocks increases every time the low-quality ore is extracted from the exploitation sites.

The main purpose of our work is to determine the stocks in Ouenza mine in terms of quality and quantity, and to define the conditions for exploiting these stocks

LISTES DES FIGURES

CHAPITRE I

Fig. I.1.mine de l'Ouenza en avril 1966

Fig. I.2.Situation géographique du gisement de l'Ouenza

Fig. I.3.Carte géologique du Quartier Chagoura Nord

Fig. I.4.Carte Géologique des quartiers Chagoura Pic-Sud

Fig. I.5. Carte géologique du Quartier Sainte Barbe (Ilot).

Fig. I.6 .Gisements de fer de l'Ouenza

Fig. I.7.Coupe dans la structure anticlinale du gisement de l'Ouenza

Fig. I.8.Collection de Roches & Minéraux : Oxyde et Hydroxyde - mine de l'Ouenza

CHAPITRE II

Fig. II.1. Structure de la pyrite.Jaune

Fig. II.2. Pyrite - mine de Batère, Orientales gris : Fe²⁺

Fig.II.3. Siderite - Mine Morro Velho,Brésil -(21x13cm)

Fig. II.4. Structure cristalline de la Magnétite

Fig. II.5. Hématite Rose de Fer - Ouro Preto, Brésil (6x3,6 cm)

Fig. II.6. Graphique des plus grands pays producteurs de fer De 2013 à 2021

Fig. II.7. L'évolution de la production d'acier entre 1950 et 2016

Fig. II.8. Production arabe du minerai de fer en 2015

Fig. II.9. Carte de répartition des principaux gisements en Algérie (Ministère de l'Industrie et des Mines, 2015)

Fig. II.10. Les réserves de minerai de fer dans le monde en 2021

Fig. II.11. L'évolution des prix du minerai de fer de 2006 jusqu'a 2020

CHAPITRE III

Fig. III.1.La sondeuse INGERSOLL-R(T4BH900HR4) en travail de mine de l'Ouenza.

Fig. III.2.Schéma des trous de la mine de l'Ouenza

Fig. III.3.Le tir de la mine de l'Ouenza

Fig. III.4. Pelles mécaniques LIRBHERR type 9100

Fig. III.5. Camion CATERPILLAR type775G

Fig. III.6.Processus d'exploitation de minerai de fer dans la mine de l'Ouenza

Fig. III.7. Schéma technologique d'extraction et de préparation du minerai de fer de l'Ouenza

Fig. III.8. Schéma de préparation mécanique des échantillons pour analyse granulométrique et chimique

CHAPITRE IV

Fig. IV.1. Constitution des piles par différentes méthodes

Fig. IV.2. Etapes de la constitution des piles à couches horizontales

Fig. IV.3. Pile de forme rectangulaire de déchargement longitudinal à une seule voie

Fig. IV.4. Pile de forme rectangulaire de déchargement longitudinal à deux voies

Fig. IV.5. Rechargement dans le même sens que le déchargement des camions

Fig. IV.6. Constitution des piles par bulldozers

Fig. IV.7. Quelques stocks dans la mine de l'Ouenza

Fig. IV.8. Stock riche utilisé seul pour l'homogénéisation

Fig. IV.9. Déchargement de minerais dans la trémie de concasseur pour l'homogénéisation

Fig. IV.10. Stock concassée destinée pour le client de l'usine sidérurgique el hadjar

Fig. IV.11. Schéma d'homogénéisation de minerai dans la mine de l'Ouenza

Fig. IV.12. Un concasseur mobile concassée le minerai qui est dans les stocks dans la mine de l'Ouenza

Fig. IV.13. Minerai pauvre concassée et stocker

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Tableau. I.1 .Composition chimique moyenne du minerai de l'Ouenza.

Tableau. I.2.Réserves géologiques du Gisement de l'Ouenza.

Tableau. I.3.Réserves exploitables du Gisement de l'Ouenza.

CHAPITRE II

Tableau. II.1. valeur moyenne du coefficient de dureté du minerai de fer de l'Ouenza

Tableau. II.2. valeur de masse volumique du minerai de fer de l'Ouenza

Tableau. II.3 .Caractéristique des minerais de fer carbonatés

Tableau. II.4.Caractéristique des minerais de fer oxydés

Tableau. II.5.Caractéristique des minerais de fer silicatés

Tableau. II.6.Caractéristique des minerais de fer sulfurés

Tableau. II.7. Composition chimique et différentes teneur en oxydes.

Tableau .II.8. Quelques caractéristiques et composition chimique des minerais de fer Algériens.

Tableau. II.9. Liste des plus grands pays producteurs de fer De 2013 à 2019

Tableau. II.10. L'évolution de la production du minerai de fer dans le monde arabe

Tableau. II.11. La production du minerai de fer en Algérie ($\times 10^3$).

Tableau. II.12.Les plus grandes réserves de minerai de fer dans le monde en 2021 (en millions de tonnes)

CHAPITRE IV

Tableau IV.1. Etat des réserves géologiques du Gisement de l'Ouenza au (31/12/2022)

Tableau IV.2. Réserves exploitables du Gisement de l'Ouenza au (31/12/2022)

Tableau IV.3. Stocks actuel dans la mine de l'Ouenza

Tableau IV.4 : Les réserves exploitables par plages de qualité le 31/12/2022

Table des matières

Introduction Générale	1
Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza	2
Introduction.....	2
I.1. Historique de la mine.....	2
– I.1.1.Importance de la Mine.....	2
I.2.Situation géographique.....	3
I.3.Présentation de l'entreprise.....	4
I.3.1.Arcelor Mittal Tébessa.....	4
I.4. Géologie de la région du Djebel l'Ouenza.....	5
I.5. Cadre géologique et lithostratigraphique.....	7
– I.5.1. Trias.....	7
– I.5.2. Jurassique.....	8
– I.5.3. Crétacé.....	8
I.6. Aperçu géologique sur les quartiers de la mine de l'Ouenza.....	9
– I.6.1.Quartier Chagoura Nord.....	10
– I.6.2.Quartier Chagoura Sud-Pic.....	10
– I.6.3.Quartier 6 mai (îlot).....	11
– I.6.4.Quartiers Douamis et Hallatif.....	12
– I.6.5.Quartier Zerga.....	12
I.7.Nature de gisement.....	13
– I.7.1.Morphologie et structure de gisement.....	13
I.8.Composition chimique du minerai.....	14
I.9.Prospection et état des réserves.....	15
– I.9.1.Les réserves géologiques au 31 Décembre 2022.....	15
– I.9.2.Les réserves exploitables au 31 Décembre 2022.....	16
I.10. Les oxyde el les hydroxydes de fer.....	16
Chapitre II : Généralités sur le minerai de fer	19
Introduction	19
II.1. Définition	20
II.2. Géologie de gisement	20
– II.2.1. Quartzites ferrugineux.....	20
– II.2.2.Gisements associés.....	22
– II.2.2.1.Minerais de ségrégation dans les roches acides.....	22

– II.2.2.2. Minerais oolithiques.....	23
II.3. Les propriétés du minerai de fer	23
– II.3.1. Propriétés physiques et technologiques du minerai.....	24
II.4. Classification des minerais de fer	25
– II.4.1. Par rapport à leur teneur en fer.....	26
– II.4.2. Les principaux minerais de fer.....	26
– II.4.2.1. Les sulfures.....	26
– II.4.2.2. Les carbonates.....	27
– II.4.2.3. Les oxydes.....	28
II.5. Caractéristiques des différents types des minerais de fer	30
– II.5.1. Minerais de fer carbonatés.....	30
– II.5.2. Minerais de fer oxydé.....	31
– II.5.3. Minerais de fer silicaté.....	32
– II.5.4. Minerais de fers sulfurés.....	32
II.6. Caractéristiques du minerai	33
II.7. La composition chimique de minerai de fer	33
II.8. Production de minerai de fer	35
– II.8.1. Dans le monde.....	35
– II.8.2. La production d'acier entre 1950 et 2016.....	37
– II.8.3. Dans le monde arabe.....	38
– II.8.4. En Algérie.....	39
II.9. Les ressources minérales en Algérie	39
II.10. Les réserves en minerai de fer	40
– II.10.1. Les réserves du minerai de fer au niveau national.....	40
– II.10.2. Les réserves en minerai de fer au niveau mondial.....	41
II.11. Le prix du minerai de fer	42
II.12. Utilisation du fer dans le monde	43
– II.13. La consommation du minerai de fer	46
– II.13.1. Au niveau national.....	46
– II.13.1.1. Complexe d'El Hadjar.....	46
– II.13.1.2. Complexe Bellara.....	46
Conclusion	47
Chapitre III Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza.....	48
Introduction.....	48
III.1. Accès d'ouverture du gisement.....	49
III.2. Travaux de forage et de tir.....	50

III.3. Travaux de chargement et de transport.....	53
III.4. Traitement mécanique.....	55
III.5 Préparation mécanique du minerai de fer de l'Ouenza.....	56
Conclusion.....	58
Chapitre IV méthodologie de stockage de minerai de fer	59
Introduction.....	59
IV.1. Méthodologie du stockage du minerai de fer dans la mine de L'Ouenza.....	60
IV.2. Notions sur les différentes méthodes de constitution des piles de stockage	60
IV.3. Choix de constitution des piles dans les conditions de la mine de l'Ouenza.....	61
IV.4. Les réserves et les stocks actuels dans la mine de l'Ouenza.....	70
- IV.4.1 Les réserves géologiques du Gisement de l'Ouenza...71	
- IV.4.2 Les réserves exploitable du Gisement de l'Ouenza....72	
- IV.4.3 l'état actuel des stocks dans la mine de l'Ouenza	73
IV.5 Les conditions D'exploitation du minerai pauvre qui reste en stocks.....	74
- IV.5.1- faible production.....	74
- IV.5.2- pour l'homogénéisation	76
- IV.5.3- L'enrichissement de minerai pauvre	78
- Conclusion.....	83
Conclusion générale.....	84

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Introduction

Le développement du domaine sidérurgie en Algérie appuyé sur l'utilisation des ressources naturel en particulier les gisements de fer. En Algérie, dans l'Algérie il Ya plusieurs gisements de fer, le gisement de l'Ouenza représente une des sources principales de la matière première de minerai de fer pour la sidérurgie nationale. Le minerai de fer de l'Ouenza est destiné vers l'usine sidérurgique d'El Hadjar pour la transformation en fonte et l'acier pour répondez aux exigences de l'industrie sidérurgique moderne.

Dans Le gisement de fer de l'Ouenza il Ya un nombre importante des chantiers d'exploitation. Il contient des grandes réserves de minerai de fer avec une grande variabilité des teneurs en minerai de fer. Le complexe sidérurgique d'El Hadjar comme n'importe quel client, a son exigence qualitative et quantitative et qui difficile d'assuré sur le côté qualitatif (teneur) à cause de la distribution des teneur dans le gisement dans différentes chantiers, il causer des problèmes de la qualité du produit finale obtenu par conséquent une augmentation de son prix de revient.

Au but de contrôler cette variation du teneur et connaitre les variations entre les teneurs dans le gisement de l'Ouenza et pour assurer la quantité nécessaire pour le client avec une teneur régulière et conforme. Une exploitation sélective de gisement poses un problème concerne par le minerai pauvre.

Dans la mine de l'Ouenza le minerai pauvre est stocké dans des stocks crée spécialement pour le minerai pauvre, ces stocks de minerai pauvre en fer dans la mine de l'Ouenza occupée des grandes surfaces dans des endroits sensibles, ces stock sont alimenter de minerai pauvre extraite des chantiers qui a un faible teneur qui n'est pas acceptable dans le marché, cette solution de stockage n'est pas fiable et n'est pas validée pour longtemps.

Une question important Pour Combien de temps va rester ces stocks comme ça ?

Et quelle est la solution pour enlever ces stocks ?

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

Introduction :

Le gisement d'El-Ouenza est à la fois le plus riche et le plus important gisement de fer en exploitation en Algérie, il fut découvert en 1878, son exploitation remonte en 1921. Proche de la frontière tunisienne, ce gisement est situé à 120 km au Sud Est de Annaba et à 80 km au nord de Tébessa. Cette dernière est caractérisée par des gîtes géologiques bien définies. L'exploitation des réserves se fait à ciel ouvert pour atteindre une production importante de matière première allant jusqu'à deux millions de tonnes par an.[1]

I.1. Historique de la mine

Depuis l'époque romaine comme le témoignent les vestiges existants (puits et galerie) au niveau des quartiers, DOUAMIS et HALLATIF, cette exploitation concernait le cuivre. C'est vers 1875 que le gisement de fer de l'Ouenza entra dans l'histoire minière, en effet en 1875 l'ingénieur des mines TISSOT signale l'importance des affalements de minerais de fer de l'Ouenza.

- En 1878, le premier permis de recherche de fer.
- En 1913, constitution de la société de l'Ouenza.
- En 1921, début de l'exploitation.
- En 1966, nationalisation des mines.
- En 1983, (le 16/07/83) restructuration de la SONAREM et création de l'entreprise FERPHOS (décret n° :83.441).
- En 2001, (octobre 2001) le retour des étrangers sous le nom : (ISPAT Tébessa).
- En 2005, (janvier 2005) changement le nom de l'entreprise a (Mittal Steel Tébessa), société d'extraction et préparation du minerai de fer au capital social de 613.140.000 DA.
- En 2006, un partenariat s'effectue entre les deux entreprises ARCELOR et MITTAL sous le nom du "ARCELOR-MITTAL".[2]

I.1.1. Importance de la Mine

Le gisement de fer de l'Ouenza constitue la principale source d'approvisionnement en minerai de fer de la sidérurgie nationale. Les trois quarts de la consommation du complexe sidérurgique d'El Hadjar, au temps du groupe SIDER, viennent de la Mine de l'Ouenza, cela en faisant abstraction de la production de la Mine

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

de Boukhadra, qui vient en second lieu.

Donc il tient un rôle très important dans l'économie algérienne, de part sa contribution au développement de l'industrie lourde dans le pays et spécialement dans la Wilaya

en ce qui concerne l'emploi. [2]

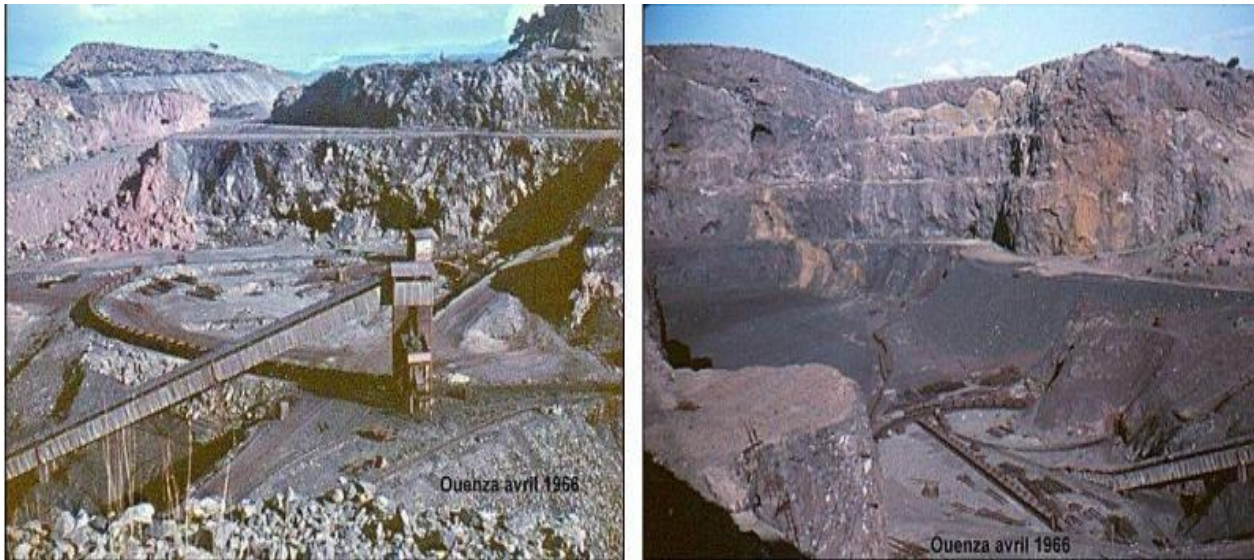


Fig. I.1. mine de l'Ouenza en avril 1966 [2]

I.2. Situation géographique

La région de l'Ouenza se trouve à 150 km au Sud-Est d'Annaba et à 80 km Au Nord de Tébessa elle est reliée à Annaba par une voie ferroviaire par laquelle s'achemine toute la production de l'unité Ouenza. Le Djebel de l'Ouenza fait partie des zones diapiriques de la région de l'Atlas Saharien oriental. Il est situé dans la région de montagne de Mellegue en formant un anticlinal orienté Nord-Est, Sud-Ouest,

Suite à la structure et la nature des roches, le gisement est divisé en sept (7) gites « Quartiers » principaux dont : Chagoura sud, pic, Chagoura nord, Saint-Barbe, Conglomérat, Hallatif, Douamis et Zerga. [3]

Le gisement de fer repose sur le flanc nord-est d'un massif montagneux dont la plus haute altitude est de 1288 mètres au niveau du pic les dimensions de ce gisement sont de 12 km environ de long et 5 km de large

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza



Fig. I.2.Situation géographique du gisement de l'Ouenza.[4]

I.3.Présentation de l'entreprise

Arcelor Mittal est un groupe sidérurgique mondial. Son siège social est installé à Luxembourg. Il est le plus important producteur d'acier au monde, avec 97,03 millions de tonnes produites en 2017.

En 2013, le groupe employait 239000 salariés dans plus de 60 pays, dont environ la moitié en Europe.[6]

I.3.1.Arcelor Mittal Tébessa

C'est une société «joint-venture» entre Arcelor Mittal majoritaire (de 70% des actions) et Ferphos (de 30% des actions). Sa capacité de production annuelle est de 2 millions de tonnes de minerai de fer et elle envisage d'augmenter sa production dans les années avenir à 3 millions tonnes.

Arcelor Mittal Tébessa est le principal fournisseur du complexe sidérurgique d'El-Hadjar (Arcelor Mittal Annaba) en minerai de fer, composées de deux mines : la mine de l'Ouenza et Boukhara. [7]

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

I.4. Géologie de la région du Djebel l'Ouenza

L'histoire des recherches au niveau du Djebel Ouenza remonte à l'année d'attribution du premier permis de recherche en 1878. C'est après la deuxième guerre mondiale qu'elles ont atteint leur apogée, plusieurs millions de mètres linéaires de sondage furent exécutés et plusieurs niveaux de galeries creusés. C'est durant cette période que de nouveaux quartiers furent découverts. Afin d'un éventuel accroissement des réserves, la nouvelle direction qui a pris récemment les commandes de la Mine, envisage de relancer les compagnes de recherches.[2]

- **Minéralisation :**

Les minerais sont constitués essentiellement d'hématite qui résulte de l'oxydation des amas de sidérose et de pyrite (carbonates situés sous le niveau hydrostatique (Bouzenoune, 1993). Le carbonate provient lui-même de la métasomathose des calcaires récifaux de l'aptien par des venues minéralisantes sulfureuses. Les hydroxydes de fer sont le résultat de la désagrégation de l'hématite.

L'hématite exploitée se présente soit sous forme pulvérulente de couleur bleue ou noire rougeâtre, soit en masse terne sans cristaux apparents ou encore en masses homogènes mais laissant apparaître une trame rhomboédrique héritée du minerai carbonaté. Une série d'intermédiaire entre le minerai primaire et celui secondaire constitue une part importante dans les réserves de la mine. Outre, le minerai de fer, il faut signaler une faible présence de minéralisation poly métallique (Pb, Cu ...), le long de la faille du pic.

Notons enfin que les concentrations ferrifères considérées comme les plus importantes en Algérie et le patrimoine minéralogique de la région de l'Ouenza est très riche et varié : Gypse (Saccharoïde et fer de lance), barytine (feuilletée et massive) Quartz (parfois d'une pureté exceptionnelle et offrant des cristaux d'une rare régularité), pyrite, Fluorine (en cristaux blancs ou violets) calcite et Aragonite sous diverses formes et particulièrement en stalactite et stalagmite), Azurite, malachite. La goethite forme des encroûtements à surface mamelonnée, La limonite (souvent associée à la goethite), la sidérite et l'ankérite qui montrent souvent un aspect bréchi.

Des minéralisations polymétalliques à Cu-Pb-Zn-Ba-F, d'ordre économique, sont signalées dans certains secteurs du massif (quartiers Hallatif et Douamis). Ces gîtes sont

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

généralement encaissés dans les calcaires à caractère récifal de l'Aptien : "Calcaires à miliolites".

La liste sus citée ne pourrait pas être exhaustive et une étude microscopique généralisée sur tout le gisement en déceler d'autres. [7]

- **Hydrologie et Hydrogéologie :**

Le comportement hydrogéologique des terrains existants à Ouenza se résume comme suit :

-Les terrains triasiques contenant du gypse et du sel, du fait de leur hétérogénéité, sont perméables. Les eaux qui y circulent deviennent saumâtres et ne peuvent convenir qu'à l'utilisation industrielle.

-Les calcaires s'ils sont fissurés permettent l'infiltration des eaux et même leur circulation.

-Les marnes qui forment malheureusement la plus grande surface affleurant dans la région sont imperméables et toute les eaux de pluie ruissellent ou s'évaporent.

- Les intercalations calcaires peu épaisses ne permettent pas le captage que d'une quantité infime d'eau.

-Les terrains quaternaires toujours peu épais n'ont de ce fait aucune importance hydrogéologique.

-Les aquifères connus à l'Ouenza sont : Douamis (descenderie de captage ZI) et Conglomérat (descenderie de captage ZII) qui forment probablement un seul bassin aquifère.

Les surfaces respectives d'impluvium sont de 20 à 40 ha, pour une pluviométrie annuelle de 400mm d'eau. Douamis à elle seule reçoit 80000 m³ et les autres chantiers 16000 m³. À Douamis, où le coefficient d'infiltration est compris entre 13.4% et 20% (détermination expérimentale ancienne) seuls 10000 à 16000 m³ peuvent s'y infiltrer.

En dehors de la source thermique de Hammam Sidi Yahia et de quelques suintements à la base des grès miocènes et de quelques sources dans les oueds, les points d'eau naturelle sont rares. La ville de l'Ouenza est alimentée récemment par le sondage d'Ain Chania. La mine pour ses besoins en eau potable des chantiers puisent celle-ci du sondage de souada.[3]

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

- **Caractéristique particulière du gisement :**

Des particularités géologiques du gisement on peut citer :

- La grande variabilité de la qualité surtout celle du corps du minerai localisés dans le flanc Nord-Ouest du grand anticlinal. Mais un soupçon de régularité se décèle dans les quartiers de l'aval d'une façon discontinue et plutôt locale ;
- La sidérose, outre sa position naturelle (au-dessous du niveau hydrostatique) affleure curieusement sur des surfaces importantes dans d'autres quartiers (Zerga, Ilot, Chagoura Sud) ;
- L'extinction nette de la minéralisation dans le flanc Sud Est du pseudo-anticlinal 6 Mai Douamis et son enrichissement en calcite ;
- Les deux flancs du même grand anticlinal sont différents de tous les points de vue (structure, complexe lithologique, morphologie des corps minéralisés). [3]

I.5. Cadre géologique et litho-stratigraphique

I.5.1. Trias

Les formations les plus anciennes rencontrées à l'affleurement appartiennent au Trias. Il s'agit essentiellement de marnes bariolées à gypse et de l'halite qui renferment des dolomies et des calcaires dolomitiques à fins lits micro quartzique ainsi que des grès rouges et des cargneules.

Les formations triasiques ont généralement une extension remarquable orientée NE- SW. Ces formations affleurent à la faveur d'extrusion, soit sous forme de masse chaotique où dominant, le Gypse, les Argiles et Dolomies, soit organisée en unités stratifiées localisées sur les flancs des structures.

Les chlorures signalés dans le salifère principal du NE Saharien, (Busson et Cortnée, 1989) in Bouzenoune et Al, (1995) sont présents dans la région.

Des études récentes ont montrés une analogie existante entre le Trias diapirique de la « Gulf-Coast » (USA) et ceux des confins Algéro-Tunisiens.

Ainsi il a été signalé que le Trias est constitué par un noyau de sel surmonté par un « Cap-Rock ». Ce dernier recèle parfois des concentrations minérales Bouzenoune, (1993), ces « Cap- Rock » résultent de la dissolution du piston salifère lors de sa migration vers les zones superficielles, induisant généralement des zonations minéralogique verticales. Les zones les plus profondes qui sont en contact du sel sont les plus récentes

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

et les zones les moins profondes sont les anciennes (Bouzenoune, 1993)

En Gulf-Coast le modèle de la mise en place a mis en évidence trois zones (Goldman, 1925-1933-1952 ; Hana et al, 1934 ; Murray, 1966 ; in Bouzenoune, 1993).

- Une zone essentiellement à Anhydrite.
- Une zone à Gypse.
- Une zone à Calcite.

L'épaisseur totale de Trias n'est pas connu, on sait cependant que la puissance des dépôts du Trias peut dépasser les 1000 m dans l'Atlas Saharien (Alier et al, 1971 ; Busson et Corné, 1989 ; in Bouzenoune et al, 1995).

A l'Ouenza les formations triasiques sont principalement constituées de marne gypsifères bariolées, de sédiment marno-argileux à intercalation de dolomies grises et de calcaire dolomitique, le sondage P103, effectué par l'E.R.E.M, a traversé la halite à une profondeur de 130m (Bouzenoune, 1993).

I.5.2. Jurassique

Les dépôts du Jurassique n'ont pas été observés jusqu'à présent dans la région de l'Ouenza. Toute fois G. Dubourdieu(1956) a signalé dans le « Socle » de la série carbonatée de l'Ouenza (secteur Conglomérat) la présence d'une brèche gypsifère sédimentaire renfermant de gros débris de calcaires dolomitiques avec des fossiles radiolaie que l'on peut dater du Jurassique et Crétacé inférieur.

I.5.3. Crétacé

- **Barrémien :**

Les formations barrémiennes représentent les terrains les plus anciens observés en position normale dans la région de l'Ouenza. Les seules formations rapportées au Barrémien affleurent au N-E de la région envisagée au Dj. Harraba et dans son voisinage immédiat ainsi que dans le petit anticlinal de Sidi Emmbarka au Sud- Est, Ils'agit des marnes assez argileuses non fossilifères dont la partie supérieure renferme quelques intercalations de bancs de calcaire gris noduleux à patine ocre (Dubourdieu, 1956). Le Barrémien est gréseux au Dj. Sidi Rghiss (Masse et Thieuloy, 1979) ainsi qu'a Messloulou (Dubourdieu, 1959 ; Masse et Thieuloy, 1979).

À l'Ouenza les formations barrémiennes sont absentes à l'affleurement.

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

- **Aptien :**

L'activité diapirique dans la zone des dômes a gouvernée l'évolution tectono-sédimentaire des différents massifs de la région qui sont essentiellement carbonatés, ces formations carbonatées constituent l'un des plus importants réservoirs des minéralisations, l'étude de leurs âges, leurs positions structurales, leurs épaisseurs et leurs relations avec les diapirs de la région permet d'apporter beaucoup d'éclaircissements ou d'explications dans ce vaste domaine de plate-forme de l'Atlas-Saharien.

Les études faites sur les séries carbonatées des différents massifs tel que à l'Ouenza (Thibieroz et Madre, 1976 ; Masse et Chikhi, 1982 ; Bouzenoune 1993), à Boukhadra (Nedjari, Bellahsene et Nedjari et al.

1984), montrent que les épais dépôts carbonatés résultent de l'accumulation de faciès différents superposés sur une même coupe ; Calcaire à polypiers et débris à la base, calcaire à Milioles et Rudiste au milieu et calcaires à débris au sommet dont lesquels la part de calcaire construits est très faible et où prédomine une sédimentation mécanique bioclastique déposée dans un milieu de plate-forme.

Ce terme « plate-forme » a été introduit par J.M. Masse et J.P. Thieuloy, dans une étude régionale approfondie au profit de l'ancienne nomination « Haute-fonds récifaux » de G. Dubourdiou (1956).

L'ensemble des plates-formes carbonatées de l'Atlas Saharien oriental sont des dispositifs à caractère local ayant une extension réduite (Aoudjehane et al. 1992), et subissent d'importantes variations de faciès et d'épaisseurs. Elles présentent un nombre élevé de faciès lithologiques des séries de calcaire aptien qui les composent, ce qui rend la comparaison entre massifs très difficile.

Les dépôts calcaires d'une structure à l'autre, sont synchrones d'Est en Ouest, mais présentent un certain diachronisme du Nord vers le Sud (Masse et Thieuloy, 1979) et semble-t-il du bassin vers le « TOP » des diapirs, (Aoudjehane et al, 1992). [3]

I.6. Aperçu géologique sur les quartiers de la mine de l'Ouenza

Selon la structure et la nature des roches, le gisement est divisé en sept (07) gîtes (quartiers) principaux sont :

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

I.6.1. Quartier Chagoura Nord

Les corps minéralisés les plus importants sont situés dans les calcaires récifaux de l'aptien et sont associés aux plis anticlinaux de deuxième ordre, orientés NE : Douamis, Chagoura Sud et Koura Ouenza - Chagoura Nord, en coupe transversale, la forme des plis est irrégulière.

D'après les coupes verticales et horizontales élaborées, le corps le plus important se présente sous forme d'un corps tubulaire de 650m de longueur, 150m de largeur et 300m de profondeur (aval pendage), avec des ramifications diverses de part et d'autre du corps.

La teneur moyenne en fer pour l'ensemble des corps minéralisés est pratiquement identique, soit en moyenne 48%. Quant à la teneur en silice, elle est pratiquement constante dans tous les corps, elle varie de 5 à 6% en moyenne.

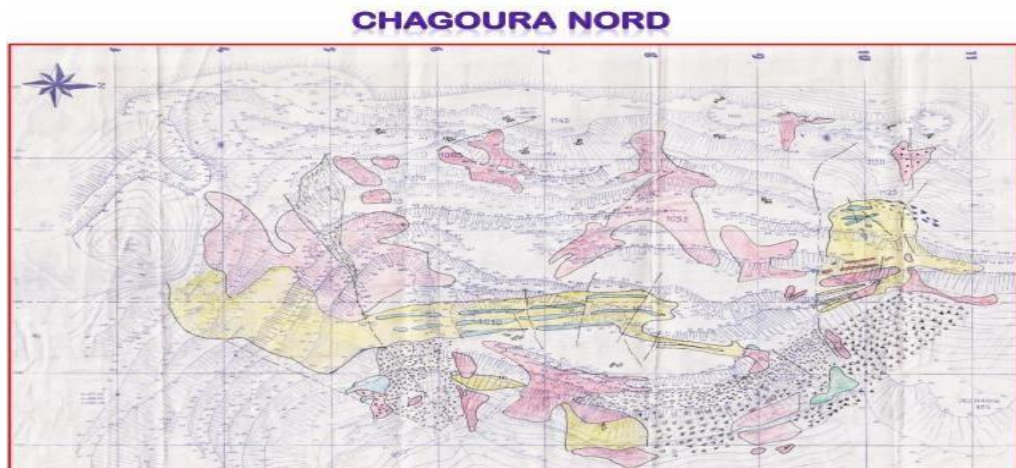


Fig. I.3.Carte géologique du Quartier Chagoura Nord. [3]

I.6.2. Quartier Chagoura Sud-Pic

Les corps minéralisés sont localisés au sein des calcaires récifaux aptiens, en particulier au voisinage des grosses fractures (G. DUBOURDIEU) auxquelles est attribué le rôle de structure productive.

D'après les résultats de l'interprétation géologique des coupes verticales transversales et les observations de terrain, les corps sont disposés en général sous forme de lentilles irrégulières sub-concordantes à la stratification. Parfois, sur les coupes verticales et les plans de niveaux élaborés, les corps miniers se présentent sous forme de

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

nids ou corps tubulaires ramifiés et irréguliers.

L'interprétation des coupes verticales et les projections sur les plans ont permis de mettre en évidence six corps miniers moyennant une teneur en fer de 47.29% et 5.48% en SiO_2 .

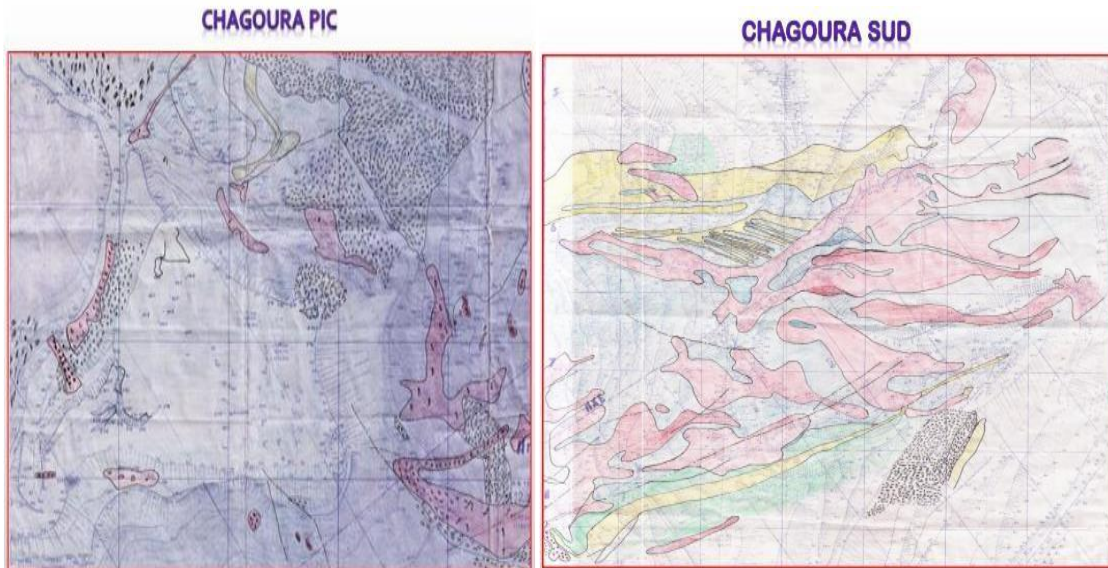


Fig. I.4. Carte Géologique des quartiers Chagoura Pic-Sud [3]

I.6.3. Quartier 6 mai (flot)

En se basant sur les résultats des expertises géologiques faites par le Bureau d'étude de la mine, concernant le quartier 6 Mai (Sainte Barbe et conglomérat), quatre (04) corps minéralisés ont été mis en évidence.

Le minerai caractérisant le gisement du 6 Mai est de type Hématite-Limonite. Il est développé à partir de la surface jusqu'au niveau 552 m.

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

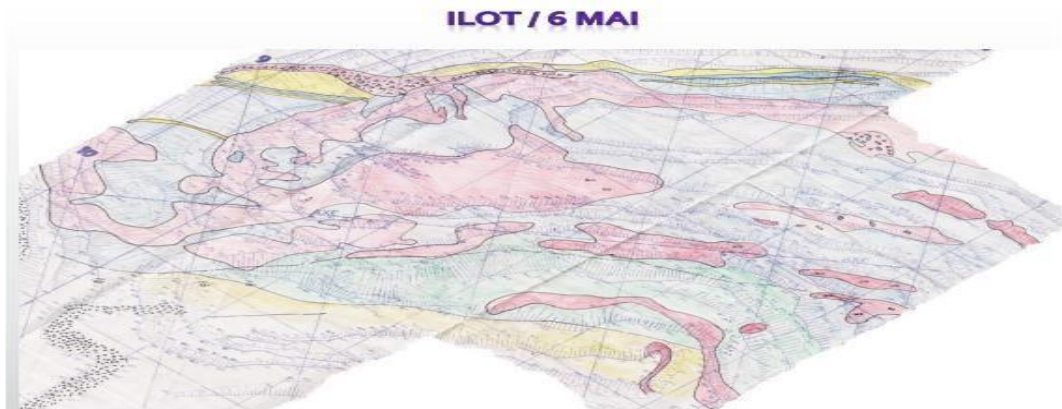


Fig. I.5. Carte géologique du Quartier Sainte Barbe (Ilot).[3]

I.6.4. Quartiers Douamis et Hallatif

La minéralisation caractérisant les deux gisements est de type essentiellement hématitique, rarement limonitique. L'interprétation des données géologiques existante, a permis de mettre en évidence dans ces deux corps minéralisés localisés ausud et au nord de l'axe du gisement. L'allure générale des corps miniers de Douamis est très régulière et homogène.

La teneur moyenne en fer, contrairement aux autres quartiers est supérieure à 45% (riche).

Le gisement de Douamis se distingue des autres quartiers par la présence de minéraux de cuivre sulfureux (Chalcopyrite, Tétrahédrite...) et les carbonates de cuivre hydratés (Malachite et Azurite).

Pour ce qui est du quartier Hallatif, qui a une liaison directe avec les corps miniers de Douamis, plus de 80% des réserves sont déjà épuisées ce qui reste n'est que les dernières racines des corps principaux. La teneur moyenne en fer dans ce quartier « Hallatif » est quasi identique à celle de Douamis. Notons qu'au niveau de ce gisement existe de la baryte sous forme de filonnet.

I.6.5. Quartier Zerga

Toute la région est accidentée par un grand nombre de failles de faibles ampleurs et de différentes directions bien marquées par des plans de glissements bien dessinés sur les contacts des roches de types variés.

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

Pendant l'exploitation des affaissements ont été observés. L'affaissement le plus important s'est produit à la fin de 1978 dans la partie centrale du quartier, après quoi ce quartier s'est vu presque hors exploitation pendant une longue période.[2]



Fig. I.6 .Gisements de fer de l'Ouenza.[4]

I.7.Nature de gisement

Le fer de la mine de l'Ouenza est d'un minerai de type hématite actuellement en exploitation, en remarque la présence d'un minerai de fer carbonaté la sidérite qui n'est pas encore mis en exploitation à ciel ouvert.

I.7.1.Morphologie et structure de gisement

Le gisement de l'Ouenza se situe dans le Djebel Ouenza qui est un grand anticlinal de direction SW-NE. Si l'on s'éloigne de la partie périclinale SW qui se présente d'une manière spectaculaire pour aller vers le NE on verrait la masse énorme des calcaires récifaux de l'aptien qui forme l'ossature de la montagne.

Une grande faille longitudinale qui coupe le récif aptien dans une zone où il devait avoir tendance à s'amincir abaisse les terrains situés au SE du Djebel. Celle-ci se prolonge vers le NE en passant au pied du pic de l'Ouenza, et après avoir été éjecté par de petits accidents secondaires logent au Nord des parties minéralisées de la mine entre 06 Mai et Hallatif. Deux lames triasiques viennent s'injecter dans les marnes de l'albien au Nord et au Sud du Djebel. La lame Sud a fait remonter des lambeaux d'aptiens minéralisés (Quartier Zerga).

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

La présente structure du massif est due aux effets de la poussée diapirique du Trias. [8]

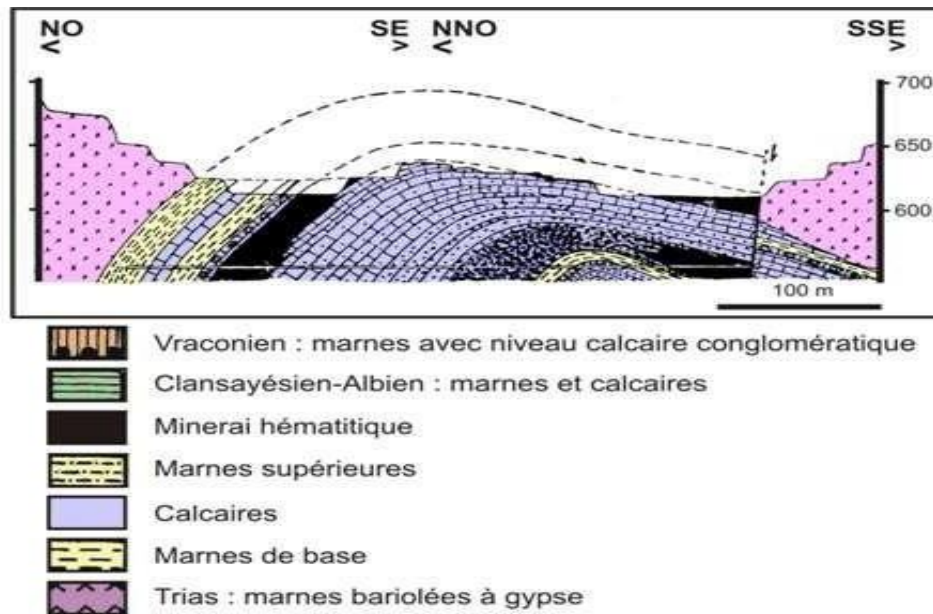


Fig. I.7. Coupe dans la structure anticlinale du gisement de l'Ouenza. [3]

I.8. Composition chimique du minerai

La composition chimique du minerai de fer de la mine de l'Ouenza est donnée dans le tableau suivant :

Tableau. I.1 .Composition chimique moyenne du minerai de l'Ouenza. [3]

Éléments	Fe	Si O2	CaO	MgO	AL2O3	BaSO4	S	Mn	Cu	P
Teneur en%	49,8	4,00	7,10	2,00	2,25	Trace	0,04	1,98	Trace	0,02

la composition chimique du fer de la mine de l'Ouenza est l'oxyde de l'Hématite Fe_2O_3 soit dominant (49.8 %) avec la présence de la chaux (CaO) et silice (SiO_2). Il existe des très faibles teneur d'autres éléments (Al_2O_3 , MgO, Mn) En fonction de la nature du minerai de l'Ouenza, confirmée par l'étude de sa composition minéralurgique et la détermination de la susceptibilité magnétique des éléments qui constituent le minéral de base d'une part, et les informations qui se trouvent dans la recherche bibliographique d'autre part.

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

I.9. Prospection et état des réserves

Les travaux de prospection effectués par la mine de l'Ouenza s'étalent sur une période de 50 ans ; en plusieurs campagnes avec des moyens et approches différentes ; ce qui a permis de délimiter la minéralisation ferrifère et d'évaluer son importance.

Le gisement de l'Ouenza a été prospecté essentiellement par des ouvrages miniers et sondages (Verticaux, inclinés et horizontaux) selon un réseau de maille variant d'un gîte à l'autre ; allant de (50x50m) et peut être resserré jusqu'à (25x25m) et encore moins dans certains gîtes.

Le volume des travaux réalisés ; a permis d'évaluer les différents sites potentiels de la mine qui sont en phase d'exploitation ; et de délimiter la minéralisation pour les sites vierges aux abords immédiats de la mine tel que : Kahkouh et Souda.

Les résultats des travaux de prospection ont permis d'évaluer les réserves géologiques exploitables

I.9.1. Les réserves géologiques au 31 Décembre 2022

Tableau. I.2. Réserves géologiques du Gisement de l'Ouenza. [9]

Quartiers	Quantité (t)	Fer (%)
Chagoura Pic-Sud	19 065 229	50
Chagoura Nord	19 930 562	48,9
Sainte Barbe	12 813 168	47,8
Conglomérat	6 011 290	47,4
Hallatif	4 931 028	51,0
Douamis	11 327 458	53,0
Zerga	3 196 457	42,7
Koura ouenza	37 514 055	47,97
TOTAL	114 789 247	48,9

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

I.9.2. Les réserves exploitables au 31 Décembre 2022

Tableau. I.3. Réserves exploitables du Gisement de l'Ouenza. [9]

Quartiers	Quantité (t)	Fer (%)
Chagoura Pic	6 628 327	53,5
Chagoura Sud	3 090 138	48,1
Chagoura Nord	9 379 306	49,7
Sainte Barbe	4 602 653	48,4
Conglomérat	376 686	46,6
Douamis	8 425 289	53,9
Zerga	2 350 266	42,7
TOTAL	34 852 665	50,6

I.10. Les oxydes et les hydroxydes de fer

Pour les minerais les plus courants, des composés donc, on a :

- **la limonite**

Un mélange d'oxydes et d'hydroxydes de fer plus ou moins hydratés dont la goethite. La limonite est souvent présente dans des roches d'origine magmatique ou métamorphique. Mélangée à de l'argile elle donne des ocres plus ou moins jaunes. Attention : le terme hématite brune est synonyme de limonite et non d'hématite.[1]

- **l'hématite (Fe₂O₃)**

L'hématite est le minerai de fer type elle se présente sous plusieurs formes. Elle est pulvérulente de couleur bleue, noire, rougeâtre, il s'agit d'un minerai riche ; en masses

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

ternes sans cristaux apparents correspondant à un minerai pauvre ; et en minerai dur et homogène laissant souvent apparaître une trame rhomboédrique héritée du minerai carbonaté.[1]

- **La goethite (FeOOH)**

Elle résulte soit de l'hydroxydation des oxydes de fer, soit d'une précipitation directe dans les vides, sous forme de concrétionnement, donnant des formes diverses (concrétions, en croûtes concentriques mamelonnées, ou même en structure stratiforme, ou encore en forme de stalactites et stalagmite dans les géodes. Decouleur sombre à noir, avec un éclat sub-métallique, de dureté élevée, la goethite forme des encroûtements à surface brillante.

Au oxydes et hydroxydes de fer s'ajoutent des sulfures, représentés essentiellement, par la pyrite (FeS_2) et des carbonates de cuivre, représentés essentiellement par la Malachite [$\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{CO}_3$] et l'Azurite [$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$].[1]

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza



Minerai de fer à Hématite



Minerai de fer à Hématite et Limonite



Géode de goethite tapissé de limonite et Hématite

Fig. I.8. Collection de Roches & Minéraux : Oxyde et Hydroxyde - mine de l'Ouenza [2]

Chapitre II : Généralités sur le minerai de fer

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

Introduction

Le minerai de fer est une roche contenant du fer, généralement sous la forme d'oxydes, comme l'hématite. Les minerais de fer ont une teneur en fer variable selon le minéral ferrifère.[1]

Le fer est le 6^e élément le plus abondant dans l'Univers, il est formé comme « Élément final » de fusion nucléaire, par fusion du silicium dans les étoiles massives. Tandis qu'il compose environ 5 % (en masse) de la croûte terrestre, le noyau terrestre est censé être en grande partie un alliage de fer-nickel, constituant ainsi 35 % de la masse de la Terre dans son ensemble. Le fer est peut-être, en fait, l'élément le plus abondant sur Terre ou du moins comparable (en juste 2^e position) en masse à l'oxygène, mais seulement le 4^e élément le plus abondant dans la croûte terrestre.[1]

La majeure partie du fer dans la croûte est combinée avec l'oxygène, formant des minerais d'oxyde de fer, tels que l'hématite (Fe_2O_3), la magnétite (Fe_3O_4) et la limonite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). L'oxyde magnétique ou *magnétite* Fe_3O_4 est connu depuis l'Antiquité grecque. Il tire son nom du mont *Magnetos* (le grand mont), une montagne grecque particulièrement riche en ce minéral.[1]

Environ une météorite sur vingt comprend de la taénite, unique alliage de minéral de fer-nickel (fer 35-80 %), et de la kamacite (fer 90-95 %). Bien que rares, les météorites de fer sont la forme principale de fer natif (métallique) sur la surface terrestre.[1]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

II.1. Définition

Le minerai de fer se compose de roches et des minéraux desquels du fer métallique peut être extrait de manière rentable. Le minerai extrait est habituellement riche en oxydes et en carbonates de fer et de couleur gris foncé, jaune éclatant, pourpre foncé ou rouille. Le fer lui-même se trouve généralement sous la forme de magnétite (Fe_3O_4), d'hématite (Fe_2O_3), de goéthite, de limonite ou de sidérite, l'hématite est aussi appelée minerai naturel. Le minerai de fer est la matière première de la fonte de première fusion, qui est elle-même la matière première principale de l'acier.

En général, le minerai le plus riche en fer est le plus rentable. Lorsque sa teneur est supérieure à 54 %, il est considéré comme riche et ne nécessite aucune valorisation à part son calibrage. Lorsqu'elle est inférieure à 54 %, il est considéré comme pauvre et doit être valorisé pour en permettre la commercialisation. Il existe deux calibres de minerai de fer à forte teneur. Le premier est le minerai d'une granulométrie supérieure à 8 mm, qui est appelé minerai en morceaux, et le second, celui d'une granulométrie inférieure à 8 mm, qui est appelé minerai fin. [6]

II.2. Géologie de gisement

Le fer s'est concentré en gisements, à de nombreuses époques géologiques, en de multiples endroits de la croûte terrestre et dans des conditions génétiques variées. Une des classifications géologiques les plus complètes est celle qui est basée sur la notion de type telle que l'a proposée F. Blondel en 1955 et que l'a développée P. Routhier en 1963. Elle ne distingue pas moins de quinze types de gisements et un certain nombre de sous-types. Tous les types répertoriés n'ont évidemment pas la même importance sur le plan économique. Seuls ceux qui correspondent aux minerais le plus fréquemment utilisés par la sidérurgie sont brièvement décrits dans les paragraphes suivants.

II.2.1. Quartzites ferrugineux

Généralement rubanés, ce sont, à l'origine, d'énormes dépôts de quartzites ferrifères dont les seuls éléments sont pratiquement la silice et les oxydes de fer. Ces dépôts sont tous riches en silice libre. Leur texture originelle est extrêmement fine (*jaspillites*), recristallisée le plus souvent en une mosaïque quartzeuse donnant

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

des quartzites finement lités, à oligiste, à magnétite ou à martite . Les grains de quartz et d'oxydes de fer ont des dimensions variant de quelques dizaines à quelques centaines de micromètres suivant l'importance du métamorphisme qu'ils ont subi.

Ces formations apparaissent dans tous les vieux socles précambriens du monde : Amérique du Nord, Brésil, Venezuela, Afrique, Scandinavie, Russie, Ukraine, Inde, Australie, et portent divers noms consacrés par les usages locaux (*itabirite, iron formation, taconite, banded hematite, quartzite, jaspillite, etc.*). Leur origine sédimentaire par précipitation chimique est très généralement admise.

D'après une hypothèse formulée plus récemment, le dépôt pendant le Précambrien de quantités considérables de quartzites ferrugineux serait étroitement lié au développement de la vie dans les océans, à une époque où l'atmosphère était composée d'azote et de gaz carbonique, mais dépourvue d'oxygène, et où les eaux, rendues acides par ce gaz carbonique, pouvaient dissoudre de grandes quantités de fer à l'état de fer ferreux. La formation de ces quartzites limitait la pression de l'oxygène à un faible niveau par fixation de tout l'oxygène produit par photosynthèse ; ce n'est que lorsque le fer fut entièrement précipité que l'oxygène put s'accumuler dans l'atmosphère, permettant l'apparition de nouvelles formes de vie.

Ces dépôts très anciens ont été soumis à un métamorphisme plus ou moins intense, et parfois ont été fortement plissés, ce qui a favorisé leur évolution ultérieure et la formation des minerais riches à hématite. Sous leurs formes les moins altérées, les quartzites ferrugineux ont des teneurs en fer variant entre 25 et 45 %, qui rendent indispensable leur enrichissement, la finesse des grains conduisant à agglomérer en boulettes une grande partie ou la totalité de la production. Les premiers quartzites ferrugineux exploités ont été ceux du Lac Supérieur (États-Unis). Puis ont été mis en exploitation les gisements du Québec-Labrador, du bassin de Krivoï Rog, du bassin de Suède Centrale et du Liberia (Bong).[10]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

II.2.2. Gisements associés

La plupart des grands gisements de minerais riches à hématite se sont formés aux dépens des quartzites ferrugineux, par lessivage de la silice dans des conditions géologiques et géographiques particulières et encore mal élucidées avec, dans certains cas, remise en mouvement d'une partie du fer en dissolution.

Malgré leur origine semblable, les gisements de minerais riches à hématite présentent entre eux des différences importantes, liées au dépôt originel, aux influences métamorphiques et tectoniques (plissements) qu'ils ont pu subir et aux conditions particulières de leur altération.

Le minerai est de dureté variable : parfois franchement rocheux, souvent en plaquettes friables et poreuses qui sont les vestiges du litage du quartzite originel (minerai en plaquettes, biscuit), parfois encore plus friable, poudreux, fin à très fin (*blue dust* de certains gisements brésiliens). Ils constituent de grandes masses à teneur en fer très élevée (65 % environ), de composition chimique simple avec surtout Fe_2O_3 et parfois un peu de magnétite résiduelle dans la martite, de la silice, de petites quantités d'alumine (1 à 2 %, localement plus), rarement plus de 0,1 % de phosphore et souvent beaucoup moins. Les minerais riches à hématite sont associés à la plupart des formations de quartzites ferrifères (Canada, États-Unis, Venezuela, Brésil, Inde, Mauritanie, Australie, etc.). Ils constituent souvent des amas de plusieurs centaines de millions de tonnes et sont exploités dans de très grandes mines à ciel ouvert.[11]

II.2.2.1. Minerais de ségrégation dans les roches acides

Ces minerais sont importants par leur teneur en fer élevée, la taille importante des gisements qu'ils constituent et le rôle qu'ils jouent dans l'approvisionnement des sidérurgies du nord de l'Europe : c'est en effet à ce type que se rattachent les gisements de Laponie suédoise. Ils sont tous associés à des laves acides et comprennent toujours de la magnétite, de l'oligiste (martite) et de l'apatite. Les teneurs en fer varient entre 50 et 71 %, avec 0,8 à 2 % de phosphore. Les alcalins sont relativement abondants, le titane et le vanadium sont fréquents. Leur nom vient de l'interprétation que les géologues ont donnée pendant longtemps de leur origine : il était admis que la minéralisation dérivait du même magma que les porphyres dont elle s'était différenciée en profondeur (d'où le terme de ségrégation). Les géologues suédois ont pu démontrer que les gisements de Laponie sont

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

en réalité issus de formations sédimentaires d'origine chimique, consécutives à une activité volcanique sous-marine intense qui a engendré la roche encaissante.[11]

II.2.2.2. Minerais oolithiques

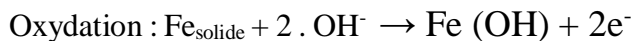
Les minerais de fer oolithiques sont très répandus mais pratiquement plus exploités ; ils ont constitué la base des approvisionnements de plusieurs sidérurgies européennes et, en particulier, de la sidérurgie française. Les gisements se sont formés pendant les ères primaire et secondaire. Ce sont tous des gisements sédimentaires marins, caractérisés par une texture oolithique : les oolithes sont des grains ovoïdes concrétionnés formés de couches concentriques, leurs dimensions varient de 80 μm à 2 mm environ. Sur le plan minéralogique, ces minerais sont caractérisés par une grande variété de constituants : limonite, hématite rouge, oligiste, chlorites, magnétite, sidérose, pyrite, quartz et calcite, dont les proportions peuvent varier d'un gisement à l'autre mais aussi à l'intérieur d'un même gisement.

La composition chimique reflète évidemment ces variations : les éléments les plus importants sont le fer, sous forme d'oxydes, d'hydroxydes, de carbonates et de silicates, la silice et la chaux, qui permettent d'établir la distinction entre minerais siliceux et minerais calcaires, l'alumine et le phosphore toujours présent, soit sous forme d'apatite ou dispersé dans d'autres minéraux. On distingue plusieurs types en fonction des minéraux dominants. Les minerais lorrains, les minerais de Normandie, les minerais d'Anjou furent les principaux gisements exploités en France.[12]

II.3. Les propriétés du minerai de fer

- Couleur : Le fer pur est un métal blanc argenté.
- Malléabilité et plasticité : Le fer est un métal très ductile et malléable.
- Degré d'oxydation et de réactivité : Le fer se limite aux degrés d'oxydation +2 et +3.

Le fer métallique est très sensible à la corrosion, réaction redox sous l'action de l'oxygène présent dans l'air. Cette réaction a lieu en présence d'air humide transformant le métal en oxyde de fer (III), la rouille Fe_2O_3 . Le mécanisme peut être décrit par les équations redox suivantes :

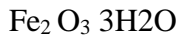


Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

L'hydroxyde de fer(II) formé est rapidement oxydé en hydroxyde de fer(III), 4 Fe



Qui se transforme spontanément en oxyde de fer(III), Fe_2O_3 hydraté. $2 \text{Fe(OH)}_3_{\text{solide}} \rightarrow$



La présence d'eau est indispensable pour amorcer la corrosion, milieu dans lequel se dissolvent les ions Fe(II) formés au cours de la réaction. Ainsi, l'eau contenant les sels de Fe(II) augmente les zones de contact entre les régions actives favorisant le phénomène. La couche d'oxyde formée à la surface ne protège pas le métal car elle se craquelle, et le processus de corrosion se poursuit conduisant à la destruction totale du métal.

Le pouvoir réducteur de Fe^{2+} augmente avec la formation de complexes. Cette propriété est utilisée en chimie analytique : le sel de Mohr de formule $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dans lequel le fer est coordonné à six molécules d'eau, permet de doser des oxydants puissants tels que MnO_4^- , CrO_4^{2-} , H_2O_2 .

Les solutions d'acides minéraux attaquent le fer, formant en absence d'oxygène l'ion Fe(II) hydraté et de l'hydrogène dissous. En présence d'oxygène, l'ion Fe(II) est oxydé en ion Fe(III). L'acide nitrique concentré réagit en surface avec le fer, ce qui rend le fer passif. [13]

II.3.1. Propriétés physiques et technologiques du minerai

La connaissance de certaines Propriétés physiques et technologiques du minerai de l'Ouenza est nécessaire pour une bonne appréciation des processus technologiques de traitement.

D'après cette propriété on peut classer ces minéraux parmi les roches dures et tendres et de moyenne dureté.[1]

- minéraux à moyenne dureté ; la distribution revient pour le fer : calcite et barytine goethite
- minéraux durs : pour le fer on a l'hématite, la limonite et la magnétite. Pour la gangue, on a le quartz et l'alumine.

Pour cela on peut constater que l'effet du broyage se manifeste en fonction des duretés propres de chaque phase ; les fractions grossières sont plus riches en quartz, calcite et alumine, les fractions fines riches en hématite, magnétite et limonite.

D'après la méthode de Protodina-Konov, la valeur moyenne du coefficient de dureté du

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

minerai de fer de l'Ouenza est comme la suit [1] :

Tableau II.1. Valeur moyenne du coefficient de dureté du minerai de fer de l'Ouenza. [1]

Produit	Dureté(F)
Minerai	3-8
Stérile	4-8

De leur côté, les valeurs de la masse volumique du minerai sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II.2. Valeur de masse volumique du minerai de fer de l'Ouenza. [1]

Produit	Masse volumique (p) T/m3
Minerai riche	2.8
Minerai brun	2.75
Stérile	2.6

II.4. Classification des minerais de fer

Les oxydes qui forment la gangue vont évidemment diminuer la teneur en fer des minerais employés.

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

II.4.1. Par rapport à leur teneur en fer, les minerais sont classés en :

- minerais pauvres : $\text{Fe} \leq 30 \%$
- minerais moyens : $\text{Fe} = 30 \% \div 50 \%$
- minerais riches : $\text{Fe} > 50 \%$ [14]

La teneur en fer des minéraux natifs est comprise entre des limites approximatives :

- ✓ minéraux magnétiques : $\text{Fe} = 50 \% \div 67 \%$
- ✓ minéraux d'hématite : $\text{Fe} = 30 \% \div 45 \%$
- ✓ minéraux de limonite : $\text{Fe} = 25 \% \div 45 \%$
- ✓ minéraux carbonates : $\text{Fe} = 30 \% \div 40 \%$ [14]

II.4.2. Les principaux minerais de fer sont :

II.4.2.1. Les sulfures

Dont les représentants principaux sont la pyrite et la pyrrhotite, ne sont jamais utilisés directement pour la production du fer à cause de l'effet fragilisant du soufre sur les alliages ferreux. Ils constituent en revanche une matière primaire importante pour la production d'anhydride sulfureux, obtenu grâce au grillage. Il reste un résidu d'oxyde de fer (« cendres de pyrite ») qui est pulvérulent et peut contenir encore des quantités gênantes de soufre : son utilisation comme minerai de fer peut donc se révéler problématique. [15]

- ❖ **La pyrite** : est une espèce minérale composée de sulfure de fer, de formule FeS_2 , pouvant contenir des traces de Ni, Co, Cu, Zn, Ag et Au. La pyrite fut plus exploitée comme source de soufre que de fer. Cette industrie très polluante tend cependant à être remplacée par d'autres procédés. En 1985, 18 % du soufre était obtenu à partir de ce minerai. La quantité extraite est de moins de 8 % actuellement, soit 6,6 millions de tonnes extraites par an, dont 6 millions rien qu'en Chine. Elle n'est pas utilisée comme source de fer pour la fabrication de l'acier car le coût d'extraction est supérieur par rapport à l'hématite (Fe_2O_3) ou à la magnétite (Fe_3O_4). L'extraction du fer à partir de la pyrite permet également l'obtention d'une fonte, qui doit cependant être soufflée à l'oxygène pour éliminer le soufre en solution. Les derniers procédés de biolixiviation ont permis l'extraction du chrome à partir de la pyrite. [15]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

✚ Elle reste le minerai de base de la fabrication de l'acide sulfurique par le procédé des chambres au plomb. Elle est exploitée dans beaucoup de gisements pour le traitement métallurgique des poudres (pelletisation) dans la production de l'or, du cuivre, du cobalt, du nickel...

✚ Sa dureté est entre 6 et 6,5 sur l'échelle de Mohs. La pyrite est faiblement soluble dans l'acide nitrique. Elle devient magnétique lorsqu'elle est chauffée ; lors de la fusion entre 1 177 °C et 1 188 °C, elle forme une boulette magnétique.

✚ La pyrite cristallise dans le système cristallin cubique, de groupe d'espace $Pa\bar{3}$ ($Z = 4$ unités formulaires par maille), avec le paramètre de maille $a = 5,416 \text{ \AA}$ (volume de la maille $V = 158,87 \text{ \AA}^3$, masse volumique calculée $= 5,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). [15]



Fig. II.1. Structure de la pyrite. Jaune. [16] **Fig. II.2.** Pyrite - mine de Batère, Orientales gris [16]: Fe^{2+} .

II.4.2.2. Les carbonates

On trouve la sidérite ou sidérose, FeCO_3 , qui donne l'oxyde par calcination. À l'air humide, la sidérite se transforme en lépidocrocite ou, plus rarement, en goéthite. La sidérite est fréquemment associée à la pyrite, la magnésite, la chaux, le manganèse. On distingue le fer carbonaté spathique, minerai cristallin blanc, légèrement jaunâtre, très répandu, et la sphérosidérite, en masses sphéroïdales, mélangé à des matières terreuses. [15]

❖ La sidérite est une espèce minérale composée de carbonate de fer de formule brute FeCO_3

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

avec des traces de Mn;Mg;Ca;Zn;Co. Rarement pure, la sidérite contient souvent du magnésium et du manganèse et forme une solution solide continue avec la magnésite et la rhodochrosite. [15]



Fig.II.3. Siderite - Mine Morro Velho, Brésil -(21x13cm). [17]

II.4.2.3. Les oxydes

- ❖ **La magnétite**, La magnétite est une espèce minérale composée d'oxyde de fer(II,III), de formule Fe_3O_4 (parfois écrit $FeO \cdot Fe_2O_3$), avec des traces de magnésium Mg, de zinc Zn, de manganèse Mn, de nickel Ni, de chrome Cr, de titane Ti, de vanadium V et d'aluminium Al. La magnétite est un matériau ferrimagnétique.[17]
- ✓ **La dureté** : Échelle de Mohs 3,5 - 4,5

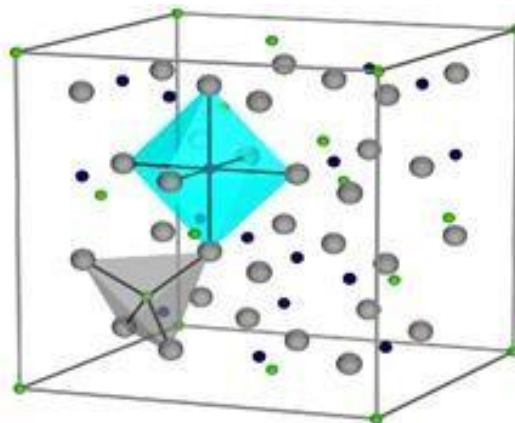


Fig. II.4. Structure cristalline de la Magnétite. [17]

L'hématite : C'est une espèce minérale composée d'oxyde de fer de formule Fe_2O_3 avec des traces de titane Ti, d'aluminium Al, de manganèse Mn et d'eau H_2O . C'est le polymorphe α de Fe_2O_3 , le polymorphe γ étant la maghémite. C'est un minéral très courant, de couleur noire à gris argenté, brun à rouge, ou rouge, avec de nombreuses

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

formes cristallines. Les cristaux peuvent atteindre 13 cm.[18]

- L'hématite $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, est le composant le plus important des minéraux de fer traités dans l'industrie sidérurgique. Elle est composée de plusieurs types :
 - ✓ l'oligiste cristallise en rhomboédres
 - ✓ la spéculaireite consiste en agrégats de cristaux d'hématite à face lisse comme un miroir, l'hématite rouge ordinaire se présente en masses fibreuses, terreuses ou compactes
 - ✓ l'hématite rouge oolitique est formée de petites sphères agglomérées
 - ✓ la martite est une hématite en pseudomorphose de la magnétite
 - ✓ Densité : 4,9 - 5,3
 - ✓ Échelle de Mohs : 5,5 - 6,5 g/cm^3 [18]



Fig. II.5. Hématite Rose de Fer - Ouro Preto, Brésil (6x3,6 cm).[19]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

II.5. Caractéristiques des différents types des minerais de fer

Dans le monde un il existe nombre important de roches contenu du minerai fer. sont en général réparties en plusieurs catégories tell que : les minerais oxydés, les carbonates, les minerais sulfurés et les silicates.

II.5.1. Minerais de fer carbonatés

Tableau II.3 .Caractéristique des minerais de fer carbonatés. [15]

Les carbonates			
Minerai	Répartition chimique	Couleur	Caractéristique
Sidérite FeCO_3	48,20% fer 37,99% CO_2 13,81% Oxygène	Blanc à gris vert, elle peut virer au brun, en présence d'humidité	Les sidérites contiennent en général une proportion assez variable de calcium, magnésium ou manganèse.

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

II.5.2. Minerais de fer oxydé

Tableau II.4. Caractéristique des minerais de fer oxydés. [15]

Minerais oxydés			
Minerai	Répartition chimique	Couleur	Caractéristique
Magnétite Fe₃O₄	72,36% fer 27,64 % Oxygène	Gris foncé à noir	C'est une roche très magnétique. Elle a pris de plus en plus d'importance avec le développement des techniques de concentration magnétique et l'utilisation accrue de produits de haute qualité.
Hématite Fe₂O₃	69,94% fer 30,06% Oxygène	Gris acier à rouge vif	L'hématite est l'un des principaux minerais de fer. Cette roche possède une dureté qui peut aller de 5,5 à 6,5 selon la famille à laquelle elle appartient. C'est la forme de roche la plus répandue à la surface de la terre et c'est également celle qui est le plus souvent employée dans l'industrie
Limonite (ou Hématite brune) FeO(OH).nH₂O	62,85% fer 27,01% oxygène 10,14% eau	Jaune ou marron, parfois noir	Les limonites sont également une source importante de minerais à travers le monde. Elles sont à la fois oxyde et hydroxyde de fer. La goëthite qui est une sorte de limonite se rencontre souvent en association avec de l'hématite
Ilménite FeTiO₃	36,80% fer 31,57% titane 31,63% oxygène	Noir	On la rencontre parfois en association avec de petites quantités de magnétite. Elle est généralement exploitée pour le titane qu'elle contient. Le minerai de fer peut être alors extrait en tant que sous-produit au cours du traitement de la roche. Contrairement à l'hématite ou à la magnétite, cette roche n'est pas magnétique.

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

II.5.3. Minerais de fer silicaté

Tableau II.5.Caractéristique des minerais de fer silicatés. [15]

Les silicates	
Minerai	Caractéristiques
Chamosite, Stilpnomélane, Greenalite, Minnesotaite, Grunerite.	La formulation chimique est difficile car nous sommes en présence d'un groupe très complexe d'aluminosilicates alcalins de magnésium, aluminium, manganèse, baryum et fer. Les minerais de ce type, bien que d'une importance assez limitée en tant que tels pour la production de minerai de fer, présentent un certain intérêt en tant que source de minerais oxydés.

II.5.4. Minerais de fers sulfurés

Tableau II.6.Caractéristique des minerais de fer sulfurés [15]

Les sulfurés			
Minerai	Répartition chimique	Couleur	Caractéristiques
pyrite FeS₂	46,55% fer 53,45% Soufre	Jaune cuivré	Cette roche est souvent connue sous le nom d'or des fous du fait de sa grande ressemblance avec l'or. Elle est la roche contenant du minerai de fer la plus répandue. Comme l'ilménite, elle n'est souvent pas exploitée pour le fer qu'elle contient mais pour sa teneur en soufre. Le fer
pyrrhotite FeS₂	60,4% fer 39,6% Soufre	Bronze	
marcassite FeS₂	46,55% fer 53,45% Soufre	Jaune cuivré	Très proche de la pyrite, de même composition chimique mais de forme cristalline différente

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

II.6. Caractéristiques du minerai

Le minerai de l'Ouenza est principalement composé d'hématite, on rencontre aussi la sidérose, la goethite, la malachite, la baryte, la galène et la limonite.

Le minerai de fer exploité est considéré comme un minerai ayant une bonne teneur (33 - 60%) dont une partie sert à alimenter le four sidérurgique d'El-Hadjar, et une autre est destinée à l'exploitation.

Les roches encaissantes sont : la calcite, la marne, et le quartzite. Cependant, on remarque le plus souvent les calcaires.

II.7. La composition chimique de minerai de fer

Le minerai de fer est une roche contenant du fer en grande quantité et économiquement peuvent être traitées en procédé métallurgique.

- Selon la forme des combinaisons chimiques, plusieurs types de minerai de fer
- la magnétite (Fe_3O_4), sa couleur varie du gris foncé au noir
- l'hématite rouge (Fe_2O_3), sa couleur varie du rouge foncé au gris foncé
- L'hématite brune ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$), sa couleur varie du noir au jaune.
- Fer spathique ou sidérose ($FeCO_3$), sa couleur varie du jaune pâle au gris

Le tableau ci-dessous nous donne un aperçu sur la composition chimique des différents minerais. [20]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

Tableau II.7. Composition chimique et différentes teneur en oxydes. [20]

Type	Fe	Mn	P	Si O ₂	AlO ₃	CaO	MgO	CO ₂	humidité
La magnétite (Fe ₃ O ₄)	50-70	0.04-0.2	0.002-3	0.1-7	0.3-1.2	1.0-6	0.5-1.5	1
L'hématite rouge (Fe ₂ O ₃)	40-70	0.1-1	0.1-0,8	5-18	1-6	0.5-5	0.2-1	0.8	1-10
L'hématite brune (Fe ₂ O ₃ -H ₂ O)	25-58	0.5-5	0.1-1	5-18	1-10	1-25	0.2-2	8-30	5-15
Fer spathique ou sidérose (Fe CO ₃)	30-40	1-7	0.02	7-10	0.1-3	0.5-3	0.5-3.5	20-30	0.5-2

Certains élément additif du minerai de fer sont indésirables et d'autres sont utiles.

Les élément nocif sont le soufre ,phosphore ,arsenic ,plomb ,zinc, cuivre ,le reste telsque Mn ,Cr ,NI ,Al, Na ,Mo sont utiles.

Chapitre I : Etude géologique du gisement de fer de l'Ouenza

Tableau II.8. Quelques caractéristiques et composition chimique des minerais de fer Algériens. [21]

Gisements	Type de minerais	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Mn	S	P	Réserves -en (MT)
Ouenza	Hématite rouge	52	3.6	0.5	4.5	2	0.05	0.05	100
Boukhadra	Hématite Rouge (sidérose)	58	4	0.6	2.5	1.5	-	0.03	50
Gara-Djebilet	Magnétite (lithiques)	54/58	4.7	1.5	1.5	-	-	0.8	3245
Méchai Abdelaziz	Hématite	52	-	-	-	-	-	0.78	1960
Timezrit	Hématite Sidérose	52/56	2	-	-	-	-	0.01	4
Zaggar	Hématite Sidérose	37/51	5.7	-	-	-	0.02	0.02	2
Béni-saf	Hématite Goethite	50/56	5	-	-	-	-	0.02	2
Khan guet el-mouhad	Hématite Goethite	52	3.2	-	-	-	-	0.02	2
Ain babouche	Goethite	47/52	5-12	-	-	-	0.1	0.80	12
Béni douale	Magnétite	48	-	-	-	-	-	0.01	2

II.8. Production de minerais de fer

II.8.1. Dans le monde

Les principaux pays producteurs de minerais de fer dans le monde en MT (De 2013 à 2019), et l'évolution de la production de minerais de fer dans le monde en millions de tonnes sur la période 1996 à 2016 sont présentés comme suit.

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

Tableau II.9. Liste des plus grands pays producteurs de fer De 2013 à 2019 [22]

Pays	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Australie	609	774	817	858	883	900	930
Brésil	317	411	397	430	425	460	480
Chine	1450	309	375	348	360	335	350
Inde	150	129	156	185	202	205	210
Russie	105	102	101	101	95	96.1	99
Afrique du sud	72	81	73	66	81	74.3	77
Autres pays	160	153	132	116	119	62.5	62
Ukraine	82	68	67	63	60.5	60.3	62
Canada	43	44	46	47	49	52.4	54
États-Unis	53	56	46	42	47.9	49.5	48
Kazakhstan	26	25	24	34	39.1	41.9	43
Iran	50	33	27	35	40.1	36.4	38
Suède	26	37	25	27	27.2	35.8	37

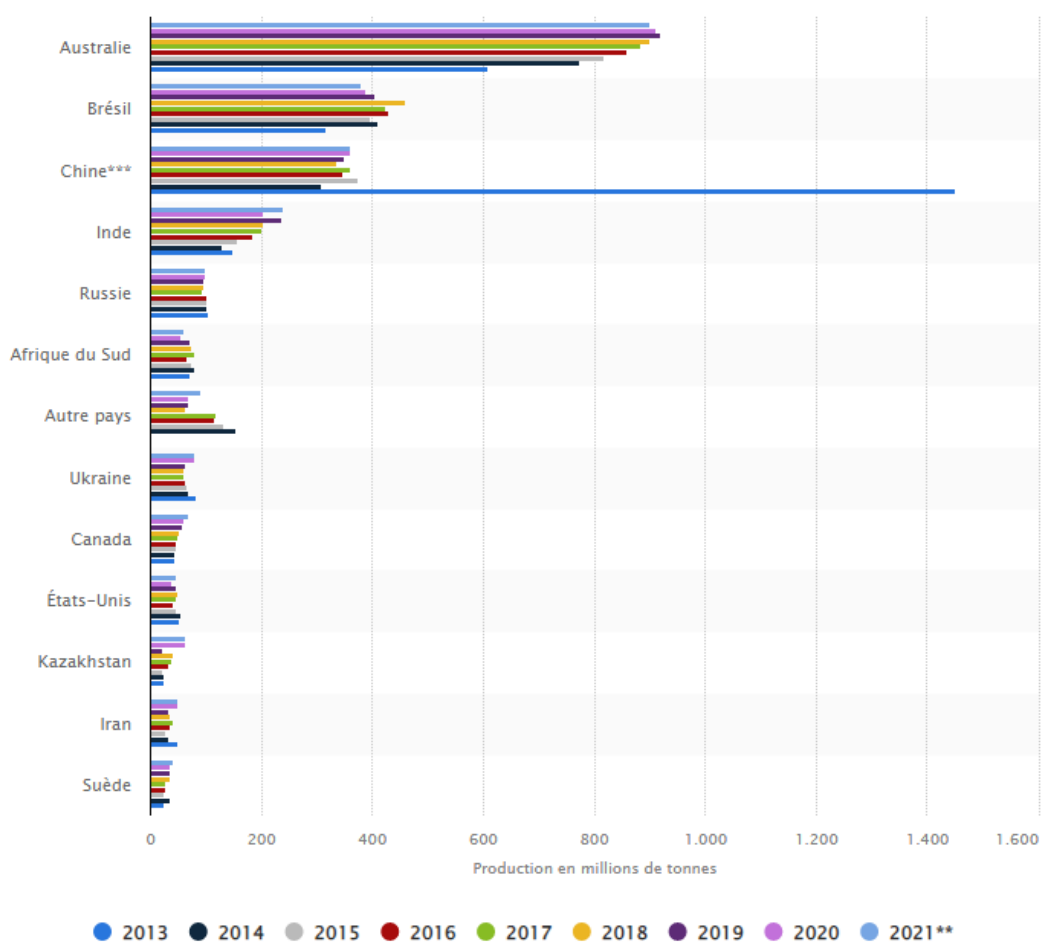


Fig. II.6. Graphique des plus grands pays producteurs de fer De 2013 à 2021. [22]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

La production mondiale d'acier pour 2021 a atteint 2490 million de tonnes, avec une augmentation de 4,5% par rapport à l'année précédente, selon les données de la fédération internationale de l'acier.

Australie est le plus grand producteur de minerai de fer qui possède d'énormes réserves de minerai de fer à faible teneur, il en ressort que le volume de la production de minerai de fer en Australie a augmenté fortement durant cette période , passant d'environ 609 millions de tonnes en 2013 à plus de 930 millions de tonnes en 2021 .

L'Brésil vient au deuxième rang mondial, il s'avère que le volume de la production brésilienne a augmenté durant cette période atteignant environ 480 millions de tonnes en 2021.

En troisième rang vient **le Chine** avec une production annuelle de 350 millions de tonnes.

II.8.2. La production d'acier entre 1950 et 2016

Au cours des 60 dernières années, le monde a produit d'énormes quantités d'acier en tant que produit de base indispensable.

La production d'acier a parfois augmenté plus que nécessaire, mais cela a contribué à sa disponibilité à des prix abordables pour tous. [23]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer



Fig. II.7. L'évolution de la production d'acier entre 1950 et 2016 [23]

II.8.3. Dans le monde arabe

Dans le monde arabe Les ressources en minerai de fer sont disponibles dans la majorité des pays arabes mais sont diversement réparties. Tonte en quantité qu'en qualité les réserve sont estimées à peu près 14milliards de tonnes actuellement quatre pays qui dominant la production du minerai de fer (Mauritanie, l'Algérie, la Tunisie, Egypte) et aussi alimentent leurs usines sidérurgique par le minerai local. La part de Mauritanie est la plus importante (production en 2015 ; 11.6MT).

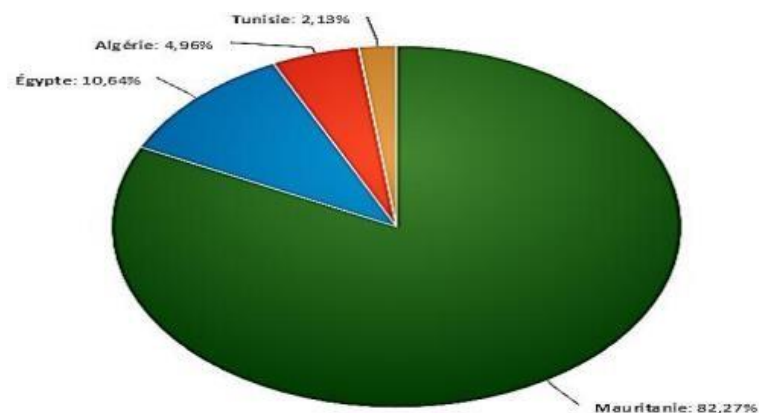


Fig. II.8. Production arabe du minerai de fer en 2015 [13]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

Tableau II.10. L'évolution de la production du minerai de fer dans le monde arabe [13]

Pays	Production du minerai de fer en MT					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Mauritanie	11,109	11,176	11,760	12,531	13,306	11,600
Egypte	1,4	1,5	3,93	1,422	1,5	1,5
Algérie	1,4	1,6	1,784	1,067	0,911	0,7
Tunisie	0,15	0,2	2,23	2,43	0,308	0,3
Total	14,059	14,476	17,103	15,263	16,025	14,1

II.8.4. En Algérie

L'Algérie se trouve dans un rang très important parmi les pays arabes producteurs et consommateurs de minerai de fer. Les gisements qui sont actuellement en exploitation sont ; l'Ouenza, Boukhadra et Beni-Saf qui assurent toute la production Algérienne en minerai de fer.

Tableau II.11. La production du minerai de fer en Algérie ($\times 10^3$). [13]

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Production	1400	1600	1784	1067	911	700

II.9. Les ressources minérales en Algérie

L'Algérie est un pays connu par sa richesse en ressources énergétiques (hydrocarbures, gaz naturel, énergie nucléaire, énergie solaire, énergie éolienne) et minières (fer, or, argent, cuivre, plomb, zinc, baryte, phosphates, feldspath, terres rares, granulats...), la figure ci dessous montre les principaux gisements des minerais en Algérie.

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

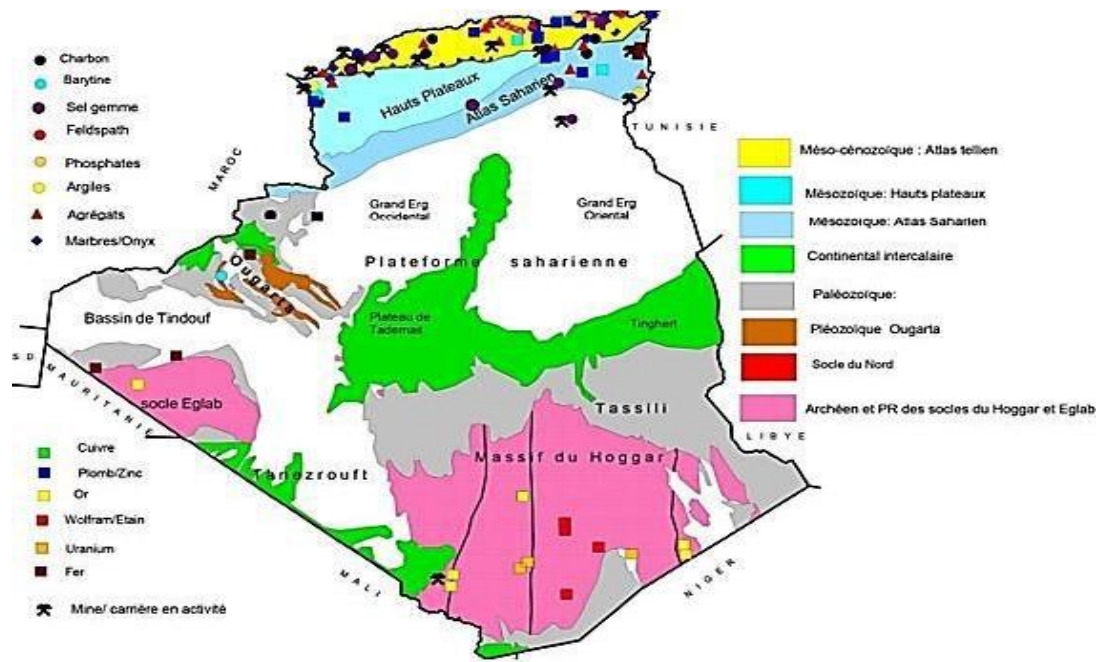


Fig. II.9. Carte de répartition des principaux gisements en Algérie [Ministère de l'Industrie et des Mines, 2015]

II.10. Les réserves en minerai de fer

II.10.1. Les réserves du minerai de fer au niveau national

L'essentiel du potentiel géologique se trouve au Sud-Ouest du pays avec 3,5 milliards de tonnes à 57% Fe. Il s'agit des gisements de Mecheri Abdelaziz et de Gara Djebilet, situés à 250 km à l'Est de Tindouf.

Le potentiel localisé au Nord du pays est évalué à environ 70 millions de tonnes réparties entre les gisements d'Ouenza et Boukhadra dans la wilaya de Tébessa (60 Millions de tonnes) et l'indice de Djebel Hanini dans la wilaya de Sétif (12 Millions de tonnes à 60% Fe). Par ailleurs, la recherche minière a dénombré près de 150 occurrences ferrifères sur l'ensemble du pays. Les occurrences sont réparties dans l'Ougarta, le Bassin de Tindouf, dans le Hoggar et la Chaîne de l'Atlas.

Les principaux gisements de fer en Algérie sont les suivants :

- Gara Djebilet : 1 540 Mln de tonnes, de 56 % de Fer,
- Mecheri Abdelaziz : 702 Mln tonnes, 52 % de Fer,
- Ouenza : 80.3 Mln tonnes, 59.5 % de Fer
- Boukhadra : 41.7 Mln tonnes, 48 % de Fer,
- Beni Saf : 15.3 Mln tonnes, 53% de Fer

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

- Ain Mokra : 5.7 Mln tonnes, 52% de Fer.
- Chaâbat El Ballout : 5.3 Mln tonnes, 53 % de Fer,
- Ain Babouche : 4.2 Mln tonnes, 40 % de Fer,
- Anini : 3.7 Mln tonnes, 55 %, de Fer
- Rouina : 2.8 Mln tonnes, 40 %, de Fer **[13]**

II.10.2. Les réserves en minerai de fer au niveau mondial

Il n'y a aucun système mondial admis pour classer les réserves. Un système développé aux Etats-Unis (US Bureau of Mines & US Geological Survey, 1981 ; US Geological Survey, 1982) définit les réserves en tant que «ressources identifiées en minerai qui peut être extrait de manière profitable au moyen de la technologie existante et dans les conditions économiques actuelles». Le tableau suivant donne les importants pays qui ont des grandes réserves en minerais de fer.

Tableau II.12. Les plus grandes réserves de minerai de fer dans le monde en 2021 (en millions de tonnes) **[24]**

	RESERVES MT	
Pays	Teneur en fer	Minerai brut
Australie	23.000	48.000
Brésil	15.000	29.000
Russie	14.000	25.000
Chine	6.900	20.000
Autre pays	9.500	18.000
Ukraine	2.300	6.500
Canada	2.300	6.000
Inde	3.400	5.500
États-Unis	1.000	3.000
Iran	1.500	2.700
Kazakhstan	900	2.500
Suède	600	1.300
Afrique de sud	690	1.100

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

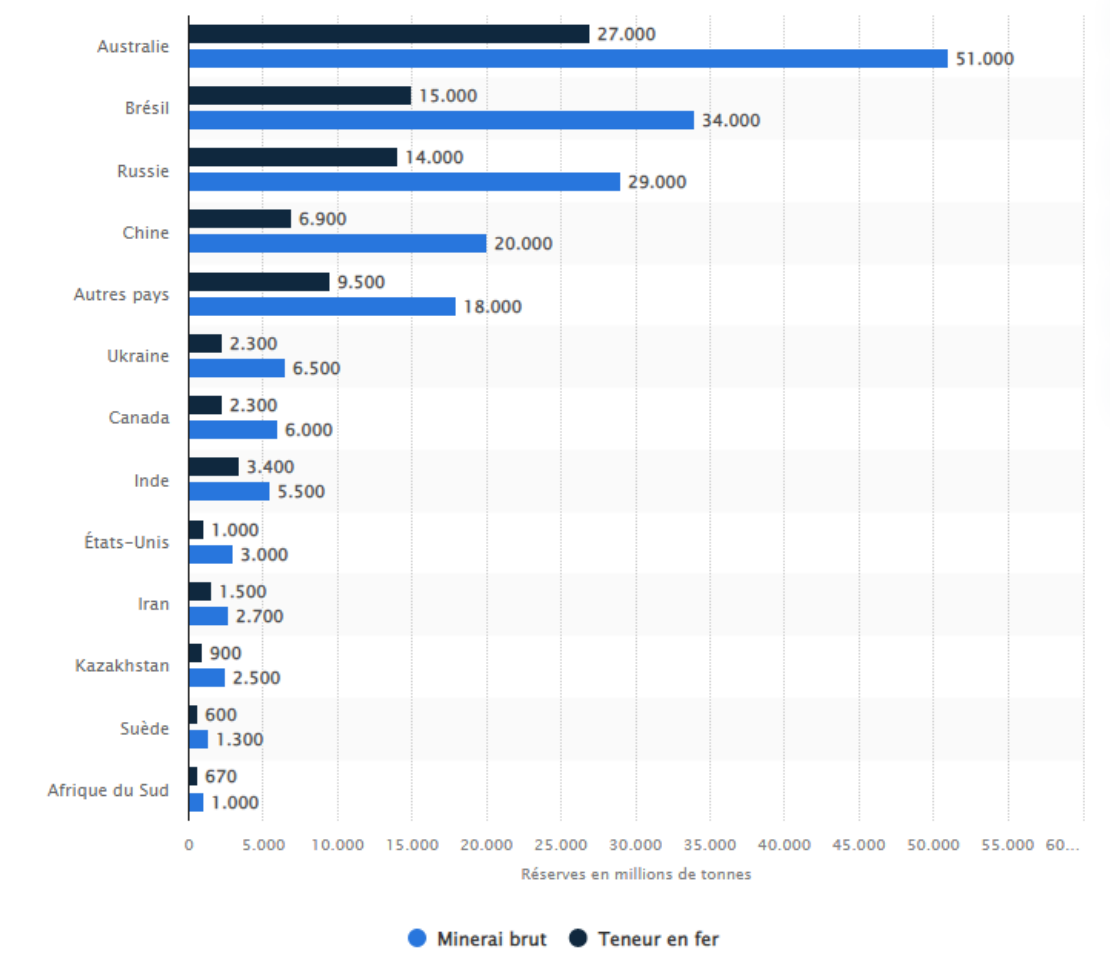


Fig. II.10. Les réserves de minerai de fer dans le monde en 2021 [24]

II.11. Le prix du minerai de fer

En mars 2020, le prix du fer s'établit à 89 dollars la tonne, en hausse de 1.4 % sur un mois et en hausse de 2.8 % sur un an.

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer



Fig. II.11. L'évolution des prix du minerai de fer de 2006 jusqu'à 2020. [25]

L'abondance de l'offre et le ralentissement de la demande tirent les prix vers le bas. Alors que les prix avaient triplé entre 2006 et 2011, ils sont redescendus depuis pratiquement à leur niveau d'avant-crise.

La Chine, l'Australie et le Brésil sont les principaux pays producteurs. Le fer est le métal le plus utilisé dans le monde et l'un des plus abondants sur terre, il est majoritairement utilisé dans des hauts fourneaux pour la fabrication de l'acier ou de la fonte.

Le prix du fer indiqué ici est tiré des statistiques de la Banque mondiale, pour le minerai de fer importé de Chine (la référence du marché), à teneur minimale 62 %. [25]

II.12. Utilisation du fer dans le monde

Le fer n'est pas utilisé à l'état naturel mais utilisé sous forme d'alliage de fer qui s'appelle acier, l'acier est un alliage de fer et de carbone obtenu par affinage de la fonte, c'est-à-dire par diminution, jusqu'au niveau désiré de la teneur en carbone du mélange (souvent en dessous de 2%). Des éléments sont souvent présents dans l'acier, ce sont principalement :

- des impuretés appelées scories en général moins de 0,1% qu'il s'agira de retirer. Ça peut être de l'oxygène, du phosphore ou du soufre,
- des nouveaux produits (ou adjonctions entre 0,1% et 10% voire plus) comme le silicium, le manganèse, le chrome, le nickel, le cobalt, le molybdène, le vanadium,

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

l'aluminium ou le cuivre par exemple. L'ajout de ces éléments est destiné à améliorer les caractéristiques physiques et/ou mécaniques de l'alliage.

On estime à près de 98% la part du minerai de fer employé pour la fabrication d'acier. Ce pourcentage très élevé s'explique notamment par le caractère extrêmement polyvalent de ce métal en comparaison avec la fonte. Il supporte la déformation par compression ou par extension à chaud ou à froid. Il prend également très bien la trempe, c'est à dire qu'il est susceptible d'acquérir une très grande dureté par chauffage à une température élevée (au-delà du point de transformation - austénisation) et refroidissement rapide, par immersion dans un liquide, eau ou huile ou même simplement à l'air comme c'est le cas pour les aciers autotremnants par exemple.

Traditionnellement, deux principaux types de produits peuvent être distingués : les plats et les longs. Les produits plats en feuilles ou en bobines comprennent les plaques, les feuillards, les tôles minces nues ou revêtues. Les produits longs regroupent principalement les profilés lourds du type poutrelles, rails et fils. Ce sont ces produits "semi-finis" qui entreront dans le processus de fabrication de différentes industries allant du bâtiment, aux boîtes de conserves alimentaires, en passant par les composants électroniques ou les coques de certains bateaux. [21]

❖ Dans la construction

Les inventions de Bessemer, Martin et Thomas ont permis la fabrication d'un acier normalisé et standardisé ont ouvert la voie à une production de masse. A partir de cette époque, l'acier a commencé à être plus généralement employé notamment dans la réalisation d'ouvrages architecturaux. Il est aujourd'hui le métal le plus utilisé dans ce secteur où il sert notamment à la réalisation d'ouvrages d'arts tels que des ponts par exemple. Même s'il n'en constitue pas le matériau de base, l'acier est presque toujours présent puisqu'il sert à armer le béton, permettant ainsi de renforcer les fondations et de le rendre plus résistant aux années. Il permet également de former le squelette de certains bâtiments. La construction est le premier secteur d'utilisation de l'acier. [21]

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

❖ Dans l'automobile

Le secteur de l'automobile est le deuxième marché pour l'acier. Les pièces en acier représentent de 55% à 70% du poids d'un véhicule. Au sein de cette industrie, l'acier va servir à fabriquer des châssis, des pièces de carrosserie ou de moteur. Sous forme de fils, il peut entrer dans la réalisation de carcasse de pneu. Si l'acier est employé sous sa forme brute, il devra être traité contre la corrosion (application d'une couche de zinc et d'une couche de peinture, pour les carrosseries notamment). [21]

❖ Industrie alimentaire (emballages, ustensiles de cuisine...)

L'acier est un métal avec lequel chacun est quotidiennement en contact. Sous la forme de fer blanc, on s'en servira pour produire des emballages domestiques tels que des boîtes de conserve, des canettes de boisson, des conditionnements pour laque à cheveux ou pour déodorant, ainsi que des ustensiles de cuisine comme des plats, des casseroles ou des couverts. Ils sont aujourd'hui plus fréquemment fabriqués en inox (alliage de nickel et de chrome) qui ne nécessite aucune protection particulière puisqu'inaltérable dans la masse. L'inox ne se détériore pas au contact de l'eau, ni des détergents. Il est parfaitement sain et n'altère ni le goût ni la couleur des aliments. [21]

❖ En pharmacie

Le fer est utilisé pour la préparation de médicaments. Du XVII^e siècle au début du XX^e siècle, il était l'un des principaux composants des boules d'acier vulnérables, boules de Nancy, boules de Molsheim, boules minérales des Chartreux, qu'on faisait tremper dans de l'eau pour la charger en substances réputées bénéfiques. [21]

❖ Autres secteurs d'utilisations

Peu de domaines échappent à la polyvalence de l'acier et de ses alliages. Le secteur de l'informatique et de la téléphonie sans cesse en évolution servent de tremplin à ce métal qui entre notamment dans la fabrication de composants électroniques. Dans le domaine de l'aérospatiale, l'acier est utilisé dans la réalisation de pièces très pointues pour les satellites.

Le secteur de l'énergie utilise également les alliages à base de fer que ce soit en ce

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

Qui concerne le forage (plate-formes de forage), le transport du pétrole ou du gaz naturel par le biais de gazoducs ou d'oléoducs, la construction de centrales nucléaires ou les câbles électriques pour le transport de l'énergie vers l'utilisateur final. L'industrie chimique quant à elle cumule les défis avec des milieux hautement corrosifs, un travail à très haute température et des contraintes mécaniques élevées.[21]

II.13. La consommation du minerai de fer

II.13.1.Au niveau national

II.13.1.1.Complexe d'El Hadjar

C' est un groupe sidérurgique mondial, ayant son siège social à Luxembourg étant le plus grand producteur d'acier au monde avec 96,1 millions de tonnes produites en 2013

Le complexe Sider El Hadjar d'Annaba, dont l'activité effective a repris le 24 avril dernier, devra réaliser d'ici fin 2017 une production globale de 680.000 tonnes de produits ferreux destinés à la commercialisation. La capacité de production actuelle du complexe a atteint 2.000 tonnes d'acier liquide par jour. [13]

II.13.1.2.Complexe Bellara

JIJEL- Jijel s'apprête à se transformer en la fin d'avril en un important pôle industriel d'Afrique du Nord et arabe avec l'entrée en activité du complexe sidérurgique de Bellara qui sera "le second poumon" de l'industrie sidérurgique algérienne après le complexe Sider El Hadjar d'Annaba. Fruit d'un partenariat conforme à la règle 49/51 entre l'entreprise Sider, le Fonds national d'investissement et Qatar steel international, ce complexe débutera dans les prochains jours les tests de production avec une capacité annuelle de 2 millions tonnes de fer destinés à la construction qui passera à l'avenir à 5 millions tonnes.

Devant porter à 4 millions tonnes sa production au premier semestre 2018, ce complexe fournira les divers types de fer destinés au bâtiment et travaux publics ainsi que l'acier plat de l'industrie de chemin de fer et accompagnera l'évolution de la construction nationale d'automobile et navire projetée dans le plan quinquennal du gouvernement. Ce complexe sera en outre "un appui fort" pour le complexe sidérurgique Sider El Hadjar

Chapitre II : Généralité sur le minerai de fer

d'Annaba et contribuera à "colmater" la brèche des importations nationales de fer évaluées à 3 millions tonnes, représentant 60 % de la consommation nationale, avec la perspective d'atteindre l'autosuffisance début 2018 avait également indiqué le ministre de l'Industrie.[13]

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu que le minerai de fer est l'élément le plus abondant de la croûte terrestre et la caractéristique la plus exigeante de ses utilisateurs et qu'ils recherchent les plus grandes réserves et producteurs de minerai de fer au monde. Par conséquent, le fer est considéré comme la base de l'industrie moderne

Chapitre III Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

Introduction

La méthode d'exploitation est une succession de réalisation des travaux de creusement, de découverte et d'extraction du minerai dans un ordre bien déterminé. Le système d'exploitation se caractérise par le développement dans l'espace et dans le temps des travaux préparatoires, de découverte, et d'extraction du minerai.

Le choix de la méthode d'exploitation dépend des facteurs suivants :

- Caractéristiques géologiques du gisement.
- Nombre et puissance des engins qui prennent part à la chaîne technologique d'exploitation.
- Mode d'ouverture du gisement.
- L'allure des gisements et les propriétés physico-mécaniques du minerai et des roches à évacuer.

Le relief de la surface, la puissance et l'angle de pendage des gîtes.

D'après les caractéristiques géologiques du gisement de la mine de l'Ouenza, la méthode d'exploitation est à ciel ouvert allant de haut vers le bas avec une exploitation combinée d'une manière à exploiter les filons et des amas de minerais, en découvrant le stérile. [3]

On générale l'exploitation des gisement de l'Ouenza se fait par plusieurs étapes

- 1) La foration avec des sondeuses la hauteur des gradins 15m.
- 2) Chargement des trous forés avec l'explosif.
- 3) Tir des mines.
- 4) Le rechargement des masses abattues par des pelles et des chargeuses.
- 5) Alimentation par camion jusqu'à la station de concassage.
- 6) Criblage et concassage.
- 7) Reprise sous concasseur et amené au parc de stockage par le convoyeur à bande.
- 8) Expédition vers Annaba les wagons de 60 Tonnes par SNTF.

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

III.1 Accès d'ouverture du gisement

La plate d'accès de gisement est tracée au du niveau 955 sur une longueur de 1400 m, avec une pente maximale de la piste reste praticable durant toute la durée d'exploitation de la carrière, donc il est raisonnable de l'entretenir afin d'assurer la bonne circulation des engins de la carrière. [1]

A. La découverte

Le gisement est formé de calcaire massif à panneaux verticaux, il ne nécessite pas des travaux de découverte spécifiques. [1]

B. Mise à terril

Les paramètres géologique aussi que le relief, nous permettant de réaliser la mise à terril que dans la partie sud du périmètre. [1]

C. L'ouverture du gisement

L'ouverture du gisement est un ensemble de processus réalisés, dans le but de réaliser l'accès au champ de la carrière et d'assurer des communications de transport aux flux formés sur les gradins. [1]

Le mode d'ouverture du champ de la carrière est choisi en fonction des facteurs suivants :

- relief de la surface du sol.
- caractéristiques géologiques et hydraulique du gîte.
- méthode d'exploitation de gisement.
- rendement de la carrière.

L'ouvrage minier à ciel ouvert utilise des gradins qui sont dits "tranchés d'accès" l'ouverture est réalisée par des demis-tranchés.

Pour les gisements à relief montagneux tel que le gisement de l'Ouenza, le mode d'exploitation appliqué est par fonçage avec un seul bord exploitable, le contour de la mine n'étant pas fermé. L'exploitation de tels gisements, disposés sur un flanc de coteau de pente 35°, se fait de haut en bas. L'extraction du minerai est réalisée par gradin de 13

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

à 15 m de hauteur, un angle du talus de 75 à 80° et une largeur des bermes de 7 à 12 m avec un taux de découverte de 2,96. Selon le projet d'exploitation, la fosse finale aura une profondeur de 620 m, l'angle du bord inexploitable de la mine est de 32°. [13]

III.2 Travaux de forage et de tir

A. Abattage

Le choix de la méthode d'abattage des roches dépend :

- type de roches, à l'état ;
- les propriétés physico – mécaniques et technologiques des roches ;
- de la productivité de l'entreprise ;
- des paramètres techniques des équipements miniers. [1]

B .L'Abattage à l'explosif

L'abattage des roches par explosif est le plus utilisée dans les mines à ciel ouvert et une méthode principale pour la préparation et la fragmentation des roches dures.

L'abattage à l'explosif est pratiqué dans les milieux rocheux qui ont une densité supérieure à 2,5 et une résistance à la compression de plusieurs centaines de Kgf/m². [1]

C. Travaux de Forage

Le forage c'est le processus de creusement des trous de mines d'une profondeur déterminée pour l'abattage du minerai renfermé dans le gradin. Ces travaux sont effectués par des sondeuses appropriées. Ces trous seront chargés d'explosif. [1]

C.1. Sondage (Forage)

Le forage est une opération principale, effectué dans le but d'étudier et délimité les corps minéralisé en profondeur.

Ces sondages sont placés selon une maille sur des profils perpendiculaire à la direction des corps minéralisé, sont de nature destructive réalisée à l'aide d'une sondeuse à circulation inverse (RC), [13]

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza



Fig. III.1.La sondeuse INGERSOLL-R(T4BH900HR4) en travail de mine del'Ouenza.
[13]

C.2. Le tir :

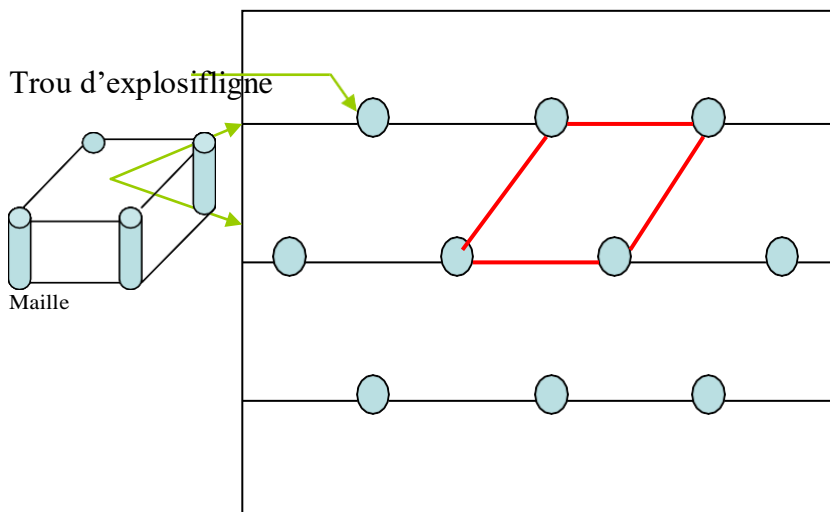
1. définition du tir : c'est faire fragmenter les roches (minerai + stérile) constitues un terrain à l'aide des explosifs, c'est une étape principale pour l'exploitation.

2. définition des explosifs : c'est une substance qui réagit ou se décompose sous l'action d'une simple flamme ou un choc violent, accompagné d'une grande énergie dégagé sous forme d'une grande quantité de gazes à très haut température[1]

3.Les démarches à suivre pour réaliser le tir

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

► Le de la maille du tir



► Remplir les trous de forassions par les explosifs ;

- Introduire le premier sachet de Marmanite (Type I) dans le trou à l'aide d'un cordeau
- Introduire un deuxième sachet de Marmanite (Type II) par une chute libre.
- Remplir le vide entre les explosifs et la roche hôte par l'Anfomil.
- Fermer le trou et faire le bourrage à l'aide du gravier.

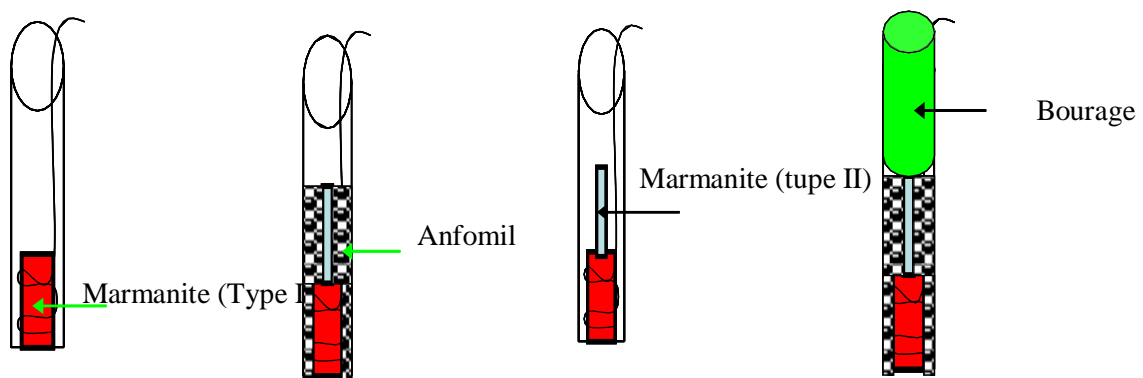


Fig. III.2. Schéma des trous de la mine de l'Ouenza [1]

Relier tous les trous d'explosifs à l'aide d'un cordeau, ainsi que les lignes par le même fil du tire.

- La quantité d'explosif est déterminée par rapport à la dureté de la roche. L'éboulement ne doit pas dépasser le talus.
- La tire est effectuée par des opérateurs qualifiés dans ce genre d'opération.

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza



Fig. III.3.Le tir de la mine de l'Ouenza

III.3 Travaux de chargement et de transport

A. Travaux de chargement

Le choix des moyens de chargement dépend des facteurs suivants :

- Nature de matériaux
- Productivité planifiée
- Mode d'exploitation
- Hauteur du gradin [3]

Dans les conditions de la mine de l'Ouenza, les travaux de chargement s'effectuent à l'aide de deux types de chargeuses : Chargeuse sur pneu et pelles mécaniques (rétro) qui font deux opérations à la fois, l'extraction et le chargement de la masse abattue.

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza



Fig. III.4. Pelles mécaniques LIRBHERR type 9100

B. Travaux de transport

Le but principal du transport dans la carrière est le déplacement de la masse minièredes chantiers au point de déchargement qui sont les terrils pour les roches stériles et les stocks ou les trémies de réception des usines de traitement pour les minéraux utiles.

Le transport des roches abattues dans carrière de l'Ouenza s'effectue par des camions (dumper) (CATERPILLAR) de 65 tonnes

Le transport des roches abattues dans carrière de l'Ouenza s'effectue par lacombinaison suivante :

Camions→Convoyeur→Train.



Fig. III.5. Camion CATERPILLAR type775G

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

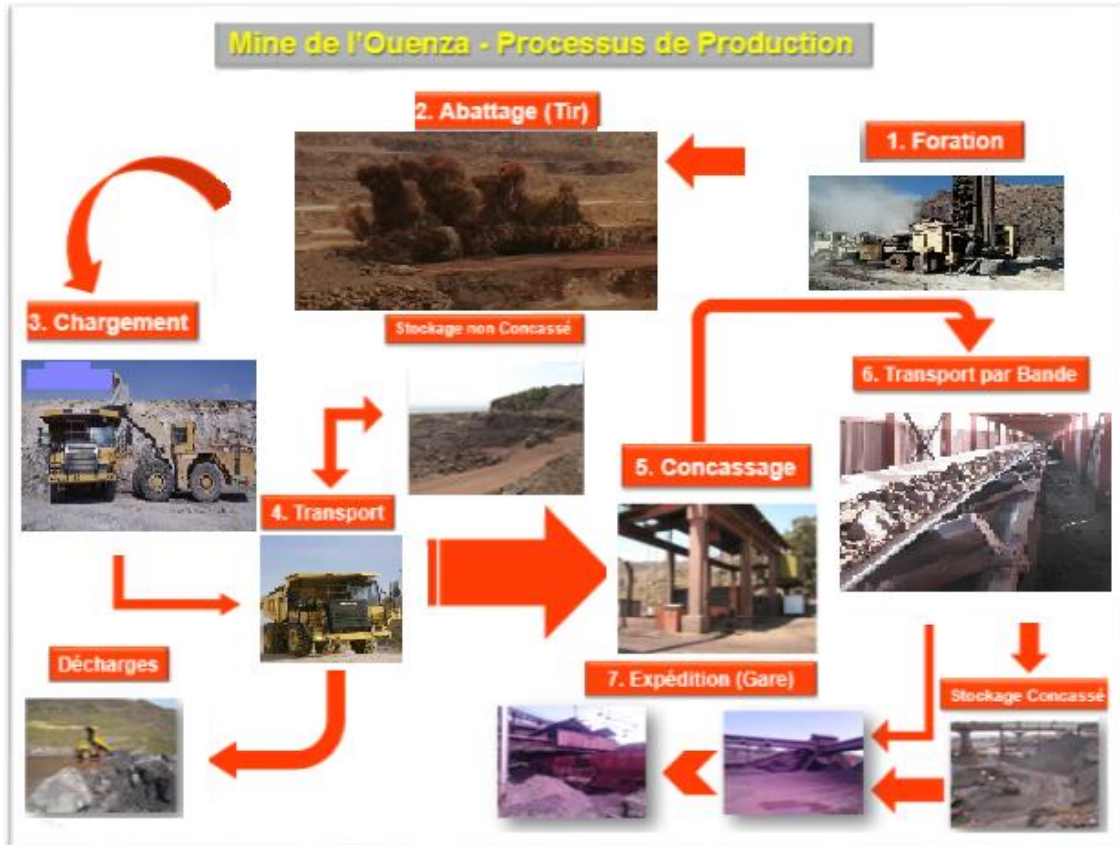


Fig. III.6.Processus d'exploitation de minerai de fer dans la mine de l'Ouenza. [3]

III.4 Traitement mécanique

Le minerai extrait du massif a une granulométrie qui ne répond pas aux exigences de transport par convoyeur ou par train, c'est pour cette raison que n'importe quel type de minerai subit un traitement soit mécanique, chimique, ... etc. Le traitement mécanique consiste à la réduction des dimensions du bloc afin d'obtenir une granulométrie favorable au transport.

On constate dans la plupart des mines ou des carrières, la présence d'une usine de traitement (enrichissement), au moins une station de concassage, broyage, ... etc. Dans la carrière de l'Ouenza la première station de concassage est située au niveau (803m). Elle est alimentée par des camions venant des quartiers, le déchargement se fait dans une trémie de réception de capacité de 450 tonnes. La deuxième station se situe au niveau (660m) près de la gare d'expédition.[13]

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

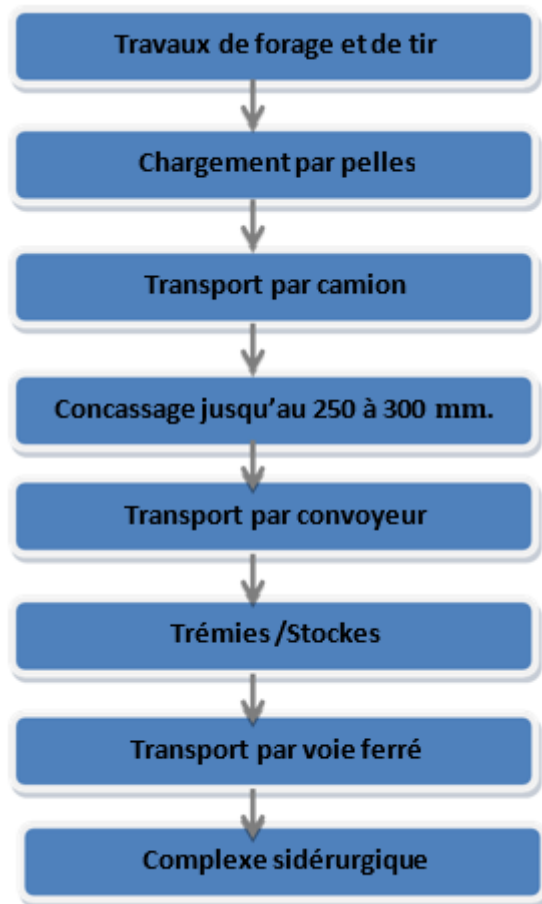


Fig. III.7.Schéma technologique d'extraction et de préparation du minerai de fer de l'Ouenza. [13]

III.5 Préparation mécanique du minerai de fer de l'Ouenza

L'échantillonnage constitue une étape cruciale dans le processus de caractérisation d'une matière naturelle qui peut être en différents aspects dans la nature, dont les minerais représentent les sources les plus utilisées dans l'industrie, ce qui nécessite de disposer d'une information la plus fiable possible sur le minerai à étudié. Le but de l'échantillonnage est de permettre l'estimation la plus fiable de la valeur inconnue et inaccessible d'une propriété d'un lot à partir d'un essai effectué sur un échantillon représentatif.

Après qu'ils ont subis un premier concassage par un concasseur à mâchoire de type laboratoire, jusqu'à moins de 30 mm, une première homogénéisation paraît nécessaire par effet de l'hétérogénéité de minerai altéré présenté à la surface, les

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

échantillons subissent un deuxième concassage jusqu'à moins de 10 mm suivi d'une homogénéisation avant leur broyage par un broyeur à boulets de typelaboratoire. (Voir schéma de préparation des échantillons ci-dessous).

Le produit issu du broyage est d'une granulométrie de ($< 3\text{mm}$) suit une série d'opérations d'homogénéisation et de quartage effectuée soigneusement pour éviter toute sorte d'erreurs systématiques qui peuvent fausser les résultats, et afin d'avoir un échantillon plus représentatif qu'il sera l'objet d'une analyse granulo-chimique et autres tests de séparation minéralurgiques.[13]

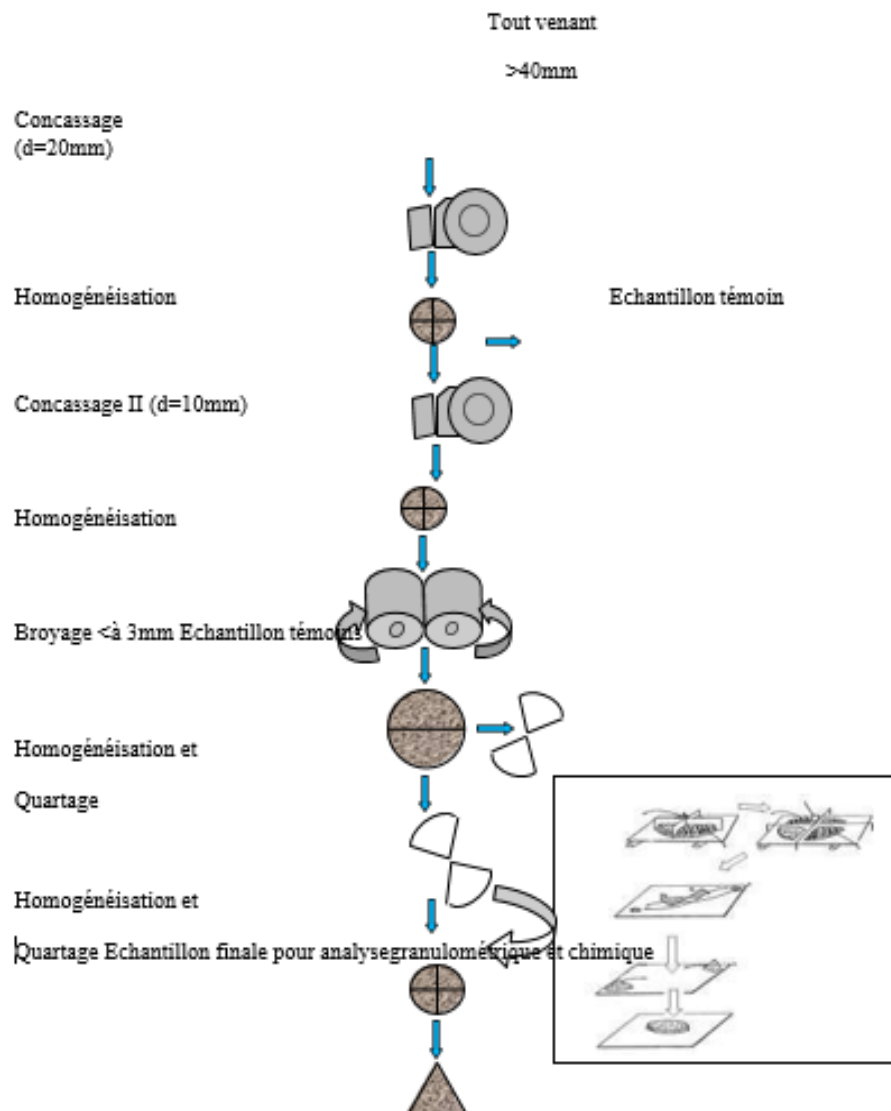


Fig. III.8. Schéma de préparation mécanique des échantillons pour analyse granulométrique et chimique.[13]

Chapitre III : Méthode d'exploitation du gisement de fer de l'Ouenza

Conclusion

La mine de l'Ouenza considérer comme un grand fournisseur de la matière première pour le four sidérurgique El-Hadjar, cette dernière contribue fortement dans l'industrie lourde en Algérie.

Ce gisement est constitué essentiellement d'hématite et des carbonates et des hydroxydes de fer.

L'exploitation de la matière première est en mode à ciel ouvert engendre des rejets, se fait par plusieurs équipement de travaux d'abattage, chargement et transport, qui peuvent atteindre plus de 60% et qui sont entreposé en décharge et aucune méthode devalorisation n'est proposée par l'entreprise.

Chapitre IV méthodologie de stockage de minerai de fer

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

Introduction

L'exploitation des richesses naturelles du sol et du sous-sol nécessite des dépenses très importantes. Ce fait, pour prendre une décision d'extraction des minéraux utiles, il faut que ces derniers répondent à des critères techniques et économiques bien définis. L'une des conditions de base pour une exploitation c'est la qualité et la quantité du minerai.

Vu l'importance de ces deux paramètres (réserves et teneurs en minéraux utiles) le présent travail traitera le problème de variabilité de teneurs pour un gisement présentant des réserves importantes de minerais.

L'étude sera faite sur un grand gisement présentant un nombre considérable de chantiers d'exploitation avec une variabilité importante de teneur. La contrainte principale d'avoir un produit de teneur bien définie et régulière à partir de l'exploitation de tous les chantiers est à respecter.

Une méthode analytique sera mise en œuvre pour atteindre ce but. Cette méthode se base sur la réalisation des stocks pauvres, ces stocks sont alimentés de minerai pauvre extraite des chantiers, ce minerai ne passe pas dans le marché donc il est destiné directement vers les stocks.

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

IV.1 Méthodologie du stockage du minerai de fer dans la mine de L'Ouenza

L'un des objectifs du processus d'extraction et de production dans les opérations minières est de réduire la variabilité inhérente à la teneur du gisement. [26]

Les variations de teneur peuvent entraîner des variations de qualité dans le produit fini. Une option disponible pour résoudre ce problème consiste à mélanger les minerais provenant de différentes sources. [27]

Le mélange de minerai est un processus important dans l'extraction à ciel ouvert et détermine grandement l'efficacité de la production de l'usine de traitement. Lorsque le minerai extrait est d'une teneur très variable, il doit être homogénéisé avant d'être acheminé à l'usine de traitement pour assurer la cohérence. [28]

De nombreuses industries impliquées dans le traitement des minéraux nécessitent un niveau d'homogénéisation des matières premières dans le cadre de leur processus. L'une des méthodes d'homogénéisation les plus utilisées est le stockage. [29]

Le stockage et le mélange jouent un rôle majeur dans le maintien de la quantité et de la qualité des matières premières introduites dans les usines de transformation, en particulier les industries du ciment, du minerai de fer et de l'acier. [30]

IV.2 Notions sur les différentes méthodes de constitution des piles de stockage

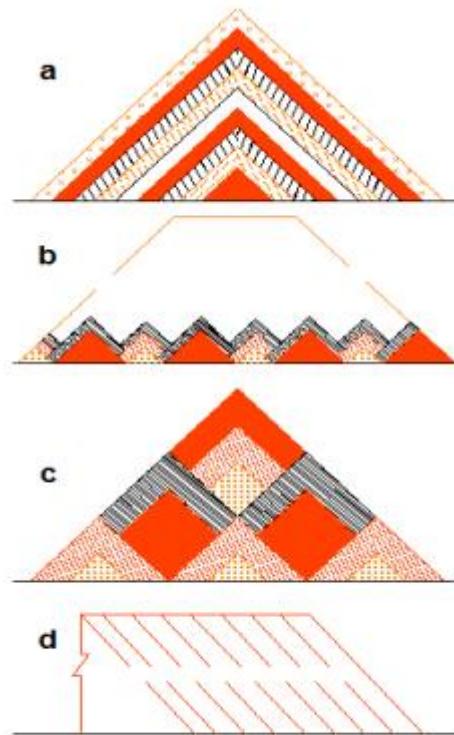
Le mode de constitution des piles prédétermine la forme et le type du stock. La constitution des piles consiste en la mise en place du minerai par couches, horizontales ou inclinées, longitudinales ou transversales, en chevrons, en spirales et par des méthodes combinées.

Quelques méthodes de constitution des piles (en chevron, en quinconce, en couches inclinées, combinées (FigureIV.1) exigent de grands frais d'investissement pour les moyens spéciaux d'homogénéisation utilisés par les deux opérations principales qui sont : déchargement et reprise.

Pour cette catégorie, on utilise des chariots d'empilage dont le tambour de déchargement est toujours situé sur l'axe longitudinal du lit d'homogénéisation. Le tas

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

Est composé de plusieurs centaines de couches, chacune recouvrant la précédente. L'avantage de cette méthode est l'utilisation d'une mécanisation totale des opérations et leur continuité ainsi qu'un degré d'homogénéisation élevé. L'inconvénient est le cout très élevé.[30]



FigureIV.1 : Constitution des piles par différentes méthodes

a-en chevron, b-en quinconce, c-chevron en quinconce, d-couches inclinées.

[31]

IV.3 Choix de constitution des piles dans les conditions de la mine de l'Ouenza

Les méthodes et les schémas décrits ci-dessus ne peuvent pas être appliqués dans la mine de l'Ouenza à cause des particularités granulométriques et des exigences des engins spéciaux. Les machines minières actuelles comme les chargeuses sur roues d'une bonne manœuvrabilité ne peuvent être retenues pour la constitution de ces sortes de piles.

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

L'empilement du minerai par couches inclinées est très répandue (FigureIV.1d) Ce mode de constitution des piles possède beaucoup d'avantages pour la réalisation mais aussi des inconvénients sur le plan qualitatif.

On les construit à partir d'un gradin épuisé ou par estacade. L'inconvénient qui nous pousse à rejeter ce type de piles est la ségrégation du minerai stocké selon la composition granulométrique. Il est considéré que cette ségrégation provoque une différenciation des indices de qualité. La concentration du composant utile augmente la masse volumique du minerai et les grands morceaux avec une teneur élevée s'accumulent au pied de la pile.

Cet aspect est bien lisible dans le stock de chemin de fer à l'Ouenza. Pour neutraliser ce facteur négatif il est nécessaire d'appliquer des méthodes spéciales de rechargement qui à leur tour exigent de gros moyens financiers.

Le stockage du minerai par couches horizontales (FigureIV.2) est la meilleure variante pour les conditions de l'Ouenza. Cette méthode assure les meilleures conditions d'homogénéisation et peut permettre d'exclure la ségrégation du minerai. Cette dernière peut avoir lieu aux extrémités des piles, c'est pour cela il faut que :

- La longueur doit être plusieurs fois plus grande que la largeur. Le rapport de 6/1 est avancé par plusieurs auteurs ;
- Le camion décharge des bennes juxtaposées et l'aplanissement est effectué par bulldozers ;
- La reprise de la pile est faite par chargeuse sur le front transversal.

Il faut remarquer que la construction des piles à couches horizontales permet d'améliorer considérablement le degré d'homogénéisation du minerai.

Elle se distingue par sa simplicité et permet d'utiliser les engins existants dans la mine, à savoir : pelles mécaniques, chargeuses, bulldozers et camions.

L'inconvénient de ce type de pile est l'impossibilité de constituer beaucoup de couches. Le nombre de ces dernières ainsi que leur puissance sont limités et dépendent de la granulométrie du tas des roches abattues. [31]

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

L'inutilisation des gradins épuisés est aussi un autre inconvénient mais l'efficacité de ce type de pile est évidente. En conclusion, on peut dire que la constitution de stocks à couches horizontales est la méthode la plus optimale pour les conditions de l'Ouenza. Elle a l'avantage de permettre :

- D'utiliser la mécanisation et les aires de stockage existantes, donc sans frais d'installation ;
- Une simplicité d'organisation ;
- Un bon degré d'homogénéisation ;
- Une diminution de la ségrégation.

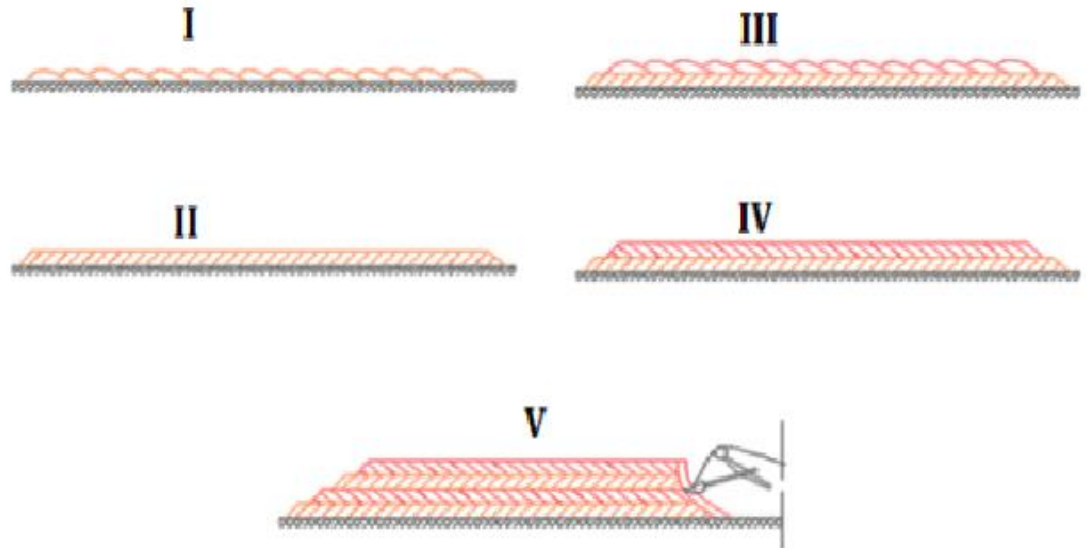


Figure IV.2 : Etapes de la constitution des piles à couches horizontales

I : déchargement du minerai pour constituer la première couche,

II : aplanissement de la première couche, III et IV : mêmes opérations pour la deuxième couche, V : reprise du minerai. [31]

Influence de la constitution des piles sur les paramètres du procédé d'homogénéisation Les paramètres du procédé d'homogénéisation dans les stocks se déterminent par les particularités constructives des engins réalisant l'empilage et le

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

rechargement. Outre cela, le procédé d'homogénéisation dans les stocks pendant n'importe quel intervalle de temps peut être caractérisé par les grandeurs suivantes :

- Nombre de couches inclinées ou horizontales formant la pile ;
- Nombre de sections transversales où l'on effectue le rechargement ;
- Largeur des parties actives et Passives respectivement Ba et Bp ;
- Hauteur de la partie active.

En ajoutant à ces paramètres les rendements des engins d'empilage et de rechargement ainsi que les teneurs des composants utiles, on peut déterminer la qualité du minerai sortant de la pile en n'importe quel intervalle de temps.

Pour tout accès incliné à la pile, la largeur de la partie passive dépend des dimensions du moyen de transport, de la direction du front de déchargement, du nombre de voies et des dimensions des bermes de sécurité. La figure IV.3 montre une pile de forme rectangulaire. La largeur de la partie passive est constante car le front de déchargement est parallèle à l'axe longitudinal de la pile.

Ce schéma de déchargement longitudinal montre la disposition des camions et les dimensions optimales de la partie passive de la pile.[31]

Le camion, en déchargeant par couches parallèlement à l'axe de la pile, est disposé en longueur ; en effectuant le virage nécessaire, il se déplace tout en respectant la distance de sécurité. Ainsi on peut écrire lors de la circulation à une seule voie :

$$B_p = L_c + R_c + 0,5 bc + 1,5 L_s , (m) \quad (IV.1)$$

Où : L_c : longueur du camion ;

(m) R_c : rayon de virage du camion ; (m)

bc : largeur du camion ; (m)

L_s : distance de sécurité entre les camions et l'arête supérieure de la pile ; (m).

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

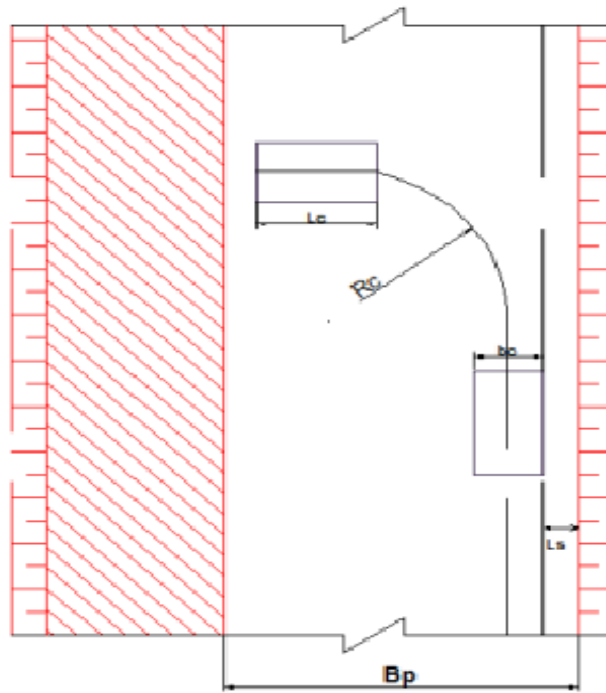


Figure IV.3 : Pile de forme rectangulaire de déchargement longitudinal à une seule voie

Lors de la circulation à deux voies (Figure IV.4)

$$\text{On aura : } B_p = L_c + R_c + 1,5 bc + 2,5 L_s, \text{ (m)} \quad (\text{IV.2})$$

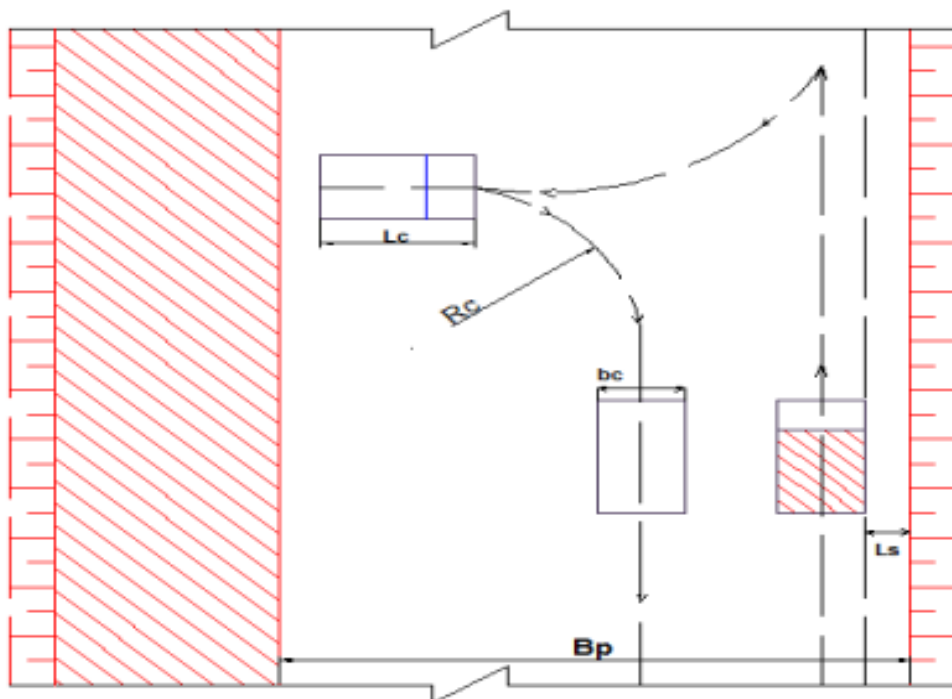


Figure IV.4 : Pile de forme rectangulaire de déchargement longitudinal à deux voies

[31]

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

Dans le cas du schéma de déchargement transversal, la partie passive de la pile aura la forme indiquée sur la figure IV.4. Cette forme augmentera le coefficient d'utilisation de la pelle qui est :

$$K = VP Va$$

Où : VP et Va : respectivement volumes des parties passive et active.

Dans ce cas, l'excavateur recharge le minerai en se déplaçant dans le sens opposé au déchargement ce qui diminue considérablement le coefficient d'homogénéisation. Pour diminuer le coefficient K qui entraîne la diminution du prix d'homogénéisation, il faut décharger le minerai par front longitudinal correspondant à une largeur d'enlevure de l'excavateur et ensuite recharger transversalement :

$$B = 2Lc + 31s ; (m) \text{ et } L'a \geq B \quad (IV.3)$$

Dans le cas de la figure IV.5, l'excavateur peut aussi recharger dans le même sens que le déchargement des camions ce qui augmente le coefficient d'homogénéisation. Lors de la circulation à une voie et à deux voies, on aura, respectivement :

$$B'p = bc + 21s ;(m) \text{ (à une voie)} \quad (IV.4)$$

$$B'p = 2bc + 31s ; (m) \text{ (à deux voies)}$$

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

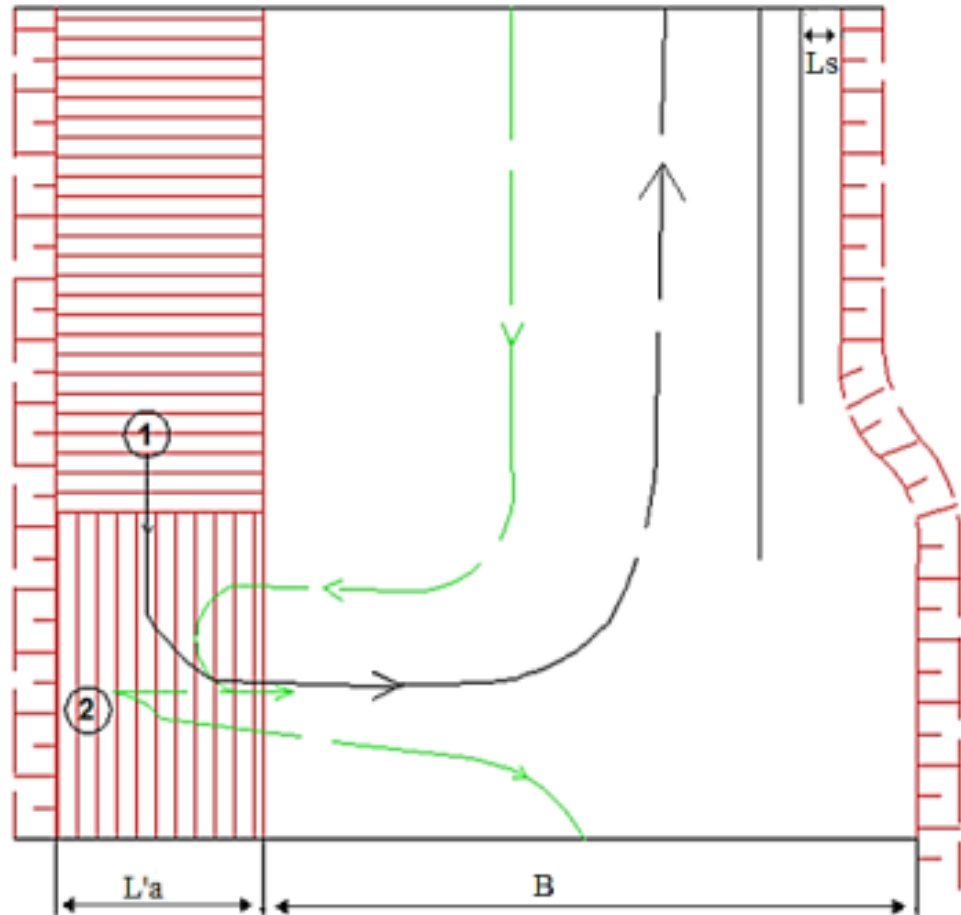


Figure IV.5 : Rechargement dans le même sens que le déchargement des camions [31]

La largeur de la partie active de la pile doit être égale à la largeur d'enlèvement de l'excavateur car l'augmentation de la largeur de la partie active provoque le ripage des voies en cas de transport par chemin de fer, ce qui augmente les frais d'exploitation. La diminution de l'enlèvement de l'excavateur n'est pas rationnelle, c'est pourquoi le travail avec une enlèvement maximale est plus effectif. Parmi les paramètres technologiques, la hauteur de la pile est principale car elle influe sur l'homogénéisation du minerai dans la pile. Dans les stocks modernes, la hauteur de la pile est inférieure ou égale à la hauteur de creusement de l'excavateur. [31]

Dans le cas général, la hauteur de la pile est déterminée d'après les calculs technicoéconomiques.

La longueur de la pile est fonction de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- Largeur du front de déchargement ;

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

- Sens du front de déchargement ;
- Dépenses pour le transport sur la pile ;
- Technique d'homogénéisation et limites du stock.

Les capacités actives et passives de la pile dépendent de leur longueur, largeur, hauteur et de l'angle du talus naturel. La capacité active initiale nécessaire à la construction du front de déchargement est :

- Pour le schéma longitudinal de déchargement, $V_i = 0$ car le front de déchargement est assuré par la partie passive de la pile (Figure IV.3 et IV.4) ;

- Pour le schéma transversal :

$$V_i = L_f \cdot A \cdot H ; (m^3) \quad (IV.5)$$

Où : A : largeur d'enlèvement de l'excavateur ;(m)

H : Hauteur de la pile ;(m)

L_f : Longueur du front de déchargement ;

(m) La longueur du front de déchargement dépend entièrement des paramètres initiaux

La pile du stock d'homogénéisation peut être divisée en deux secteurs :

- du déchargement, caractérisé par la longueur de déchargement ;
- du rechargement. A son tour le premier secteur se compose de quelques parties :
- de déchargement des camions ;
- d'aplanissement de la surface de la pile par bulldozers ;
- de réserve qui reçoit tout le flux de minerai.

La partie de l'aplanissement est égale à celle réservée au déchargement. La partie de réserve est d'un grand apport lorsqu'il y a avarie des engins de déchargement et d'aplanissement et lors de l'augmentation brusque du flux de minerai. La longueur de la partie de réserve est déterminée comme suit :

$$L_{pr} = m - l_n ;(m) \quad (IV.6)$$

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

Où : l_n : largeur de la bande occupée par un camion;(m)

m : nombre de camions venant sur la pile pendant t_m ;

t_m : espérance mathématique du temps mort des engins de déchargement et d'aplanissement du minerai pendant un poste.

La construction de la pile peut être effectuée par deux méthodes (FigureIV.6) :

1. Le déchargement et l'aplanissement ne se réalisent pas simultanément donc :

$$Q_{\text{déch}} = Q_{\text{apl}} \text{ et } t_{\text{déch}} = t_{\text{apl}}$$

$Q_{\text{déch}}$: volume du minerai venant sur la pile ;

Q_{apl} : volume du minerai aplani.

2. L'aplanissement s'effectue directement après le déchargement (figure IV.6b). Sur la longueur de la partie du déchargement, influe l'ordre de déchargement, qui peut être ordonné ou chaotique. Lors du déchargement ordonné (par bande), chaque camion décharge sur sa propre bande. Dans le chaotique, le déchargement du camion s'effectue avec une plus grande densité sans laisser d'intervalle entre les places de déchargement.

Le flux du minerai de la mine peut être déversé sur une ou plusieurs parties de déchargement disposées sur une ou plusieurs piles. [31]

Donc, le nombre de bandes sur une partie de déchargement peut être déterminé à l'aide de la théorie d'encombrement (file d'attente). Lorsque la largeur de la bande est connue, le nombre de bandes détermine la longueur de la partie de déchargement. Dans le cas où le nombre de bandes n'est pas suffisant, les camions venant sur la pile auront temps mort correspondants à l'attente pour le déchargement, qui provoque des pertes. Lors de l'augmentation du nombre de bandes, il faut considérer chacune comme un volume supplémentaire de la pile et dans ce cas on peut avoir des bandes non chargées. De là, on voit que le nombre optimal de ces bandes de déchargement doit assurer le minimum de temps mort de dépenses dans tout le système. Ce dernier est caractérisé par le nombre de :

- Bandes de déchargement ;
- Camions de la file de déchargement ;
- Camions se déchargeant simultanément ;

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

- Camions dans le trafic ;
- Bandes libres (non occupées).

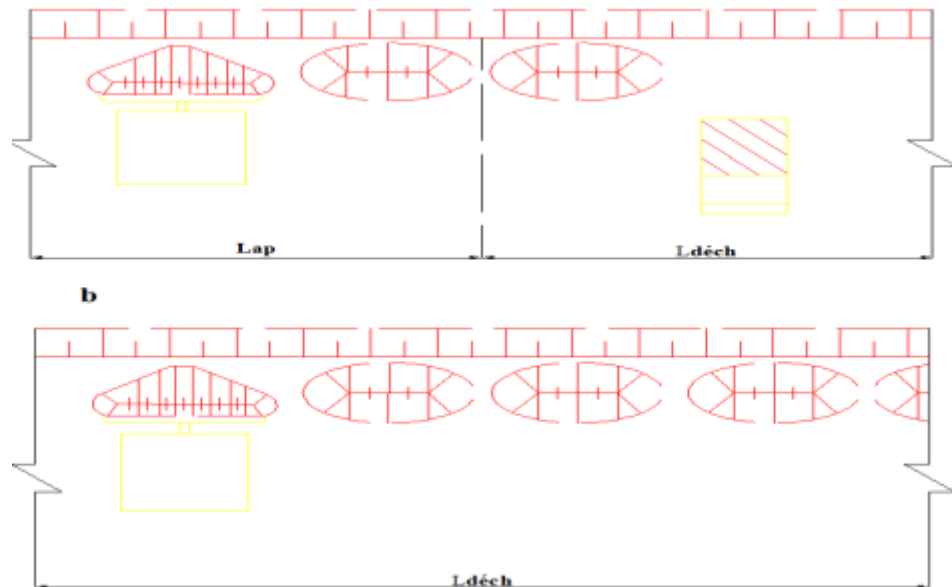


Figure IV.6 : Constitution des piles par bulldozers

a- Aplanissement et le déchargement s'effectuent séparément,

b- L'aplanissement est effectué directement après le déchargement.[31]

IV.4. Les réserves et les stocks actuels dans la mine de l'Ouenza

La mine d'Ouenza est caractérisée par une grande variante de terrain et de qualité de minerai et en plus il y a de plusieurs des chantiers d'exploitation pour ça nous ne pouvons pas utiliser un seul stock, Pour chaque quartier d'exploitation on utilise un ou plusieurs stocks comme le cas de Ouenza.

Il existe plusieurs stock dans la mine de l'Ouenza Il y a des vieux stocks et il y a de nouveaux stocks, les vieux stocks sont actuellement restés en place sans aucune fonction et il y a de nouveaux stocks créés avec la création des nouveaux chantiers pour diminuer les distances et sont utilisés pour stocker le minerai pauvre de chaque quartier.

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

IV.4.1 Les réserves géologiques du Gisement de l'Ouenza

Tableau IV.1 : Etat des réserves géologiques du Gisement de l'Ouenza au (31/12/2022).[9]

Quartiers	Quantité (tonnes)	Teneur de fer (%)
Chagoura sud pic	19 065 229	50
Chagoura Nord	19 930 562	48.9
Ilot	12 813 168	47.8
Conglomérat	6 011 290	47.4
Hallaltif	4 931 028	51
Douamis	11 327 458	53
Zerga	3 196 457	42.7
TOTAL	77 275 192	49

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

IV.4.2 Les réserves exploitables du Gisement de l'Ouenza

Tableau IV.2 : Réserves exploitables du Gisement de l'Ouenza au (31/12/2022).[9]

Quartiers	Minerai (t)	Fe (%)	Stérile (t)	TD
Chagoura pic	6 628 327	53.5	26452796	4
Chagoura sud	3 090 138	48.1	6981172	2,2
Chagoura Nord	9 379 306	49.7	18668069	1,9
Ilot	4 602 653	48.4	19156288	4,2
Conglomérat	376 686	46.6	1779731	4,7
Douamis	8 425 289	53.9	42070918	5
Zerga	2 350 266	42.7	2862127	1,2
TOTAL	34 852 665	48.9	117971101	3,3

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

- IV.4.3 l'état actuel des stocks dans la mine de l'Ouenza

Le tableau suivant nous donne des informations sur les stocks de minerai pauvre qui existe dans la mine de l'Ouenza

Tableau IV.3 : stocks actuel dans la mine de l'Ouenza [2]

	quartier /niveau	Teneur	tonnage (tonne)	distance par rapport aux concasseurs
(Stocks non-concassés)	900 Chagoura Sud	38.0	225 240	1100m / Concasseur 803
	733 bis Ilot	40.0	200 000	1250m / Concasseur 803 et 2280m / Concasseur 660
	Bouaadhma	38.0	193 414	1580m / Concasseur 660
	760 stations Bull	45.6	2 620	1610m / Concasseur 660
	800 6 Mai	46.0	25 000	2100m / Concasseur 803 et 2510m Concasseur 660
	882 Zerga	38.0	5 120	755m / Concasseur 803
	770 Zerga	39.1	66 146	465m / Concasseur 803
	stock 803	48	30 000	250m/concasseur 803 et 2425m concasseur 660
660 douamis	44	37 250	2995m concasseur 803 et 1175 m concasseur 660	
TOTAL GENERAL		41.80	759 790	

La figure suivante représente quelques stocks dans la mine de l'Ouenza



Figure IV.7 : quelques stocks dans la mine de l'Ouenza

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

IV.5 Les conditions D'exploitation du minerai pauvre qui reste en stocks

IV.5.1-faible production

La mine de l'Ouenza utilise les stocks pauvres dans le cas où la production est faible car il existe des problèmes comme les panne des engins ou le mauvais temps ou un arrêt de travail.

L'exploitation des stocks se fait directement par une pelle ou une chargeuse extraction le minerai directement au pied du stock est chargé dans le camion pour transporter vers le concasseur ou considéré comme le point d'homogénéisation.

La teneur de ces stocks est connue, donc on apporte un autre minerai depuis le stock riche qui a une teneur élevée pour le mélanger pour obtenir un minerai dans une teneur que nous avons besoin ou comme demandé par le client.



Figure IV.8 : stock riche utilisé seul pour l'homogénéisation

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer



Figure IV.9 : déchargement de minerais dans la trémie de concasseur pour l'homogénéisation

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

Ce mélange sera fait concasser et homogénéité dans le concasseur et transporter par convoyeur a bande vers la trémie de chargement du train ou vers le stock concassée.



Figure IV.10 : stock concassée destinée pour le client de l'usine sidérurgique el hadjar

IV.5.2-pour l'homogénéisation

Dans le cas où l'exploitation de gisement il y a une variation très grandes des teneurs il existe des endroits ou la teneur élevée, pour bénéficier au maximum et pour ne perdre pas cette richesse en va homogénéiser ce minerais avec un autre pauvre ce minerai est déjà reste dans les stocks, Pour obtenir un minerai avec un teneur bien définie acceptable dans le marché et avec une quantité importante.

Ou dans le cas que la production n'est pas suffisante pour réaliser la production planifier car il existe des problèmes ou quelque difficulté, en utilise ces stocks pauvre.

La figure suivante pesante un schéma d'homogénéisation de minerai dans la mine de l'Ouenza

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

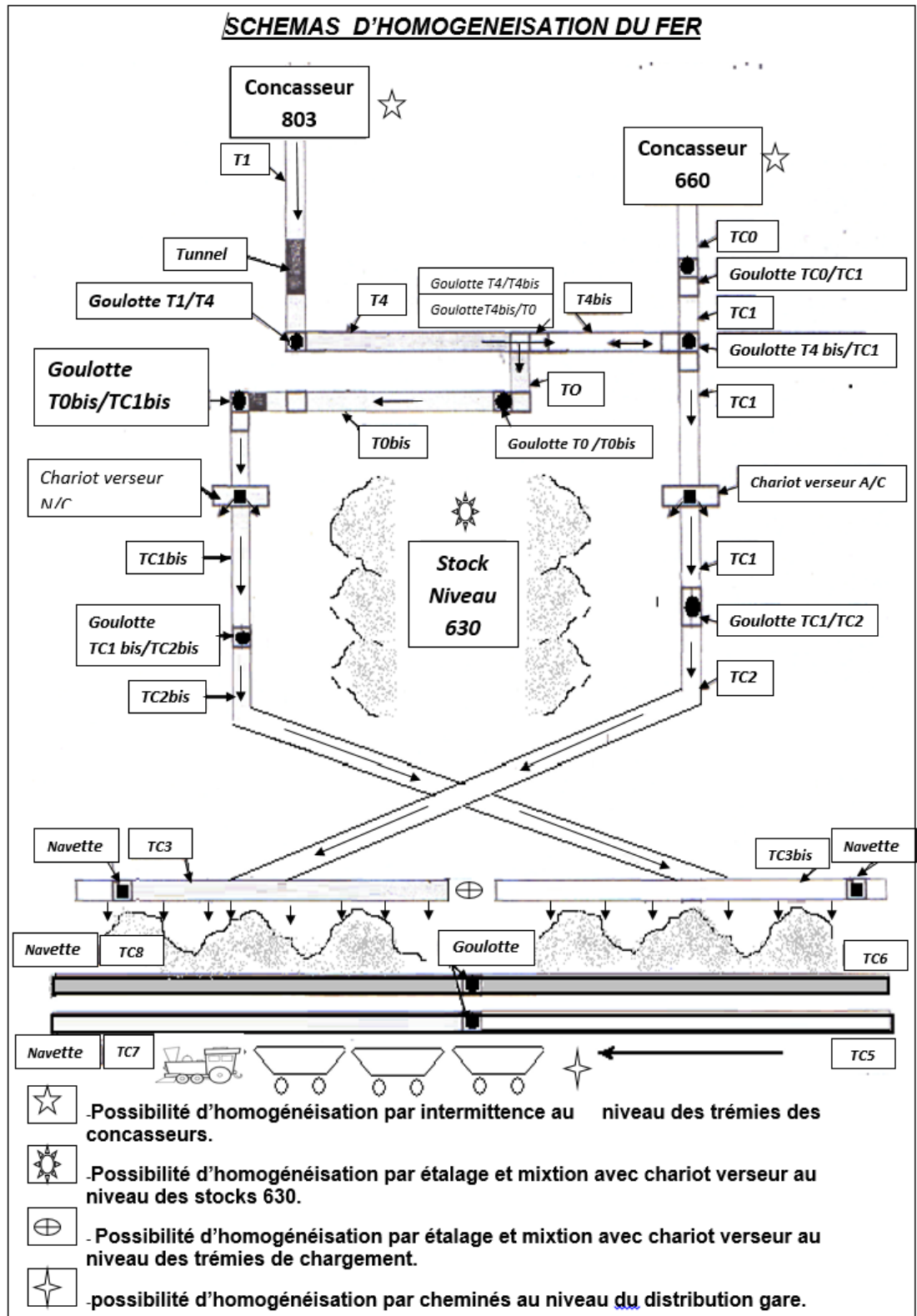


Figure IV.11 : schéma d'homogénéisation de minerai dans la mine de l'Ouenza.[32]

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

IV.5.3-L'enrichissement de minerai pauvre

Les stocks pauvres dans la mine de l'Ouenza occupé des grandes surfaces, pour débarrasser de ces stocks une convention a été signée entre la **société des mines fer de l'est et la société turque "Ozmert Algérie" au niveau du siège du Groupe "Manal" cette contrat permet** de développement et de valorisations de ces gisements de l'Ouenza et l'enrichissement de minerai de fer pauvre qui reste dans les stocks à court terme par ce que la quantité de ces stocks elle est limité, et à long terme d'enrichissement les réserve pauvre.[33]

Ce partenariat débiterait par des actions commerciales (contrats de ventes de minerai brut), et devrait s'étendre à des réalisations d'installations industrielles basées sur l'extraction d'important volume de minerai (environ 6 à 7 MT/an) et c'est l'objet de cet accord. [33]

Le minerai qui existe dans les stocks c'est un minerai pauvre et non concassée pour cela et pour exploiter et utiliser ce minerai il est obligé de fragmenter ce minerai jusqu'à une maille exigé par le client donc il faut d'apporter un concasseur mobile juste à côté du stock.

Pour cela l'entreprise de la mine de l'Ouenza commencer de d'exploiter ses stocks à l'aide d'un concasseur mobile installer Just près au stock et elle est commencé de prépare une quantité de minerai pour le client (**la société turque « Ozmert Algérie»**) jusqu'à **fini de l'installation de l'usine de traitement.**

Les exigences techniques exigées par le client

- 100 000 tonne/ans 2022 à 2027
- 500 000 tonne/ans à partir de 2028
- Un teneur moyen de 38%

Le tableau suivant présente les réserves exploitables par plage de qualité

Tableau IV.4 : Les réserves exploitables par plages de qualité le 31/12/2022.[34]

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

Quartier	35-40	Fe%	40-45	Fe%	45-50	Fe%	50-55	Fe%	<55	Fe%	Totale	>35	Fe%	Sterile (t)	T.D
Chagou ra pic	275172	37.7	566062	42.9	875161	48.0	160000	52.8	331907 5	58.4	663704 9	927421	30	264827 96	4.0
Chagou ra sud	354635	37.82	873324	42.5	819884	47.8	845058	53.2	438490	57.8	333139 1	199631	30.2	771261 2	2.3
Chagou ra nord	153052 4	37.8	781740	42.5	193817 6	48.0	343263 2	52.3	243866 0	57.2	101227 32	152110 6	29.2	218730 68	2.2
Ilot	290101	37.6	993104	42.10	106393 5	47.59	200319 2	52.64	278321	56.47	462865 3	282302	30.40	192697 88	4.2
Zerga	749806	38.3	929449	42.7	572542	46.7	98469	50.7	0	00.00	235026 6	227888 4	30.8	286212 7	1.2
Conglo merat	74500	38.4	64854	42.8	139400	47.1	48293	52.4	49549	57.2	376686	15552	32.2	177973 1	4.7
Douam is	115283	37.1	130166	42.9	710343	48.1	343321 4	52.6	403428 3	57.0	844252 89	58279	29.1	420709 18	5.0
totale	339011 1	37.9	433869 9	42.55	611944 1	47.77	114608 58	52.56	105583 78	57.5	348526 65	528317 5	30.16	122051 041	3.4

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

Ce tableau présenté l'irrégularité du teneur de chaque quartier ou la distribution de minerai par plages de qualité de chaque quartier, à partir de tableau en va estimer la quantité de minerai pauvre qui est destinée pour vendre du minerai brut aux Turcs.

La mine de l'Ouenza exploiter le minerai qui a un teneur moyenne de 48% pour le client sidérurgique el HADJAR, moins de ça c'est un minerai pauvre donc à partir de tableau en a

3 390 111 T avec un teneur moyen **37.9%**

4 338 699 T avec un teneur **moyen 42.25 %**

Totale 7 728 810 T avec un teneur moyen **40%**

Cette quantité de minerai est suffisante pour la réalisation de contrat.

Le minerai moins de 35% considérer comme décharges, dans la mine de l'Ouenza on de **5 283 175 T** avec un teneur moyen **30.16 et** c'est une quantité importante Nous ne pouvons pas le négliger, dans le cas de Partner turc on peut le mélanger pour faire un mélange avec un teneur acceptable et une quantité bénéficiale pour l'entreprise.

Le totale est **7 728 810 + 5 283 175 =13 011 985 T**

Pour répondre aux besoins le client et pour assurer notre objectif en va calculer le régime de travail ou production journalier minimale pour garantir notre but.

Dans les premières années le client demande 100 000 Tonnes/Ans et à partir de 2028 le client demande 500 000 Tonnes/Ans

Donc nous avons les critères suivants :

- Les jours ouvrables de travail par ans
- Les nombre des postes de travail
- Les heures de travail par poste

Les jours ouvrés et ouvrables de travail sont 248jr au minimum donc on va calculer avec ce chiffre :

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

$100\ 000/248=403$ tonnes/jour

$500\ 000/248=2016$ tonnes/jour

Le nombre de postes de travail est un poste au minimum

Les heures de travail par poste 8h/p

- $403/8=50$ t/h dans le débit, le régime de travail sera de 50t/h avec un seul poste de travail pour le but de 100 000 tonnes/ans.
- $2016/8=252$ t/h à partir de 2028 le régime de travail va devenir 500 000 tonnes/ans pour cela pour obtenir notre but il faut de produire 252 tonnes/h pour un seul poste de travail et 126t/h pour deux poste de travail.

Dans la mine de Ouenza et Pour ces résultats on a obtenir un concasseur mobile à percussion d'un débit de 260 T/h Pour assurer la production dont les caractéristiques citées ci-après :

- Marque : TEREX ;
- Type : I 110 RC ;
- Puissance : 257 KW ;
- Année de mise en exploitation : 2022 ;
- Source d'énergie : GAZOIL ;
- granulométrie : 250 à 300 mm de diamètre.

Elle est nécessite d'utiliser une pelle pour charger le minerai directement depuis le stock directement dans le concasseur mobile comme elle montré dans la figure

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer



Figure IV.12 : un concasseur mobile concassée le minerai qui est dans les stocks dans la mine de l'Ouenza

Le minerai pauvre qui sortir du concasseur en doit stocker une autre fois mais cette fois le stock elle est destinée directement à l'utilisation comme la figure suivant.



Figure IV.13 : minerai pauvre concassée et stocker

Chapitre IV : méthodologie de stockage de minerai de fer

Conclusion

Une nouvelle vie a retourné au gisement de la mine de l'Ouenza car il des grandes quantités de minerai considéré comme des obstacles ou est-il non exploitable et en plus elle est obligée extraite ce dernier par ce que situe dans le sens de progression.

L'extraction de minerai à faible teneur est inévitable donc en va stocker ce dernier, actuellement et avec la technologie Nous pouvons d'exploiter et enrichisse ce minerai.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le but principal de notre travail est de trouver des solutions est l'estimation qualitatif et quantitatif des plusieurs stocks qui existe dans plusieurs endroit dans la mine de l'Ouenza, L'objectif a été atteint par la détermination des conditions d'exploitation des stocks pauvres en fer.

Plusieurs conditions sont été présentées dans notre étude pour voir les solutions qui nous permet d'enlever les stocks pauvre de minerai dans la mine de l'Ouenza.

On remarque que le minerai de fer pauvre est très limité sur le plan qualitatif qui reste insuffisante sue le plan quantitatif pour alimenter les besoin du nouveau client turc qui à acheter le minerai de fer pauvre pour l'enrichissement pour cela il y a deux chose la première chose est de l'actualisation des stocks avec le minerai pauvre et utiliser un concasseur mobile pour fragmenter la roche,

La deuxième chose est de transporter le minerai pauvre à partie des chantiers vers le concasseur (803) principale et concasser et transporter par convoier à bande vers le lieu de stocks concassée.

Dans notre point de vue la première approche c'est la meilleure solution pour réaliser les demandes de notre client point de vue économique et technique par ce que la deuxième solution il y a une consommation énergétique ainsi que l'occupation du matériel et l'espace de stock du concasseur et le convoier a bande

Références bibliographie

- [1] GUELAI, *Houdaifa*; MERAHI, *Hadjira*, *mémoire master* 2020, Enrichissement et agglomération du minerai de fer pauvre de L'Ouenza
- [2] Rapport géologique 2012 (Mine de l'Ouenza histoire et avenir, stock non concassé, processus d'exploitation de minerai de fer sur site Arcelor mettal). La direction de la mine de l'Ouenza
- [3] Rapport géologique 2019, plan de développement 2014-2023 DED (devison D'Étude et Développement) mines de l'Ouenza.
- [4]<https://earth.google.com/web/@35.58013183,3.85859548,725.49655518a,880602.88362309d,35y,0h,0t,0r>
- [5] https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbiblio.univ-annaba.dz%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F06%2FBEGUIRET-Lilia.pdf&psig=AOvVaw178y7htS76u-piH1WFCWze&ust=1686440446508000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCKDtabCut_8CFQAAAAAdAAAAABAE
- [6] <https://fr.wikipedia.org/wiki/ArcelorMittal>
- [7] Rapport géologique Mines de l'Ouenza et de Boukhadra, « Document Arcelor Mittal », 2007.
- [8] DJAAFRI Hamza- ZERZOUR Oussama, Mémoire de fin d'étude master 2015/2016 (Contribution à l'analyse du mode d'abattage Dans les roches fissurées dans les conditions de la mine de l'Ouenza).
- [9] Division Étude et Développement (DED) actualisation des réserves 12/2022
- [10] Documentation, complexe sidérurgique ArcelorMittal –Annaba. (2013)
- [11]<http://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/1288/1/KHENKHAR.Mohamed-Islam.pdf>
- [12] FERHANI A: Influence de l'indice de basicité sur les paramètres physico-chimiques de l'aggloméré. Direction des Recherches Appliqués (D.R.A), Rapport S.N.S/ANNABA,32p. (1991).
- [13] BAIZID Mohamed - MESSAOUD Bilal. Mémoire de fin d'étude master 2016/2017 (Application d'un schéma technologique de traitement du minerai de fer de l'Ouenza).
- [14]https://fr.wikipedia.org/wiki/Minerai_de_fer#:~:text=Les%20principaux%20minerais%20de%20fer,soufre%20sur%20les%20alliages%20ferreux.
- [15] <http://www.fossilraptor.be/fer.htm>
- [16] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyrite>
- [17] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Magn%C3%A9tite>

- [18] <https://fr.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9matite>
- [19] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:H%C3%A9matite_Rose_de_Fer.jpg
- [20] <https://fr.slideshare.net/kakashi-h/la-fonte>
- [21] HOUA Mohamed –BOUROUROU Mourad (2014/2015) Mémoire de fin d'étude master (caractérisation et choix d'un schéma de traitement d'un minerai de fer pauvre (cas d'Ouenza Tébessa).
- [22] <https://fr.statista.com/statistiques/570421/production-de-minerai-de-fer-par-pays/>
- [23] World steel in figure 2018
- [24] <https://fr.statista.com/statistiques/570422/gisements-de-minerai-de-fer-dans-le-monde-par-principaux-pays/>
- [25] <https://www.journaldunet.fr/patrimoine/guide-des-finances-personnelles/1146972-prix-des-metaux-tous-les-tarifs-en-mars-2023/>
- [26] Abederahmane, N., Khochemane, L., Gadri, L., Rais, K., & Bennis, O. (2018). Impact of air pollution with dust in the Ouenza iron mine–NE Algeria. *Mining Science*, 25. 19-31
- [27] Abzalov, M. (2011). Sampling errors and control of assay data quality in exploration and mining geology. In *Applications and experiences of quality control*. IntechOpen
- [28]] Abzalov, M. (2016). *Applied mining geology*. Springer International Publishing, vol12
- [29] Akbar, D. A. (2012). Reserve estimation of central part of Choghart north anomaly iron ore deposit through ordinary kriging method. *International Journal of Mining Science and Technology*, 22(4), pp573-577.
- [30] Gadri, L. (1999). *Méthodologie de la stabilisation de la teneur en minerai de fer dans les conditions de la mine de l'Ouenza*, thèse de magistère.
- [31] 2020, Exploitation sélective des gisements de fer en Algérie : Cas de la mine de l'Ouenza, NE Algérie. *ZERZOUR, Oussama*
- [32] mine de l'Ouenza bureau de methodes SCHEMAS CHAINE DE MANUTENTION HOMOGENESATION
- [33] <https://www.aps.dz/economie/143247-mines-de-fer-a-tebessa-signature-d-un-memorandum-d-entente-entre-le-groupe-manal-et-le-turc-ozmert>
- [34] (documentation) division d'étude et développement État global des Réserves exploitables Par plages de qualités.

