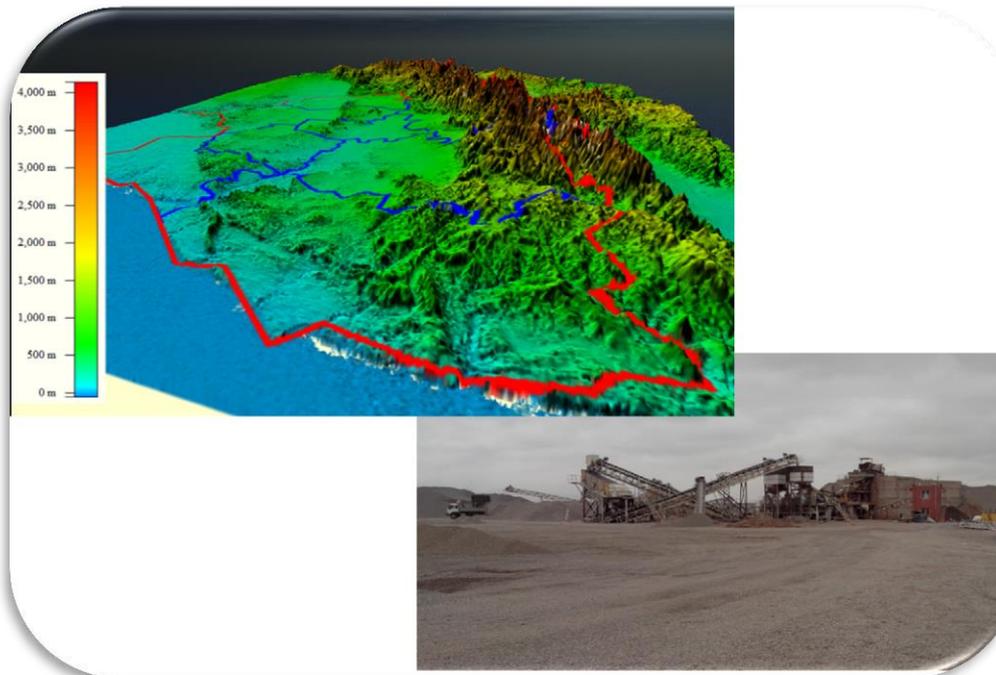


LST GARM S6

**LST : GEOLOGIE APPLIQUEE AUX RESSOURCES MINIERES**



**REALISATION D'UNE BASE DE DONNEES "SIG" POUR LA  
GESTION DES CARRIERES DE LA REGION MARRAKECH-SAFI**

Réalisé par :

**HARIM NOUH ET EL-KASSYM AZYZ**

SOUTENUE LE 24 JUIN 2015

Encadrant :

**Mr. M. EL GHORFI et Mr .A. ARGANE**

Présenté devant le jury composé par :

- Mr. M. EL GHORFI (FSTG)
- Mr. H. IBOUH (FSTG)
- Mr .A. ARGANE (DETL)

## Dédicace

Nous *dédions ce modeste travail* à :

- nos familles

- Nos encadrants

-Nos enseignements

-Nos fidèles amis

- Et à tous ceux qui nous' ont soutenus de près  
ou de loin.

## Remerciement

Mes sincères remerciements s'adressent tout d'abord à **Mr. Mustapha EL GHORFI** notre encadrant et aussi **Mr Amine ARGANE** notre parrain, pour leurs judicieux conseils directifs, pour leurs suivis pendant la période de notre stage, pour leur indéniable disponibilité, et pour toute l'attention qu'ils nous ont portés afin de réussir notre stage de fin d'étude.

Ma gratitude et mes sincères remerciements s'adressent également à notre examinateur, pour leur examinations de ce rapport.

Egalement, *nous remercions* **Mr. A SAIDI**, le responsable de LST GARM "GEOLOGIE APPLIQUEE AUX RESSOURCES MINIERES "et ainsi **Mme Hanane EL HIMER**, chef de service de planification et étude économique et toutes les personnes qui ont contribués au bon déroulement de notre stage, et à tous ceux qui ont facilité la récolte des données pour la rédaction de notre rapport.

Nous ne laissons pas cette occasion passer sans remercier très vivement nos chers enseignants de la FST, spécialement ceux du département de la géologie qui n'ont jamais cessé de nous transmettre leur savoir tout au long de notre période d'études de formation au sein de la FST.

MERCI BIEN

---

## Sommaire

AVANT PROPOS .....	8
Introduction .....	10
Chapitre I : Description du cadre naturel .....	11
1)- cadre géographique .....	11
2)- contexte géologique .....	12
a)- géologie régionale.....	12
b) - géologie locale du secteur d`AL Haouz .....	15
c) - géologie locale du secteur d`Essaouira.....	15
3)- Réseau hydrographique .....	17
a) - Réseau hydrographique régionale .....	17
b) - Réseau Hydrologique locale d` AL Haouz .....	19
c) - Réseau Hydrologique locale d` Essaouira.....	19
4)- climat de la région .....	20
Chapitre II : Exploitation des carrières de sable et des alluvions .....	22
1)- Généralité.....	22
2)- Cadre législatif.....	23
3)- Méthodes d`exploitation .....	25
4)- Matériaux extraits .....	28
5)- Impacts sur l`environnement .....	31
a) - Impacts positifs .....	31
b) - Impacts négatifs.....	32
<b>CHAPITRE III : SYSTEME D`INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) et son Application :.....</b>	<b>35</b>
<b>I. Généralité :.....</b>	<b>35</b>
1) Système d`Information Géographique :.....	35
a) Définition :.....	35
b) La Structure de l`Information Géographique :.....	35
c) Les domaines d`application :.....	35
d) Le mode de représentation des données :.....	36

---

2) Les Projection Cartographique : Règles de représentation des données géographiques.....	37
a) Définition :.....	37
b) Les différents types de projections cartographiques :.....	37
c) La projection conique conforme au Maroc :.....	38
II. Etude de cas :.....	39
1. Logiciels utilisés :.....	39
2. Géoréférencement et digitalisation des cartes sur MapInfo :.....	40
a) carte de la région Marrakech-Safi :.....	40
b) Carte géologique :.....	41
3. Création des données :.....	41
4. Les cartes topographique :.....	43
5. La couche de photos bing (aérienne) :.....	43
6. Création de la couche réseau hydrographique :.....	44
7. Le résultat final :.....	46
III. La gestion des carrières :.....	47
conclusion :.....	49
REFERENCE :.....	50

## Listes des figures

Figure 1: L`organisme de la direction régionale. ....	9
Figure 2: localisation de carrière de la province AL Haouz.....	11
Figure 3: : situation géographique de la deuxième carrière.....	12
Figure 4 : carte géologique de la région Marrakech-Safi (1/1 000 000).....	13
Figure 5: légende de la carte géologique (1/1 000 000) de la région. ....	14
Figure 6: Coupe géologique traverse le plateau d`Akermoud.....	16
Figure 7 : réseau hydrologie de la région Marrakech-Safi élaboré au cours de cette étude.....	18
Figure 8: la répartition et l`état des carrières par province (après Rapport Mission I_provisoire_V2) .....	22
Figure 9: La répartition des carrières dans les Oueds dans la région en pourcentage (après Rapport Mission I_provisoire_V2) .....	23
Figure 10: sens d`exploitation a l`intérieur d`un bande (Jaouda Agrégats Janvier 2015) .....	25
Figure 11: station de traitement .....	26
Figure 12: procès de traitement des matériaux.....	27
Figure 13: site d`exploitation des dunes de sable.....	27
Figure 14: localisation de la zone d`extraction et de la zone de concassage dans la commune d`Aghouatim.....	28
Figure 15: matériaux exploiter .....	29
Figure 16: ancien site d`exploitation à bhibah ; 47 km au Nord de la ville d`Essaouira (PR301) .....	30
Figure 17: précipitation des sables dans les champs cultivées .....	32
Figure 18: précipitation des sables dans la route.....	32
Figure 19: suspension de l`argile en eau .....	33
Figure 20: photo d`un puits qui montre la profondeur de la nappe phrétique .....	33
Figure 21: l`organisation des structures des couches .....	35
Figure 22: Géoréférencement et Digitalisation de la région.....	40
Figure23 : géoréférencement de la carte géologique du Maroc.....	41
Figure24 : l`affichage des métadonnées dans MapInfo.....	42
Figure25 : visualisation graphique en fonction des métadonnées .....	42

---

Figure26 : visualisation de fond Topographique.....	43
Figure 27 : carte thématique de la région Marrakech-Safi.....	44
Figure28 : étapes d'adaptation de la projection dans Global Mapper.....	45
Figure29 : le réseau hydrographique de la région.....	45
Figure 30 : vision en 3D de la région.....	46
Figure 31: carte thématique résultante.....	46
Figure 32 : carte thématique avec les informations de la carrière étudiée.....	47

### **Liste des tableaux**

Tableau 1 : la répartition des pluies dans la Région de Tensift Al Haouz selon les saisons (d'après Rapports interne de bureau d'étude, mission I_provisoire_V2).....	20
Tableau2: la Variation de la température moyenne mensuelle selon les postes d'enregistrement de la région (d'après Rapport interne de bureau d'étude, Mission I_provisoire_V2).....	21
Tableau 3: caractéristiques des matériaux présentées par la société JAOUDA AGREGATS.....	29
tableau 4: la comparaison entre deux types d'exploitation .....	31
tableau 5: les paramètres associés à projection conique conforme au Maroc (d'après le cours S5 Mr H.IBOUH).....	39

---

## AVANT PROPOS

Dans le cadre du module de stage de fin d'étude nous avons passé notre stage dans La direction régionale de l'Équipement de Transport et de Logistique, subdivisée comme suite :

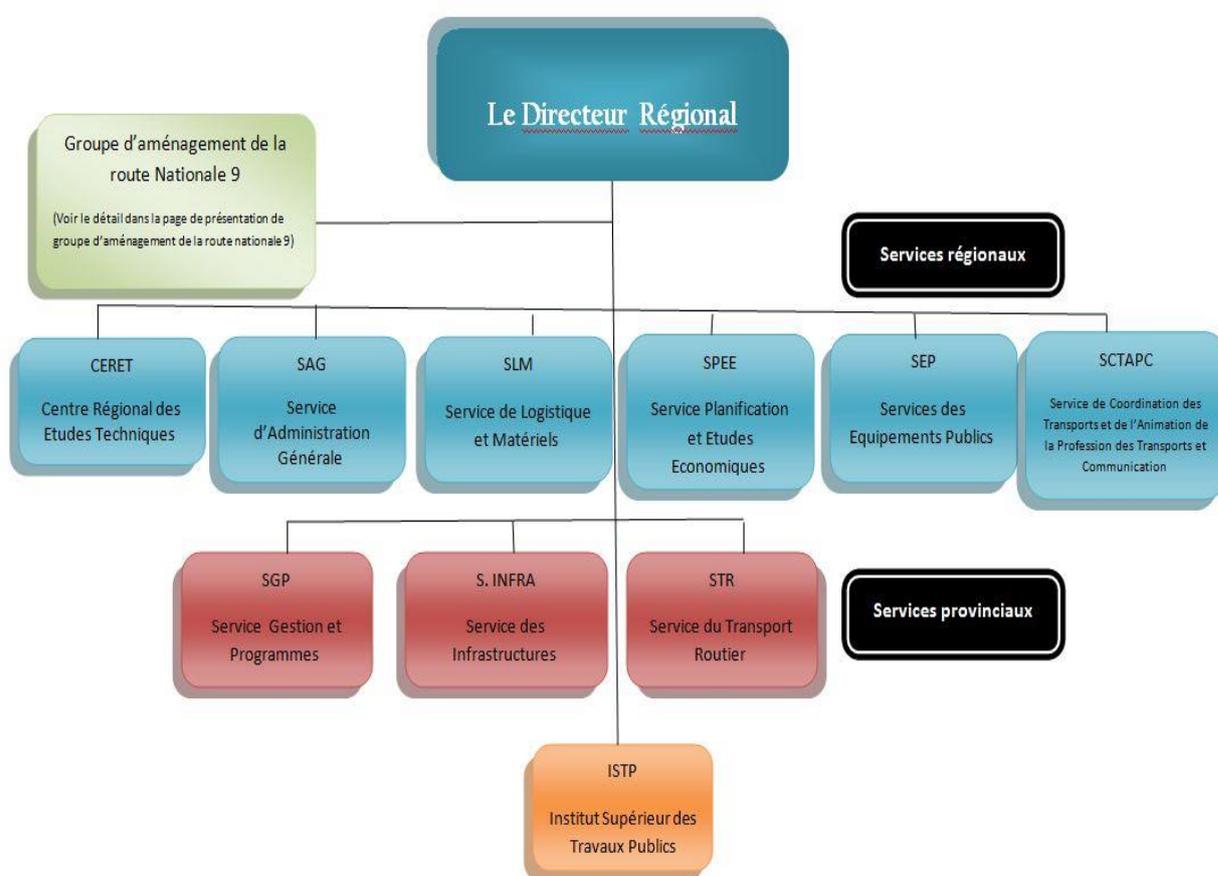
- **Service des Équipements Publics :**
  1. Exécuter les études, préparer les marchés et contrôler les travaux confiés dans ce domaine aux entrepreneurs, aux topographes, aux architectes, aux bureaux d'études privés et aux laboratoires.
  2. Établir de même les relations avec les maîtres d'ouvrages.
- **Service des Infrastructures :**
  1. Exécuter les études de projets et les études générales ou spécifiques.
  2. Prend en charge la préparation des marchés et le contrôle des travaux et la documentation technique.
  3. Assurer l'exploitation et la maintenance des routes.
- **Service de la Gestion et des Programmes :**
  1. Proposer les plans provinciaux.
  2. Assurer la programmation des crédits et le lancement et le suivi des marchés.
  3. Tenir la comptabilité (engagement, mandatement,...).
  4. Suivre la réalisation des programmes.
- **Service du Transport Routier :**
  1. Veiller à la mise en œuvre des programmes de prévention et d'amélioration de la sécurité routière.
  2. Valider du point de vue sécurité routière tous les programmes d'exploitation, de maintenance et de travaux neufs de la DPET.
  3. S'occuper, en matière d'exploitation, de la signalisation verticale.
  4. Assurer la mise en œuvre des programmes provinciaux de contrôle et d'inspection de la sécurité routière.
  5. Opérer le contrôle des établissements agréés.
  6. Assurer la production des services de proximité.
  7. Prendre en charge la préparation des marchés d'études relatifs à la sécurité routière.
- **Institut Spécialisé des Techniciens des Travaux Publics :**
  1. Formation des techniciens en Génie Civil (Routes, Hydraulique, Bâtiment).

### Mission de l'organisme direction régionale est :

1. Représenter le Ministère au niveau régional.
2. Réaliser les études générales et les recherches, la planification et la formation dans les domaines des infrastructures routières, portuaires, des bâtiments et des équipements divers, du transport et de la marine marchande.

3. Assurer l'encadrement et l'assistance technique des directions provinciales de l'équipement et du transport, ainsi que contrôler leur gestion et leur fonctionnement.
4. Assurer la coordination des différents modes de transport et l'animation de la profession du BTP et du secteur des transports.
5. Assurer le secrétariat du comité régional du sécurité routière.
6. Veiller à l'élaboration des plans régionaux de la sécurité routière, du suivi de leur exécution et de l'évaluation de leur impact sur la sécurité routière.
7. Coordonner les opérations de contrôle de la sécurité routière.
8. Animer les commissions d'enquêtes technique et administratif concernant les accidents graves de la circulation routière.
9. Assurer la gestion de la banque de données relative à la sécurité routière au niveau de la région.

La Direction Régionale de l'Équipement, du Transport et de la Logistique Marrakech Tensift Al Haouz comprend six services régionaux et 3 provinciaux et une institue Supérieur des Travaux Publics, comme le montre le schéma ci dessous:



**Figure 1 :** L'organisme de la direction régionale (mtp.gov.ma).

---

## Introduction

Les carrières de sable et de gravier sont nombreux et ont contribué d'une manière significative, à la satisfaction des besoins régionaux des programmes nationaux du développement et des grands chantiers lancés tout le long du royaume.

Les impacts de ces carrières sont très variables en fonction du type de matériau, du type d'exploitation et de l'environnement (impact hydrogéologique, les retombées de poussière, les nuisances sonores et le trafic induit) liées à la transformation de l'espace qui se traduit par la création de déséquilibre naturel, la qualité et le type des matériaux exploitables dépendent du site d'exploitation, il existe trois types d'exploitations :

- Exploitation de sable et de gravier situés sur les lits des oueds.
- Exploitation de sable et de gravière située sur les collines ou montagnes
- Exploitation de sable sous forme de dune située sur les zones côtières.

Les deux premiers sites d'exploitation sont utilisés avec des concasseurs. Le rôle des stations de concassage est le broyage des matériaux à des tailles différents selon la nature du domaine de construction (Route, bâtiments ou génie civil).

### **Objectif de notre stage**

L'objectif de notre stage de fin d'étude est de réaliser une base de données englobant toutes les carrières d'exploitation des matériaux de construction dans la région Marrakech-Safi. Cette étude est faite par le système d'information géographique (SIG) pour voir leurs impacts sur l'environnement, tout en s'intéressant plus à l'étude d'impact sur l'environnement de deux carrières ; la première située dans la province d'AL Haouz et la deuxième dans la province d'Essaouira.

L'outil SIG est un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels et de données géographiques. Il s'implique dans un environnement géoréférencé pour la visualisation et l'analyse.

En 1986 M. P.A Burrough distingue quatre fonctionnalités de base d'un SIG :

- Saisir des données (numérisation).
- Stocker des données (base de données graphique et tabulaire).
- Analyser des données (requêtes, modélisation, simulations)
- Sortir des données (cartes, tableaux, graphique, exportation et transferts de fichiers).

L'utilisation du système SIG au cours de cette étude a permis l'élaboration d'une précieuse base de données, son exploitation va aboutir à l'élaboration de données carte graphique et thématique qui simplifie la gestion de ses deux carrières.

## Chapitre I : Description du cadre naturel

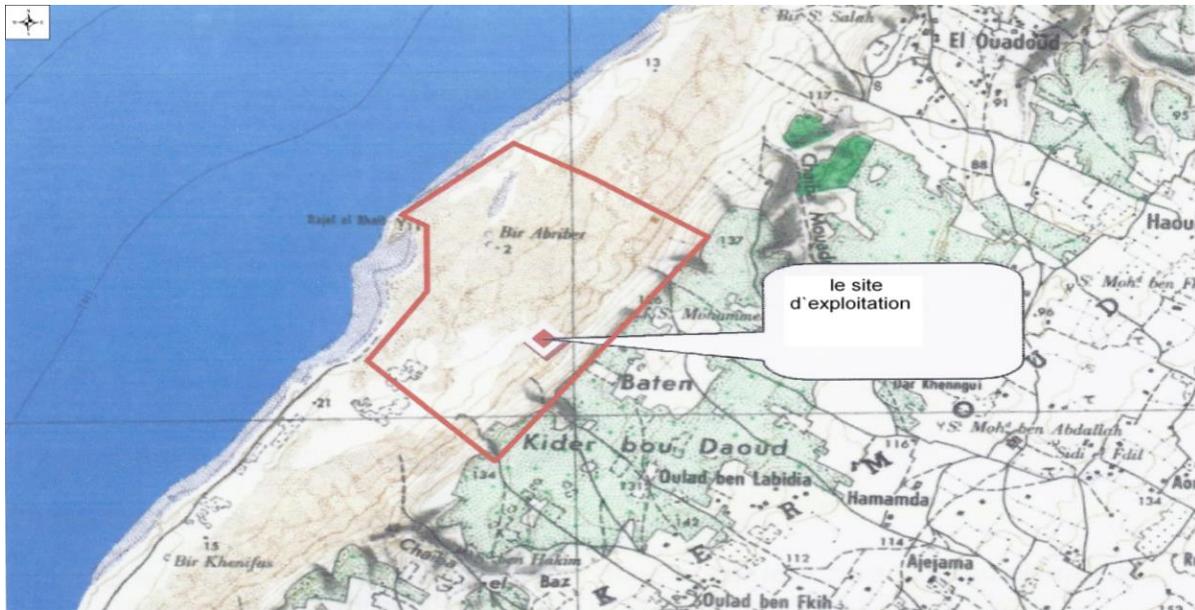
### 1) Cadre géographique.

**La première carrière** : située à 40 km au Sud de Marrakech au niveau de l'oued Ghighaya dans le Haut Atlas de Marrakech, avec des coordonnées Lambert X=256628,64 et Y=91099,70.



**Figure2** : localisation de carrière de la province AL Haouz (Google Maps)

**La deuxième carrière :** est un site de sablière qui est situé à 73 Km au sud de la ville de SAFI, et 47 km au Nord de la ville d'Essaouira (PR301). Il est accessible de puis la ville de SAFI en empruntant la RP 2340 vers Tnine Leghiat, puis la 301 vers Essouiria jusqu'au PK 220.



**Figure 3 :** situation géographique de la deuxième carrière Rapport Etude des impacts sur l'environnement d'après la société Jaouad Ramla.

## 2) Contexte Géologique.

### a) Géologie régionale.

La région Marrakech-Safi appartient au domaine mesetien qui est formé par des terrains d'âge paléozoïque plissés et métamorphisés, ces terrains affleurent sous forme de massifs ou boutonnières, et structurés par l'orogénèse hercynienne. Ils sont surmontés par une couverture post paléozoïque tabulaire.

A partir de la **figure 4** on distingue :

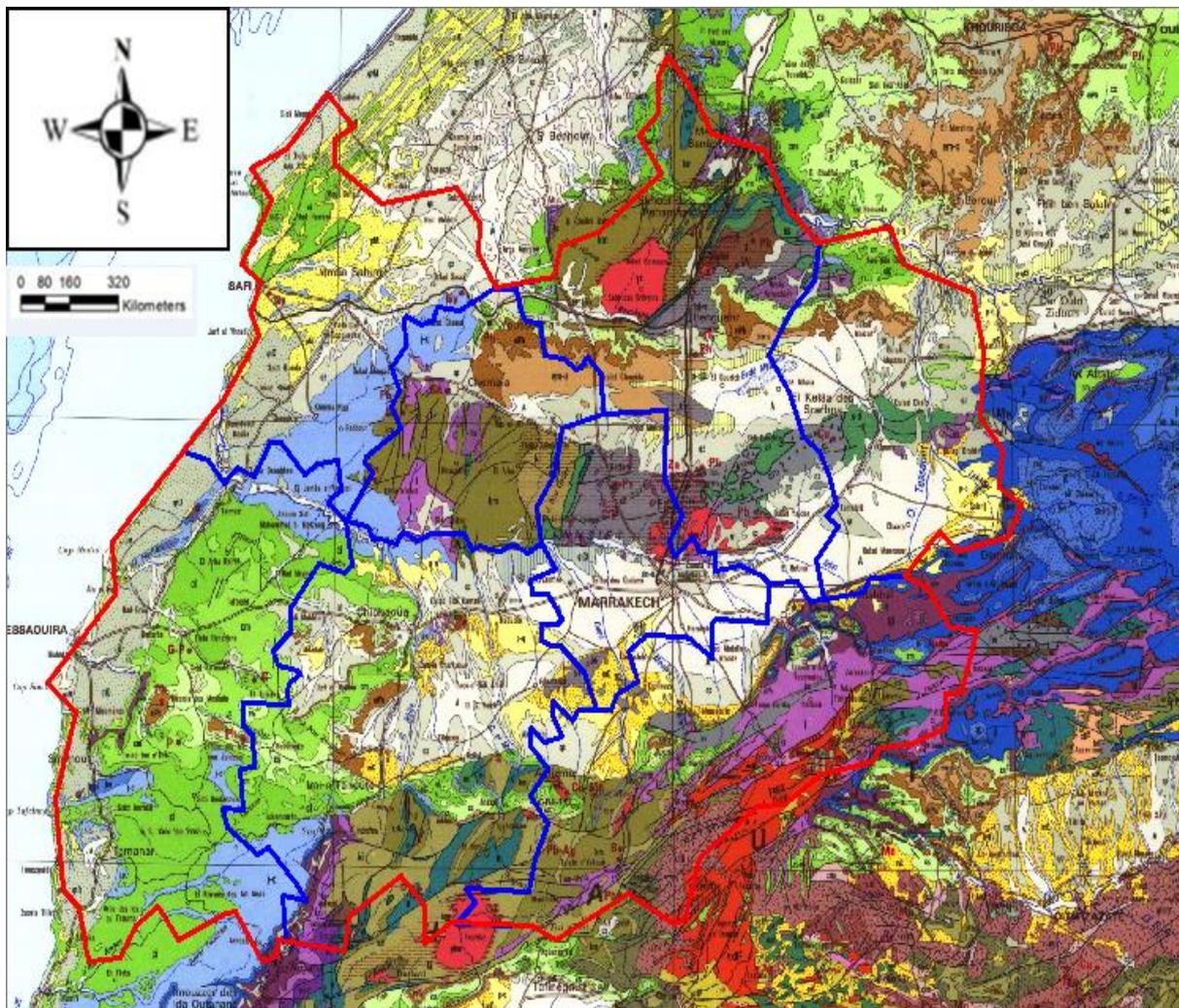
- **Meseta occidentale** : plissée et structurée lors de la phase Viséenne , formée par trois massifs:
  - Massif Hercynien Central Marocain
  - Massif des Rhamnas
  - Massif des Jebilets

Selon Huvelin (1977) Le massif hercynien des Jebilets est formé de roches paléozoïques, plissées et localement recoupées par des roches magmatiques acides et basiques.

✓ Les Jebilets sont subdivisées en trois parties :

- **Les Jebilets occidentales** : formées de schistes, de calcaires et de conglomérats d'âge variant du Cambrien au Carbonifère.
- **Les Jebilets orientales** : formées d'une série des flyschs (flyschs de Kharrouba) d'âge Viséen supérieur.
- **Les Jebilets centrales** : sont formées d'une série schisteuse datée du Viséen supérieur (schiste de Sarhlef).

La région Marrakech Safi occupe une partie du Haut Atlas occidental qui constitue des terrains cristallins précambriens et paléozoïque, sa couverture mésozoïque plissée apparaît à l'ouest avec les couches tendres du couloir d'Argana et les calcaires des Ida-ou-Tanane. Et occupe également une autre partie du Haut Atlas central.



**Figure 4** : carte géologique de la région Marrakech-Safi (1/1 000 000)( géojamal.com).



Figure 5 : légende de la carte géologique (1/1 000 000) de la région (géojamal.com).

## b) Géologie locale du secteur d'AL Haouz

Le bassin de Ghighaya est subdivisé en trois zones :

✓ La zone Sub-Atlasique qui couvre le tiers Nord du bassin et composée d'un socle rigide Précambrien et paléozoïque grés-schisteux et calcaire. Le socle est apparent dans les gorges de Moulay Brahim au Nord du bassin au niveau de l'exutoire. Sur ce socle, une importante couverture Mésozoïque à faciès détritique rouge composé de conglomérats, grés et silts de Trias est encore présente. C'est la roche tendre dans laquelle est creusée le bassin d'Asni actuel. Au Nord et au Sud du bassin d'Asni, un faciès carbonaté et marneux plus dur constitue les plateaux de Kik et Tihallatine.

Cette zone Sub-Atlasique constitue le promontoire du versant nord du Haut Atlas, c'est la première barrière dominante dans la plaine du Haouz. C'est une formation présente au sein de la plupart des bassins versants atlasiques.

✓ Plus au Sud, le horst de Ghighaya est composé de matériaux rocheux primaires et Permo-Triasique. Il constitue un bloc élevé par rapport à la zone Sub-Atlasique et incliné vers l'Ouest. Les matériaux Permo-Triasiques peuvent être observés au niveau des deux branches du Y que forme ce bassin : Les vallées d'Imlil et d'Imennane, sont constituées de dépôts (des basaltes doléritiques ) reposant sur une surface Anté-Permo-Triasique fossilisée (conglomérats et grés ).

✓ Plus au Sud dans ces vallées, les matériaux primaires précambriens constitués surtout de granites et de laves (andésites) sont visibles, enfin le bloc le plus élevé est la zone axiale qui forme les hauts sommets de bassin. (**CHAPONNIERE 2005**)

Dans l'ensemble, les faciès rencontrés correspondent à des calcaires et marnes de l'éocène reposant sur une barre de calcaire Turonien, et des bancs gypseuses métriques sont très fréquents au dessous du Turonien.

L'épaisseur de l'ensemble de la série Eo-crétacé dépasse 200m et surmonté par des argiles Permo-Triasiques.

La dominance des chistes compacts durs rend le sol peu perméable

## c) Géologie locale du secteur d'Essaouira

La géologie du bassin de Haut Atlas Occidental présente une grande diversité. A l'ouest on rencontre des formations récentes de dunes, grés dunaire et calcaires coquilliers qui prédominent. Le centre est dominé par des formations calcaires et marno-calcaires du Cénomaniens et du Turonien, dans les bordures Nord et Sud affleurent les marnes de Crétacé inférieur, les marnes et marno-calcaire du secondaire et tertiaire et enfin, les calcaires du jurassique et les formations rouges du Permo-Trias ([figure6](#)).

Ces formations sont stratifiées comme suit :

**Trias** : une série épaisse et monotone repose en discordance sur le Primaire du massif ancien du Haut Atlas et affleure dans le couloir d'Argana. Il s'agit d'un complexe détritique composé des conglomérats en base, des grès rouge, des ensembles des pélites, des argiles, des marnes, et des basaltes doléritiques.

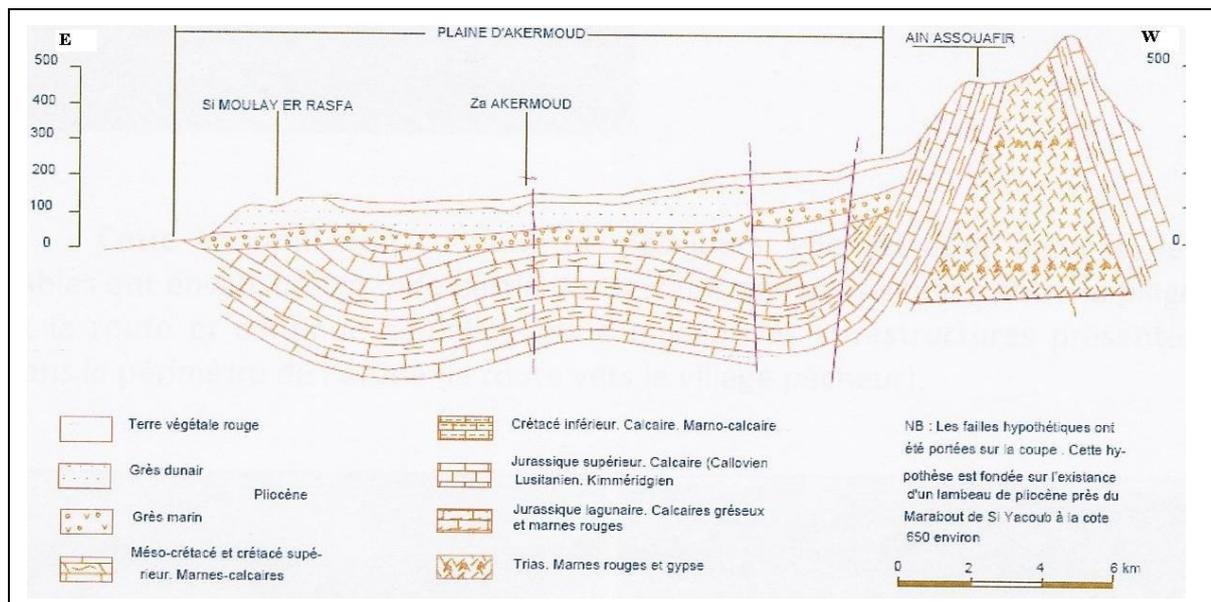
**Lias** : le lias inférieur comporte des grès, des conglomérats rougeâtres et des argiles rouges, le lias supérieur est constitué des calcaires et des marno-calcaires.

**Jurassique moyen et supérieur** : il s'agit d'une série détritique rouge-brune attribuée au Dogger, comprend des conglomérats, des grès et des marnes.

**Crétacé** : des grès et marnes vertes, des marnes et marno-calcaires.

**Tertiaire et quaternaire** : Marnes sableuses, grès et calcaires gréseux.

Le bassin synclinal d'Essaouira est situé dans le Haut Atlas occidental, il s'étend sur une superficie de 600 km<sup>2</sup>, la zone côtière est presque partout recouverte par les formations du pliocène et du quaternaire, sur une bande parallèle à l'Océan et d'une largeur d'une vingtaine de kilomètres, ces formations peuvent dépasser 100 mètres d'épaisseur sur le plateau d'Akermoud.



**Figure 6** : Coupe géologique traverse le plateau d'Akermoud (Rapport Etude des impacts sur l'environnement d'après la société Jaouad Ramla).

La géologie aux environs de site est celle du domaine littoral atlantique, les formations suivantes qui sont très dominantes :

- ❖ les calcaires et grès dunaires du Quaternaire.
- ❖ Les dunes vives d'âge récent.

### **3) Réseau Hydrologie :**

#### **a) Réseau Hydrologie régionale :**

La Région comprend principalement les bassins versants de l'Oued Tensift, de l'Oued Ksob, de l'oued Igouzoulen, ainsi que les branches ou sous-bassins de Lakhdar et de la Tessaout qui font partie intégrante du bassin de l'OER. L'organisation du réseau hydrographique est fortement contrastée, en raison de l'étendue de la Région et de la grande diversité géomorphologique et climatique qui la caractérisent. Une description des principaux traits de ce réseau est présentée ci-après (figure 7).

#### **❖ Plateau des Ganntour et Plaine de la Bahira**

Le réseau hydrographique de la Bahira est rudimentaire et se limite aux talwegs alimentés par les ruissellements sur les versants des Rehamna et des Jbilet. Les eaux collectées par ce réseau élémentaire se perdent dans les dépressions endoréiques de Sedd El Mejnoun (entre Benguerir et El Kelaa des Sraghna) et du lac Zima (sortie SW de la Bahira occidentale).

#### **❖ Jbilet et Mouissate**

Les oueds ont généralement des bassins en lanières de 20 à 30 km de longueur et rejoignent le Tensift par un tracé organisé autour des inselbergs dans la partie haute, devenant rectiligne sur les cours moyens pour terminer en méandres sur l'aval des glaciaires.

Dans les Mouissate, les calcaires du Jurassique affleurant en surface structurale fracturée et karstifiée constituent un environnement peu propice au développement d'un réseau hydrographique hiérarchisé. Sur la majeure partie du massif, les oueds sont conformes à la pente des couches géologiques et suivent un tracé Nord Sud pour rejoindre l'oued Tensift.

#### **❖ Haouz de Marrakech, bassin de Mejjate et Haut Atlas**

L'organisation du réseau hydrographique dans le Haouz est déterminée par les débouchés des oueds en piémont de l'Atlas et la configuration du comblement du bassin de subsidence. Les sections des oueds sont très actives et leur géométrie évolutive au gré des crues majeures et de leurs conséquences : érosion et atterrissements se traduisent par la divagation des lits mineurs et apparition temporaire de segments défluents.

Le Haouz oriental est drainé par le réseau de la Tessaout et du Lakhdar, tributaires de l'Oum Er Rbia.

Dans le Haouz central et occidental, l'orientation des oueds est essentiellement SSE-NNW à SE-NW. En limite occidentale, le tracé de l'oued Chichaoua est contrôlé par la limite d'affleurement des formations crétacées.

L'oued Tensift joue le rôle de collecteur avec un tracé calé sur la remontée du socle des Jbilet. Il constitue un niveau de base hydrographique pour l'ensemble de ses tributaires.

#### ❖ Bassin de l'oued Ksob-Igouzoulen-Tensift aval

Dans les structures synclinales du bassin, le réseau hydrographique montre, selon les lieux et la période du cycle hydroclimatique, des segments de pertes ou de résurgences karstiques. Ailleurs, le réseau hydrographique est contrôlé par les orientations des structures plissées, l'écoulement des oueds étant limité aux épisodes pluvieux importants. Sur les segments avals, des résurgences des réservoirs aquifères profonds peuvent générer un écoulement de surface permanent.

Au Nord, l'oued Tensift aval reçoit des oueds drainant les surfaces mésozoïques entre Chichaoua et les jbel Hadid et Kourati (oued Mramer et oued Tiroula). A l'Ouest, le tracé hydrographique s'organise sur la condition aval que représente le seuil déterminé par la flexure au Sud du jbel Hadid : les écoulements convergent vers cet exutoire pour former l'oued Oum Laâyoun et rejoindre l'Atlantique.

Le Haut Atlas occidental est drainé par plusieurs cours d'eau dont le plus important est l'oued Igouzoulen.



**Figure 7** : réseau hydrologie de la région Marrakech-Safi élaboré au cours de cette étude

## **b) Réseau Hydrologique locale d`AL Haouz :**

Sur le plan hydrologique, la province d`Al Haouz englobe une partie du Haut bassin de Tassaout, ainsi que la partie orientale et centrale des versants atlasique de la rive gauche de l`Oued Tensift, celle-ci est constitué d`une succession de bassins versants orientés du Sud vers le Nord, d`une superficie moyenne de 200 à 1500km<sup>2</sup>, assez bien arrosées et très pentues.

Ces bassins sont drainés par les affluents atlasique rive gauche l`Oued Tensift, qui sont d`Est en Ouest :

- Oued Larh
- Oued R`Dat
- Oued Zat
- Oued Ourika
- Oued Issil
- Oued N`Fis et son affluent Oued Amizmiz
- Le haut cours de l`Assif El Mal
- **Oued Ghighaya**

Le site d`extraction que nous avons pris comme model de la province d`Al Haouz, situé à l`Oued Ghighaya est constitué par la confluence d`Assif Imennene et Assif N`Ait Mizaine qui prend naissance dans le Haut Atlas à environ 3600m d`altitude.

## **c) Réseau Hydrologique locale d`Essaouira :**

Quelques chaabas qui drainent les eaux de ruissellement des cuvettes synclinales de Korimat et d`Essaouira et de la plaine d`Akerroud, ils sont courts et presque toujours à sec, sauf à la suit d`une pluie.

Leurs bassin versants ont des dimensions réduites et sont constitués de calcaire ou de grés dunaires dans les quels les eaux s`infiltrent largement, aucune mesure n`a été effectuée sur ces oueds temporaires.

Au contact avec la plaine littorale ces chaabas disparaissent pour laisser place à un écoulement souterrain prédominant, ceci est en relation avec la forte perméabilité des terrains par passage brusque entre des dunes marneuses et de grés dunaire fracturé.

Des chaabas ont été recensée dans le périmètre de la carrière, il s`agit de chaaba lemoudni à environ 1 km Nord-Ouest et chaaba Elhamra à environ 3km au Nord.

### 3) Climat de la région

Les précipitations sur la Région sont caractérisées par leur grande variabilité spatio-temporelle. La pluie moyenne annuelle varie de 350 mm le long de la côte océanique à 190 mm à Chichaoua. Elle atteint 800 mm sur les hauts reliefs de l'Atlas et 215 mm à Marrakech.

Le potentiel pluviométrique moyen défini à partir de la carte des isohyètes est de 8 643 Mm<sup>3</sup> et 8 557 Mm<sup>3</sup> respectivement pour les séries des années 35-02 et 75-02.

La répartition moyenne des pluies mensuelles montre l'existence de deux périodes caractéristiques :

- Une saison humide allant du mois d'Octobre à Avril, où interviennent la quasi-totalité des épisodes pluvieux, soit près de 80 à 90% de la pluviométrie annuelle ;
- Une saison sèche allant de Mai à Septembre avec seulement 7 à 18% de la pluviométrie annuelle.

**Tableau 1** : la répartition des pluies dans la Région de Tensift Al Haouz selon les saisons (d'après Rapports interne de bureau d'étude, mission I\_provisoire\_V2)

Bassin et zone		Pourcentage de la pluie annuelle	
		Saison humide	Saison sèche
Tensift	Est	82.3%	17.7%
Zones Atlasiques	N'Fis	82.9%	17.1%
	Ouest	85.7%	14.3%
Tensift	Plaine du Haouz	87.0%	13.0%
Bahira	Rehamna-Sraghna	93.2%	7.0%
Côtières Atlantiques	Région d'Essaouira	93.2%	6.8%

Les températures moyennes mensuelles varient entre 17°C et 20°C. Les mois les plus chauds sont généralement Juillet et Août (25,5°C à 29°C sur l'Atlas et dans la plaine du Haouz et 19°C à 24°C dans les zones côtières). Le mois le plus froid est Janvier (12°C sur l'Atlas et dans la plaine du Haouz et 13 à 14.5°C dans les zones côtières).

L'évaporation moyenne annuelle varie de 1800 mm sur le versant atlasique à plus de 2500 mm dans la plaine du Haouz.

L'évaporation minimale est enregistrée pendant le mois de Janvier alors que la maximale intervient pendant les mois d'été. Près de 50% de l'évaporation totale est enregistré durant les quatre mois de Juin à Septembre.

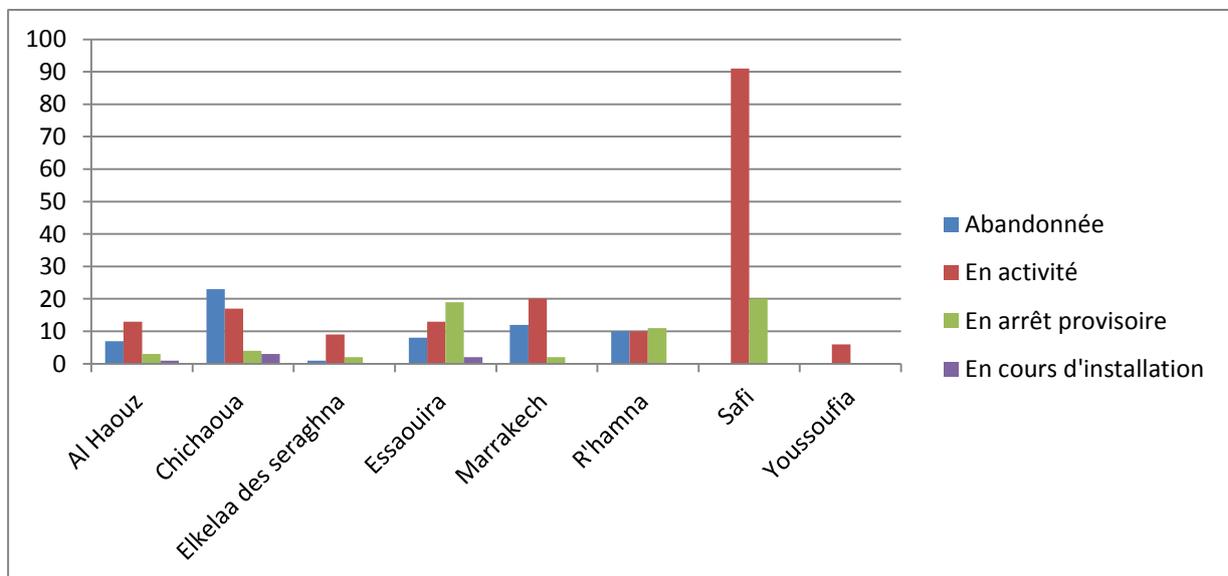
**Tableau 2 :** la Variation de la température moyenne mensuelle selon les postes d'enregistrement de la région (d'après Rapport interne de bureau d'étude, Mission I\_provisoire\_V2)

	Atlas	Pré-Atlas		Plaine du Haouz		Côtiers Atlantiques	
Poste	Aït Segmine	Sidi Rahal	Lalla Takerkoust	Marrakech Aéro	Abadla	Safi Aéro	Essaouira Aéro
T (°C)	17,6	18,5	17,9	19,8	19,6	18	17,3

## Chapitre II : Exploitation des carrières de sables et alluvions

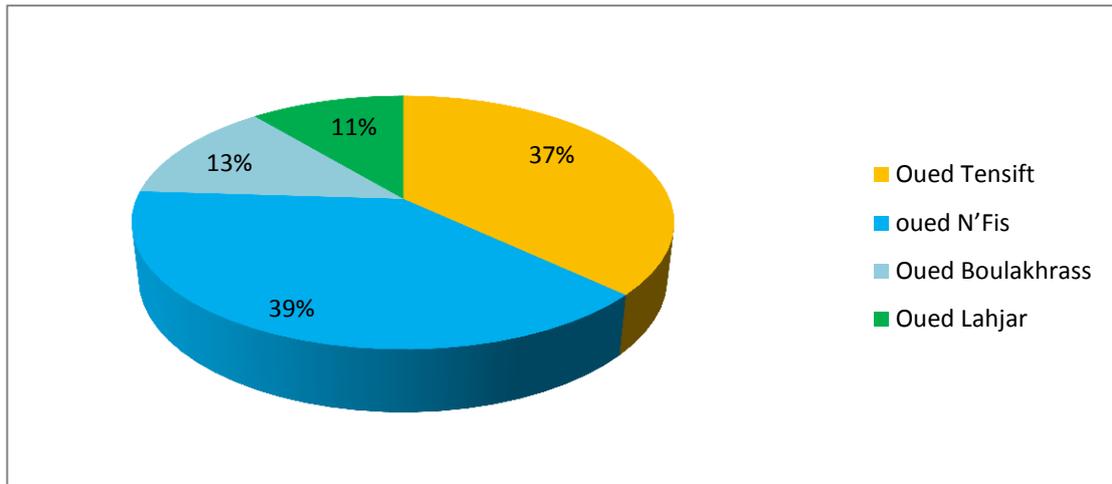
### 1)- Généralité

La répartition des carrières de sable dans la région se fait selon plusieurs paramètres, le type, la nature, la localisation et la qualité des matériaux ; Il y a des carrières qui sont classées comme productives, et qui sont en cours d'installation, d'autres sont en arrêt provisoire et il y'a ceux qui sont abandonnées (figure8). On ce qui concerne les résultats nous avons exploité les données de chaque province fournis sous forma d'un tableau Excel par la direction, d'après Rapport interne de bureau d'étude, Mission I\_provisoire\_V2. La réalisation de l'historgramme ci-dessous montre la répartition et l'état des carrières par province.



**Figure 8** : la répartition et l'état des carrières par province (d'après Rapport Mission I\_provisoire\_V2)

L'installation des carrières par des entreprises d'exploitation se fait après un ensemble d'études sur les oueds (l'originalité, la composition chimico-minéralogique et la granulométrie des matériaux). pour exprimer la répartition des matériaux demandés dans les sites d'exploitations au niveau des oueds, le diagramme suivant montre la répartition de ces carrières en pourcentage.



**Figure 9:** La répartition des carrières dans les Oueds dans la région en pourcentage (d'après Rapport Mission I\_provisoire\_V2)

## 2)- Cadre législatif :

*Au Maroc, la législation en matière d'ouverture de carrières et d'extraction de matériaux de construction comprend des textes régissant directement l'ouverture des carrières ou l'extraction des matériaux et des textes relatifs à la protection de l'environnement et des ressources naturelles, nous on va s'intéressé plus a dahir du 5 Mai 1914 et la loi n° 12-03.*

### - **Dahir du 5 Mai 1914 , régissante des carrières**

Ce Dahir a règlement l'ouverture de tout type de carrières, celles-ci doivent faire l'objet d'une déclamation détaillée dont les modalités sont fixées par le Dahir, ce dernière prévoit également des dispositions générales de recul des excavations vis-à-vis d'éventuels bâtiments ou infrastructures existants, il détaille aussi le mode de surveillance selon le type de la carrière ainsi que les précautions d'hygiène et de sécurité.

Circulaire du Premier Ministre N° 06-2010 du 14 Juin 2010 concernant l'exploitation des carrières et leurs surveillances :

Cette circulaire décrit les modalités administratives de l'octroi des autorisations d'ouvertures des carrières, elle rationalise aussi l'exploitation des carrières et initie la création des comites nationaux et régionaux charges du suivi et de la surveillance des carrières et définit les membres qui les composent.

### **Modèle de cahier de charges relatif a l'exploitation des carrières :**

Ce cahier des charges précise les conditions nécessaires relatives a l'ouverture et a l'exploitation des carrières conformément aux dispositions du circulaire du Premier Ministre N° 06-2010, il précise en outre les conditions complémentaires concernant la protection et

l'environnement et l'exploitation rationnelle des matériaux, le cahier des charges définit enfin les engagements qui doivent être observés par le requérant.

- **La loi n° 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement**

Cette loi définit ces études comme « études préalables permettant d'évaluer les effets directs ou indirects pouvant atteindre l'environnement à court, moyen et long terme, suite à la réalisation de projets économiques et de développement et à la mise en place des infrastructures de base ».

Ces études permettent aussi de déterminer des mesures pour supprimer, atténuer ou compenser les impacts négatifs et améliorer les effets positifs du projet sur l'environnement. Les projets soumis à l'étude d'impact sur l'environnement sont : les établissements insalubres, incommodes ou dangereux classés en première catégorie ; les projets d'infrastructures, dont les installations de stockage ou d'élimination de déchets et les projets d'assainissement liquide ; les projets industriels ; les projets agricoles ; les projets d'aquaculture et de pisciculture.

**Une étude d'impact sur l'environnement doit comprendre :**

Une description globale de l'état initial du site susceptible d'être affecté par le projet, notamment ses composantes biologique, physique et humaine.

Une description des principales composantes, caractéristiques et étapes de réalisation du projet.

Une évaluation des impacts positifs, négatifs et nocifs du projet sur le milieu biologique, physique et humain durant la phase de réalisation, d'exploitation ou de développement sur la base des termes de références et des directives prévues à cet effet.

Les mesures envisagées pour supprimer, atténuer ou compenser les conséquences dommageables sur l'environnement et les mesures pour améliorer les impacts positifs du projet.

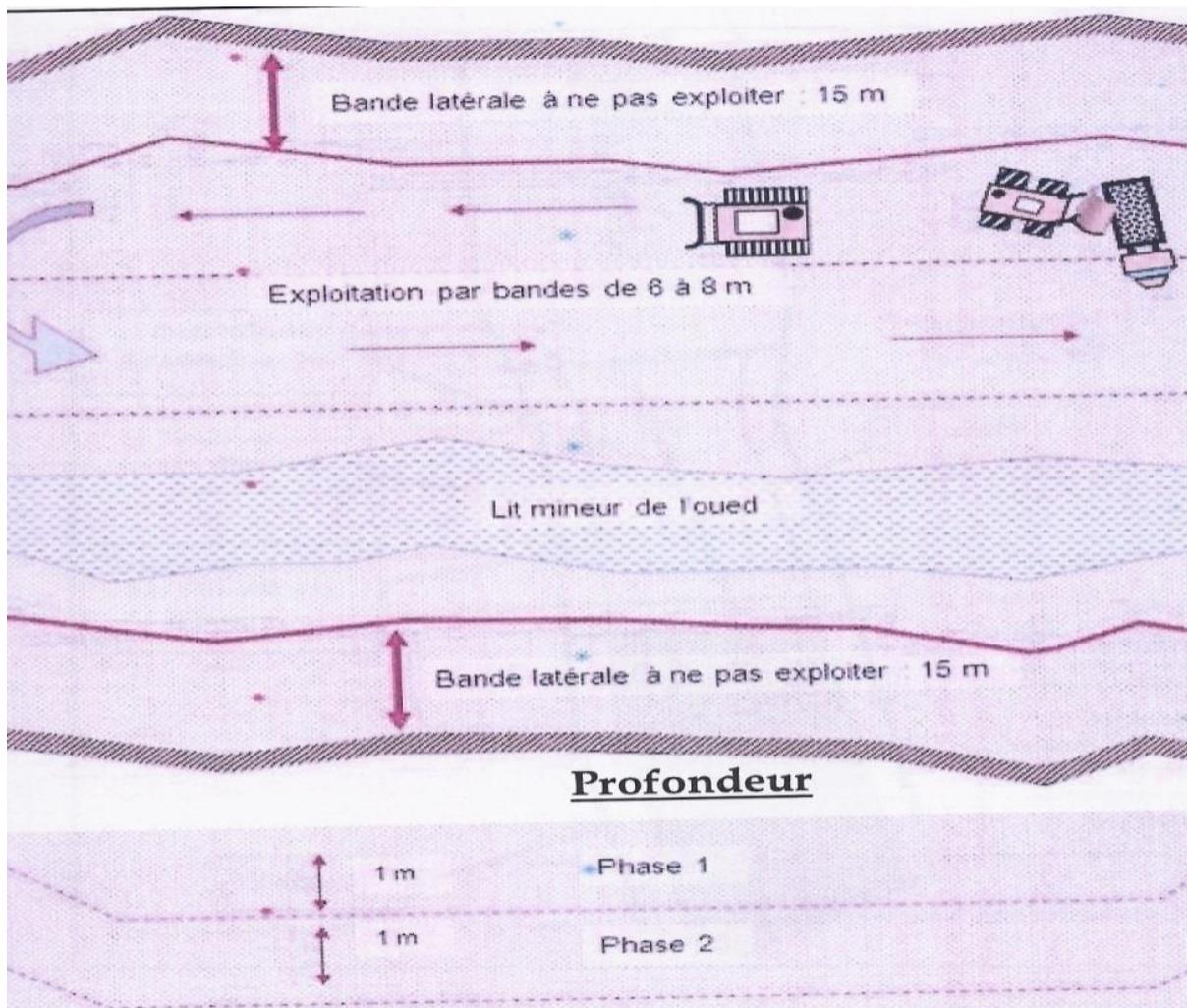
un programme de surveillance et de suivi du projet ainsi que les mesures envisagées en matière de formation, de communication et de gestion en vue d'assurer l'exécution, l'exploitation et le développement conformément aux prescriptions techniques et aux exigences environnementales adoptées par l'étude.

La loi sur les études d'impact prévoit obligatoirement une enquête publique dont les conditions d'application seront fixées par voie réglementaire.

### 3)- Méthodes d`exploitation :

La méthode d`exploitation diffère d`un type de carrière à un autre, nous avons pris comme model deux type d`exploitation que nous avons visité, la première est l`exploitation des alluvions sur l`Oued Ghighaya dans la province AL Haouz, et la deuxième est l`exploitation des dunes de sable sur les côtières dans la province d`Essaouira.

**Premier type d`exploitation :** l`exploitation des alluvions se fait à ciel ouvert avec deux chargeurs mécaniques et quatre camions de 18 m<sup>3</sup>, le mode d`extraction est progressif suivant un front de taille occupant toute la largeur du site exploité.



**Figure 10:** sens d`exploitation a l`intérieur d`un bande (Jaouda Agrégats Janvier 2015)

Ce mode d`extraction permet de faciliter le réaménagement de la zone d`extraction à la fin de son exploitation et ceci en remplissant les excavations par les matériaux qui ne sont pas exploités par la station.

Les produits de décapage et le stérile de la carrière devront être stockés de manière à être réutilisés pour la remise en état des lieux, cette remise en état sera progressive et les

zones libérées peuvent être aménagées au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation. Ces aménagements consisteront en :

- La rectification des pentes des talus obtenus après extraction de manière à leur conférer une pente empêchant tout éboulement de terrains.

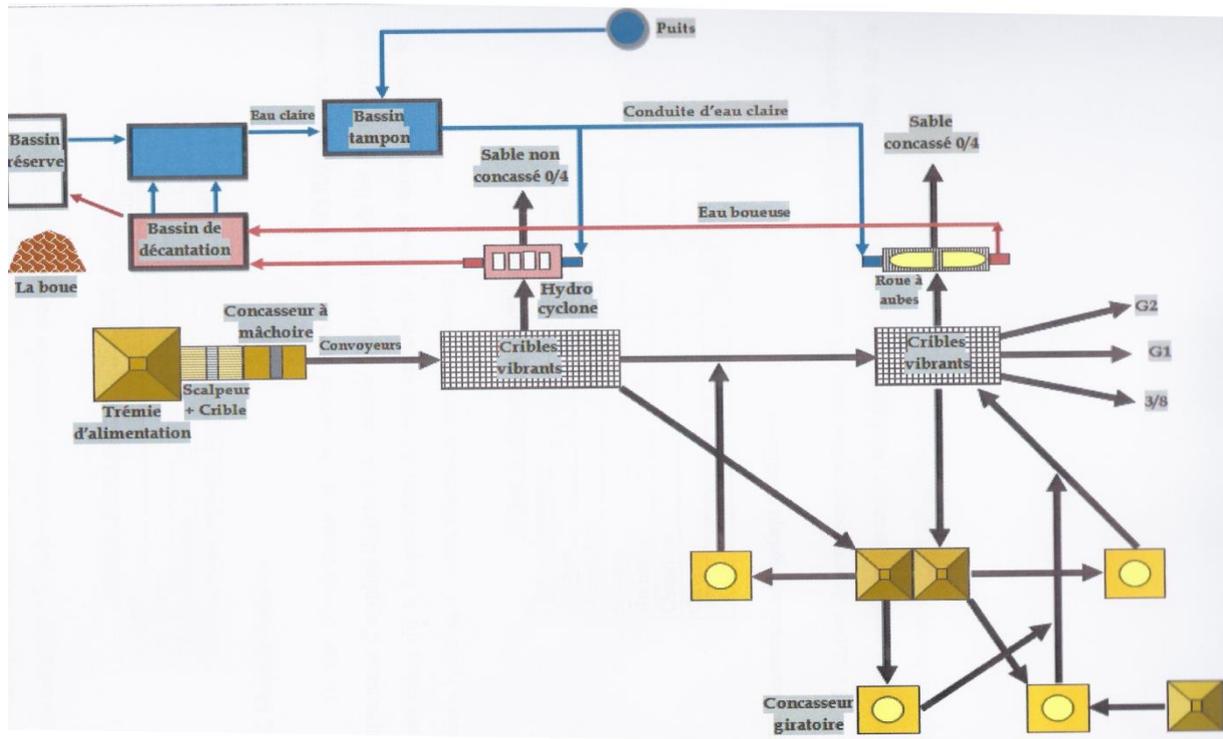
**La station de traitement** : est une station qui traite des matériaux bruts extraits de dans la zone d'extraction ; le produit va subir une opération de concassage puis criblage en suit il passe dans un système de lavage, cette dernière opération va permettre le lavage des matériaux pour éliminer les argiles et les particules fines indésirables, cette station de traitement comporte les éléments suivant :

- un concasseur primaire à mâchoires.
- Trois concasseurs giratoires à cône.
- Des cribles vibrants.
- Un hydro-cyclone de lavage de sable pour béton.
- Des convoyeurs.
- Une unité de clarification des eaux de lavage.
- Poste transformateur pour l'alimentation électrique.



**Figure 11:** station de traitement.

Le procédé de fabrication à adopter dans l'unité de traitement des matériaux est décrit par le schéma suivant :



**Figure 12:** procès de traitement des matériaux (Rapport Etude des impacts sur l'environnement d'après la société RIMAL AL YACOUT).

**Le deuxième type d'exploitation :** concerne l'exploitation des dunes de sable sur les zones côtières, la formation de ces dunes ce fait par des régressions et des transgressions du niveau de la mer puis un transport par le vent. La structuration finale de ces gisements de sables montre une orientation Nord –Ouest à Sud-Est dominant dans la zone côtière d'Essaouira.



**Figure 13 :** site d'exploitation des dunes de sable

L'exploitation de ces sables est conditionnée par :

- La morphologie du site en relief montagneux.
- La prédominance des formations meubles.
- la limitation de la parcelle par des gisements de sables mitoyens.

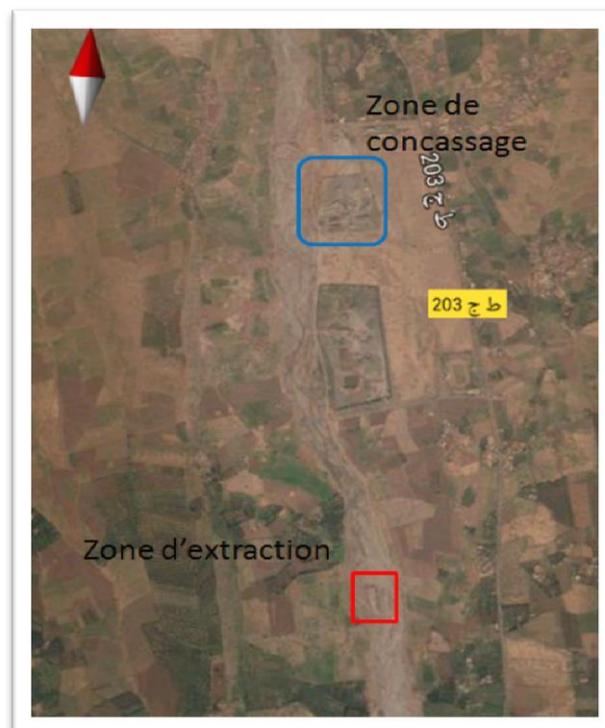
L'exploitation se résume dans les étapes suivantes :

- Une orientation de l'exploitation depuis le Nord-Est vers le Sud-Ouest.
- La profondeur maximale d'exploitation est de 6 m qui sera atteinte dans la partie Sud-Est de la dune.
- Respecter un périmètre de protection des deux côtés de la parcelle

#### 4)- Matériaux extraits

**Définition d'un sable :** de point de vue géologique, le sable est un matériau granulaire constitué des petites particules provenant de la désagrégation d'autre roches et dont la dimension est comprise entre 0,063 et 2 mm.

**La premier type d'exploitation :** Le site du projet se localise dans un terrain à faible pente appartenant au Quaternaire, il s'agit de sédiments détritiques provenant des faciès continentaux ou torrentiels, ils aboutissent au piémont sous l'effet de la gravité ou du transport par l'eau, pour former des cônes des déjections.



**Figure 14:** localisation de la zone d'extraction et de la zone de concassage dans la commune d'Aghouatim (Google Maps).

Les matériaux exploités dans cette carrière sont constitués des alluvions, ces matériaux présentent une texture grossière avec un diamètre maximal de 60 mm et une moyenne de 33% de la fraction sableuse.

**Tableau 3** : caractéristiques des matériaux présentées par la société JAOUDA AGREGAT

< 0,08mm	< 5mm	> 25mm	Dureté LA	Usure NDE	propreté ES
4,20%	33%	57%	18%	14%	35%

On en déduit que les matériaux testés présentent une dureté Los Angeles (LA) et une résistance à l'usure Micro Deval Humide (MDE) conformes pour la fabrication de toutes les catégories des bétons et les granulats pour la construction routière.

Sachant que la valeur exigée de la propreté équivalent de sable est de 80%, la faible valeur enregistrée de l'équivalent de sable (ES) doivent être corrigées en procédant à un lavage lors de l'exploitation des matériaux extraits et ce essentiellement pour les sables utilisés pour la fabrication de béton, le système à adopter pour le lavage du sable est un hydro-cyclone.



**Figure 15** : matériaux exploités

**Réerves minimales en tout venant brut :**

Sachant que la superficie effective de la zone d'extraction est de 23ha69a00ca avec une profondeur moyenne exploitable de 2m, le volume potentiel des matériaux exploitable est de l'ordre de 500400m<sup>3</sup>, d'après la société JAOUAD AGREGATS.

Cette société déclare qu'elle peut extraire annuellement un volume de 20000 m<sup>3</sup>, donc le potentiel de cette zone alimente les besoins de la société pour une durée suffisamment longue.

**La deuxième type d'exploitation :** concerne l'exploitation des sables fins qui constituent la partie supérieure de dunes, qui sont en grande partie transportés par le vent, sont donc relativement propres donnant des équivalents de sable supérieurs à 90%.



**Figure 16 :** ancien site d'exploitation à bhibah ; 47 km au Nord de la ville d'Essaouira (PR301)

Le sable de dune de la sablière de Bhibah est représenté par des éléments fins (diamètre inférieur à 0,5 mm), avec une granulométrie similaire et non continue des sables limoneux qui constituent des horizons rares au fond de la dune, ces sables sont constitués d'un mélange entre le sable fin éolien, l'altération du sol et de la matière organique, ces sables sont de propriété moyenne, certains horizons nécessitent un lavage-criblage avant utilisation.

### Superficie et volume exploitable :

La superficie exploitable du gisement comprend une aire de 30 m de largeur et une longueur de 200 m, ce qui réduit la superficie du gisement à 6000 m<sup>2</sup>, le volume de la zone exploiter est 20000m<sup>3</sup>d'après la société **Jaouad Ramla**.

**Tableau 4** : la comparaison entre deux types d'exploitation

les sables dunaires	les alluvions
la grande quantité de réserve	la qualité des matériaux
les matériaux sont plus propres	la taille des matériaux grossiers
moins impactes sur l'environnement	plus impactes sur l'environnement
l'exploitation moins couteuse	l'exploitation plus couteuse

## 5)- Impacts sur l'environnement

L'impact de l'extraction des matériaux de carrières sur le milieu environnant a fait l'objet d'une littérature abondante au niveau national et international, chaque carrière présente des impacts positifs et d'autres négatifs.

### a) Impacts positifs :

- **Impacts économique** : l'exploitation des carrières ; avait un intérêt économique pour la région et pour les villages à coté de cette carrière, ce pondant les résidants du village de proximité peuvent bénéficie des emplois directe dans le projet. des retombées positives intéressent l'économie de la région par la réalisation d'infrastructures à s'avoir les fondations des routes, petit barrage, école, dispensaire, alimentation en eau et en électricité, ....

- **Impacts sur l'environnement** : l'exploitation des dunes de sable a un impact positif sur l'environnement, car les dunes de sable composées par des sables fins, subit l'érosion éolien donc ces dunes transporter d'une place à l'autre, ils peuvent précipitent dans la route ou dans un champ cultivé, donc l'exploitation des dunes de sable il peut diminuer cette phénomène, après l'exploitation l'état à obliger à la société concerné d'implanté des plantes pour fixé le sol et arrêter le transport de sable.



**Figure 17:**précipitation des sables dans les champs cultivés



**Figure 18:** la précipitation des sables dans la route.

## **b) Impacts négatifs**

- **Impacts sur les eaux :** l'exploitation des carrières causé plusieurs effets sur les eaux de surface, comme par exemple la circulation des engins de chargement et de transport peut augmenter les matières en suspension des eaux de surface, de même, les produit chimiques (huiles, graisses....) des opérations d'entretien ou d'une fuite des engins peuvent endommager la qualité des eaux.

Les eaux souterraines aussi il va polluer aux cours de l'exploitation, plusieurs modifications chimique risquent de survenir au niveau des eaux souterraines, en effet l'extraction des matériaux entraine la diminution de l'épaisseur de la couche protectrice de la nappe phréatique, ce qui augmente le risque d'infiltration d'eaux chargées des matières polluantes telles que les produits chimiques d'hydrocarbures,

Le lavage des sables par un hydro-cyclone pour éliminer l'argile et les éléments très fins, l'argile en suspension dans l'eau il peut fermer la nappe phréatique.



**Figure 19** : suspension de l'argile dans l'eau.

Pour les carrières d'Essaouira la profondeur de la nappe phréatique est environ 15m d'après des observations effectuées au niveau des puits situés dans la zone d'étude.



**Figure 20** : photo d'un puits qui montre la profondeur de la nappe phréatique.

- 
- **Impacts sur la végétation :** généralement les impacts négatifs sur la végétation, qui peuvent être générés par une telle carrière située dans une zone rurale sont :
    - Destruction des terrains agricoles qui accroît les contraintes pesant sur les exploitations agricoles.
    - Destruction et contamination du sol par les produits chimiques nocifs.
    - L'émission des poussières qui peuvent menacer certaines cultures sensibles.
  - **Impacts sur les sols :** les impacts négatifs que peuvent subir les sols de la carrière et ceux de son entourage, sont d'ordre physique portant atteinte à leur stabilité, et d'ordre chimique portant atteinte à leurs qualités, ces impacts sont résumés en deux types :
    - Une forte circulation de poids lourds sur des pistes non aménagées (compactage des sols).
    - Un déversement ou l'épandage de déchets liquides et huiles
  - **Impacts sonore :** l'exploitation de la carrière est subordonnée de nuisances sonores causées par les bruits des moyennes d'extraction et la circulation des camions de transport ainsi que l'installation de traitement (station de concassage), ces facteurs contribuent à l'élévation du niveau sonore pouvant nuire aux populations et espèces animales qui sont à côté de ce site.
  - **Impacts sur les populations :** Les excavations de pente très élevée au niveau des carrières constituent un danger pour la sécurité des ouvriers et de la population riveraine. Ce danger est généralement accentué par l'étroitesse des pistes desservant la carrière.

# CHAPITRE III : SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE(SIG) et son Application :

## I. Généralité :

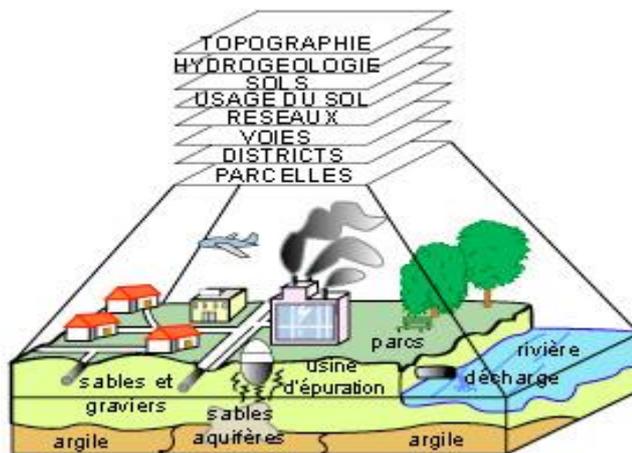
### 1) Système d'Information Géographique :

#### a) Définition :

Le système d'information géographique est un Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace.

#### b) La Structure de l'Information Géographique :

❖ La structure est formée des données spatiales organisées en couches plus des données alphanumériques structurées en base de données, et l'ensemble de ses couches superposables donne une base donnée géographique.



**Figure 21:** l'organisation des structures des couches (rapport système information géographique [Jean-Yves Antoine](#)).

#### c) Les domaines d'application :

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés.

Citons cependant :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)

- Planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (cartographie, aléas, amiante environnemental, prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)
- .....

Les utilisateurs des SIG font plutôt : de la gestion ; de l'aménagement ; de la recherche.

#### **d) Mode de représentation des données :**

L'information géographique est représentée selon deux modes : Mode Vecteur et Mode Raster.

##### ❖ Mode Raster :

Composé des images numérique dans La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille (= pixel) de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur.

La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information.

Pour saisir l'information géographique on utilise plusieurs sources de données : Des levés terrain, Image Satellite, Image scannée, photo aérienne, Données récupérées sur le web, Orthophotos aérienne.....

##### ❖ Mode vecteur :

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs et les arcs des polygones (données graphique). Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire (données alphanumérique).

Exemple :

- les points définissent des localisations d'éléments (les carrières, les puits pétrolières.....) ;

-les lignes représentent les formes des objets géographiques (Rivières, Routes, voies ferrés, les failles...)

-les polygones représentent la forme et la localisation d'objets homogènes (surface géologique, pays,...) ;

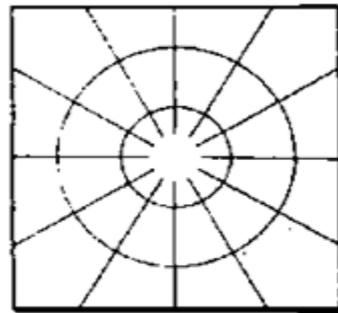
## 2) Projections Cartographique : Règles de représentation des données géographique

### a) Définition :

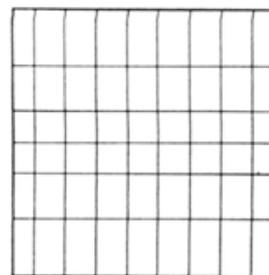
La projection cartographique est un ensemble de techniques et des équations mathématiques permettant de représenter la surface de la Terre de passé d'une surface sphérique à une surface plane. Elles permettent d'établir une correspondance entre tous points de la surface de la terre et de la carte avec le minimum de déformation.

### b) Les différents types de projections cartographiques :

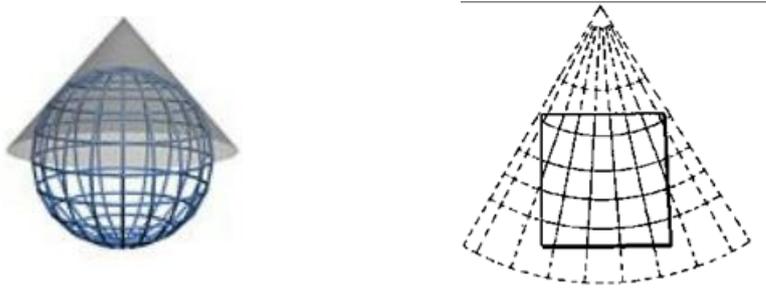
❖ la projection azimutale : on projette l'ellipsoïde sur un plan tangent en un point ou sécant en un cercle



❖ la projection cylindrique : on projette l'ellipsoïde sur un cylindre qui l'englobe. Celui-ci peut être tangent au grand cercle ou sécant en deux cercles. Puis on déroule le cylindre pour obtenir la carte (ex : Mercator, UTM...) Elle est souvent utilisée pour les zones proches de l'Equateur

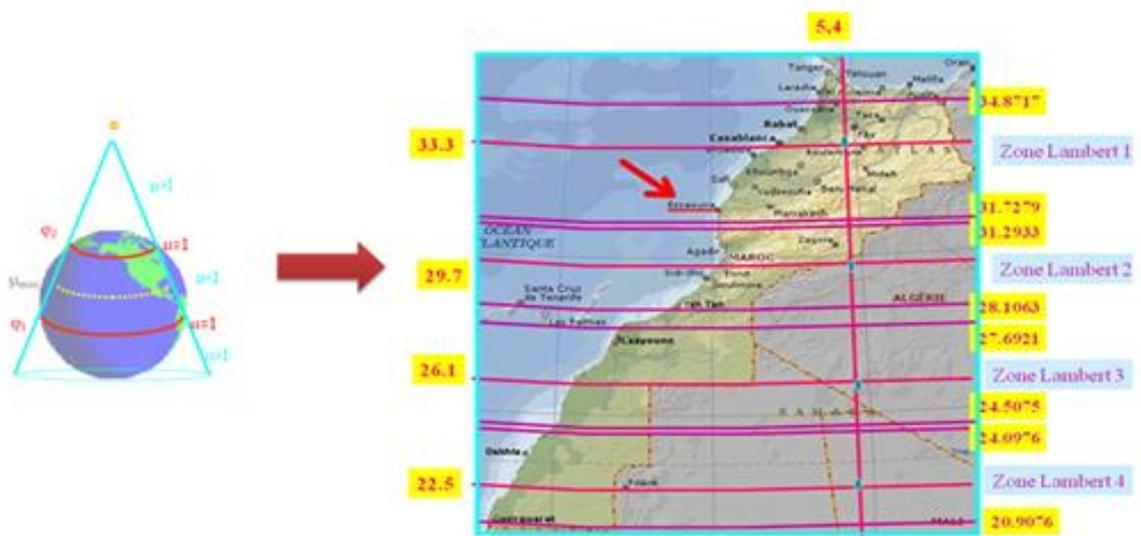


❖ la projection conique : on projette l'ellipsoïde sur un cône tangent à un cercle ou sécant en deux cercles. Puis on déroule le cône pour obtenir la carte (ex : Lambert).



**c) La projection conique conforme au Maroc :**

La projection conique ou plutôt la projection Lambert est subdivisé le Maroc en 4 zones : Zone 1 : Nord Maroc ; Zone 2 : Sud Maroc ; Zone 3: Sahara Nord ; Zone 4: Sahara Sud.



Les paramètres situés dans le tableau suivant caractérisent chaque zone Lambert qui associe à la projection conique conforme au Maroc.

**Tableau 5** : les paramètres associés à projection conique conforme au Maroc (d'après le cours S5 Mr H.IBOUH)

Zon e	Ellipsoïde	Méridien central (°)	Latitude référ. (°)	1 <sup>er</sup> parallèle standard (°)	2 <sup>ème</sup> parallèle standard (°)	Faux Est (m) (X)	Faux Nord (m) (Y)
1	Clarke 1880	-5.4	33.3	31.7279	34.8717	500000	300000
2	Clarke 1880	-5.4	29.7	28.1063	31.2933	500000	300000
3	Clarke 1880	-5.4	26.1	24.5075	27.6921	120000 0	400000
4	Clarke 1880	-5.4	22.5	20.9076	24.0921	150000 0	400000

## II. Etude de cas :

Notre Projet de fin d'étude a pour objectif de réaliser une carte thématique qui représente la topographie, la géologie, l'hydrologie et les limites des provinces de la nouvelle région Marrakech-Safi et aussi déterminer la situation géographique exacte des zones potentiellement économique (exemple : les carrières). Cette étude a pour but principale, de faciliter le travail à la Direction d'équipement de Transport et de la logistique et plus exactement au service d'étude des impacts sur l'environnement. Pour l'élaboration de cette carte ; plusieurs étapes ont été réalisés.

Pour comprendre ce travail nous avons choisi l'exemple de la carrière oued Ghighaya dans la province d'AL Haouz parmi 115 projets qu'on a traité sur une table Excel.

### 1. logiciels utilisés :

Pour la réalisation de ce travail, nous avons utilisé des logiciels SIG adéquats :

➤ MapInfo pour traitement des données acquises au moment de travaux du terrain (géoréférencement et digitalisation des cartes existantes, importation de données....),

➤ Global Mapper est un logiciel qui permet de visualiser et de traité les données sous format Rasters, vecteurs et MNT (Modèle Numérique de Terrain). Mais il possède aussi des outils très pratiques et performants pour la conversion, l'édition, l'impression et le suivi GPS. Enfin son moteur 3D est très facile à utiliser.

## 2. Géo-référencement et digitalisation des cartes sur MapInfo :

### a) Carte de la région Marrakech-Safi :

La digitalisation du contour de la région de Marrakech-Safi et ses provinces à partir de la nouvelle carte géoréférencie de répartition de territoire des provinces et régions du Maroc 2015. La méthode consiste à l'ouverture dans le logiciel (MapInfo) du découpage des régions du Maroc pour choisir les coordonnées d'une manière plus précises de plusieurs points dispersés, après on a importé une image raster de la région. Pour obtenir un bon calage de cette image, il a fallu qu'on change la projection longitude/latitude par la projection Lambert Maroc (Merchich) précisément la zone 1, ensuite on a superposé les points à peu près sur les mêmes points qu'on a pris à partir du découpage.

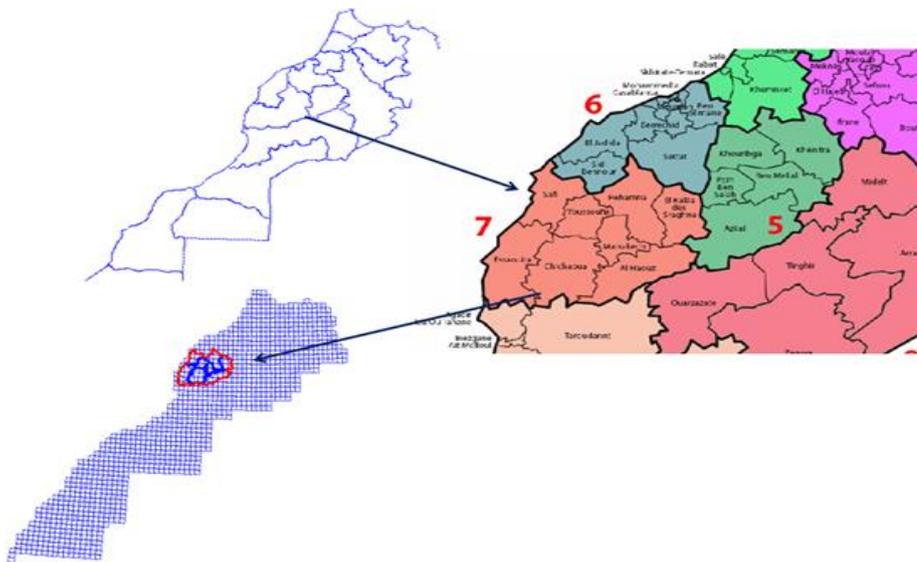
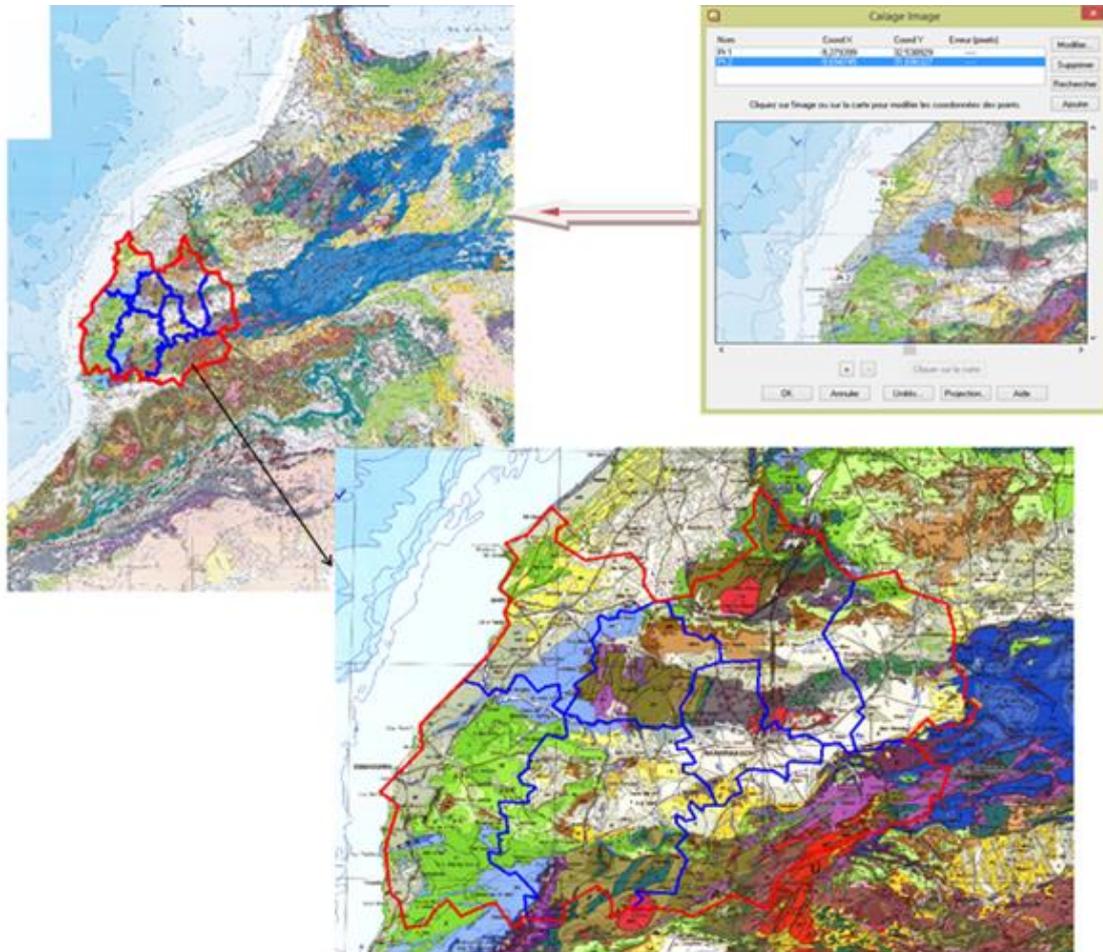


Figure22: Géoréférencement et Digitalisation de la région

## b) Carte géologique :

Pour géo-référencé le fond dans de la carte géologique du Maroc (1/1 000 000), on a suivi les mêmes étapes



**Figure23** : géoréférencement de la carte géologique du Maroc (géojamal.com)

## 3. Créations des données :

Pour élaborer cette carte, il a fallu d'abord qu'on dresse un tableau de base de données dans Excel bien organisé et bien structuré, il s'agit des données suivantes :

- coordonnées Lambert(X, Y),
- nom des bureaux d'étude,
- pétitionnaire,
- commune,
- province,
- classification, des différents projets dans la région Marrakech-Safi qu'on a collecté à partir des rapports de ces projets.

Pour changer les données numériques à des données graphiques il suffit d'afficher le tableau Excel et spécifier la feuille et le type de chaque champs de cette table.

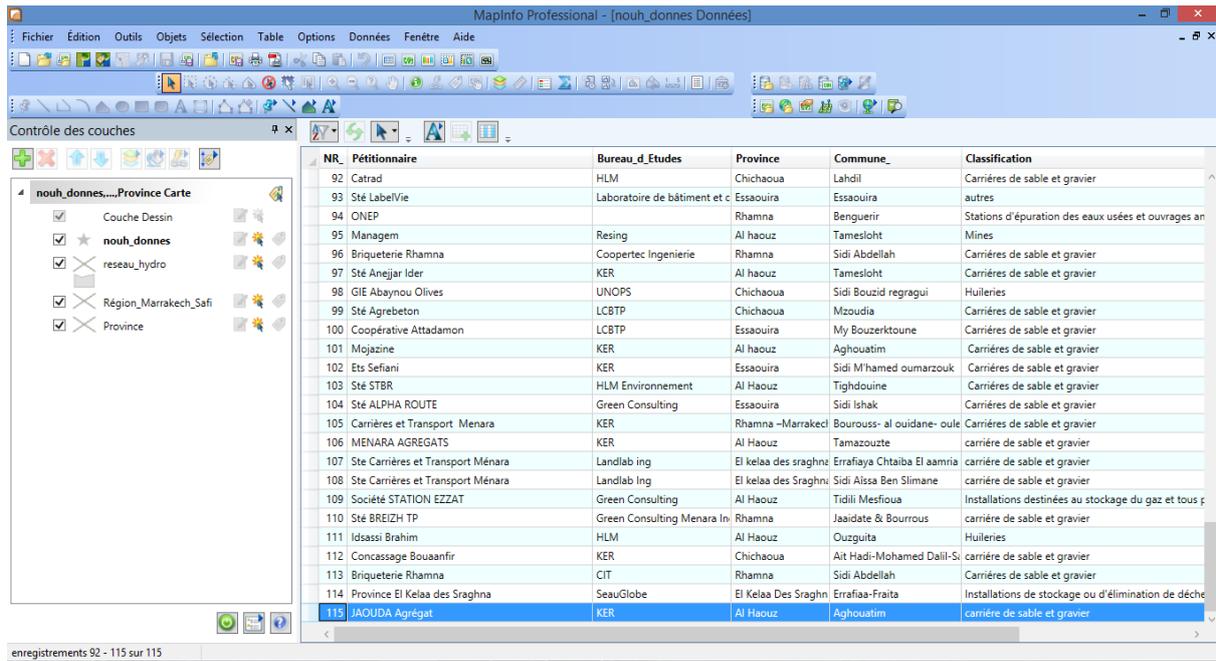


Figure24 : l’affichage des métadonnées dans MapInfo

Après l’affichage des métadonnées on a crée les point pour visualiser graphiquement ces attributs dans la carte thématique (figure 25, et avant de les intégrer dans le système d’information géographique, il faut vérifier leur projection et choisir la zone 1 de la projection Lambert Maroc (Merchich).

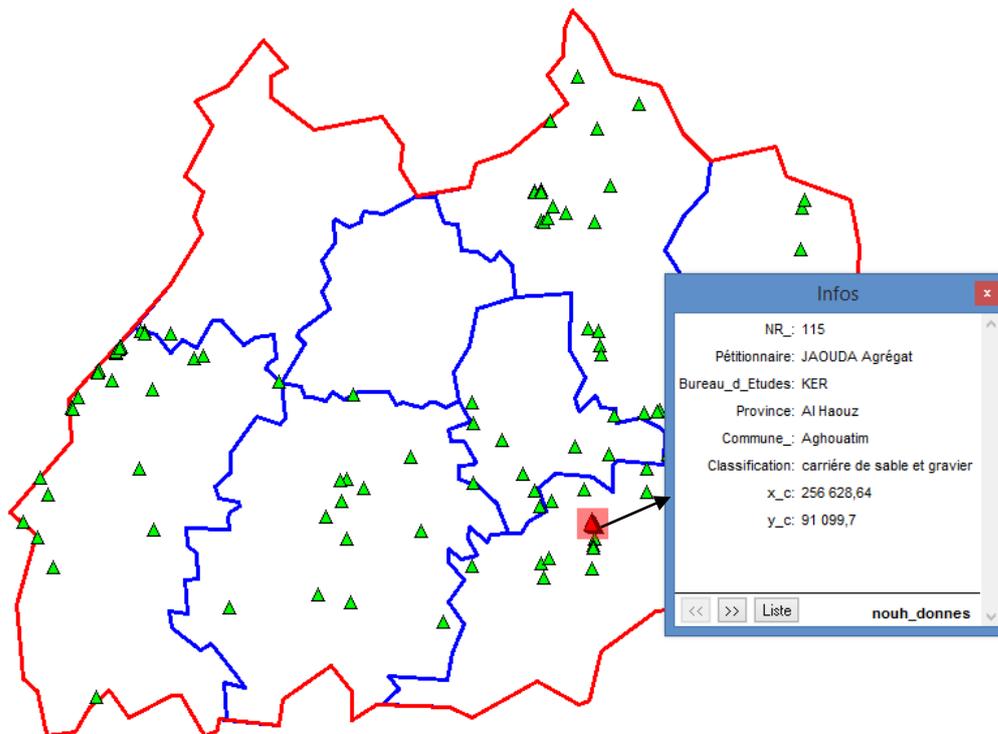


Figure25 : visualisation les données graphique en fonction des métadonnées

#### 4. Les cartes Topographiques :

Pour les cartes topographiques (cartes 50 000), on ouvre le découpage de la carte topographie du Maroc (1/50000) qui on a déjà, et on clique sur étiquette pour afficher les noms des cartes, et on choisi les noms des cartes topographique qui concernent la région Marrakech-Safi avec les coordonnées de chaque carte. Dans MapInfo on les géoréférencie avec la même méthode de calage qu'on a utilisé pour les cartes précédentes.

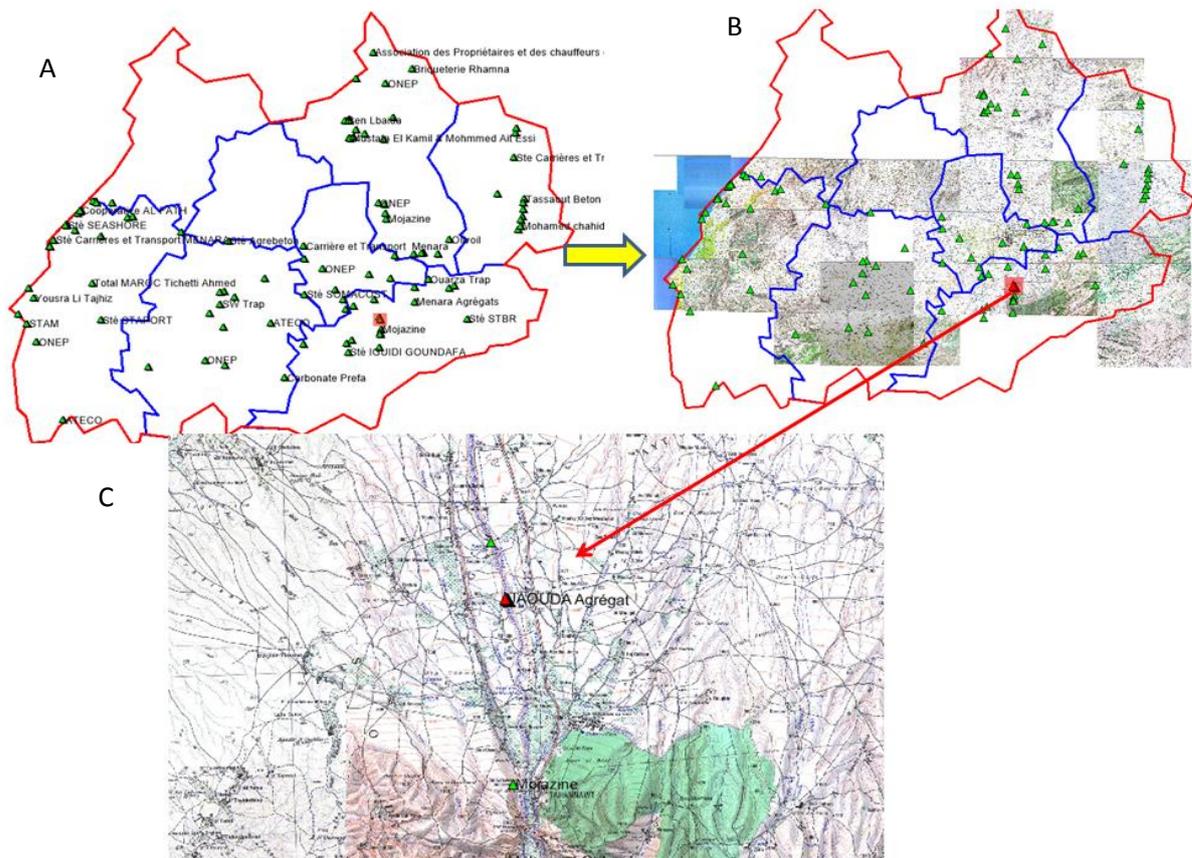


Figure26 : visualisation de fond Topographique

#### 5. La couche de photos bing (aérienne) :

On peut aussi exploiter facilement le fond image satellite et photos aériennes de la région avec l'outil **carte bing aérienne** à condition d'avoir une connexion internet.

On peut contrôler l'affichage des couches des données par l'onglet contrôle des couches.

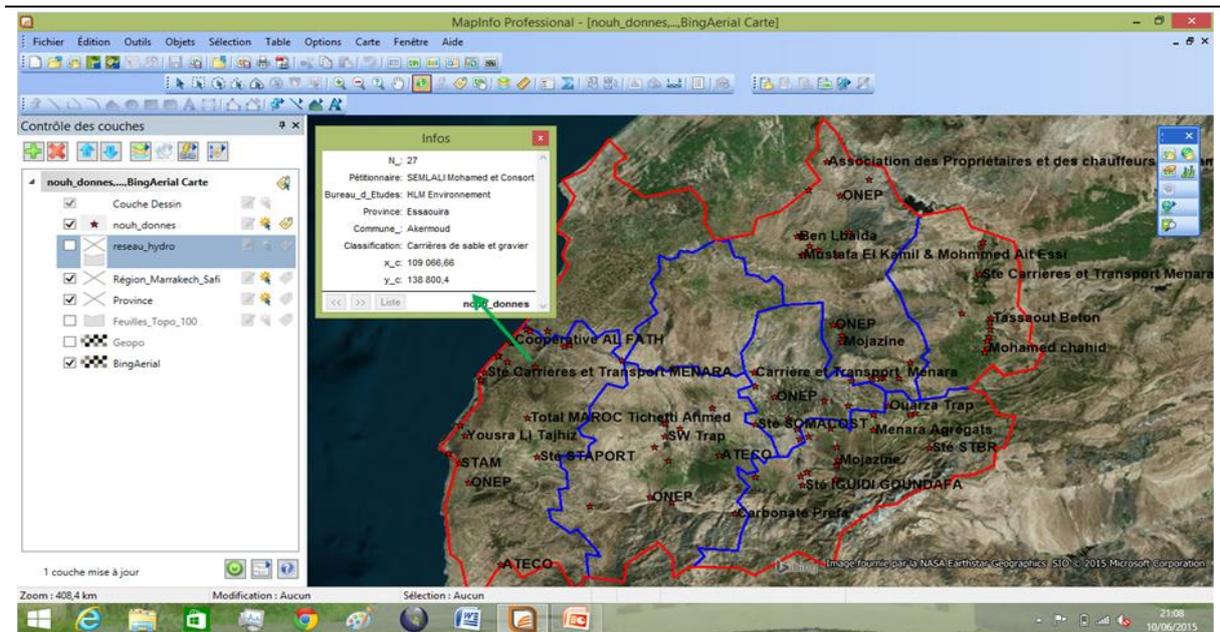


Figure 27 : Image satellite de la région Marrakech-Safi.

## 6. Création de la couche réseau hydrographique :

Dans notre travail on a utilisé Global Mapper pour extraire le réseau Hydrographique de la région à partir de la couverture MNT du Maroc. Ensuite la vision en 3D de la région facilite l'interprétation, la conversion des Images rasters de différents vers différents format, on peut aussi exporter une image qui regroupe plusieurs cartes topographique.

Pour bien mener ce travail la projection Lambert (conformal conic) et le Datum MERCHICH (MOROCCO) ont été utilisées, l'adaptation des paramètres caractérisant la zone d'étude est incontournable par la correction des critères du tableau 5 de la zone1. La **figure28** montre graphiquement la méthode utilisée.

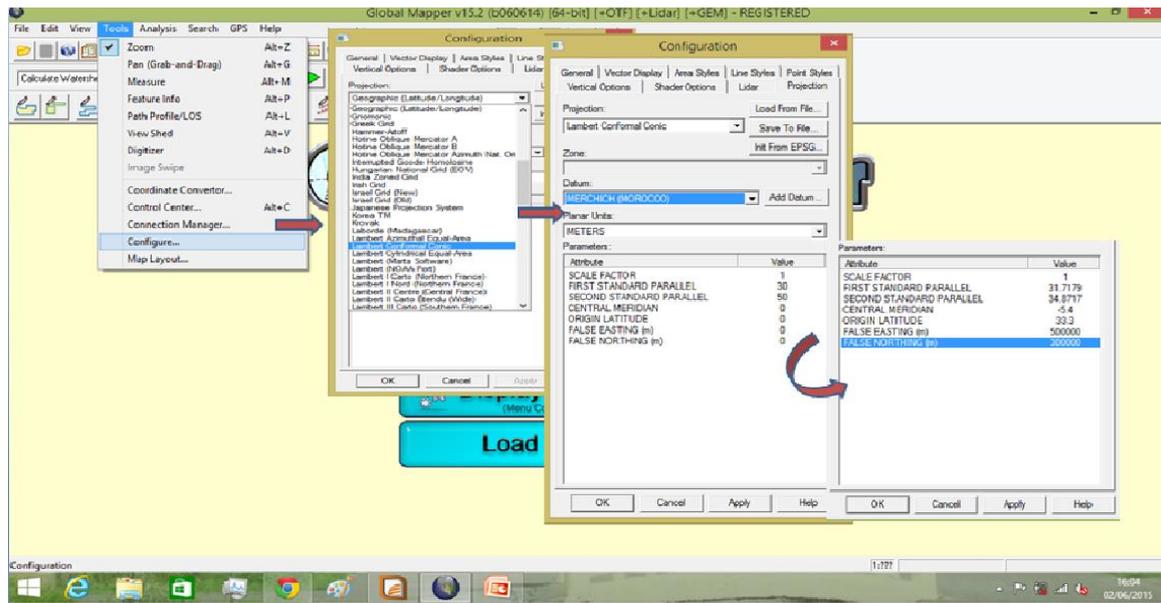


Figure28 : étapes d’adaptation de la projection dans Global Mapper

Après l’adaptation de la projection on peut extraire le réseau hydrographique de la région à partir du MNT Maroc, il faut seulement délimiter les frontières de la région. Et à l’aide de l’option **Generate Watershed** dans Global Mapper on a la possibilité d’avoir les résultats suivants :

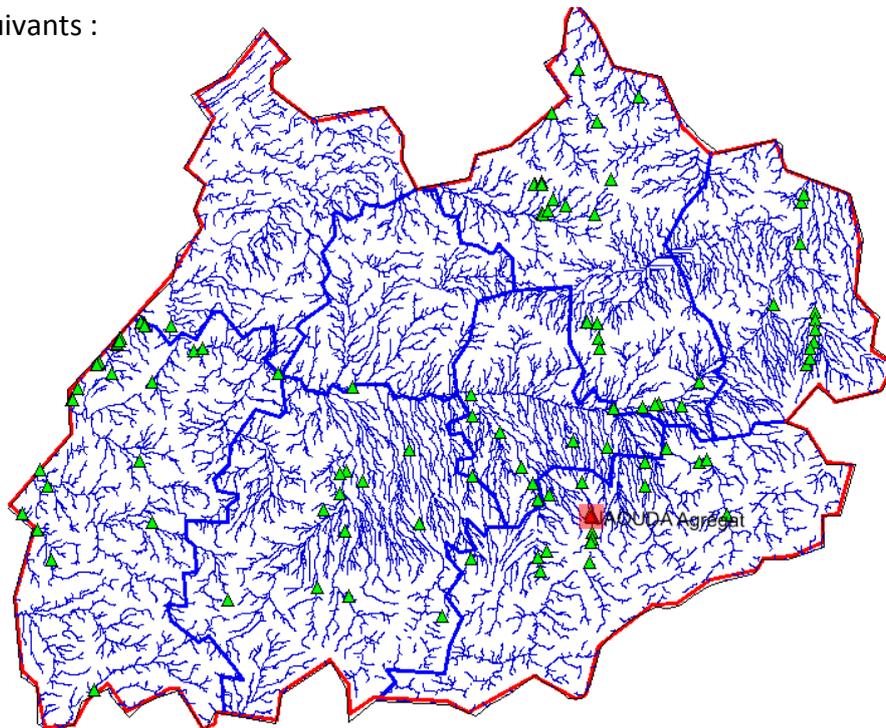


Figure29 : le réseau hydrographique de la région

Pour la vision 3D il faut seulement cliquer sur l’outil **show 3D view**, après on fait un zoom sur la partie désirée et on obtient une vision 3D avec des altitudes, des structures géologiques des limites géographiques, des collines et des rivières....

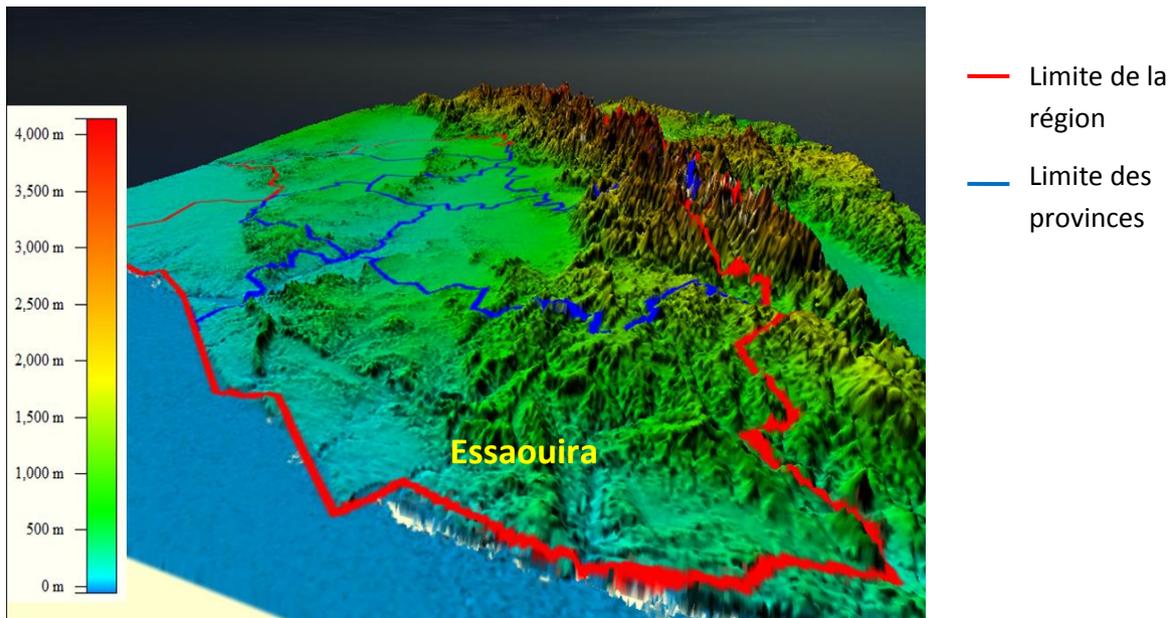


Figure 30 : vision en 3D de la région

## 7. Le résultat final :

Le résultat de notre stage de fin d'étude est une base de données suivante visualiser par l'outil SIG montre 115 projets dans 6 Provinces avec les informations de chacun de ces projets.

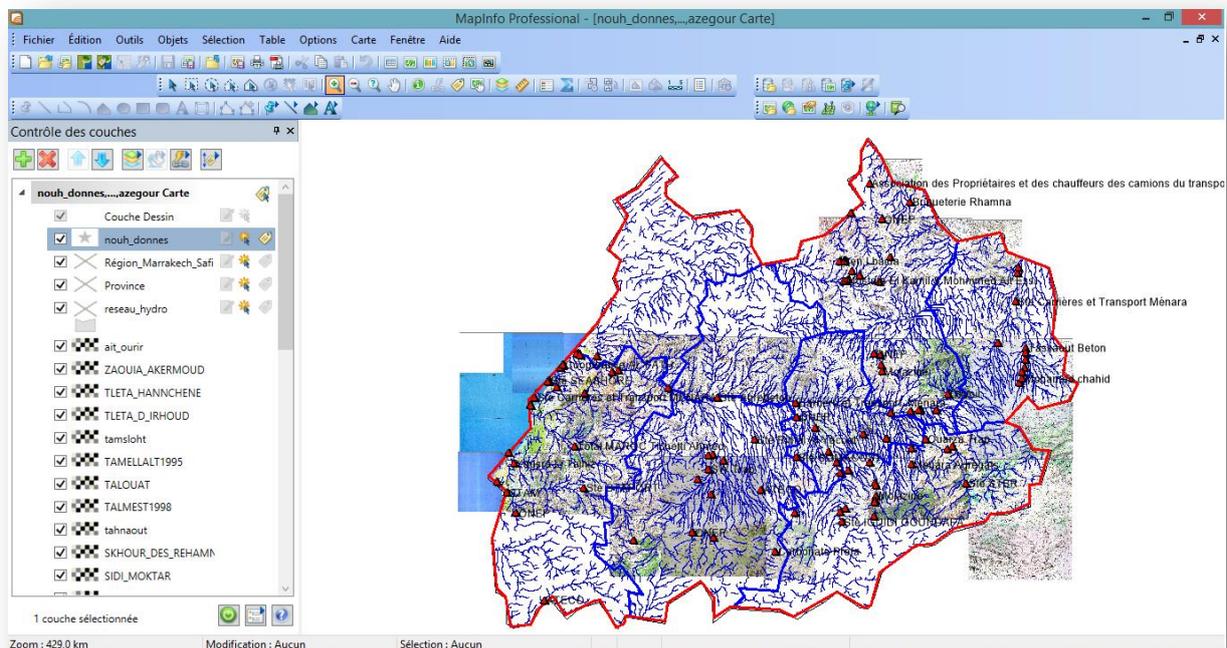


Figure 31: Base de données visualiser par outil SIG.

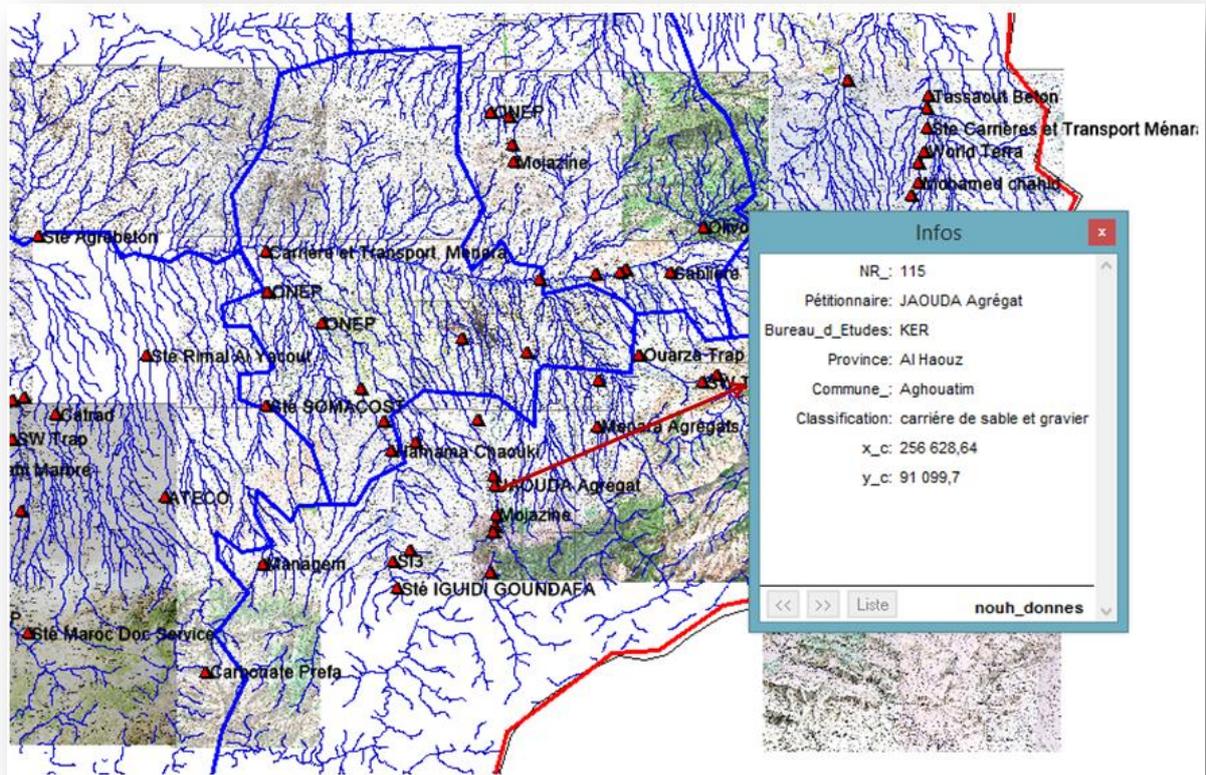


Figure 32 : Base de données avec les informations de la carrière étudiée

### III. La gestion des carrières :

Le système d'information géographique (SIG) nous permet d'étudier les carrières et leurs impacts sur l'environnement, on peut connaître plusieurs informations de chaque carrières comme suites :

- L'outil SIG permet de gérer une grande base de données facilement et rapidement.
- A l'aide de ce logiciel, on peut calculer le tonnage annuelles d'une carrière à partir de calculer la surface de la zone d'exploitions fois le potentiel, et vérifier le tonnage déclarer par une société.
- Permettre de déterminer les limites d'une zone d'extraction sans faire des visites au niveau de terrain pour réduire le temps et le coût de déplacement.
- Déterminer la localisation de station de concassage par rapport à la direction du vent et la localisation du village pour éviter l'impact des poussières et aussi l'influence du bruit des machines.
- A travers de ce logiciel, on peut estimer l'influence des carrières sur l'évolution de la couverture végétale.
- Détermination du nombre compatible des carrières d'un Oued dans le but d'éviter le changement de leur morphologie et leur orientation.

- Après la fermeture de la carrière, on peut suivre la réhabilitation dans la zone d'exploitation à l'aide du SIG.
- l'outil SIG peut donner des renseignements chiffrés sur les carrières dans la région, leur répartition par province, par bassin hydraulique, par domaine, par cours d'eau, leur état, les zones d'emprunt, les principaux produits issus des carrières de la région, l'accessibilité aux carrières,....etc.

## Conclusion

L'ouverture de carrières proches des grands villes est une nécessité, cependant l'exploitation des carrières s'accompagne en général de nuisance et de perturbation environnement.

Toutefois, l'exploitation des sables ne doit pas se faire de manière anarchique, puisque le milieu littoral reste l'un des milieux les plus sensibles, elle doit se faire selon un mécanisme productif mais qui respect l'environnement.

Le Maroc ayant adhéré au concept du développement durable, il a mis en place une réglementation stricte concernant l'ouverture et l'exploitation des carrières a la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement.

L'utilisation de logiciels SIG comme Map Info et d'autres dans le contrôle des carrières et leur gestion, consiste à une méthode facile et rapide pour détecter l'impact sur l'environnement, et les dérives sur les limites d'exploitation autorisés.

La réalisation d'une Base de données dans un système d'information géographique (SIG), consiste à avoir la localisation précise des carrières dans la région de Marrakech-Safi, avec toutes les informations descriptives de chaque carrière.

---

## REFERENCES :

### ❖ Bibliographie :

- **Huvelin. (1977)** : Etude géologique et géologique du massif hercynien des Jebilet (Maroc occidental.). *Note et mémoire de service géologique du Maroc P7-22.*
- **M. P.A Burrough.( 1986)** : il est distingué quatre fonctionnalités de base d'un SIG.
- Rapport Etude des impacts sur l'environnement d'après la société JAOUDA AGREGAT : les données sur les caractéristiques des matériaux et Réserves minimales en tout venant brut\_
- Rapport Etude des impacts sur l'environnement d'après la société Jaouad Ramla : les données sur La superficie et le volume exploitable et la localisation de site.
- Rapport Etude des impacts sur l'environnement d'après la société RIMAL AL YACOUT : LA procès de traitement des matériaux.
- Cour S5 Mr H.IBOUH : les projections et les zones Lambert de Maroc.
- Rapport Mission I\_provisoire\_V2 d'après la Direction d'équipement de transport et de la logistique.
- Rapport système information géographique, [Jean-Yves Antoine, Université François Rabelais de Tours.](#)

### ❖ Webgraphie :

- **Google Earth** : capture des images satellite.
- **Google Maps** : capture des images satellite.
- [www.géojamal.com](http://www.géojamal.com): téléchargement des cartes géologique et topographiques.
- [www.mtp.gov.ma](http://www.mtp.gov.ma) : le site du ministre de l'Équipement, du Transport et du Logistique.
- [www.mtpnet.gov.ma](http://www.mtpnet.gov.ma) organisation de la direction d'équipement de transport et de la logistique.
- [www.hcp.gov.ma](http://www.hcp.gov.ma) : les lois des carrières.