



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة العربي التبسي - تبسة
Université Larbi Tebessi – Tébessa
معهد المناجم
Institut des mines
قسم 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 : Géotechnique

CARACTERISATION DES GISEMENTS DE SABLE SILICEUX DE LA REGION D'ELMA-LABIOD (NE-ALGERIEN).

Présenté et soutenu par

- ROUABHI MOHAMMED
- OTMANI MOHAMMED LARBI

Devant le jury:

		Grade	Etablissement
Président :	MEBROUK Faouzi	MAA	Université Larbi Tebessi – Tébessa
Encadreur :	Dr BERRAH Yacine	MCB	Université Larbi Tebessi – Tébessa
Co-encadreur	BRAHMI Serhane	MAA	Université Larbi Tebessi – Tébessa
Examineurs :	AMRANI Donia	MAA	Université Larbi Tebessi – Tébessa

Promotion 2019-2020

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) : روابحي محمد
الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 102059090
المسجل بمعهد : المناجم
و المكلف بانجاز أعمال بحث (، مذكرة ماستر)، عنوانها :
الصفة : طالب
و الصادرة بتاريخ : 2016/11/25
قسم : المناجم و الجيوتكنولوجيا

**CARACTERISATION DES GISEMENTS DE SABLES SILICEUX DE LA REGION
ELMA-LABIOD(NE-ALGERIEN)**

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

التاريخ: 2020/09/27

إمضاء المعني (ة)



27 سبتمبر 2020



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) : عثمانى محمد العربي
الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 112360837
المسجل بمعهد : المناجم
و المكلف بانجاز أعمال بحث (، مذكرة ماستر)، عنوانها :
الصفة : طالب
و الصادرة بتاريخ : 2018/12/17
قسم : المناجم و الجيوتكنولوجيا

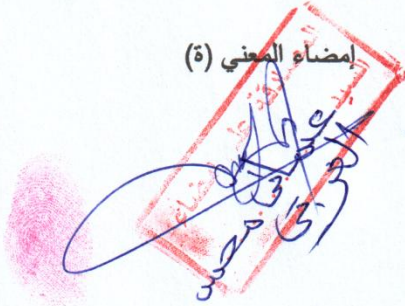
**CARACTERISATION DES GISEMENTS DE SABLES SILICEUX DE LA REGION
(NE-ALGERIEN) D'ELMA-LABIOD**

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

27
سبتمبر
2020

التاريخ: 2020/09/27

إمضاء المعني (ة)







Année universitaire : 2019-2020.

Tébessa le : 27/09/2020

Lettre de soutenabilité.

Noms et prénoms des étudiants :

1. ROUABHI MOHAMMED
2. OTMANI MOHAMMED LARBI

Niveau : **Master 2.**

Option : **Géotechnique.**

Thème : **CARACTERISATION DES GISEMENTS DE SABLES SILICEUX DE LA
REGION D'ELMA-LABIOD (NE-ALGERIEN).**

Nom et prénom de l'encadreur : **BERRAH YACINE.**

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre I : Hydro-climatologie de la région d'Elma-Labid.	
Chapitre II : Géologie de la région étudiée.	
Chapitre III : Identification des gisements de la région d'Elma-labiod.	
Chapitre IV : Concepts SIG et carte thématique.	
Chapitre V : Traitement des sables siliceux.	

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

مقرر رقم 2020/05/21 مؤرخ في 21/05/2020 بتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة ماستر.

إن مدير جامعة العربي التبسي - تبسة،
- بمقتضى القرار الوزاري رقم 351 المؤرخ في 29 أوت 2019 والمتضمن تعيين السيد بودلاعة عمار
مديرا بالنيابة لجامعة العربي التبسي - تبسة،
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم: 12-363 المؤرخ في 8 أكتوبر 2012، المعدل والمتمم للمرسوم التنفيذي
رقم 08-09 المروج في: 04 جففي 2009 والمتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي - تبسة،
- 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 المادتان 10 و 11 منه،
- وبموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل جامعة العربي التبسي - تبسة
لضمان التكوين لنيل شهادة الماستر تخصص جيوتقني بعنوان السنة الجامعية 2019 / 2020،
- وبعد الاطلاع على محضر المجلس العلمي لمعهد المناجم المؤرخ في 20/05/2020،
يقرر ما يأتي:
المادة الأولى: يُعَيَّن بموجب هذا المقرر لجنة مناقشة مذكرة الماستر المحضرة من طرف الطالب (ة):
رواحي محمد، المولود (ة) بتاريخ 1974/03/28 ب قريقر - تبسة، والموسومة ب

Caractérisation des gisements de sable siliceux de la région d'ElmaLabiod - NE Algérien
والمسجل (ة) بمعهد المناجم

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

رقم	الاسم واللقب	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصفة
1	فوزي ميروك	استاذة مساعدة - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	رئيسا
2	ياسين براح	استاذ محاضر - ب	جامعة العربي التبسي - تبسة	مشرفا
3	سرحان براهيم	استاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	مساعد مشرفا
4	دنيا عمراتي	استاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	ممتحنة

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

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

حُرر بتبسة، في: 21/05/2020

عن المدير، ويتفويض منه
مدير المعهد

مدير معهد المناجم بالنيابة
د. عبد الحسيب رابيس



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة العربي التبسي - تبسة

مقرر رقم 293 مؤرخ في 2020/05/21 يتضمن الترخيص بمناقشة مذكرة ماستر.

إن مدير جامعة العربي التبسي - تبسة،
- بمقتضى القرار الوزاري رقم 351 المؤرخ في 29 أوت 2019 والمتضمن تعيين السيد بودلاعة عمار
مديرا بالنيابة لجامعة العربي التبسي - تبسة،
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم: 12-363 المؤرخ في 8 أكتوبر 2012، المعدل والمنتم للمرسوم التنفيذي
رقم 08-09 المروج في: 04 جانفي 2009 والمتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي - تبسة،
- 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 جامعة العربي التبسي - تبسة
لضمان التكوين لنيل شهادة الماستر تخصص جيوتقني بعنوان السنة الجامعية 2019 / 2020،
- وبموجب المقرر رقم 258 المؤرخ في 2020/05/21 والمتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر،
- وبعد الاطلاع على تقرير لجنة المناقشة المؤرخ في

يقرر ما يأتي:

المادة الأولى: يُرخصُ للطالب الطالب (ة) رواجي محمد، المولود (ة) بتاريخ 1974/03/28 ب قرير -
تبسة، بمناقشة مذكرة الماستر والموسومة ب

Caractérisation des gisements de sable siliceux de la région d'ElmaLabioud – NE Algérien

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 - تبسة.

حُرر بتبسة، في: 2020/05/21

عن المدير، وبفويض منه

مدير المعهد



مدير معهد المناجم بالنيابة

عولمي روجي

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة العربي التبسي - تبسة

مقرر رقم 259 مؤرخ في 2020/05/21 يتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة ماستر.

إن مدير جامعة العربي التبسي - تبسة،
- بمقتضى القرار الوزاري رقم 351 المؤرخ في 29 أوت 2019 والمتضمن تعيين السيد بودلاعة عمار مديرا بالنيابة لجامعة العربي التبسي - تبسة،
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم: 12-363 المؤرخ في 8 أكتوبر 2012، المعدل والمتمم للمرسوم التنفيذي رقم 08-09 المؤرخ في: 04 جانفي 2009 والمتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي - تبسة،
- 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 المادتان 10 و 11 منه،
- وبموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل جامعة العربي التبسي - تبسة لضمان التكوين لنيل شهادة الماستر تخصص جيوتقني بعنوان السنة الجامعية 2019 / 2020،
- وبعد الاطلاع على محضر المجلس العلمي لمعهد المناجم المؤرخ في 2020/05/20،
يقرر ما يأتي:
المادة الأولى: تُعيّن بموجب هذا المقرر لجنة مناقشة مذكرة الماستر المحضرة من طرف الطالب (ة) عثمان محمد العربي، المولود (ة) بتاريخ 1982/07/16 ب تبسة، والموسومة ب

Caractérisation des gisements de sable siliceux de la région d'ElmaLabiod – NE Algérien
والمسجل (ة) بمعهد المناجم

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

رقم	الاسم واللقب	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصفة
1	فوزي مبروك	استاذة مساعدة - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	رئيسا
2	ياسين براح	استاذ محاضر - ب	جامعة العربي التبسي - تبسة	مشرفا
3	سرحان براهيم	استاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	مساعد مشرفا
4	دنيا عمراني	استاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	ممتحنة

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

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

خَرَر بِتَبْسة، في: 2020/05/21

عن المدير، وبتفويض منه
مدير المعهد

مدير معهد المناجم بالنيابة
عبد الحميد زواي



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

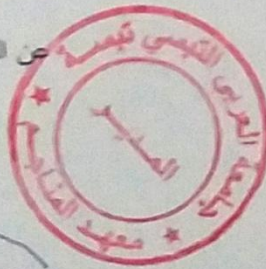
مقرر رقم 294 مؤرخ في 2020/05/21 يتضمن الترخيص بمناقشة مذكرة ماستر.

إن مدير جامعة العربي التبسي - تبسة،
- بمقتضى القرار الوزاري رقم 351 المؤرخ في 29 أوت 2019 والمتضمن تعيين السيد بودلاعة عمار
مديرا بالنيابة لجامعة العربي التبسي - تبسة،
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم: 12-363 المؤرخ في 8 أكتوبر 2012، المعدل والمتعم للمرسوم التنفيذي
رقم 08-09 المروج في: 04 جانفي 2009 والمتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي - تبسة،
- 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 كيفية إعداد ومناقشة مذكرة الماستر، لاسيما
المادة 7 منه،
- وبموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل جامعة العربي التبسي - تبسة
لضمان التكوين لتيل شهادة الماستر تخصص جيوتقني بعنوان السنة الجامعية 2019 / 2020،
- وبموجب المقرر رقم 259 المؤرخ في 2020/05/21 والمتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر،
- وبعد الاطلاع على تقرير لجنة المناقشة المؤرخ في,
يقرر ما يأتي:
المادة الأولى: يُرخص للطلاب الطالب (ة) عثمان محمد العربي، المولود (ة) بتاريخ 1982/07/16 ب تبسة،
بمناقشة مذكرة الماستر والموسومة ب

Caractérisation des gisements de sable siliceux de la région d'Elmalahiod - NE Algérien
المادة 2: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يسلم نسخة عنه إلى الطالب
المعني بالمناقشة وأعضاء لجنة المناقشة فور توقيعه، وبضمن نشره عبر فضاءات المؤسسة العلمية والرقبية.
المادة 3: تُحفظ نسخة عن هذا المقرر ضمن الملف البيداغوجي للطلاب المعني وينشر في النشرة الرسمية
لجامعة العربي التبسي - تبسة.

حرر بتبسة، في: 2020/05/21

عن المدير، ويتفويض منه
مدير المعهد



مدير معهد المناجم بالنيابة
د. عولمي زولبير

ملخص

الرمل هو المورد الأكثر استخدامًا في العالم. إنه يمثل حجمًا مهمًا جدًا من التجارة الدولية حيث يستخدم في البناء والصناعات وفي الآونة الأخيرة، أصبحت مجالات استخدام رمل السيليكا كثيرة ومتنوعة كما توجد احتياطات كبيرة من المواد السيليسية في الجزائر ، خاصة في شمال شرق الجزائر وغرب البلاد ، ترتبط بترسبات رمال القارية. يتم استغلالها بشكل أساسي لإنتاج الزجاج، ولهذا الغرض ولتعزيز هذا القطاع قمنا بحصر ودراسة بعض المواد الخام المتمثلة في الاحتياط الرملي لهذه المنطقة ونظرا لعلاقة هذه المادة المستخرجة بالمجال المناخي حيث كان من الضروري تحديد ومعرفة المناخ السائد في هذه المنطقة.

هذا ما تطلب أيضًا التعرف على جيولوجية المنطقة والتكوينات الجيولوجية. وهي تتكون من الحجر الجيري (Maestrichtian - ADILA) الموجود مباشرة أسفل حشوة Miocène التي تمثلها رواسب ورمال كاف تنوكله و بن فالية بلدية الحويجيات إلى غاية سهل بحيرة لأرنب ببلدية العقلة المالحة مع محتوى السيليكا متغير (SO_2) يمكن أن يصل إلى 99٪ بالإضافة إلى مكن الطين بمنطقة ذراع الباهي.

ومن أجل تقديم النتائج بطريقة واضحة ومعبرة للغاية، استفدنا من نظام المعلومات الجغرافية ARC GIS لتنفيذ الموارد وتوزيع المحطات الرملية في المنطقة من خلال تقديم معدلات مكونات الرمال في المنطقة بالنسبة المئوية.

المادة المراد استخراجها هو الرمل السليسي الذي يجب أن يخضع ، قبل تسويقه واستخدامه النهائي ، لمعالجة مهمة تهدف إلى زيادة محتواه من السيليكا وتقليل جميع الشوائب والحصول على الحجم الأمثل للجسيمات المطلوبة للاستخدام النهائي. يتضمن تقييم واحدة أو أكثر من العمليات التالية:

- 1- المعالجة المسبقة - 2 الفرز - 3 الاستنزاف - 4 الغسيل - 5. التعويم 6. العصر والجاف - 7. علاجات إضافية.

و من أهم التطبيقات الرئيسية لرمال السيليكا في المجال الصناعي هي: الأواني الزجاجية ، المسبك ، البناء ، المعادن الكهربائية ، السيراميك ، المواد الكيميائية ، الدهانات ، مواد الحشو المعدنية ، الألياف الزجاجية ، المواد اللاصقة ، الترشيح ، الرياضة والترفيه ، المواد الكاشطة والعزل والسيليكون والاتصالات.

Absrat

Sand is the most used resource in the world. It represents a very important volume of international trade. The uses are construction and industries. In the latter case, the fields of use of silica are many and varied; there are significant deposits of siliceous materials in Algeria, particularly in the north-east of Algeria and the west of the country, where they are linked to deposits of wind sands. It is mainly these deposits that are exploited for the production of glass.

For this, and in order to promote this sector, we have enumerated and studied some of the raw materials represented in the sand reservoirs of this region and given the relation of the extracted material to the climatologically field, since it was necessary to identify the prevailing area in this region

This also required geology characteristics, which is made of Maastrichtian limestone, located directly below the Miocene filling in ADILA deposit and the sands of KEF TENOUKLA, BEN FALIA around ELHUIDJBET locality. Until BHIRET LARNEB plain in ELOGLA ELMALHA, silica (SiO_2) content can reach 99% as well as the existing marl and clay or deposit of Draa El Bahi.

In order to present the results in a very clear and expressive way, we took advantage of an ARC GIS geographic information system to carry out a resourcing and distribution of the sand stations in the region by presenting the rates of the sand components of the region in percent (%).

The extracted product is the siliceous sand must undergo, before its marketing and its final use, an important treatment whose objective is to increase its silica content, to reduce all the impurities and to obtain an optimal particle size required for a use. final. The valuation will include one or more of the following processes:

- Pretreatment, - Screening, Attrition, Washing, Flotation, Spin and dry and Additional treatments.

The main applications of siliceous sands are: glassware, foundry, construction, electrometallurgy, ceramics, chemicals, paints, mineral fillers, fiberglass, glues, filtration, sports and leisure, abrasives, insulation, silicones, telecommunications.

Résumé

Le sable est la ressource la plus utilisée dans le monde. Il représente un volume de commerce international très important. Les utilisations sont la construction et les industries. Dans ce dernier cas, les domaines d'utilisation de la silice sont nombreux et variés.

On trouve en Algérie des gisements importants de matériaux siliceux, notamment dans le Nord Est d'Algérie et l'ouest du pays, où ils sont liés aux dépôts de sables continentale. Ce sont surtout ces gisements qui sont exploités pour la production du verre.

Pour cela, et afin de promouvoir ce secteur, nous avons dénombré et étudié certaines des matières premières représentées dans les réservoirs de sable de cette région et donné la relation du matériau extrait au champ climatologique, car il était nécessaire d'identifier la zone prévalant dans cette région.

Cela nécessitait également la définition de la géologie de la région et les formations géologiques. Il est constitué par des calcaires du maestrichtien situés directement en dessous du remplissage miocène représenté par le gisement ADILA et les sables de KEF TENOUKLA, BEN FALIA commune d'ELHUIDJBET jusqu'à la plaine de BHIRET LARNEB dans la région d'ELOGLA ELMALHA avec la teneur en silice (SiO_2) variables peut atteindre 99% ainsi que l'existante des marnes et Les argile ou gisement de Draa El Bahi .

Afin de présenter les résultats de manière très claire et expressive, nous avons profité d'un système informatique géographique ARC GIS .pour effectuées un ressourcement et répartitions des stations de sable de la région par présentation les taux des composants de sables de la région en pourcent(%).

Le produit extrait est le sable siliceux doit subir, avant sa commercialisation et son utilisation finale, un important traitement dont l'objectif est d'augmenter sa teneur en silice, de réduire toutes les impuretés et d'obtenir une granulométrie optimale requise pour une utilisation finale. La valorisation comprendra l'un ou plusieurs des procédés suivants :

Prétraitement, Criblage, Attrition, Lavage, Flottation, Essorage et séchage et Traitements supplémentaires.

Les principales applications de sables siliceux sont : la verrerie, la fonderie, le bâtiment, l'électrometallurgie, la céramique, la chimie, les peintures les charges minérales, la fibre de verre, les colles, la filtration, les sports et loisirs, les abrasifs, de l'isolation, des silicones, des télécommunications.

DEDICACE 01

Je dédie d'abord ce mémoire à ma mère et à mon père, et je prie pour que Dieu leur pardonne, leur fasse miséricorde et les fasse vivre dans son espace.

Je dédie aussi ce mémoire à ma généreuse épouse tant que tu m'as encouragé à continuer d'étudier.

*À mes chers fils: Nour el houda, Chaima, Abderraouf, Abdelkarim et abdennour
Que Dieu leur accorde le succès et les protège de tout mal*

A

Tous mes amis et collègues de chemin

A

Tous qui aident moi pour compléter ce travail

Et

Merci pour tout

(Mohammed...)

DEDICACE 02

*Je dédie ce modeste travail à mes parents, mes
estimes pour eux sont immenses,*

*Je vous remercie pour tout ce que vous avez fait
pour moi.*

Que dieu vous préserve une longue vie heureuse.

*A Ma fiancé et tous mes amis Je vous dédie ce
travail et vous souhaite un avenir à la hauteur de
vos ambitions. Que notre amitié dure.*

*A Toute ma famille, Tous ceux que j'aime, qui
m'aiment et me comblez de conseils.*

(Mohammed Larbi.....)

Remerciement

Nos plus profondes gratitudees à nos encadreurs Messieurs :

BERRAH Yacine et BRAHMI Serhane.

Zui nous a soutenus à toutes les étapes de la mémoire en

montrant un grand intérêt pour notre travail.

Nous remercions également tous les membres du jury d'avoir

accepté d'évaluer notre travail.

Nous remercions également tous les enseignants de l'Institut

des Mines, en particulier nos enseignants qui nous ont fourni

des études de haut niveau et qui nous ont permis d'acquérir des

connaissances.

Liste des tableaux

Tab.01	Le plan de gestion recommandé.....	8
Tab.02	Matrice des interrelations.....	9
Tab. 03	Précipitation moyenne annuelle (2000-2019).....	18
Tab. 04	Coefficient pluviométrique à la station d'observation : Tébessa (2000-2019).....	19
Tab.05	Précipitations moyennes mensuelles à la station d'observation. (2000-2019) en (mm)..	20
Tab.06	Températures moyennes mensuelles à la station de Tébessa (2000-2019).....	22
Tab.07	Températures moyennes annuelles (2000-2019).....	22
Tab.08	Résultat des calculs des températures par les deux méthodes.....	24
Tab.09	Résultats des calculs des l'ETP par THONTHWAITE.....	29
Tab.10	Bilan hydrique de THORNTHWAIE à la station d'ELMA-LABIOD.....	29
Tab.11	Carrières d'agrégat ElMa-labiod.....	49
Tab.12	Carrières d'argile ElMa-labiod.....	49
Tab.13	Les Sablières D'ElMa-labiod.....	51
Tab.14	Résultat des Analyses Chimiques de la station 02.....	53
Tab.15	Résultat des Analyses chimique de la station 04.....	54
Tab.16	Résultat des Analyses Chimiques de la station 05.....	55
Tab.17	Résultat des Analyses Chimiques de la station 06.....	55
Tab.18	Résultat des Analyses Chimiques du gisement de la station 07.....	55
Tab.19	Résultat des Analyses Chimiques du gisement de la station 08.....	56
Tab.20	Résultat des Analyses Chimiques de la station 09.....	57
Tab.21	Résultat des Analyses Chimiques de la station 10.....	57
Tab.22	Les principaux constituants du sable.....	83
Tab.23	Propriétés physiques générales du sable.....	86
Tab.24	La température moyenne de fusion pour le sable.....	86
Tab.25	Classes granulaires du sable.....	86
Tab.26	Modalités de Préparation et de Traitement.....	88
Tab.27	Utilisation de la silice sous forme métallique.....	92
Tab.28	Le Silicium dans les Alliages non Ferreux.....	95
Tab.29	Différents Utilisation du sable industriels.....	96
Tab.30	Produits dérivés de la silice et domaines d'utilisation.....	97
Tab.31	Sable Industriels-Verrerie- Spécifications Relatives à la Granulométrie.....	98
Tab.32	Sable Industriels-Verrerie- spécifications relatives à la composition chimique (modifié)	99
Tab.33	Matériel de Traitement Des Sables Siliceux.....	99

Liste des figures

Fig. 01	Situation géographique de la zone d'étude.....	15
Fig. 02	Bassin versant et ressource hydraulique de la région d'Elma-Labioud.....	17
Fig. 03	Distribution des précipitations annuelles à la station d'observation (2000-2019).....	19
Fig. 04	Variation des moyennes mensuelles annuelles des précipitations.....	20
Fig. 05	Température moyenne mensuelle à la station d'observation (2000-2019).....	25
Fig. 06	Diagramme pluviothermique à la station d'observations El Ma-Labioud (2000- 2019).....	26
Fig. 07	Colonne stratigraphique synthétique de la zone d'étude (D'après : Dubourdiou, 1959; Madre, 1969)..	34
Fig. 08	Extrait de la carte géologique de la région de Tébessa.....	38
Fig. 09	Coupe lithologique dans le bassin d'El-Malabioud (A. Rouabhia et al., 2004).....	43
Fig. 10	Coupes géologiques d'après G .Durozoy 1940.....	46
Fig. 11	Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère de la plaine D'El-Malabioud.....	48
Fig. 12	Gisement de Sable HENCHIR ZAHDOUN- EL HOUIDJBET.....	53
Fig. 13	Gisement du Sable Station 03.....	54
Fig. 14	Gisement de Sable Station 07.....	56
Fig. 15	Définition générale d'un système d'information géographique.....	62
Fig. 16	Les différentes composantes d'un système d'information géographique.....	63
Fig. 17	Illustrations générales du mode de présentation.....	64
Fig. 18	Exemple de données vectorielles.....	65
Fig. 19	Exemple de données Raster.....	66
Fig. 20	Exemple de cancroïdes mal placés sur un extrait de fond de carte.....	70
Fig. 21	Répartition Quantitatives Des Composants De Sable (MgO Et CaO) Sur le Bassin Versant et Ressources Hydrauliques De La Région D'Elma-Labioud.....	74
Fig. 22	Reliefs Montagneux (Dj. Dokkane et Boudjal) avec la répartition Quantitatives Des Composants De Sable (Fe_2O_3 et Al_2O_3) De La Région D'El malabioud.....	75
Fig. 23	Des Oueds (ressources hydro) avec la répartition Quantitatives Des Composants De Sable (K_2O et Na_2O) De La Région D'Elma-labioud.....	76
Fig. 24	Des Oueds (ressources hydro) de la Région D'Elma-Labioud , Avec la répartition Quantitatives De Composant Du Sable (SiO_2).....	77
Fig. 25	Appareil de tamisage pour mesuré la granulométrie.....	84
Fig. 26	La chaine de criblage du sable.....	88

Table des matières

	Résumés.	
	Dédicace	
	Remerciements	
	Liste des tableaux	
	Liste des figures	
	Table des matières	
	Introduction générale.....	02-03
	<i>Impact sur l'environnement et réglementation</i>	
01	Introduction.....	05
02	Impacts Sur L'environnement.....	05
	a- Méthode d'évaluation des impacts sur l'Environnement.....	05
	b- Sources de poussières.....	05
	c- Emissions de bruit.....	06
	d- Impact sur les eaux.....	06
	e- Impact sur le voisinage immédiat.....	06
	f- Impact sur le paysage.....	07
03	Mesures D'atténuation Et De Compensation Des Impacts (Sante Et Sécurité)....	07
	a- Poussières	07
	b- Bruit.....	07
	c – Incendies.....	07
	d- Consommables usés et les lubrifiants.....	08
04	Recommandations Utiles En Matière D'exploitation De Carrière A Ciel Ouvert. .	08
	a- Plan de gestion.....	08
	b- Matrice des interrelations.....	09
	c- Fin des travaux d'exploitation et remise en état des lieux.....	10
	d- Abandon ou cessation d'activité d'exploitation.....	10
	e- Autres recommandations.....	10
05	Réglementation Algérienne En Matière D'exploitation Des Carrières Et	
	Préservation De L'environnement.....	11
	a- Aperçu sur la nouvelle loi minière algérienne.....	11
	b- Analyse des principaux aspects de la loi.....	11

b.1- Accès à l'investissement dans le domaine minier.....	11
➤ <i>Postulation aux titres miniers</i>	11
➤ <i>Critères juridiques et économiques</i>	11
➤ <i>Délivrance des titres et autorisations miniers</i>	12
b.2- Titres miniers et la mutation des droits miniers.....	12
➤ <i>Permission de recherche minière</i>	12
➤ <i>Concession, permis et autorisation d'exploitation minière</i>	12
➤ <i>Le régime financier : taxes, droits et redevances</i>	12
B. 3- Obligations des opérateurs.....	13
➤ <i>Obligations liées à la protection de l'environnement</i>	13
➤ <i>Obligations liées à la prévention des risques</i>	13
➤ <i>Devoir d'information</i>	13
B. 4- Activité minière en mer.....	13

Chapitre I Partie générale.

I	Cadre Géographique.....	15
I.1	Situation Géographique.....	15
I.2	Géomorphologie	16
I.3	Analyse Des Paramètres Hydro Climatique.....	16
I.4	Climatologie.....	17
I.5	précipitation annuelle.....	18
I.5.1	Coefficient pluviométrique relatif (H).....	19
I.6	Précipitations Mensuelles.....	20
I.6.1	La Neige.....	20
I.6.2	Le Vent.....	21
I.7	Les températures.....	21
I.7.1	Température Mensuelle.....	22
I.7.2	Température Annuelle.....	22
I.7.3	Modèle de LAPLACE.....	23
I.7.4	Modèle de BNDER.....	23
I.8	Diagramme Pluviométrique	25
I.9	L'indice D'aridité.....	26
I.9.1	L'indice climatique annuel	26
I.10	Evapotranspiration.....	27
I.10.1	Formule de L.TURC annuelle.....	28
I.10.2	Formule de THORNTHWAITE.....	28
I.11	Bilan hydrique par la méthode de G.W. Thornthwaite.....	29
I.12	Reserve Facilement Utilisable et Bilan Hydrique.....	29
	Conclusion.....	30

Chapitre II Géologie de la région étudiée.

II.1	Introduction.....	32
II.2	Cadre Géologique Régionale.....	32
II.2.1	Le Trias.....	33
II.2.2	Le Jurassique.....	33
II.2.3	Le Barrémien.....	35
II.2.4	L’Aptien.....	35
II.2.5	L’Albien.....	35
II.2.6	Le Vraconien	35
II.2.7	Le Cénomaniens.....	35
II.2.8	Le Turonien.....	35
II.2.9	Le Coniacien-Santonien	36
II.2.10	Le Campanien.....	36
II.2.11	Le Maestrichtien.....	36
II.2.12	Le Paléocène.....	36
II.2.13	L’Eocène	36
II.2.14	Le Miocène.....	36
	a - Le Miocène inférieur et moyen	36
	b - Le Miocène supérieur (Pontien)	37
II.2.15	Le Quaternaire.....	37
	a- Terrasses anciennes.....	37
	b- Alluvions anciens.....	37
	c- Alluvions actuels.....	37
II.3	Tectonique.....	38
II.3. 1	Les Phases de l’orogénèse.....	38
	a- La phase compressive fini-lutétienne	38
	b- La phase distensive du Miocène Inférieur	39
	c- La phase compressive du Miocène Supérieur.....	39
	d- La phase compressive du Pliocène Inférieur	39
	e- La phase compressive du Pliocène Supérieur	39
II.4	Les fossés d’effondrements.....	40
II.5	Les richesses minières et hydrogéologiques.....	41
II.6	Hydrographiques.....	42
II.7	Géologie Locale	43
II.7.1	Le Quaternaire.....	44

II.7.2	Le Miocène.....	44
II.7.3	Le Crétacé	45
II.7.4	Turonien	45
II.7.5	Cénomanién	45
II.7.6	Albién Supérieur	45
II.7.7	Trias.....	45
	Conclusion	46

Chapitre III Identification Des Gisements De La Région D'Elma-labiód

III.1	Introduction.....	48
III.1.1	Les calcaires de la plaine d'ELMA-LABIOD.....	48
III.1.2	L'argile de la plaine D'ELMa-Labiód.....	49
III.1.3	Les Sables De La Région D'ELMa-Labiód.....	49
III.1.3.1	Le sable de Kef Tenoukla	49
III.1.3.2	Les Sables De BhiretLarneb	50
III.2	Les Sables Siliceux De La Région D'Elma-Labiód	51
III.2.1	Caractérisation Des Gisements Des Sables Siliceux De La Région D'Elma-Labiód	
III.2.2	Répartitions Des Gisements De Sables De La Région D'ElMa-Labiód.....	52
	a - Station 01	52
	b- Station 02	53
	c - Station 03.....	53
	d- Station 04.....	54
	e - Station 05.....	54
	f - Station 06.....	55
	g - Station 07.....	55
	h- Station 08.....	56
	I - Station 09.....	57
	j - Station 10.....	57
III.2.3	Interprétation Des Résultats Des Analyses Chimiques De Sable De La Région D'Elma-Labiód.....	57
III.3	Le Sable Siliceux En Algérie.....	58
III.3.1	Les Réserves Géologiques Importantes.....	58
III.3.2	Une Ressource Géologique Potentielle Et Des Réserves Probables Très Elevées...58	
III.4	La Production Algérienne.....	58
III.4.1	Domaine minier.....	59
III.4.2	Potentiel Et Perspectives De Développement De La Production De Sable Siliceux En Algérie.....	59
	Conclusion.....	60

Chapitre IV Concept CIG Et Carte Thématique.

IV.1	Introduction.....	62
IV.2	Les Systèmes D'informations Géographiques.....	62
IV.2.1	Définition.....	62
IV.2.2	Les Composantes D'un SIG.....	63
IV.2.3	Modes de représentation.....	64
IV.2.3.1	Le Modèle Vecteur.....	65
IV.2.3.2	le modèle raster.....	66
IV.3	Objectifs Généraux Des SIG.....	66
IV.4	Géo Référencement.....	67
IV.4.1	Définition.....	67
IV.4.2	Le système de projection.....	68
IV.4.3	La projection des données	68
IV.5	Cartographie thématique.....	68
IV.5.1	Définition.....	68
IV.5.2	Méthodologie de la cartographie thématique.....	69
IV.5.2.1	Détermination de l'objectif de la représentation cartographique.....	69
IV.5.2.2	Préparation de la variable à représenter et du fond de carte	69
IV.5.2.3	Analyse de l'information à représenter.....	69
IV.5.2.4	Réalisation des cartes en symboles proportionnels.....	70
IV.5.3	Réalisation des cartes en plages de couleurs.....	71
IV.6	Les logiciels utilisés.....	71
IV.6.1	Présentation du logiciel ArcGIS.....	71
IV.6.1.1	ArcMap.....	72
IV.6.1.2	ArcCatalog.....	72
IV.6.1.3	ArcTolBox.....	72
IV.6.1.4	Arc Scene.....	72
IV.7	Que pouvons –nous faire avec Arc GIS.....	72
IV.8	Interprétation Des Résultats.....	73
	Conclusion.....	78

CHAPITRE V Traitement Des Sables Siliceux.

V. I	Introduction.....	80
V.2	Définition du sable	81
V.2.1	L'origine du sable	81
V.2.1.1	Sables naturels	81
V.2.1.2	Sables artificiels.....	81

V.2.2	La composition du sable.....	81
V.2.2.1	Les minéraux sableux	82
	<i>a- Le quartz</i>	82
	<i>b- Le mica</i>	82
	<i>c- Le feldspath</i>	82
V.2.3	Les caractéristiques du sable.....	83
V.2.3.1	La courbe granulométrique.....	84
V.2.3.2	La rondeur du grain	84
V.2.4	Autres caractéristiques techniques.....	85
V.2.5	Quelques propriétés des sables.....	85
V.2.5.1	Propriétés physiques du sable.....	86
V.2.5.2	Propriétés chimiques du sable.....	86
V.3	Autre informations.....	86
V.4	Les différents types de sable.....	86
V.4.1	Sables Extra-Siliceux.....	86
V.4.2	Sables Siliceux	87
V.4.3	Sables Silico-Argileux Et Argileux.....	87
V.5	Modalités De Préparation Et De Traitement	87
V.6	Industrie Des Sable Siliceux.....	90
V.6.1	Industrie Du Verre	90
V.6.1.1	Industrie Du Verre En Algérie.....	90
V.6.2	Qualités Des Sables De Verrerie	90
V.7	Industrie De La Fonderie.....	91
V.7.1	Qualités Des Sables De Fonderie	91
V.8	Le Silicium Dans Les Alliages Non Ferreux.....	94
V.9	Industries Diverses	95
V.10	Produits dérivés de la silice et domaines d'utilisation	97
V.11	Spécifications Et Critères De Sélection.....	98
V.11.1	Spécifications.....	98
V.11.1.1	Spécifications Verrerie.....	98
V.11.1.2	Granulométrie.....	98
V.12	Chimisme	99
V.12.1	Spécifications Fonderie.....	99
	Conclusion.....	100
	Conclusion générale	

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

Les ressources minérales constituent un des éléments clés du développement de l'humanité, qu'il s'agisse des ressources en métaux, des matériaux de construction, des minéraux industriels ou des pierres précieuses.

L'exploitation minière, par conséquent, est l'ensemble des activités socio-économiques qui sont menées pour obtenir extraire des ressources d'une mine (un dépôt de minéraux).

La région d'Elma-Labioud wilaya de Tébessa renferme d'énormes potentialités minières et géologiques. Ces potentialités se traduisent par des substances non métalliques qui se déclinent en minéraux industriels destinés à l'industrie et en minéraux industriels destinés aux matériaux de construction.

Qui a inclus ces matériaux de sable de silice en quantités énormes et une réserve très importante dans cette région, ce qui encourage l'intérêt pour le domaine industriel et le développement de l'économie nationale.

L'étude des impacts sur l'environnement vise à déterminer l'insertion d'une exploitation en identifiant les effets directs et indirects des carrières et vérifie la prise en charge des prescriptions relatives à la protection de l'environnement. Les Recommandations utiles en matière d'exploitation de carrière à ciel ouvert concernant plan de gestion.

Compte tenu de la relation entre le processus d'exploitation et la climatologie, celle-ci affecte automatiquement le matériel extrait d'un point de vue physiologique. Pour cela, et dans le premier chapitre, nous avons défini l'aspect hydro-climatologique de la région à partir de l'estimation des principaux facteurs climatologiques (les précipitations, la température et l'évapotranspiration) pour définir le climat de la région et leur bilan hydrique.

Dans le deuxième chapitre le point de vue structure, la région d'Elma-Labioud apparaît sous forme de cuvette entourée par des massifs calcaires elle intégrée dans un ensemble géologique bien connu, Seule des prospections et des forages hydrogéologiques ont été réalisés dans le but de recherche d'eau et de pétrole, la couverture sédimentaires du bassin est constituée par des dépôts du type épicontinental avec changement de faciès et d'épaisseur ayant une direction, SW-NE de l'Aptien jusqu'au Maestrichtien. La stratigraphie le bassin d'Elma-Labioud se compose de deux grands ensembles géologiques différents par Les affleurements de bordures d'âge crétacé et par les formations d'âges Miocène et Quaternaire qui occupent toute la superficie du bassin.

Dans le troisième chapitre ont fait l'objet d'identification des gisements de la région d'Elma-Labioud par la présentation des carrières de calcaires et les sablières et leurs exploitants (les entreprises).

Dans le but de recensement des ressources minérales de la région d'Elma-Labioud (sable siliceux) nous avons effectuée une présentation des composants de sable par le système d'information géologique concernant les stations de sable réparti sur la région d'étude c'est ce que contenait le quatrième chapitre.

La distribution de proportions siliceuses à valeurs élevées dans la plupart des stations ce qui explique la présence de matériaux siliceux et des grés à très fortes valeurs, ce qui favorise une utilisation optimale et bénéfique, notamment dans le domaine industriel, ce qui nécessite une amélioration de la matière première en effectuant certains traitements afin d'augmenter le pourcentage de silice dans le sable. Pour la valorisation, du sable siliceux extrait de la carrière ; après l'homogénéisation, subira un important traitement qui comprendra l'un ou plusieurs des procédés de traitement qui suite par des notions générales de l'industrie de sable siliceux. C'est ce qui est entré dans le chapitre cinq.

*IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT
ET
RÉGLEMENTATIONS*

01. Introduction :

L'étude des impacts sur l'environnement vise à déterminer l'insertion d'une exploitation en identifiant les effets directs et indirects des carrières et vérifie la prise en charge des prescriptions relatives à la protection de l'environnement. L'évaluation des impacts est imposée aux différentes exploitations par voie réglementaire pour permettre aux autorités compétentes de porter une appréciation sur l'impact et les conséquences dues aux activités projetées sur l'environnement. Cette procédure s'inscrit dans le cadre du développement de la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelle.

02. Impacts Sur L'environnement

a. Méthode d'évaluation des impacts sur l'environnement

Il s'agit de déterminer la nature, l'étendue et l'intensité des différents impacts. Cet impact se traduira par une analyse des effets de l'exploitation sur l'environnement concernant le site et le paysage, la faune et la flore, les milieux naturels, les eaux naturels et le voisinage (poussière, bruit, odeur, etc...) L'évaluation des impacts sera énumérée comme suit pour définir rapidement les impacts positifs ou négatifs de l'exploitation de la carrière sur l'environnement.

b. Sources de poussières

Toute carrière engendre forcément l'émission de poussière provenant des différentes activités du gisement. Les sources d'émission de poussières dans une carrière sont en général dues :

- à la foration des trous de mines et du tir à l'explosif.
- au déplacement et à la circulation des engins de carrière.
- à la station de concassage notamment les opérations de concassage et de criblage
- au stock des produits fins.
- à la chute des blocs extraits le long du front de taille.

La production de poussières dans une station de concassage est estimée selon les statistiques entre 7 et 84 g/m² /mois dans un rayon de 100 à 200 mètres et sa nocivité réside dans la classe granulométrique entre 0.1 et 10 micromètres retenue par l'appareil pulmonaire. Les poussières dont la taille est supérieure à 10 microns sont pratiquement arrêtées par les voies respiratoires, ce qui est nuisible pour la santé des ouvriers opérant en carrière. 29 Les principaux problèmes environnementaux dérivés de ces émissions sont :

- La contribution à l'effet de serre avec des quantités importantes de CO₂.
- La contribution à la formation de pluies acides à forte teneur en soufre.
- La contribution à certains problèmes locaux (pollution des sols, des eaux, etc.) due à la présence de polluants toxiques.

Le seuil réglementaire d'émission toléré de poussière est de 50 mg/Nm³ (décret exécutif N° 06-138 du 15 avril 2006).

c. Emissions de bruit

Le bruit engendré par l'activité minière avec les vibrations liées aux tirs de mines, la nuisance la plus fortement ressentie par les riverains. On peut distinguer ces quelques sources de bruits :

- Les installations de traitement, telle que la station de concassage et engins;
- L'abattage à l'explosif ;
- La foration des trous de mines ;
- Les moteurs des engins en circulation ;
- Les avertisseurs de recul des engins.

On enregistre deux types de vibration :

- des vibrations liées à la perforation des trous de mines.
- des vibrations liées aux tirs de mines.

Le seuil réglementaire d'émissions de bruit est de 45 DB en nocturne et de 70 DB en période diurne (Décret exécutif N° 93-184 du 27 juillet 1993).

d. Impact sur les eaux

Les contraintes liées à l'exploitation des carrières sur les eaux sont :

- La modification de l'écoulement hydrique ;
- La déviation des cours d'eau ;
- La modification de la nappe ;
- La modification de la qualité des eaux.

e- Impact sur le voisinage immédiat

L'excavation d'une carrière, va créer une dépression.

Les écoulements superficiels subiront quelques modifications, mais le drainage simple suffit à éviter une éventuelle stagnation des eaux.

L'impact sur les cultures et la végétation ne sera pas modifié, une fois une prise de conscience est entrepris afin d'éviter toute exploitation dans un périmètre agricole ou forestier. 30 Toutefois, des mesures nécessaires devront être prises pour

minimiser les risques de pollution pour la sécurité et l'hygiène du personnel actif (arrosage des pistes les jours de vent, port de masque anti-poussière).

f-Impact sur le paysage

L'excavation d'un gisement peut paraître importante en constituant une crevasse avec un aspect du front de taille qui sera plus au moins ordinaire.

03. Mesures d'atténuation et de compensation des impacts (santé et sécurité)

Nous indiquons ici les mesures et les dispositions à entreprendre par les responsables des carrières pour minimiser ou compenser les effets indésirables durant l'exploitation.

a. Poussières

- Réduire l'émanation de poussières et avoir une sécurité accrue par obligation de porter les masques anti poussières pour les ouvriers y travaillant à proximité.
- Un arrosage préliminaire, nocturne de préférence, avant la reprise de l'intensité du travail, des pistes ainsi que la plate-forme de concassage.
- Equiper la station d'un système de dépoussiérage pour atténuer les effets de la poussière. - Pour limiter l'envol des poussières, la circulation des camions et engins se fera à vitesse réduite (20 km/h).
- Plantation des brises vents autour de la station de concassage et de toute la périphérie du périmètre d'exploitation.

a. Bruit

Afin de réduire le niveau sonore, l'exploitant est tenu de faire utiliser les casques antibruit par le personnel de la carrière surtout celui de la station de concassage où le mineur est astreint à une présence d'au moins 8h/jour, à moins de 7 mètres de la source.

c. Incendies

Il faut un matériel conforme aux normes en vigueur, en bon état et vérifié au moins une fois par an. En outre, il est recommandé de respecter les consignes suivantes :

- placer les extincteurs fixes à des endroits accessibles,
- prêter attention aux produits inflammables et aux courts-circuits électriques (isolation des câbles, foudre ou erreur humaine).

d. Consommables usés et les lubrifiants

Les produits résultants de l'entretien des engins et camions ne seront en aucun cas jetés dans la nature. Ils devront être triés et stockés dans des endroits isolés avec un étiquetage, puis repris par des spécialistes de gestion et d'élimination des déchets.

04. Recommandations utiles en matière d'exploitation de carrière à ciel ouvert

a. Plan de gestion

Tab.01 : Le plan de gestion recommandé.

Paramètres	Effets	Mesures
Aspect paysager	Dégradation du paysage immédiat	Remise en état du site
Aspect visuel	Site visible	-Travaux d'exploitation -Remise en état du site
Faune et flore	Faune et flore protégées	La remise en état des lieux peut favoriser le développement de la faune et flore.
Ressources hydriques	Pollution des eaux souterraines	-La direction et la force des vents ont peu d'impact dans le transport des poussières. -Arrosage des pistes et de la plate-forme.
Poussières	Emanations de poussières de la zone de travail	Arrosage des pistes et de la plate-forme. -Installation d'un système de dépoussiérage.
Vibrations	Circulation des engins, tirs de mines ...etc.	Vibrations dues aux matériels (bull, camions...etc.), superficielles dans un rayon de 200m. -Utilisation de micro retards et réduction des charges explosifs
Sécurité publiques et sécurité du travail	Accidents divers	Mise en place des panneaux indicateurs aux abords de la carrière. -Doter le personnel de la station et de la carrière de moyens de protection individuelle
Bruits	Niveaux de bruit, plus au moins faibles (suivant l'activité)	Entretien du matériel -Protection individuelle du personnel
Déchets / Rejets	Huiles usagers, ferrailles...etc.	Concevoir et réaliser une zone de lavage des véhicules et de vidanges des moteurs.

c. Fin des travaux d'exploitation et remise en état des lieux

Généralement la remise en état comprend une revitalisation du secteur par une plantation d'essences forestières. L'évaluation des provisions pour la remise en état du site est calculée sur la base de 0.5 % du chiffre d'affaires annuel. La remise en état du site est une obligation de la loi, un reboisement adéquat pour atténuer l'effet de l'évasion est une solution à envisager.

d. Abandon ou cessation d'activité d'exploitation

Dans le cas d'un arrêt définitif de l'exploitation, les exploitants sont tenus d'aviser l'Agence Nationale d'Activité Minière (ANAM) de sa décision d'abandonner ou de cesser son activité trois mois, avant l'abandon ou la cession.

e. Autres recommandations

Au terme du présent travail qui vise à enrichir le milieu étudiant en matière de technique d'exploration et d'exploitation rationnelle et optimale des carrières et gisements divers, nous proposons d'autres recommandations nécessaires et indispensables afin de faire une activité économique avec le minimum de risque et de pertes :

- clôturer et délimiter le périmètre d'exploitation.
- prévoir des aires distinctes pour le concassage, le stockage des matériaux et l'entretien du matériel.
- créer des pistes d'accès à la carrière et aux fronts de taille large et compacte.
- respecter les consignes de sécurité de l'ingénieur en matière de tir de mine.
- normaliser les fronts de taille (45°) et éviter de créer des dépressions et des fronts trop abrupts.
- baliser et signaler les zones à risques dans les carrières (falaises, crevasses, zones d'éboulement et autres).
- doter le personnel de vêtement de travail, de matériel de premiers secours et d'anti incendies.
- former et sensibiliser le personnel des risques existants dans une carrière.
- entretenir régulièrement le matériel afin de lui garantir un meilleur rendement et une longue durabilité avec le minimum de risque.
- remettre en état le site au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation.
- prévoir des campagnes d'analyse des rejets et de contrôle de la carrière par des spécialistes et des experts du domaine.

Ces recommandations restent indispensables pour le bon déroulement de l'activité minière. Pour cela, les opérateurs en matière de mines et carrières doivent envisager la possibilité de recruter des ingénieurs géologues pour le suivi des travaux d'exploitation.

05. Réglementation algérienne en matière d'exploitation des carrières et préservation de l'environnement

a. Aperçu sur la nouvelle loi minière algérienne

La loi minière promulguée en Algérie (Journal officiel N° 35 du 4 juillet 2001) intervient dans un contexte de libéralisation de l'ensemble des activités économiques et industrielles dans un secteur où le monopole de l'État à travers les entreprises à capitaux publics a prévalu depuis 1966, date de la nationalisation des entreprises minières françaises et institution du monopole étatique dans le domaine minier. Il convient de préciser que cette loi ne s'applique pas aux eaux, aux gisements d'hydrocarbures liquides ou gazeux et aux schistes combustibles pétrolifères pour lesquels une législation particulière est applicable.

b. Analyse des principaux aspects de la loi

b. 1. Accès à l'investissement dans le domaine minier

➤ *Postulation aux titres miniers*

Le principe est l'accès universel : tout opérateur est éligible à l'exercice des activités minières qu'il soit national ou étranger, personne morale ou physique. Toutefois, des interdictions d'exercice d'activités minières durant l'exercice de leurs fonctions frappent fonctionnaires, élus et agents publics.

➤ *Critères juridiques et économiques*

Le postulant à un titre minier doit remplir l'une des conditions suivantes :

- être une société commerciale de droit algérien ou de nationalité étrangère enregistrée dans le pays d'origine s'il s'agit d'une demande d'autorisation de prospection ou de permis d'exploration.
- être une société commerciale de droit algérien enregistrée s'il s'agit d'une demande de concession minière ou d'un permis d'exploration de petite ou moyenne exploitation.
- être inscrit au registre de commerce s'il s'agit d'une autorisation minière.

➤ **Délivrance des titres et autorisations miniers**

Les titres miniers sont délivrés par l'Agence Nationale d'activité Minière (ANAM) après avis motivé du Wali territorialement compétent.

b. 2. Titres miniers et la mutation des droits miniers

Les titres miniers sont de deux types : ceux délivrés pour la recherche minière et ceux autorisant l'exploitation minière.

➤ **Permission de recherche minière**

- L'autorisation de prospection dont la durée est limitée à une année renouvelable pour 2 périodes de 6 mois au maximum est accordée moyennant le paiement d'une redevance appelée droit d'établissement d'acte.

- Le permis d'exploration minière est accordé à toute personne morale justifiant de capacités techniques et financières appropriées moyennant le paiement d'une redevance appelée droit d'établissement d'acte et d'une taxe superficielle.

La durée du permis d'exploration est de 3 années. Elle peut être renouvelée pour deux périodes de deux (2) années.

➤ **Concession, permis et autorisation d'exploitation minière**

- La concession minière : est accordée par décret gouvernemental au titulaire d'un permis d'exploration qui fait une découverte ou à l'adjudicataire sur appel d'offres si la découverte du gisement a été le fait d'un organisme au moyen de fonds publics. Elle est accordée pour 30 années et peut être renouvelée autant de fois que les réserves exploitables le permettent.

- Le permis d'exploitation de petite ou moyenne exploitation minière : Ce permis est délivré au découvreur du gisement pour 10 années et renouvelable autant de fois que les réserves à exploiter le permettent.

- L'autorisation d'exploitation artisanale : Elle est accordée au premier demandeur personne physique ou morale, prioritairement au titulaire d'un permis d'exploration.

➤ **Le régime financier : taxes, droits et redevances**

Les entreprises minières sont soumises au paiement de certaines taxes et redevances et doivent constituer une provision pour remise en état des lieux. Les entreprises minières sont tenues de constituer une provision de 0,50 % de leur chiffre d'affaires annuel hors taxes au titre de la remise en état des lieux d'exploitation.

b. 3. Obligations des opérateurs

Les titulaires des titres miniers ou autorisations sont soumis à certaines obligations écologiques, de prévention des risques et d'information.

➤ ***Obligations liées à la protection de l'environnement***

La loi minière prévoit que tout postulant à l'obtention d'un titre minier doit présenter à l'appui de sa demande une étude d'impact sur l'environnement de l'activité minière projetée. L'étude d'impact doit être accompagnée d'un plan de gestion environnementale.

➤ ***Obligations liées à la prévention des risques***

L'opérateur est tenu de mettre en place un système de prévention des risques majeurs que peut entraîner son activité.

➤ ***Devoir d'information*** : La loi minière soumet tout opérateur, chercheur ou producteur de données géologiques d'en faire déclaration à l'ANGCM chargée du dépôt légal de l'information géologique. Tout titulaire d'un titre minier est soumis à la même obligation pour tout document, carotte et renseignement d'ordre géologique, géophysique et géochimique portant sur le périmètre qui lui a été octroyé.

b. 4. Activité minière en mer

La loi minière s'applique aux activités de recherche et d'exploitation effectuées dans les zones maritimes relevant de la souveraineté de l'Algérie. Au plan fiscal, les produits extraits sont considérés comme extraits du territoire national et sont soumis au même régime.

CHAPITRE I
*HYDRO-
CLIMATOLOGIE DE
LA RÉGION D'ELMA-
LABIOD*

PARTIE GENERALE

I. Cadre Géographique

I.1 Situation Géographique:

Le bassin versant d'Elma-Labioud se trouve au nord-est de l'Algérie, à environ 30 kilomètres au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Tébessa et à proximité immédiate de la frontière tunisienne (**figure 01**). Appartient à la zone des Hauts Plateaux entièrement et au versant nord saharien. Elle est bordée au nord par Djebel Doukkane, à l'Est la plaine s'approche de territoire Tunisien dans la région de Koudiat Sidi Salah, à l'ouest djebels Anoual et Bouroumane on trouve la plaine de Chéria, un peu plus vers le sud, on rencontre à la limite de la zone, la plaine de Thlidjene et la limite Sud est constituée par le synclinal de BirSbeikia d'âge Moï-Quaternaire.

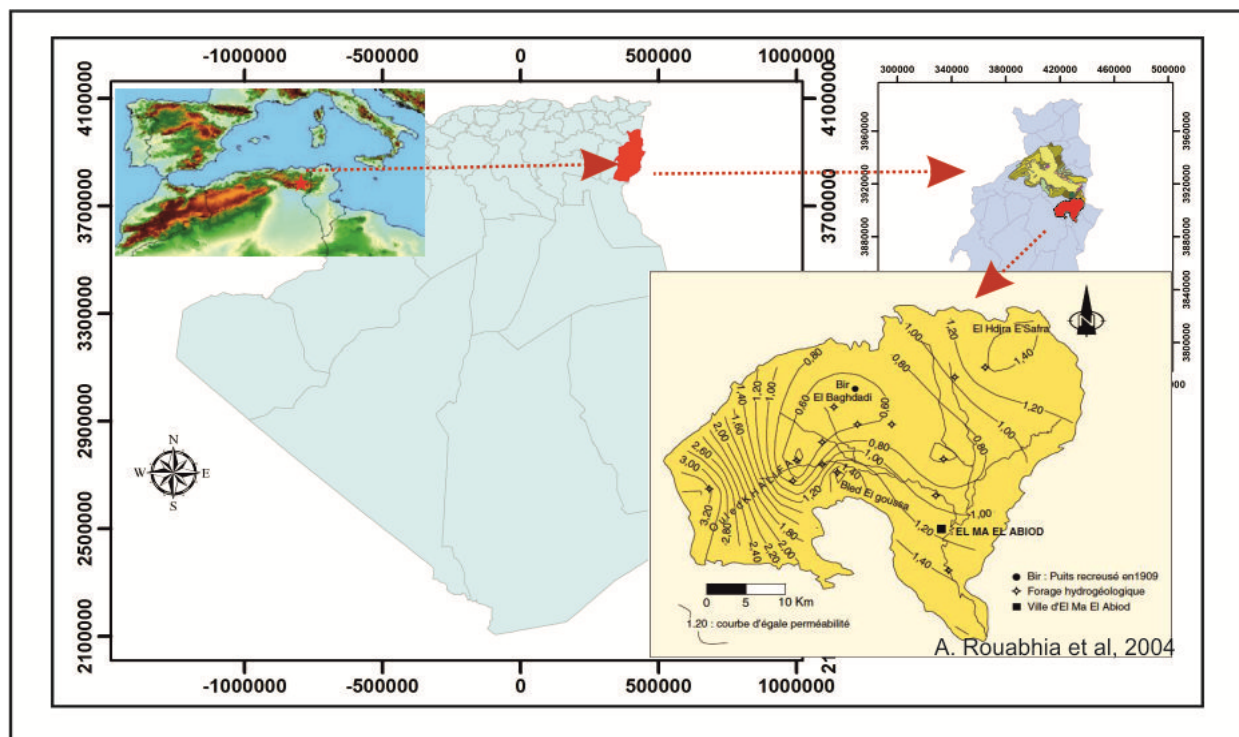


Fig.01: Situation géographique de la zone d'étude.

I.2 - Géomorphologie

La région d'Elma-labioud présente une allure de cuvette. Son altitude varie entre 1050 m (au centre de la cuvette) et 1300 m vers le nord de la région étudiée (le sommet le plus haut de la région est le djebel Doukkane situé au nord-ouest et qui présente une altitude de 1712m).

La partie centrale de la région constituée d'une plaine enserrée par des montagnes escarpées au nord et au sud. Elle présente l'allure d'une dépression épousant la forme d'une cuvette. Leur présence est imputée à une ascension probable des couches imperméables, et ce vers l'amont d'Oued El Goussa, du côté sud, sur l'axe parallèle à la RN N°16.

I.3 - Analyse Des Paramètres Hydro Climatique

La climatologie est un facteur très important pour la connaissance des venus d'eau elle nous permet d'estimer les principaux facteurs indispensable pour l'établissement du bilan hydrique qui sont les précipitations, la température et l'évapotranspiration.

La plaine d'Elma-labioud se trouve dans la zone du climat semi-aride. Dans ce qui suit nous présentons un aperçu hydro climatologique, indispensable à la compréhension des processus d'alimentation et de restriction des eaux souterraines, ce qui nous permettra d'avancer dans la connaissance du comportement hydrologique des cours d'eaux, et dans la variation des réserves des eaux souterraines. Ainsi, la variation des paramètres climatiques dans des indications sur l'évolution des concentrations des éléments chimiques, en fonction des saisons, tant au niveau des eaux souterraines qu'au niveau des eaux de surface.

Pour réalisé ces paramètres, et lors de l'absence des données climatologiques de la plaine d'Elma-labioud et que la plaine d'Elma-labioud et de même caractéristiques que la zone du Tébessa. Nous avons utilisé les données de la zone du Tébessa pour permettre d'obtenir les paramétrés climatologiques de cette plaine.

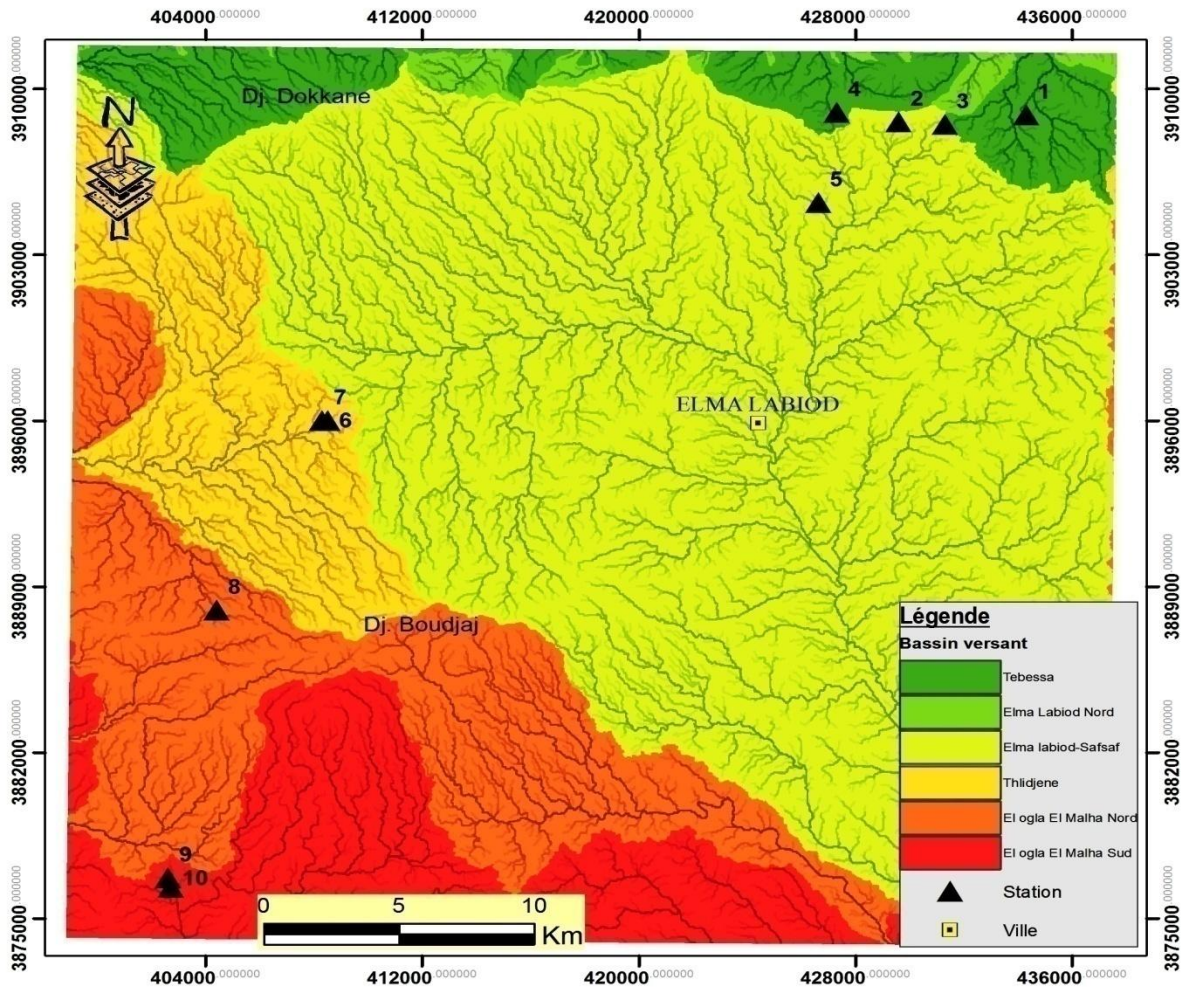


Fig. 02: Bassin versant et ressource hydraulique de la région d'Elma-Labioud

I.4 - Climatologie

Le climat est un facteur très important pour la connaissance des venus d'eau elle nous permet d'estimer les principaux facteurs indispensable pour l'établissement du bilan hydrique qui sont les précipitations, la température et l'évapotranspiration.

La plaine d'Elma-Labioud se trouve dans la zone du climat semi-aride. Dans ce qui suit nous présentons un aperçu hydro climatologique, indispensable à la compréhension des processus d'alimentation et de restriction des eaux souterraines, ce qui nous permettra d'avancer dans la connaissance du comportement hydrologique des cours d'eaux, et dans la variation des réserves des eaux souterraines. Ainsi, la variation des paramètres climatiques dans des indications sur l'évolution des concentrations des éléments chimiques, en fonction des saisons, tant au niveau des eaux souterraines qu'au niveau des eaux de surface.

Pour réaliser ces paramètres, et lors de l'absence des données climatiques de la plaine d'Elma-Labiod, de même caractéristiques que la zone du Tébessa. Nous avons utilisé les données de la zone du Tébessa pour permettre d'obtenir les paramètres climatologiques de cette région.

I.5 - Précipitation annuelle

Sur un cycle de vingt ans (2000/2019), nous allons observer la variation des précipitations observées à la station de Tébessa.

L'étude des variations des précipitations en fonction du temps pour la station de Tébessa montre une grande différence entre l'année la plus arrosée (2002) avec 863mm/an et l'année la plus sèche (2013) avec 183mm/an.

La précipitation moyenne annuelle (2000/2019) de la station de TEBESSA à pris près (384.29mm).

Tab.03: Précipitation moyenne annuelle (2000-2019).

Années	P. MOY.AN (mm).	Années	P. MOY.AN (mm).
2000	459,4	2011	425,0
2001	305,2	2012	386,0
2002	863,6	2013	403,6
2003	596,0	2014	314,0
2004	527,0	2015	474,0
2005	476,0	2016	294,9
2006	268,0	2017	287,0
2007	391,0	2018	405,3
2008	242,0	2019	475,8
2009	462,7	Moy	421.0
2010	364,0		

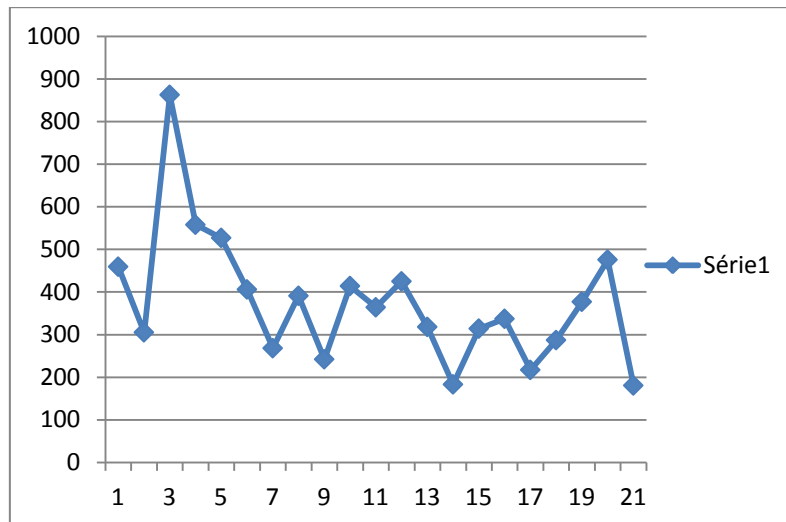


Fig. 03 : Distribution des précipitations annuelles à la station d'observation (2000-2019).

I.5.1. Coefficient pluviométrique relatif (H)

Ce coefficient permet de déterminer pour une station donnée si l'année est excédentaire ou déficitaire, il est défini par le rapport de la pluviométrie P d'une année, à la pluviométrie moyenne, Pmoy, pour une période de (20ans).

$$H = \frac{P}{P_{moy}}$$

Avec :

P : Hauteur annuelle de pluie de l'année considéré, en (mm).

P moy : Pluviométrie moyenne en (mm).

H : Coefficient pluviométrique ou coefficient d'hydraulicité.

L'année est excédentaire lorsque H est supérieur à l'unité (H> 1) et déficitaire quand H est inférieur à 1 (H<1) comme le montre le tableau suivant :

Le tableau ci-dessous montre les variations de H au cours des années d'observation.

Tab. 04 : Coefficient pluviométrique à la station d'observation : Tébessa (2000-2019).

Station Années	H Tébessa	Observations	Station Années	H Tébessa	Observations
2000	1.09	Année excédentaire	2011	1.01	Année excédentaire
2001	0.72	Année déficitaire	2012	0.91	Année déficitaire
2002	2.05	Année excédentaire	2013	0.95	Année déficitaire
2003	1.41	Année excédentaire	2014	0.74	Année déficitaire
2004	1.25	Année excédentaire	2015	1.12	Année excédentaire
2005	1.13	Année excédentaire	2016	0.70	Année déficitaire
2006	0.63	Année déficitaire	2017	0.68	Année déficitaire
2007	0.92	Année déficitaire	2018	0.96	Année déficitaire
2008	0.57	Année déficitaire	2019	1.13	Année excédentaire
2009	1.1	Année excédentaire			
2010	0.86	Année déficitaire			

I.6- Précipitations Mensuelles

La représentation des moyennes mensuelles des relevés pluviométriques de la station Tébessa sur la période d'observation (20) induit les remarques ci- après :

Tab 05 : Précipitations moyennes mensuelles à la station d'observation. (2000-2019) en (mm).

Année	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Moy	43.2	36.9	30.6	37.4	28.3	25.3	30.5	38.7	49.1	48.7	20.9	31.4

On y observe que les précipitations maximales sont marquées au mois de Mai avec une moyenne de 49.1 mm, alors que le mois le plus sec est Juillet avec 20.9 mm.

La figure ci-dessous donne les moyennes mensuelles des précipitations de 2000 à 2019, qui font apparaitre une variation nette d'un mois à l'autre.

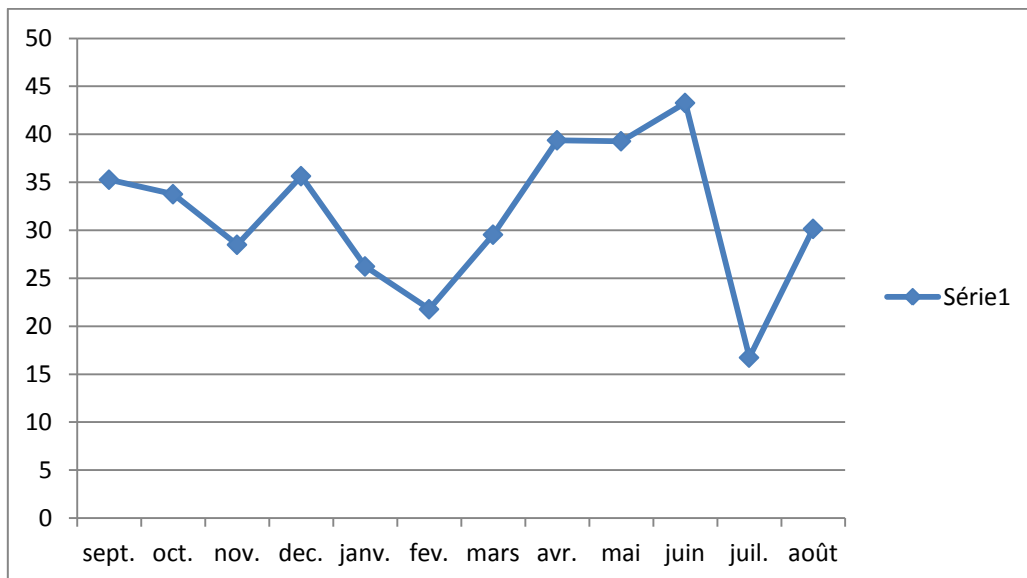


Fig. 04 : variation des moyennes mensuelles annuelles des précipitations.

I.6.1- La Neige

Les précipitations solides (neige), sur le versant Nord des reliefs et en particulier au DJ DUKKANE peuvent être important. Il n'existe malheureusement pas de relevés récents systématiques. D'après SELTZER la région se situe dans la zone d'enneigement moyen au sol ; de cinq à dix jours par an. Ce phénomène a un rôle important si on considère la superficie des Djebels bordant la plaine. La lente fonte de la neige favorise au maximum l'infiltration des eaux au sous sol par rapport au

ruissellement de surface, ce qui représente un apport considérable en matière de recharge des nappes souterraines.

I.6.2- Le Vent

Les vents les plus fréquents, selon station météorologique de Tébessa, sont ceux de direction NW et SW.

Le sirocco : vent chaud, soufflant du Sud vers le Nord, est relativement fort en été, époque où son action est négative (pouvoir évaporant et érosion éolienne). Il peut durer jusqu'à 3 jours consécutifs avec une intensité moyenne de 40 à 45 km/heure.

Généralement, la région est soumise à un passage régulier de vent de sables dirigés de l'Ouest Nord – Ouest à l'Est Sud-Est. Il s'étale sur une largeur de quelques kilomètres.

Un autre vent de sable moins important et moins fréquent se produit dans la région d'ELMALABIOD au Sud et suivant la même direction. Ces vents de sables fréquents et réguliers soufflant pendant une période d'environ 20 jours par an.

I.7- Les températures

L'étude hydrogéologique d'un bassin devrait comporter l'analyse du caractère thermique, car l'étude de l'évolution de la température n'en est pas moins de la plus haute importance dans les problèmes d'évaporation, d'évapotranspiration et de déficit d'écoulement.

La station d'Elma-Labioud n'étant pas équipée de station de relevé des températures, seules les données de la station de Tébessa sont disponibles, pour ce faire nous avons opté de faire une extrapolation à partir des données disponibles (Tébessa), avec des modèles qui reposent sur le gradient des températures (la température est inversement proportionnelle à l'altitude). Ils existent beaucoup de modèles qui permettent l'estimation des températures d'une région donnée, à partir d'une autre station avoisinante, parmi lesquels nous avons choisis deux modèles le modèle de LAPLACE et le modèle de BNEDER (bureau national d'étude pour le développement rural).

I.7-1 : Température Mensuelle

Les températures moyennes mensuelles sur une période de 20 ans (2000-2019) enregistrées à la station de Tébessa, représentés dans le tableau ci- dessous

Nous observons que le mois le plus froid est **Janvier** alors que le plus chaud est **Juillet**.

Tab .06 : Températures moyennes mensuelles à la station de Tébessa (2000-2019).

Année	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Moy	22.5	16.8	11.6	7.8	7.3	8.0	11.3	14.8	19.0	24.1	26.4	25.5

I.7-2 : Température Annuelle

Les températures moyennes annuelles de la station de Tébessa sur la période d'observation (20 ans) sont importantes et relativement stables.

Tab.07 : Températures moyennes annuelles (2000-2019).

ANNEES	Températures moyennes annuelles
2000	16,7
2001	17,3
2002	17,0
2003	16,7
2004	16,4
2005	16,4
2006	16,9
2007	16,6
2008	15,4
2009	16,3
2010	17,1
2011	16,2
2012	17,0
2013	16,9
2014	17,2
2015	16,3
2016	17,2
2017	16,6
2018	16,7
2019	16,1
Temp. Moy. interannuelle	16,6

I.7.3- Modèle de LAPLACE :

Ce modèle repose sur deux hypothèses :

- L'accélération de pesanteur est constant ($g= 9,81\text{m/s}^2$).
- La variation verticale de la température virtuelle de l'air est proportionnelle au gradient vertical de pression.
- Définitions d'abord la température virtuelle : elle n'est autre que celle qu'aurait l'air sec dont la pression et la masse spécifique serait égale à celle de l'air humide. Pour pouvoir comparer les pressions barométriques mesurées dans les différentes stations, situées à différentes altitudes, il est nécessaire de les corriger. La norme consiste à ramener toutes les pressions au niveau de la mer. Cette réduction des pressions est effectuée à l'aide la formule de LAPLACE. En effet, LAPLACE a utilisé le même processus pour les de températures, en adoptant un gradient thermique vertical constant égal à $-0,65\text{C}^\circ$ par 100 m d'altitude.

La notion de température verticale a été changée par la température de l'air. Après plusieurs calculs effectués sur des observations réelles, ceci a permis de montre que l'écart entre la température de l'air et la température virtuelle est très faible (de l'ordre du dixième de degré), c'est la raison pour laquelle on les confond.

Le modèle de LAPLACE se définit comme suit :

$$T_{vm} = \frac{2T_{vl} - 0,0065(Z2 - Z1)}{2}$$

T_{vl} : Température virtuel de la station de référence (C°).

T_{vm} : Température virtuel moyenne recherché entre les niveaux Z2 et Z1 (C°).

Z1, Z2 : respectivement, altitude de la station à calculer et de référence (m).

Résultats de calcul sont reportés sur le tableau N° (05).

I.7.4- Modèle de BNDER

Le modèle se base sur les études expérimentales des différents types de climat sur le territoire Algérien, le BNDER a mis en œuvre des formules empiriques permettant l'estimation de la température :

$$T = T_m \pm \left(\frac{h-hm}{100} \right) \times (-0,73). \quad \text{Ou}$$

T : Température à estimer et se trouvant à l'altitude h

T_m : Température à la station de référence d'altitude h_m

$-0,73\text{ C}^\circ$: gradient de correction thermique calculé par BNDER, pour climat semi-aride.

Cette formule repose sur deux hypothèses :

- La variation de température en fonction de l'altitude.

Le signe (\pm) traduit Une diminution ou une augmentation de la température avec l'altitude.

Le tableau suivant résumés les calculs de la température par les deux méthodes ;

Altitudes des stations : d'Elma-Labioud $h = 1030\text{ m}$, Tébessa $h_m = 809\text{ m}$.

Tab 08 : Résultat des calculs des températures par les deux méthodes.

Mois Méthodes	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOU
T °C Tébessa	22,6	17,6	12,2	8,3	7,2	8	11,4	14,8	19,1	24	27,7	26,8
LAPLACE	21.9	16.9	11.5	7.6	6.5	7.3	10.7	14.6	18.4	23.3	26.8	26.1
BNDER	21.0	16.0	10.6	6.7	5.6	6.4	9.8	13.2	17.5	22.4	26.1	25.2
Moyenne T °C d'ELMA LABIOD	21.4	16.4	11.0	7.1	6.0	6.8	10.2	13.9	17.9	22.8	26.4	25.6

Quantitativement, ne peut constater qu'en hiver il fait froid sur la plaine d'Elma-Labioud, que sur celle de Tébessa; puisque la plaine d'étude est située à une altitude plus importante (1150 m en moyenne). Par contre, les températures d'été sont comparables ou légèrement plus élevées, à cause de l'influence du vent du sud (Sirocco). Le mois le plus froid est le mois Décembre ($07,10\text{C}^\circ$) alors que le plus chaud est juillet ($26,4\text{C}^\circ$).

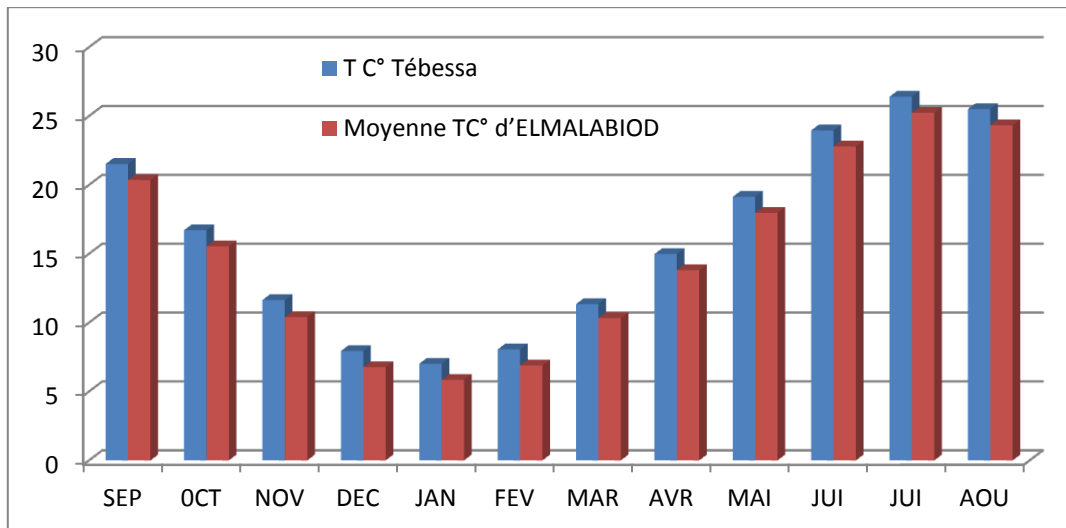


Fig. 05 : Température moyenne mensuelle à la station d'observation (2000-2019).

I.8- Diagramme pluviométrique

Ila été mis au point par F.BAGNOULS et GAUSSEN. Pour eux un mois sec est celui ou le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P \leq 2T$).

Pour cela, on construit un diagramme sur lequel on porte les températures une échelle double de celle des précipitations et on établit mois par mois les deux courbes.

La courbe des températures passe au- dessus de celle des précipitations pendant les mois secs.

L'établissement de diagramme pluviothermique montre que la plaine d'Elma-Labioud est sèche trois mois humides (décembre, janvier et avril) et 08 mois secs (Septembre, Octobre, novembre, Mers, Mai, Juin, juillet, et Aout).

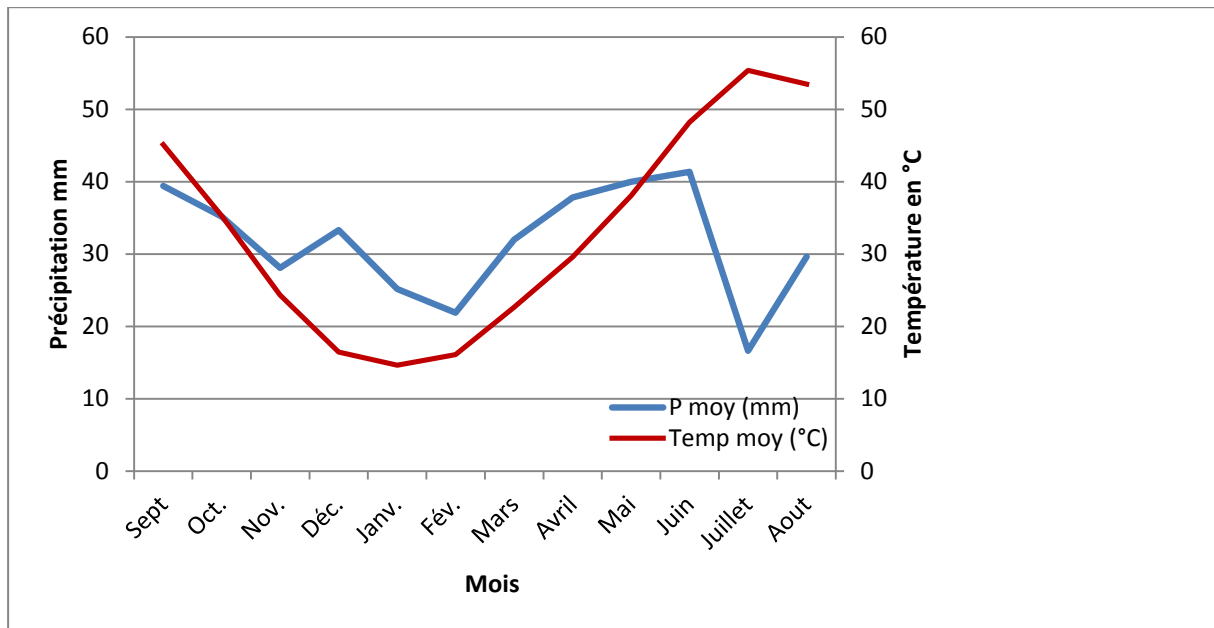


Fig. 06 : Diagramme pluviothermique à la station d'observations ELMA-LABIOD (2000- 2019).

I.9. L'indice D'aridité

I.9.1- L'indice climatique annuel

L'indice de l'aridité est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau, présent à un endroit donné (John E. Oliver.2006) ; On va calculer cet indice (I) par la formule de MARTONE1923.

$$I = \frac{P}{T+10} \text{ ou :}$$

P : Précipitations annuelles moyennes (mm).

T : Températures annuelle moyennes (C°).

I < 5 : Climat hyperaride

5 < I < 7,5 : Climat désertique

7,5 < I < 10 : Climat steppique

10 < I < 20 : Climat semi-aride

20 < I < 30 : Climat tempère.

Calcul de l'indice d'aridité :

$$I = \frac{421}{16,16+10} = 16,09 \text{ Climat semi-aride.}$$

I.10. Evapotranspiration

L'évapotranspiration est la somme des l'eau utilisée, dans une région donnée, par la croissance de la végétation pour sa transpiration et la constitution de ses tissus et de l'eau évaporée du sol, de la neige, de la pluie retenue par le feuillage et cela dans un temps donné (H. Schoeler, 1962). Donc, l'évapotranspiration est définie comme étant l'ensemble des pertes par transformation de l'eau en vapeur, autrement dit, c'est la somme de l'évaporation (phénomène physique), et la transpiration de la couverture végétale (phénomène biologique).

Les facteurs qui conditionnent l'évapotranspiration sont nombreux et mal connus, on citera quelques uns de l'air :

- Les facteurs climatiques :
 - La température de l'air.
 - La vitesse et turbulence du vent.
 - Le degré d'insolation.
 - L'humidité relative de l'air.
- Les facteurs géologiques :
 - L'état de la surface évaporant de sol.
 - L'altitude.
- Les facteurs biologiques :
 - Les espaces végétales.
 - La profondeur des racines.

On peut distinguer trois notions dans l'évapotranspiration (André Musy 2005)

- ❖ L'évapotranspiration de référence (ET₀) ou évapotranspiration potentielle (ETP), est défini comme l'ensemble des pertes en eau par évaporation et transpiration d'une surface de gazon de hauteur uniforme, couvrant totalement le terrain, en plaine période de croissance, recouvrant complètement le sol et abondamment pourvue en eau.
- ❖ L'évapotranspiration maximale (ETM) d'une culture donnée est définie à différents stades de développement végétale, lorsque l'eau est en quantité suffisante et que les conditions agronomiques sont optimal (sol fertile, bon état sanitaire,...).

- ❖ L'évapotranspiration réelle (ETR) est la somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à son humidité spécifique actuelle et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire réel.

I.10-1. Formule de L.TURC annuelle :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left[\frac{P}{L}\right]^2}}$$

P : précipitations annuelles moyennes en (mm).

$$P = 421 \text{ mm}$$

L = $300 + 25T + 0,05T^3$ ou T est température annuelle moyenne en C°.

$$L = 873,7$$

$$T = 15,5 \text{ C}^\circ$$

Numériquement ETR = 395,6 mm /an.

I.10.2- Formule de THORNTHWAITE :

$$ETP \text{ (mm)} = 16 \left(\frac{10T}{I}\right)^\alpha$$

$$\alpha = \frac{1,6}{100} I + 0,5 I = \sum_{i=1}^{12} i \text{ Ou } i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$$

T: Température moyenne mensuelles en C°.

I : Indice thermique annuel.

i : Indice thermique mensuel.

a: Exposant climatique = 1,6504.

F(£) : facteur de correction intégrant la durée d'insolation et nombre de jours du mois.

Evapotranspiration potentielle corrigée est obtenue en multipliant la formule de THORNTHWAITE par le coefficient de correction K qui dépend de la l'altitude.

Les calculs de l'ETP corrigée selon la formule de THORNTHWAITE pour la région d'étude sur la période d'observation de 20 ans sont les suivant :

Tab 09 : résultats des calculs des l'ETP par THONTHWAITE

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
P	43,2	36,9	30,6	37,4	28,3	25,3	30,5	38,7	49,1	48,7	20,9	31,4	421
T	21,4	16,4	11,0	7,1	6,0	6,8	10,2	13,9	17,9	22,8	26,4	25,6	185,5
i	9,03	6,03	3,33	1,7	1,31	1,6	3,0	4,7	6,9	10,0	12,4	11,9	71,9
ETP	96,8	62,3	32,2	15,6	11,8	14,6	28,5	47,5	72,1	107,4	136,9	130,1	755,8
K	1,0	1,0	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	
ETPc	96,8	62,3	29	12,5	10,6	13,1	28,5	52,3	86,5	128,9	164,3	156,1	840,9

I.11- Bilan hydrique par la méthode de G.W. Thornthwaite

Le calcul mensuel de l'ETP et de la RFU est basé de cette méthode. Elle permet de relever deux constatations lorsqu'on compare l'ETP et la précipitation du même mois.

$P > ETP \rightarrow ETP = ETP$ et on aura un excédent.

$P < ETP \rightarrow$ l'évapotranspiration épuisera la RFU (réserve facilement utilisable), et on aura un déficit hydrique.

I.12- Reserve Facilement Utilisable et Bilan Hydrique

D'après l'étude agro pédologique du cabinet LE PETI (1966/67), effectuée sur la plaine de Tébessa, la RFU est estimée à $23 < RFU < 35$ mm, soit une moyenne de 29 mm.

Le bilan hydrologique pour la station d'ELMALABIOD sur 20 ans (2000-2019) est présenté dans le tableau suivant :

Tab 10 : bilan hydrique de THORNTWAIE à la station d'ELMALABIOD.

MOIS	SEP	OCT	NEV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	Σ
P	43,2	36,9	30,6	37,4	28,3	25,3	30,5	38,7	49,1	48,7	20,9	31,4	421
ETPc	96,8	62,3	29	12,5	10,6	13,1	28,5	52,3	86,5	128,9	164,3	156,1	840,9
RU	0	0	1,6	26,5	29	29	29	15,4	0	0	0	0	
ETR	43,2	36,9	29	12,5	10,6	13,1	28,5	52,3	64,5	48,7	20,9	31,4	391,6
DE	53,6	25,4	0	0	0	0	0	0	22	80,2	143,4	124,7	449,3
EX	0	0	0	0	15,2	12,2	2	0	0	0	0	0	29,4

Analyse du bilan

L'excédant par rapport ou précipitation en pourcentage : 7%

Le déficit d'écoulements représente : 106.7% des précipitations.

Le ruissèlement par rapport ou précipitation en pourcentage : 30.62%

Evapotranspiration potentielle corrigée représente : 199.74% des précipitations.

Evapotranspiration réelle représente : 93.02% des précipitations.

Conclusion

Le climat de la région étudiée est semi- aride confirmé par le calcul de l'indice d'aridité de MARTONNE (16,09 **Climat semi-aride**).

La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 421mm/an. Et la moyenne annuelle des températures est 15,5 C°.

CHAPITRE II

GÉOLOGIE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE.

II.1- Introduction

Les grains de sable proviennent, pour leur grande majorité, de la désagrégation de roches préexistantes, suivie d'un transport par les eaux ou par le vent. Ils sont le plus souvent constitués par du quartz. Selon la taille des grains, on parle de sable grossier, moyen, fin ou très fin. La nomenclature tient également compte de la présence d'autres éléments : sable feldspathique (ou arkose), micacé (psammite), aurifère, argileux, etc. Les sables, même compactés, ont une porosité et une perméabilité importantes qui les font rechercher comme aquifères. Les sables siliceux très purs (*sables de HajarSofr au N-E de la zone d'étude à 99,5 % de silice*) sont utilisés en verrerie.

La plaine d'Elma-Labioud présente un indice de sable du miocène qui, d'après les travaux géologique et d'exploitations antérieurs, s'est avérée continue sur toute l'étendue de la plaine.

Vu ces conditions géologique très favorables, on a entrepris les travaux de recherche et déterminer ces propriétés géologiques, industrielles et techniques.

II.2- Cadre Géologique Régionale

La région d'étude fait partie de la structure autochtone Nord-aurésienne (Aurès Nememcha) de l'atlas saharien (Durozoy, 1956 ; Blès, 1969; Vila, 1994 ; Kowalski et al., 2000). Elle est constituée essentiellement des formations suivantes (figures 07 et 08):

- Une formation triasique diapirique disloquant des formations subjacentes au sud
- Des formations carbonatées représentées par d'importantes couches calcaires marneuses et de marnes d'âge Crétacé à Tertiaire. Certaines de ces formations sont observables au niveau des bordures de la plaine sujet de cette étude.
- Un important dépôt alluvionnaire d'âge Miocène, Pliocène et Quaternaire qui repose en discordance avec les formations précédentes et forme ainsi le remplissage de la dépression, actuellement la plaine. Cette formation est observable surtout au piedmont des reliefs accidentés. La région appartient à l'atlas saharien oriental, encadré par des massifs calcaires de direction E-W.

En dehors du Trias évaporitique, les terrains qui affleurent dans l'Atlas saharien oriental sont caractérisés par des dépôts allant du crétacé au quaternaire.

La **lithostratigraphie** régionale s'établie comme suit :

II.2.1- Le Trias

Les terrains les plus anciens connus dans "la zone de diapirs" de la région de Tébessa appartiennent au Trias. Celui-ci a été daté par analogie à Dj. Chettaba. Les pointements triasiques qui affleurent dans cette région ont depuis toujours fait l'objet d'une attention particulière, en raison de leur importance pour l'exploration des champs miniers et pétroliers. En Algérie nord orientale et en Tunisie, les nombreux diapirs sont à trias évaporitique sans sel affleurant; toutefois la présence du sel est souvent confirmée en profondeur (Bouzenoune, 1993).

Le Trias est représenté par des marnes à gypse, argiles bariolées, grés, dolomies, calcaires et cargneules. Il affleure dans la zone sud de la plaine d'Elmalabiod et dans sa partie orientale. Il est souvent lié à des gites métallifères. Le trias de cette région est qualifié souvent de diapiriques.

II.2.2- Le Jurassique

Les affleurements jurassiques ne sont pas connus dans la région. Les terrains les plus anciens reconnus dans la région ont été datés du Barrémien (au nord de Tébessa). Par contre le Jurassique affleure dans les Aurés, dans le môle constantinois et dans la plate forme saharienne.

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique		
CENOZOIQUE	Quaternaire		⑥ 10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.		
	Paléogène	Miocène		⑤ 10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.	
		Eocène		200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.	
	MÉSOZOIQUE	CRAI	Maest.		250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
			Campan.		500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
		SÉPTEMIEN	Con-Sant.		④ 500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turo		180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		CÉNOGÈNE	Cénom.		③ 900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
			Vracon.		② 500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		ALBIEN	Albien		480-600	Marnes grises et gris-foncées, noires dans la partie supérieure avec de minces intercalations de calcaires argileux.
			Clans		100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
			Aptien		① 300-600	1- Faciès clastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
Barrém.				< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloulia).	
JURASSIQUE	Jurassique		?	?		
	Trias		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.		

Fig 07 : Colonne stratigraphique synthétique de la zone d'étude (D'après : Dubourdiou, 1959; Madre, 1969).

II.2.3- Le Barrémien

Représentées essentiellement par des marnes grises ou jaunes assez argileuses, à ammonites pyriteuses. Les seules formations qui se rapportent au Barrémien, affleurent au petit anticlinal de Sidi Embarka au NE de Dj. Ouenza, sur le flanc SW de l'anticlinal de Mesloulia et le long de l'oued Batma et au NW de DeharMesloulia (Dubourdiou, 1956). Ailleurs des mouvements d'effondrements (Boukhadra-Hameimat)

et la poussée triasique (Ouenza, Boujaber, Dubourdiou, 1956), empêchent d'observer les sédiments antérieurs à l'Aptien.

II.2.4 -L'Aptien

Il forme la partie septentrionale et orientale de DJ Bouroumane, il comprend :

- **Aptien inférieur et moyen** : 400 mètre d'épaisseur, caractérisé par la présence de calcaire massifs, localement des oolithes ferrugineux et des dolomies.
- **Aptien supérieur**: 70 mètre d'épaisseur, ce sont des calcaires gris ou roux avec des intercalations marno-calcaires.
- **Clansayésien**: 90 mètre d'épaisseur, (le versant occidental de Dj Bouroumane) c'est une série de calcaires massifs à huitres et oolithes, gris à bleus, il existe des rudistes à la base, au sommet, les calcaires deviennent lumachelliques avec niveaux gréseux.

II.2.5- L'Albien

Une série monotone de marnes à argiles d'un gris foncé avec passage de calcaires à marnes noires. Sa puissance varie de 20 à 150 mètres. Il est marqué par une faune benthique dans des zones peu profondes. A l'Albien supérieur, la couverture albo-aptienne est percée par le Trias, entraînant le redressement des couches et la complexité des structures (plis évasés, plis en champignon, etc.) généralement scellées par le Vraconien (Bouzenoune, 1993; Othmanine, 1987).

II.2.6- Le Vraconien

Ensemble de calcaire et marno- calcaire gris en plaquette et en petits bancs avec de rares intercalations marneuses. Les Ammonites et les bélemnites marquent leur présence par les empreintes qu'ils laissent. Son épaisseur atteint 70m à Dj bouromane.

II.2.7- Le Cénomanién

Dans la Région de Tébessa, une série monotone de marnes argileuses verdâtres s'installe au Cénomanién inférieur. Au Cénomanién moyen, ces marnes admettent diverses intercalations calcaires peu développées avec une faune plus au moins abondante et de veinules de calcite fibreuse. Au Cénomanién supérieur, la sédimentation devient carbonatée. L'épaisseur totale de la formation cénomaniénienne est estimée entre 750 et 1100 mètres.

II.2.8-Le Turonien

Il se fait remarquer par son changement rapide de sédimentation vers des calcaires compacts donnant lieu à des reliefs accusés. Le Turonien constitue les flancs des grands anticlinaux et synclinaux et ses formations affleurent également en dehors des zones diapiriques.

L'analyse lithologique faite par Salmi-Laouar (2004), d'une épaisseur de 200 m, il débute par une assise constante de marno calcaires, le turonien moyen est représenté par un massif de calcaire beiges ou roses et de dolomies, le turonien supérieur commence par des calcaires à lumachelles, ensuite des marno calcaires puis des marnes noires gypsifères au sommet.

II.2.9- Le Coniacien-Santonien

C'est une épaisse et monotone série de marnes noires ou vertes de 250 m d'épaisseur, admettant au sommet des niveaux calcaires.

II.2.10- Le Campanien

D'environ 60 m, il comprend des calcaires marneux blancs, crayeux la microfaune campanienne est bien représentée, les marno-calcaires très feuilletées contiennent des empreintes de poissons.

II.2.11- Le Maestrichtien

Il est marqué par des calcaires blancs bien lités, d'environ 60 mètres d'épaisseur, recouverts par une très forte accumulation de marnes argileuses grises à noires (150m). Ces dernières admettent à leur base quelques intercalations de calcaires (Dubourdiou, 1956).

II.2.12-Le Paléocène

Représenté par une puissante série (300m) de marnes noires à jaunâtres parfois gypseuses à pyriteuses à rares bancs marno calcaires.

Le Thanétien est représenté par des marnes et des calcaires à silex renfermant des couches de phosphate.

II.2.13- L'Eocène

Des calcaires à silex et d'autres à Nummulites caractérisent l'Eocène inférieur et moyen, près des périmètres de la région de Tébessa. Leur puissance est de 200 mètres.

II.2.14- Le Miocène

On le subdivise en (Miocène inférieur et moyen) et Miocène supérieur (Pontien).

a - Le Miocène inférieur et moyen :

C'est une série gréseuse continentale transgressive sur toutes les séries antérieures avec un conglomérat de base à éléments de silex dans une matrice gréseuse peu abondante. Cette série supporte des alternances de marnes jaunâtres à verdâtres. La puissance de cette série peut avoisiner les 250m.

b- Le Miocène supérieur (Pontien) :

Affleure au sud du col de Tenoukla, coupé par la voie ferrée de Tenoukla montre environ 75m de marnes et d'argiles rouges parfois bariolées et gypseuses surmontant 75m d'argiles rouges moins gypseuses.

II.16 Le pliocène:

N'affleure qu'à l'est de Bekkaria sous forme d'argiles rouges, de conglomérats et sables quartzeux contenant des bois silicifiés et ferrugineux dans la région de Djebel Snoubra.

II.2.15- Le Quaternaire

Il constitue les recouvrements divers de la série gréseuse.

a -Terrasses anciennes

Argiles et surtout cailloutis de piémont à blocs abondants (centimétriques) de calcaires crétacé renfermant le plus souvent du silex. Au niveau de BirSbeikia, ces cailloutis ont été observés sur les grés miocènes avec des puissances de 0.5 à 5m.

b - Alluvions anciens

Constitués de croûte calcaire fréquente sur les alluvions caillouteuses plus ancien et sur les grés, avec une partie supérieure indure et une partie inférieure tendre d'aspect crayeux, la puissance varie de 0.5 à 2m.

Le contact avec le Miocène sableux se fait le plus souvent par l'intermédiaire de la croûte calcaire tendre et sableuse.

c - Alluvions actuels

Ils sont peu abondants et rares, les oueds actuels entament les formations sur lesquels ils coulent, les grés miocènes notamment, sur lesquels ils peuvent s'encaisser légèrement.

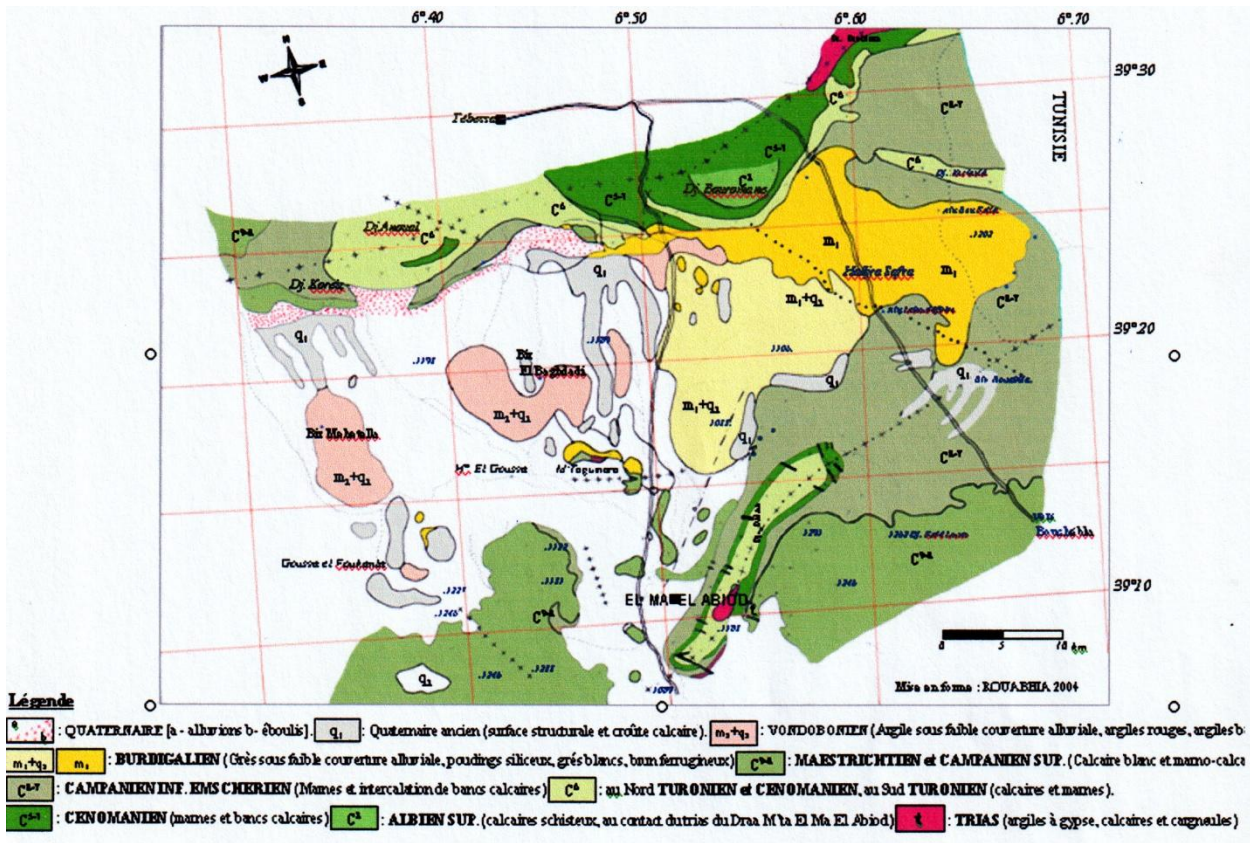


Fig 08 : extrait de la carte géologique de la région de Tébessa.

II.3- Tectonique

II.3.1 Les Phases de l'orogénèse

Les études sur la tectonique de la région ont mis en évidence la chronologie de la sédimentation, du plissement, du diapirisme et de la fracturation ainsi que, localement, les stades successifs d'effondrement du fossé de Morsott-Tébessa. Cette région a subi les cinq phases de l'orogénèse alpine (Kowalski et al., 2000):

a- La phase compressive fini-lutétienne

Elle est caractérisée par une contrainte maximale d'orientation N 320-330°E. Elle se manifeste par des plis d'orientation atlasique N 50°-60°E bien visibles sur les cartes géologiques d'El-Aouinet de Meskiana (Kuscer et al., 1985) et de Morsott (Blés, Fleury., 1970), mais moins nettes sur la carte géologique de Tébessa (Durozoy, 1956) à cause de la superposition des phases ultérieures. Elle se manifeste clairement au SW de Tébessa (carte géologique d'Ain Thélidjène, Vila., 1995).

b- La phase distensive du Miocène Inférieur

Elle est responsable de la formation et développement du bassin d'EIMA Labiod au cours du Langhien-Serravallien et Tortonien, ainsi que celui des Oulad Soukies et du graben de Foussana et Kasserine en Tunisie. La distension miocène a facilité le diapirisme dans le fossé des OuladSoukies, à Djebel Ouenza, à Djebel Boukhadra et dans la zone entre Djebel Belkif et Hameimat.

c- La phase compressive du Miocène Supérieur

Elle ne se manifeste que dans la zone de Sebkhia Sellaoua et plus au Nord. Dans la zone d'étude, ces manifestations sont amorties, en accord avec Vila., 1980. Les dernières manifestations de la compression miocène vers le sud, ont été observées dans les monts de la Haute Mejerda.

d- La phase compressive du Pliocène Inférieur

Elle a une contrainte maximale N 0°-20° E responsable de la formation des plis orientés N90°-110°S (l'anticlinal de Bled Tebaga, le synclinal de Draa Es Snouber, l'anticlinal de Bir-salem et les renplissements de l'anticlinal fini-Lutétien de Bou Roumane. avec la formation de l'anticlinal de Bou Roumane-Tella-Djebel Anoual) sur la carte de Tébessa. On observe aussi la formation du synclinal de Draa Snouber sur la carte de Meskiana.

L'effondrement du fossé de Morsott provoquée par la composante senestre de la contrainte N 0°-20°E au cours du stade distensif, était accompagné par le percement du diapir de Belkif-Hameimat (diapirisme mio-pliocène), qui s'effondrait partiellement dans le fossé. La composante dextre facilitait la réactivation du diapirisme du Djebel Djebissa, qui se manifestait comme un diapirisme sous-marin à l'Aptien-Albien, provoquant la réduction drastique du profil Aptien-albien de ce Djebel (Vila, 1994).

e- La phase compressive du Pliocène Supérieur

Elle est responsable de la formation des structures plissées plus Jeunes que le fossé de Morsott qui lui sont parallèles. A cette phase appartient l'anticlinal de Djebel Belkif, le synclinal Faid Al Obbiz et l'anticlinal d'Oued Annba-Djebel Stah. Ces plis, orientés N 160-170 E sont formés par la contrainte maximale N 80 E et détectés par (Blés, 1969) à El Kouif. La composante dextre de cette contrainte est responsable de l'effondrement du fossé de Tébessa lié avec l'effondrement et basculement d'une partie

des structures plicatives du Pliocène inférieur (comme une partie de l'anticlinal du Bled Tebaga, et du synclinal draa Snouber). La composante senestre de cette contrainte a réactivé la montée du diapir de Djebel Belkif avec sa couverture turonienne et de la zone de Sidi Bouhalala. Ce soulèvement diapirique a déformé le fossé du Morsott et parallèlement se produisait la réactivation du diapir du Djebel Djebissa. Qui monte Jusqu'à maintenant. La zone de jonction des fossés de Morsott (orienté NNW-SSE) et de Tébessa (orienté WNW-ESE) constitue une sorte de décrochement. La prolongation septentrionale du fossé de Tébessa déborde cette zone de jonction en modifiant partiellement le synclinal de Draa Snouber (Pliocène inférieur) à l'Ouest du Djebel Belkif. Par contre les plis de Villafranchien inférieur, parallèles au fossé du Morsott sont conservés. La composante senestre de la contrainte maximale du Plio- Villafranchien est responsable de la formation du fossé de Hammamet. Le substratum de ce fossé basculé, est constitué d'un système de horsts et grabens orientés SW - NE.

II.4- Les fossés d'effondrements

Dans les confins algéro-tunisiens, les fossés d'effondrement sont orientés NW-SE à E-W, ils sont bordés par des accidents majeurs à valeurs de failles normales ayant un rejet différent d'un fossé à un autre, de 100 à 400m dans le fossé de Tébessa – Morsott, de 1700 m dans celui de Ouled Ghanem. Ces fossés sont comblés par des dépôts miocènes à Plio-Quaternaires.

L'âge de ces fossés d'effondrement est très discuté. Ces fossés résultent d'une intense activité tectonique distensive post Miocène inférieur pour certains auteurs (Durozoy, Castany, Dubourdieu, KaziTani, Othmanine) alors que pour d'autres les premières manifestations sont enregistrées au Crétacé et l'effondrement majeur s'est réalisé au Pliocène.

L'individualisation de ces fossés est le résultat de phases tectoniques successives.

La phase distensive du Miocène se manifeste par la création des fossés des Ouled Soukies, foussana, Kasserine et le bassin d'EIMa-Labiod.

Il existe deux phases de plissement du Pliocène inférieur, dont la phase distensive à causé l'effondrement du fossé de morsott et le plissement et le plissement du pliocène supérieur, dont la phase distensive a provoqué l'effondrement du fossé de Tébessa.

II.5- Les richesses minières et hydrogéologiques

Une grande diversité caractérise la région de Tébessa, on peut citer d'abord le phosphate qui représente la richesse numéro un de la wilaya. Son exploitation a commencé depuis dizaine des années, les études géologiques qui ont été réalisées indiquent la présence des grands potentiels et une grande importance économique. A côté de phosphate, le fer et aussi compté parmi les richesses minières présentes au Tébessa avec des réserves importants, sans oublier l'existence avec des grande quantités les matériaux de construction telle que le sable, calcaire et argile qui sont réparti dans tout le territoire de la wilaya, et capable de couvrir la demande de ces produits à long terme.

Cette richesses est gérée par plusieurs organismes minières à travers la wilaya parmi eux on mentionne la direction des mines et de l'industrie qui est chargé de :

- La mine en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la recherche et de l'exploitation des mines.
- Elle veille à l'application de la législation et de la réglementation et les activités normatives de l'exploitation minière et matériaux explosifs.
- Elle contribue à la préparation et à la formulation de la réglementation et les activités de l'exploitation minières des normes.
- Elle évalue les besoins de l'état des produits miniers à court terme, à moyen et long terme, en coopération avec les autorités compétentes.
- Elle ente en collaboration avec les organismes impliqués dans compensation et le développement des activités minières et de matières explosives et de maintenir la propriété minière de l'état.
- Avec les institutions concernées veillent à la qualité et la régularité de l'approvisionnement en matières explosives.

En faisant le point sur toutes les formations géologiques, nous pouvons retenir quelques niveaux qui sont d'une perméabilité en grand, ce sont les calcaires du Maestrichtien, du Turonien, et de l'Eocène. La présence de failles au niveau de ces formations leur confère l'aptitude de jouer le rôle d'important magasin d'eau. En effet ces fractures peuvent constituer au sein de ces assises des réseaux prêts à emmagasiner ou faire circuler d'importantes quantités d'eau. Nous rappelons que ces formations bordent la plaine de d'Elma-labiod aussi bien au nord qu'au sud.

A l'intérieur de la plaine, les formations alluvionnaires, constituées à partir des sédiments de la série miocène et plio-quadernaire, sont d'une perméabilité moyenne à élevée. Ces formations bénéficient d'un granoclassement de la bordure vers l'axe de la plaine.

L'eau souterraine captée est assez abondante dans la plaine d'Elma-Labioud, les chaînes calcaires de bordure contribuent constamment à la recharge de la nappe d'eau souterraine.

II.6- Hydrographiques

C'est un ensemble de cours d'eau, naturels (ou artificiels), pérennes (ou temporaires), qui drainent les eaux de ruissellement ou de restitution des nappes, sous formes de sources ou tout au long des lits d'oueds. Il est différencié selon quatre facteurs principaux; la géologie (sensibilité à l'érosion, présence de structures conditionnant le sens du courant ...), le climat (réseau dense en région montagneuses et humides...), la pente du terrain (réseau en phase érosive ou sédimentaire..) et la présence humaine (modification du tracé originel du réseau par le drainage, l'endiguement, construction de barrages..).

Il est souvent caractérisé par sa hiérarchisation, son profil en long et son développement (nombre de cours d'eau et leurs longueurs). De par sa situation (région semi-aride), le nombre de cours d'eau y est limité, cela n'empêche que le réseau est quand même dense, marqué de nombreux ravins formants des affluents secondaires, sinueux, intermittents et à pentes raides. Les quelques Oueds importants collectent les eaux d'orages et drainent à l'exutoire à savoir (**Figure 09**).

✓ **Oued El Goussa** : qui prend son origine à l'Ouest et tend sa vallée selon une direction Ouest-Est sur une longueur d'environ 28,2km. C'est le thalweg principal. Il draine cette partie avec comme affluent, Oued Es-Sagui et celui du Koriz qui commence à couler après fonte des neiges sur Djebel Doukkane, néanmoins, il finira par se perdre un peu en aval, les alluvions quadernaires

✓ **Oued Elmalassoued** : qui a sa source au Nord-Est (Djebel Taga) et reçoit, après un parcours de 12km, Oued Ez' Zenad et longe ensuite la plaine. Il est considéré comme le collecteur des eaux de ruissellement du Nord et du Nord-Est du secteur.

✓ **Oued Ez'Zned** : prend naissance au Nord, il l'oued de T'noukla (issu de Kef T'noukla) et s'écoule, comme ses prédécesseurs, vers le sud.

✓ **Oued Elmalabiod** : la confluence de ses cours, donne naissance au conduit principal du bassin, un peu en amont de la ville d'où il tire l'appellation, Oued El Malabiod.

Il est à rappeler qu'un peu plus au sud, l'Oued Berzguène et celui de SafSaf, y prennent naissance. Ces derniers reçoivent à leur tour Oued gh'routa, guelbEs'safsaf El Ouesra, ce qui est à l'origine du cours qui draine les eaux vers chott Melhirau Sud.

L'écoulement de l'entrelacement (du système) se fait du Nord au Sud, caractéristique typique des cours d'eau de l'Atlas saharien, néanmoins il n'est pas toujours continu. Les crues ne font jamais référence à une saison quelconque (humide), mais sont fonction particulièrement des orages qui se manifestent à la fin du printemps et début de l'automne.

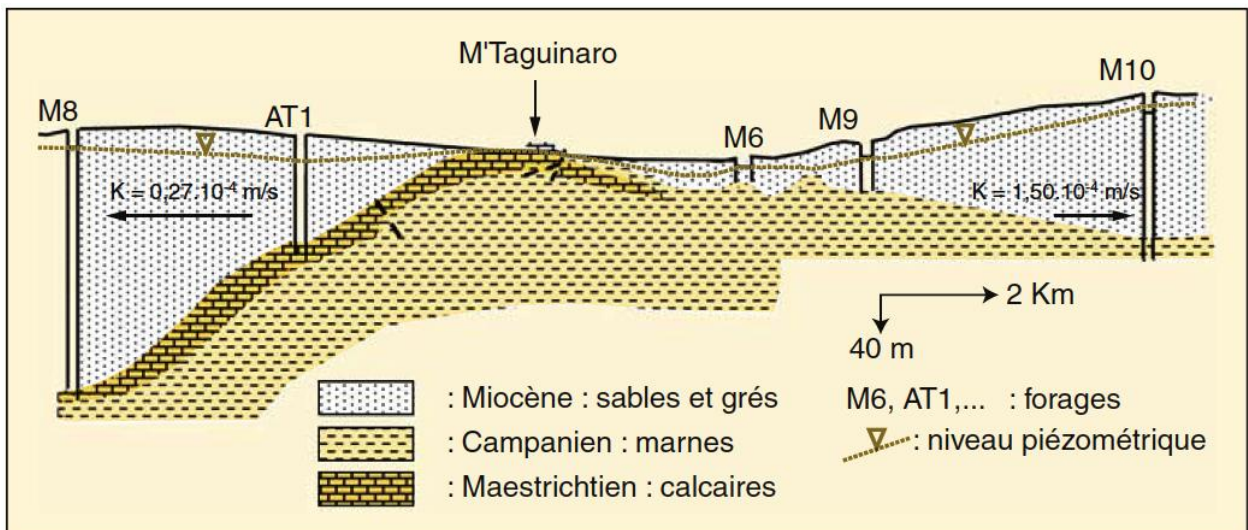


Fig. 09 : Coupe lithologique dans le bassin d'Elma-Labiod (A. Rouabhia et al., 2004)

II.7 - Géologie Locale

Du point de vue structure, la région d'Elma-Labiod apparaît sous forme de cuvette entourée par des massifs calcaires orientés SW-NE ; Malgré que cette région n'a pas fait bien d'une étude géologique précise mais elle intégrée dans un ensemble géologique bien connu, Seule une prospection électrique (CGG1970) et des forages hydrogéologiques ont été réalisés dans le but de recherche d'eau et de pétrole.

La plaine d'Elma-Labiod fait partie de l'Atlas saharien, elle est limitée au Nord et au sud par des plis d'axes, SW-NE.

La couverture sédimentaires du bassin est constituée par des dépôts du type épicontinental avec changement de faciès et d'épaisseur ayant une direction, SW-NE de l'Aptien jusqu'au Maestrichtien.

Ou point de vue stratigraphie le bassin d'Elma-Labiod se compose de deux grands ensembles géologiques différents :

- Les affleurements de bordures d'âge crétacé.
- Les formations d'âges Miocène et Quaternaire qui occupent toute la superficie du bassin.

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique incomplète (absence des formations Eocènes) qui comporte du plus récent au plus ancien :

II.7.1- Le Quaternaire

- 1- Quaternaire récent : il s'agit surtout des alluvions récents, des marnes et des grès burdigalien recouverts d'une mince couche alluviale remontés en surface par l'érosion. A l'Ouest de la route de Tébessa au Nord de HENCHIR ELGOUSSA ; la plaine d'Elma-Labiod est essentiellement marneuse tandis qu'elle est plus tôt sableuse à l'Est.
- 2- Quaternaire ancien : ce sont des terrasses alluvionnaires subhorizontales façonnant les marnes Emcheriennes à l'Est, présentant à leurs surfaces une faible croute calcaire ; tandis que, à l'Ouest de longues terrasses alluvionnaires, le plus souvent se raccordent aux éboulis, le piémont des massifs calcaires qui sont recouverts d'une épaisse croute calcaire.

II.7.2- Le Miocène

Selon G. Durozoy, il s'agit d'une série gréseuse continentale de 150 m de puissance, l'affleurement de ce sous étage est bien remarquable à la limite Sud de la région de Tébessa (BASSIN d'Elma-Labiod).

Les formations du Miocène se subdivisent en :

- ✓ **Vindobien** : il s'agit des argiles rouges ; quelquefois bariolées, qui affleurent bien col de T'NOUKLA et qui couvrent des superficies importantes t une épaisseur parfois supérieur à 40 m.

✓ **Burdigalien** : au Sud et à l'Est (M'TAGUINARO et Ain el HOUIDJBET) ; la série débute par un conglomérat extrêmement dur à gros rognons de silex. Au dessus viennent des sables et des grossiers à lits étagés de quartz puis des grès ferrugineux. Au Nord ; les sables sont directement transgressifs sur les calcaires ou les marnes Emchériennes.

II.7.3- Le Crétacé :

✓ **Maestrichtien- Campanien supérieur** :

Ils sont représentés par de marno-calcaire blancs à incérâmes et ammonites déterminées puis viennent des calcaires blancs massifs à incérâmes, le changement de faciès depuis le Nord (région de Tébessa) est important au **DJ. KOREIZ**.

✓ **Campanien inférieur – Emchérien** :

L'ensemble comprend des marnes avec des niveaux de calcaire à lumachelles. L'épaisseur de la série de 120m est intérieure à celle d'affleurement au Nord 400 m au **DJEBELLE DOUKKANE**.

II.7.4- Turonien :

Il s'agit d'une assise massive de 80 à 100 m d'épaisseur ; représentée au Sud du **FEDJ EL BHIM** par des marnes et calcaires en plaquettes et au Nord depuis **DJ.ANOUAL** passant par **DJ .NAHAL.BEKKARIA** et **DJ.KECHRID**.

II.7.5 - Cénomanién

Il comprend des marnes et des calcaire lumachelliques à huitres (épaisseur de 500 m) à l'Est du **DJ. DJBISSA**.

II.7.6 - Albien Supérieur

Ensemble de calcaire et marno-calcaire gris en petits bancs dont des rares couches de marnes brunes viennent pour interrompre l'homogénéité. Des empreintes d'Ammonites sont très abondantes.

Les formations de l'Albien supérieur jusqu'au campanien supérieur, Maestrichtien sont concordantes, tandis qu'au dessous vient une série Miocène continentale discordante.

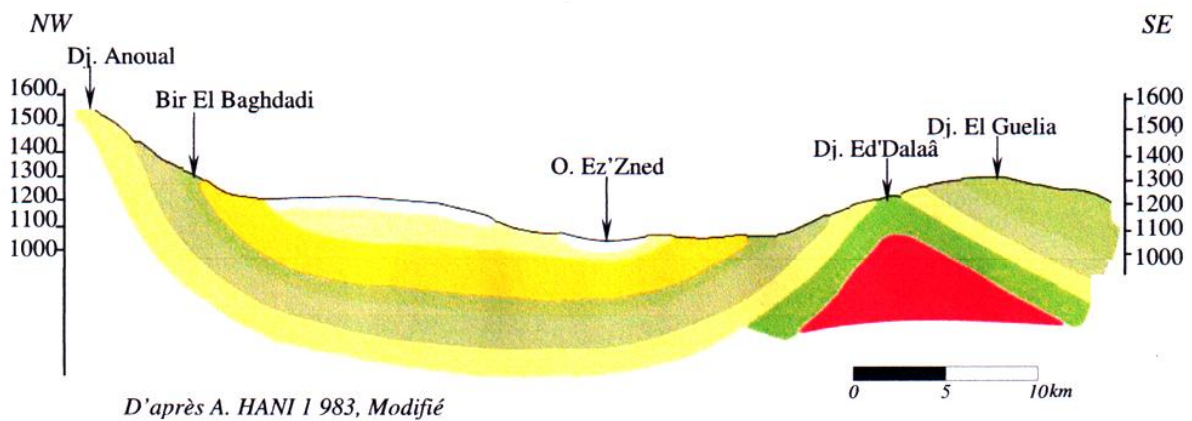
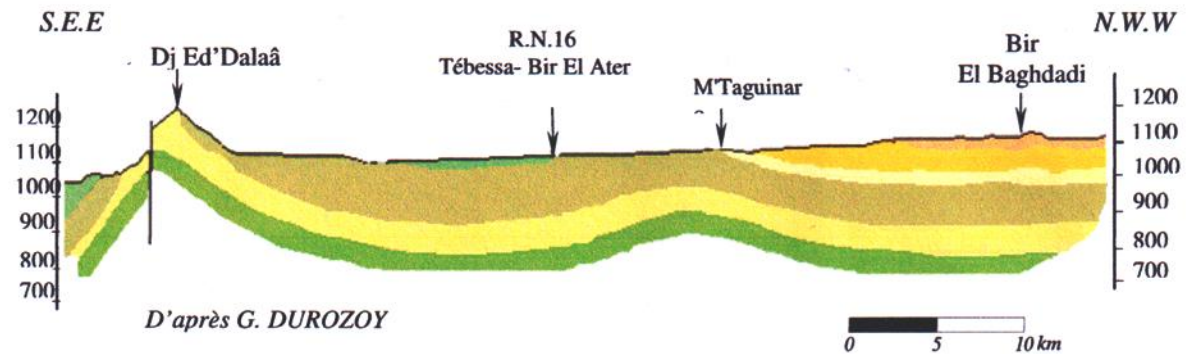
II.7.7 - Trias :

Se sont des marnes à gypse et des gris qui n'affleurent qu'en diapir sur le terrain.

A partir de ces données géologiques et leur interprétation sur la basse des coupes établies par G.Durozoy 1948, on peut retenir à toute fin utile le tableau suivant :

Tab.12 : les épaisseurs de la formation géologique d'après G.Durozoy 1948.

Formation géologique	Epaisseur moyenne
Calcaires	100 m
Marnes	50 m
Grès	50 m
Sable	40 à 25 m



- : VONDOBONIEN (Argiles sous faible couverture alluviale, Argiles rouges, Argiles bariolées)
- : BURDIGALIEN (Grès sous faible couverture alluviale, Poudings siliceux, Grès blancs, brun ferrugineux).
- : MAESTRICHTIEN - CAMPANIEN SUPÉRIEUR. (Calcaires blancs et Marno-calcaires blanc à Inocérames).
- : CAMPANIEN INFÉRIEUR - EMSCHERIEN (Marnes et intercalation de bancs calcaires à Lumachelles).
- : TURONIEN (Calcaires, Marnes et bancs calcaires).
- : CÉNOMANIEN (Marnes et bancs calcaires à Lumachelles).
- : TRIAS (Argiles à Gypse, Calcaires et Cargneules).

Fig 10 : Coupes géologiques d'après G .Durozoy 1940.

Conclusion :

La stratigraphie du secteur d'étude s'étale du Crétacé (Trias) au quaternaire (récent), à la suite de ces dépôts, une tectonique régionale a donné naissance à des chaînes orogéniques, des fossés d'effondrements et des culminants, mettant en évidence une richesse minérale considérable, Notant aussi le rôle très important de processus de formation géologique et structurale dans la genèse des dépôts miocène à caractère sablonneux ou gréseux très riche en silice.

CHAPITRE III

IDENTIFICATION DES GISEMENTS DE LA RÉGION D'ELMA- LABIOD.

III.1- Introduction

D'après les études effectuées on peut dire que la région d'Elma-Labiod est très riche en ressources minérales non métalliques, on distingue la répartition des gisements de calcaires (carrière de cimenterie et les carrières D'ADILA), ainsi que sable siliceux de T'NOUKLA et les sables D'ELHOUIDJBET (sablère Hamed – El-Hadjar Essofr , Ben Fallia), on peut représenter comme suite :

III.1.1- Les calcaires de la plaine d'Elma-labiod

- Les coupes hydrogéologiques des forages d'eau, effectués à l'Ouest de la route Tébessa- d'Elma-Labiod -ont traversé les formations calcaires situées directement en dessous du remplissage miocène. Ces calcaires disparaissent à l'Est, où les formations miocènes viennent en discordance sur les marnes emscheriennes.

Les forages ont montré que ces calcaires présentent des cassures conchoïdales colmatées par la calcite recristallisée (forage M2) d'une part et des calcaires blancs ou gris durs d'autre part (M3, M7, et M8). Tous les forages ont été rebouchés aux niveaux supérieurs des calcaires (**Fig11**).

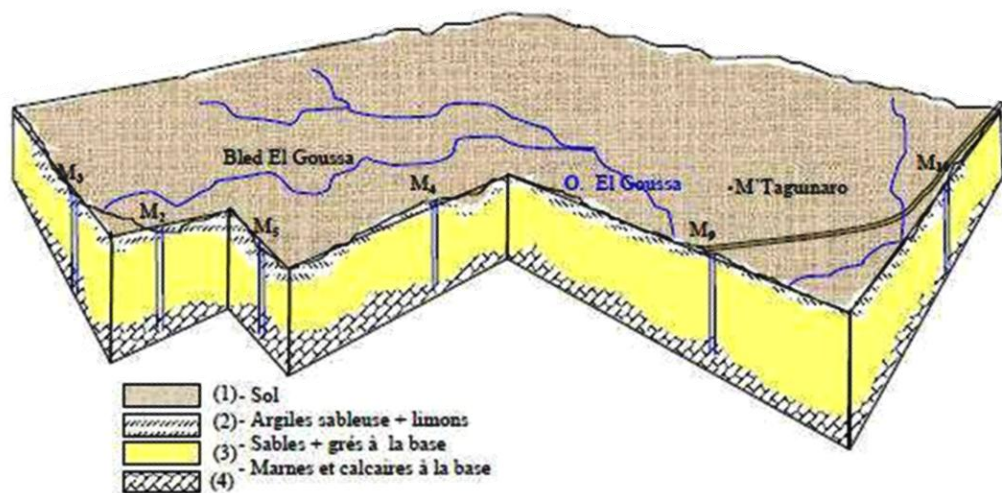


Fig. 11: structures géologique et hydrogéologique du système aquifère de la plaine D'El Malabiod

(In Roubhia 2001).

- 1- Calcaire de cimenterie ce sont des calcaires du maestrichtien sont a l'origine de nombreuses sources qui situées juste a cote de l'usine avec grandes réserves géologiques destinés pour la fabrication de ciment.
- 2- Calcaires des ADILA ont été reconnus en qualité de matière première pour la production des agrégats par les travaux de constructions le ballast de chemin de fer, les bétons bitumeux et lourd, par des carrières d'agrégats on peut représenter dans le tableau suivant :

Tab 11 : Carrières d'agrégat d'Elma-Labiod.

Nom	Statut juridique	Permis d'exploitation	Réserves géologiques en (m ³)
SCT	EPE /SPA	Concession minier	165760900
ENG	EPE /SPA	PXC743	93800850
Moumen et Touati	SARL	PXC6930	10067290
Salmat	SARL	PM5538	8586500
Cosider carrière	SPA	PM5570	/
Mayouf et soltani	SARL	PXC5622	7219483

III.1.2- L'argile de la plaine D'ELMa-Labiod

Le gisement de Draa El-Bahi c'est un gisement de deux catégories avec très grandes réserves. Elles permettent d'alimenter une unité à capacité d'un million de tonne par an durant 63 ans, sont relativement faciles à exploiter, nécessitent un décapage de quartes mètres de recouvrement.

Tab 12: Carrières d'argile ELMa-labiod.

Nom	Statut juridique	Permis d'exploitation	Réserves géologiques en (T)
SCT	EPE /SPA	PM587	26637420

III.1.3- Les Sables De La Région d'Elma-Labiod

Dans le but d'identification des sables de la région d'Elma-Labiod en chois les gisements suivant :

III.1.3-1- Les sable de Kef Tenoukla :

Les sables de Kef Tenoukla sont constitués en général de grés friables, sauf en profondeur dans quelques sondages on rencontre des parties intercalaires de grés durs. Dans ce gisement on rencontre quelques variétés du point de vue aspect, couleur et granulométrie. En ce qui concerne la dureté. On rencontre les grés les plus friables jusqu'aux grés les plus dur.

La couleur est très variable aussi blanche à jaune clair, parfois grisâtre pour les grès quartzeux, on rencontre également des grès rougeâtres dus à la ferruginisation pour la granulométrie on rencontre des plus fins (1,254mm) jusqu'aux très grossiers (5mm) on remarque quelques fois la présence d'intercalation d'argile sableuse, de grès argileux et des alternances de sable et d'argile.

Ces grès présentent généralement une stratification entrecroisée typique avec alternance de lits de granulométrie diverse allant du très grossier au très fin.

Une coupe dans la tranchée de la voie ferrée située l'ouest du gisement a été relevée, cette coupe s'étend des argiles du miocène supérieur au sud jusqu'aux marnes du crétacé au nord (250m de grés environ).

Cette coupe a montré de part les intercalations argileuses une grande abondance des grés fins au fur et à mesure ou on s'élève dans la série cependant, le style entrecroisé de la sédimentation fait que le sable grossier persiste jusqu'au sommet même s'il est moins abondant.

La structure de gisement de grés de KEF TENOUKLA est à relief ondulé à forte dénivellation, la puissance de la couverture de (0 à 2m) les bancs de grés ont un pendage assez fort (60° vers le sud) au début de l'intervalle puis s'adoucissent progressivement en allant vers le sud.

III.1.3.2- Les Sables De Bhiret Larneb :

De point de vue morphologique le gisement se présente sous forme d'une colline à sommet plat, le couvert végétal est pratiquement absent dans le gisement, la formation utile est représentée par des sables naturels non affleurant situés sous une couverture moyenne de 03mètres.

Une couverture constituée de tuf d'épaisseur de 2à 3m recouvre une bonne partie du gisement, ce qui a nécessité son décapage pour entamer les travaux d'extraction.

La morphologie de la masse sableuse se présente sous forme d'une couche tabulaire subhorizontale, qui est matérialisée beaucoup plus dans la partie Nord- Est du périmètre. Elle est inexistante dans la partie sud qui est occupée par des tufs.

Ces sables naturels sont de couleur jaune à jaune blanchâtre, d'une granulométrie homogène, très friable à la surface et compacte en profondeur.les sables sont intercalées par une couche d'argile de couleur gris verdâtre.

Sur la plaine d'Elma-Labioud en distingue les sablières on peut représenter dans le tableau suivant :

Tab 13: Les sablières d'Elma-Labioud.

Nom	Statut juridique	Permis d'exploitation	Réserves géologiques en (m ³)
SCT	SPA	PM587	26637420
ALVER	SPA	PM 5880	2615365
CIVITAMINIRAL	SARL	/	/
ELWAFa	SARL	/	966722
ALGERCCAR	SARL	/	2549742
GOURI Et ASSOCIES	SNC	PXC 5915	13035520
ELOUERCHENNE 01	EURL	PM 6466	1455400
ELOUERCHENNE 02	EURL	/	1203600
OULED RACHACH	SARL	PM 2147	348100
DJEBEL LABIOD	EURL	/	482303

III.2- Les sables siliceux de la région D'Elma-Labioud :

La région appartient à l'atlas saharien oriental, la plaine d'Elma-Labioud apparait comme un bassin subsidie encadré par des massifs calcaires de direction E-W. En dehors du Trias évaporitique, les terrains qui affleurent dans l'Atlas saharien oriental sont caractérisés par des dépôts allant du crétacé inférieur au miocène. Le Miocène Le bassin d'ELMALABIOD est dominé dans sa quasi-totalité par les formations d'âge Miocène (G. DUROZOY). À l'Est de la route nationale (RN16), il a été constaté un large affleurement des formations d'âge Miocène moyen et inférieur, tandis qu'à l'Ouest, c'est le Miocène supérieur qui occupe le reste du terrain, sous faible couverture alluviale ;Le Miocène inférieur et moyen (Vindobonien et Burdigalien) En se référant au rapport de J. L. BLES et J. J. Fleury (1 970), il y a été noté qu'il s'agit d'une série qui débute par des conglomérats ; de l'Aquitano-Burdigalien (à l'Est d'EI KOUIF et à HOUIDJBET). Ces derniers sont siliceux, extrêmement durs, à gros rognons de silex plus ou moins arrondis. Outre les conglomérats, on note l'existence de petits cailloux très arrondis, siliceux, blancs en générale. G. DUROZOY (1 949), Les éléments siliceux de la roche ont une taille plus réduite. À l'Est et au Sud de M'taguinaro, les conglomérats en question, renferment des silex de taille plus importante. Le Miocène supérieur (Pontien) Les formations datant de cet étage ont été signalées du côté de T'noukla, ce sont beaucoup plus des sables fins à grossiers et des grés directement en transgression sur les calcaires Maestrichtiens ou les marnes Emschériennes ainsi que des marnes rouges continentales, quelquefois bariolées. Leur épaisseur atteint, parfois même, les 120m.

III.2.1 - Caractérisation des gisements des sables siliceux de la région d'Elma-Labioud

La région d'Elma-Labioud est très riche par des grandes réserves des sables et des sables siliceux, et on peut dire que c'est un point de vue pour fournir des matières premières dans le domaine de construction et de développement local. On distingue la répartition des carrières et sablières dans cette région pour assurer cet investissement.

Dans le cadre de réalisation de notre projet d'étude dite caractérisation des gisements des sables siliceux de la région d'Elma-Labioud nous avons cherché d'obtenir des données concernant les caractéristiques chimiques et physiques de cette région qui sont présentées par ces carrières et sablières, comme des points ou échantillons. On utilise les rapports géologiques de cette entreprise (sablières) qui sont déposés au niveau du (DIM Tébessa).

D'après cette opération nous avons recensé dix points (sablières) répartis dans toute la région, à partir de cette documentation concernent les dépôts des rapports géologiques des entreprises au niveau de la direction de l'industrie et des mines, on remarque les données de chaque comme suit :

III.2.2 - Répartitions des gisements de sables de la région d'Elma-Labioud

Les gisements de sables qui existent dans cette région ce sont les suivantes :

a- Station 01

Sur le plan géologique le site fait partie du territoire de commune d'ELHOUIDJEBET, au point de vue géologique ce gisement se présente particulièrement par une formation des grès de couleur blanchâtre à jaune clair, par endroit elle est plus ou moins rougeâtre due à l'oxydation et d'un aspect tendre appartenant à l'âge du Miocène.

Les réserves du gisement, étant totalement au relief, leur exploitation se fera à ciel ouvert. Les conditions géologiques sont favorables à son exploitation, les essais de laboratoire effectués sur les échantillons prélevés ont donné des résultats satisfaisants de taux de silice de 98% permettant de conclure que la matière étudiée est apte à la production de sable industriel, il faut éliminer la couche superficielle en stérile pour préserver la qualité du produit à extraire.

Les réserves géologiques déterminées par la méthode des coupes géologiques estimées à 2549742M³.

b - Station 02:

C'est un gisement de sable se trouve au lieu dit HENCHIR ZAHDOUD- EL HOUIDJBET, Avec une grandes réserves géologiques du sable siliceux et du gré.



Fig. 12: Gisement du sable Henchir Zahdoud- El Houdjbet.

La classification est déterminée principalement par le taux de silice et de fer existant dans sa composition chimique.

Tab 14: Résultat des Analyses chimique de la station 02.

Station	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	CaO	MgO	DENSITE (Kg/L)
02	95.31	0.14	0.26	0.00	0.07	0.01	1.72	0.1	1.6

Nous avons remarqué d'après les analyses que la composition chimique présente un sable riche en (SiO₂).

c- Station 03

Sur le plan géologique le gisement de sable se localise dans la plaine d'Elma-Labiod, le site apparait comme un terrain plat ou couche de sable est recouverte part des dépôts récents constitués de croute ferrugineuse argilo gréseuse. Les conditions géologiques son favorables à son exploitation, les essais de laboratoires effectués sur les échantillons prélevés ont donné des résultats satisfaisants permettant de conclure que les sables peuvent être utilisés dans les bétons hydrauliques,

bâtiments et travaux publics. les conditions technico minière sont favorables, l'assise productive est une série gréseuse de grés quartzeux très friable de granulométrie fine à moyenne . Les réserves géologiques sont estimées à 966722M³.

Les résultats chimiques ont donné le taux de silice de 91.72%



Fig. 13 : Gisement du Sable Station 03.

Le sable du gisement de HJAR SAFRA présente une bonne composition chimique, les teneurs en SiO₂ sont très élevés et supérieurs à 90% présentant une moyenne de 91.5% avec un très faible écart.

d - Station 04

Le gisement de KEFTNOUKLA c'est un gisement qui destiné pour la fabrication du verre avec des réserves géologiques très important du sable siliceux, On remarque les analyses chimiques suivantes :

Tab 15: Résultat des Analyses Chimiques de la station 04.

Station	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CAS	MGO	K ₂ O	Na ₂ O	P.F	SO ₃	TOTAL
04	90.31	3.1	1.29	/	2.28	0.5	0.74	0.11	2.52	+2	99.16

e - Station 05

Les sables d'Elma-Labiod, C'est un gisement qui destiné pour la fabrication de ciment avec des réserves géologiques très important du sable siliceux et grés. Ces réserves permettent de couvrir largement les besoins en sable de la cimenterie de Tébessa. Un autre gisement de sable destiné comme ajout au clinker a été mis en

évidence dans le territoire de la wilaya. Tous les gisements de sables sont liés aux dépôts du miocène qui peuvent être utilisés dans l'industrie de la verrerie .d'après les études des rapports géologiques.

On remarque les analyses chimiques suivantes :

Tab 16 : Résultat des Analyses Chimiques de la station 05.

Station	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MGO
05	91.8	0.85	0.65	1.75	0.10

f - Station 06

Sur le plan géologique le site fait du territoire de la commune d'ELHOUIDJBET. Le sable du gisement d'ELHOUIDJBET est constitué principalement de quartz moyen à fin, le taux de quartz est de 97% de (SiO₂).l'analyse chimique pour détermination la composition en éléments essentiels constituant le sable a été effectuée sur un échantillon prélevé au centre du gisement.

Les résultats de l'analyse chimique sont affichés dans le tableau qui suit :

Tab 17 : Résultat des Analyses Chimiques du gisement de la station 06.

Station	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MGO	K ₂ O	Paf
06	97.00	0.65	0.10	0.86	0.36	0.45	0.5

La qualité d'un sable s'estime différemment suivant qu'il s'agit d'un béton de ciment ou d'un béton bitumineux, mais cette importance est toujours grande et elle dépend non seulement de la granulométrie, de la forme et de la propreté des grains, mais aussi de la nature chimique, de l'altérabilité, de la dureté et de la fragilité des grains de la roche d'origine.

Le sable de ce gisement s'est du sable siliceux (97%) de silice à granulométrie fine à moyenne.

g - Station 07

La composition chimique du sable a été déterminée sur l'ensemble des échantillons. Ce calcul a été étendu sur le total des éléments suivant à savoir :

Tab 18: Résultat des Analyses Chimiques de la station 07.

Station	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	NA2O	K2O	SO3	CaO	MGO	TIO2	PF	CI
07	86.46	1.44	0.72	0.39	0.48	3.24	3.07	0.63	0.09	6.58	0.014

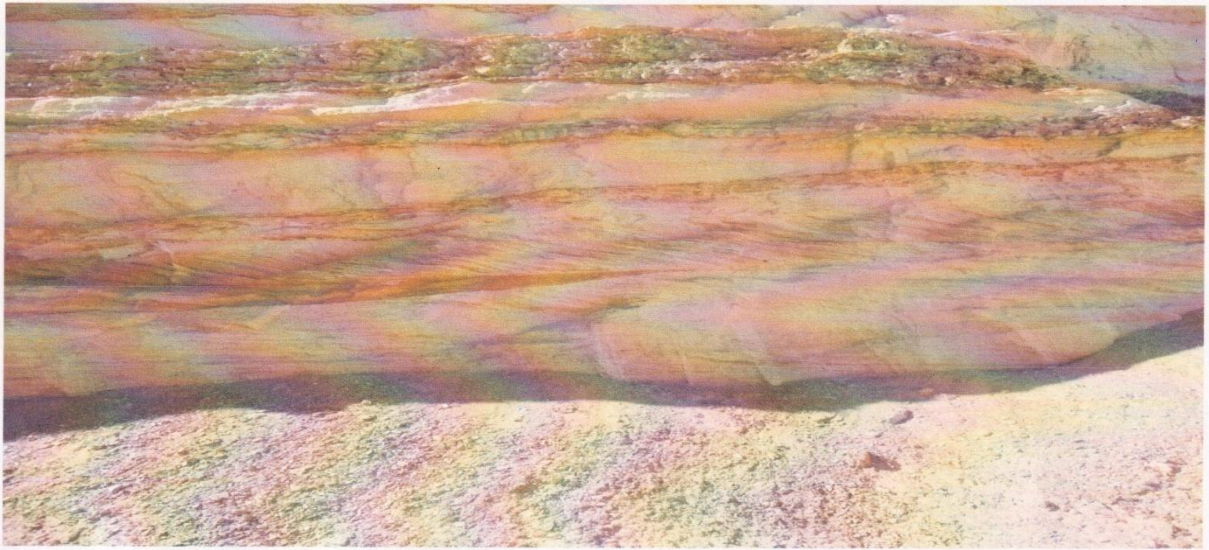


Fig. 14 : Gisement de Sable Station 07.

i -Station 08:

Sur le plan géologique, le site se localisé dans l'extrémité sud occidentale de la plaine d'Elma-Labiod qui se trouve limite au Nord Ouest par le massif de DJBEL DOKKANE et au Sud Est par l'anticlinal de BOUDJELLAL. Les réserves géologiques calculées sur une superficie d'environ de 03 hectares sont estimées à 482303M³.

D'après les rapports géologiques indiquant que se gisement est constitué par deux formation, une couche supérieure de dépôts récents (quaternaires) et une couche de sable qui est représentée par des grés friables à la main de couleur blanchâtre dominante à grain fins.

Les résultats chimiques sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tab 19 : Résultat des Analyses Chimiques du gisement de la station 08.

Station	SiO ₂	CaO	FE ₂ O ₃	MgO	SO ₃
08	92.32	1.77	0.38	0.25	0.01

La composition chimique du gisement de sable de BHIRET LARNEB a été déterminée d'après l'étude des résultats d'analyse chimique. La teneur en silice est très élevé et supérieures à 90%avec une moyenne de 92% et montrant de très de très faibles variations.

j - Station 09:

Se site est localisé au lieu dit BHIRET LARNEB commune d'ELOGLA EL-MALHA, c'est gisement de réserve géologique très important qui peut à satisfaire les besoins de la région en matériaux de construction de centaine années, le gisement BHIRET LARNEB est constitué par la formation miocène par des sables blanchâtres a jaunâtre.

Les résultats d'essais chimiques sur le sable :

Tab 20 : Résultat des Analyses Chimiques de la station 09.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	PE
Station 09	94.03	1.40	0.26	1.85	0.09	0.03	0.74	0.06	0.01	0.12	1.42

D'après les résultats d'analyse en remarque la teneur en silice est très élevé supérieur de 93% et peut atteindre 95% qui indique que se gisement est très riche en silice(SiO₂).

k - Station 10:

Se site est localisé au lieu dit BHIRET LARNEB commune D'ELOGLA EL-MALHA, dans la même condition géologique et aussi avec des grandes réserves, Il est constitué par la même formation miocène par des sables blanchâtres a jaunâtre, Les analyses chimiques sont mentionnées dans le tableau ci –dessous :

Tab 21 : Résultat des Analyses Chimiques de la station 10.

	SiO ₂	CaO	MgO	SO ₃
Station 10	68.00	1.85	0.48	0.01

D'après les résultats d'analyse en remarque la teneur en silice qui atteindre 68%.

III.2.3- Interprétation des résultats des analyses chimiques de sable de la région d'Elma-Labiod :

Sur le plan géologique les gisements de sable sont localisé dans la plaine d'Elma-Labiod.les sont apparaissent comme un terrain plat ou les couches de sable est recouvre part des dépôts récent constitués de croute ferrugineuse argilo gréseuse à la profondeur par des couches de sable siliceux et des grés dur et friable de formation miocène. Les conditions techno minières sont favorables, l'assise productive est une

série gréseuse de grés quartzeux qui varie de dur à très friable de granulométrie fine et moyenne.

La classification des sables est déterminée principalement par le taux de silice (SiO_2) et de fer existant dans sa composition chimique. D'après les résultats d'analyse chimique qui est effectuées sur cette région et qui motionnées au dessus nous pouvons remarquer que la composition chimique présente un sable riche en silice avec un taux en SiO_2 peut atteindre plus de 97%. Il est signalé que pour l'utilisation des sables dans le domaine de construction et obligé l'amélioration par les méthodes de traitement et de valorisation pour obtenir a la fin un produit de sable apte dans le domaine du l'industrie tel que la fabrication de verre et de fonderie.

III.3- Le Sable siliceux en Algérie

On trouve en Algérie des gisements importants de matériaux siliceux, notamment dans l'ouest du pays, où ils sont liés aux dépôts de sables éoliens.

Ce sont surtout ces gisements qui sont exploités pour la production du verre. Les gisements algériens de silices sont surtout représentés par les dépôts de sables quaternaires, mais aussi par des matériaux variés: grés quartzeux, quartzites, quartz filoniens, etc.....

III.3.1 – Les réserves géologiques importantes

Dans la partie nord du pays, les réserves géologiques connues sont de plus de 150 Mt de roches siliceuses pures à teneur en silice élevée ($> 97\% \text{SiO}_2$) et plus de 100 Mt de roches siliceuses industrielles à plus de 90 % de SiO_2 .

III.3.2 - Une ressource géologique potentielle et des réserves probables très élevées :

Les ressources potentielles en matériaux siliceux est très importante grâce à leur répartition, leur extension et à la diversité des gisements de roches siliceuses sous forme de sable, grés quartziques, quartzites, filons de quartz et en contextes de bassins sédimentaires et de zones de socle.

III.4 - La Production Algérienne :

La production de sable siliceux, en Algérie, est assurée par 12 sablières, dont 6 relèvent du secteur privé, réparties sur 08 wilayas.

En 2008, la production a atteint 498 035 tonnes. Le secteur privé domine cette activité avec 341 048 tonnes, soit un taux de 68,4%.

Depuis l'année 2000, la tendance de la production de sable siliceux est à la hausse ; de 230 013 tonnes produites en 2000, a plus que doublée en 2008 en atteignant 498 035 tonnes. (Sources : DGM/MEM, rapport 2008).

III.4.1- Domaine minier :

A ce jour, au niveau du cadastre minier, 53 titres miniers en vigueur sont enregistrés pour le sable siliceux, 51 titres miniers concernent l'exploitation et deux pour la prospection, répartis sur 22 wilayas.

Les substances concernées par ces titres miniers sont destinées, en majorité, pour la verrerie et pour ciment, et d'autres pour la céramique, la fonderie, ajout comme dégraissant et abrasif.

III.4.2- Potentiel et perspectives de développement de la production de sable siliceux en Algérie :

Parmi les nombreux domaines d'utilisation industrielle de la silice en Algérie, ce sont ceux du verre plat ou coulé (bâtiment et automobile) et du verre creux qui présentent actuellement un fort potentiel de développement.

Pour assurer un potentiel de production adapté et la qualité des produits, les développements de production de matériaux siliceux concernent :

- L'optimisation des méthodes d'exploitation et/ou l'augmentation de la production des gisements de sables siliceux actuellement exploités
- La modernisation ou l'installation d'unités de traitements adaptées la reconnaissance géologique des gisements et indices situés à proximités des centres de consommation.

Conclusion

- A partir des études effectuées et leur interprétation et sur la base des coupes établies par G. Durozoy 1948, on peut retenir que les formations géologiques sont des calcaires du maestrichtien situées directement en dessous du remplissage miocène avec une puissance peut atteindre 100m représenté par le gisement ADILA ont été reconnus en qualité de matière première pour la production des agrégats par les travaux de constructions et de fabrication du ciment.
- Les sables de la région d'Elma-Labiod sont représentés par les sables de KEF TENOUKLA, BEN FALIA commune d'ELHOUIDJBET jusqu'à la plaine de BHIRET LARNEB dans la région d'ELOGLA ELMALHA sont constitués en général de grès friables, ou profondément par l'intercalaires de grès durs une épaisseur de 50m par fois, avec la variation de couleur parfois grisâtre pour les grès quartzeux, et par les sables siliceux de puissance varie de 25m jusqu'à 40m.
- la granulométrie et la teneur en silice (SiO_2) variables peut atteindre dans quelque région jusqu'à 98% ainsi que l'existence des marnes avec une puissance de 50 m.
- L'argile est représentée par le gisement de Draa El Bahi c'est un gisement de deux catégories avec très grandes réserves. Elles permettent d'alimenter une unité à capacité d'un million de tonnes par an.

CHAPITRE IV
CONCEPTS SIG ET
CARTE
THÉMATIQUE

IV.1- Introduction

Les systèmes d'informations géographiques se présentent comme un accessoire d'orientation, d'analyse, de comparaison, d'estimation, de combinaison, et de triangulaire guidant les hommes, les spécialistes, les gouvernants, les gestionnaires, les exécutifs locaux, la mise en œuvre effective des processus de développement local s'améliore si les autorités locales intègrent les outils SIG, car de tels outils pratiques permettent de bien maîtriser les ressources multi variées des territoires. L'éclaircissement conceptuel du développement local et des systèmes d'information géographique s'impose.

Ce chapitre présente l'état de l'art dans le domaine des systèmes d'information géographique. Nous évoquerons dans un premier temps les généralités sur les SIG et leur utilité, d'une part et d'autre part les techniques de diffusion des cartes via un logiciel SIG. Par la suite nous présenterons le logiciel utilisé pour l'élaboration du SIG.

IV.2- Les Systèmes D'informations Géographiques

IV.2.1 - Définition

Un système d'information géographique (SIG) est avant tout un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc de les saisir, les stocker, les extraire (notamment sur des critères géographiques), de les interroger et analyser, et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse, permettant à la fois la gestion des données comme l'aide à la décision.



Fig. 15 : Définition Générale D'un Système D'information Géographique.

Un système d'information géographique peut être considéré comme :

- 1- Un outil informatique permettant d'effectuer des caches diverses, sur des données à référence spatiale.
- 2- Un ensemble informatique constitué de logiciel, de matériels et de méthodes (expliqué dans le paragraphe qui suit) destinés à assurer la saisie, l'exploitation, l'analyse, et la représentation de données géo référencées pour résoudre un problème de planification et de management par exemple.
- 3- Un ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à fournir et extraire commodément des synthèses utiles à la décision.
- 4- Un système de gestion de bases de données pour la saisir, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse, l'affichage de données localisées.
- 5- Un SIG traite d'informations localisées et ainsi apporte une dimension géométrique aux systèmes d'information classique (géométrie - géographique d'aide à la décision pour le décideur.

IV.2.2- Les Composantes D'un SIG :

Un système d'information géographique est constitué de 5 composants majeurs :



Fig. 16: Les différentes composantes d'un système d'information géographique.

Matériel : les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs, allons des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

Logiciels : les logiciels SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations. Un logiciel SIG est composé essentiellement de :

- Outil pour saisir et manipuler les informations géographiques.
- Système de gestion de base des données.
- Outils géographiques de requête ; analyse et visualisation.
- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

Données : les données sont certainement les comp.les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de donnée.

Utilisateurs : un système d'information géographique (SIG) étant avant tout un outil, c'est son utilisation qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent le système, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique.

Méthodes : la mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

IV.2.3- Modes de représentation

Un SIG stocke les informations concernant le monde sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce concept, à la fois simple et puissant a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets. Ces derniers exploitent deux différents types de modèles géographiques : le modèle vecteur et le modèle raster.

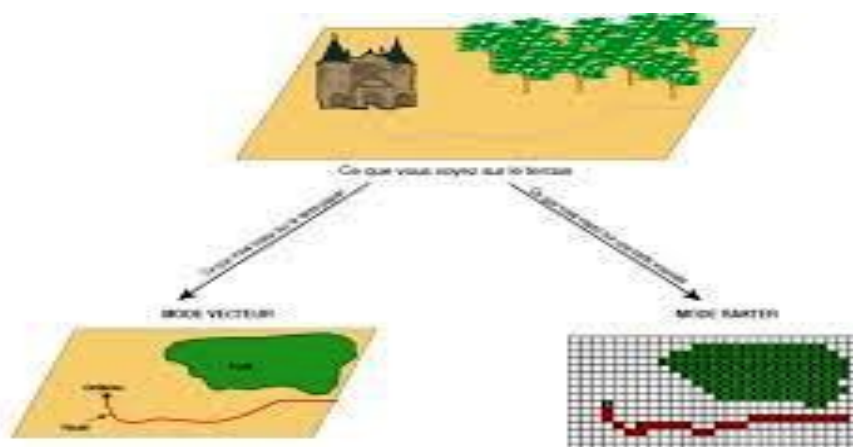


Fig. 17: Illustrations générales du mode de présentation.

IV.2.3.1- Le Modèle Vecteur

Dans le modèle vecteur, les informations sont regroupées sous la forme de coordonnées X, Y.

- ✓ Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point.
- ✓ Les objets linéaires sont représentés par une succession de coordonnées X, Y.
- ✓ Les objets polygonaux sont, quant à eux représentés par une succession de coordonnées délimitant une surface fermée.

Le modèle vectoriel est particulièrement utilisé pour représenter des données discrètes.

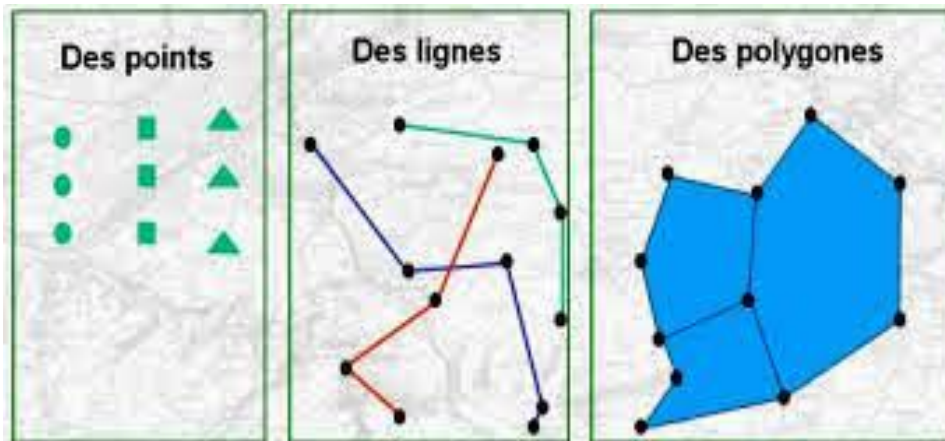


Fig18: Exemple de données vectorielles

✓ Les points :

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

✓ Les lignes :

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être par des surfaces (ex : ru ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

✓ Les polygones :

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols.....etc.

IV.2.3.2- Le modèle raster

Le modèle raster, quant à lui est constitué d'une matrice de point pouvant tous être différents les uns des autres. Il s'adapte parfaitement à la représentation de données variables continues telles que la nature d'un sol, les zones à risque d'inondation, l'évolution de la température....etc.

Chacun de ces deux modèles de données dispose de ses avantages. Le mode raster est par exemple celui des informations reçues des satellites ou des caméras numériques. C'est aussi celui des informations obtenues par numérisation. Mais un SIG moderne se doit d'exploiter simultanément ces deux types de représentation.

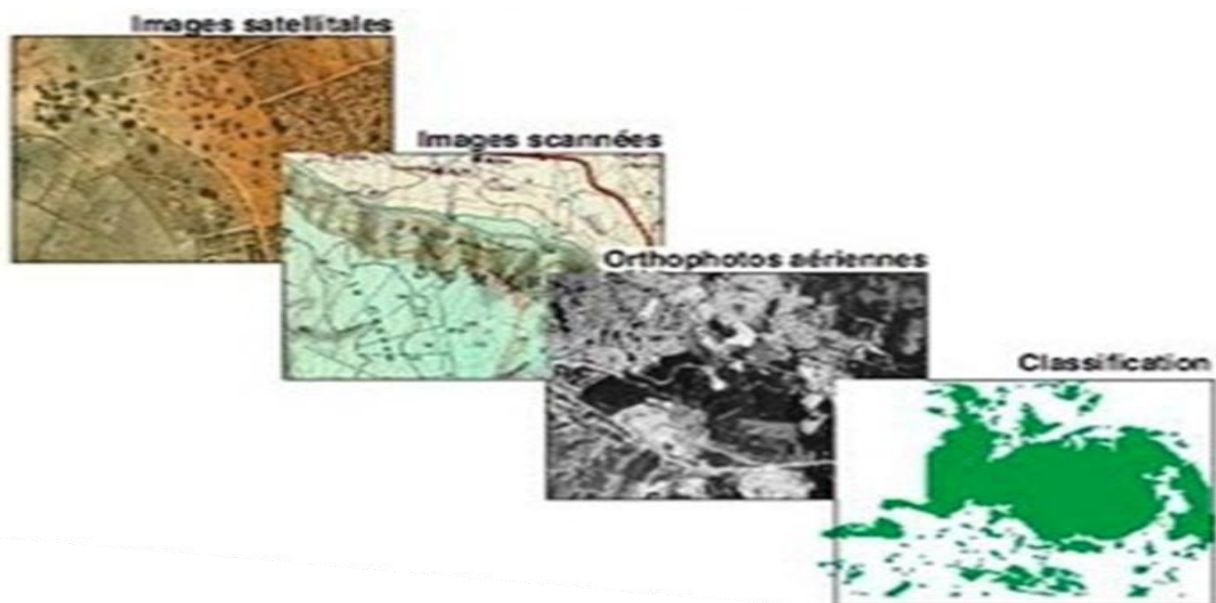


Fig19: Exemple de données Raster.

IV.3- Objectifs Généraux Des SIG

Voici un panorama général des principaux objectifs des systèmes d'information géographiques :

✓ **Saisie et stockage numérique de plans des cartes**

Le premier et principal objectif des SIG reste le stockage numérique des données géographiques, bi – tridimensionnelles.

✓ **Structuration de l'information**

Comme tout système de gestion de bases de données, un SIG qui gère une base de données demande une modélisation du monde réel et une structuration de l'information. Cette structuration est souvent plus complexe, car elle touche des objets qui peuvent avoir de multiples représentations, aussi bien graphiques que descriptives, essentiellement en fonction de l'utilisation qui en sera faite.

- ✓ **Calculs étriques (distances, surfaces) calculs techniques (visibilité, volumes, recherche opérationnelle), positionnement et projections géographiques**

Les SIG permettent de calculer facilement surfaces, distances et volumes à partir des données de localisation des objets.

Les calculs et les changements de projections géographiques sont facilement accessibles. La recherche opérationnelle (essentiellement calculs de chemins dans des graphes) trouve dans le SIG toutes les données dont elle besoin.

- ✓ **Les systèmes d'information géographiques vous permettent**

- a -De disposer les objets dans un système de référence géo référencées.
- b- de convertir les objets graphiques d'un système à un autre.
- c- de facilité la superposition de cartes de sources différentes.
- d- d'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route.
- e - de fusionner des objets ayan une caractéristique commué. (par exemple : toutes les entreprises qui ayant le même statut juridique).
- f - de déterminer l'itinéraire le plus court pour se rendre à un endroit précis.
- g - de définir des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : définir les zones inondables en fonction de la nature du sol, du relief, de la proximité d'une rivière).

Qu'est-que cela apporte ?

- a- Les informations sont stockées de façon claire et définitive ;
- b- Gérer une multiplicité d'informations attributaires sur des objets ;
- c- comprendre les phénomènes, prévoir les risques,
- d- établir des cartographies rapides ;
- e- localiser dans l'espace et dans le temps.

IV.4- Géo Référencement

IV.4.1- Définition

Le géo référencement est la base de tout travail avec un outil SIG, consiste à rattacher des données à des coordonnées géographiques ; 'est une méthode de localisation des objets sur la surface terrestre. Dans la plupart des projets SIG, on procède tout d'abord à un découpage géographique de l'espace, qui délimite la zone d'étude. La première étape est de géo référencer cet espace, c'est-à-dire le délimiter précisément par des coordonnées cartographiques (ou géographique). C'est cette conformité qui permettra de superposer des plans de diverses natures. Pour assurer

cette superposition, les différentes couches d'informations géographiques doivent avoir le même système de projection.

IV.4.2 - Le système de projection

La terre est un géoïde (en prenant le niveau moyen des mers), c'est-à-dire une sphère irrégulière, pour la présenter, il faut donc trouver un modèle mathématique qui corresponde le mieux à la surface topographique de la terre.

La surface utilisée est donc un ellipsoïde (dit de révolution), un volume géométrique régulier proche du géoïde.

Les cartes sont une représentation, la terre à une forme beaucoup plus complexe (Ellipsoïde, géoïde...), il faut effectuer une projection sur un plan ou une surface développable (cylindre, con,...).

Le système de projection utilisé dans notre cas qui correspond à la région de Tébessa est : UTM (Universel Transverse vers Mercator), et plus précisément : UTM nord Sahara Zone32 ;

IV.4.3- La projection des données

Le géo référencement des cartes nécessite souvent une correction géométrique par choix de points d'appui (points d'ancrage). Elle consiste à redresser les images à partir d'une comparaison avec des points remarquables.

IV.5- Cartographie thématique

IV.5.1-Définition

La carte thématique est utilisée pour présenter des données sur un thème précis. Ces informations sont réparties sur un territoire présenté par un fond de carte. Les thèmes peuvent être de natures diverses : répartition de la population, activités minières, production agricole, production industrielle, végétation, climat, ressources naturelles, etc.

Le but de la carte thématique est alors de présenter rapidement les données sur un sujet imprécis, pour faciliter la compréhension, faire la synthèse et permettre l'analyse des données.

C'est pour cette raison que la présentation doit être claire et efficace, l'information doit être complète et facile à saisir.

La cartographie thématique est une façon très efficace d'exprimer des idées et de repérer des phénomènes qui ne le seraient pas, ou plus difficilement, par d'autres approches.

IV.5.2- Méthodologie de la cartographie thématique

IV.5.2.1 - Détermination de l'objectif de la représentation cartographique

✓ **toute représentation est une simplification**

Lors de la représentation graphique, on passe de valeurs très précises, numériques, à des formes dessinées, c'est donc une simplification assez grande de l'information.

C'est cette simplification qui permet à l'information d'être plus facilement et rapidement compréhensible : il est plus intéressant de lire un graphique ou une carte que de lire le tableau de données qui en est la source. Mais, naturellement, la simplification de l'information doit être réalisée de manière particulièrement soignée, au risque de passer à côté des caractéristiques importantes de la variable à représenter et donc d'en donner une image faussée au travers de la représentation graphique.

✓ **Pour simplifier correctement, il faut analyser l'information et fixer un objectif la représentation**

Pour guider la représentation graphique et aider aux choix des paramètres, il est utile d'avoir un objectif : explorer une variable, comprendre un phénomène précis, croiser des informations, ou communiquer des résultats d'analyse. Il faut fixer un objectif à la représentation, et vérifier au long de la procédure que le résultat prévu reste conforme à cet objectif. Ainsi la simplification nécessaire pour une bonne compréhension de la représentation graphique amène parfois à un choix difficile, que seule une réflexion préalable sur l'utilité de la carte peut aider.

IV.5.2.2 - Préparation de la variable à représenter et du fond de carte

Les logiciels de cartographie assistée fonctionnent suivant le même principe : à un fond de carte composé d'entités géométriques (points, lignes, polygones), on va faire correspondre des variables statistiques qu'on va pouvoir représenter de différentes manières, avec différents types de carte. Cela signifie qu'il faut fournir au logiciel des données et un fond de carte adaptés les uns aux autres, le tout en restant fidèle à l'objectif de la carte fixé auparavant.

Aujourd'hui, les données numériques et les fonds de carte sont assez accessibles, il faut cependant rester vigilant sur leur format et leur qualité.

IV.5.2.3 - Analyse de l'information à représenter

Une fois la variable et le fond de carte choisis, il reste à déterminer quel est le meilleur type de représentation graphique à réaliser, parmi les nombreuses possibilités

offertes par les logiciels. Ce choix est déterminé par type de relation à l'espace géographique de la variable (point, ligne, polygone) et le type de relation existant entre chaque élément de la variable.

IV.5.2.4- Réalisation des cartes en symboles proportionnels

Les cartes en symboles proportionnels permettant de représenter graphiquement les variables quantitatives brutes. La méthodologie de leur création est basée sur la recherche et la résolution des contraintes qui se posent.

✓ Les contraintes de la variable

Le principe est simple : les symboles représentant la variable par leur surface. Il faut donc trouver un ratio, un coefficient qui permet de passer d'une valeur de la variable à une surface de symbole. A première contrainte qui se pose est donc celle du plus gros symbole à dessiner sur le fond de la carte, sans produire une représentation illisible (symboles trop grands ou trop petits).

Les logiciels se chargent habituellement de ce paramètre, mais il faut être vigilant ce que l'étendue de la variable soit bien représentée (max- min). Les plus petits symboles dessinés doivent rester visibles. Si ce n'est pas le cas, faut alors choisir un ratio non linéaire (log. Ou racine).

✓ Les contraintes du fond de carte

Les symboles possèdent une implantation ponctuelle, leur point central doit avoir un sens.

Certains fonds de cartes polygonales informatisées sont unis de points centraux correspondant au chef-lieu. Souvent, on trouve des points centraux placés automatiquement, ce qui peut poser problème dans le cas polygones concaves. Ou de zones où ce centre artificiel est éloigné du chef – lieu réel (en montagne par exemple).

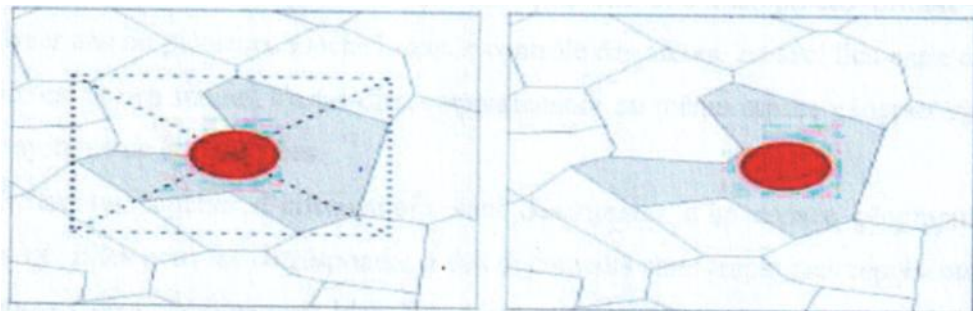


Fig20: Exemple de cancroïdes mal placés sur un extrait de fond de carte.

IV.5.3- Réalisation des cartes en plages de couleurs

Dans le cas des cartes en plages de couleurs, les contraintes vont être différentes. La surface de polygones devant servir de support à la représentation, il faut qu'elle soit visible dans tous les cas et que le contour des régions ne soit pas trop épais, au risque de trop complexifier la lecture de la carte.

La contrainte majeure de ce type de représentation est que l'œil humain est beaucoup moins capable de lire les faibles variations de valeur teinte que de surface. Il faut donc réduire le nombre de symboles représentés pour que la lecture reste simple. Cela revient à regrouper les valeurs de la variable en classes, ce qui s'appelle une discrétisation.

IV.6- Les logiciels utilisés

Le logiciel utilisé est Arc GIS 10.2.2, qui est une plate - forme SIG développée par *ESRI* Leader mondial dans le domaine de l'information géographique. ArcGIS est en réalité une suite, que se décline en trois versions (ArcView, ARcEditor et ArcInfo). La différence entre ces versions est le nombre d'option supplémentaires disponibles, ArcView en possédant le moins. Ceci est indépendant des extensions (spatial Analyst, 3D Analyst.. .)Que l'on peut acheter en supplément de chaque suite.

Chacune de ces trois versions de la suite ArcGIS est constituée d'une interface ArcMap et d'une interface ArcCatalog (accessoirement d'une interface ArcToolBox séparée pour les versions antérieures à la version 9.0). La version 10.2.2 apporte la possibilité de gérer ArcCatalog et ArcToolBox directement depuis l'interface d'ArcMap.

IV.6.1- présentation du logiciel ArcGIS

ArcGIS est l'un des systèmes d'informations géographique (SIG) les plus utilisés ; Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la collecte, manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales.

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres.

Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées.

Les différentes couches d'informations sont descriptives d'un espace géographique terrestre déterminé. Elles peuvent correspondre à des documents cartographiques représentant des objets thématiques géographiquement identifiés (carte de type IGN, photographies aériennes, images satellitaires, etc.) Ou issus des analyses et des procédures de spatialisation (carte de la teneur en eau du sol, carte topographique, carte de la hauteur des arbres dans un peuplement forestier, etc.).

Le logiciel ArcGIS comprend trois applications principales :

- ArcMap
- ArcCatalog
- ArcToolBox
- ArcScene

IV.6.1.1- ArcMap

C'est l'application fondamentale du logiciel Arc GIS. Elle contient une boîte à outils organisée sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données.

IV.6.1.2- ArcCatalog

C'est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation (Chercher, Organiser et Explorer les données). Il est vivement conseillé d'utiliser Arc Catalog pour effacer les fichiers, car les fichiers accompagnés d'autres fichiers que l'exploration de Windows, s'il est utilisé, ne permet pas de les effacer automatiquement. Arc Catalog permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu'une exploration des différents thèmes qui les constituent. L'un de ses atouts essentiels est la possibilité de créer et d'éditer les métadonnées.

IV.6.1.3- ArcToolBox

C'est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions, des transferts de format et aussi de projection. Puissant outil de géo-traitement d'Arc GIS. Il contient essentiellement trois séries d'outils organisées en :Data management, Tools, Conversion Tools et My Tools.

IV.6.1.4 -Arc Scene

Arc Scene est une application de visualisation 3D qui vous permet de consulter vos données SIG en trois dimensions.

IV.7- Que pouvons-nous faire avec Arc GIS

- Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes ;
- Rassembler les informations géographiques ;
- Créer et gérer des bases de données géographiques ;
- Résoudre des problèmes avec l'analyse spatiale ;
- Créer des applications basées sur la carte ;
- Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation.

IV.8- INTERPRETATION DES RESULTATS

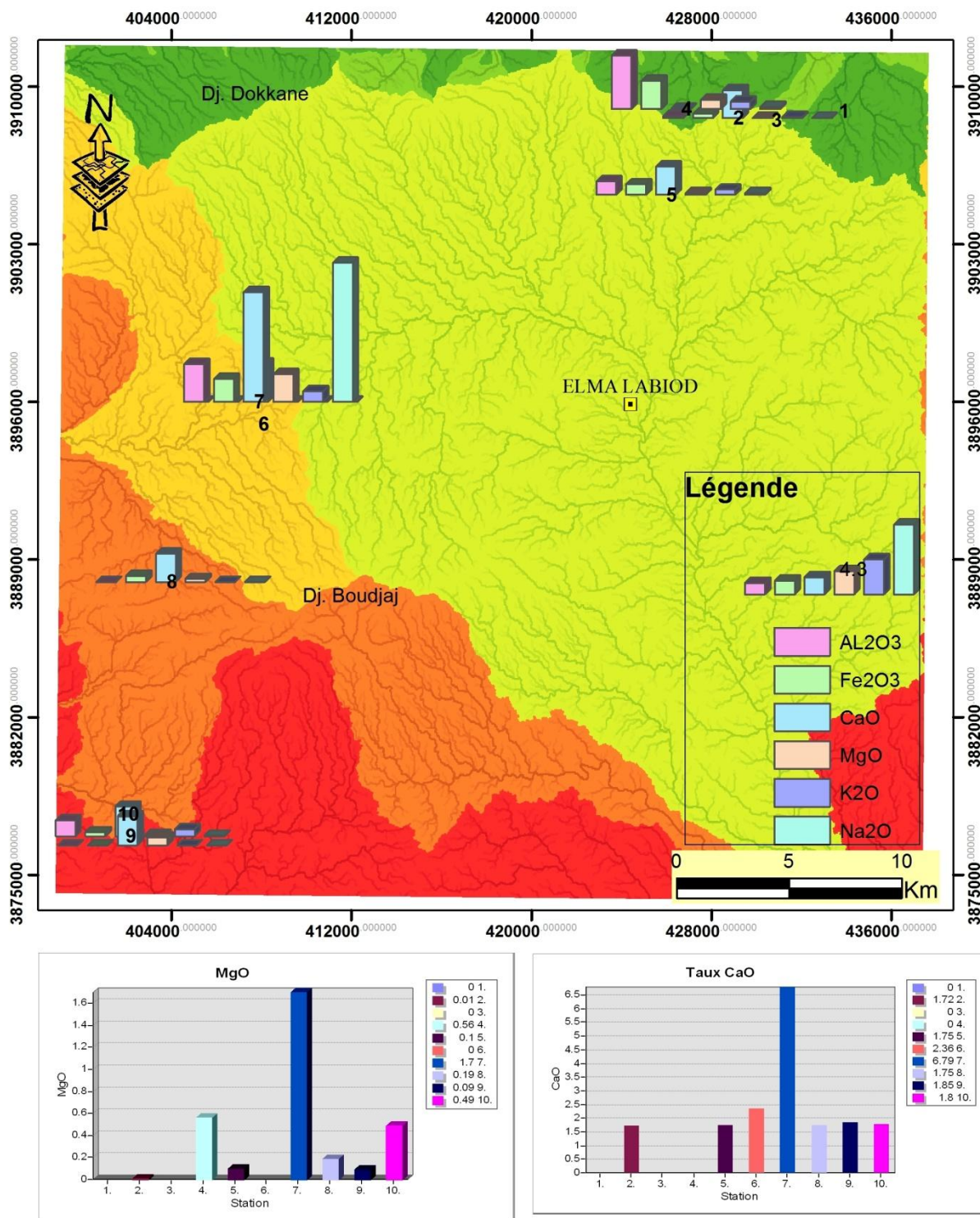


Fig 21: Répartition quantitatives des composants de sable (MGO ET CAO) sur le bassin versant ètres sources hydrauliques de la région d'Elma-Labioud.

On remarque le taux des composants (MgO et CaO) dans la station 07 qui atteindre la valeur MgO=1,77 % et CaO =6.79% retour à :

- L'existence des couches de calcaire en intercalation par les couches de sables.
- Élever les échantillons d'une zone avec un pourcentage élevé de Mg en raison d'un changement soudain entre les couches tel que les argiles et les marnes.

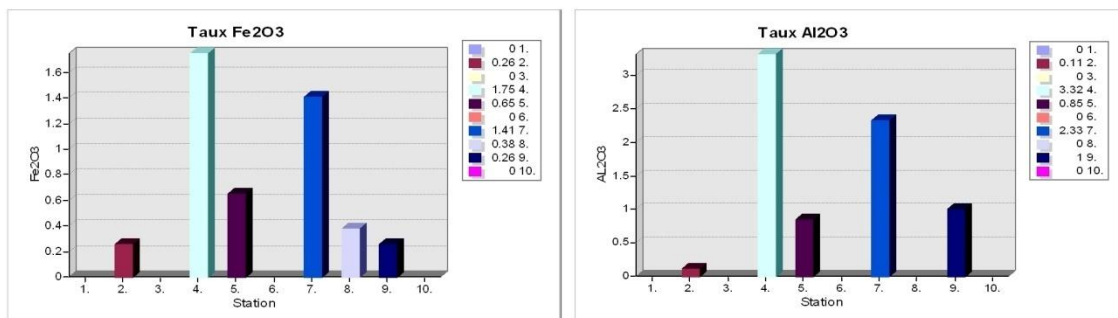
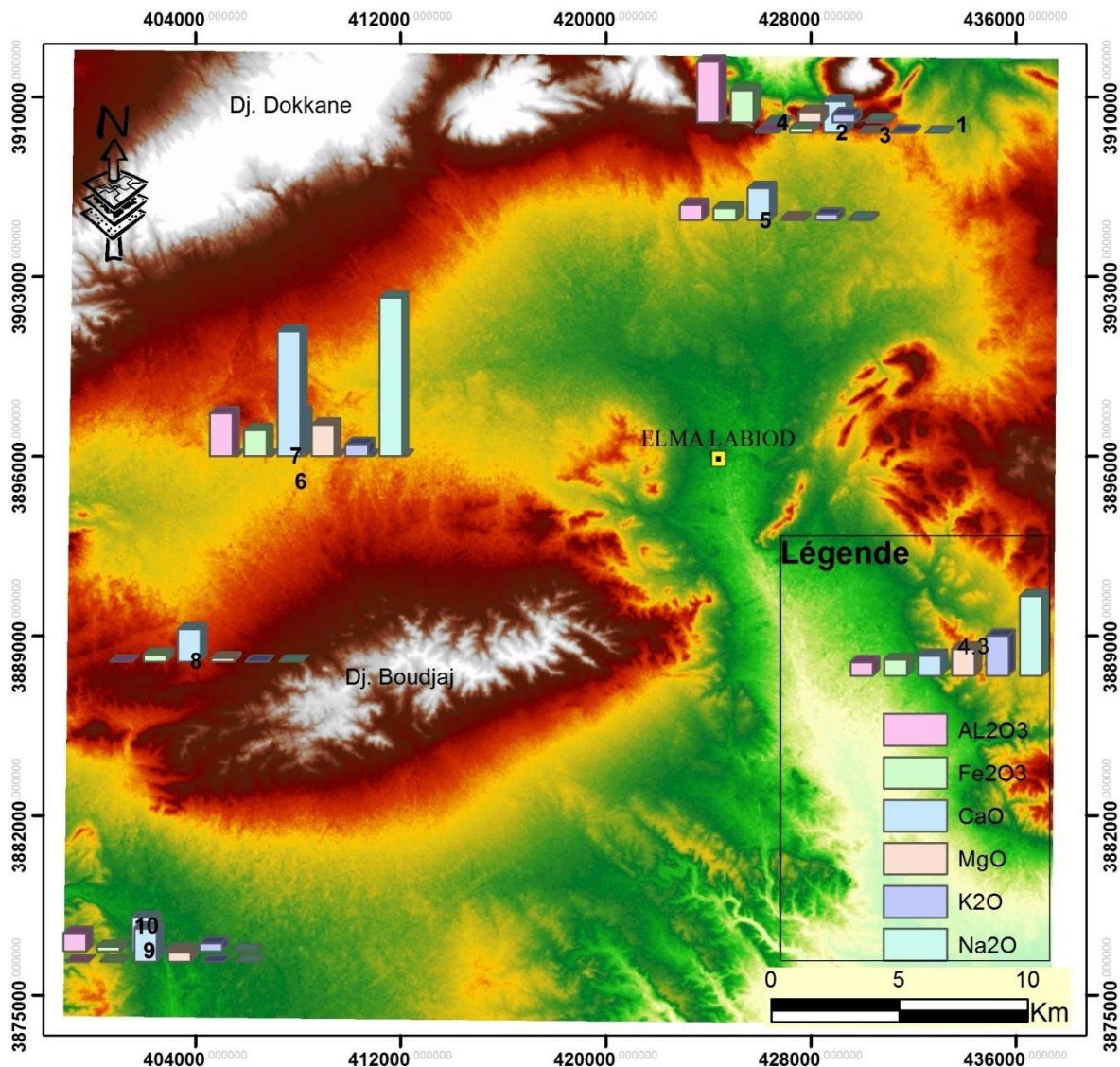


Fig 22 : Reliefs Montagneux (Dj. Dokkane et Boudjal) avec la répartition Quantitatives Des Composants De Sable (Fe₂O₃ et Al₂O₃) De la région d'EIMA-labioud.

Cette figure représente le taux des composants (Fe₂O₃ et Al₂O₃) dans la station 04 qui atteignent les valeurs (Fe₂O₃= 1, 754% et Al₂O₃ = 3,324%).

Le taux de l'Aluminium dans les stations 04 et 07 retour à :

- Élever les échantillons d'une zone avec un pourcentage élevé de l'Aluminium en raison d'un changement soudain entre les couches.
- Le taux élevé de minerai de fer dans les stations est accepté en général, cela ressort de la couleur jaune du sable extrait de cette zone.

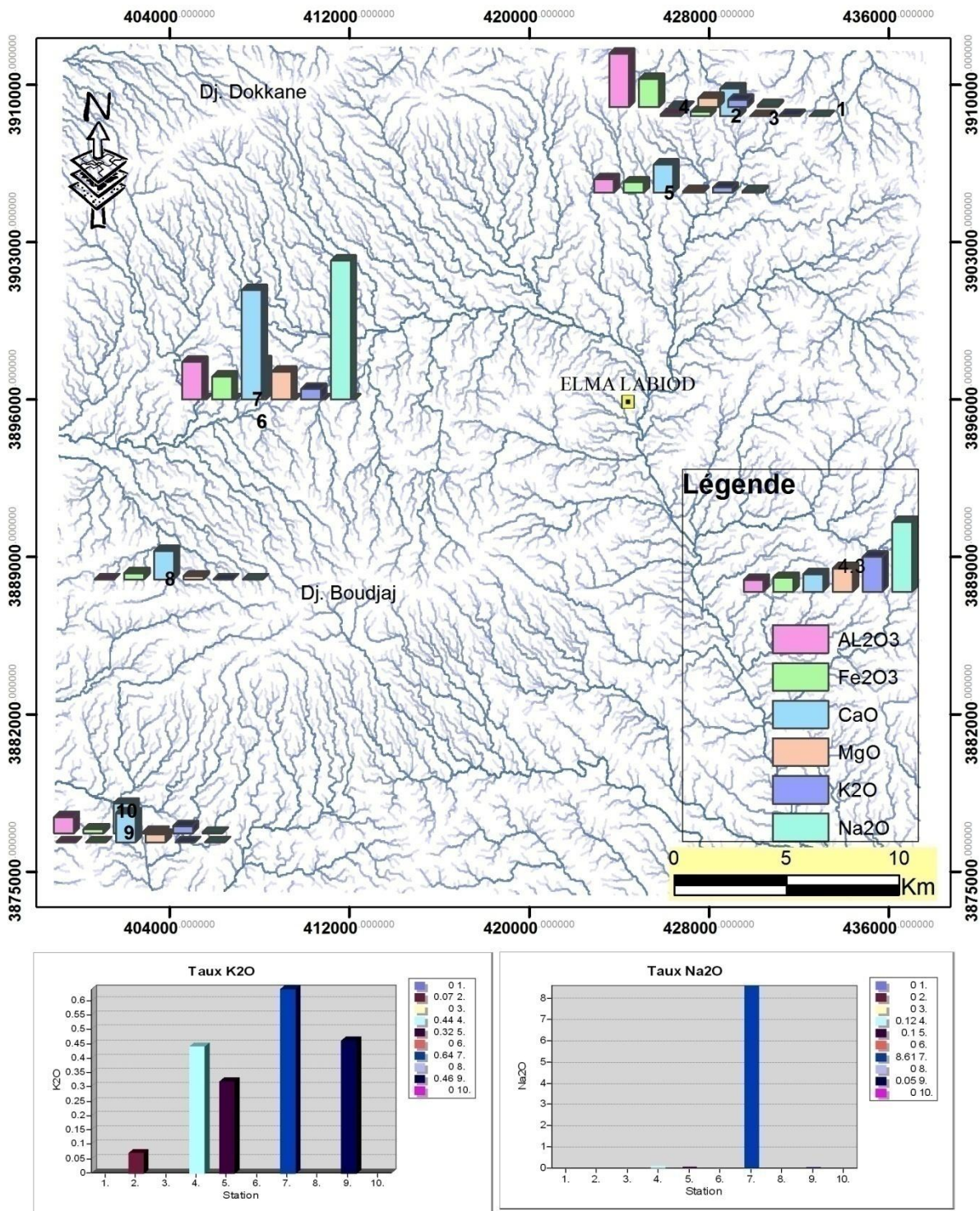


Fig23: des Oueds (ressources hydro) avec la répartition Quantitatives Des Composants De Sable (K₂O et Na₂O) De La Région D’Elma-labioud.

Le taux des composants (K₂O et Na₂O) dans la station 07 qui atteignent les valeurs K₂O = 0,647% et Na₂O = 8,617% retour à :

- Les échantillons proviennent d'une zone contenant un pourcentage élevé de sodium et de potassium en raison d'un changement soudain entre les couches.

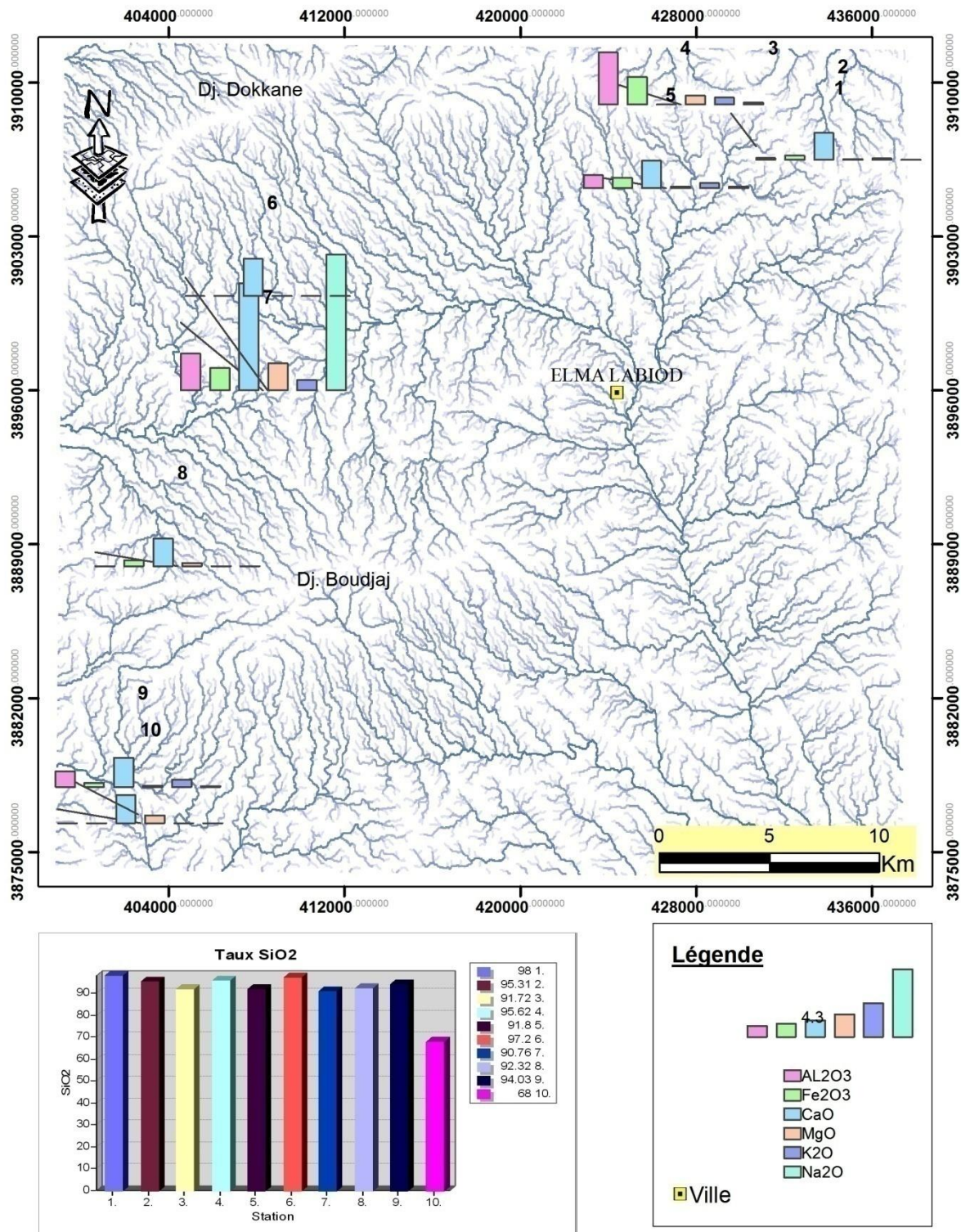


Fig.24: Des Oueds (ressources hydro) de la Région D'Elma-Labioud, avec la répartition Quantitatives du composant du Sable (SiO₂).

la distribution de proportions siliceuses à valeurs élevées dans la plupart des stations indépendamment de certaines stations, ce qui explique la présence de matériaux siliceux et des grés à très fortes valeurs, ce qui favorise une utilisation optimale et bénéfique, à partir d'amélioration de taux de slice par les processus de traitement d'élimination des impuretés pour l'exploitation notamment dans le domaine industriel.

Conclusion

Un système d'information géographique (SIG) est avant tout un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc de les saisir, les stocker, les extraire (notamment sur des critères géographiques), de les interroger et analyser, et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse, permettant à la fois la gestion des données comme l'aide à la décision.

A partir de l'exploitation de L'ARC GIS nous avons effectuées un ressourcement et répartitions des stations de sable de la région de avec une présentation des pourcentages des taux des composants de sables de la région d'Elma-Labiod.

Cette répartition qui indique de façon très claire les valeurs des analyses chimique des de des stations.

Ces valeurs qui ont fichées sur des cartes MAP de la région d'Elma-Labiod, qui indique la distribution des valeurs composantes de sables et pourcentages de taux de silice dans ces stations.

la distribution de proportions siliceuses à valeurs élevées dans la plupart des stations indépendamment de certaines stations, ce qui explique la présence de matériaux siliceux et des grés à très fortes valeurs, ce qui favorise une utilisation optimale et bénéfique, notamment dans le domaine industriel.

En raison de l'abondance de matière première représentée dans le sable siliceux dans la région, il est devenu nécessaire de promouvoir le secteur industriel dans ce domaine, l'amélioration de taux de slice par les processus de traitement d'éliminations les impuretés afin d'augmenter le pourcentage de silice dans le sable.

CHAPITRE V
*TRAITEMENT DES
SABLES SILICEUX.*

V. I- INTRODUCTION:

Les sables dits industriels sont des sables extra siliceux avec plus de 98% de silice, ou des sables silico-argileux contenant jusqu'à 30% d'argile, entre ces deux extrêmes tous les sables avec 70 à 98% de silice trouvent des applications diverses. Outre les teneurs en silice, alumine et fer, ce dernier composant ayant une très grande importance en verrerie, la granularité est également un facteur déterminant pour l'utilisation du sable. Dans la plupart des cas on utilise des sables de granularité inférieure à 500 μ avec une majorité des grains de diamètre compris entre 150 et 300 μ .

Les applications essentielles pour les sables extra-siliceux sont : la verrerie, la fonderie (noyautage), la céramique (dégraissant), et pour les sables silico-argileux : la fonderie (moulage), la céramique (fondant). Les sables siliceux trouvent des applications dans bien d'autres domaines encore : abrasif, filtration, réfractaires, bétons cellulaires.

Sont considérés comme sous produit des sables industriels :

- La fraction polluée des gisements qui, lorsqu'elle existe, se trouve au sommet de la formation sableuse et quelquefois à la base.
- Les déchets résultant du traitement des sables destinés aux usages industriels.

En général, du point de vue géologique, ces sables se rencontrent soit dans les formations marines épicontinentales (Ex : grands gisement miocènes du bassin d'Elma-Labiod), soit dans les formations sédimentaires continentales (formation littorales dunaires, formations alluvionnaire quelquefois), soit dans les massifs de roches granitiques (décomposition sur place donnant naissance simultanément à des sables siliceux et à des kaolins plus ou moins intimement liés).

Des sables siliceux et à des kaolins plus ou moins intimement liés).

Les sables proviennent des sources différentes. Ils n'ont pas les mêmes dimensions, la même apparence.

Il existe au moins huit couleurs de sable : blanc, blond, noir, gris, brun, rouge, rose, et vert, ces différentes couleurs de sable se trouvent en Algérie. La couleur du sable dépend aussi des minéraux qui le composent (quartz, mica, feldspath...), le sable le plus répandu en Algérie est le sable siliceux.

D'où vient le sable, quelle est sa nature, quelles sont ses caractéristiques ?

Les réponses se trouvent dans ce chapitre.

V.2- Définition du sable

Le sable est un matériau granulaire constitué des petits éléments (provenant de la désagrégation d'autres roches) dont la dimension est comprise entre 0,062 et 5 mm, du point de vue géologique. Un élément individuel est appelé grain de sable. La composition du sable peut révéler jusqu'à 180 minéraux différents. Les principaux sont le quartz, les micas et les feldspaths, ainsi que des débris calcaires de coquillage et de corail.

V.2.1- L'origine du sable : On distingue les sables naturels et des sables artificiels.

V.2.1.1- Sables naturels

Les sables naturels peuvent être issus des rivières. Également appelé «sable des rivières» ou «sable alluvionnaire », il se caractérise par sa forme arrondie et sa dureté, et il provient de l'action de l'eau sur les rochers. Il y a aussi sable de carrière, extrait des sablonnières et à la forme angulaire. Le sable de carrière est soit retiré du sol en masse, soit fabriqué à partir des roches extraites en carrière. Quant au sable de mer, qui provient des roches sous-marines, il est particulièrement chargé en sel. L'utilisation de ce type de sable nécessite un rinçage minutieux et peut être à l'origine d'éventuelles efflorescences. Enfin, le sable des feuilles est un sable fin, comportant des nombreux vides d'air qui imposent lors de son utilisation une association avec d'autres sables. Ce sable est récupéré sur les reliefs montagneux.

V.2.1.2- Sables artificiels

Les sables artificiels comprennent les sables résultant du concassage des blocs de laitier des hauts-fourneaux, le sable concassé obtenu de façon identique mais sans filler, le laitier granulé ayant subi un refroidissement rapide, et le laitier broyé obtenu à partir du concassage du laitier granulé.

V.2.2- La composition du sable

Le sable est souvent le produit de la décomposition du granite du fait de l'érosion. Ainsi, le plus fréquent de ses composants est le quartz, constituant le moins altérable du granite, ainsi que des micas et feldspaths. Un sable issu d'une roche volcanique est plutôt noir, tandis qu'un sable marin s'enrichit des débris des coquillages; ainsi, le sable peut avoir plusieurs couleurs en fonction de sa nature.

V.2.2.1- Les minéraux sableux :

a- Le quartz : Est une espèce minérale du groupe des silicates, sous-groupe des tecto silicates composé de dioxyde de silicium de formule SiO_2 (silice), avec des traces de (Al, Li, B, Fe, Mg, Ca, Ti, Rb, Na et OH). Il se présente soit sous la forme des grands cristaux incolores, colorés ou fumés, soit sous la forme des cristaux microscopiques d'aspect translucide.

Constituant 12% (en masse) de la lithosphère, le quartz est un composant important du granite, dont il remplit les espaces résiduels, et des roches métamorphiques granitiques (gneiss, quartzite) et sédimentaires (sable, grés).

b- Le mica : Est le nom d'une famille des minéraux du groupe des silicates, sous-groupe des phyllosilicates formé principalement de silicate d'aluminium et de potassium. Avec le quartz et le feldspath, il est l'un des constituants du granite. Il est caractérisé par sa structure feuilletée (phyllosilicates), son éclat métallique et sa grande résistance à la chaleur. Les propriétés des micas, leur transparence, leur hétérogénéité, leurs propriétés d'isolant thermique, font qu'on les retrouve dans des nombreuses utilisations. Les micas sont classés en deux séries :

- **Les micas blancs :** Dioctaédriques $\text{XY}_{3+2}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2]_{7-}$ sont des silicates riches en aluminium et en potassium. Le mica blanc le plus fréquent est la muscovite $\text{K}+\text{Al}_{3+2}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2]_{7-}$;
- **Les micas noirs :** Trioctaédriques $\text{XY}_{2+3}[\text{Al}_1+\text{XSi}_3-\text{XO}_{10}(\text{OH})_2]_{7-}$ sont des silicates contenant surtout du magnésium avec du potassium et du fer. De couleur brun à noir, les micas noirs font partie des principaux composants des granites, des gneiss et des micaschistes. Leur altération les transforme en chlorites. Le mica noir le plus fréquent est la biotite $\text{K}+(\text{Mg},\text{Fe},\text{Ti})_{2+3}[\text{Al}_1+\text{XSi}_3-\text{XO}_{10}(\text{OH})_2]_{7-}$.

c- Le feldspath : Est un minéral à base de silicate double d'aluminium, de potassium, de sodium ou de calcium. Les feldspaths sont de la famille des tectosilicates. Il existe des nombreux feldspaths, dont les principaux sont l'orthoclase (potassique), l'albite (sodique) et l'anorthite (calcique). Le mélange de ces deux derniers donne la série des plagioclases. Il est à distinguer les feldspaths alcalins, souvent translucides, blanchâtres ou roses et riches en alcalins (Na^+ , K^+), des plagioclases qui diffèrent des précédents par la présence de calcium (Ca_{2+}) et l'absence de potassium (K^+).

Les feldspaths forment le plus important groupe des minéraux de la croûte terrestre. Ils sont hautement cristallisés et ont la propriété de former des macles et de rayer le verre.

Tab.22 : Les principaux constituants du sable.

Constituant	Couleur	Transparence	Densité
Quartz (Groupe de tectosilicate)	Incolore, blanc, brun, rose.	Transparent à translucide.	2,65
Feldspaths (Groupe de tectosilicates)	Blanc, rose, gris jaunâtre, brunâtre.	Translucide à opaque.	[2,5 - 2,7]
Muscovite (Mica blanc), (Phyllosilicate)	Incolore, brun à reflet bronzé lorsque altéré.	Transparent à translucide.	[2,8 - 2,9]
Calcite (Groupe de carbonate)	Blanc, jaunâtre.	Translucide.	2,7
Amphiboles (Groupe d'inosilicates)	Noir, brun foncé.	Opaque à translucide.	[3,1 – 3,3]
Biotite (Mica noir), (Phyllosilicate)	Noir, brun.	Translucide à opaque.	[2,8 - 3,2]
Grenat (Groupe de néosilicates)	Rouge, rose, orangé, incolore.	Transparent à translucide.	[3,5– 4,3]
Magnétite (Groupe d'oxyde)	Noir, éclat submétallique.	Opaque.	5,2
Pyroxènes (Groupe d'inosilicates)	Noir, gris, blanc verdâtre.	Opaque à translucide.	[3,2 - 3,4]
Olivine (Groupe de néosilicate)	Vert.	Transparent à translucide.	[3,3 - 3,4]
Hématite (Groupe d'oxyde)	Brun, rouge, noir à éclat submétallique.	Opaque.	5,3
Rutile (Groupe d'oxyde)	Rouge, noir métallique.	Rouge transparent noir opaque.	[4,2 - 4,3]
Apatite (Groupe de phosphate)	Vert, bleu.	Translucide à opaque.	3,2
Chlorite (Groupe de phyllosilicate)	Vert.	Translucide à opaque.	[2,6 - 3,3]
Corindon (Groupe d'oxyde)	Brun, incolore.	Translucide à opaque.	4
Épidote (Groupe de sorosilicate)	Vert, noir.	Translucide à opaque.	[3,3 - 3,5]
Tourmaline (Groupe de cyclosilicate)	Noir.	Opaque.	[3,0 - 3,3]
Pyrite (Groupe de sulfure)	Jaune doré à éclat métallique.	Opaque.	5
Andalousite (Groupe de néosilicate)	Brun.	Opaque.	[3,1 – 3,2]
Kyanite (Groupe de néosilicate)	Bleu, blanc.	Translucide.	[3,6 – 3,7]
Titanite (Groupe de néosilicate)	Brun-rouge, noir.	Opaque.	[3,5 - 3,6]
Spinelle (Groupe d'oxyde)	Brun-rouge, noir.	Opaque.	[3,5 - 4,1]
Zircon (Groupe de néosilicate)	Incolore, jaune, brun.	Transparent à translucide.	4,7

V.2.3. Les caractéristiques du sable

Les principaux critères utilisés pour caractériser un sable sont sa courbe granulométrique et sa rondeur, d'autres caractéristiques sont la teneur en matières argileuses, en coquillages et chlorures.

V.2.3.1 La courbe granulométrique

La granulométrie mesure la dispersion de la taille des grains. Elle est décrite par un intervalle $0/X$ où X donne la valeur en millimètre pour laquelle 85% des grains ont un diamètre inférieur ou égal à X . Plus X est petit plus le sable est considéré comme fin. La teneur en « fines » d'un sable est aussi prise en compte. Il s'agit de la proportion des grains dont la taille est inférieure à 0,062 mm. La teneur en fines affecte la manière dont le sable absorbe l'eau par capillarité. Les sables de concassage, à moins d'être, ont une teneur en fines élevée. À l'inverse, les sables extraits de la mer ou des rivières ou les sables lavés en général ont une teneur en fines plus faible car les fines sont entraînées avec l'eau.



Fig. 25 : Appareil de tamisage pour mesurer la granulométrie.

V.2.3.2- La rondeur du grain

Suivant l'origine du sable, la forme du grain est différente. Ainsi, un grain rond améliore la fluidité du sable et des mélanges auxquels il participe. À l'inverse, un grain anguleux favorise la résistance du matériau dont il fait partie. Les sables marins ou naturels sont plus ronds. Suivant leur origine les sables de rivière sont plus ou moins ronds, les sables de concassage sont anguleux.

V.2.4 - Autres caractéristiques techniques

Outre la granularité et la forme des grains, le taux des chlorures, les teneurs en argile et en coquillages sont d'autres paramètres importants de la qualité du sable. Une teneur en chlorure trop élevée n'est pas souhaitable dans des applications liées au fer telles que les bétons armés puisqu'ils oxydent le fer et provoquent la rouille de la structure métallique. La présence des sels dans les mortiers ou les matériaux de construction provoque des phénomènes d'efflorescence. L'argile étant rétentrice d'eau, une présence importante dans le sable affecte les dosages d'eau dans des applications comme le béton ou le mortier. L'argile apporte aussi un composant « gras » qui affecte, par exemple, la plasticité du sable. Une teneur en coquillage trop élevée dans le sable (plus de 20%) diminue la résistance des bétons. La forme concave des fragments facilite la création des poches d'air qui rendent le matériau moins compact et plus fragile.

V.2.5- Quelques propriétés des sables

Les sables sont identifiés grâce à la granulométrie (la grosseur des grains), le sable se caractérise par sa capacité à s'écouler. Plus les grains sont ronds, plus le sable s'écoule facilement, le sable artificiel, obtenu par découpage ou broyage mécanique des roches, est principalement composé des grains aux aspérités marquées. Il peut être également différencié un sable transporté par le vent d'un sable transporté par l'eau. Le premier est de forme plus rond (sphérique), alors que le deuxième est plus ovoïde. De plus, le sable éolien présente une diaphanéité plus mate que le sable fluviatile ou marin qui est dit «émoussé-luisant». L'aspect de la surface du grain de sable éolien est dû aux multiples impacts que subit le sable lors de son déplacement. La masse volumique du sable sec varie selon sa granulométrie et sa composition, de 1700 à 1900 kg/m³, en moyenne 1850 kg/m³. Le sable forme naturellement des pentes stables jusqu'à environ 30°C, au-delà de cet angle, il s'écoule par avalanches successives pour retrouver une pente stable.

V.2.5.1- Propriétés physiques du sable

Tab.23 : Propriétés physiques générales du sable.

Propriétés physique	Notation	Valeur moyenne	Unité
Poids volumique humide	γ ou γ_h	17 à 20	kN/m ³
Poids volumique sec	γ_d	14 à 18	kN/m ³
Poids volumique saturé	Γ_{sat}	19 à 22	kN/m ³
Poids volumique déjaugé	γ'	9 à 12	kN/m ³
Densité relative	G_s	2,65 à 2,67	/
Porosité	N	0,25 à 0,50	/
Indice des vides	E	0,50 à 1	/
Teneur en eau	W	1 à 15	%

V.2.5.2- Propriétés chimiques du sable

Les sables peuvent contenir des quantités adéquates des différents matériaux qui se trouvent généralement à l'état naturel sous forme d'oxydes comme par exemple Fe₂O₃, K₂O₃, CaO, Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, Zn et autres matériaux.

V.3- Autre informations

Tab.24 : La température moyenne de fusion pour le sable.

Température de fusion	1 600° C - 1700° C
-----------------------	--------------------

V.4- Les différents types de sable

Selon la taille des grains, il est à distinguer trois types de sable.

Tab.25 : Classes granulaires du sable.

Type de sable	Dimension des grains
Sable grossier	2,00 à 5,00 mm
Sable moyen	0,465 à 2,00 mm
Sable fin	0.062 à 0,465 mm

V.4.1 -Sables extra-siliceux :

Leurs caractères communs principaux sont leur richesse en silice (SiO₂> 98 %), leur grande pureté et leur finesse. - SiO₂> 99 %
 . Verrerie (cristallerie, miroiterie, verre ordinaire). Le pourcentage admis de Fe₂O₃ varie de 0,015 à 1 % selon la qualité du verre désiré.

. Céramique fine : dégraissant.

- $\text{SiO}_2 > 98 \%$

Avec $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,4$ à $0,5 \%$ et $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,2 \%$

A- Fonderie : sable de noyautage et sables synthétiques de moulage.

B- Céramique ordinaire : dégraissant.

C- Abrasifs : égrisage du verre, décapage, sciage, polissage.

D- Filtration.

E- Construction : bétons cellulaires.

F- $\text{SiO}_2 > 98 \%$ avec $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0,4 \%$ et $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,2 \%$

G- Métallurgie : préparation de certains alliages.

V.4.2-Sables Siliceux :

L'industrie du verre et de la fonderie à besoin des gisements de sable qui possède une très haute teneur en silice dépassant 98 %, un bon classement, et des grains arrondis ou subarrondis; ces sables peuvent être lavés, traités, tamisés et purifiés pour répondre aux exigences des consommateurs. La verrerie et la fonderie utilisent plus de 80 % de sable siliceux extraits à travers le monde.

- SiO_2 compris entre 95 et 98 %

. Fonderie : sable de moulage "synthétiques".

V.4.3-Sables Silico-Argileux Et Argileux

- SiO_2 compris entre 80 et 95 %.

- Fonderie : sable de moulage "naturels".

V.5- Modalités de préparation et de traitement

L'augmentation des exigences des utilisateurs (pureté, régularité) conjuguée à la raréfaction, voire dans certains cas à l'absence de ressources utilisables à l'état brut, ont contribué à développer très rapidement la part des produits traités sur le marché, y compris pour les applications fonderie. Selon les caractéristiques du sable dans le gisement et la qualité de production, un certain nombre d'outils de traitement peuvent être utilisés :

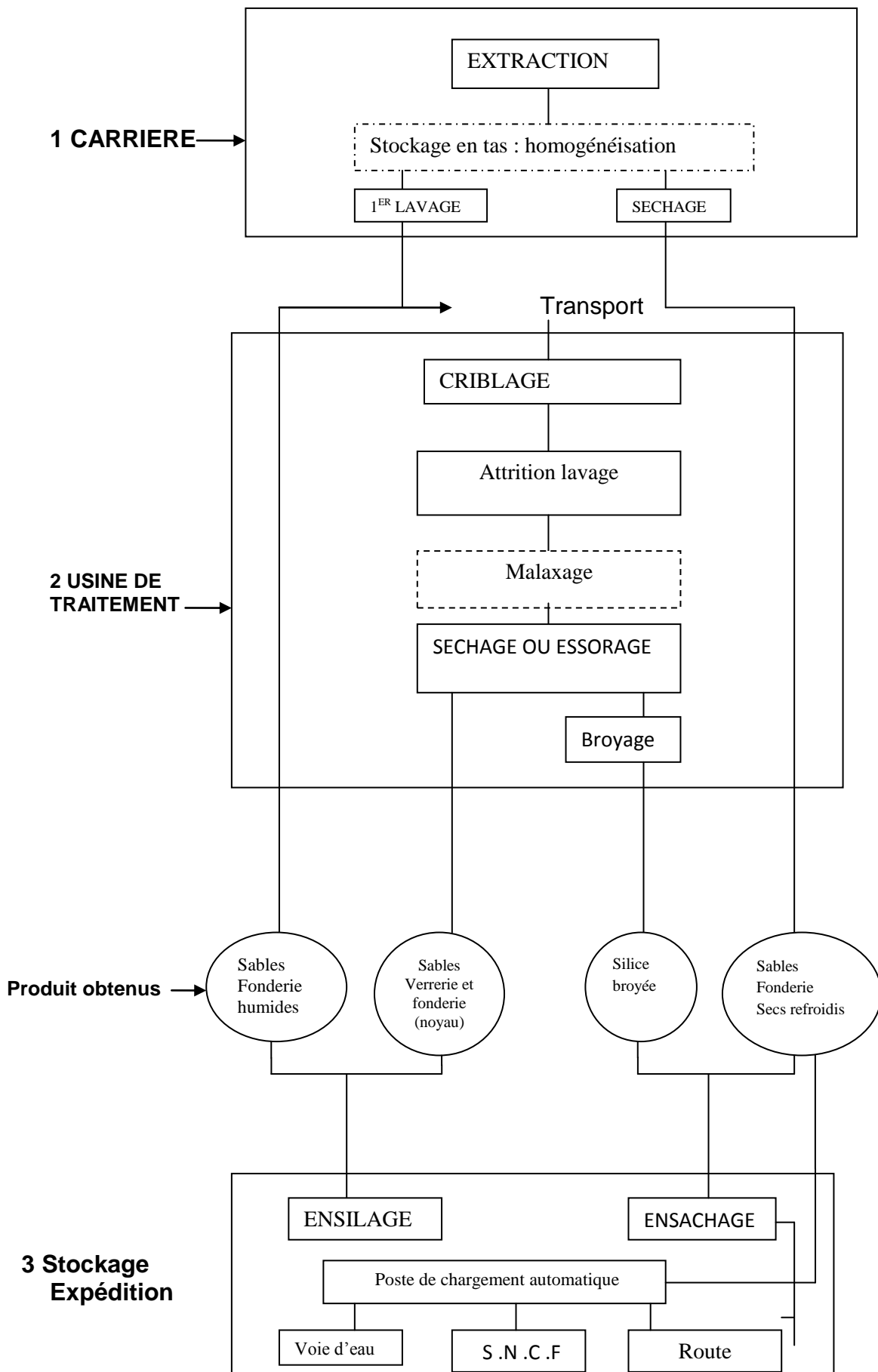
Tab.26 : Modalités de préparation et de Traitement.

OPERATION	Matériel utilisé	But
Criblage	- Crible dynamique (superposition de tamis) - Trommel ou crible statique	- Elimination des blocs de sable plus ou moins cimenté, - Argile et impuretés > 10mm - Evacuer des grains > 500µm
Attrition	- Cellules d'attrition	- Débarrasser les grains de quartz de leurs impuretés (enveloppes argileuses), par friction
lavage	- Classificateur à vis - Voie hydraulique - Hydro cyclone	- Supprimer des particules fines < 80µm par décantation différentielle et entrainement dynamique par sur verse, (Sur certains sables, cet outil peut éliminer les impuretés dans les proportions suivantes : 25%AL ₂ O ₃ , 35%Fe ₂ O ₃ , 50%TiO ₂ , 50% matières organiques) Supprimer des particules fines < 60µm
Séchage ou essorage	- Four - Procédé propre à certaines entreprises	Séchage complet Stabiliser l'hygrométrie à 2,5%
Refroidissement	- Cyclone à air	Ramener le sable à une température proche de 25°C
Broyage	- Broyeur à boulets - Broyeur à galets	Obtenir des grains < 80µm
Malaxage	- Malaxeur	Homogénéisation
Flottation	- Cellule de flottation en milieu neutre aux acides gras	Diminuer la teneur en oxyde de fer et alumine
Séparation magnétique	- Séparateur magnétique haute intensité	Eliminer certains minéraux lourds contenant du fer (mica noir, amphibole, pyroxène, zircon, rutile) et des grains de quartz partiellement pollués par des oxydes de fer



Fig. 26 : La chaîne de criblage du sable.

Matériel De Traitement Des Sables Siliceux



V.6 - Industrie Des Sable Siliceux**V.6.1 - Industrie Du Verre :**

La silice, essentiellement les sables siliceux, sont utilisés dans la verrerie, pour la fabrication de verres creux, verres plats, verres technologiques à haute performance (aéronautique, fibres optiques, verres extra-clairs de panneaux solaires...). La production verrière, verres creux et verres plats essentiellement, est de l'ordre de 4,5 Mt (2013) en France, dans lesquels la silice représente environ 70 % du tonnage.

Les sables siliceux, ou "sables extra-siliceux", sont utilisés comme matière première de base pour la fabrication du verre.

L'incorporation d'un taux croissant de calcin "étranger" répond à une recherche d'économie d'énergie (cuisson), doit se traduire par une baisse progressive, quoique légère, de la consommation de sable à la tonne fabriquée au cours des prochaines années (de 650 à 600 kg/t environ).

V.6.1.1- Industrie du verre en Algérie

La richesse du pays en matières premières est un facteur principal dans le développement de l'économie nationale.

L'industrie du verre joue un rôle très important dans ce domaine pour cela l'Algérie a construit plusieurs unités à travers le territoire national. Parmi elles il y a l'unité (ENAVA) (SOVERT) Société des verreries de l'EST de Tébessa actuellement ALVER, l'usine de verre (africaver) / Jijel, et autre unités dans l'Ouest de pays.

V.6.2 - Qualités des sables de verrerie

La fabrication du verre exige des sables à la fois très purs et très siliceux. A de rares exceptions près, la teneur en silice doit être égale ou supérieure à 99 % (verre à vitre, verres blancs ou extra-blancs).

la granulométrie des sables de verrerie peut varier de 100 à 600 microns, Ces sables doivent être avant tout exempts d'impuretés chimiques : si certains minéraux lourds peuvent être tolérés, d'autres sont totalement proscrits et la teneur admise en oxydes métalliques (fer principalement) ou en alumine est fonction du produit à réaliser (coloration, ...). La fabrication du cristal exige des sables d'une pureté absolue (99,8 % de silice) de même que celle du verre de silice fondue. Par contre, les sables fins de doucissage (verre douci-poli), ne sont pas mêmes exigences.

V.7- Industrie de la fonderie :

La fabrication des moules et des noyaux de fonderie est le deuxième usage en tonnage des sables siliceux. En effet, la silice possède un point de fusion supérieur à celui du fer et de la plupart des métaux, ce qui permet leur fonte en moules siliceux élaborés à partir de sables très purs.

Les sables de moulage à liants argileux font généralement l'objet d'un recyclage systématique après utilisation, ce qui permet de réintégrer une grande partie dans la fabrication de nouveaux moules, l'appoint étant fait avec du "sable neuf".

On utilise ainsi, avec le procédé de moulage au sable, 7 à 22 tonnes de sable neuf + recyclé pour chaque tonne de produit moulé.

La consommation moyenne serait de :

- 1 tonne sable neuf/tonne de fonte moulée.
- 2 tonnes "sable neuf/tonne d'acier moulé.
- 3 tonnes "sable neuf/tonne d'aluminium moulé.

Compte tenu de la part largement prédominante des produits en fonte (plus de 95 % du tonnage) et de l'emploi de plus en plus fréquent procédés de moulage ne faisant pas appel au sable, il s'avère que la consommation moyenne de sable ("neuf"), en France, est de l'ordre de : 800 à 900 kg sable/tonne produit moulé.

V.7.1- Qualités des sables de fonderie

Attention sera moins retenue par les impuretés chimiques que par l'alumine (<1%) Les fondeurs demandent aux sables argileux qu'ils emploient d'être aussi constants et homogènes que possible dans leur composition (80 à 90%) SiO₂ et 20 % argiles) et surtout dans leur granulométrie. Mais nombre d'entre eux se sont tournés vers les sables siliceux qui se rapprochent aujourd'hui de ceux exigés pour la verrerie. Cependant, leur granulométrie (fine ou étalée) et les qualités plastiques des grains de sables (dureté, forme, porosité, adhésivité aux liants). Les exigences varient d'une fonderie à l'autre ou suivant le type de fabrication, au point qu'il est difficile de fournir une composition type de sable de fonderie.

Tab 27 : Utilisation de la silice sous forme métallique.

Type d'utilisation	Matières	Nature d'utilisation
Electrometallurgie, silicium méta	Le silicium métal est extrait de quartz, de quartzite ou de sable extra-siliceux par des procédés métallurgiques utilisant des combustibles carbonés	<p>Pour produire 1 t de silicium métal, il faut 2,9 t de silice pure et environ 3 t de combustible, ainsi que 150 kg d'électrode en graphite, d'où un rejet d'environ 3,14 t de CO₂. Le silicium obtenu sert de base à de nombreux produits minéraux ou organiques utilisés dans diverses industries : en métallurgie (à 99 % Si) en alliage avec Al, Fe, Mg, pour la fabrication de panneaux photovoltaïques (Si de pureté 99,99 %), et en électronique (EG-silicium, Si de pureté 99,99%).</p>
Alliages à base de silicium métal	le silicium méta, extrait par réduction de sable extra-siliceux, de quartz ou de quartzite, est utilisé essentiellement pour la fabrication	<p>1-de ferro-silicium (FeSi), alliage lourd, résistant à l'abrasion et à la corrosion, destiné à la métallurgie et la sidérurgie.</p> <p>de carbure de silicium (SiC ou carborundum), à partir de sables extra-siliceux et de coke de pétrole chauffés au four électrique à 3000° C. Le carbure de silicium est obtenu sous deux formes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ cristallisée (SiC > 97,5 %) pour fabriquer des briques réfractaires de hauts-fourneaux et des abrasifs (dureté élevée de 9,5 sur l'échelle de Mohs). <p>amorphe (SiC de pureté ≈ 90 %), utilisé en métallurgie comme additif dans les fontes et les aciers.</p> <p>Les « fumées de silice », poudres amorphes très fines (0,1 à 10 µm), provenant de la production d'alliages de silicium, améliorent la résistance de certains bétons, pouvant être utilisées dans les constructions de type ouvrage d'art.</p> <p>Les industries métallurgiques utilisent 03 grandes variétés de produits siliceux nécessitant une matière première à haute pureté de silice :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les ferro-silicium, - le silicium métal ou silicium métallurgique, - les carbures de silicium. <p>Le silicium est contenu dans un grand nombre d'agents d'addition comme élément réducteur, pour l'affinage de l'acier dans les fonderies, pour améliorer la fonte, pour les alliages ferreux, les tôles magnétiques, l'élaboration du magnésium par silico-thermie, etc..</p> <p>La forme d'addition la plus courante est le ferro-silicium. Il entre dans l'élaboration de pratiquement tous les aciers et fontes. La sidérurgie utilise toute une variété d'agents désoxydants ou inoculants contenant de fortes teneurs en silicium. Les plus répandues sont le silico-calcium (Ca, Si), les Ca- Mn - Si et le Ca-Ba-Si.</p> <p>Le silicium de qualité métallurgique (SiO₂ > 97,5 %) est un élément d'addition pour les alliages non ferreux (notamment d'aluminium) les superalliages et certains aciers spéciaux. Il est également utilisé comme matière première dans la fabrication des silicones.</p> <p>Le silicium de qualité électronique, dérivé de la fabrication des silicones, est le matériau de base de la fabrication de semi-conducteurs et de piles photovoltaïques.</p>

		Le carbure de silicium est utilisé comme ferro-alliage, abrasif et base d'élaboration de réfractaires
Le silicium en aciérie	La consommation de silicium, essentiellement sous forme de ferro-silicium, peut varier entre 0,4 et 2,5 kg/t d'acier, le silicium a plusieurs rôles distincts en aciérie	<ul style="list-style-type: none"> - c'est principalement un agent de désoxydation. - il peut jouer un rôle d'agent réducteur, - c'est un élément d'alliage pour certains aciers spéciaux. <p>Les principaux effets du silicium sont dus à l'amélioration de la résistance mécanique et l'augmentation de la limite d'élasticité par un effet de durcissement de solution solide de la ferrite. Il améliore d'autre part la résistance à chaud et à la corrosion.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le silicium diminue la solubilité du carbone dans le fer doux, améliore-la perméabilité magnétique, la résistivité électrique et diminue les pertes par hystérésis. <p>Le silicium est un élément d'alliage pour les aciers à soupapes et les aciers à haute limite d'élasticité pour ressorts.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les propriétés du silicium sont aussi utilisées dans certains aciers de construction, les aciers travaillant à haute température et la plupart des aciers inoxydables et réfractaires.

V.8 - Le silicium dans les alliages non ferreux

Après les fontes et l'acier, le principal secteur de consommation de silicium est celui des alliages non ferreux, notamment des alliages légers à base d'aluminium.

Le silicium et le magnésium accroissent sensiblement la résistance de l'aluminium, de ce fait le silicium est présent dans presque tous les alliages d'aluminium, à des teneurs allant de 0,4 à 1 % Si, le silicium permet d'améliorer les caractéristiques des alliages subissant un traitement thermique. Certains alliages peuvent contenir jusqu'à 13 % Si pour des applications à haute température.

Pour les alliages de fonderie, le silicium joue un rôle important : il améliore la fluidité et la "moulabilité", ainsi que la résistance à l'usure et à la corrosion.

Les propriétés du silicium sont utilisées dans d'autres alliages non ferreux :

- les alliages cuivre-silicium (silicobronzes) sont utilisés pour leurs propriétés mécaniques, leur bonne soudabilité et leur résistance à la corrosion. Ils trouvent de nombreuses applications dans la construction navale : pièces de structure, boulonnerie.
- les alliages de nickel, notamment pour la fonderie, peuvent contenir de 1,5 à 6 % Si et sont utilisés dans les industries chimiques et alimentaires. Les alliages nickel- cuivre (0,5 à 4,5 % Si) sont utilisés dans l'appareillage électrique ainsi que l'équipement chimique. Les alliages nickel-silicium (10 % Si) sont très durs et résistent aux acides, notamment l'acide sulfurique chaud.

Tab 28 : Le Silicium Dans Les Alliages Non Ferreux.

Type d'utilisation	Matières	Nature d'utilisation
LES SILICONES	<p>Les silicones représentent un secteur de développement rapide de la consommation de silicium.</p> <p>Les principales applications des silicones sont</p> <p>Les propriétés de stabilité thermique, de neutralité chimique, d'insolubilité, de bonnes caractéristiques mécaniques (flexibilité et élasticité) des siliconés sont mises à profit pour réaliser des adjuvants chimiques et des prothèses artificielles.</p>	<p>- Le silicium est utilisé pour produire des composés organosiliciques d'une très grande variété de formes physiques et d'applications.</p> <p>-Les silicones se présentent sous la forme d'huiles plus ou moins visqueuses, de graisses, de pâtes, d'émulsions, de résines, de gommages, d'élastomères d'emplois très divers.</p> <p>-des polymères thermodurcissables réagissant à chaud et à froid.</p> <p>-l'élaboration de produits lubrifiants, antiadhérents, hydrofugeants, antimoussants, adhésifs, etc..</p> <p>-des applications parachimiques dans plus de deux cents secteurs différents.</p> <p>-Les huiles siliconées servent surtout pour faire des agents de démoulage, des additifs antiadhérents et lubrifiants (fluorosilicones) et antimoussants (industries chimiques et alimentaires).</p> <p>Les résines siliconées servent pour élaborer des additifs hydrofugeants et réaliser l'isolation de l'appareillage électrique.</p> <p>Les élastomères siliconés permettent d'élaborer des joints d'étanchéité et des élastomères vulcanisant à froid.</p> <p>Notons enfin qu'un co-produit de distillation fractionnée des siliconés est le silicochloroforme, matière de base de l'élaboration de silicium polycristallin électronique.</p>

V.9-Industries Diverses

A côté de la verrerie et de la fonderie, une petite part (15 % viron) des sables industriels trouvent une application dans de nombreuses autres branches de l'industrie.

Tab 29 : Différents utilisation du sable industriels.

Industries	Utilisations	Nature d'utilisation
industries diverses	Bâtiment et travaux publics principal constituant des bétons cellulaires	-Adjuvants pour béton. - Confection des joints (feutres, cartons, bitumes) dans d'étanchéité. Injections profondes pour les travaux -filtration des liquides (eau surtout).
	Charge	Enduits de parement ou revêtements muraux. Sols industriels (parkings souterrains).
	Colle	savonnerie. ; Peintures, etc.
	Travail de la pierre	- Sciage et polissage. - Ravalement des façades
	Abrasifs industriels et ménagers :	Travail des métaux : - carénage. réparation ou construction navale. - charpentes métalliques. - matériels agricoles et de travaux publics, etc.
	Produits réfractaires :	Tuilerie, faïencerie, céramique, sanitaire, etc Electrometallurgie : Alliages spéciaux
Industrie chimique L'utilisation des sables est si diverse qu'il n'est pas possible de préciser les qualités requises pour chaque type de fabrication, souvent strictes.	Charges minérales : la silice sous forme de poudres, en général très fines (micronisée à 2 µm), ainsi que la cristobalite obtenue par calcination et la silice précipitée, sont utilisées comme charge de renforcement dans les plastiques, polymères, peintures, caoutchoucs, résines, enduits, colles, mastics, vernis et encres. Elles rentrent également dans la composition de compléments alimentaires, de céramiques de haute-technologie, des ciments, des enduits, des pâtes de dentifrice...	

V.10- Produits dérivés de la silice et domaines d'utilisation

Tab 30 : Produits dérivés de la silice et domaines d'utilisation.

Produits dérivés de la silice	Procédures	Utilisations industrielles
Des procédés physico-chimiques	transforment la silice naturelle en silice synthétique	charge minérale, agent de renforcement, fluidifiant, blanchisseur, détergeant, renfort de polymères, support pour les compléments alimentaires, antidérapants...
Silices précipitées	obtenues par neutralisation d'une solution de silicate de sodium par l'acide sulfurique	utilisées dans l'alimentation humaine et animale, et comme abrasif et nettoyant dans les pâtes de dentifrice, en renforcement dans les élastomères
	Les silices précipitées de haute performance, hautement dispensables	l'industrie du pneumatique
Gel de silice	le gel de silice, obtenu de la même manière que les silices précipitées mais à $\text{pH} < 7$, est un hydroxyde de silicium poreux, très hydrophile (possibilité d'absorber 40 % de sa masse),	utilisé comme capteur d'humidité, et comme épaississant en pharmacie et en cosmétique ;
Silice colloïdale	particules en suspension de 10 à 100 μm de diamètre, en concentration aqueuse à $\text{SiO}_2 < 50\%$ en volume, et récupérées par le passage dans une solution de silicate de sodium sur les résines échangeuses de cations. La silice colloïdale	est utilisée pour le polissage des plaques de « EG-silicium », et comme liant de produit réfractaire, épaississant dans les vernis, les colles et les peintures, ainsi que pour donner des propriétés anti-salissantes aux revêtements de sol et aux tissus
Silicate de sodium	produit de base dans de nombreuses industries, obtenu par fusion alcaline de sable extra-siliceux, ou par attaque à 180-220 °C par la soude	utilisé dans la fabrication de silice de haute performance ;
Silicones ou polyorganosilanes	polymères obtenus par réaction du silicium métal avec des composés organochlorés	comme le chlorure de méthyl CH_3Cl .

V.11-Spécifications Et Critères De Sélection

V.11.1- Spécifications

Les spécifications des sables industriels diffèrent sensiblement suivant leurs applications, voire suivant leurs utilisateurs, comme on peut le constater dans l'industrie du verre.

Il existe par contre, pour les applications "fonderie", et dans la plupart des pays, des spécifications précises, faisant référence à des essais normalisés.

V.11.1.1 - Spécifications Verrerie

Elles concernent essentiellement la granulométrie et la composition chimique des sables, cette dernière, variant suivant le type de verre.

V.11.1.2- Granulométrie

Les classes granulaires utilisées sont, dans tous les cas, peu étalées et relativement comparables. La plupart des spécifications (cf. tableau 15) impliquent en effet :

- . D° minimal J 100 à 150 u mf
- . D° maximal j 400 à 600 u m

La granulométrie des sables doit par ailleurs être continue et présenter une bonne régularité (coefficient de variation du passant à D50 < 15 %

Tab 31 : sable industriels-verrerie- spécifications relatives à la granulométrie.

Mesh (U.S.Std Series)	Passants en % aux tamis de														
	27 0	20 0	14 0	12 0	100	70	50	40	35	30	25	20	14	12	06
Série A.F.A (Fonderie)	x	x	x		x	x	x	x		x		x		x	x
Ouverture	53 µm	75 µm	106 µm	125 µm	150 µm	212 µm	300 µm	425 µm	500 µm	0.6m m	0.71 mm	0.85 mm	1.4 m	1.7 m	3.35 mm
Norme B.S.(G.B)					< 10			> 90		> 98		10 0			
Pilkington BOS (G.B)				< 5					< 95		< 99		10 0		
S.I.V(Italie)		< 0.2			< 1			> 99		> 99.9		10 0			
A.K.W (R.F.A)			0. 0							100					
Normes U.S					< 15					> 99		100			
Pennsylvan nia Glass (U.S.A)			0. 0												
B.S.N (P.G) France					< 10			> 90		≠ 100					
Granularité moyenne	(100 à 150 µm) d ^a minimal								(400 à 600 µm) d ^a maximal						

V.12 - Chimisme :

Les principales spécifications sont regroupées dans le tableau 32.

D'autre part, et selon la plupart des spécifications d'origine U. S., les minéraux lourds réfractaires* d'un diamètre > 250 µm ne doivent pas dépasser la teneur limite de 0,0003 % de la masse.

Certaines spécifications imposent en outre des teneurs limites en SiO₂ (proscrit dans les verres boro-silicatés), ainsi qu'en alcalins, Na₂O et K₂O (< 0,1 %).

Dans le cas des verres optiques, on ne tolère pas plus de 1 ppm de cuivre, de cobalt ou de nickel, et 3 ppm de vanadium.

Tab 32 : Sable industriels-verrerie- spécifications relatives à la composition chimique (modifié).

type de verre	Verre creux blanc	Verre creux coloré	Verre creux table	Verre Baro silicaté	Cristal au Plomb	Verre plat	Verre optique	Fibren de Verre (isolation)
Teneurs-limites et tolérances variation								
Silice -SiO ₂ (min.)	98,8 ± 0,2	97,0 ± 0,3	99,6 ± 0,1	99,6 ± 0,1	99,6 ± 0,1	99,0± 0,2	99,7	94,5± 0,5
Alumine AL ₂ O ₃ (maxi)	0,6±0,1	0,6±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,5±0,15	0,2	3,0 +0,5
Fer Total – Fe ₂ O ₃ (maxi)	0,03± 0,003	0,25± 0,03	0,010	0,010	0,010	0,010 ± 0,0005	0,010	0,3 ± 0,05
Chrome total - Cr ₂ O ₃ (maxi)	0,0005	/	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00015	/
Alcalins -K ₂ O +Na ₂ O (maxi)	/	/	/	/	/	-	/	2,5±0,3
Perte au Fer-P-F (maxi)	0,20±0,02	0,5± 0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5

V.12.1 - Spécifications Fonderie

Les sables de moulage naturels (sables argileux ou silico-argileux), dont l'emploi décline rapidement, doivent contenir un pourcentage d'argile important, variable suivant les applications :

Tab 33 : Matériel de traitement des sables siliceux.

Métal coulé	Genre de pièces	Argiles % (S.naturels)
Acier	Grosses et moyennes > 15 mm ép.	> 08
	Petites < 15 mm ép.	< 15
Fonte grise	Grosses, épaisseur supérieur à 30 mm	15 – 20
	Moyenne, épaisseur 15 à 30 mm petites,	12 – 18
	épaisseur 0 à 15 mm	12 – 18
Alliages cuivreux	Grosses, épaisseur supérieur à 30 mm	15 – 20
	Moyenne, épaisseur 15 à 30 mm petites,	12 – 18
	épaisseur 0 à 15 mm	12 – 18
Alliages légers	Grosses et moyennes > 15 mm ép.	15 – 20
	Petites < 15 mm ép.	10 – 20

Conclusion

- Le sable est la ressource la plus utilisée dans le monde. Il représente un volume de commerce international très important. Les utilisations les plus importantes sont la construction et les industries. Dans ce dernier cas, les domaines d'utilisation de la silice sont nombreux et variés
- Les principales applications de sables siliceux sont : la verrerie, la fonderie, le bâtiment, l'électrometallurgie, la céramique, la chimie, les peintures les charges minérales, la fibre de verre, les colles, la filtration, les sports et loisirs, les abrasifs, de l'isolation, des silicones, des télécommunications.
- Le sable siliceux est exploité dans des carrières à ciel ouvert ou dans des sablières. Le produit extrait doit subir, avant sa commercialisation et son utilisation finale, un important traitement dont l'objectif est d'augmenter sa teneur en silice, de réduire toutes les impuretés et d'obtenir une granulométrie optimale requise pour une utilisation finale.
- Pour sa valorisation, le sable siliceux extrait de la carrière ; après l'homogénéisation, subira un important traitement qui comprendra l'un ou plusieurs des procédés suivants :
 - 1 Prétraitement (débouillage et lavage primaire)
 - 2 Criblage : Triage mécanique du sable par grosseur des grains.
 - 3 Attrition : (attrition= action de deux corps durs qui s'usent par frottement.)
 - 4 Lavage secondaire suivi de classification granulométrique :
 5. Flottation : Elle se fait par voie humide dans des cellules de flottation,
 6. Essorage et séchage : Se fait par voie thermique et permet d'éliminer toute l'eau
 7. Traitements supplémentaires : se fait par voie sèche et permet d'éliminer certains minéraux lourds contenant du fer.
- On trouve en Algérie des gisements importants de matériaux siliceux, notamment dans le Nord Est d'Algérie et l'ouest du pays, où ils sont liés aux dépôts de sables éoliens. Ce sont surtout ces gisements qui sont exploités pour la production du verre.

*CONCLUSION
GÉNÉRALE.*

Conclusion Générale

La contribution du secteur minier à l'économie joue un rôle important pour atteindre les objectifs de développement, notamment en stimulant la reprise et en engageant l'économie sur un sentier de croissance durable.

Le secteur d'étude, d'Elma-Labioud objet de ce travail représente un domaine très promoteur en termes de richesse minières notamment des sables à fortes teneur en silice.

Pour cela, et afin de promouvoir ce secteur, nous avons dénombré et étudié certaines des matières premières représentées dans les réservoirs de sable de cette région et analyser la relation du matériau extrait vis-à-vis des conditions géologique et climatologique, car il est nécessaire d'identifier la zone prévalant dans cette région, nous avons donc obtenu les résultats suivants :

Le climat de la région étudiée est semi- aride confirmé par le calcul de l'indice d'aridité de MARTONNE (16,09 **Climat semi-aride**).

La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 421 mm/an. Et la moyenne annuelle des températures est 15,5 C°.

L'excédant par rapport ou précipitation en pourcentage : 7%

Le déficit d'écoulements représente : 106.7% des précipitations.

L'étude des conditions géologique de la région conclu une stratigraphie s'étale du Crétacé (Trias) au quaternaire (récent). A la suite de ces dépôts, un tectonique régionale à donner naissance à des chaînes orogéniques, des fossés d'effondrements et des culminants, mettant en évidence une richesse minérale considérable. Notant aussi le rôle très important de processus de formation géologique et structurale dans la genèse des dépôts miocène à caractère sablonneux ou gréseux très riche en silice.

A partir des études effectuées et leurs interprétations sur la basse des coupes établies par G.Durozoy 1948, le faciès calcaireux du maestrichtien situées directement en dessous du remplissage miocène représenter par le gisement ADILA et les sables de KEF TENOUKLA, BEN FALIA commune d'Elhoudjbet jusqu'a la plaine de BHIRET LARNEB dans la région d'ELOGLA ELMALHA avec une teneur en silice (SO₂) variables qui peut atteindre 98% ainsi que l'existante des marnes et argiles du gisement de Draa El Bahi au Nord d'Elma-Labioud.

Afin de présenter les résultats de manière très claire et expressive, nous avons profité de l'outil SIG (système information géographique) le logiciel Arc Gis .pour

effectuées un recensement et répartitions des stations de sable de la région avec présentation des taux d'éléments chimiques (impuretés) contenus dans les sables de la région en pourcent (%). Les éléments présents avec les sables siliceux d'Elma-Labioud sont : Fe_2O_3 (1.754%), Al_2O_3 (3.324%), MgO (1.77%), CaO (6.79%), Na_2O (8.617%), K_2O (0.647%), SiO_2 (98.01%).

Le sable est la ressource très précieuse dans le monde. Il représente un volume de commerce international très important. Son utilisation qui se limitait aux domaines de constructions et industries, c'est développé à d'autres secteurs largement variés et propre à l'utilisation de la silice comme matière première. Notamment, la verrerie, la fonderie, le bâtiment, l'électrometallurgie, la céramique, la chimie, les peintures les charges minérales, la fibre de verre, les colles, la filtration, les sports et loisirs, les abrasifs, de l'isolation, des silicones, des télécommunications.

Les sables siliceux extraient subis, avant sa commercialisation un important traitement dont l'objectif est d'augmenter sa teneur en silice, de réduire toutes les impuretés et d'obtenir une granulométrie optimale requise pour une utilisation finale. La valorisation comprend un ou plusieurs procédés telle que :

1. Prétraitement (débouage et lavage primaire)
2. Criblage : Triage mécanique du sable par grosseur des grains.
3. Attrition : (attrition= action de deux corps durs qui s'usent par frottement.)
4. Lavage secondaire suivi de classification granulométrique :
5. Flottation : Elle se fait par voie humide dans des cellules de flottation,
6. Essorage et séchage : Se fait par voie thermique et permet d'éliminer toute l'eau.
7. Traitements supplémentaires : se fait par voie sèche et permet d'éliminer certains minéraux lourds contenant du fer.

L'Algérie recèle des gisements importants de matériaux siliceux, notamment dans le Nord Est et l'Ouest du pays, où ils sont liés aux dépôts de sables continentales. Ce sont surtout ces gisements qui sont exploités pour la production du verre et resèment comme filtre naturel dans les stations d'épuration des eaux usées.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES.

Références bibliographiques

- Blés J. L. (1969): Contribution à l'étude des déformations cassantes de la feuille de Morsott (SE Constantinois – Algérie). Les microfracturations et leurs relations avec les failles et les plis. Publications du Service Géologique de l'Algérie, (Série N° 11), Bulletin N° 39, pp. 7-17.
- Blés J. L. et Fleury (1970): Carte géologique 1/50 000 Morsott et notice explicative. Publ. Serv. Geol. Algérie.
- Bouzenoune A. (1993): Minéralisations péridiapiriques de l'Aptien calcaire: les carbonates de fer du gisement hématitique de l'Ouenza (Algérie Orientale). Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 209 p.
- Boudlal Omar, 2013. «Étude expérimentale du comportement mécanique des fines dans la stabilité des talus et des fondations» Thèse de doctorat présentée université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- Durozoy G. (1956): Carte géologique de Tébessa. Feuille 206.
- Dubourdiou G. (1956): Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). Thèse des Sciences, Paris, Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie, Bulletin N° 10, Vol. 1, 659 p.
- Damba Toufik et Geutout Med-Tahar, 2017, Stratigraphie et sédimentologie de hadjra safra d'Elma-labid et leur intérêt au domaine industriel Mémoire de Master Université de larbi tebessi Tébessa.
- Djedid Walid, 2017, Augmentation de la teneur en silice dans le sable de deux régions de la wilaya d'Adrar Mémoire de master Université d'Adrar.
- DIM (direction de l'industrie et des mines Tébessa) Rapports géologiques des exploitants.*
- Ferahtia Yousef, 2016, caractérisation des ressources minérales de wilaya de Tébessa par le système d'information géologique SIG, mémoire d'ingénieur, école nationale supérieur des mines et métallurgie – Annaba.
- Kowalski W.M. et Hamimed M. (2000): Diapirisme polyphasé ou glacier de sel albien? Dilemme du matériel triasique des confins algéro-tunisiens. Bulletin du Service Géologique de l'Algérie. Vol.11, n°1 pp.29-60, 12 fig., 2000.
- Legrioui radhia, 2012, Utilisation de la modalisation géochimique inverse pour l'explication de l'origine de quelques polluants dans les eaux d'aquifère miocène de la plaine d'Elma-labiod. N.E.Algérien mémoire de Master Université de larbi tebessi Tébessa.
- Madre M. (1969): Contribution à la l'étude géologique et métallogénique du djebel Ouenza (Est Algérien). Thèse de 3ème Cycle, Université de Paris, 90 p.
- Nathalie Blanc, «le sable étale sa science » sur Sciences Ouest, juillet 2011.
- Othmanine A. (1987): Les minéralisations en fluorine, barytine, Pb, Zn et fer sidéritique autour du fossé de Tébessa-Morsott (Algérie). Relation entre paléogéographie aptienne, diapirisme, structure et métallogénie. Thèse de 3ème Cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 221 p.
- Rouabhia, A., Baali, F., Kherici, N., & Djabri, L. (2004). Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Ma El Abiod (Algérie). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4), 347-352.
- Salmi-Laouar S., Laouar R., Boyce A.J., Zerdazi A. et Arrouche Y. (2004): Rapport isotopiques du soufre de l'oxygène et du carbone dans le massif de Boujaber, NE algérien: Origine des minéralisations à Pb-Zn-Ba et Source des fluides. Bulletin du Service Géologique de l'Algérie Vol. 15, n°1, pp.3-25.
- Sid Ahmed Hammouda et Abdelhak Mehdi, 2011, contribution a l'étude des ressources minérales dans les monts des traras (calcaire, sable et argile) état actuel, perspectives et impact sur l'environnement, université Abou beker Belkaid Tlemcen.
- Vila J. M. (1994): Mise au point et données nouvelles sur les terrains triasiques des confins algéro-tunisiens: Trias allochtone « glacier de sel » sous marins et vrais diapirs. Mémoire du Service Géologique de l'Algérie, N° 6, pp. 105-152.
- Références webographiques.**
- <https://construction-maison.ooreka.fr/astuce/voir/617185/les-differents-types-de-sable>.
- http://www.groupe.polymtl.ca/qlq1100/Sables/identification_sable.html.
- <http://www.fediex.be/upload/files/Etude%20sable.pdf>.
- <http://www.sibelco.fr/item.img/medias/images/sibelcofrance-fds-sable-siliceux-2010-1.pdf>.
- <http://portail.cder.dz/spip.php?article1720>.