

N° d'ordre

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université d'Oran**

Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire

Département des Sciences de la  
Terre

***Mémoire***

Présenté pour l'obtention du grade  
Master en Géologie  
*Option : Risques Naturels et Gestion*

***Thème :***

**Les formations superficielles du littoral Oranais et leur rôle déclencheur  
sur les risques géologiques  
(D'Oran aux Andalouses)**

Présenté par :

**M<sup>r</sup>. KHERNANE Abdelghani**

**M<sup>elle</sup>. DJELLALI Halima**

Soutenu le :

04/07 /2013 devant la commission d'examen :

**Mr. MANSOUR H.**  
**Mr. FOUKRACHE M.**  
**Mr. NADJI M.**  
**Mr. ZEROUAL I.**

Maître de conférence, Univ.d'Oran  
Chargé de cours, Univ.d'Oran  
Chargé de cours, Univ. d'Oran  
Chargé de cours, Univ.d'Oran

président  
Rapporteur  
Examineur  
Examineur



# REMERCIEMENTS

*Nous remercions avant tout notre Dieu, le très miséricordieux, le tout miséricordieux qui grâce à lui nous somme, arrivé à ce modeste travail.*

*C'est avec grand plaisir que nous présentons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé dans la réalisation de ce travail.*

*Nous commencerons par exprimer nos profondes gratitude envers Messieurs FOUKRACHE Mohamed et MANSOUR Hamidi pour avoir proposé ce sujet et de l'avoir encadré.*

*Nous tenons également à remercier profondément à monsieur Foukrache Mohamed notre encadreur pour avoir lu et corrigé ce mémoire.*

*Un grand merci à nos collègues du Master 2 : RNG, PGBS et MGTL. Avec qui nous avons beaucoup échangé sur les paradigmes de nos différentes spécialités. Ce travail a été l'occasion de collaborations avec un certains nombre de personnes.*

*Pour finir, un merci plus grand que tout à nos parents qui ont accompagné, soutenu, supporté et qui ont partagé les moments de joies et de doute.*

*Encore merci à vous tous.*



# DEDICACE

*C*e travail est pour satisfaire la sois de  
la femme qui me donne la grande  
pousse et m'encourager pour être un  
étoile dans le ciel quand j'étais une pierre sur le sol  
à ... ma mère que dieu le conserve ;  
A mon père après tout ces efforts qui a fait et qu'il  
les fasse toujours pour le bien de notre famille qui  
je lui souhaite une longue et joyeuse vie ;  
A mes frères;  
Abdelkader, Abdelilleh, Ahmed et Rabeh.  
A mes sœurs : Mona, Mahdjouba et Racha  
A tout la famille paternelle et maternelle  
A tout les amis de l'université d'Ibn Khaldoune  
(Tiaret) ;  
Abdelazize, Nasrdine et M'hamed.  
A mes amis ;  
Abdelkader, El-Hocine, Hichame, Zine-elabidine et  
Djamel  
A mes camarades de master 2, promotion 2013

*Abdelghani*





# DEDICACE

*Je dédie ce travail*

**A**

*Mes très chers parents pour leurs sacrifices et leurs encouragements durant toutes mes études.*

*Mes sœurs et mes frère spécialement SADEK.*

*Toute ma famille grande et petite maternelle et paternelle.*

*Mon binôme ABDELGHANI*

*Tous mes amis de promotion (LMD) surtout :*

*FATIMA, SAKINA, FARIDA, NACERA et KHADIDJA.*

*Halima*





### Résumé

L'étude des formations superficielles du littoral Oranais et surtout la partie allant d'Oran jusqu'aux massifs des Andalouses permet de connaître la relation entre ces formations qui représentent une source très importante en matériaux de granulats, et leur rôle déclencheur sur les risques géologiques. Ces formations sont classées sous trois catégories : autochtones, subautochtones et allochtones.

Les formations superficielles sont, en fait, le jalon manquant entre les « roches » et les « sols ». Leur identification, en tant que telles permet de reconnaître les milieux à risques par l'analyse des relations : formations superficielles, substrat, forme et paléoforme qui sont les meilleurs indicateurs de mouvements de terrain anciens et actuels qui frappent surtout la frange maritime du littoral

La cartographie des risques liées à ces formations permet de gérer et de prévenir leurs impacts sur la population et leur économie.

**Mots clés :** littoral oranais, formations superficielles, risque, mouvements de terrain, cartographie, impact.

## Liste des figures

<b>Fig.1:</b> Croquis de situation.....	2
<b>Fig.2:</b> précipitations moyennes mensuelles.....	5
<b>Fig.3:</b> précipitations moyennes annuelles.....	6
<b>Fig.4:</b> précipitations saisonnières (station de Bousfer).....	7
<b>Fig.5:</b> température moyennes mensuelles (station de Bousfer).....	8
<b>Fig.6:</b> indice d'aridité mensuelle (station de Bousfer).....	10
<b>Fig.7 :</b> courbe ombrothermique (méthode de GAUSSEN).....	10
<b>Fig.8:</b> carte géologique de la plaine des Andalouses (d'après A.Benziane).....	22
<b>Fig.9:</b> coupe géologique schématique de la plaine de Bousfer (d'après M.Foukrache).....	23
<b>Fig.10:</b> Carte géologique de la région d'étude.....	24
<b>Fig.11:</b> coupes du sommet du Dj.des Andalouses.....	26
<b>Fig.12:</b> Coupes à travers les formations du glacis des Andalouses.....	27
<b>Fig.13:</b> séquence de la falaise Ouest des Andalouses.....	28
<b>Fig.14:</b> coupe de la carrière des Andalouses.....	29
<b>Fig.15:</b> Les formations de la terrasse de ST Rock.....	30
<b>Fig.16:</b> Coupe SN à travers la dépression de Mers el Kébir.....	31
<b>Fig.17:</b> carte de perméabilité.....	34
<b>Fig.18:</b> courbe de sondage électrique (Bousfer village-Ain el Turk).....	35
<b>Fig.19:</b> courbe de sondage électrique (Bousfer plage-Bomo plage).....	35
<b>Fig.20:</b> courbe de sondage électrique (El-Ançor-Les Andalouses).....	36
<b>Fig.21 :</b> carte d'inventaire des points d'eau de la plaine des Andalouses.....	43
<b>Fig.22:</b> classification des mouvements de terrain.....	46
<b>Fig.23 :</b> écoulement et chutes de blocs.....	47
<b>Fig.24 :</b> écoulement d'un pan rocheux en formation (prés de Fernand ville).....	48
<b>Fig.25 :</b> phénomène de fluage.....	48
<b>Fig.26 :</b> fluage des marnes miocènes à la Calère (pêcherie d'Oran).....	48



<b>Fig.27</b> : phénomène de fauchage.....	49
<b>Fig.28</b> : bloc diagramme représentant les mouvements de versant idéal.....	50
<b>Fig.29</b> : description des éléments morphométriques et morphologiques composant un glissement de terrain...51	51
<b>Fig.30</b> : principaux types de glissements de terrain.....	52
<b>Fig.31</b> : glissement rotationnels (failles listriques) au contrebas de la mutuelle de Canastel.....	53
<b>Fig.32</b> : glissement près de Genets.....	53
<b>Fig.33</b> : glissement déclenché par l'activité anthropique (extraction du sable).....	53
<b>Fig.34</b> : glissement déclenché par l'activité anthropique (ex. sablière des Genets).....	54
<b>Fig.35</b> : affaissement de différentes tailles au Nord de l'agglomération de Canastel.....	54
<b>Fig.36</b> : effondrement au niveau du rivage (près des Genets).....	55
<b>Fig.37</b> : phénomène de tassement latéral.....	55
<b>Fig.38</b> : désordres de la structure au cours des périodes de sècheresses (conséquences de retrait-gonflement des argiles).....	56
<b>Fig.39</b> : structure des sols gonflants.....	57
<b>Fig.40</b> : processus de retrait-gonflement des sols argileux.....	57
<b>Fig.41</b> : courbes de gonflements des argiles de Mers El Kébir en présence de différents sels minéraux à différentes concentrations.....	59
<b>Fig.42</b> : variations du potentiel de gonflement dans le temps du mélange argile de Mers El Kébir+sable de rivière.....	59
<b>Fig.43</b> : carte de sensibilité aux mouvements de terrain de la région d'étude .....	61
<b>Fig.44</b> : état du complexe dunaire.....	62
<b>Fig.45</b> : extension du complexe dunaire de 1959 à 1990.....	62
<b>Fig.46</b> : photo montre l'impacte de l'extraction des calcaires Liasiques (carrière d'El Ançor).....	64
<b>Fig.47</b> : carte des pentes de la région d'étude.....	66
<b>Fig.48</b> : carte d'occupation du sol.....	67
<b>Fig.49</b> : carte de sensibilité à l'érosion hydrique.....	68

LISTE DES FIGURES  
ET  
DES TABLEAUX

**Liste des tableaux :**

<b>Tableau n° 1 :</b> coordonnées des stations climatiques.....	4
<b>Tableau n° 2 :</b> précipitations moyennes mensuelles.....	5
<b>Tableau n° 3 :</b> précipitations annuelles.....	5
<b>Tableau n° 4 :</b> précipitations moyennes annuelles.....	6
<b>Tableau n° 5 :</b> indice saisonnier de différentes stations du secteur d'étude.....	7
<b>Tableau n° 6 :</b> températures moyennes mensuelles de 1990-2002.....	8
<b>Tableau n° 7 :</b> indice d'aridité annuel.....	9
<b>Tableau n° 8 :</b> indice d'aridité mensuel.....	9
<b>Tableau n° 9 :</b> classification des formations superficielles.....	16
<b>Tableau n° 10 :</b> correspondance de diverses formations géologiques.....	20
<b>Tableau n° 11 :</b> détermination de l'épaisseur des alluvions à partir du sondage de Bousfer.....	38
<b>Tableau n° 12 :</b> classification géotechnique des "sols" grenus, concernant les formations superficielles.....	40
<b>Tableau n° 13 :</b> fluctuations de la nappe entre 1988-2008.....	44
<b>Tableau n° 14 :</b> gonflement final et variation relative du gonflement de tous les mélanges.....	60



# SOMMAIRE

---

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## **Chapitre I : considérations générales.**

1. Introduction.....	2
2. Localisation géographique.....	2
3. Géomorphologie.....	2
3.1 Les unités topographiques les plus élevées .....	3
3.2 Les unités topographiques de faible altitude .....	3
4. Climatologie.....	4
4.1. Problèmes rencontrés en climatologie.....	4
4.2. Etude de précipitations.....	5
4.2.1. Précipitations mensuelles.....	5
4.2.2. Précipitations moyennes annuelles.....	6
4.2.3. Variation des précipitations saisonnières.....	7
4.3. Etude des températures.....	8
4.3.1. Températures moyennes mensuelles.....	8
4.3.2. Indice d'aridité de De Martonne.....	9
4.4. Diagramme ombrothermique- (méthode de GAUSSEN).....	10
5. Conclusion.....	11

## **Chapitre II : Etude des formations superficielles.**

1. Introduction.....	12
2. Définition des formations superficielles.....	12
3. Genèse des formations superficielles.....	12
4. Classification des formations superficielles.....	13
5. Évolution dans l'espace.....	13

# SOMMAIRE

---

5.1. Les formations AUTOCHTONES.....	13
5.2. Les formations SUBAUTOCHTONES.....	13
5.3. Les formations ALLOCHTONES.....	14
5.3.1. Dynamique fluviatile.....	14
5.3.2. Dynamique glaciaire.....	14
5.3.3. Dynamique éolienne.....	14
5.4. Distribution géographique des formations superficielles.....	14
6. Évolution dans le temps - Hiatus et phases.....	15
6.1. Formations de surface.....	15
7. Classification des formations superficielles.....	15
8. Formations superficielles et substrat.....	16
9. Formations superficielles et sols.....	17
10. Caractéristiques des formations géologiques du secteur d'étude.....	18
10.1. Analyse lithostratigraphique.....	18
10.2. Formations du substratum.....	18
10.2.1. Formations carbonatées.....	18
10.2.2. Formations des schistes et quartzites.....	18
10.2.3. Roches éruptives.....	19
10.2.4. Formation bariolée.....	19
10.2.5. Schistes et quartzites du massif des Andalouses.....	19
10.3. La couverture.....	19
10.3.1. Formations des marnes et conglomérats(Miocène).....	19
10.3.2. Formation de la forêt de M'sila.....	21
10.3.3. Terrains du glacis d'El-Ançor.....	21
10.3.4. Ensemble dunaire du littoral.....	21
11. Analyse structurale.....	24

# SOMMAIRE

---

12. Analyse des coupes géologiques.....	25
12.1. Rebord sud du sommet du Djebel des Andalouses.....	26
12.2. Coupe à travers les formations du glaciais des Andalouses.....	26
12.3. Séquence de la falaise Ouest des Andalouses .....	27
12.4. Coupe de la carrière des Andalouses.....	28
12.5. Les formations de la terrasse de ST Rock.....	29
12.6. Coupe Sud-Nord à travers la dépression de Mers el Kébir.....	30
13. Formations superficielles et ressource en eau (nappes d'eaux souterraines.....	31
13.1. Les différentes nappes.....	31
13.1.1. Nappe de la forêt de M'Sila.....	32
13.1.2. Les formations du 2 <sup>e</sup> cycle miocène poste-nappe.....	32
13.1.3. Calcaire et dolomies du lias.....	32
13.1.4. Nappe des Andalouses.....	32
13.1.5. Nappe des éboulis de pente.....	32
13.1.6. Nappe des sables, grés et lumachelles.....	33
13.1.7. Nappe des dunes Quaternaires de Cap-Falcon.....	33
13.1.8. Les formations du complexe Jurassico-Crétacé.....	33
14. Prospections géophysiques et formations superficielles.....	34
14.1. Détermination de l'épaisseur des alluvions dans la région de Bousfer.....	36
15. Formations superficielles et ressources en matériaux.....	38
15.1. Répartition des granulats.....	38
15.2. Formations superficielles pour la fabrication de granulats.....	39
15.3. Les alluvions littorales.....	39
15.4. Utilisation des formations superficielles.....	39
15.5. Les terrassements et les remblaiements.....	40
16. Conclusion.....	41



# SOMMAIRE

---

## **Chapitre III : Formations superficielles et risques naturels.**

1. Introduction.....	42
2. Notions générales sur : aléas et risques.....	42
3. Formations superficielles et aléas naturels.....	42
4. Les formations superficielles sont à l'origine des aléas.....	43
4.1. Les formations de pentes.....	43
4.2. Les formations de plaines.....	43
4.3. Formations anthropiques.....	44
5. Formations superficielles et ruissellement, inondation.....	44
5.1. Impact du ruissellement sur les formations superficielles.....	45
6. Formations superficielles et mouvements de terrain.....	45
6.1. Les mouvements de terrain.....	45
6.1.1. Les mouvements de pente.....	45
6.1.2. Les causes des mouvements de pente.....	46
7. Dynamique des mouvements de terrain.....	46
7.1. Les écroulements et chutes de blocs.....	47
7.2. Le fluage.....	48
7.3. Le fauchage.....	49
7.4. Les glissements de terrain.....	49
7.4.1. Caractéristiques d'un glissement de terrain.....	49
7.4.2. Type des glissements de terrain.....	52
7.5. Affaissements et effondrements.....	54
7.5.1. Les affaissements.....	54
7.5.2. Les effondrements.....	54
7.5.3. Les tassements.....	55

# SOMMAIRE

---

7.6. Retrait-gonflements des formations superficielles argileuses.....	55
7.6.1. Double structure des sols gonflants.....	56
8. Retrait-gonflement des sols gonflants de Mers EL Kébir.....	58
8.1. Stabilisation du gonflement des argiles.....	58
8.2. Stabilisation du gonflement des argiles par les sels minéraux.....	58
8.3. Stabilisation du gonflement par les sables.....	59
8.4. Stabilisation du gonflement par la chaux et le ciment.....	60
9. L'impact de l'extraction des formations superficielles.....	61
9.1. État du complexe dunaire.....	62
9.2. Dynamique du complexe dunaire.....	62
9.3. Les facteurs de l'évolution du complexe dunaire.....	62
9.4. Protection du complexe dunaire.....	63
9.4.1. L'impact de l'extraction des formations dunaires.....	63
10. L'impact de l'érosion sur les formations superficielles.....	64
10.1. La carte des pentes.....	66
10.2. La carte d'occupation du sol.....	66
10.3. La carte de sensibilisation à l'érosion hydrique.....	67
11. Conclusion.....	68
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>69</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>71</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>73</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>75</b>

# SOMMAIRE

---

# INTRODUCTION GENERALE

## *CHAPITRE : I*

# CONSIDERATION GENERALES

## Introduction générale

Trop superficielles pour le géologue, trop profondes pour les pédologues, il est logique que les géographes se soient emparés des formations superficielles, éléments essentiels de la géomorphologie dynamique, ces formations couvrent d'un manteau quasi continu les terres émergées.

Elles sont le support de l'activité biologique comme de l'activité agricole et la source de matériaux indispensables à l'économie humaine. Elles s'inscrivent dans tout projet d'aménagement, d'urbanisation, de transports terrestres. Bénéfiques par leurs richesses et leur diversité, elles peuvent se révéler catastrophiques si l'homme perturbe sans réflexion leur équilibre naturel.

Cette introduction définit l'objet de l'étude et précise sa spécificité, ce travail est scindé en trois parties :

- 1- Le premier chapitre de ce travail portera sur les généralités, intégrant un aperçu géomorphologique et climatologique du secteur d'étude.
- 2- Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude des formations superficielles de la zone d'étude, dans ce contexte nous avons expliqué la notion de « formations superficielles », leurs classifications et les études géophysiques effectuées sur cette zone.

Puisqu'ils présentent une ressource très importante en matériaux de granulats et en eaux souterraines, nous avons aussi étudié ces ressources et leurs avantages.

- 3- Le troisième chapitre abordera la notion de « formations superficielles et leur rôle déclencheur sur les risques géologiques », parce que la plupart des dynamiques du versant affectent ces formations qui représentent le support de toute activité, cela expose ces dernières aux divers types de mouvements de terrains quel que soient leurs origines naturels ou anthropiques, tout en représentant la cartographie de ces mouvements.

Enfin, ce travail a été couronné par une conclusion qui résume les objectifs atteints ainsi que les perspectives envisagées.

## **CHAPITRE : II**

# **ÉTUDE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES**



## 1. Introduction

Le littoral oranais faisant une partie du Nord d'Algérie, s'étend sur une longueur de 124 km, pour ce travail nous avons choisi une portion de ce littoral qui est comprise entre la ville d'Oran à l'Est et les massifs des Andalouses à l'Ouest.

Le but de premier chapitre est de donner les caractéristiques climatiques et géomorphologiques de la région d'étude ;

## 2. Localisation géographique

Le secteur d'étude est situé à l'Ouest de la ville d'Oran.

Il se présente comme une zone triangulaire ouverte vers la baie des Andalouses dont un axe est constitué par l'oued Sidi Hammadi.

Notre secteur s'insère dans le tell septentrional algérien et correspond à une cuvette plioquaternaire inclinée vers la mer méditerranée. Il est limité au Sud par les massifs du Djebel Murdjadjo et la forêt de M'sila, à l'Ouest par le Djebel Lindlès et Djebel Abdallah, à l'Est par la ville d'Oran et au Nord par la mer méditerranée.

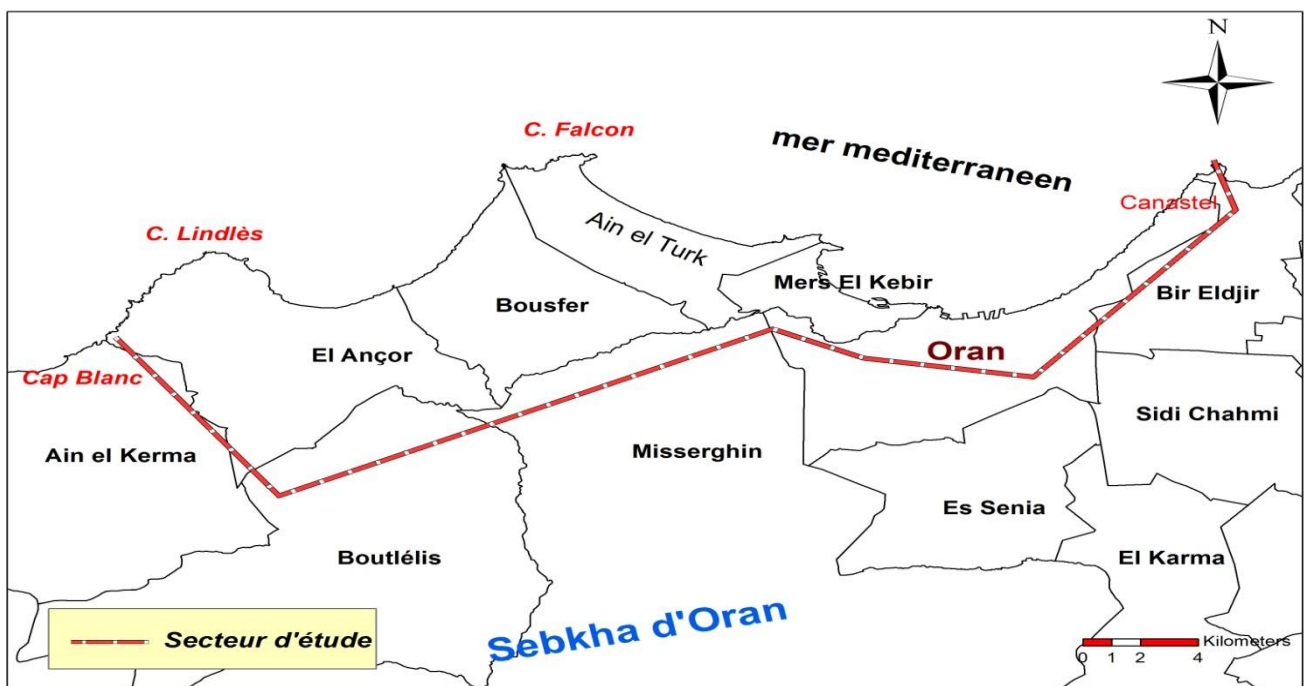


Fig.1 : Croquis de situation

## 3. Géomorphologie

La morphologie de la région d'Oran détermine, du Nord vers le Sud, trois sillons différents :

- ❖ Un sillon septentrionale représenté par la plaine des Andalouses.
- ❖ Un sillon médian (plateau d'Oran- Grande Sebka) prolongeant vers l'Ouest le sillon du bassin du Cheliff.
- ❖ Un sillon méridional situé au Sud des Monts de Tessala (plaine de S.B.Abbès).

Notre secteur d'étude se situe dans la plaine côtière oranaise (les Andalouses- Bousfer –Ain-Turk), et le Nord de plateau d'Oran. L'ensemble est orienté selon la direction de la chaîne tellienne (WSW-ENE).

Le massif des Andalouses faisant partie des massifs littoraux oranais, est caractérisé par un profil dissymétrique. Les versants se prolongent en pente douce vers la mer.

Du point de vue morphologique, le dispositif est assez remarquable. La plaine de l'oued Sidi Hammadi façonnée dans des terrains argilo-marneux est dominée à l'Ouest, au Sud et à l'Est par les reliefs de la montagne des Andalouses et du massif du Murdjadjo. L'enveloppe des sommets de ces reliefs dessine une haute surface vers 350 à 400 m d'altitude qui tourne autour de la plaine.

La zone étudiée présente deux caractères notables :

- ❖ Tout d'abord, dans la partie amont, au Sud du parallèle d'El-Ançor, les versants miocènes sont affectés par des glissements rotationnels dus à la présence des sources qui entraînent la destruction périodique de la route de la Wilaya 20 entre la ferme Bue et le Douar Sidi-Hammadi

(Nous notons que la rareté des données ne nous a pas permis de décrire ce type de glissement malgré les dommages provoqués par celui-ci au niveau de la route de Willaya 20).

- ❖ Le deuxième trait est constitué par l'existence, au Nord du parallèle d'El-Ançor, d'un système de glacis se raccordant à un niveau de base inférieur à l'actuel qui porte à l'Est des Andalouses, en bordure du rivage, des systèmes dunaires anciens et récents remarquables par les alignements qu'ils présentent. Le secteur que nous avons étudié couvre presque la totalité du sous bassin de l'oued Sidi-Hammadi. Les formations presque imperméables occupent le versant Nord Ouest de ce bassin hydrologique.

Dans le versant Sud-Est affleurent en relief des formations plus anciennes (calcaires, schistes et quartzites du Secondaire). D'Ouest en Est ces formations sont entaillées par, l'oued Gueddara constituant plus en aval l'oued Djorf Halais, le ravin de la Mauresque et le ravin du Laurier Rose, tous orientés NNW-SSE. Au Nord-Ouest, les cours d'eau tels que le ravin des Andalouses et l'oued El-Kessab sont orientés suivant une direction SW-NE

Pour l'ensemble de la région, les axes de drainage des eaux superficielles suivent en gros la direction d'accident tectonique, en particulier pour la partie située au Nord-Ouest de l'oued Sidi-Hammadi.

Donc notre secteur d'étude présente deux types d'unités géographiques :

- ❖ Les unités topographiques les plus élevées.
- ❖ Les unités topographiques de faible altitude.

### 3.1. Les unités topographiques les plus élevées

Celles-ci sont :

- ❖ Au NW, le massif des Andalouses ;
- ❖ Au Sud et d'Ouest en Est : le massif de M'Sila, le Djebel Murdjadjo, le djebel Santon et le Djebel Santa-Cruz.

### 3.2. Les unités topographiques de faible altitude

Il s'agit de : La vallée de l'oued de Sidi-Hammadi, la plaine de Bousfer /les Andalouses et la dépression de Mers el Kebir (REMAOUN K, 1981).

#### 4. Climatologie

Les climatologues et les chercheurs ont tendance à quantifier les différents phénomènes relatifs à cette science. Pour cela, ils utilisent des indices et des coefficients appropriés. Les paramètres climatiques les plus utilisés sont les températures et les pluies. (ANSAR A, 2012).

Le climat, contrairement à la météo, se définit par des conditions atmosphériques précises en un lieu et à une période donnée (ensoleillement, précipitations, température, humidité).

Le climat est produit, dans l'espace et dans le temps, de toute une série d'interactions entre les éléments qui composent les différents compartiments de la planète :

- ❖ l'atmosphère
- ❖ la lithosphère (la croûte terrestre)
- ❖ l'hydrosphère (l'ensemble des mers, des océans, des lacs et des cours d'eau de la planète)
- ❖ la cryosphère (les glaces du monde entier)
- ❖ la biosphère (l'ensemble des être vivants, en particulier la végétation)

Il est exprimé souvent par un résumé statistique des processus atmosphériques sur une période de temps importante. Les grandeurs météorologiques les plus importantes dans la définition du climat sont la température et la précipitation.

##### 4.1. Problèmes rencontrés en climatologie :

Parmi les problèmes rencontrés en climatologie :

- ❖ Des travaux doivent être menés à partir de données imparfaites (série trop courtes, ou non homogènes, valeurs manquantes,...).

Certaines études climatiques nécessitent l'analyse de paramètres qui ne font pas l'objet de relevés systématiques ou qui ne sont pas tout le temps des mesures toujours pertinents pour l'ensemble des utilisations potentielles et pour des études à différentes échelles spatio-temporelles.

En ce qui concerne les données climatiques, on s'est contenté de celles de la station de Bousfer. Les paramètres climatiques que nous avons pu obtenir pour cette station concernent surtout les précipitations et les températures couvrant la période (1992-2002).

A titre de comparaison, nous présentons au tableau ci-dessous les deux autres stations centrées sur la région d'étude :

station	longitude	latitude	Altitude (m)
Bousfer	0°48	35°42	148
El-Ançor	0°52	35°41	90
Cap-Falcon	0°48	35°46	75

**Tab.1 : Coordonnées des stations climatiques**

**4.2. Etude de précipitations**

**4.2.1- Précipitations mensuelles**

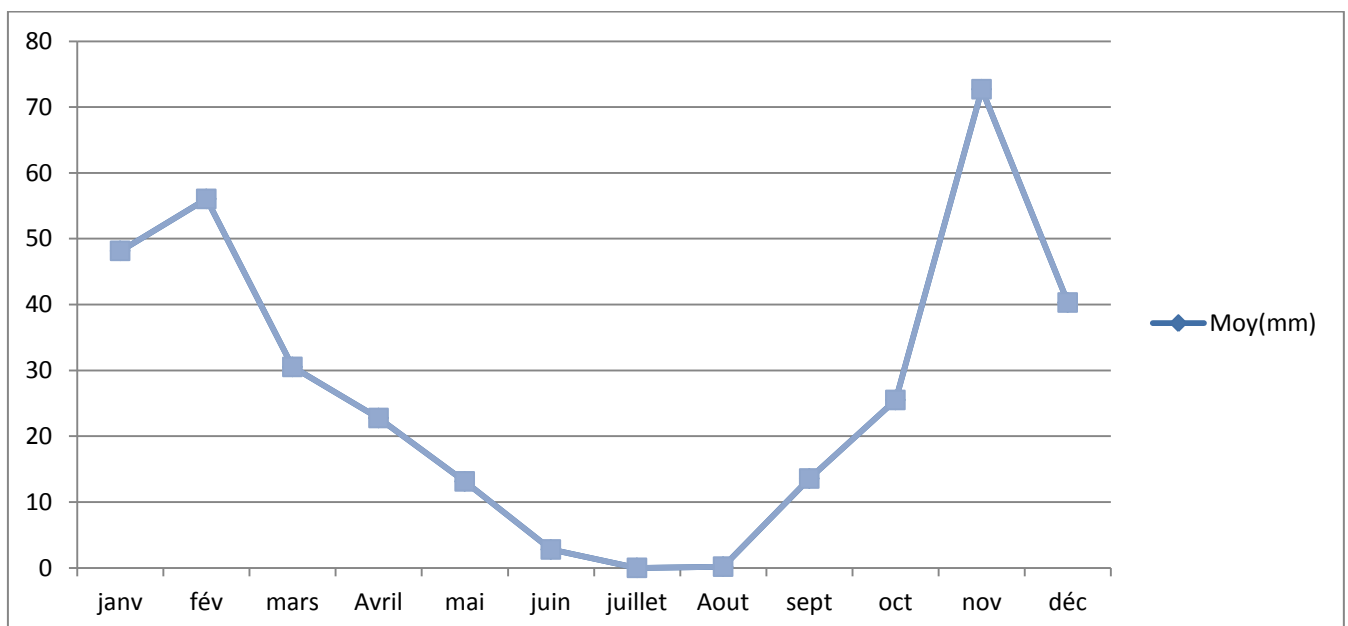
Les précipitations moyennes mensuelles, maximales et minimales de la station de Bousfer sont résumées au tableau ci-dessous.

Station de Bousfer	Jan.	Fév.	mars	Avril	mai	juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Max (mm)	97.1	128	66	74.8	55	29.4	0.00	2	32.7	77.3	168.5	93.3
Moy (mm)	48.15	56.04	30.52	22.67	13.13	2.79	0.00	0.18	13.75	25.5	72.7	40.3

**Tab.2 : Précipitations moyennes mensuelles**

Station de Bousfer	Totale
Max (mm)	824.1
Min (mm)	325.64

**Tab. 3 Précipitations annuelles**



**Fig. 2 : Précipitations moyennes mensuelles**

La courbe des précipitations moyennes mensuelles, nous indique deux saisons :

- ❖ Une saison humide ou pluvieuse allant d'Octobre à Avril.
- ❖ Une saison sèche de Mai à Septembre.

Le mois le plus pluvieux est Novembre, la quantité des pluies est maximale (72,70 mm) alors qu'en Août, elle est minimale (0,18 mm). Le mois de Juillet se caractérise par l'absence de précipitations durant cette décennie.

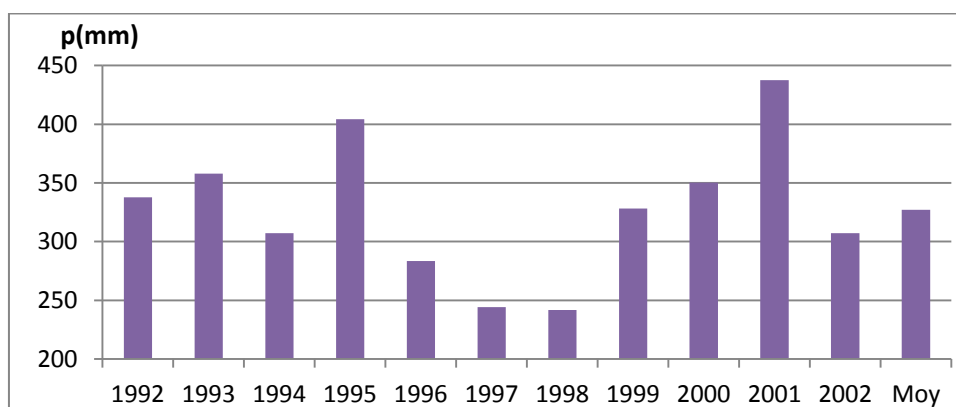
#### 4.2.2. Précipitations moyennes annuelles

La moyenne des précipitations annuelles de la période allant de 1992 à 2002 est de 327 mm

année	Précipitations moyenne annuelle (mm)
1992	337,6
1993	357,8
1994	307,2
1995	404,3
1996	283,5
1997	244,7
1998	214,7
1999	328,2
2000	350,3
2001	437,4
2002	307,1
Moy	327,2

**Tab. 4 : Précipitations moyennes annuelles**

La figure suivante présente les précipitations moyennes annuelles :



**Fig. 3 : Précipitations moyennes annuelles**

D'après le graphe obtenu, nous remarquerons une perturbation interannuelle pendant la période de 1992 à 2002, avec un maximum enregistré en 2001 de 437,4mm et un minimum en 1998 de 241.7mm. Ceci traduit bien l'irrégularité interannuelle des précipitations.

#### 4.2.3. Variation des précipitations saisonnières

Les douze mois de l'année peuvent se subdiviser en trimestre, déterminant chacun une saison.

Ainsi, on distingue quatre saisons, qui par ordre décroissant de pluviosité permettent de donner « l'indice saisonnier ».

Les saisons sont réparties comme suite :

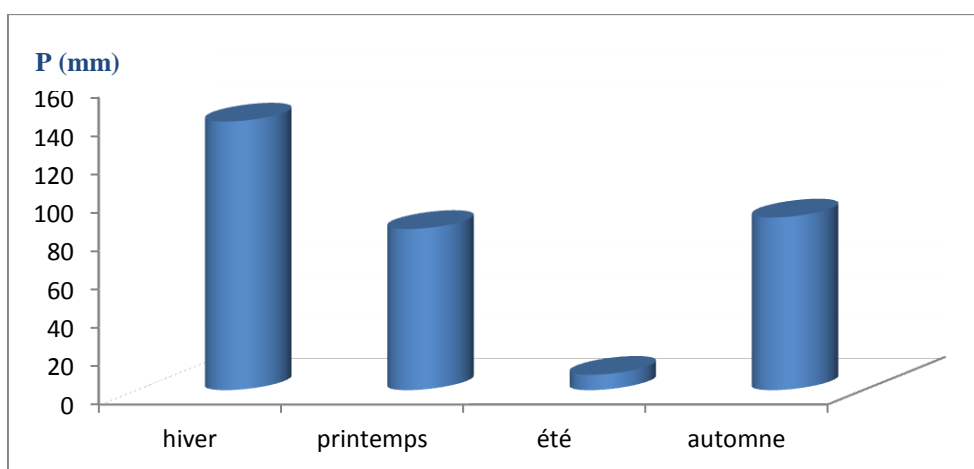
- ❖ Hiver (Décembre, Janvier, Février).
- ❖ Printemps (Mars, Avril, Mai).
- ❖ Eté (Juin, Juillet, Août).
- ❖ Automne (Septembre, Octobre, Novembre).

station	Moyennes saisonnières	hiver	printemps	été	automne	Indice saisonnier
Bousfer (1992-2002)	mm	144.58	76.21	2.972	111.82	HAPE
	%	43.08	22.27	0.88	33.32	
EL-Ançor (1913-1938)	mm	194	114	12	138	HAPE
	%	42.9	25.2	2.6	29.2	
Cap-Falcon (1930-1985)	mm	140	84	8	90	HAPE
	%	43.5	26.1	2.5	27.9	

**Tab.5: Indice saisonnier des différentes stations du secteur d'étude**

Pour les trois stations considérées (Bousfer, Al-Ançor, Cap-Falcon), les indices saisonniers sont identiques, H.A.P.E. ce qui manifeste une homogénéité climatique caractérisant la région étudiée.

Le taux le plus important de précipitations s'observe en hiver, alors qu'en été, on assiste à une baisse considérable.



**Fig.4 : Précipitations saisonnières (station de Bousfer)**

Les caractéristiques des températures influent directement sur le climat de la région, tels que l'évaporation, la pression, l'humidité et le vent.

### 4.3. Etude des températures

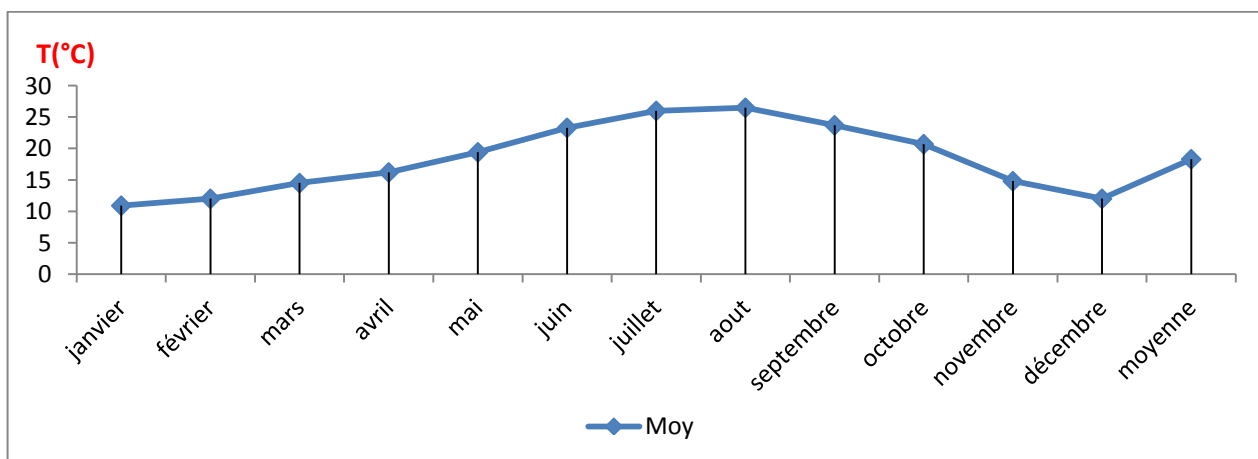
#### 4.3.1. Températures moyennes mensuelles

Pour l'étude des températures de l'air, nous avons pu disposer des mesures effectuées sur la station de Bousfer.

Sur le tableau (N°6), nous avons reporté les températures moyennes, mensuelles des maxima(M) et minima(m), en degré Celsius.

Station de Bousfer	max	Moy	Min
janvier	12,5	10,9	8,6
février	13,9	12	9
mars	16,7	14,5	13,1
avril	18,1	16,2	15,4
mai	20,6	19,4	17,3
juin	24,8	23,3	22,7
juillet	27,3	26	24,8
aout	27,8	26,5	25,4
septembre	24,7	23,7	22,9
octobre	22	20,7	18,1
novembre	17,3	14,8	13,3
décembre	14,2	12	10,7
moyenne	19,99	18,3	16,77

**Tab.6 : Températures moyennes mensuelles de 1990-2002**



**Fig.5 : Température moyennes mensuelles (station de Bousfer).**



L'analyse de la courbe des températures moyennes mensuelles montre que les faibles températures se situent en Janvier, tandis que les plus élevées se situent en Août.

La température moyenne enregistrée est de 18.3 °C.

#### 4.3.2. Indice d'aridité de De Martonne

De Martonne a défini l'indice d'aridité selon les relations :

$$IM = p / T + 10$$

$$Im = 12p / (t + 10)$$

IM : indice d'aridité annuelle.

Im : indice d'aridité mensuelle.

T : température moyenne annuelle.

p : précipitations annuelles.

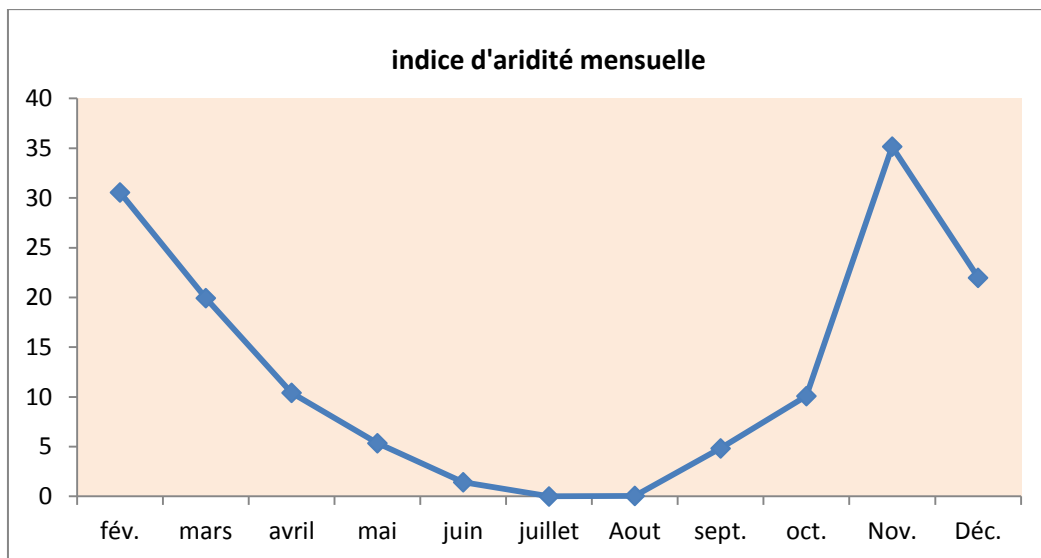
station	P (mm)	T (°C)	IM	Altitude (m)
Bousfer	327.2	18.3	11.56	148

**Tab .7 : Indice d'aridité annuel**

La valeur de “ IM “ nous a permis de déduire que la station présente un régime semi-aride avec un écoulement temporaire.

Station de Bousfer	Jan.	Fév.	mars	Avril	mai	juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
i	25, 34	30,56	14,94	10,42	5,35	1,43	00	0,059	4,83	10,09	35,17	21,98

**Tab.8 : Valeurs des l'indices d'aridité mensuels**

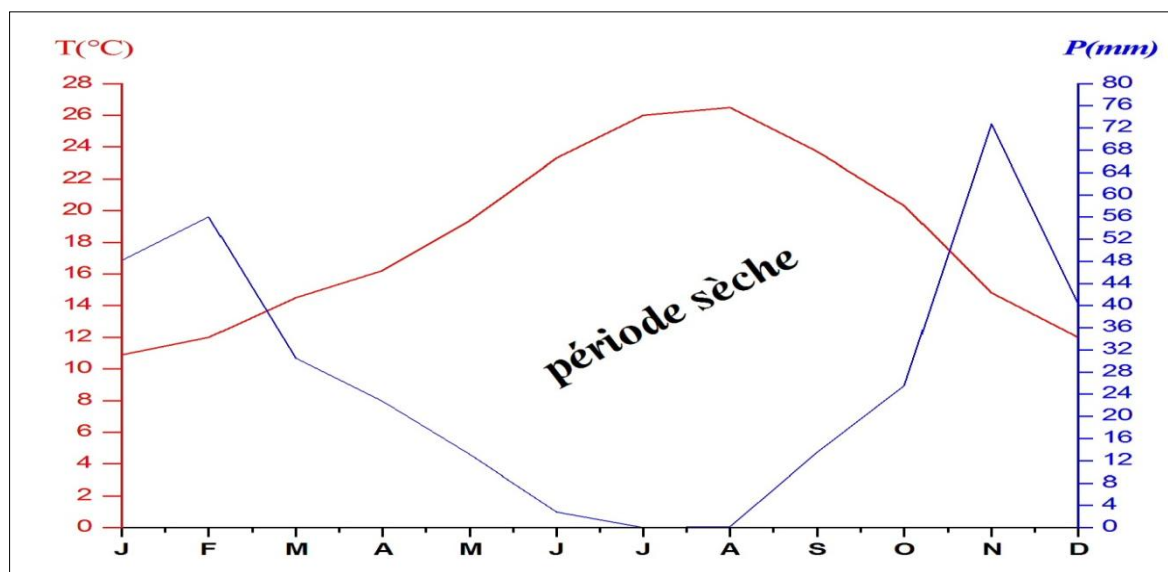


**Fig.6: Indice d'aridité mensuelle (station de Bousfer).**

L'indice d'aridité mensuel, montre des variations dues aux l'influences méditerranéennes et de reliefs en hiver et au printemps. Il manifeste aussi des valeurs faibles nécessitant ainsi des pratiques d'irrigation depuis le début de la saison printanière jusqu'au mois d'octobre.

**4.4. Diagramme ombrothermique- (méthode de GAUSSEN)**

Un mois est considéré sec si P est inférieur à 2 T. Il est considéré comme humide si P est supérieur à 2T. Le diagramme appelé « Diagramme ombrothermique de GAUSSEN » permet de faire la distinction entre la période humide, où P est supérieur à 2T, et la période sèche où est inférieur à 2T (A. ANSAR) Donc le présent diagramme nous indique que la période sèche débute en mars et s'achève en mi-octobre, s'étalant sur plus de sept mois.



**Fig.7: Courbe ombrothermique (méthode de GAUSSEN).**

## 5. Conclusion

Notre secteur d'étude présente un relief simple composé d'unités topographiques élevées dominant des ensembles déprimés, caractérisant aussi cette partie du littoral oranais.

Il reflète ainsi, non seulement des contrastes bioclimatiques mais aussi structuraux et lithologiques :

- ❖ Les zones hautes sont les mieux arrosées et correspondent aux horsts schisteux et calcaires.
- ❖ Les zones les plus basses sont des grabens à substrat formé de roches peu résistantes sablo-marneuses. Du point de vue climatique elles sont les plus sèches.

Les précipitations moyennes annuelles sont d'environ 327 mm tandis que les températures moyennes et d'environ 18°C.

Les différentes données climatiques traitées montrent que notre secteur d'étude est caractérisé par un climat semi-aride.

Le but des données climatiques sert à connaître l'état de l'influence des précipitations et la température sur les formations superficielles parce que ces derniers se trouvent en contact direct avec l'atmosphère, et les premiers résultats de ce contact est l'érosivité de ces formations sous l'effet du ruissellement.

## **CHAPITRE : III**

# **FORMATIONS SUPERFICIELLES ET RISQUES NATURELS**

## 1. Introduction

Après la représentation du premier chapitre que nous avons cité dans ce dernier les caractéristiques géomorphologiques et climatiques, il sera abordé dans le deuxième chapitre de ce travail, l'étude des formations superficielles du secteur d'étude.

## 2. Définition des formations superficielles

Les formations superficielles sont des formations continentales ou littorales, meubles ou secondairement indurées provenant :

- ❖ de la désagrégation mécanique : **CALSTITES.**
- ❖ et/ou de l'altération chimique ou biochimique de roches préexistantes : **ALTERITES.**
- ❖ et/ou de l'accumulation de matière organique d'origine animale ou végétale : **ORGANITES.**
- ❖ ou constituées par des matériaux issus des séismes : **SEISMITE.**
- ❖ du volcanisme : **VULCANITES.**
- ❖ de l'action de l'homme : **F.S.ANTHROPIQUES.**

## 3. Genèse des formations superficielles

Les formations superficielles sont des formations continentales ou littorales élaborées, initialement, à l'interface litho-hydro-bio-atmosphère.

Ces matériaux résultent schématiquement :

- ❖ De la fragmentation mécanique de roches cohérents préexistantes, sous l'action de variations thermiques : thermoclastie, hydriques : hydroclastie, ou de cristallisations secondaires de sels : haloclastie. Ces phénomènes aboutissent à la dégradation des roches, soit sous forme d'éclats anguleux, comme c'est le cas de roches homogènes, par exemple certains calcaires, soit sous forme de limons, de sable plus ou moins grossiers : roches granulaires ou grenues.

De telles formations dites : CLASTITES sont identiques, pour ce qu'est du cortège minéralogique, aux substrats dont elles dérivent ;

- ❖ De l'altération, par l'action conjuguée de l'eau et du bios (le terme bios désigne l'ensemble des êtres vivants, animaux ou végétaux). Ce processus agit par dissolution des sels solubles, hydratation de certains minéraux, et de façon plus efficace et plus généralisée, par hydrolyse. Les produits résultant de ces mécanismes sont les ALTERITES dont le cortège minéralogique diffère plus ou moins de celui de la roche initiale selon l'agressivité des eaux, l'environnement et la durée du phénomène (minéraux transformés, néoformés...). Selon le climat, la lithologie du substrat et la durée, l'épaisseur des altérites peut aller de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres : altérites tropicales, arènes tempérés, argiles à silex....
- ❖ De l'accumulation de matière organique d'origine végétale ou animale : ORGANITES, comme c'est le cas des tourbes qui se développent dans des dépressions alimentées d'une façon permanente en eau douce, ou du guano résultant de l'accumulation des déjections d'oiseaux ou de chauve-souris dans les karsts....
- ❖ Des effets des tremblements de terre aboutissant aux déformations des roches, à la fissuration, à la fragmentation, à l'éboulement de parois rocheuses et à la mobilisation des matériaux, anguleux et

hétérométriques ; ces F.S.dites SEISMITES sont très proches, par leur aspect et caractéristiques physiques, des clastites.

- ❖ De l'accumulation de matériaux issus de l'activité volcanique : VOLCANITES. Dès lors que les produits engendrés par cette dynamique parviennent à la surface de la terre, ils sont considérés comme formations superficielles et traités comme telles. Compte tenu de leur mode d'apparition, et donc de leurs caractéristiques physiques, seront distinguées : les pyroclastites issues d'un volcanisme explosif : nuées ardentes, cendres, lapillis, bombes, blocs... et les coulées relevant d'un volcanisme « lavique » plus ou moins fluide selon la composition du magma. Repris secondairement par la dynamique hydrique, ces matériaux peuvent s'incorporer à d'autres formations : dépôts volcano-sédimentaires, ou participer à des coulées visqueuses : lahar.
- ❖ De l'action de l'homme : F.S.ANTHROPIQUES, résultat des travaux d'aménagement, remblais, déblais, excavations...

La plus part des formations superficielles citées ci-dessus sont, à l'origine, des formations meubles. Au cours de leur évolution, elles peuvent subir des processus qui ont pour conséquence leur INDURATION.

Leurs classement se fait alors en fonction de la nature du ciment : calcaire, siliceux, ferrugineux... l'analyse sur terrain renseigne sur les mécanismes de leur induration : pédogenèse, battement de nappes, intervention du bios... Ces phénomènes peuvent apparaître en toute position topographique (Yvette D, 2007).

#### 4. Classification des formations superficielles

Deux clefs sont nécessaires pour établir le classement des formations superficielles :

- ❖ la genèse
- ❖ l'évolution

Nous venons de présenter les facteurs de genèse, analysons les facteurs de leur évolution dans l'espace et dans le temps.

#### 5. Évolution dans l'espace

L'évolution dans l'espace dépend de trois séries de facteurs : topographique, dynamique, géographique.

La topographie joue un rôle déterminant dans l'évolution des formations superficielles, suivant qu'elle favorise la dynamique in-situ ou la dynamique d'érosion, transport et sédimentation par ordre d'importance croissante du transport, on peut distinguer :

**5.1. Les formations AUTOCHTONES**, non transportées, dont l'évolution est conditionnée par la lithologie, le régime hydrique et la durée. Ces systèmes quasi-immobiles, situés en zone plane ou subplane, peuvent acquérir au cours du temps une organisation, une structure particulière. Telles sont, par exemple, les formations accompagnant le façonnement des surfaces d'érosion par fragmentation mécanique ou dégradation chimique : regs sahariens, arènes tempérées, altérites tropicales, cuirasses alumineuses ou ferrugineuses tropicales, argiles à silex

**5.2. Les formations SUBAUTOCHTONES**, peut transportées, qui évoluent seulement dans les plans des versants. Elles y subissent des migrations par gravité par certaines dynamiques selon les données de l'environnement : valeur et longueur de pente, exposition, situation sur le versant, ainsi que les facteurs climatiques : pluviométrie, enneigement, gel...et le couvert végétal.

Les déplacements des formations superficielles sur une pente peuvent être dus :

- ❖ À la gravité pure : éboulement, effondrement ...etc.
- ❖ Au ruissellement diffus, épidermique, avec entraînement sélectif, en relais, de matériaux fins vers l'aval.
- ❖ Au ruissellement organisé selon des entailles plus ou moins profondes et plus ou moins denses : rigoles, ravines, ravins...etc.
- ❖ À la mobilisation en masse plus ou moins rapide selon le degré de saturation en eau, la pente, la végétation... : reptation, solifluxion, gélifluxion, coulées boueuses, coulées de débris...etc.

À ces phénomènes de surface s'ajoute le transit en solution (hypodermique) responsable, entre autres, de néogènes (argiles), d'induration (brèche de pente, calcretes, silcrets), de formations nouvelles (travertins, tufs...). Ces F.S. sont dépendantes de la topographie, de la lithologie des affleurements, des dynamiques qui se succèdent ou se relaient dans la pente. Elles sont limitées dans l'espace. Leur extension amont-aval va de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. Elles se regroupent sous le terme générale de « colluvion » ;

**5.3. Les formations ALLOCHTONES**, qui subissent, ou ont subi, des déplacements, des transferts sur de plus ou moins longues distances.

Elles ont été prises en charge par un ou plusieurs agents dynamiques : eaux courants, glacier, mer, vent, lesquels peuvent d'ailleurs se relayer dans l'espace et le temps.

**5.3.1. Dynamique fluviatile** : c'est l'action des eaux concentrées dans un talweg. Cette dynamique constitue un facteur essentiel et quasi universel de mobilisation des matériaux détritiques, de l'amont vers l'aval d'un bassin versant. L'histoire de ces formations fluviatiles se déduit : des structures liées au monde de transport et de sédimentation (stratification, litage...), de la morphologie et du classement des matériaux, des formes résultant de l'accumulation ou de l'érosion (cônes, terrasses, méandres...);

**5.3.2. Dynamique glaciaire** : les glaciers sont des agents d'érosion et de transport originaux et efficaces dont l'extension varie à travers le temps mais dont la résultante est bien inférieure, globalement, à celles des eaux courantes. Leur activité varie en fonction de leur situation géographique et topographique.

**5.3.3. Dynamique éolienne** : elle exerce son activité sur l'ensemble du globe mais son efficacité varie en fonction de la vitesse du vent et de sa charge. Vitesse et charge sont maximum dans les zones dénudées ou à faible couvert végétal, à savoir les étendues désertiques, chaudes et froides, les franges littorales (les complexes dunaires du littoral oranais), volcaniques et glaciaires. Les matériaux pris en charge vont des cendres aux poudres, aux sables et aux gravillons. L'efficacité de la dynamique éolienne est grande, elle se traduit par un façonnement des cailloux et des grains de quartz, par des accumulations dunaires parfois considérables ainsi que par un classement remarquable des sédiments.

#### **5.4. Distribution géographique des formations superficielles**

À l'échelle du globe, la latitude détermine les grandes zones climatiques, l'altitude l'étagement des processus. Le croisement de ces données est indispensable pour saisir la logique de la distribution des formations superficielles et leurs caractéristiques régionales.



## 6. Évolution dans le temps - Hiatus et phases

Les formations superficielles se sont formées au cours de toutes les périodes géologiques qu'il s'agisse de matériaux détritiques, d'altérites, d'organites ou de volcanites. La difficulté pour le chercheur est d'identifier ces formations ou ce qu'il en reste - quelle que soit leur situation actuelle.

Sur le terrain, **la première observation concerne leur situation par rapport à la surface, deux possibilités :**

**6.1. Formations de surface :** l'étude de terrain doit balayer largement l'espace afin de replacer la formation dans son contexte morphologique et géologique, cette étude sera complétée par une série de prélèvement et d'analyse dont, entre autres, l'étude microscopique qui permet de saisir l'histoire de cette formation dans toute sa complexité.

Plusieurs cas, en effet, peuvent être décelés :

- ❖ **Formations monophasées :** leur évolution est, ou a été, sous la dépendance d'un seul type de dynamiques ou d'environnement : sables des ergs vifs...
- ❖ **Formations polyphasées :** elles ont été affectées par des dynamiques diverses (dynamiques périglaciaire succédant à un contexte tempéré par exemple) ou ont connu des environnements bioclimatiques différents (formations cuirassées sahéennes) ;
- ❖ **Formation exhumées** après fossilisation, par le jeu de l'érosion, en particulier lors de l'enfoncement du réseau hydrographique au Quaternaire (altérites poste-hercyniennes sur schistes ou granites des Cévennes, argiles à meulière de la surface de Brie). Ces formations peuvent connaître une nouvelle évolution en fonction de l'âge de l'exhumation et de la durée de celle-ci
- ❖ **Formations fossilisées** et donc repérées en coupes ou forages. La fossilisation des formations superficielles est un phénomène récurrent qui relève d'un certain nombre de phénomènes :
  - a) **À l'échelle de la planète :** tectogenèse, modifications d'un climat (dérive des continents) ;
  - b) **À l'échelle régionale :** volcanisme, séismes, transgressions marines...
  - c) **À l'échelle locale :** modification d'origine anthropique(en particulier à cause des travaux de constructions des ouvrages d'art ou du réseau routières).

Ces formations fossiles peuvent :

- ❖ soit demeuré horizontales ; c'est le cas le plus fréquent des formations Quaternaires et pliocènes (nous notons que l'âge des formations superficielles de la plaine des Andalouses est le Quaternaire).

**La deuxième observation concerne les indurations :** au cours du temps, les formations superficielles, initialement meubles, peuvent subir des indurations, localisées ou massives qui peuvent soit apparaître en surface : croûtes calcaires, schistes, silcrettes, cuirases alumineuses ou ferrugineuses, soit être incluses dans des séries géologiques : grès, pélites, évaporites...provenant d'anciens dépôts fluviaux, éoliens ou lacustres.

## 7. Classification des formations superficielles

Le tableau récapitulatif (Tableau 8) prend en compte les données essentielles caractéristiques des formations superficielles à savoir **la genèse et l'évolution** dans l'espace et le temps.

Il permet ainsi un classement spécifique de ces formations, qui ne seraient rentrer dans la classification traditionnelle des roches sédimentaires, telle qu'elle est utilisée en géologie. Ce classement servira à la démarche cartographique.

<b>GENÉSE</b>	<u>Externe</u> : <b>CLASTITES, ALTÉRITES, ORGANITES</b> <u>Interne</u> : <b>SÉISMITES, VULCANITES</b> <u>Anthropique</u> : <b>F.S.ANTHROPIQUES</b>
<b>DYNAMIQUES</b>	<u>Meubles</u> <b>AUTOCHTONES</b> : topographie plane ou sub-plane -évolution in situ <b>SUBAUTOCHTONES</b> : sur versant <b>ALLOCHTONES</b> : fluviatiles, éoliennes, glaciaires, littorales, lacustres, volcaniques <u>Indurées</u> <b>SILCRETES, CALCRETES, HALLOCRETES, FERRICRETES</b>
<b>CHRONOLOGIE</b>	<b>RÉCENTES</b> : en phase avec l'environnement actuel <b>HERITÉES</b> : quaternaires, antiquaternaires
<b>HIATUS/PHASES</b>	<b>MONOPHASÉES, POLYPHASÉES, FOSSILISÉES, EXHUMÉES</b>

**Tab.9: Classification des formations superficielles**

### 8. Formations superficielles et substrat

**Substrat** est pris ici sens étymologique du terme : « étendu sous ».qu'est-ce qui « s'étend sous »les formations superficielles ?

Deux possibilités en fonction de leur évolution :

- ❖ Les formations superficielles autochtones, définies comme ayant évolué sur place à partir d'une roche dont elles dérivent, reposent sur un « **substrat origine** », que l'on peut également appeler roche-mère, puisqu'il y a filiation entre roche et matériaux meubles.

Ceci reste valable quel que soit le type d'une formations : clastites ou altérites, et l'âge de leur genèse : paléoforations post-hercyniennes, bauxites crétacées, meulière oligocène...

- ❖ Les formations superficielles subautochtones et allochtones qui ont subi, ou subissent encore des déplacements, proches ou lointains, ne reposent plus sur leur roche origine mais transitant puis s'immobilisent sur un « substrat support ».c'est le cas de toutes les colluvions comme des alluvions, des moraines comme des lèss. Le contact entre formation superficielle et substrat support se marque par une discontinuité qui peut être plus ou moins nette. Évidente la plupart de temps dans le cas des formations allochtones où la discontinuité est soulignée par une modification minéralogique (lèss sur granite ou calcaire par exemple), elle est plus difficile à déceler dans le cas de formations transitant sur un versant où affleure un substrat de composition minéralogique homogène, de l'amont à l'aval .

Le cas de la superposition de deux ou plusieurs formations originellement superficielles est assez fréquent. Sont considérées comme substrats supports tous formations fossilisées par un matériau, soit issu de dynamique différentes (argile à silex, sous sables de Lozère, sous lèss par exemple), soit relevant de

dynamiques identiques, mais présentant un hiatus dans la sédimentation (nappes successives de grèzes ou dépôts discontinus de lœss).

### 9. Formations superficielles et sols

La confusion entre formations superficielles et sols est un fait traditionnel qui perdure, aussi bien chez les scientifiques que chez les praticiens, malgré les efforts de certains pour sortir de l'ambiguïté (Journaux & Dewolf, 1965). Cette confusion procède, en grande partie, d'une approche « sectorielle » chaque spécialiste ayant tendance à envisager ce problème selon sa propre ouverture disciplinaire, ou selon les besoins du moment.

La distinction fondamentale se fait entre « sols » et « roches » (cette distinction, reconnaissent-ils eux-mêmes, ne manquant pas d'ambiguïté). C'est, pour eux, essentiellement sur le critère de la cohésion du matériau que repose cette différence sols-roches, la cohésion des premiers étant nulle ou faible, celles des seconds toujours importants. C'est ainsi que certaines marnes, certaines craies, voire certaines argiles se retrouvent classées parmi les « sols », alors que les tufs calcaires et les brèches de pente se rangent parmi les « roches », dans ce cas, la distinction sol-formation superficielle et tout simplement occultée.

Après ces précisions essentielles apportées par les pédologues, comment peut-on envisager les rapports entre sols et formations superficielles ?

Nous avons montré dans le tableau (**Tab .9**) la classification de ces formations qui sont devenus de divers types tels que :

- ❖ Les formations autochtones : se définissent par leur stabilité, leur rapport à leur substrat origine, leur évolution « in situ » en relation avec leur environnement bioclimatique. Dès lors que le bios intervient dans leur évolution, les formations autochtones sont des sols.
- ❖ Les formations superficielles subautochtones, sous la dépendance des dynamiques sévissant sur les versants, subissent des migrations dont les modalités varient avec le type et l'intensité de ces dynamiques. Si les déplacements sont rapides : chutes de pierres coulées boueuses, ou s'ils s'effectuent de façon régulière : éboulis assistés..., le matériau reste mobile durant son transit. Dès que cesse le mouvement (arrêt de la dynamique, fixation par la végétation) le matériau peut alors être pédogénéisé.
- ❖ Les formations superficielles allochtones, prises en charge par quelques agents dynamiques : vent, glacier, mer, sont des sédiments meubles tant qu'ils sont dépendants de l'agent transporteur. L'arrêt du véhicule, en abondement les matériaux: poussière, sables, moraines, nappe alluviale... permet là encore le développement de la pédogenèse dès lors que la végétation peut se fixer.

Ces explications montrent la spécificité des formations superficielles et leur originalité par rapport aux substrats géologiques et aux sols. Il s'agit en définitive, de matériaux qui doivent être abordés selon des méthodes et des techniques appropriées à leur genèse et à leur évolution. Bien que « formations géologiques à part entière », elles n'en constituent pas moins un corpus singulier, en ce sens qu'elles sont inséparables du relief et des dynamiques qui le créent et modèlent. Leur étude trouve logiquement sa place dans le cadre de la géomorphologie dynamique.

## 10. Caractéristiques des formations géologiques du secteur d'étude

Nous avons préféré dans cette partie une description lithostratigraphique de notre secteur d'étude pour préciser l'origine des différents types de formations superficielles tapissant la région.

### 10.1. Analyse lithostratigraphique

Du point de vue lithostratigraphique, notre secteur d'étude est matérialisé par deux grands ensembles, dont la répartition conditionne les principaux aspects morphologiques de la région.

Le premier ensemble est constitué par le massif à schistosité, qui constitue le substratum.

Le deuxième ensemble correspond aux dépôts néogènes (Tertiaire supérieur) et quaternaire, reposant en discordance sur le substratum.

### 10.2. Formations du substratum

Elles affleurent dans les différentes unités structurales.

En respectant l'ordre stratigraphique, principalement basé sur l'attribution de M. Doumergue (1912) nous trouvons :

#### 10.2.1. Formations carbonatées

Les formations carbonatées sont constituées de calcaires marmoréens et dolomies.

##### a) - Calcaires marmoréens

Ce sont des calcaires métamorphiques plus ou moins plissotés constituant les reliefs d'allure massive de djebel Djorf Halia.

C'est un ensemble assez homogène composé de bancs compacts épais fortement diaclasés au niveau du Ravin de la Mauresque.

En allant vers le Nord-est, au Sud d'El Ançor, des calcaires marmoréens tout à fait comparables à ceux de djebel Djorf Halia passent rapidement à des schistes satinés. Ces calcaires ont été attribués au Lias par M. Doumergue.

##### b) -Dolomies

Situées au dessus des calcaires marmoréens, les dolomies apparaissent au Nord de Djebel Djorf Halia, massives, compactes et rousses à l'affleurement, et au Sud-Ouest, nous les trouvons en petites écailles ces dolomies liasiques (Doumergue, 1912) sont recoupées par des roches éruptives.

#### 10.2.2. Formations des schistes et quartzites

Cette formation est visible au Sud de Djebel Djorf Halia et montre de belles coupes le long de la piste qui va de la route de Willaya 20 vers la maison forestière de Gueddara.

Les schistes sont entrecoupés par des bancs plus ou moins épais des quartzites blancs qui apparaissent en relief dans le passage.

Cet ensemble chevauché par les formations carbonatées est attribué au Jurassique supérieur et Crétacé inférieur par M. Doumergue (1912).

### **10.2.3 .Roches éruptives**

Ces roches éruptives ou “roches vertes“ se rencontrent à l’état frais ou au contraire très altérées. Elles se présentent sous une forme massive lorsqu’elles n’ont pas subi d’altération importante. Recoupant les dolomies, elles ne peuvent être que postérieures à ces formations carbonatées. Par ailleurs, nous retrouvons ces “roches vertes“ dans la formation bariolée sous forme d’éléments béchiques de toutes tailles ainsi qu’en énormes galets ; donc à l’état remanié.

Cela prouve qu’elles sont antérieures à cette formation. Ces “roches vertes“ sont considérées comme étant des ophites (dolérites) attribuées au Trias.

### **10.2.4. Formation bariolée**

Cette formation bariolée correspond à un ensemble hétérogène, englobant de façon plus ou moins anarchique des gros blocs de dolomies, de calcaires, de schistes, de roches vertes dont la taille peut atteindre parfois le mètre, ainsi que des galets homogènes.

B.Fenet(1975) comparait cette formation aux vestiges d’unités triasiques telliennes de mise en place intra miocène.

Donc celle-ci se représente un ensemble sédimentaire tectonisé, mais en gros autochtone. Ceci laisse supposer qu’il s’agit de brèches conglomératiques accrochées sur un talus de faille, la formation est largement post-jurassique

### **10.2.5. Schistes et quartzites du massif des Andalouses**

Ils constituent le substratum de la montagne des Andalouses qui affleurent en falaise au Nord.

nous nous référons aux travaux de B.Fenet(1975) ; des schistes noirs à petits bancs de grés quartzites et quartz d’exsudation affleurent au Djebel Lindlés, le long de la côte ( entre les corailleurs et cap Lindlés) y succèdent de niveaux de schistes noirs, fins contenant très fréquemment des lentilles graphiteuses complètement écrasées, de banc quartzite épais ou plus rarement de passées conglomératiques étirées.

Cet ensemble est attribué par B.Fenet(1975) au Permo-Carbonifère.

## **10 .3 . La couverture**

### **10.3.1. Formations des marnes et conglomérats(Miocène)**

#### **a) -Ensemble inférieur**

C’est un ensemble composé de deux termes (tableau.9) :

	M. Doumergue(1912)	B.Fenet(1975)	A.Benziane(1978)
<b>Formation de la couverture</b>	Quaternaire : Eboulis et dépôts de pente anciens alluvions anciennes	Quaternaire	Terrain de glaciais d'El Ançor
	Formation pliocènes : grés et poudingues	Pliocène2 (« calabrien »)	Formations de la forêt de M'sila
<b>Formations de substratum</b>	Formations miocènes bien différenciées du point de vue cartographique calcaires, marnes, poudingues, grés, gypses	Miocène du 2 <sup>e</sup> cycle post-nappe. Messénien	Miocène : marnes et conglomérats, marnes et argiles à niveau cinéritique.
	Eocènes : marnes à silex	Miocène du 1 <sup>er</sup> cycle post-nappe .conglomérats et dépôts continentaux. Yprésien : marno-calcaires blancs à silex	Formation bariolée
<b>Formations de substratum</b>	Barrémien : ammonites pyriteuses	Crétacé inférieur et moyen : schistes et quartzites du para-autochtone	Roches éruptives
	Néocomien : schistes et quartzites	Crétacé inférieur : schistes et quartzites de l'allochtone métamorphique	Jurassique supérieur
<b>Formations de substratum</b>	Oxfordien : schistes	Lias : calcaires marmoréens et dolomies	Crétacé inférieur : schistes et quartzite
	Lias : calcaires et dolomies	Trias : gypso-argileux	Lias : calcaires marmoréens et dolomies
<b>Formations de substratum</b>	Trias : ophites		

**Tab.10 : Correspondance des diverses formations géologiques**

**a.1) -Terme inférieur**

Il est représenté par des niveaux peu épais, détritiques grossiers, à gros blocs de grés dont la taille atteint le mètre, emballés dans des marnes rouges au niveau du Douar Sahraoui.

Ces marnes rouges passent latéralement vers le Nord à des marnes vertes.

En amont de l'oued Sidi Hammadi, ce sont des brèches conglomératiques qui reposent sur quelques mètres d'argiles rougeâtres à niveau de grès ferrugineux et passées gypsifères (Marabout Sidi Hammadi)

**a.2) -Terme supérieur**

Il est constitué par des marnes vertes, ocres une fois altérées, contenant également des plaquettes de gypses fibreux.

Cet ensemble est indifférencié du point de vue cartographique et attribué au Miocène 1<sup>er</sup> cycle post nappe selon (B.Fenet, 1975).

**b) -Ensemble supérieur**

Cet ensemble est constitué par de marnes vertes plus ou moins sableuses et de tufs cinéritique, à biotite. Ces derniers paraissent bien épais et sont bien visibles dans le paysage (entité blanchâtre). A la base, il existe localement des niveaux conglomératiques (cas du Douar Sidi Hammadi). Cet ensemble a été individualisé en tant que « M2 », c'est-à-dire : Miocène du 2<sup>ème</sup> cycle post-nappe par B.Fenet (1975).

Au dessus, un faciès cinéritique affleure en crête au N-W de l'oued Sidi Hammadi (ferme de Marabout).

Nous avons pu localement observer (Nord du point coté 336) des sables non indurés relativement épais (20 à 30 m), dont l'âge n'est pas précisé.

Ils pourraient être rapportés soit au Pliocène, quoiqu'il en soit, leur contact avec les cinérites est régulier et correspond à une discontinuité par érosion. (Fig. n°8).

**10.3.2. Formation de la forêt de M'sila :**

Elle débute par une corniche épaisse (2 à 3 m) constitué par de grès corailleurs pouvant passer à de véritables lumachelles.

Celle-ci est bien visible dans le paysage au niveau de Djebel Azret El Agab. Elle est surmontée par des grès plus ou moins sableux réputés d'origine dunaire (B.Fenet 1975) ; ceux-ci s'étendent généralement sur l'ensemble du plateau de la forêt de M'sila.

Leur affleurement se poursuit ensuite sur le plateau de la route de Willaya 20 et vers celui de la ferme du Marabout.

**10.3.3. Terrains du glaciais d'El-Ançor**

Il s'agit de terrains qui affleurent dans la plaine et dont la couleur est rougeâtre.

Cet ensemble continental est constitué d'éléments de schistes rarement de calcaires, arrachées au substratum, emballé dans un sol localement encrouté.

Un peu au Sud-Ouest d'El-Ançor, ces terrains reposent directement sur les marnes miocènes.

**10.3.4. Ensemble dunaire du littoral**

Il affleure en contrebas de la plaine d'El-Ançor, Bousfer et constitue les cordons littoraux de direction WSW-ENE.

Nous avons préféré dans ce travail étudier ces ensembles dunaires qui ont des effets sur la région dues à leur instabilité. Il est possible d'y distinguer trois ensembles principaux :

**a) Dunes anciennes**

Les dunes anciennes affleurent, d'une part le long de la côte, où les falaises littorales en donnant de bonne coupes et d'autre part vers l'intérieur (Ain-Turk et cap Falcon) où elles sont visibles sur la carte topographique, plus au sud de dunes récentes.



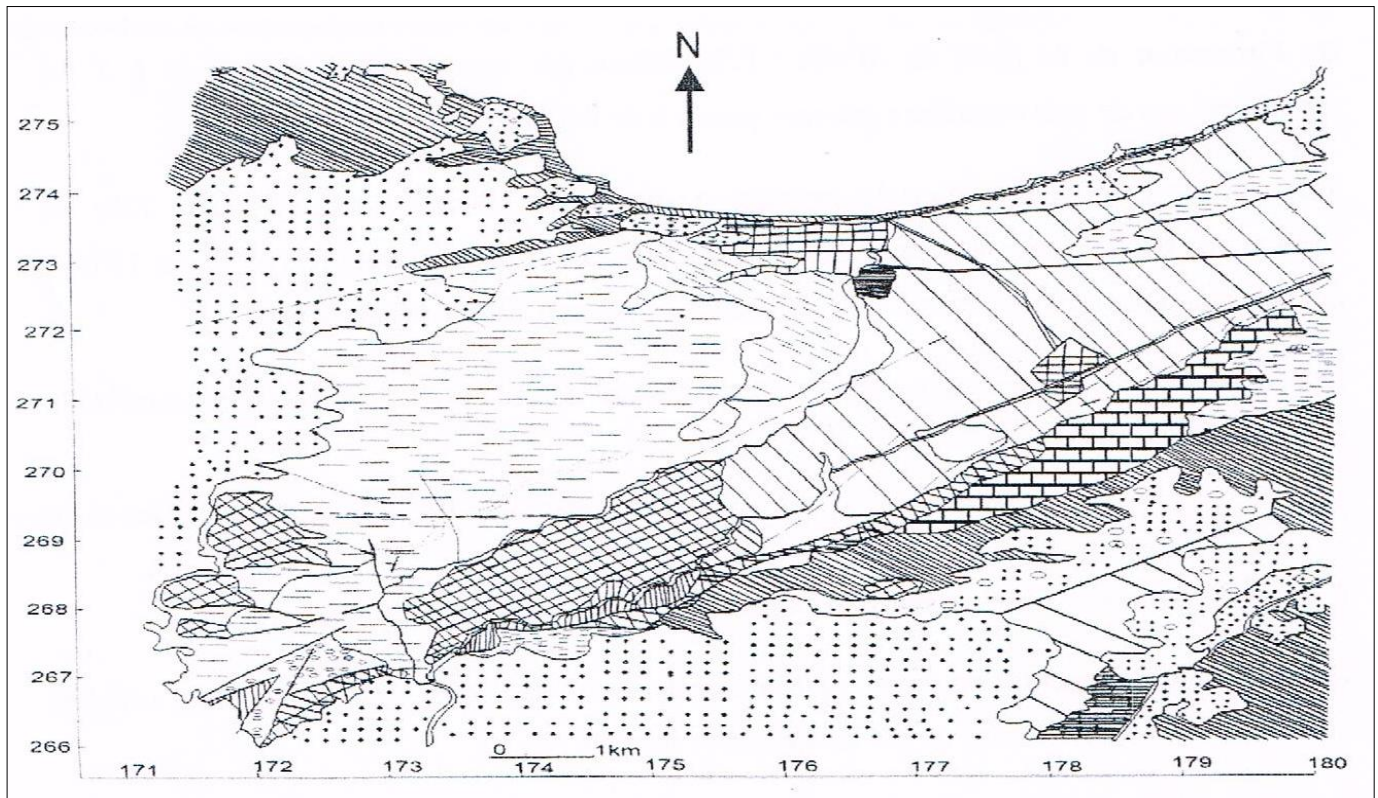
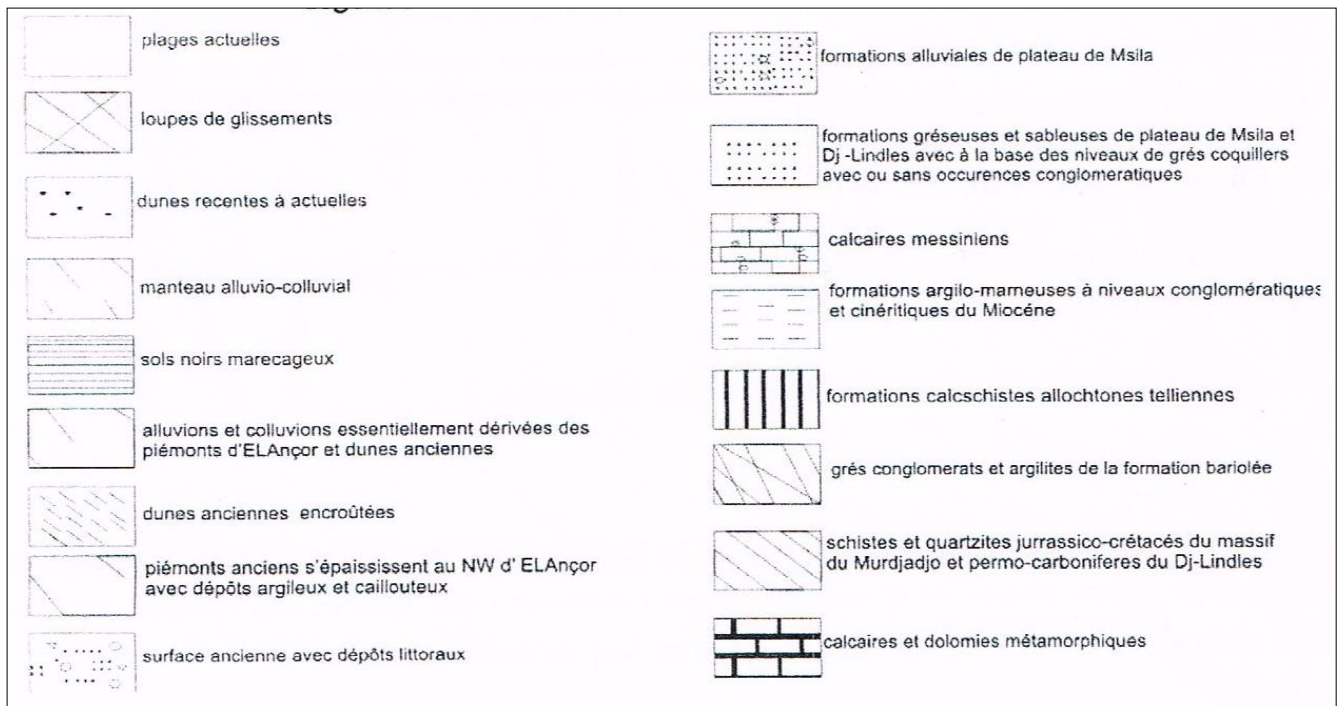


Fig.8 : Carte géologique de la plaine des Andalouses (d'après Benziane A)

Légende :



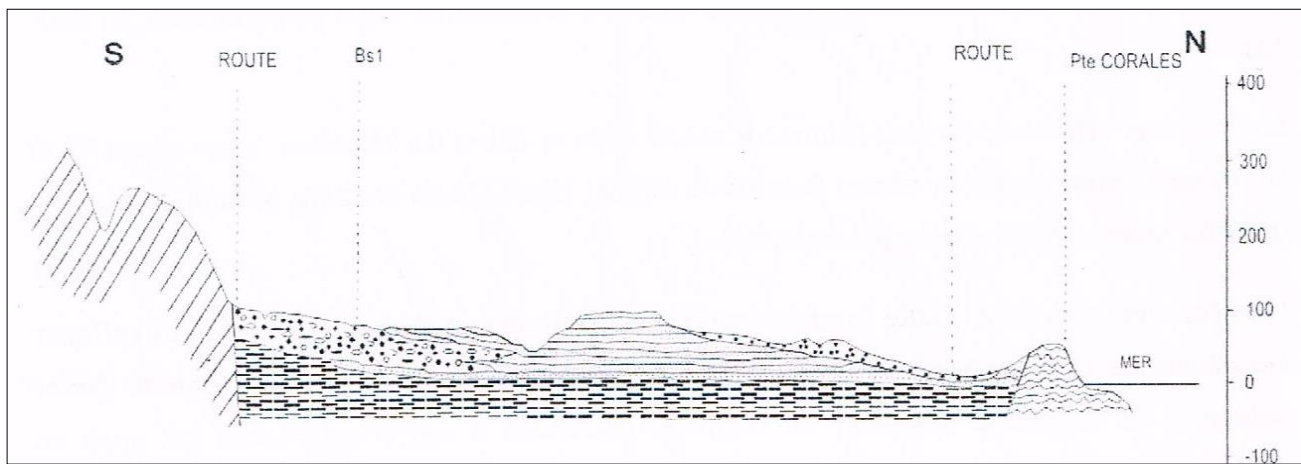
Elles sont composées des sables dunaires jaunes consolidés montrant de grandes stratifications

entrecroisées typiquement éoliennes. Ces sables sont fréquemment encroûtés, sous cette croûte mais aussi dans toute l'épaisseur de dunes nous observons des concrétions carbonatées, plus ou moins tabulaires creuses ou non, qui tendent à cloisonner le système. Localement, il existe des imprégnations argilo-ferrugineuses qui doivent attester la présence de sols inter-dunaires.

**b) Sables actuels**

Ces sables constituent les plages du littoral (plages de Bousfer, des Andalouses et des corailleurs). La figure n°9 présente une coupe schématique de la plaine de Bousfer (in Foukrache M, 2001).

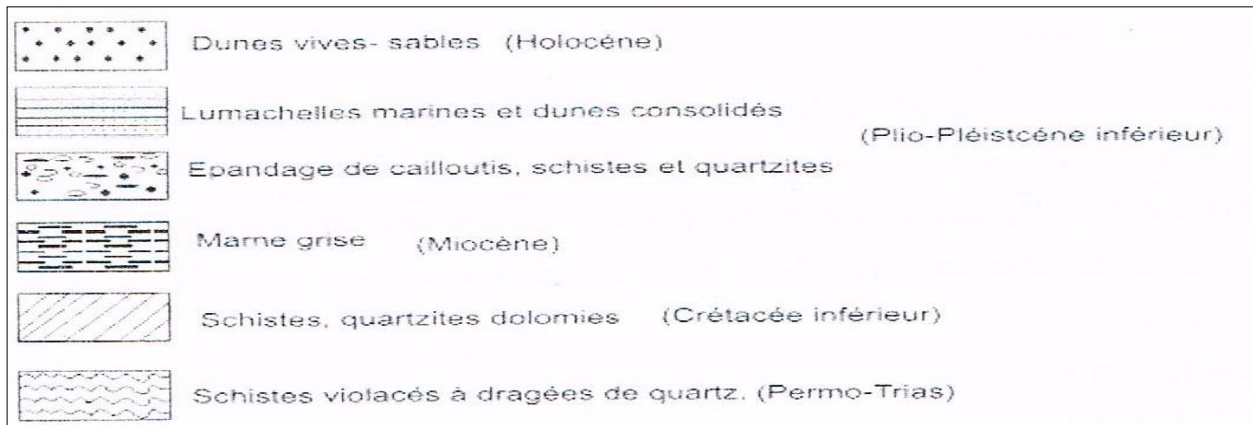
Au niveau de cette coupe on trouve la plupart des formations cités au-dessus tels que les dunes vives, sables, dunes consolidés...



**Fig.9 : Coupe géologique schématique de la plaine de Bousfer (d'après Foukrache M)**

Échelle longueur : 1/50000<sup>e</sup>  
 Hauteur \*5

**Légende :**

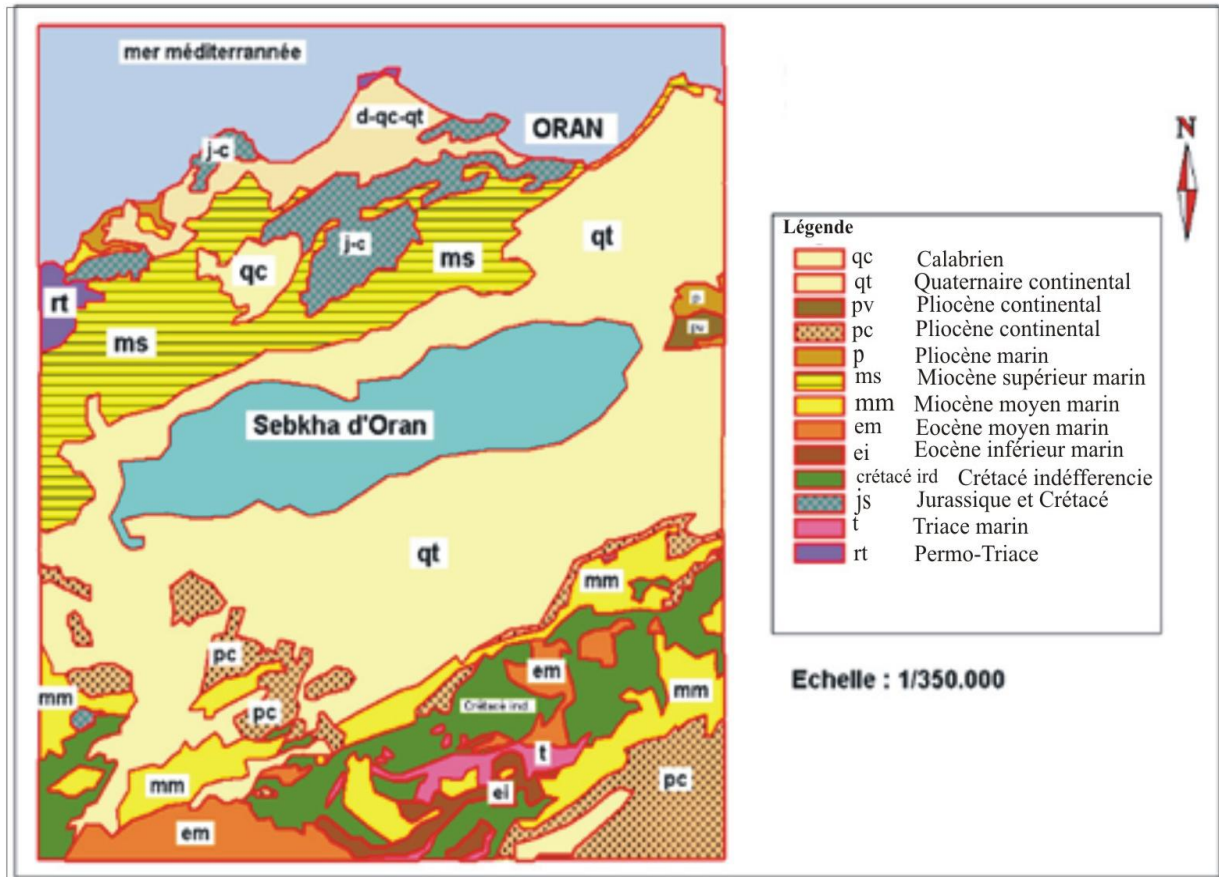


**c) Dunes récentes**

Les dunes récentes nettement moins consolidées, elles sont de couleur jaunâtre.

Les grands stratifications précédentes ne sont pas visibles .elles occupent par rapport aux dunes anciennes, une position médiane.

La figure n° 10 présente la carte géologique de secteur d'étude réalisé par Sogreah en 2003 :



**Fig.10: Carte géologique de la région d'étude (Sogreah, 2003)**

### 11. Analyse structurale

Le schéma structural de la zone étudiée correspond à une structure en fossé d'effondrement dont l'axe est occupé par la vallée de l'oued Sidi-Hammadi.

Les panneaux de M'sila et des Andalouses constituent les bornes du fossé.

L'érosion met bien en évidence la bordure Sud-Est avec ses reliefs de failles.

Au Nord-Ouest, par contre, le tracé de failles limites est plus difficile à repérer compte tenu de glissement de terrains nombreux affectant les formations miocènes qui s'y sont superposées.

Ces glissements ont probablement été facilités par la présence de faille peu inclinées au SE.



La structure effondrée de sidi-Hammadi existait dès le début du Miocène "post-nappe" ; le Miocène venant s'appuyer contre le talus du Djebel Djorf Halia contient le long de ce talus des décharges conglomératiques importantes.

Une certaine activité de faille bordière pendant la sédimentation Miocène pourrait expliquer ces décharges (qui contiennent de très gros blocs anguleux par exemple au niveau de Douar Sahraoui) et la grande épaisseur de sédiments rattachés à ces conglomérats est mise en évidence par les sondages géophysiques (Strojexport 1972).

Donc dans une direction du Sud vers le Nord, à l'échelle régionale, il est aisé de distinguer les ensembles structuraux suivants :

- Le domaine métamorphique ou domaine du substratum subdivisé en :

- ❖ Zone à schistes et quartzites occupent les massifs.
- ❖ zone de calcaires métamorphiques constituée par un empilement compliquée d'écailles d'inégales importances, chevauchant au Sud-Est et ce relayant du Nord-Est au Sud-Ouest avec comme unités principales :
- ❖ L'écaille du Djebel Djorf Halia ;
- ❖ La lame du point coté 313.

-La zone faillée du complexe bariolé s'applique contre le domaine précédent et le limite.

Très broyée, cette zone de décrochement même si les rejets les plus apparents vont dans le sens de la faille normale effondrant le panneau au Nord-Ouest du domaine métamorphique.

En effet, le plus souvent les miroirs de failles portent des stries horizontales ; les blocs affectés de mouvement rotationnels dans un plan horizontal y sont fréquents.

Il est clair qu'avant la distension l'ensemble de la zone a été en contact inverse poussé au Sud-Ouest sur les écailles de la bordure.

Dans la partie amont de la vallée, existe une discordance importante entre les formations à cinérites et celles sous-jacentes, témoin d'une activité tectonique intra Miocène.

La bordure Nord-Ouest est caractérisée par les grands effondrements par faille et par les glissements de terrains importants.

Quant aux failles en limites du socle, elles sont assez éloignées au Nord-Ouest sous le recouvrement Miocène.

## 12. Analyse des coupes géologiques

Nous avons choisis six (6) coupes afin d'avoir une meilleur couverture du terrain étudié. Ce choix est réalisé dans le but de mettre en évidence des variations de faciès et d'épaisseur afin de définir les principaux faciès identifiés dans chaque coupe, nous avons

- ❖ Indiqué la localisation de chaque coupe.
- ❖ Donné ces caractéristiques lithologiques.

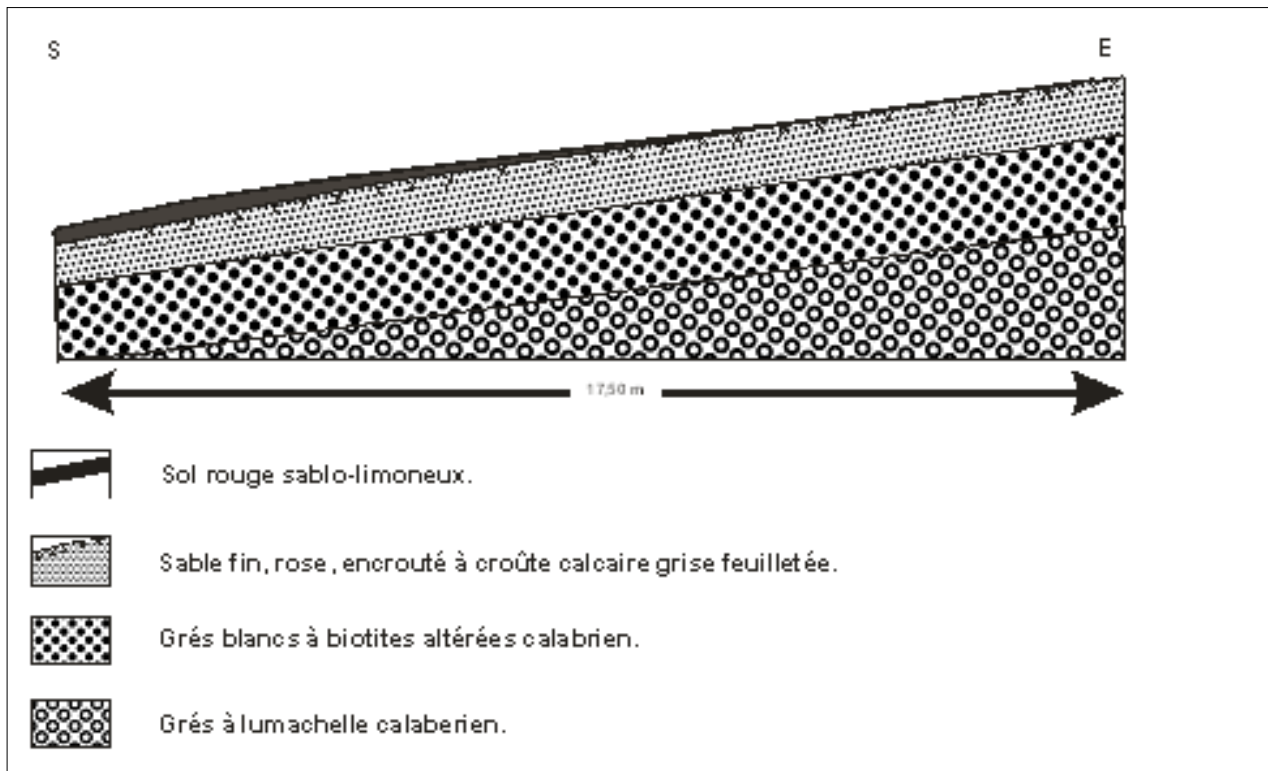
### 12 .1. Rebord sud du sommet du Djebel des Andalouses

Cette coupe se situe sur l'extrémité SE du massif des Andalouses, vers le point coté 293m, au bord de la piste qui monte de l'affleurement principale de l'O.Sidi Hammadi au djebel (x=173 ; y=272 ,5).

L'ensemble représenté un plan incliné de 8 à 10° environ. A sa base, affleurent sur 60 cm d'épaisseur, des calcaires gréseux à lumachelle de grés blanc également très calcaire et contenant des biotites altérées. Celui-ci fait partie du complexe Calabrien. Au-dessus se trouvent :

- ❖ 1m en moyenne de sable fin, rose, il comporte un encroûtement nodulaire gréseux de petites taille et au sommet : croûte calcaire grise feuilletée très indurée.
- ❖ Sur celle-ci s'est formé un sol rouge sablo-limoneux de 50cm d'épaisseur moyenne.

Donc cette coupe présente des formations Quaternaires mises en place sur un plan légèrement inclinée vers l'Ouest et le Nord, elles constituent un glacis couvert.



**Fig11 : Coupes du sommet du Dj.des Andalouses modifié (d'après Remaoun K, 1981)**

### 12.2. Coupe à travers les formations du glacis des Andalouses

Des sondages réalisés dans le cadre des travaux de reconnaissance dans le but de l'extension du complexe touristique des Andalouses, ainsi que des coupes correspondant aux versant Nord et Sud du glacis permettent d'en connaître la constitution représentée par la coupe suivante est situé à 35-40m d'altitude et de 2 m de profondeur.

À la base se trouve :

- ❖ 1m d'un encroûtement calcaire à nodules gréseux roses de la taille de blocs. Ce sont des grés fins poreux, roses saumon s'appartenant à la dalle rose saumonée;

- ❖ Au-dessus 25cm d'un encroûtement induré, rose, formé de sable fin, à nodules plus petites que précédemment et à croûte grise feuilleté ;
- ❖ En fin, 35 à 60 cm d'un sable limoneux rouge (sol rouge) terminent la séquence.

Donc cette coupe montre des analogies avec la formation sableuse à croûte grise feuilleté du sommet du Djebel ; même encroûtement et type de croûte rose saumonée.

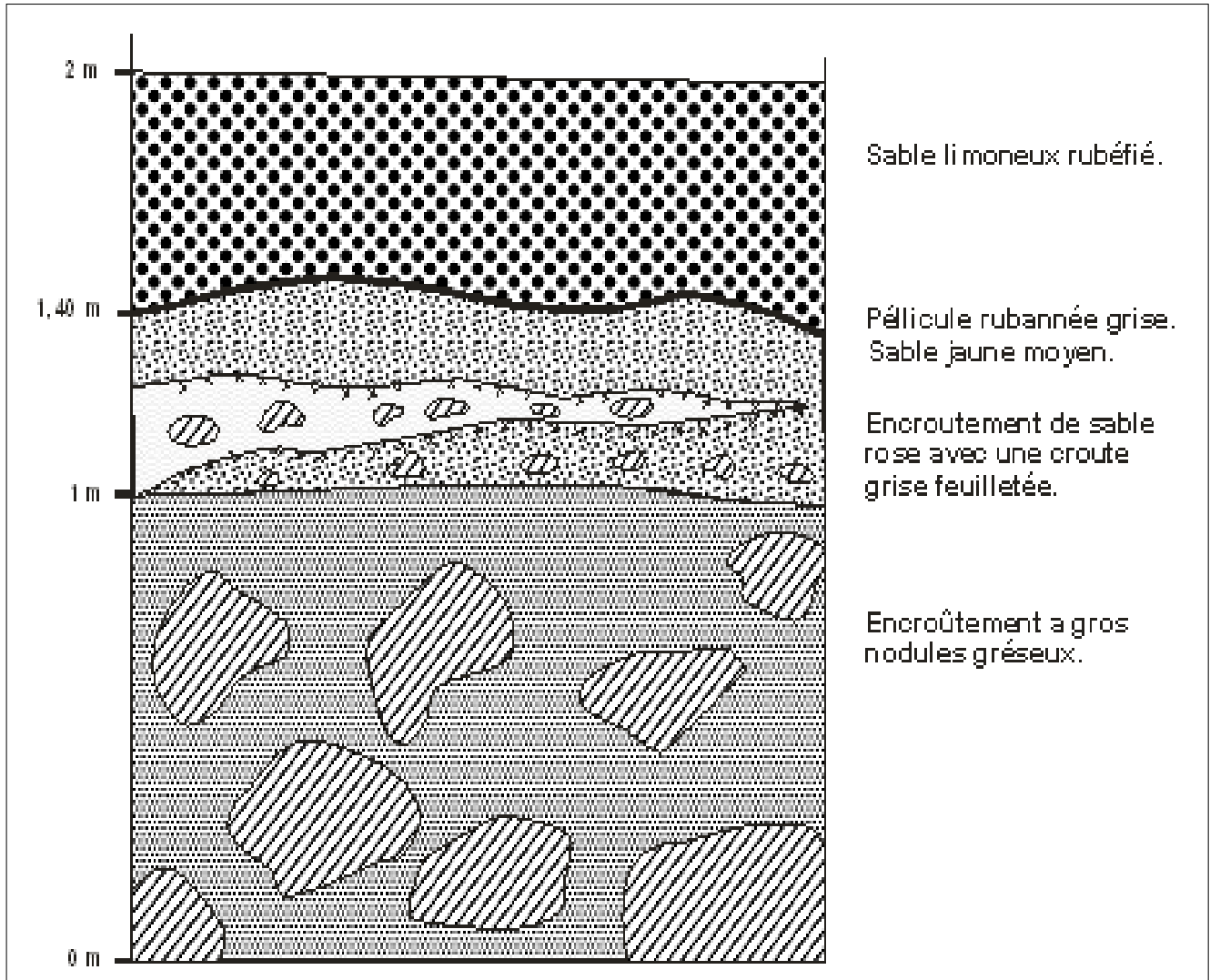


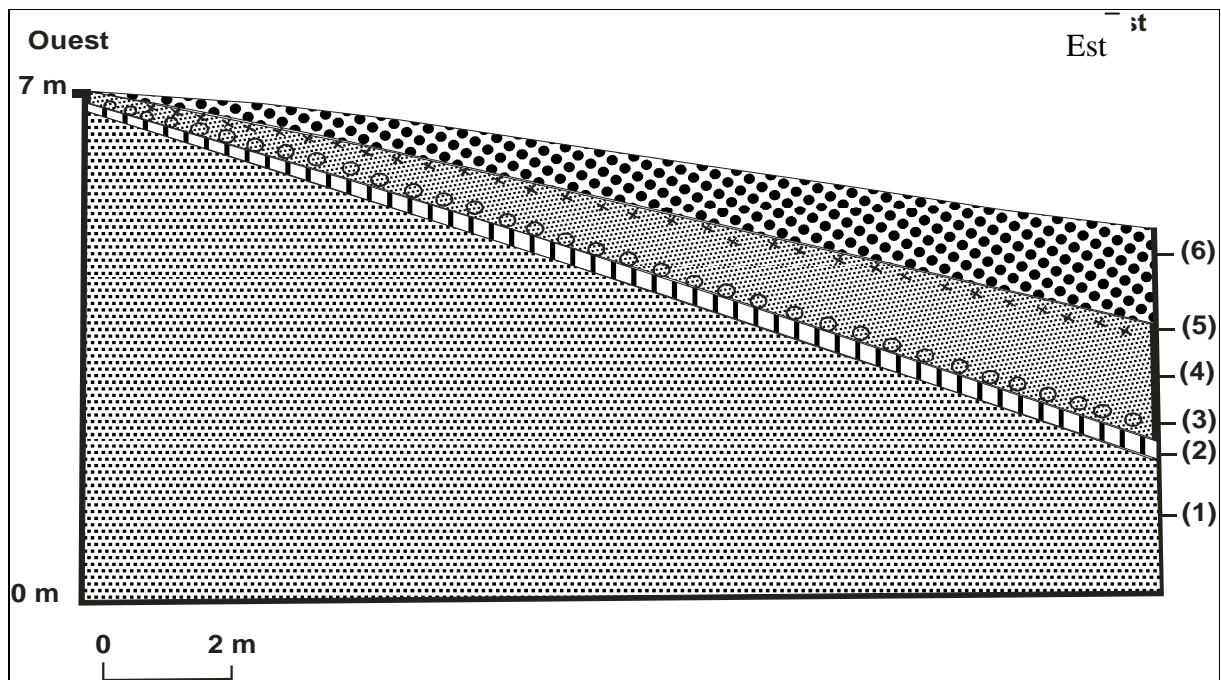
Fig.12 : Coupes à travers les formations du glacis des Andalouses, modifié (d'après Remaoun K, 1981)

### 12.3. Séquence de la falaise Ouest des Andalouses

La falaise de la plage des Andalouses présente la séquence suivante :

De la composition de cette séquence avec celle de la séquence précédente (fig.12) montre que les dépôts sont ici superposés selon un ordre inverse. Tout ce passe comme si l'extrémité orientale du glacis provenait de l'ablation en amont de la formation sableuse à croûte grise feuilletée et son dépôt en aval. Ceci est soulignée par la présence de deux niveaux colluviaux et d'autre part, par l'épaisseur des colluvions sablo-limoneuses rubéfiées à l'extrémité Est du glacis. Là, de plus, elle est recouverte par une formation

alluviale : c'est donc un glacis-terrace. Ceci confirme le rôle plus important des phénomènes d'accumulation.



**Fig. 13: Séquence de la falaise Ouest des Andalouses, modifié (d'après Remaoun K, 1981)**

(1)- sable jaune moyen. (2)- encroûtement induré à faciès gréseux. (3)-colluvions : petites galets roulés. (4)- sable fin et rose. (5)-encroûtement tuffeux à pellicule rubanée blanche. (6)-sable limoneux rubéfié

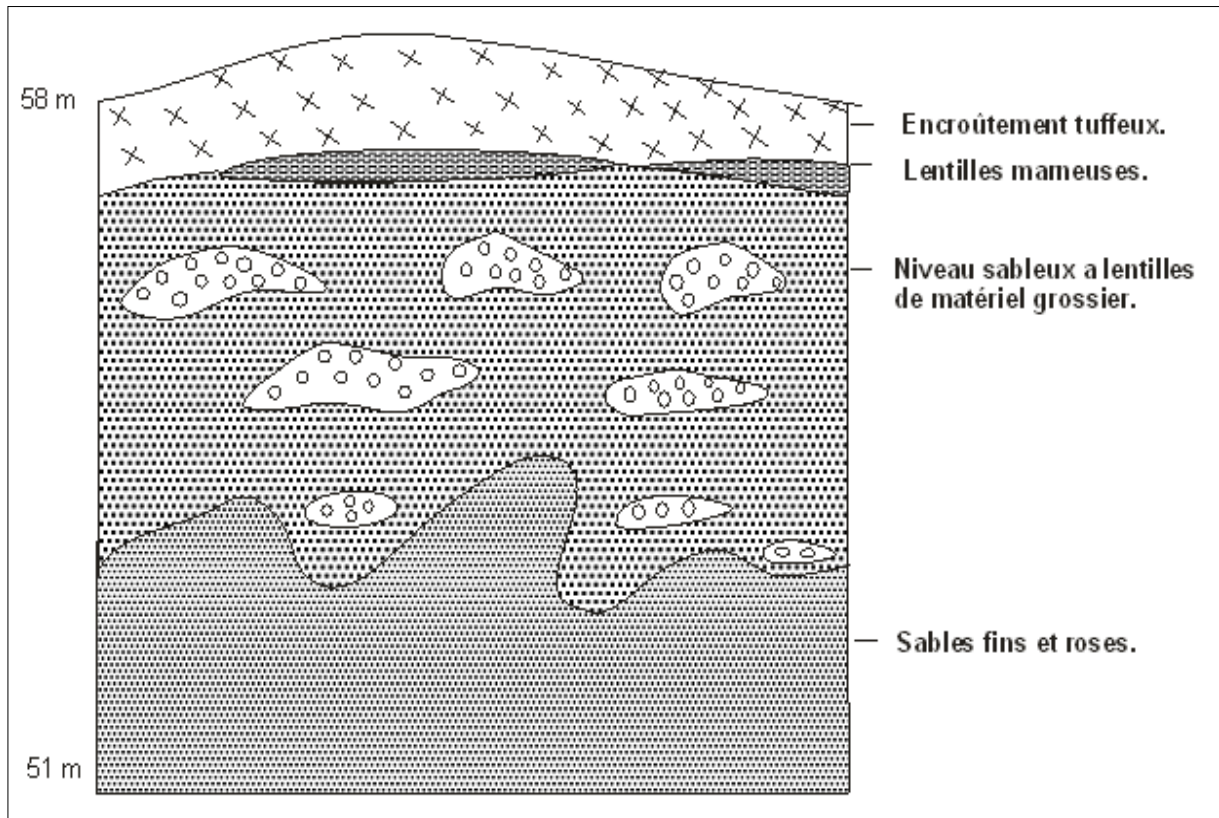
#### 12.4. Coupe de la carrière des Andalouses

Grâce à une carrière ouverte pour l'exploration de sable, on trouve:

- ❖ A la base : des sables fins, rose et encroûtés : encroûtement diffus, le contact avec le niveau suivant est sinueux.
- ❖ Au-dessus : un banc de 4m d'épaisseur moyenne, les mêmes sables se trouvent mais remaniés par des lentilles de matériel plus grossier (sable gros, graviers provenant du niveau détritique des cinérites ainsi que de celle-ci) et finement lité. De point de vue granulométrique ces sables sont très fins ( $Md=0,08mm$ ), bien classés
- ❖ En fin au sommet, 1m d'un encroûtement tuffeux développé dans du matériel remaniant les marnes et cinérites Miocènes.

Les deux niveaux inférieurs présentent des similitudes aussi bien avec la fonction terrigène rose saumon, qu'avec les dépôts du glacis-terrace des Andalouses, avec lequel ils sont d'ailleurs en continuité spatiale.

La formation de la carrière est à 50m d'altitude tandis que dans le glacis, elle est à 0m ou même au-dessus de la surface topographique puisqu'elle plonge vers la mer.



**Fig.14 : Coupe de la carrière des Andalouses modifiée (d'après Remaoun K, 1981).**

### 12.5. Les formations de la terrasse de ST Rock

On peut distinguer deux situations différentes :

- A : sur la rive droite (SE)
  - B : sur la rive gauche (NW)
- } - altitude sommitale : 15m.

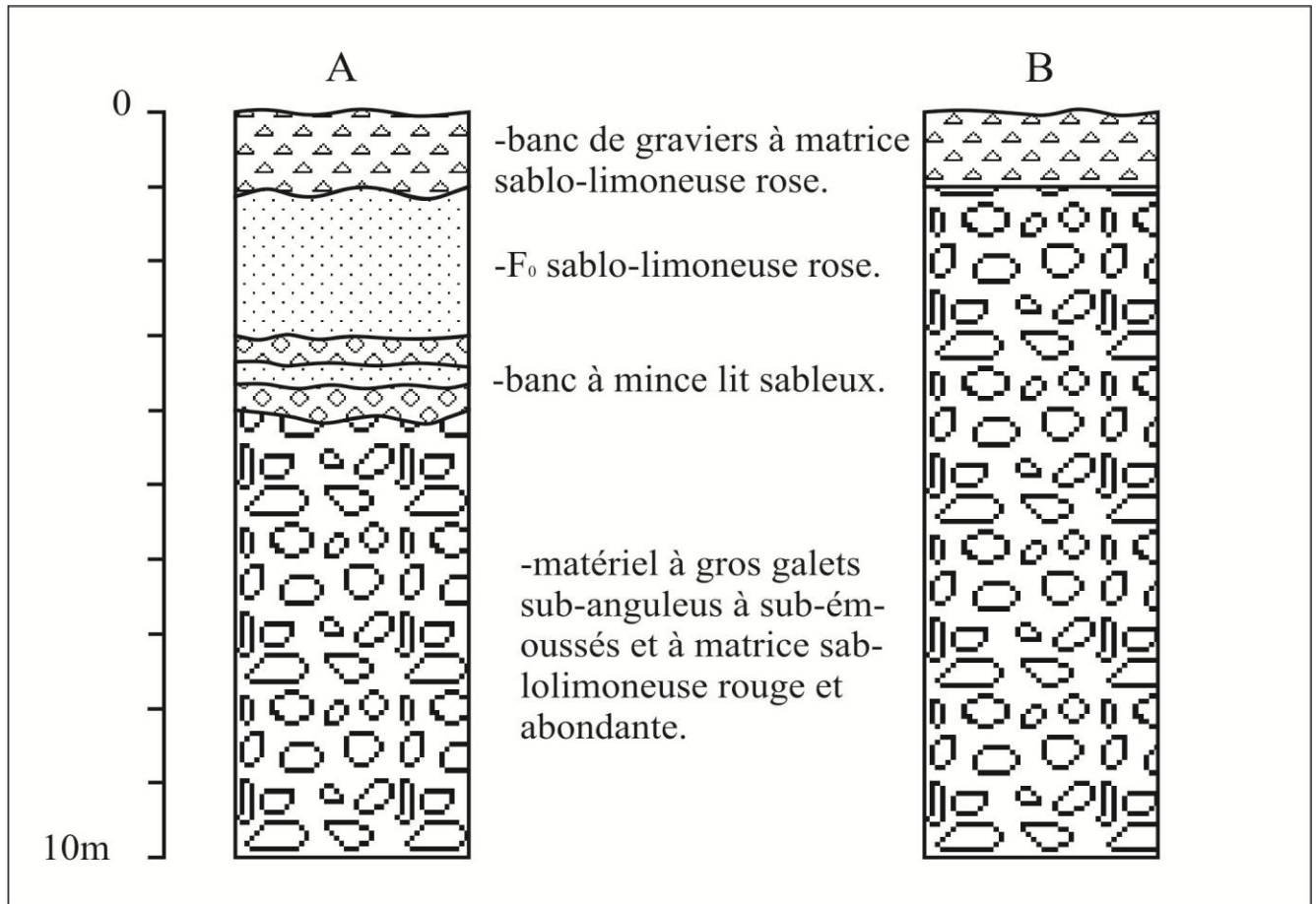
#### Sur la rive droite :

La terrasse possède quatre niveaux :

- ❖ A la base et sur une épaisseur de 6 à 8m : de gros galets sub-anguleux à sub-émoussés calcaires (provenant du niveau conglomératique tortonien), sont légèrement lités. La matrice est sablo-limoneuse, rouge et assez abondante. Elle contient 43,63% de matière fine. La fraction sableuse de point de vue granulométrique a un bon classement.
- ❖ Au-dessus de cette formation rubéfiée : banc de 1m en moyenne, de galets lités de petite taille et hétérogènes (mais les schistes prédominent). la matrice est peu abondante, sablo-limoneuse et rouge. Ce banc est traversé par un mince lit, sableux, jaune, contenant quelques éléments grossiers dans des morceaux de croûte calcaire.
- ❖ Le niveau 3 se compose d'une formation limono-sableuse rose, identique à celle qui se trouve au-dessus des sables grésifiés au NW du point 23 m. Elle a une hauteur de 3 m. Sa couleur est également rose claire. C'est un sable éolien bien trié, fin, ( $M_d=0,08\text{mm}$ ). Il contient de petites indurations gréseuses autour de noyaux calcaires : encroûtement nodulaire.



Ce niveau est fossilisé par un mètre de graviers sub-anguleux constitués de calcaires, de schistes et morceaux de croûte calcaire à celle de la formation précédente.



**Fig.15 : Les formations de la terrasse de ST Rock modifié (d'après Remaoun K, 1981)**

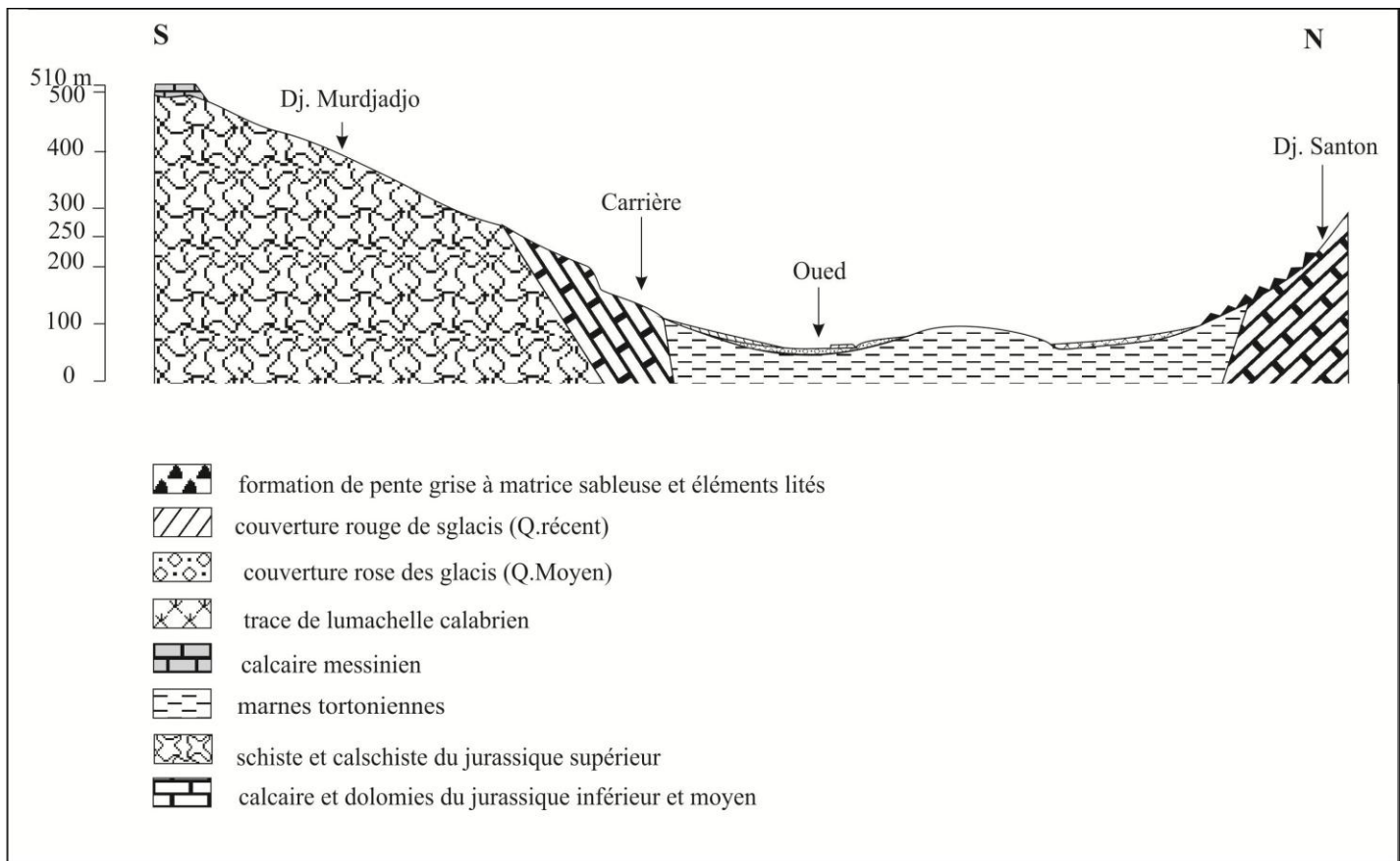
#### Sur la rive gauche :

- ❖ Le niveau inférieur à gros éléments et matrice sablo-limoneuse rouge est ici plus épais que sur la rive droite : 10 à 12m.
- ❖ Au-dessus se trouve le même banc de graviers à matrice sablo-limoneuse rose. La formation sablo-limoneuse rose n'est présente qu'à l'extrémité aval de la terrasse.

#### 12.6. Coupe Sud-Nord à travers la dépression de Mers el Kébir

Fig.16 : Coupe du point 513m (Dj. Murdjadjo au sud) passant par les points 33m, 110m et aboutissant au point 318m (Dj. Santon).

Le manteau détritique rouge a une épaisseur moyenne de 5m et son altitude varie d'amont en aval, de 160 à 90m. Il atteint sa plus grande extension en épaisseur, comme en superficie, au pied du versant méridional de la vallée. Au Nord (retombée Sud du Dj. Santon), il est mince (1 à 2m) à l'encontre de la couverture rose. Ceci reflète la différence d'origine du matériel et par conséquent des zones d'alimentation. De plus, le manteau détritique rouge est très érodé ; il laisse apparaître la couverture rose. A l'amont, il repose directement sur le substrat marneux Miocène. Ceci suppose que son dépôt a été précédé par une phase d'ablation, du moins en contrebas du Gradin oriental de la route Bousfer/Mers el Kebir.



**Fig.16 : Coupe SN à travers la dépression de Mers el Kébir modifié (d'après Remaoun K, 1981)**

### 13. Formations superficielles et ressource en eau (nappes d'eaux souterraines)

Les formations superficielles jouent un rôle privilégié en hydrogéologie. Absence quasi générale d'induration, porosité et perméabilité souvent élevées, accessibilité à l'eau aisée : ces critères confèrent aux formations superficielles un intérêt économique qui a été valorisé par toutes les civilisations.

Malgré ces avantages, les formations superficielles ne sont pas souvent le siège de réserves considérables : au contraire, adossées à des formations de vaste étendue ou enchâssées dans d'autres roches-réservoirs, elles jouent le plus souvent un rôle de drain privilégié qui facilite l'exploitation de l'eau de ces dernières. Souvent étroitement associées aux cours d'eau qui ont apporté le matériel alluvial, les nappes des formations superficielles sont en continuité hydraulique avec les eaux de surface ; Celles-ci les drainent ou les réalimentent, parfois de manière permanente, parfois saisonnière ou alternée. Donc les formations superficielles sont les lieux de recharge des nappes, d'élaboration de la qualité chimique et la protection contre les pollutions.

#### 13.1. Les différentes nappes

A partir de l'analyse lithostratigraphique et structurale du secteur d'étude, deux systèmes hydrogéologiques se démarquent ; il s'agit de deux ensembles plus ou moins perméables :

- ❖ Les formations superficielles de la forêt de M'Sila au Sud.
- ❖ Le complexe dunaire des Andalouses au Nord.

À côté de ces deux unités principales, se distinguent les formations carbonatées (calcaires et dolomies) du lias et le niveau cinéritique contenu dans les formations du 2<sup>e</sup> cycle Miocène post-nappe qui présentent par sa bonne perméabilité, des indices hydrogéologiques relativement intéressants par rapport au reste du secteur.

### **13.1.1. Nappe de la forêt de M'Sila**

Cette nappe est contenue dans les formations superficielles de la forêt de M'sila qui sont constituées de grès et de sables. Caractérisées par une perméabilité d'interstice, reposent vers l'Ouest sur la formation bariolée et les marnes du Miocène et vers le Nord-Est sur des schistes et quartzites imperméables constituent le mur de cette nappe. Il s'agit donc d'une nappe perchée assez étendue sur tout le plateau de M'Sila. Les eaux s'écouleraient soit vers la grande sebkha au Sud soit vers l'Oued Sidi Hammadi plus au Nord (A.Benziane, 1978)

### **13.1.2. Les formations du 2<sup>e</sup> cycle miocène poste-nappe**

Ces formations affleurent sur la majeure partie du versant Nord-Ouest de l'oued Sidi Hammadi.

Dans cet ensemble, on note la présence d'un niveau de cinérite blanchâtre perméable surmontant les marnes vertes imperméables.

Au dessus de ce niveau cinéritique reposent des formations plus ou moins sableuses et gréseuses.

D'éventuelles sources peuvent apparaître, au contact d'imperméable marneux avec un débit relativement faible.

### **13.1.3. Calcaire et dolomies du lias**

Ces formations correspondent à une écaille constituée de calcaires et dolomies. Cette écaille chevauche au Sud-Est des schistes et quartzites constituant le Djebel Djorf Halia.

Elle est limitée au Nord-Ouest par la formation bariolée. Sa superficie atteint 2km<sup>2</sup> environ. Ces calcaires et dolomies présentent une perméabilité de fissures atteignant parfois le stade de karstification, offrant ainsi une recharge importante de cet aquifère.

### **13.1.4. Nappe des Andalouses**

Cette nappe est contenue dans un ensemble dunaire occupant en partie la plaine côtière. Cet ensemble dunaire reposant sur un imperméable marneux est souvent recouvert d'alluvions ou de colluvions (galets et graviers de schistes, des calcaires dans un sol rouge). Il renferme la plus importante ressource en eau souterraine de la plaine. Cette nappe est alimentée par son propre impluvium et à partir des alluvions bordant la plaine.

### **13.1.5. Nappe des éboulis de pente**

Le flanc Nord du massif du Murdjadjo contient, au sein des éboulis de galets, de schistes et quartzites à argile rouge, une nappe alimentée par sa surface et par les sources de trop-plein des calcaires à algues du Miocène supérieur ou des calcaires dolomitiques du Lias. Malgré la pente importante, la pérennité de cette nappe est assurée grâce à la très faible transmissivité des terrains.

### 13.1.6. Nappe des sables, grés et lumachelles

Ces horizons contiennent la principale ressource en eau souterraine de la plaine côtière, d'Ain El Turk jusqu'aux Andalouses.

Cette nappe alimentée par son propre impluvium reçoit les apports par les précipitations, s'ouvre vers la mer avec laquelle elle communique, avec une augmentation importante de la concentration en sels dans la région des Andalouses

### 13.1.7. Nappe des dunes Quaternaires de Cap-Falcon

Les sables dunaires de l'Holocène et du Pléistocène occupent le front Nord de la plaine Bousfer-Ain El-Turk, le long du littoral, constituant le réservoir de la nappe des dunes.

Ces sables dunaires surmontent les schistes ou les marnes bleues du Miocène

L'écoulement des eaux souterraines s'opère régulièrement vers la mer.

### 13.1.8. Les formations du complexe Jurassico-Crétacé

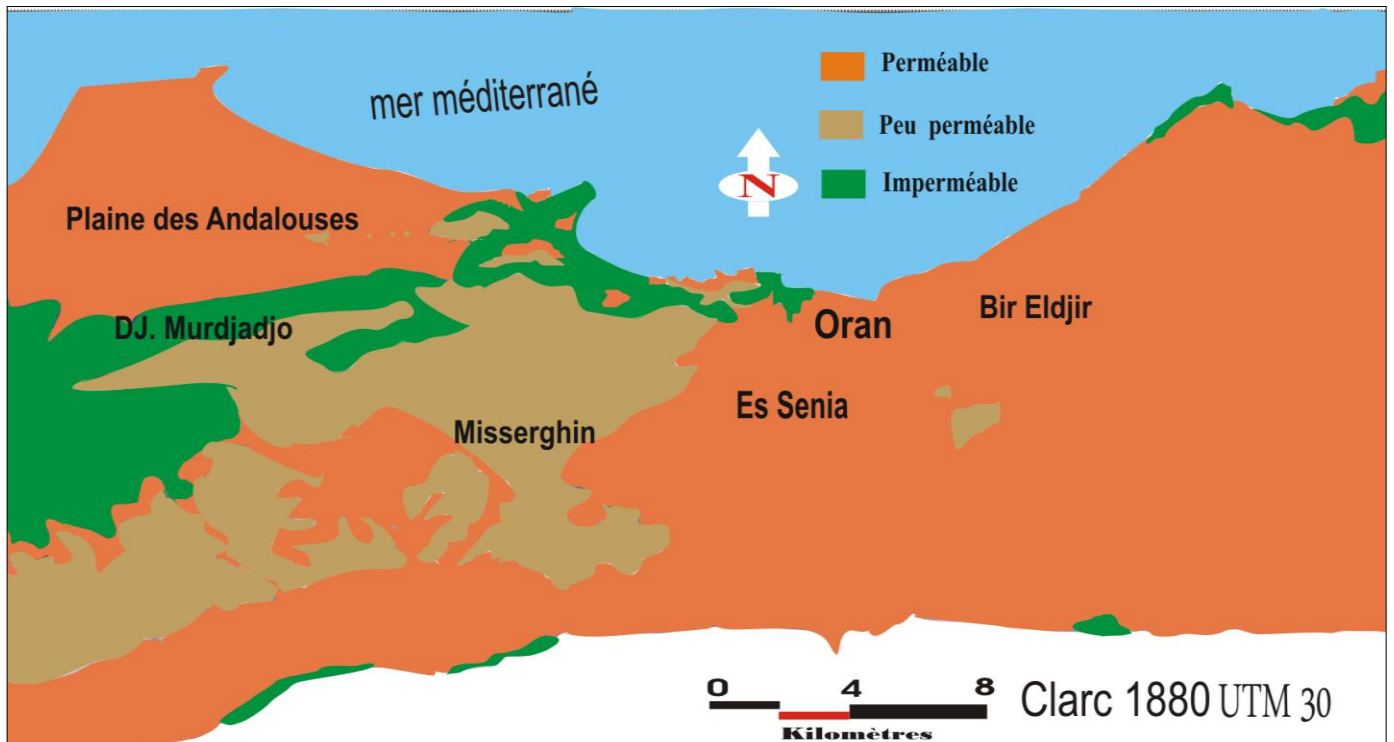
Ce faciès essentiellement schisteux, très puissant, avec des intercalations de calcaires dolomitiques, de conglomérats et de grés, est présent dans l'ensemble de l'allochtone du massif du Murdjadjo.

Les formations Jurassico-Crétacées, de tout temps considérées comme un substratum imperméable, semblent constituer un aquifère important ; en effet, deux forages réalisés récemment par des particuliers sur les piedmonts Nord du Murdjadjo permettent d'avancer une autre approche sur l'hydrogéologie de cette région qui était considéré par le passé comme n'ayant aucun intérêt hydrogéologique. Il est bien étendu que cette hypothèse doit être étayée et vérifiée par des études détaillées et des forages de reconnaissance.

Les résultats positifs obtenus dans ces forages laissent supposer que ces formations Jurassico-Crétacées peuvent receler une quantité d'eau appréciable à exploiter. Il est toutefois, désolant qu'il n'a pas été fait appel à un hydrogéologue pour le suivi de ces forages et qui aurait pu établir les logs lithostratigraphiques et identifier les formations aquifères ainsi que leurs paramètres hydrodynamiques, informations indispensables pour la suite des investigations à mener dans cette région.

A partir de l'analyse hydrogéologique, il s'avère que notre secteur d'étude présente dans la majorité des cas des formations perméables, à l'exception de l'extrémité Sud au niveau de la chaîne côtière du Murdjadjo qui est caractérisé par des formations imperméables. Cependant dans la partie Est d'El Ançor on retrouve des formations peu perméables.

La figure n° 17 donne une image globale sur l'état de la perméabilité de notre secteur d'étude, nous notons que les couleurs bleu, blanc et vert ; présentent respectivement les formations suivantes : perméable, peu perméable et enfin imperméable.



**Fig.17: Carte de perméabilité modifiée (d'après Ali M & Anouar M, 2006)**

#### 14. Prospections géophysiques et formations superficielles

Nombreux travaux géophysiques ont été réalisés au niveau de notre secteur d'étude, surtout dans la commune de Bousfer qui a concerné l'exécution de nombreux sondages électriques verticaux par Strojexport-Prague 1972, jusqu'au littoral au Nord, limitée à l'Ouest et à l'Est par les localités des Andalouses et Ain el Turk des piémonts du Murdjadjo au Sud.

L'un des avantages de la prospection géophysique par les méthodes électriques est de donner la structure de sous-sol au niveau du site étudié par une analyse détaillée afin de choisir le bon positionnement du sondage.

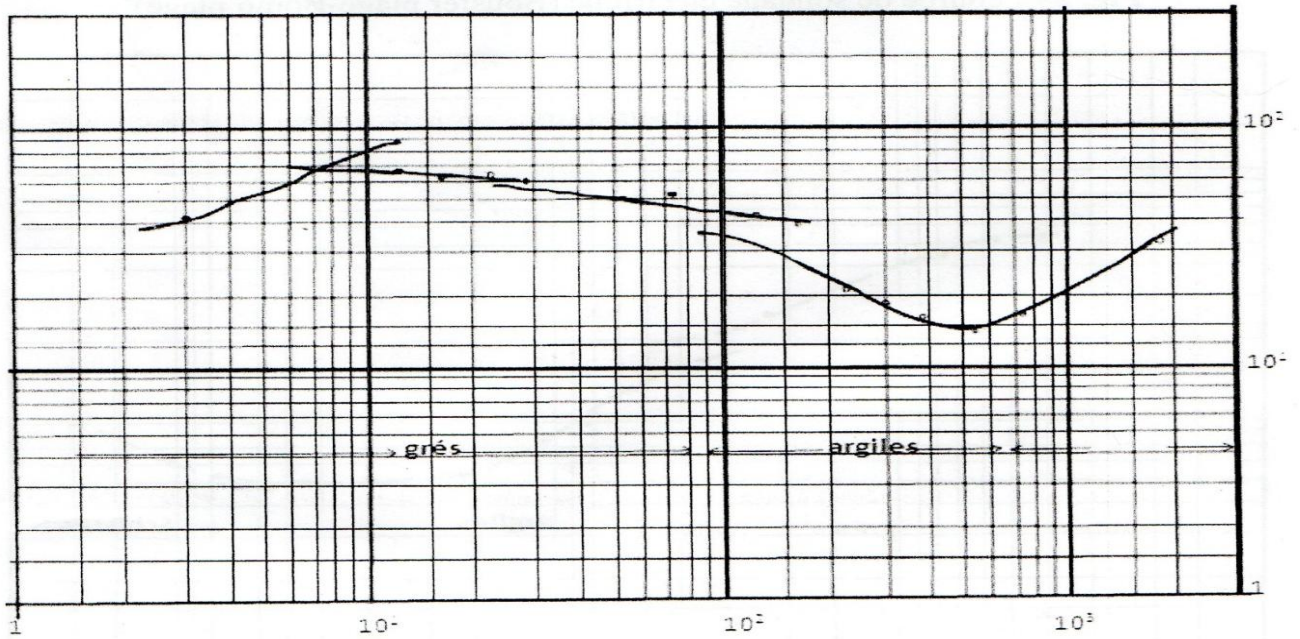
Toutefois, nous essayons de présenter quelques résultats de cette étude (Strojexport-Prague) afin d'étendre l'interprétation sur tout le secteur étudié.

Les résultats des sondages permettent de distinguer trois types de courbes :

**1° cas :** rencontré entre Bousfer village et Ain el Turk, ainsi que sur l'axe Bousfer et Bousfer plage. Ce type de courbe permet de mettre en évidence trois horizons superposés :

- ❖ Grés fins ( $40 \Omega.m$ ), surmontés par des grés plus ou moins grossiers sur une épaisseur moyenne de 80mètres.
- ❖ Une formation argileuse, de  $18 \Omega.m$  de résistivité.
- ❖ Des marnes blanches.

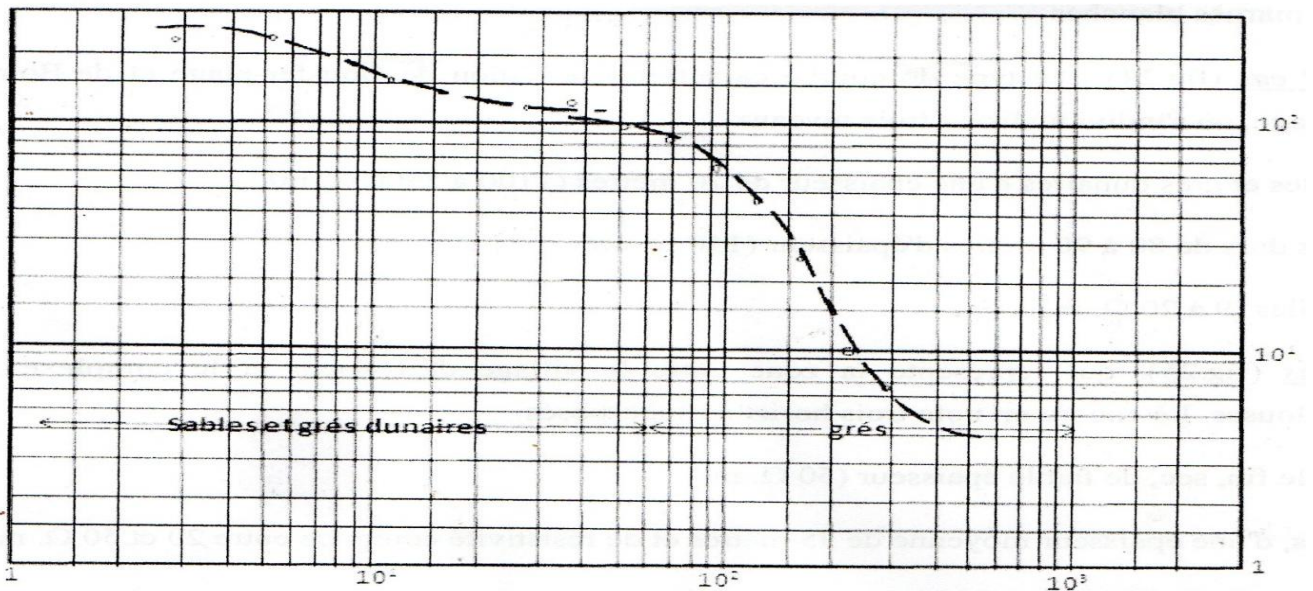




**Fig.18: Courbe de sondage électrique (Bousfer village-Ain el Turk)**

**2° cas :** ce type de courbe caractérise la région de Bousfer-plage et de Bomo-plage où s'individualisent trois niveaux :

- ❖ Sables et grés dunaires d'une épaisseur de 70mètres (1100 à 2500  $\Omega.m$ ).
- ❖ Grés durs de 80 mètres d'épaisseur (150  $\Omega.m$ )
- ❖ Argiles (9 à 20  $\Omega.m$ ).

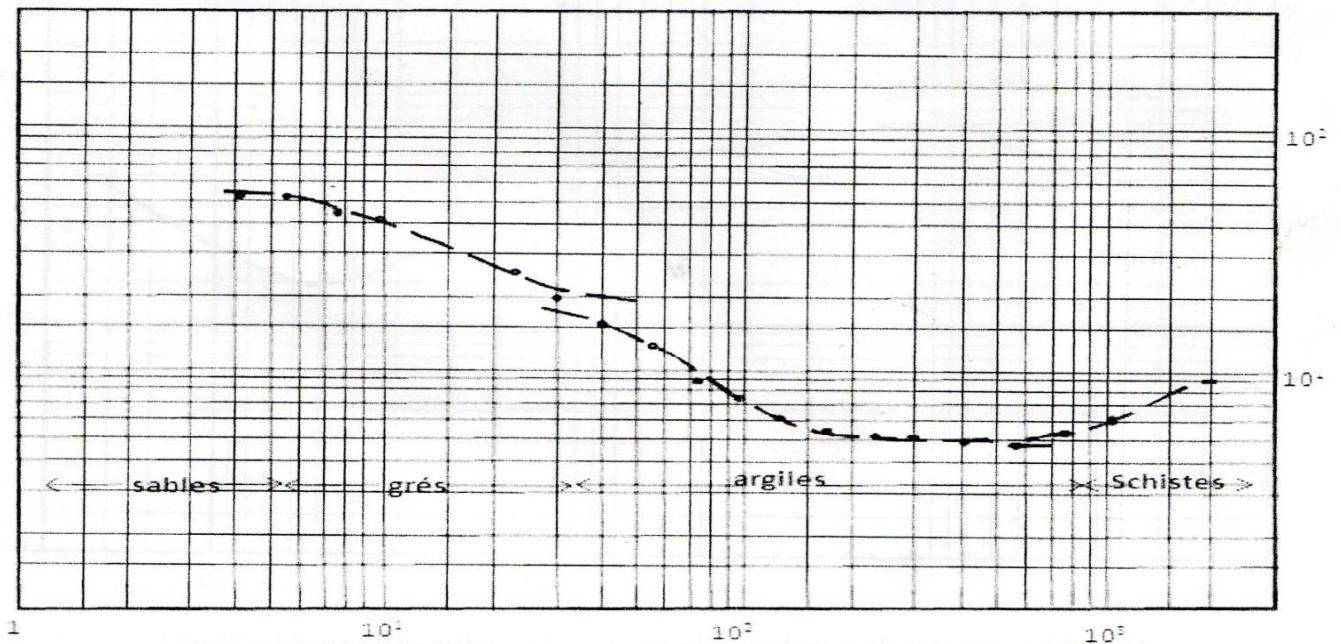


**Fig.19: Courbe de sondage électrique (Bousfer plage-Bomo plage)**

**3° cas :** ce type de courbe caractérise le village d'El Ançor et le complexe des Andalouses. Là encore on trouve trois horizons superposées :

- ❖ Sables fins, de faible épaisseur (50  $\Omega.m$ ).
- ❖ Grés d'une épaisseur moyenne de 35mètres et de résistivité comprise entre 20 et 50  $\Omega.m$ .

❖ Argiles de résistivité 50  $\Omega$ .m.



**Fig.20: Courbe de sondage électrique (El-Ançor-Les Andalouses)**

Donc l'apport de la géophysique dans l'étude des formations géologiques et surtout les formations superficielles permet de détecter les nappes phréatiques et dans d'autres cas permet de détecter les nappes peu profondes.

#### 14.1. Détermination de l'épaisseur des alluvions dans la région de Bousfer :

Ces alluvions continentaux affleurent partout dans la zone et au Nord, ils fossilisent entièrement ou partiellement les dunes. Deux sondages effectués sous la direction M.B.Sourisseau du secrétariat d'Etat à la direction des études du milieu et de la recherche Hydraulique de la willaya d'Oran.

Le 1<sup>er</sup> sondage a été fait en mai 1974 (BS2) et le 2<sup>ème</sup> en juin de la même année (BS1), (voir tableau n°11).

La localisation des sondages est intéressante : vers la zones de contact avec les dunes. D'autre part, leur profondeur (120et 70m) est importante et dans les deux cas, ils atteignent le substrat Mio-Pliocène.

Cependant la description des alluvions est souvent très vague. En particulier celle de certains " grés calcaires", "grés tendres à ciment calcaire fissuré" pourraient représenter aussi bien des encroûtements calcaires développés dans des sables comme par exemple la dalle rose saumonée ou les dunes grésifiées que des formations d'origines diverses.

- ❖ Dans le 1<sup>er</sup> sondage, il apparaît 59,5m d'alluvions. Ceci représente une forte épaisseur par rapport à celles rencontrées dans d'autres parties de la région.
- ❖ Dans le 2<sup>ème</sup> sondage, l'épaisseur des alluvions est plus élevée : 72m, on trouve des termes ou faciès sableux, "grés sableux" et différents "grés tendres" à ciment calcaire qui reviennent souvent dans les descriptions.

Ceci s'expliquerait par la situation du sondage au contact des dunes, vers la terminaison aval de l'O. El Bachir (vers le Dr.Nakous), (coordonnées : x=185,175 ; y= 275,6 ; z=72m, carte d'Oran au 1/50000è).

Il est à remarquer, en outre que dans les niveaux supérieurs, les sables sont souvent mélangés avec les alluvions d'oued (Remaoun K ,1981).

Le tableau n°11 présente les différentes formations trouvées au niveau de cette région : tout en notant le numéro du sondage et leur altitude et les formations accompagnées par quelques observations :

N° Sondage	Altitude en m	Formations	observations
Sondage N°1 (BS1)	0-1m	-argile rouge sableuse	
	1-4m	-argile rouge à débris de schistes verts.	
	4-22m	-galets roulés de schistes avec quelques graviers de quartz dans une argile rouge très abondante	
	22-30m	-argile beige, pastique à graviers de schistes roulés et quelques quartz	
	30-35m	-graviers plus abondantes	
	35-54m 54-59,5m	-graviers et galets nombreux -argile plus sableuse à débris de schiste, quartz puis quelques grés calcaires	Ces derniers sont peut-être des débris de la dalle rose.
	59,5-62,5m	-sable et grés fossilifères à ciment argilo-poreux	Ce niveau correspond peut-être aux grés calabrien.
	62,5-64,5m	-des argiles marneuses vertes fossilifères -des grés calcaires et argiles	Ce faciès ressemble à celui des marnes pliocènes.
	64,5-120m	-argiles marneuse grise très fines	Marne tortonien ?
Sondage N°2 BS2	0-1m	-sol limoneux rouge	-Colluvions sablo-limoneuses rubéfiées
	0-4m	-sol argileux rouge à élément schisteux verts et gréseux roulés	
	4-19m	-graviers et galets roulés des schistes verts et grés sableux dans un sable argileux rouge	-colluvions sablo-limoneuses rouges mélangées à des éléments des cônes ?
	19-29m	-sable légèrement argileux avec quelques éléments schisteux	
	29-34m	-nombreux éléments schisteuses et	



Sondage N°2 BS2	34-38m	gréseux	Formations pliocènes ?
	38-47m	-grés tendres à ciment calcaire fissuré	
	47-50m	-grés tendres, calcaires, argilo-sableux	
	50-51m	-grés calcaires tendres, très argileux, jaunes à petits éléments polygéniques	
	51-55m	-gravier roulés, polygéniques, marnes verts, schistes, quartz, grés rose, calcaires jaunes, argiles rouges.	
	55-61m	-argile calcairéo-sableux à éléments roulés.	
61-70m	-nombreux éléments roulés polygéniques de marnes schisteuses vertes et grises, quartz dans une argile sableuse jaunes.	Tortoniennes ?	
70-72	-argile marneuse grise à éléments roulés,		
A partir de 72m	-éléments polygéniques roulés, schistes, quartz, grés rouges, calcaires gris, quelques débris de coquilles calcaires.		
		-marnes grises	

**Tab.11 : Détermination de l'épaisseur des alluvions à partir du sondage de Bousfer**

**15. Formations superficielles et ressources en matériaux**

Les formations superficielles offrent, à portée immédiate de l'homme, une grande diversité minéralogique et granulométrique qui les rend aptes à des utilisations très variées.

L'exploitation de ce potentiel a débuté tôt dans l'humanité, que ce soit sous forme de galets aménagés, de huttes en terre ou en galets, de trouble pour le chauffage, d'argiles colorées pour les peintures, etc.

Après une longue période où la pierre de taille a permis la construction des villes, et le pavage celle des voies de circulation, le développement de l'industrie s'est accompagné d'une évolution majeure des techniques de construction, privilégiant l'utilisation des matériaux granulaires et des liants hydrauliques hydrocarbonés, en remplacement de la pierre à bâtir.

La généralisation de l'emploi du béton et des enrobés hydrocarbonés a conduit à utiliser à grande échelle les granulats élaborés par les agents de la dynamique externe.

Tandis qu'une partie de ces matériaux naturels pouvait être intégré sans préalable autre que le lavage, les fractions les plus grossières devaient faire l'objet d'un concassage, le mélange des différentes productions pouvant donner lieu à des recompositions granulométriques (Masson. M, 1979).

**15.1. Répartition des granulats**

La répartition de ces granulats sur l'ensemble du territoire, en particulier dans les vallées, la grande facilité avec laquelle ils pouvaient être exploités et mis en œuvre, comme la qualité des produits finis

qu'ils permettaient d'obtenir, a conduit à un développement très rapide de l'utilisation de ces matériaux, accompagnant en particulier les reconstructions de l'après-guerre et l'expansion en compte des contraintes d'environnement, que les granulats naturels, largement dominants dans les usages du bâtiment et des travaux publics, ont été concurrencés par les granulats provenant de l'utilisation des formations superficielles. et ce sont aussi elles dont l'exploitation génère les impacts les plus élevés sur l'environnement.

### 15.2. Formations superficielles pour la fabrication de granulats

Le principal avantage présenté par les formations alluviales granulaires par rapport aux autres formations pour la fabrication de granulats tient à leur granulométrie et, dans une moindre mesure, à la forme des grains et à leur nature pétrographique. Les aspects positifs de leur granulométrie ont trait à l'étalement de la courbe granulométrique assurant une bonne compacité au matériau compacté, traité aux liants ou non, ainsi qu'à une proportion en éléments fins, de dimensions inférieures à 80 $\mu$ m, garantissant une teneur acceptable en argiles et par conséquent une faible sensibilité à l'eau.

Les principales utilisations des granulats alluvionnaires concernent la construction de bâtiment et d'infrastructures.

- a) Les alluvions sableuses et graveleuses servent par ailleurs, pour des volumes beaucoup plus faibles à de multiples usages :
- ❖ Pour le bâtiment et le génie civil : couches drainantes et filtrants de fondation ou de contact entre l'ouvrage et le terrain encaissant (murs, canalisations...); tranchées et puits drainantes en assainissement pluvial urbain, tranchées et terres d'infiltration assainissement autonome, fabrication de gabions pour la protection des berges des cours d'eau ou le soutènement de terrains instables.
  - ❖ Pour l'industrie : la fabrication du verre, qui utilise des sables provenant de séries géologiques anciennes d'origine marine littorale.

b) Les alluvions à teneur notable en particules fines (limons, argiles) dites « polluées » en travaux publics, donc impropre à la fabrication de granulats, sont par ailleurs, utilisées à grande échelle pour la construction de digues et de remblais. Une teneur en particules fines relativement élevée, si elle rend le matériau sensible à l'eau, donc difficile à mettre en œuvre en période humide, se prête par contre très bien au compactage dans des conditions d'humidité normales, cet avantage, couplé avec ceux d'une large répartition géographique dans les vallées et d'un faible coût d'exploitation, explique l'emploi intensif de ces matériaux.

### 15.3. Les alluvions littorales

Indépendamment des alluvions fluviales de terrasses immergées, l'hydrodynamique littorale produit ses propres alluvions, ou recycle celles qu'apportent les fleuves. Les côtes basses recèlent ainsi, au niveau du cordon dunaire comme il est le cas dans les cordons dunaires de la plaine des Andalouses, des stocks très importants de sables. Nous avons étudié dans le chapitre III l'impact de l'extraction de ces sables dunaires au niveau de notre secteur d'étude. Ceux-ci exploités dans le passé sur les plages et sur les dunes, pour la fabrication de béton, voir pour la mise en place de remblais.

### 15.4. Utilisation des formations superficielles

Les formations superficielles sont sollicitées par de multiples activités humaines, parfois en grandes extensions, et parfois à échelle très petite.

**15.5. Les terrassements et les remblaiements**

Les travaux de génie-civil sollicitent en grandes masses les formations superficielles, soit pour les éliminer et les mettre en dépôts, comme dans le cas des déblais d'infrastructure, des fouilles préalables à la construction d'immeubles, des découvertes de carrières et des mines peu profonds soit pour les utiliser dans des remblais ou des digues.

Procédure d'identification sur chantier Eléments > 60mm exclus ; poids des fractions estimés Plus de la moitié des éléments sont > 8mm : sols grenus		SYMBOLES (U.S.C.S)	Désignation géotechnique		
<p>Plus de la moitié des éléments &gt; 0,08mm ont un diamètre &gt; 2mm</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"><b>GRAVES</b></div>	Sans fines	Tous les diamètres de grains sont représentés, aucun ne prédomine.	Gb (GW)	Grave propre bien graduée	
		Une dimension de grains ou un ensemble de dimension de grains prédominant	Gm (GP)	Grave propre mal graduée	
	Avec fines	Les éléments fins n'ont pas de cohésion.	GL (GM)	Grave limoneuse	
		Les éléments fins sont cohérents.	GA (GC)	Grave argileuse	
	<p>Plus de la moitié des éléments &gt; 0,08mm ont un diamètre &lt; 2mm</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"><b>SABLES</b></div>	Sans fines	Tous les diamètres de grains sont représentés, aucun ne prédomine	Sb (SW)	Sable propre bien gradué
			Une dimension de grains ou un ensemble de dimension de grains prédominant	Sm (Sp)	Sable propre mal gradué
Avec fines		Les éléments fins n'ont pas de cohésion	SL (Sm)	Sable limoneux	
		Les éléments fins sont cohérents.	SA (SC)	Sable argileux	

**Tab. 12: Classification géotechnique des "sols" grenus, concernant les formations superficielles.**

En règle générale, la trop faible proportion d'éléments de granulométrie grossière et la dominance de particules fines qui en résulte interdisent l'utilisation des formations cohésives en tant que granulats. Elles

présentent par contre, lorsque leur teneur en eau n'est pas trop élevée, une bonne aptitude au compactage, qui permet de les employer pour la construction de remblais ou de digues.

Elles sont alors mise en œuvre par grandes masses, à faible distance de leur lieu d'extraction, leur faible valeur économique ne justifiant pas de les transporter au-delà de quelques kilomètres.

Dans cette catégorie de matériaux se rangent, par exemple, les limons fluviaux et éoliens. Les alluvions sablo-graveleuses ou argileuses, les matériaux d'altération de carrières de roches massives ou de déblais routiers ; les terrils miniers, si tant est qu'ils puissent être considérés comme constitués de formations superficielles, peuvent être réemployés dans les mêmes conditions ;

La réalisation de terrassements et de remblaiements de grande ampleur a nécessité le développement d'un domaine technique spécialisé axé en particulier sur l'étude des moyens permettant, les uns de prévoir le comportement de matériaux à fortes proportions de particules fines, et par conséquent très sensible à l'eau, les autres de mettre en œuvre ces matériaux de manière acceptable économiquement et sans risque d'évolution (tassement, mouvement de terrain), dangereuse dans l'avenir. Ainsi ont été mis au point des essais de laboratoire qui permettent de classer les formations superficielles en fonction de leur teneur en eau, leur comportement lors des travaux de terrassement.

## 16. Conclusion

Les formations superficielles sont classées sous trois catégories : formations autochtones, subautochtones et formations superficielles allochtones.

Au niveau de la région étudiée nous avons rencontré des formations perméables que celles des formations de la forêt de M'sila, tandis que les formations imperméables sont réparties par exemple dans les massifs des Andalouses.

Les formations volcaniques sont aussi présentées par des encroûtements tuffeux que nous avons rencontrés dans la carrière des Andalouses.

L'étude géophysique permet de détecter différents types de nappes d'eau souterraine qui traduisent l'intérêt de ces formations qu'emmagent les eaux souterraines et présentent des ressources très importantes et malgré ces avantages, les formations superficielles ne sont pas souvent le siège de réserves considérables : au contraire, adossées à des formations de vaste étendue ou enchâssées dans d'autres roches-réservoirs, elles jouent le plus souvent un rôle de drain privilégié qui facilite l'exploitation de l'eau de ces dernières, on peut ajouter un autre avantage de ces formations qui représente la richesse en matériaux granulaires qui sont généralement de point de vue granulométrique bien classés.

Les formations superficielles présentent généralement une source unique pour les travaux de génie-civil tels que les remblaiements et les travaux de terrassement qui sollicitent ces formations, et aussi nous n'oublions pas que ces formations représentent le support de la végétation et toutes activités humaines.

# CONCLUSION GENERALE

## 1. Introduction

Après la représentation du deuxième chapitre où nous avons cités l'étude des formations superficielles de notre secteur d'étude basée sur la description de quelques coupes géologiques. On a essayé de tenter une analyse appuyée par une étude géophysique et suivie d'une description des formations superficielles en tant que support d'une ressource en eau souterraine et matériaux d'exploitation en granulats. Il sera abordé dans le troisième chapitre l'étude des risques liés aux formations superficielles, tels que les mouvements de terrains (glissement de terrain, retrait gonflements des argiles), l'érosion. L'étude d'impact de l'extraction des sables dunaires sur l'environnement au niveau de notre secteur d'étude.

## 2. Notions générales sur : aléas et risques

Les formations superficielles sont impliquées, plus ou moins directement lors des risques naturels. Un tel évènement est, en fait, la manifestation rapide (parfois quelques minutes seulement) d'un processus naturel qui participe à l'évolution normale de la surface de la terre. On doit alors parler d'un « **aléa** »

L'**aléa** : est la probabilité d'occurrence d'un phénomène donné. On parle toujours d'un aléa pour un phénomène et une durée donnés : aléa sismique, aléa mouvement de terrain...etc.

L'expression « **risque naturel** » ne sera utilisée que lorsque l'aléa a des conséquences sur les activités humaines. Cela peut se traduire par la destruction d'infrastructures (voies de communication coupées, bâtiments détruits, etc.) ou même par l'existence de victimes. On doit donc faire intervenir une notion nouvelle, la « **vulnérabilité** » qui prend en compte le coût des dégâts.

L'estimation du risque (**R**) peut donc être faite en faisant le produit de l'aléa (**A**) par la vulnérabilité (**V**) :

**R=A\*V**. De ce fait, l'évaluation du risque n'est pas proportionnelle à l'importance de l'aléa : un risque né d'un aléa faible peut être grand si la vulnérabilité est importante.

Définir la notion de risque naturel est simple. En revanche, quantifier le risque est chose difficile, voire impossible. En effet, il est délicat de donner une valeur à la vulnérabilité et à l'aléa.

L'intensité de l'aléa peut être facilement mesurable : comme le cas d'une averse dont on sait mesurer l'intensité en mm/h ; c'est le cas d'une crue avec un débit mesuré en m<sup>3</sup>/s. Dans d'autre cas, cette intensité est plus difficilement mesurable. Les séismes peuvent être mesurés à partir de l'énergie transportée par les ondes sismiques. C'est la relation de Richter dont le calcul doit faire appel à de multiples corrections en fonction des appareils utilisés. Pour les séismes historiques, aucun appareil n'étant installé, on fait toujours appel à l'échelle MKS 1964 qui comporte douze degrés et qui fait référence aux effets produits sur les constructions, en fait à la vulnérabilité. Enfin, dans d'autres cas, comme les mouvements de terrain, malgré plusieurs tentatives d'évaluation de l'intensité, les résultats ne sont pas encore fiables.

## 3. Formations superficielles et aléas naturels

Qu'elles soient autochtones, subautochtones, allochtones, naturels ou anthropiques, les formations superficielles peuvent être impliquées dans des aléas donnant naissance à des risques naturels. Cependant leur rôle dans ces évènements peut être varié. Dans certains cas, les formations superficielles sont à l'origine de l'aléa : ce sont elles, pour des raisons divers, qui sont déstabilisées, glissent et provoquent des dégâts. Dans d'autres cas, les formations superficielles peuvent masquer un substratum qui 'est fragilisé et brutalement soumis à un aléa. La surprise (et le danger) est d'autant plus grand qu'aucun indice, en surface, ne permettait de prévoir l'évènement. Enfin, dans tous les cas, le déclenchement d'un aléa est à l'origine de la production de nouvelles formations superficielles qui sont soit le résultat du remaniement de formations superficielles qui sont soit le résultat de la création de nouvelles formations à partir d'un substrat fragmenté.



#### 4. Les formations superficielles sont à l'origine des aléas

Les formations superficielles sont parfois le siège de déséquilibres responsables de l'aléas. Ces déséquilibres peuvent aussi bien affecter des formations naturelles que des formations anthropiques, des formations de pentes que des formations de plaine.

**4.1. Les formations de pentes :** sont souvent affectées par des phénomènes gravitaires de types variés. Trois types de déplacement peuvent être distingués :

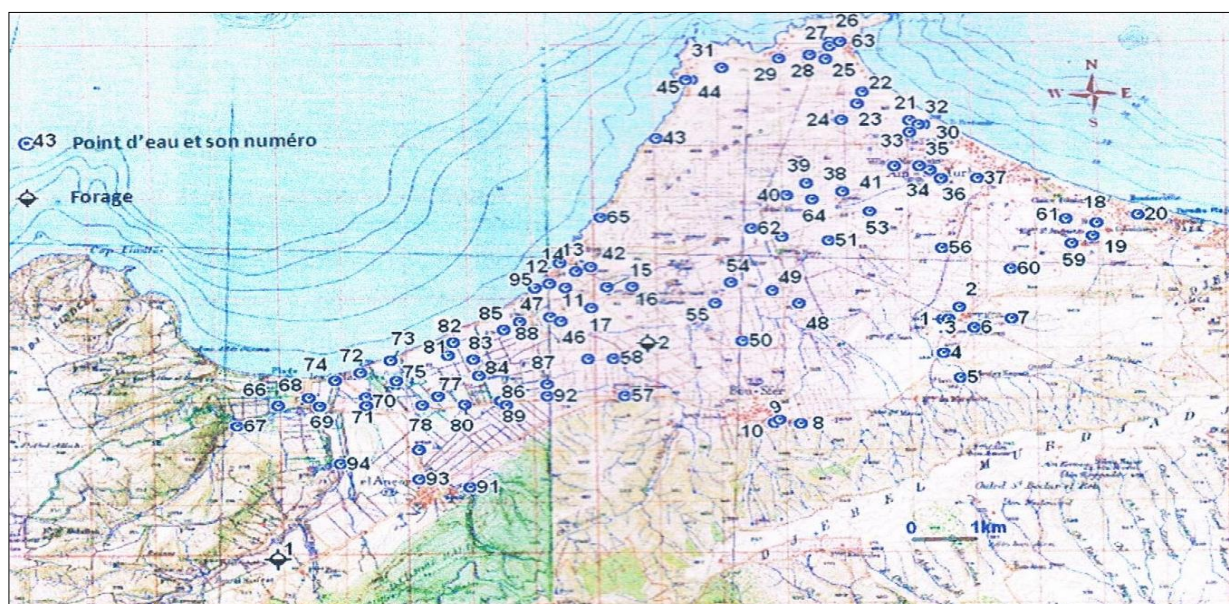
Les mouvements qui sont liés à la seule gravité et qui touchent une zone située au pied d'un escarpement verticale : ce sont les chutes de pierres, les éboulements et les écroulements ;

Les mouvements où la gravité est assisté par l'eau et qui touchent la totalité de versant plus ou moins longs : ce sont les glissements de terrain ;

Enfin les coulées sèches ou humides qui parfois mobilisent de grandes masses de matériaux sur de longues distances.

**4.2. Les formations de plaines :** sont souvent le siège d'exploitation de fluides ; dans la majorité des cas, il s'agit de l'eau qui est stockée dans des formations superficielles. Mais on peut aussi évoquer le cas des hydrocarbures stockés dans des formations superficielles. Dans ces formations meubles et plus ou moins fines, l'exploitation provoque une diminution du volume global, résultat de la diminution de la pression puis de la teneur en fluide. En effet, lorsqu'un fluide est extrait d'une formation meuble et composite, il quitte tout d'abord les niveaux les plus perméables. La différence de pression permet aussi l'extraction du fluide des lentilles moins perméables, on observe ainsi une compaction des sédiments et un affaissement de la topographie.

C'est là où se pose la question de l'exploitation rationnelle des eaux souterraines. Nous notons que notre secteur d'étude a connu pendant ces deux dernières décennies une évolution importante dans le nombre des forages réalisés afin de satisfaire les besoins en eau de la population. La figure ci-dessus présente la concentration des ouvrages captant l'aquifère côtier des Andalouses.



**Fig.21 : Carte d'inventaire des points d'eau de la plaine des Andalouses (Oumar A & Ousmane A, 2008)**

Le tableau n° 13 résume les valeurs de fluctuations de la surface de la nappe à partir de quelques puits témoins les plus sollicités représentant la région.

Il s'agit de la période entre l'année 1998-2008 : le maximum de fluctuation se situe à 5.25 m et le minimum à 1.9 m.

Cette situation peut être expliquée d'une part, par une surexploitation en cet endroit et d'autre part, par une pluviométrie déficitaire. Cela peut générer d'une part des mouvements de terrain verticaux tels que les affaissements et d'autre part peut accélérer la salinité des eaux souterraines par l'avancement des eaux salines. Cela met la qualité des eaux de la nappe côtière en question.

Les valeurs moyennes de rabattement de la nappe sont d'environ 5.25m.

N° de puits	X	Y	Altitude(m)	Ni.piezo. (88) en (m)	Ni.piezo. (2008) en(m)	Batt.de la nappe
01	184.8	277.6	23.1	17.8	21.9	4.1
02	180	274.8	10.1	48	49.9	1.9
03	176.9	273.4	3.3	9.7	12.7	3
04	177.28	272	15.2	16.8	22.05	5.25
05	179.28	272.4	83	----	----	----
06	185.5	275.9	52.5	36.84	39.5	2.66

**Tab.13 : Fluctuations entre 1988-2008**

**4.3. Formations anthropiques:** d'origine divers, tels que les travaux de déblaiement, terrassement, leur utilisation en dehors des normes géotechniques peuvent générer des catastrophes néfastes tels que la rupture des barrages ou glissements des ouvrages d'arts qui sont construits sur des remblais...etc.

### 5. Formations superficielles et ruissellement, inondation

**L'inondation :** définie comme un débordement d'eaux submerge les vallées et zones basses environnantes, est la résultante initialement d'un ruissellement non organisé sur les pentes d'un bassin versant.

**Ruissellement :** est un phénomène physique d'écoulement qui perdure par voie gravitaire jusqu'à ce qu'il débouche sur une structure réceptrice : thalweg, réseaux d'assainissement, chemin ou route. Il se crée en fonction des pentes, et peut avoir plusieurs origines : pluviale ou anthropique.

Le ruissellement peut prendre différentes formes :

- ❖ Un ruissellement diffus
- ❖ Embryonnaire, caractérisé par des ruisselets assez larges (5à8cm), peu profond (quelques cm), lentes, anastomosés et instables ;
- ❖ En petits filets multiples, enchevêtrés, où l'eau circule parfois vivement entre les obstacles (cailloux ou touffes de végétation) en exerçant une action de lavage, entraînant les matériaux fins et déchaussant les touffes d'herbe ;

Aréolaire, en nappe, sous forme d'un film d'eau de faible épaisseur couvrant des surfaces plus ou moins vastes (hectares, ares), généralement dépourvues de végétation. C'est un écoulement caractéristique de zones planes et en faible pente qui se déclenche après une violente averse, en fonction du blocage de l'infiltration.

- ❖ Un ruissellement concentré,



Dans le lit de rivières organisées en réseaux hydrographiques et s'écoulent entre les berges d'un lit mineur, pouvant déborder dans les lits majeurs.

Dans cet état peut se créer un écoulement en nappes turbulentes qui peut atteindre d'importantes épaisseurs (50cm, 1m et plus), écoulement rapide à tourbillons avec un front de turbulence à compétence élevée. Ce ruissellement n'a pas pour origine le versant lui-même ; il résulte de pluies qui se sont abattues sur un relief de commandement. Il est responsable des dégâts les plus importants et peut provoquer de graves sinistres avec mort de personnes.

### 5.1 . Impact du ruissellement sur les formations superficielles

Le ruissellement diffus sur les versants exerce sur les formations superficielles une action de lavage et de tri des éléments qui tend à déplacer les matériaux meubles par effet d'ablation en amont, de transport le long de la pente et d'accumulation en aval.

Il existe une adéquation entre le ruissellement et l'érosion hydrique que nous allons traiter dans ce chapitre, et qui ont presque les mêmes dégâts tel que la perte en terre et servent et l'accélération de l'affleurement du substratum.

## 6. Formations superficielles et mouvements de terrain

Les formations superficielles sont des formations continentales ou littorales élaborées, initialement, à l'interface litho-hydro-bio-atmosphère, se qui traduit la sensibilité de ces formations aux mouvements de terrains dues aux fortes facteurs naturels (précipitations excessives...etc.) ou anthropiques (rupture de barrage, un soutènement inadapté...etc.).

### 6.1. Les mouvements de terrain

Les mouvements de terrain regroupent tous les cas de déplacement de masses de terrain sous l'action de la pesanteur. Ils peuvent être très lents ou extrêmement rapides. On peut classer les mouvements de terrain en deux grands types:

Le premier groupe concerne les déplacements obliques vers des surfaces libres inclinées ; ils affectent les pentes naturelles ou terrassées : c'est les **mouvements de pente**.

Le second groupe concerne les déplacements verticaux confinés abaissant sans rupture des surfaces horizontales : c'est les **mouvements verticaux**.

#### 6.1.1. Les mouvements de pente

Les mouvements de pente constituent la classe la plus vaste d'aléas. Ce sont des mouvements obliques qui affectent les pentes tant naturelles qu'artificielles. De nombreuses classifications ont été proposées pour rendre compte de la diversité des mouvements de pente. Les principaux critères de classification retenus sont :

- ❖ Types de terrain affectés.
- ❖ Types de mouvements.
- ❖ Vitesse des processus.
- ❖ Taux de remaniement des matériaux après le mouvement.

Les mouvements de pente les plus fréquents sont classés en :

- ❖ Ecoulement rocheux.
- ❖ Mouvements lents et continus (reptation et fluage).
- ❖ Glissements.
- ❖ Coulées, laves et lahar.

### 6.1.2. Les causes des mouvements de pente

Les causes des mouvements de pente sont nombreuses ; les principales sont d'ordre :

**Hydrogéologique** : altération de matériau, accumulation d'eau souterraine...

**Mécanique** : vibrations, suppression de butée, affouillement en pied de pente et/ou accroissement de poussée, surcharge en tête.....

Les mouvements de pente peuvent être activés par : (1) un séisme ; (2) des précipitations excessives ; (3) une crue ; (4) une tempête ; (5) des ruptures de canalisations d'eau ou d'assainissement ; (6) un défaut de drainage ; (7) un dégel rapide ; (8) un terrassement mal étudié ou intempestif ; (9) une construction mal implantée ou mal conçue ; (10) un soutènement inadapté ....

En 2006 Martin a proposé une nouvelle classification des mouvements de terrain (figure n° 22)

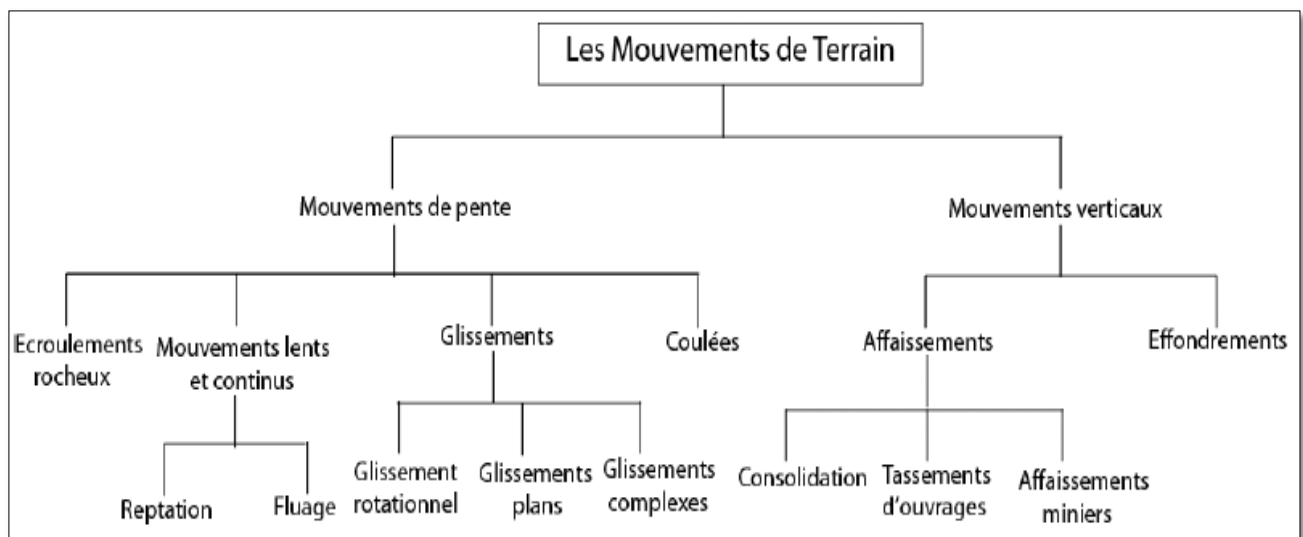


Fig.22:Classification des mouvements de terrain (Martin, 2006)

## 7. Dynamique des mouvements de terrain

Au niveau du secteur d'étude, toutes les conditions sont réunies pour que le travail de la corrosion soit au maximum, facilite par la dalle lumachellique Pliocène, renfermant beaucoup de calcaire, et très fissurée, donc très perméable. Suspendue face à la mer à une altitude de 180 à 200 mètres dans certains cas, la dalle lumachellique couvre une série fluvio-lacustre d'âge également Pliocène où les niveaux durs (calcaires et grès lumachelliques) montrent de fréquentes intercalations de limons argileux, en plus cette série est discordante sur un Miocène post-nappe de nature argileuse dans ses termes supérieurs.

Au contact de cette formation l'eau de pluie s'infiltré avec facilité grâce aux fractures présentés dans les roches, circule à travers les strates et, forme, quant elle rencontre des horizons imperméables (argiles, marnes), des nappes d'eau souterraine. Une fois les couches argileuses imbibées devient suffisamment importante pour s'opposer à la pression litho-statique (force résultant du poids des sédiments en un lieu donné). Tout compte fait, tout se passe comme si les roches supérieurs de la série se trouvent être suspendues sans aucun contre poids en dessous (la topographie devient alors une force capable de faucher des panneaux entiers de plusieurs dizaines de mètres cubes, voir même de plusieurs centaines de mètres cubes).

Le long des falaises, on rencontre plusieurs sortes de mouvements de terrain qui mobilisent différentes volumes. Ces mouvements de terrain résultent de l'interaction entre plusieurs phénomènes combinant à la fois les effets cumulés de l'érosion, de la fracturation, de travail corrosif de l'eau, de la nature du sol,

gravité compte tenu de la forte dénivelée de la topographie et les secousses sismiques. (Benabdellah.M, 2010)

Les panneaux glissés, provenant de la bordure du plateau qui surplombe la falaise se détachent de façon ordinaire par l'ouverture de crevasses qui tranchent les couches selon les diaclases.

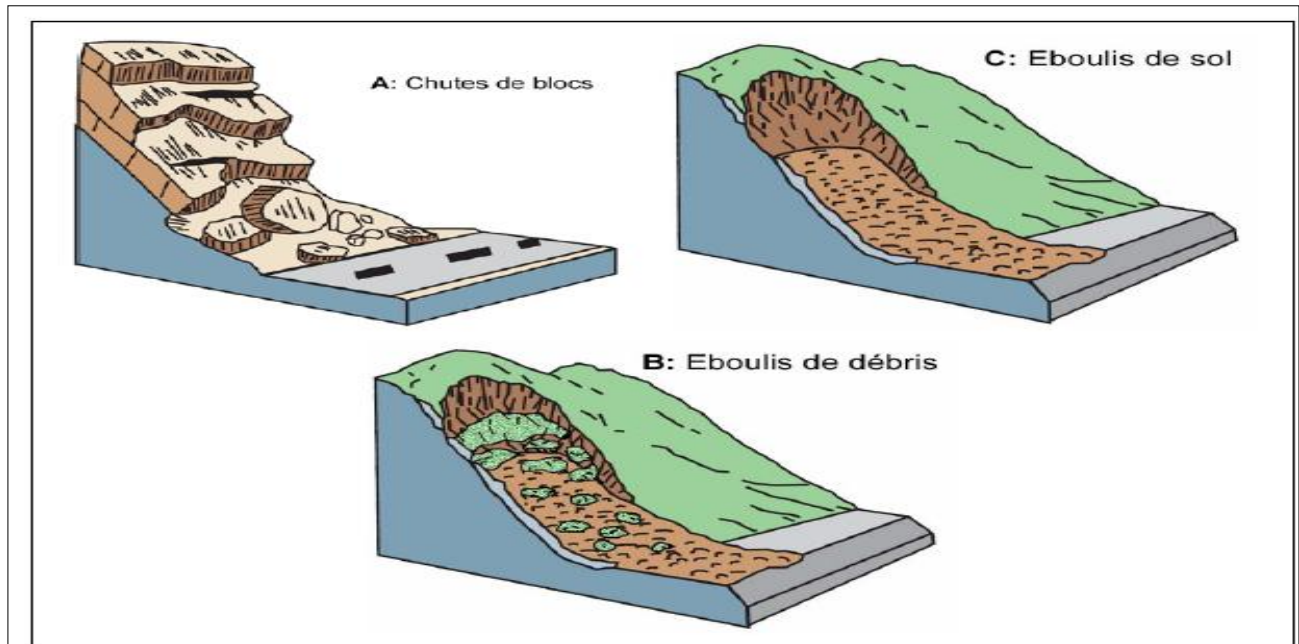
Nous avons préféré présenter quelques exemples sur ce mouvement qui affectent la fange maritime d'Oran et qui ont été signalé par Benabdellah en 2010. Ceci illustré par des schémas explicatifs.

Nous notons que les principales causes de ces mouvements de terrain sont la pente et la nature des terrains.

### 7.1. Les écroulements et chutes de blocs

Les écroulements et chutes de blocs sont des phénomènes rapides et brutaux qui affectent des roches rigides et fracturées. Il s'agit de masses de taille variable qui se détachent d'une pente escarpée ou d'une falaise. Les vitesses de déplacement sont rapides à extrêmement rapides, avec des rebonds et des trajectoires paraboliques. Dans le cas des roches sédimentaires, la stratification accroît le découpage de la roche et par conséquent les prédispositions à l'instabilité (présence d'une formation sous-jacente plus meuble, déformable ou érodable). La phase initiale de la chute des éléments rocheux est longue et difficile à déceler (altération des joints de stratification, endommagement progressif des roches, fracturation, etc.). La phase d'accélération qui aboutit à la rupture est très rapide ce qui rend ces phénomènes très difficilement prévisibles.

Les facteurs naturels favorisant le déclenchement de tels phénomènes sont nombreux. On peut citer par exemple les fortes variations de températures (cycle gel/dégel), la croissance de la végétation ou au contraire sa disparition (feux de broussailles), les pressions hydrostatiques dues à la pluviométrie, les séismes



**Fig.23:Ecroulement et chutes de blocs**

La figure n°24 présente un exemple d'écroulement rocheux, près de Fernand ville qui affecte des formations massives et fracturées.





Fig.24 : Eroulement d'un pan rocheux en formation (près de Fernand ville)

### 7.2. Le fluage

Très sournois, le fluage se fait très lentement, sans surface de rupture nette (sauf au stade ultime, à la rupture du sol) et sans variation apparente de la sollicitation mécanique ou hydraulique. Il se manifeste dans les zones où leurs pentes est modérées à faibles. Ces déformations sont donc une réaction à la contrainte induit par la charge. Constante de la colonne sédimentaire.

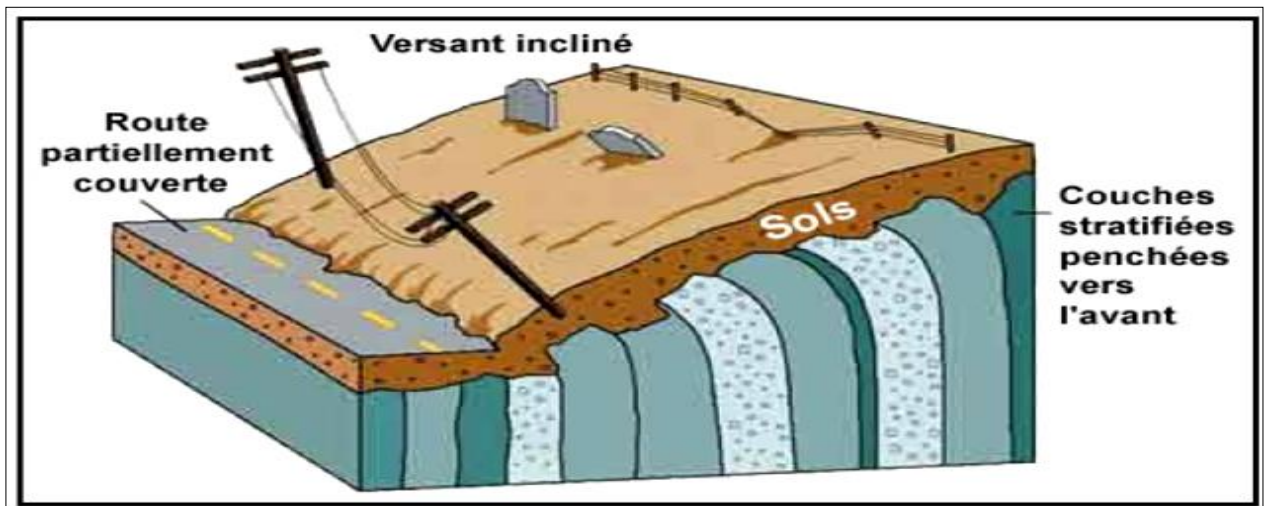


Fig.25 : Phénomène de fluage



Fig.26 : Fluage des marnes miocènes à la Calère (pêcherie d'Oran)

### 7.3. Le fauchage

Il s'agit d'un processus de basculement d'une unité sur un pivot situé en dessous ou sur une unité inférieure, sous l'action de la gravité et de forces exercées par des blocs adjacents ou des pressions de fluides. C'est une déformation superficielle traduite en mouvement lent qui affecte des roches stratifiées redressées à la verticale, et entraîne un basculement vers l'aval des couches sur une épaisseur très variable. Des ruptures brutales se produisent et les matériaux se désagrègent et passent à l'état de rochers disloqués puis d'éboulis. Le phénomène de fauchage résulte suite à une action conjuguée entre une disposition structurale et une composition lithologique particulière.

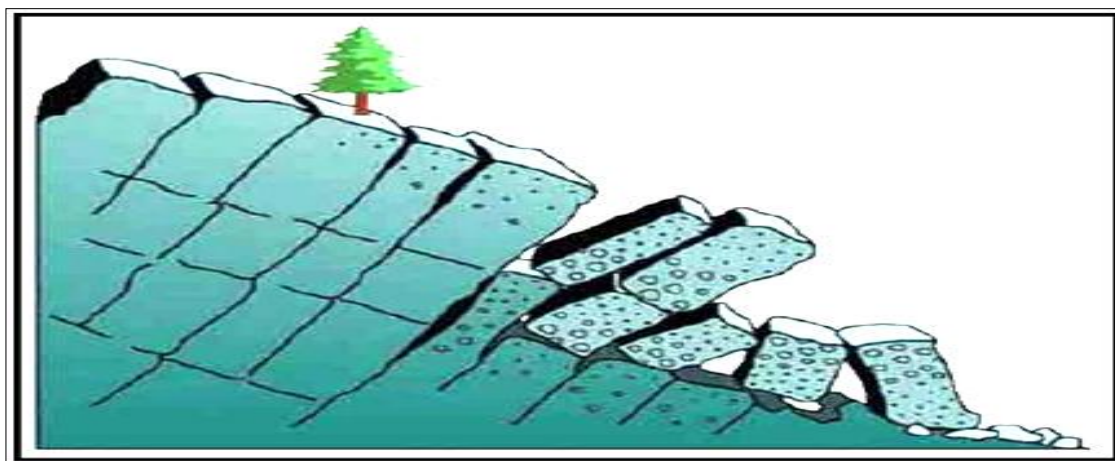


Fig.27: Phénomène de fauchage

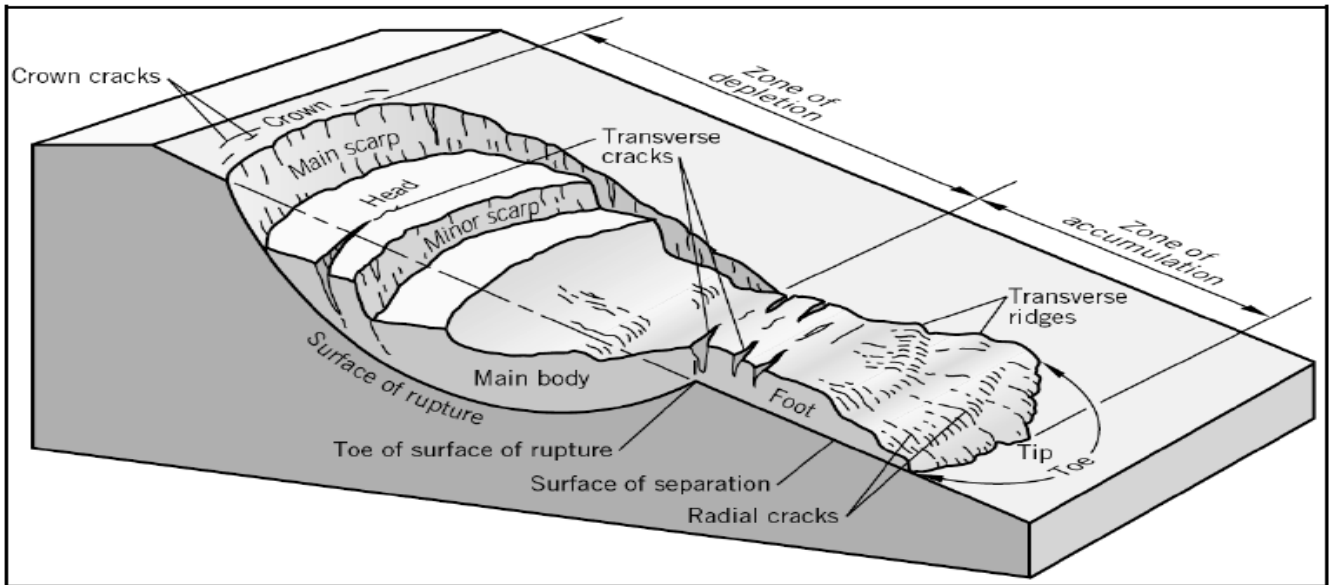
### 7.4. Les glissements de terrain

Un **glissement de terrain** est un phénomène géologique regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol sur un plan de glissement incliné. Ils résultent le plus souvent d'une rupture par cisaillement à la limite inférieure de la masse en mouvement. Les volumes en jeux sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. L'origine, le déroulement et les effets des mouvements de terrain sont extrêmement hétérogènes

Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour), en fonction des mécanismes initiateurs, des matériaux considérés et de leur structure.

#### 7.4.1. Caractéristiques d'un glissement de terrain

Lors de ses travaux pour l'UNESCO, Varnes en 1978 a élaboré un bloc diagramme idéal mettant en exergue les caractéristiques d'un glissement de terrain complexe. On y observe une surface de rupture très nette le long de laquelle les matériaux impliqués dans le glissement de terrain se déplacent au-dessus de matériaux que le phénomène n'affecte pas. Le diagramme montre également que la surface de rupture s'étend sur une profondeur considérable de sorte qu'un glissement de terrain ne saurait être considéré comme un phénomène superficiel.



**Fig.28 : Bloc diagramme représentant les mouvements de versant idéal (Varnes ,1978)**

La commission internationale sur les glissements de terrain a défini l'ensemble des éléments morphométriques et morphologiques composant un glissement de terrain type comme suit :

- **Couronne** : Zone située au-dessus de l'escarpement principal (2), souvent peu affectée par les désordres. Seules quelques fissures ou crevasses témoignent de la mise en traction des terrains dans cette zone.
- **Escarpement principal** : Surface inclinée ou verticale souvent concave, limitant le glissement à son extrémité supérieure.
- **Sommet** : Limite amont du glissement, point le plus élevé où le matériau glissé (13) se trouve en contact avec l'escarpement principal (2).
- **Tête** : Partie amont de la masse glissée sur l'escarpement principal (2).
- **Escarpement secondaire** : Cicatrice semblable à l'escarpement principal (2) mais visible dans la masse glissée.
- **Corps** : Partie du matériau glissée (13) au-dessus de la surface de glissement (10) en amont du pied de la surface de glissement (11).
- **Pied** : Partie de la masse glissée (13) en aval du pied de la surface de glissement (11).
- **Extrémité aval** : Extrémité aval du matériau glissé (13).
- **Front** : Partie la plus aval du matériau glissé (13), en général de forme convexe.
- **Surface de glissement** : Prolongation en profondeur de l'escarpement principal (2) au-dessous de la masse glissée (13).
- **Pied de la surface de glissement** : L'intersection aval de la surface topographique initiale et la surface de glissement (10)
- **Surface de séparation** : Surface séparant la masse glissée (13) des terrains en place, partie de la surface de glissement (10).
- **Matériau glissé** : Matériau qui a glissé, partie d'un glissement de terrain.
- **Zone d'affaissement** : Zone d'un glissement de terrain où la masse glissée (13) est au-dessous de la surface topographique originale.
- **Zone d'accumulation** : Zone d'un glissement de terrain où la masse glissée (13) est au-dessus de la surface topographique originale.
- **Niche d'arrachement** : Volume situé au-dessus de l'escarpement principal et la masse affaissée (17) et au dessous de la surface topographique originale.
- **Masse affaissée** : Partie de la masse glissée (13) recouvrant la surface de glissement (11), qui est située au dessous de la surface topographique originale.
- **Accumulation** : Partie de la masse glissée (13) qui est située au-dessus de la surface de la surface topographique originale.



- **Flanc** : Limite latérale du glissement prolongeant l'escarpement principal (2). Le flanc droit est à droite quand les flancs sont vus de la couronne.
- **Longueur de la surface de rupture** ( $L_r$ ) : distance entre le front de la surface de rupture et la couronne.
- **Longueur de la masse glissée** ( $L_d$ ) : distance entre le sommet et l'extrémité aval.
- **Longueur totale** ( $L$ ) : distance entre la couronne et le front de la masse glissée.
- **Largeur de la surface de glissement** ( $W_r$ ) : distance maximum entre les flancs.
- **Largeur de la masse glissée** ( $W_d$ ) : largeur maximum de la masse glissée dans une direction perpendiculaire à la longueur  $L_d$ .
- **Profondeur de la surface de rupture** ( $D_r$ ) : distance entre la surface de rupture et la surface topographique originale.
- **Profondeur de la masse glissée** ( $D_d$ ) : profondeur de la masse glissée dans une direction perpendiculaire à la longueur  $L_d$ .

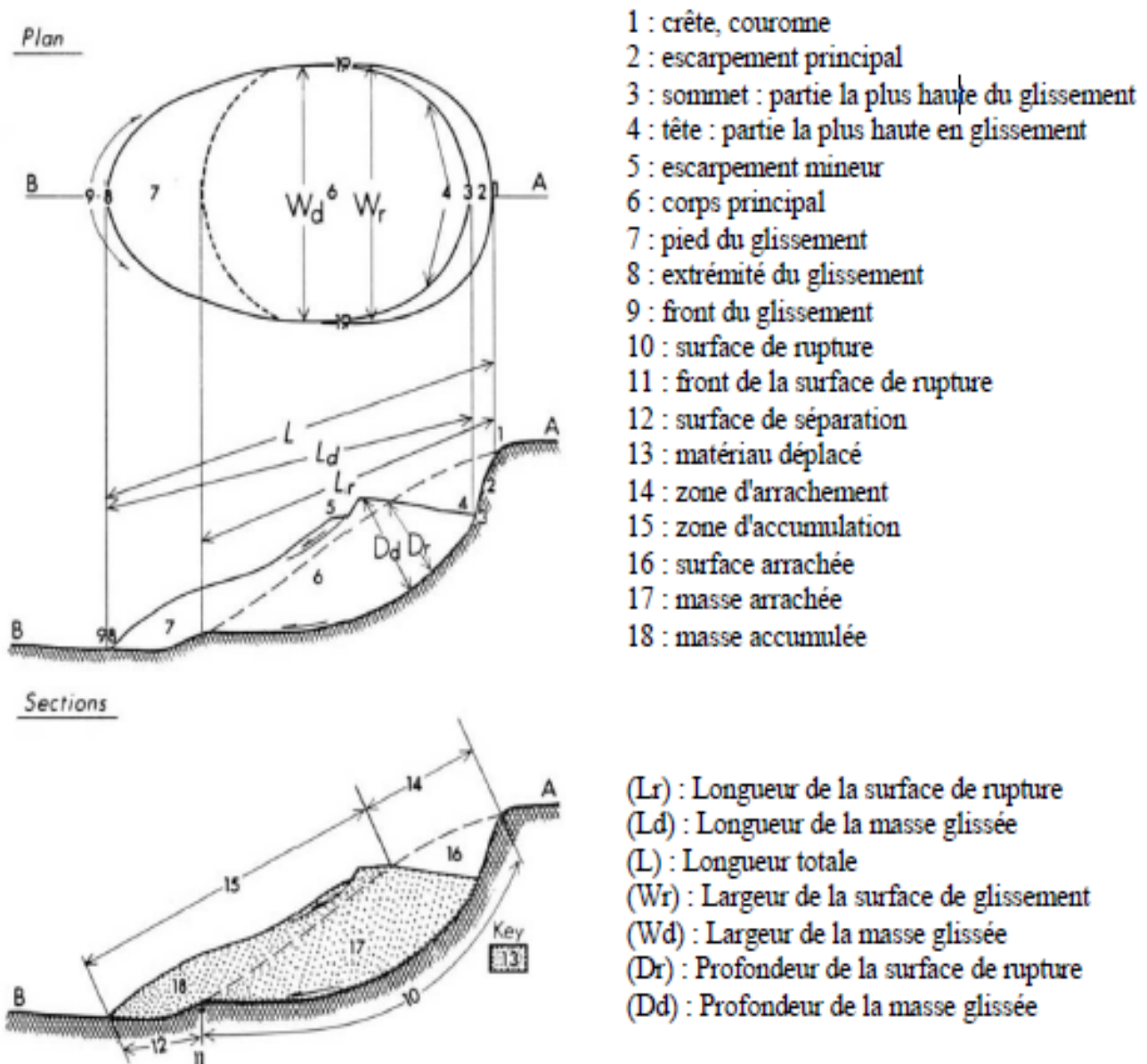


Fig.29 : Description des éléments morphométriques et morphologiques composant un glissement de terrain

### 7.4.2. Type des glissements de terrain

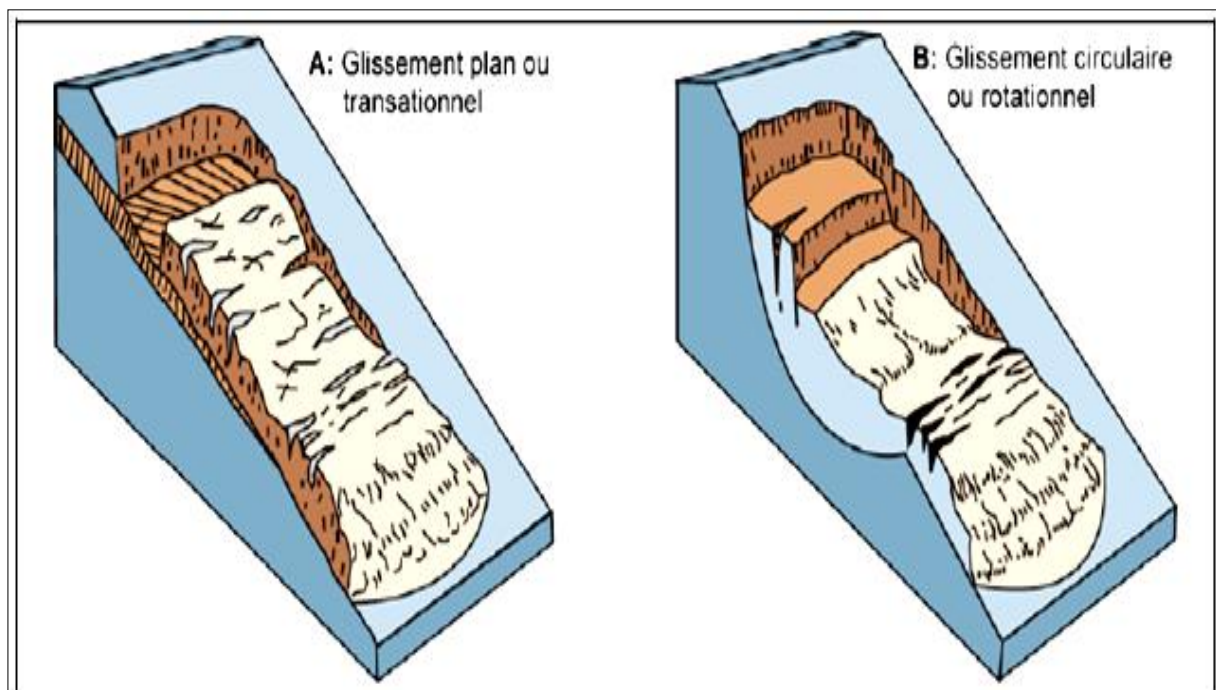
Selon la surface de rupture rencontrée, Varnes (1978) et par la suite Flageollet (1989) ont subdivisé les glissements en deux catégories :

❖ Les glissements plan ou translationnels "Translational slides" :

Il correspond à un mouvement de masse évoluant le long d'un plan de faible résistance mécanique. Lorsque dans un tel type de glissement une seule unité est mobilisée, on parle de "glissement par blocs". Les glissements plans sont très souvent contrôlés par la structure géologique du versant et les surfaces ou zones de moindre résistance mécanique.

❖ Les glissements circulaire ou rotationnels "Rotational slides" :

Il s'agit là du phénomène le plus courant. La surface de rupture présente une concavité orientée vers le haut avec une éventuelle présence de fissures concentriques, en plan, et concaves suivant la direction du glissement (forme d'une cuillère). La forme du glissement peut être influencée par la nature des terrains concernés et les éventuelles discontinuités rencontrées. L'escarpement au niveau de la niche d'arrachement peut être relativement vertical et les mouvements sont relativement rapides. En amont de la niche d'arrachement, il peut apparaître des fissures de traction et une évolution régressive vers l'amont ou latérale du mouvement est possible.



**Fig.30: Principaux types de glissements de terrain**

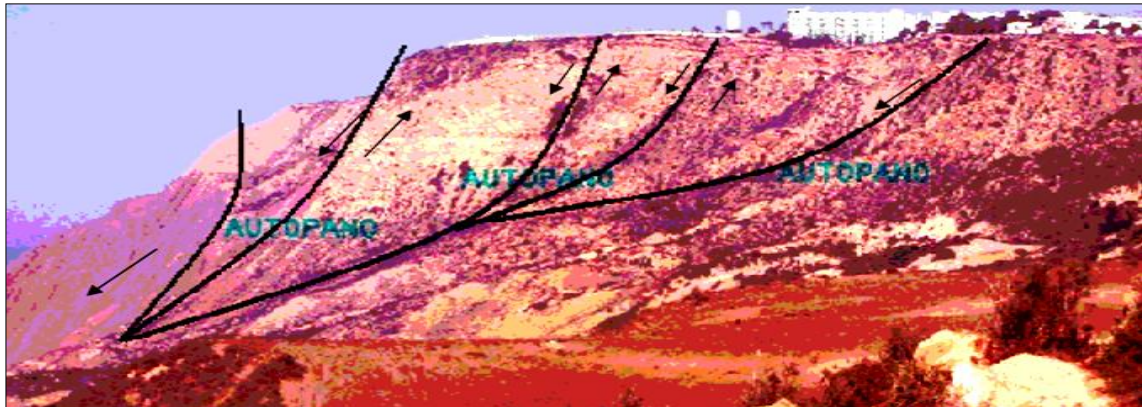
La figure n°31 présente un glissement de type rotationnelles qui situé au contrebas de la mutuelle de Canastel, c'est une déformation interne qui a manifesté à l'amont par des structures extensives et à l'aval par des structure compressives, par contre dans la partie centrale, pu dérangée, la structure initial reste plus ou moins conservée.

Les formations affectées par ce glissement sont des sols et dans d'autre partie il affecte des roches homogènes ou il n'y a pas de discontinuités géologiques suffisamment persistantes.

On peut ajouter une autre classe des glissements de terrain qui sont dus aux travaux d'extraction des sables au niveau du notre secteur d'étude. Ces glissements sont regroupés dans la catégorie des glissements



anthropiques provoqués par l’homme afin d’assurer ses besoins en matériaux de granulats. Ces exemples de glissements sont représentés par les figures 32,33.



**Fig.31 : Glissement rotationnels (failles listriques) au contrebas de la mutuelle de Canastel (Benabdellah, 2010)**



**Fig.32 : Glissement près de Genets (Benabdellah, 2010)**



**Fig.33 : Glissement déclenché par l’activité anthropique (extraction de sable)**



**Fig.34 : Glissement déclenché par l'activité anthropique (ex. sablière des Genets), (Benabdellah, 2010)**

### 7.5. Affaissements et effondrements

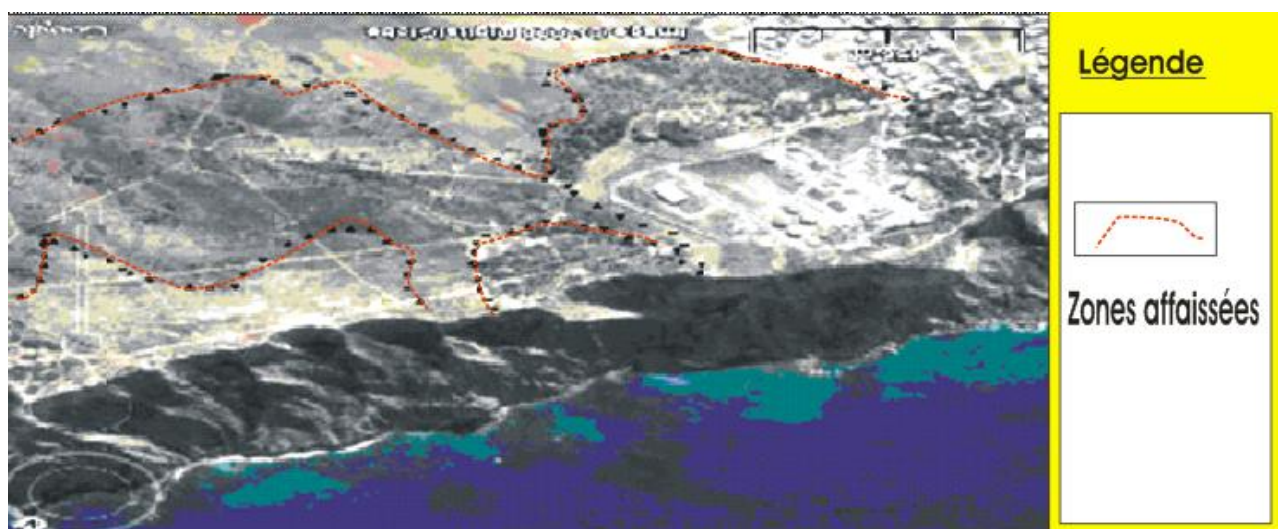
Les affaissements et effondrements sont liés à la présence de cavités souterraines d'origine naturelle (phénomène de dissolution de la roche par l'eau) ou anthropique (exploitation souterraine).

#### 7.5.1. Les affaissements

Les affaissements, caractérisés par une dépression topographique sans rupture apparente, sont généralement rencontrés le long des falaises dans des régions où il y a rupture en profondeur des cavernes des karsts. (fig.n°35).

#### 7.5.2. Les effondrements

Les effondrements de terrain se rencontrent, sous forme de dépression topographique importante avec rupture apparente, dans les régions calcaires, là où il ya des cavités karstiques, mais aussi, au-dessus de vides artificiels (carrières, mines souterrains.)(fig.n°36).



**Fig.35 : Affaissement de différentes tailles au Nord de l'agglomération de Canastel (Benabdellah, 2010)**



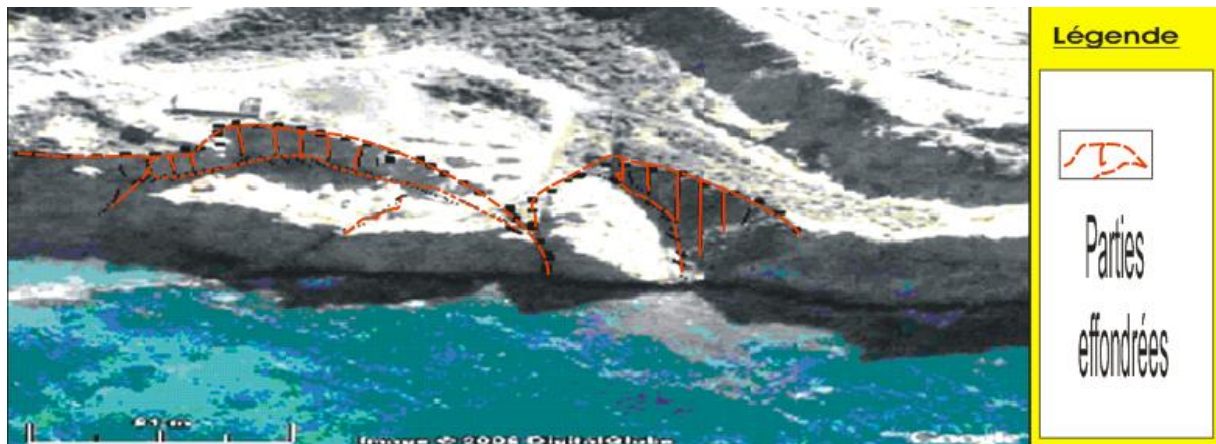


Fig.36 : Effondrement au niveau du rivage (près des Genets). (Benabdellah, 2010)

### 7.5.3. Les tassements

Il s'agit principalement de diminutions de volume de certains sols sous l'effet de charges ou d'assèchement. Les tassements latéraux ou "*Lateral spreads*" sont très distincts puisqu'ils se produisent habituellement sur des pentes très douces voire même sur des terrains plats. Le mouvement dominant est celui d'une extension régressive latérale accompagnée d'un cisaillement ou de fentes de tension. La rupture est provoquée par la liquéfaction de sédiments à l'état solide (habituellement des sables et des silts). Le déclenchement du phénomène est souvent dû à un mouvement rapide du sol, comme lors d'un tremblement de terre, mais il peut également être artificiellement induit. Les matériaux évoluent en translation jusqu'à former des reliefs en horsts et grabens avec un fluage en pied. Ces mouvements se déclenchent sans que des indices de surface soient préalablement clairement identifiables.

Les tassements par retrait se produisent sur les versants couverts de certains types d'argiles pouvant donner lieu à d'importantes variations de volume en cas de sécheresse durable ou de la succession de plusieurs années déficitaires en eau. Ce phénomène de retrait/gonflement des sols, aggravé par la présence d'arbres ou d'arbustes au voisinage des habitations, peut être à l'origine de dégâts très importants sur les constructions et infrastructures. Il est cependant sans danger pour l'homme compte tenu de la lenteur et de la faible amplitude des déformations occasionnées.

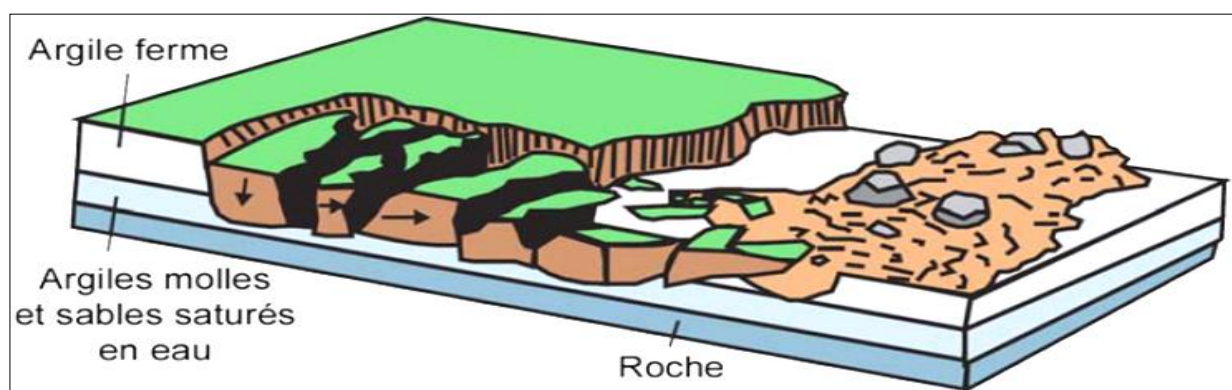


Fig.37: Phénomène de tassement latéral.

### 7.6. Retrait-gonflements des formations superficielles argileuses

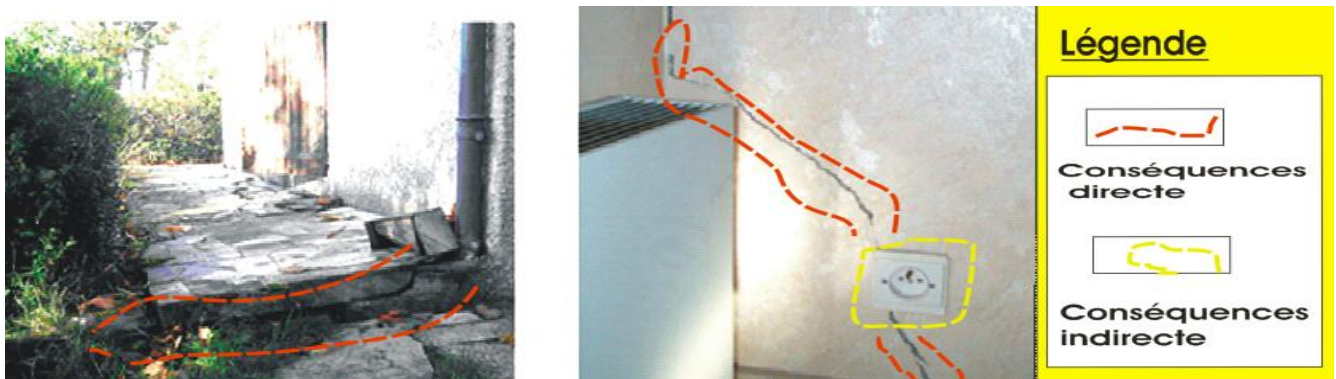
En général, le retrait-gonflement des sols se caractérise par des mouvements de terrains différentiels de petite amplitude, provoqués par des variations de volume de certains sols argileux lorsque leur teneur en eau se modifie.

Cet **aléa** ne concerne que certains sols argileux particulièrement en présence de minéraux gonflants. Les sables et les limons sableux présentent également des cycles de retrait et de gonflement suivant les fluctuations de leur teneur en eau, mais d'une amplitude bien plus petite.

Ce phénomène est à l'origine des dégâts importants aux bâtis au cours des périodes de sécheresse prolongée (Fig.n°38).

En climat tempéré, les argiles sont souvent proches de leur état de saturation, si bien que leur potentiel de gonflement est relativement limité, elles sont donc éloignées de leur limite de retrait, ce qui explique que les mouvements les plus importants sont observés en période sèche. La sécheresse se traduit par une baisse du niveau des nappes. La tranche la plus superficielle de sol, sur 1 à 2 m de profondeur, est alors soumise à l'évaporation. Il en résulte un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement et horizontalement par l'ouverture de fissures, les mouvements du sol qui sont à l'origine des désordres des constructions sont dus essentiellement aux diminutions de teneur en eau. De nombreux facteurs sont susceptibles de modifier les conditions d'équilibre hydrique des sols. Le principal facteur de prédisposition est lié à la nature du sol et à la géométrie des couches.

La végétation voisine de la construction exerce un rôle aggravant. En effet, la présence d'arbres accentue l'ampleur du Phénomène en augmentant l'épaisseur du sol asséché. Les racines soutirent l'eau du sol, et peuvent s'étendre jusqu'à 1,5 fois la hauteur de l'arbre. Certains facteurs complémentaires interviennent : circulation d'eau, drains, fuite de réseaux, etc. Pour limiter l'effet de ces facteurs secondaires, le principe général sera de rechercher une atténuation des variations d'humidité. Par ailleurs, lors de précipitations, les sols se réhumidifient, ils gonflent et des soulèvements différentiels peuvent être à l'origine de nouveaux désordres. Contrairement aux phénomènes de tassement par consolidation, les effets ne s'atténuent pas avec le temps mais augmentent quand la structure perd de sa rigidité. Les sols gonflants compactés, en raison de leur très faible perméabilité, sont utilisés pour la construction de bassins de rétention ainsi que de barrières ouvragées dans les sites de stockage de déchets nucléaires. En effet, ces matériaux possèdent des propriétés qui répondent favorablement aux exigences posées par le problème d'enfouissement des déchets aussi bien en surface qu'en grande profondeur. Après leur mise en place, ces matériaux sont soumis à des sollicitations complexes qui peuvent influencer de manière très importante leurs propriétés hydromécaniques.



**Fig.38:Désordres de la structure au cours des périodes de sécheresses (conséquences de retrait-gonflement des argiles).**

### 7.6.1. Double structure des sols gonflants

Le comportement hydromécanique des sols gonflants a été directement relié à leur double structure interne.

La distribution de taille des pores obtenue par la méthode de porosimétrie par l'intrusion du mercure montre deux niveaux structuraux distincts.

Cette double structure des sols argileux a été aussi reconnue dans un grand nombre des terrains argileux à partir d'études réalisées au microscope électronique à balayage.

La figure 39, présente un matériau constitué d'une matrice homogène formée à partir des argiles et d'autres constituants. Il est alors possible de distinguer deux types de pores :

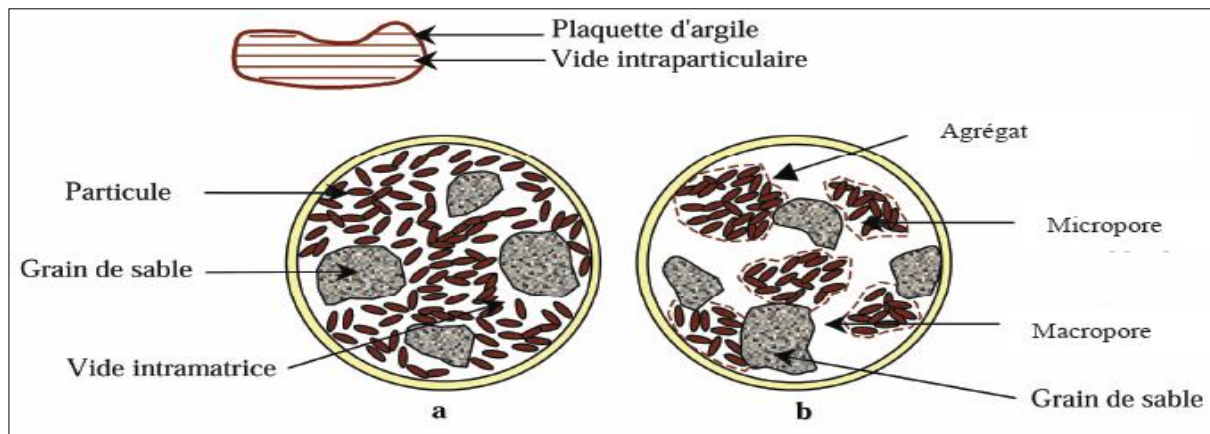
- ❖ Les vides intraparticulaires
- ❖ Les vides intramatrices.

Cette structure est typique des sols compactés du côté humide de l'optimum. La figure 39-b est représentative de la majorité des sols naturels ou compactés du côté sec de l'optimum, les particules argileuses s'associent aux autres constituants du sol pour former des agrégats.

Deux niveaux structuraux peuvent alors être distingués : la microstructure qui correspond aux agrégats, et la macrostructure qui correspond à l'arrangement des agrégats entre eux. Les agrégats contiennent des pores qualifiés de micropores et les macropores sont situés entre les agrégats. On peut aussi observer une double structure au côté sec de l'optimum et une structure homogène au côté humide de l'optimum.

La structure interne des sols argileux est directement liée à certaines caractéristiques du sol telles que :

- ❖ La conductivité hydraulique.
- ❖ Les déformations volumiques lors de la consolidation.
- ❖ Les propriétés de la courbe de rétention.



**Fig.39 : Structure des sols gonflants (Gens&Alonso)**

Le retrait-gonflement des sols est défini par le BRGM comme étant : «des mouvements de terrains différentiels de petite amplitude, provoqués par des variations de volume de certains sols argileux lorsque leur teneur en eau se modifie», (Fig.n°40).



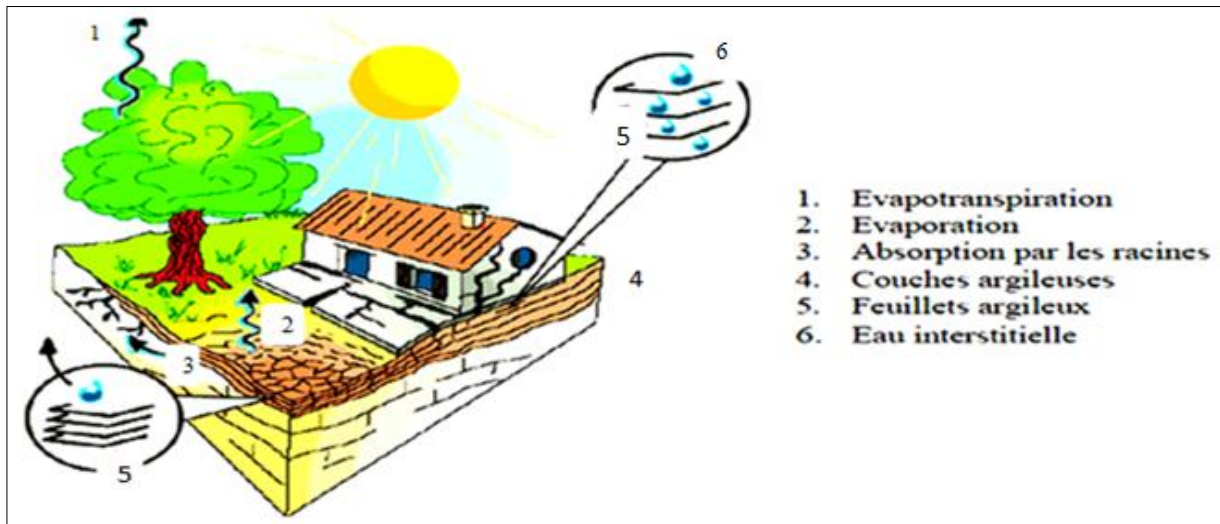


Fig.40 : Processus de retrait-gonflement des sols argileux (BRGM, in EL Kharimi Y, 2002)

## 8. Retrait-gonflement des sols gonflants de Mers EL Kébir

Les matériaux de Mers EL Kébir ont fait l'objet de recherches antérieures (Hachichi&Fleureau, 1999). Le site de la briqueterie de Mers El Kébir, situé au Nord-Ouest d'Oran, est constitué par des marnes grises et vertes.

Ce sont des formations sédimentaires marines lagunaires vers le sommet, connues sous l'appellation de marnes bleues du Miocène supérieur. Leur épaisseur peut parfois dépasser 300 mètres.

### Identification géotechnique des matériaux :

D'après les résultats d'identification géotechnique des matériaux de Mers EL Kébir, On peut dire que les argiles sont peu plastiques, leur activité est élevée à très élevée.

### 8.1. Stabilisation du gonflement des argiles

Le gonflement libre est mesuré à l'odomètre sur un échantillon soumis au seul poids du piston, mis en contact avec un réservoir d'eau à charge nulle. La variation de hauteur du piston est mesurée en fonction du temps jusqu'à ce qu'elle se stabilise. La valeur finale du gonflement, après stabilisation, permet de calculer la variation relative de volume de l'échantillon, notée  $G$ , que l'on exprime en pourcentage. La même procédure est utilisée pour étudier le gonflement des échantillons en présence de solutions salines ou de solutions de polymères. La réduction du gonflement final  $G/G_0$  exprimée en pourcents est la différence entre le gonflement à l'eau  $G_0$  et avec les solutions salines  $G^*$ , rapportée au gonflement final en présence d'eau  $G_0$ .

### 8.2. Stabilisation du gonflement des argiles par les sels minéraux

La figure 41 représente les courbes de gonflement des argiles de Mers El Kébir en présence des sels qui ont donné le plus grand pourcentage de réduction. Nous remarquons que la réduction est surtout observée pour de fortes concentrations en chlorure de potassium et en chlorure de calcium (44% et 48%). Par contre, le chlorure pour l'argile de Mers El Kébir (38%). Le chlorure de sodium à forte concentration ne donne pas de bons résultats

(22% et 28%) pour l'argile de Mers EL Kébir, respectivement, mais il a l'avantage d'être moins coûteux.



### 8.3. Stabilisation du gonflement par les sables

Les courbes de gonflement en fonction du logarithme du temps des argiles de Mers El Kébir mélangées au sable de rivière à différents pourcentages sont représentées par la figure n°42. Nous remarquons que la tendance de la variation du gonflement dans le temps est la même pour tous les mélanges, car d'après les graphes, plus le pourcentage de sable augmente, plus le potentiel de gonflement diminue. Il est à noter également qu'au début des essais, le gonflement de l'argile sans ajout est plus faible que celui avec ajout, mais avec le temps, ce gonflement augmente et devient plus grand. Dans la première phase de gonflement, l'eau pénètre entre les particules et conduit à un relâchement des tensions dans les vides ; puisque l'argile seule est plus dense que mélangée avec le sable, alors l'eau prendra plus de temps pour relâcher les tensions.

Au contraire, pour l'argile avec ajout, les vides apportés par le sable sont plus importants et par conséquent, ils favorisent le gonflement des particules d'argile dans les mélanges. En revanche, dans la deuxième phase, le potentiel de gonflement est épuisé pour les mélanges avant qu'il le soit pour l'argile seule ; en effet, dans l'argile seule, l'eau continue à pénétrer entre les particules qui sont plus nombreuses tandis que, dans les mélanges, les vides créés par le sable encaissent une bonne partie du gonflement.

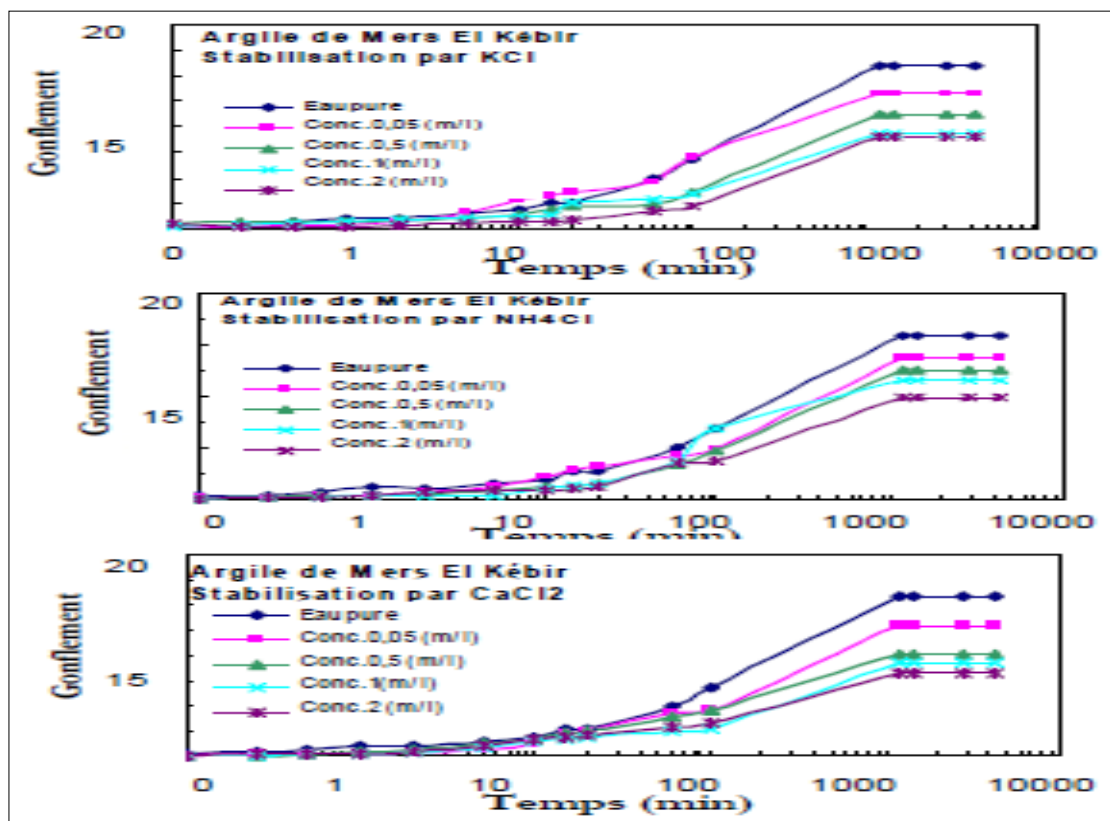
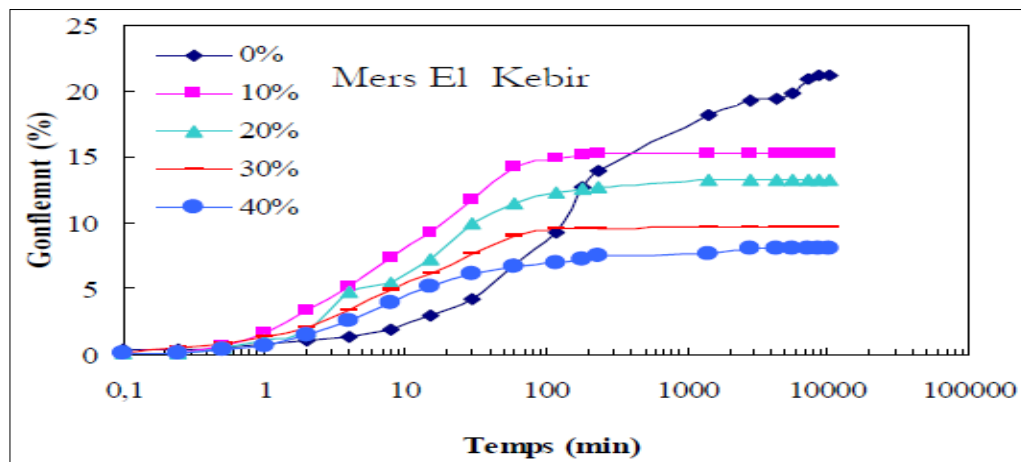


Fig.41 : Courbes de gonflements des argiles de Mers El Kébir en présence de différents sels minéraux à différentes concentrations. (Hachichi & Fleureau, 1999)



**Fig.42 : Variations du potentiel de gonflement dans le temps du mélange argile de Mers El Kébir+sable de rivière. (Hachichi & Fleureau, 1999)**

**8.4. Stabilisation du gonflement par la chaux et le ciment**

Afin de mesurer le potentiel de gonflement de l’argile de Mers El Kébir traitée, il est préféré de prendre des échantillons à différents pourcentage de chaux (2, 4, 6 et 8%), de ciment (2, 4 et 6%) et de ciment+chaux (1+3, 2+2, et 2+4%).

Le tableau n°13 représente les différents pourcentages de réduction du potentiel de gonflement final de l’argile de Mers El Kébir en fonction des différents pourcentages d’ajouts. A partir des résultats obtenus, nous remarquons que l’effet des trois ajouts est presque le même sur cette argile, et que pour 6% d’ajout de ciment on obtient la plus grande réduction du potentiel gonflement (66%). Pour ce qui est de la chaux, la valeur de 6% est une valeur limite au delà de laquelle la réduction du gonflement reste constante.

Argile		0%	Ciment			Chaux				Ciment + Chaux		
			2	4	6	2	4	6	8	1+3	2+2	2+4
Mers El Kébir	G (%)	9,5	7,98	4,33	3,23	8,03	4,56	3,58	3,49	4,90	8,25	3,78
	$\Delta G/G$	0	16	54,4	66	12,5	52	62,3	63,3	48,4	13,2	60,2

**Tab.14 : Gonflement final et variation relative du gonflement de tous les mélanges.**

Donc on peut dire que le gonflement des sols est un phénomène très complexe qui affecte généralement les formations superficielles qui fait intervenir un grand nombre de paramètres intrinsèques et environnementaux. Lors de ces explications, nous avons essayé de présenter la relation entre le phénomène retrait-gonflement d’argiles et leur méthode d’étude au laboratoire qui sert à identifier l’état de mouvement de terrain étudié.

La stabilisation des gonflements peut se faire soit par l’injection des solutions salines qu’ont montré leur efficacité dans la réduction du gonflement ou bien en procédant à la substitution d’une partie d’argile par sable, de ciment, de la chaux et la combinaison du ciment et de la chaux.

Donc en ce qui concerne l’étude de stabilisation par ajout de sable, le potentiel de gonflement diminue dans le temps avec l’augmentation du pourcentage de sable. Donc les argiles ont un potentiel de gonflement qui les rendent une source de perturbation de l’équilibre des fondations, d’une manière générale on peut dire

que avant tout occupation de ce type de formations, il faut consulter le plan d'occupation des sols afin de prévenir leurs impacts sur les fondations.

Comme conclusion sur les mouvements de terrain nous avons préféré de présenter une carte de sensibilisation aux mouvements de terrain dressée par la conservation des forêts de la willaya d'Oran en 2010. Cette carte est subdivisée en quatre zones :

- ❖ Une zone stable : caractérise la plaine des Andalouses et le plateau d'Oran.
- ❖ Une zone de stabilité moyenne : qui caractérise la partie Nord-Ouest de la ville d'Oran (l'extrémité Est et Ouest de la dépression de Mers El Kebir.
- ❖ Une zone instable : occupe tout la chaîne de Djebel Murdjadjo, et la zone des falaises d'Oran, cette zone prend la direction de cette chaîne,
- ❖ Une zone très instable : cette zone caractérise la dépression de Mers El Kebir.



**Fig.43: Carte de vulnérabilité aux mouvements de terrain de la région d'étude). (Extrait de la carte de vulnérabilité aux mouvements de terrain), (Conservation des forêts. Oran, 2010)**

### 9. L'impact de l'extraction des formations superficielles

Nous avons étudié dans le deuxième chapitre de ce travail les ressources de ces formations superficielles qui ont un intérêt très important sur l'économie et le développement d'une manière générale, mais il faut signaler que ces formations sont exposées aux divers risques, parmi eux nous citons l'érosion et quelques glissements de terrain de faible extension que nous avons expliqué dans ce chapitre.

Comme exemple nous avons choisi le complexe dunaire de Cap Falcon :

Le complexe dunaire du Cap Falcon, situé à l'Ouest d'Oran, sépare la baie d'Oran de la baie des Andalouses par l'avancée qu'il forme vers le nord. Cette situation l'expose directement à tous les vents. Il est constitué, dans sa partie nord, par un môle rocheux sur lequel vient s'appuyer un ensemble dunaire. Formé de plusieurs générations de dunes, cet ensemble était à peu près complètement fixé à l'époque historique, comme en témoigne l'extension de la zone défrichée et mise en culture. A une époque récente, l'abandon des cultures suivi de la mise en parcour incontrôlé de cette zone a déclenché une reprise érosive importante, provoquant tout particulièrement une extension notable du complexe dunaire septentrional.

### 9.1. État du complexe dunaire

Ce complexe dunaire est constitué, à la base, par des dunes encroûtées (dalle grise) surmontées par une épaisse série de sables, les uns étant légèrement grésifiés, les autres faiblement pédogénéisés en surface. Entre ces deux séries sableuses s'intercale fréquemment un sol fossile contenant par places des industries néolithiques.

La dynamique récente et actuelle a remobilisé les sables, qui, ainsi libérés, alimentent les dunes vives.

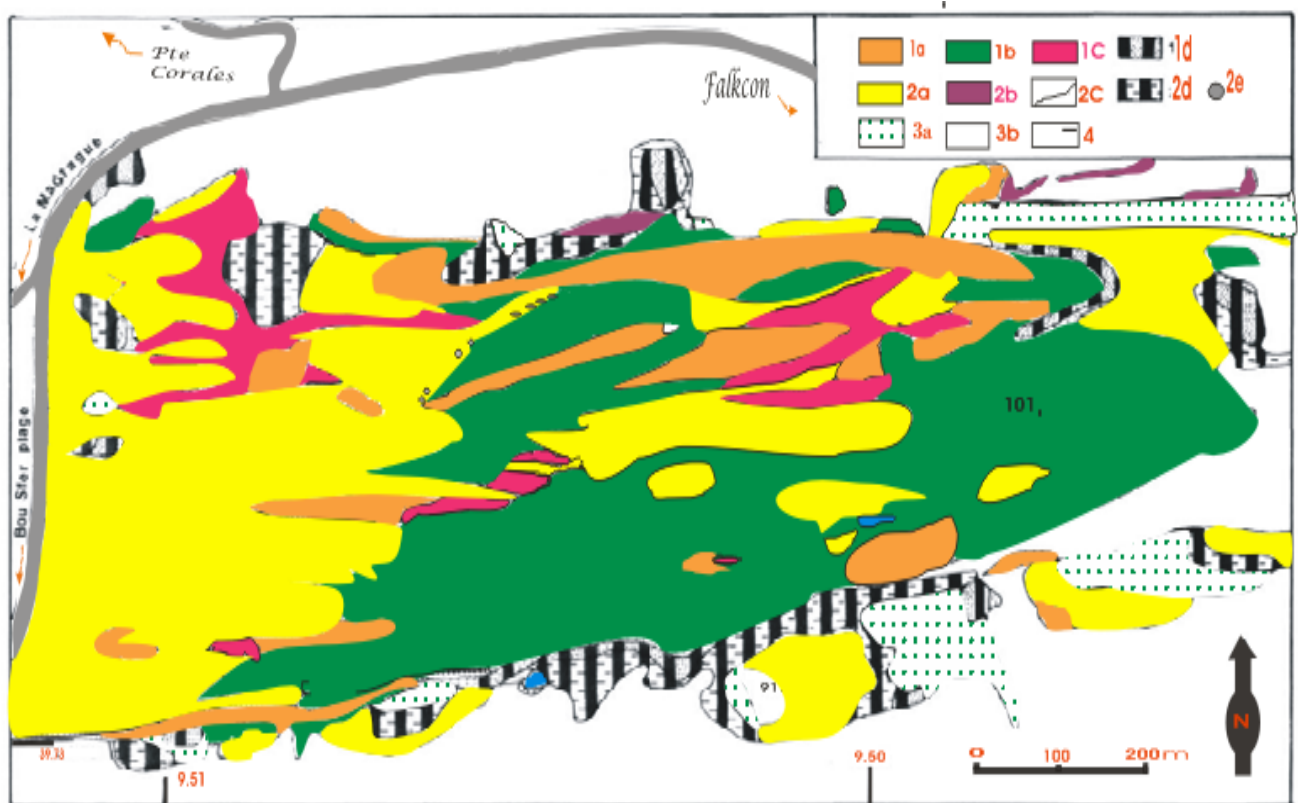


Fig.44: Etat du complexe dunaire, modifié (Ghodbani T, 2005)

1 : les sables - 1a : sables vifs ; 1b : sables à couverture claire d'oyat ; 1c : sables à couverture dense d'oyat ; 1d : végétation arborescente en voie d'enfouissement par les sables — 2 : les zones de déflation : 2a : cuvettes de déflation ; 2b : zone à oyat en déflation ; 2c : flanc de cordon dunaire en déflation ; 2d : végétation arborescente en déflation ; 2e : genévrier isolé soumis à la déflation, avec début d'enfouissement à l'aval pour certains pieds ; 3 : les zones stables : 3a: végétation arborescente ; 3b: zone de cultures et friches — 4: point côté avec altitude en mètres.

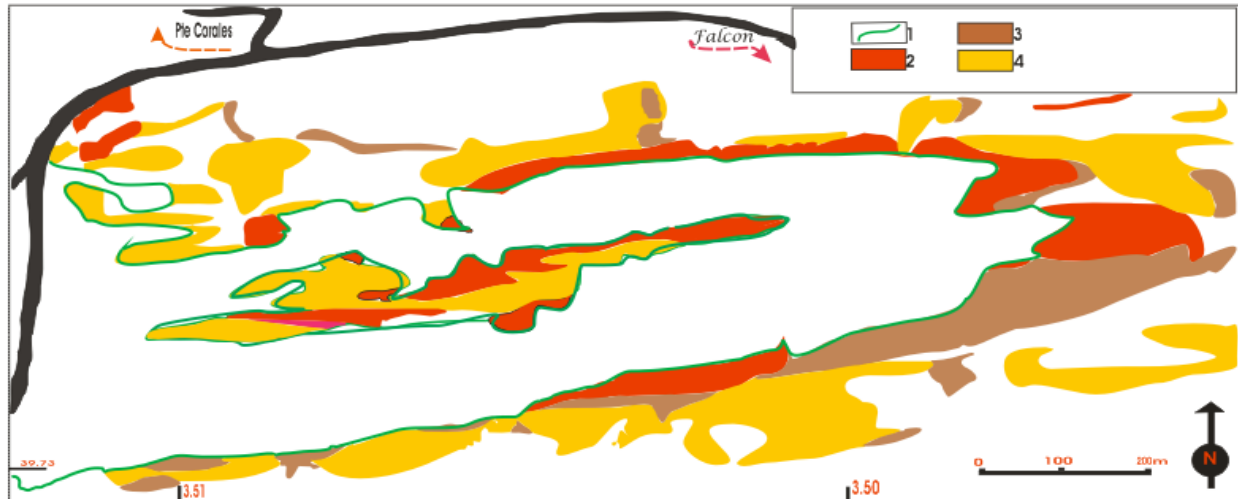
### 9.2. Dynamique du complexe dunaire

Le complexe dunaire a connu une extension qui est due aux divers facteurs. Cette dynamique est le résultat de l'action conjuguée de divers facteurs d'ordre climatique, biologique ou anthropique. Fég.n°45.

### 9.3. Les facteurs de l'évolution du complexe dunaire

Ils sont de trois ordres : climatique, biologique et anthropique.

La sécheresse climatique présente deux actions synergiques : d'une part elle augmente la susceptibilité des sables superficiels à la mobilisation par le vent, d'autre part elle réduit les possibilités de développement de la végétation fixatrice. Ces effets sont aggravés par les vents violents qui peuvent souffler pendant plusieurs jours consécutifs sur la région.



**Fig.45: Extension du complexe dunaire de 1959 à 1990.modifié (Ghodbani T, 2005)**

1 : limite du complexe dunaire en 1959 ; 2 : secteurs totalement enfouis ; 3 : secteurs en voie d'ensablement ; 4 : secteurs en déflation.

Ces conditions climatiques extrêmes sont responsables de la rareté des germinations des espèces fixatrices pionnières (oyat...). De même, l'absence de jeunes plants montre que les quelques germinations qui se produisent pendant les périodes les plus favorables ne parviennent pas à s'implanter définitivement.

Ces deux espèces ne provoquent par contre aucun effet de déflation grâce à la souplesse et à la perméabilité de leur appareil aérien. Par contre, la végétation arborescente discontinue, par l'obstacle qu'elle oppose aux mouvements de l'air, provoque des turbulences qui sont responsables d'une déflation accentuée à son contact.

Les actions anthropiques s'exercent de manière directe par l'abandon de l'entretien des haies brise-vent qui équipent les parcelles cultivées, ainsi que par le prélèvement de bois de chauffage au niveau des bosquets.

De même, l'influence touristique commence à se faire sensible sur la partie la plus proche du littoral.

Indirectement, le passage répété des troupeaux déstabilise la partie superficielle du sol, provoque la destruction de la végétation existante et interdit toute possibilité de régénération ou de colonisation naturelle par semis.

Donc l'extension du complexe dunaire par l'anthropisation dans le temps actuel reste le facteur principal qui caractérise cette extension.

#### 9.4. Protection du complexe dunaire

La protection du complexe dunaire contre toute extensions qui peut provoquer des dégâts sur tout la zone peut se faire par divers procédés tels que : la fixation des dunes par des végétations, l'interdiction de l'extraction des sables au niveau cette zone.

##### 9.4.1. L'impact de l'extraction des formations dunaires



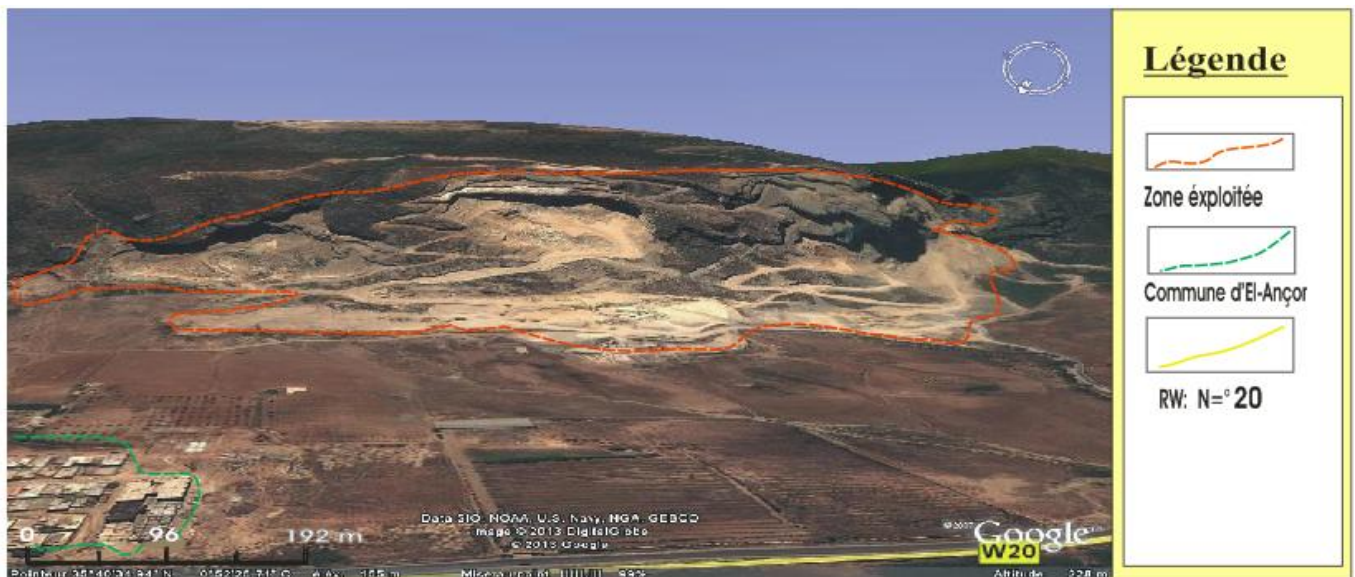
Les formations dunaires littorales en particulier les dunes bordières, ont un rôle fondamental dans l'équilibre sédimentaire des plages, le maintien d'une biomasse spécifique, la protection des activités humaines ainsi que les ouvrages réalisés par l'homme. La côte ouest algérienne recèle de nombreuses formations dunaires représentant le maillon fort dans la chaîne de l'équilibre dynamique et écologique de tout le système littoral ouest. L'extension accélérée des villes durant ces dernières décennies et par conséquent, la forte demande sur le sable et son extraction des dunes littorales, a conduit à de graves situations de déséquilibre écologique, à des impacts négatifs sur les activités humaines et à l'émergence de conflits entre les différents usagers.

#### ❖ Les impacts sur l'environnement littoral

L'extraction des formations superficielles du littoral à multiples impacts sur l'environnement, que l'on peut identifier comme suit :

##### ❖ Sur le paysage

L'extraction de ces formations dénature l'environnement tout provoqué des modifications dans la morphologie du site de l'extraction, nous avons présenté ci-dessous (Fig.46) le résultat de l'exploitation des calcaires liasiques de la carrière d'El-Ançor ; cette carrière est situé dans la partie Ouest de cette commune.



**Fig.46 : Image Google montre l'impact de l'exploitation des calcaires liasiques (carrière d'El Ançor)**

##### ❖ sur la nappe et la stabilité du terrain

Les prélèvements non maîtrisés des formations superficielles et surtout les sables ont conduit à l'apparition d'une grande excavation et surtout l'extraction au-dessous du niveau zéro ont favorisé la résurgence de la nappe côtier du niveau zéro de la mer et la mise à nue de la strate d'eau d'aquifère enfouie.

La mise à nue de la strate d'eau enfouie exposera dangereusement les ressources hydriques littorales à la pollution. (Ghodbani T, 2005).

## 10. L'impact de l'érosion sur les formations superficielles

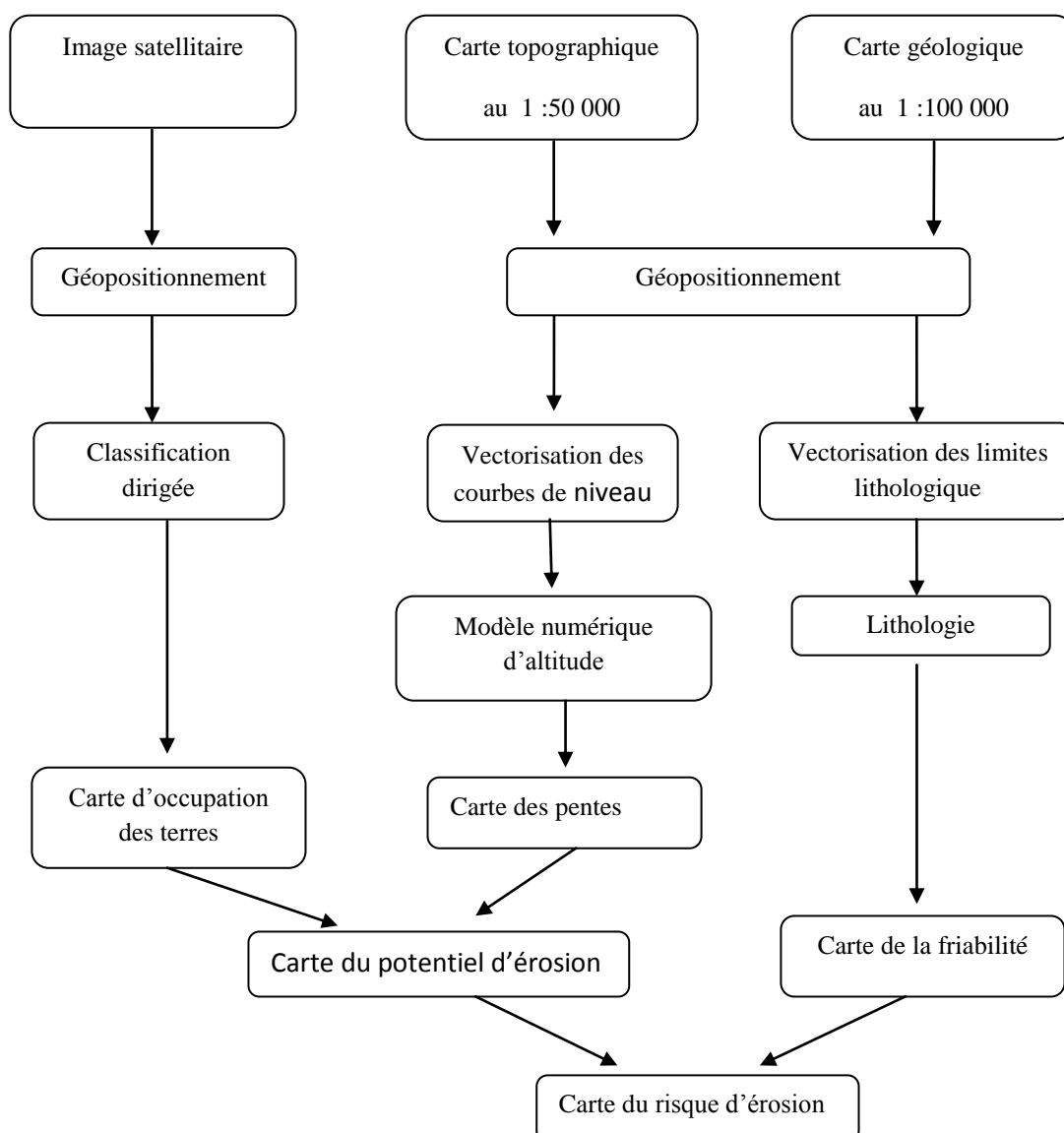
L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un processus majeur de dégradation des formations superficielles en zones méditerranéennes qui constitue une des clés de la désertification.



L'érosion qui affecte les sols du littoral Oranais est en fonction de multiples facteurs qui semblent être les mêmes partout dans le monde tels que le climat dont les précipitations sont faibles et variables dans la zone méditerranéenne, l'érosion des sols est fortement contrôlée par la couverture végétale dont dépend la production de la biomasse.

L'intensité de l'érosion hydrique des sols de la zone d'étude est affectée significativement par les activités humaines qui augmentent ou diminuent les pertes en terre, la topographie (l'érosion grave effectuée par l'eau de pluie qui ruisselle vite sur des pentes fortes), la profondeur, la granulométrie et la matière organique...etc. sont les principales caractéristiques des sols qui permettent de déterminer le degré de sensibilité à l'érosion hydrique, et en fin la lithologie qui concerne les divers types de roches et leurs structures (la fracturation) donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par les roches et par les sols et en conséquence sur la quantité de sol susceptible d'être érodée.

Pour la réalisation des cartes d'érosion, plusieurs méthodes peuvent être suivies selon les besoins. Pour l'établissement de la carte de sensibilité à l'érosion hydrique de la willaya d'Oran réalisée par le service des forêts en 2010, ils ont suivies les étapes mentionnées dans le diagramme ci-dessous :



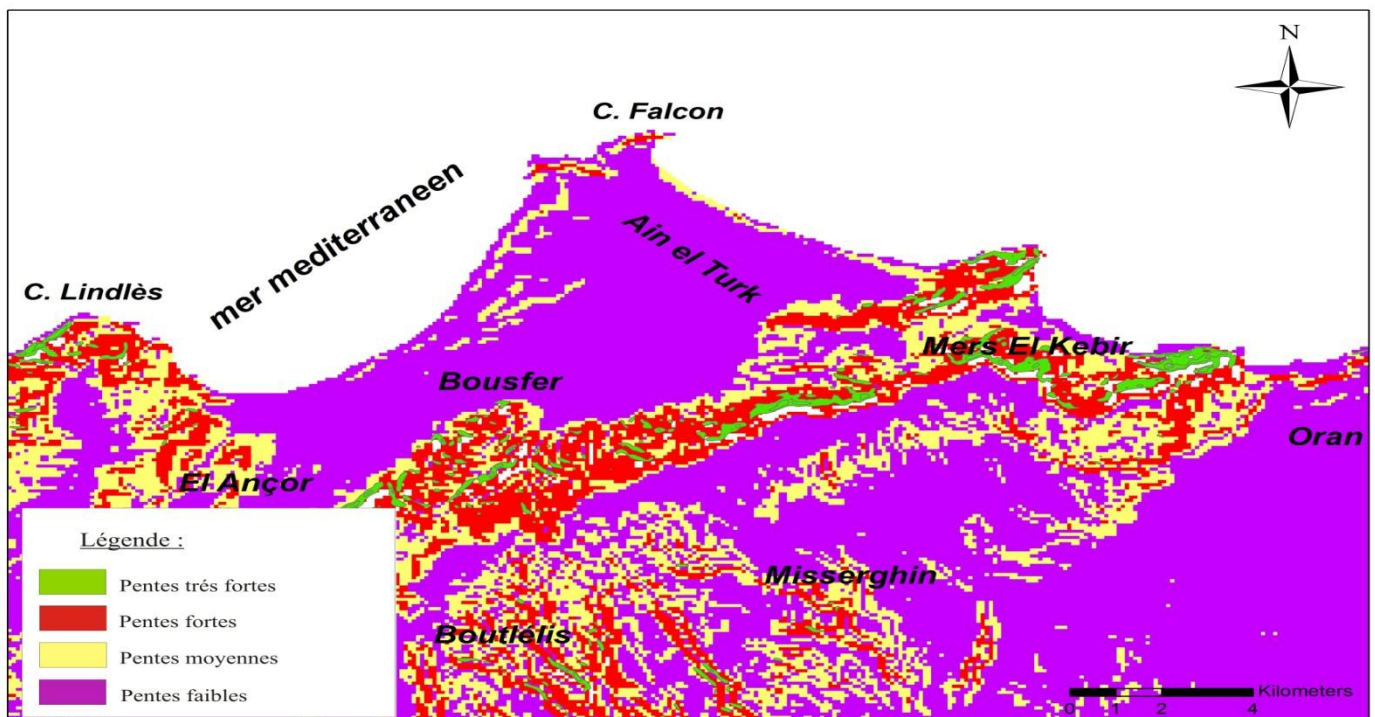
**Diagramme suivi dans cette étude (conservation des forêts. Oran, 2010).**

Nous avons préféré présenter dans ce travail la cartes des pentes, la carte d'occupation du sol(POS) et en fin la carte de sensibilité à l'érosion de la région d'étude.

### 10.1. La carte des pentes :

Les pentes sont le résultat d'une longue histoire morphologique, elles peuvent constituer une contrainte spécifique d'une part pour l'aménagement et d'autres part pour l'utilisation agronomique car elles accroissent les risques de dégradation des sols, et peuvent également faciliter l'action de l'érosion, elles imposent une agriculture bien adaptée au relief, aussi bien que l'aménagement, l'infrastructure. La carte des pentes est dressée dans le but d'analyser l'action érosive et de préparer les travaux de protection ou de valeur, cette carte contient quatre classes :

- ❖ Les pentes faibles : qui caractérisent la plaine des Andalouses, la dépression de Mers el Kebir et le plateau d'Oran.
- ❖ Les pentes moyennes : Ce type de pente caractérise la partie Est de la plaine des Andalouses et le pied du Murdjadjo.
- ❖ Les deux autres classes de pentes sont : les pentes fortes à très fortes qui caractérisent la chaîne côtière du Murdjadjo et la zone des falaises.



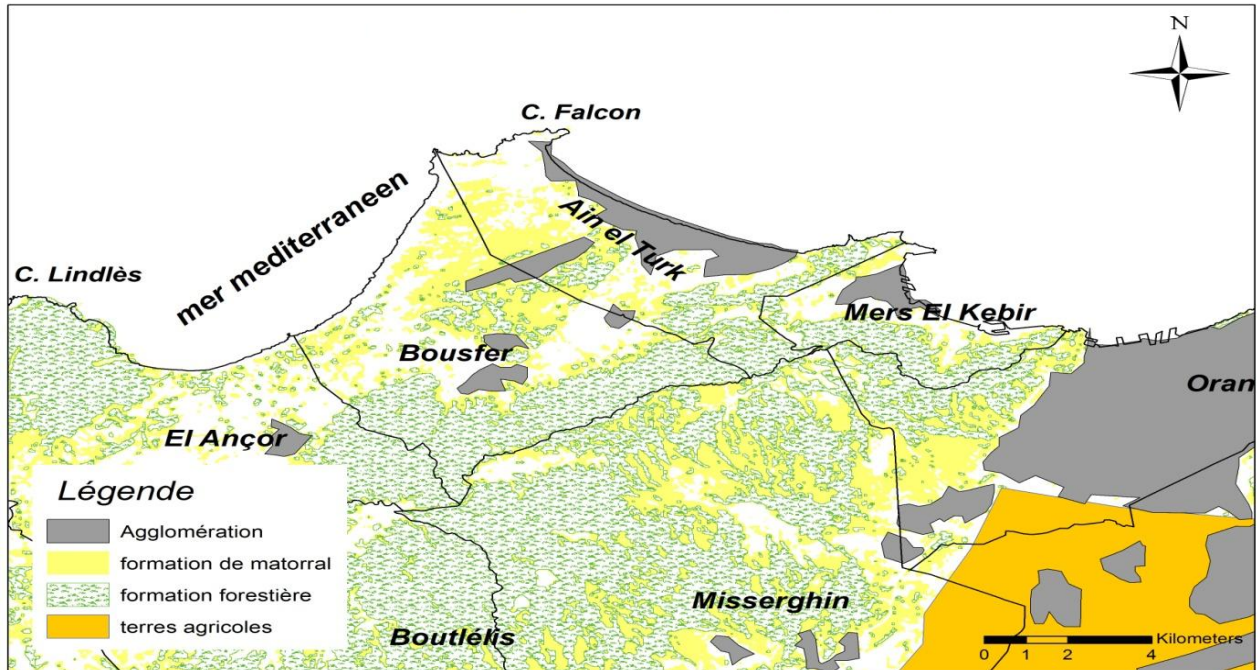
**Fig.47 : Carte des pentes de la région d'étude. (Extrait de la carte des pentes de la willaya d'Oran), (Conservation des forêts. Oran, 2010)**

### 10.2. La carte d'occupation du sol

Cette carte présente l'occupation des terrains, elle est subdivisée en quatre classes :

- ❖ L'agglomération : qui occupe la partie littorale
- ❖ Les formations de matorral : qui sont présentées dans la plaine des Andalouses et la dépression de Mers El Kebir. Au niveau cette classe, on trouve encore le complexe dunaire des Andalouses

- ❖ Les formations forestières : elles occupent toutes les zones élevées : Murdjadjo et le massif des Andalouses.
- ❖ Les terres agricoles : qui occupent la partie Sud-Est du secteur d'étude.



**Fig.48: Carte d'occupation du sol. (Extrait de la carte des pentes de la wilaya d'Oran), (Conservation des forêts. Oran, 2010)**

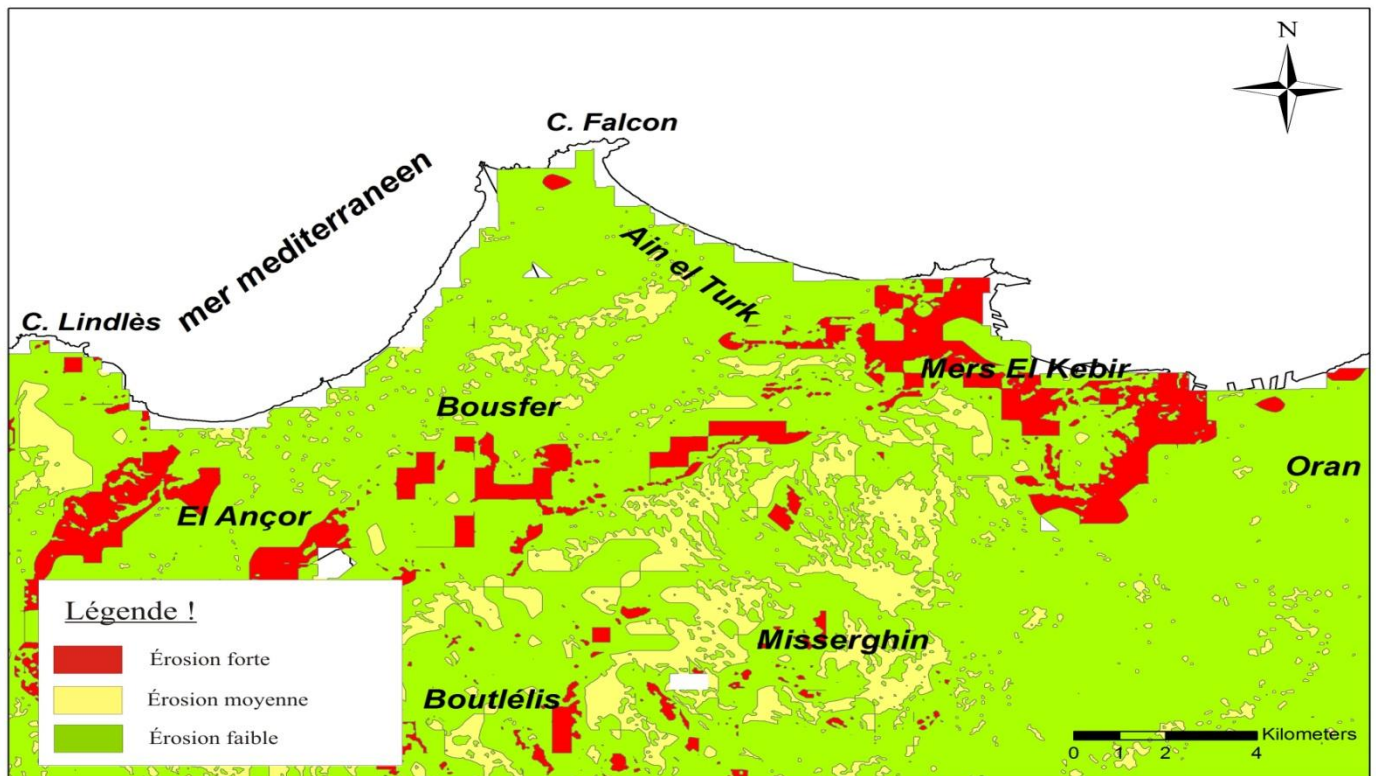
### 10.3. La carte de sensibilisation à l'érosion hydrique

Cette carte est obtenue par l'intégration des données de pentes, d'occupation du sol, carte de friabilité et la carte de l'érosivité des pluies. Ainsi on a pu mettre en évidence trois zones :

Une zone de faible sensibilité : elle occupe toute la plaine des Andalouses et le plateau d'Oran.

Une zone de sensibilité moyenne : elle occupe la partie moins élevée dans la plaine des Andalouses, cette zone est essentiellement constituée par les sols dunaires.(complexes dunaires).

Une zone de sensibilité forte : elle occupe toute la chaîne du Murdjadjo et la zone des falaises.



**Fig.49: Carte de vulnérabilité à l'érosion hydrique (Extrait de la carte d'érosion de la willaya d'Oran), (Conservation des forêts. Oran, 2010)**

## 11. Conclusion

Les formations superficielles sont le siège de déséquilibres responsable de l'aléa. Ces déséquilibres affectent les formations naturelles, les formations anthropiques, les formations de pentes et ainsi que les formations de plaine. Parmi ces déséquilibres nous notons : les glissements de terrains et surtout les glissements rotationnels qui a affecté la frange maritime, le retrait-gonflement des argiles qui affecte quelques zones dans la dépression de Mers El Kebir. Cette dernière représente la zone la plus instable dans le secteur étudié.

L'extension du complexe dunaire de Cap Falcon est le résultat de divers facteurs qui ont contribué à leur extension. Parmi ces facteurs, On note l'extraction des sables qui aggrave la situation de ce complexe dunaire.

Les formations superficielles sont aussi exposées au phénomène d'érosion hydrique à cause de l'aridité qui affecte le littoral oranais. Ce phénomène peut dégrader les formations superficielles tout en réduisant leur épaisseurs, leur extension et du point de vue agricole l'érosion hydrique qui affecte ces formations peut diminuer la fertilité des terres agricoles.

Donc les formations superficielles représentent le support de l'activité humaine, mais ces formations peuvent masquer l'origine de l'aléa, qui spécifie leur rôle dans le déclenchement de plusieurs mouvements de terrain quelque soit leurs types naturels ou anthropiques.



## **Conclusion**

Le présent travail, est approche à une meilleure connaissance des formations superficielles du littoral Oranais et leur rôle déclencheur sur les risques géologiques.

De point de vue géomorphologique la zone étudiée présente deux unités morphologiques :

- ❖ Les unités les plus élevées : le massif des Andalouses au N-W, au Sud et d'Ouest en Est : le massif de M'Sila, le Dj.Murdjajo, le Dj. Santon et le Dj.Santa-Cruz.

Ces unités correspondent aux horsts schisteux et calcaires, du point de vue climatique, elles sont les mieux arrosées.

- ❖ Les unités topographiques de faible altitude : la plaine de Bousfer/ les andalouses et la dépression de Mers El Kebir et le plateau d'Oran à l'Est.

Ces zone'' basses'' correspondent aux grabens à substrat formé de roches peu résistantes sablo-marneuses. Du point de vue climatique, elles sont les plus sèches.

Le secteur d'étude faisant partie du littoral oranais, est caractérisé par un climat méditerranéen semi-aride, cette aridité est due au déficit pluviométrique très marqué.

L'étude hydrogéologique de ces formations permet de mettre en évidence leur rôle privilégié, puisqu'elles vont régler le partage entre eau de surface et eau souterraine.

Malgré ces avantages, les formations superficielles ne sont pas souvent le siège de réserves considérables.

L'étude géophysique par la sismique réfraction nous a apporté une meilleure solution à la localisation des structures favorables au captage d'eau, représentés par un épais manteau de formations superficielles (colluvion+alluvions) tapissant les piémonts Nord du massif du Murdjadjo et qui recèlent une importante réserve en eau souterraine jouent un rôle considérable dans la stabilité des bas de versant.

Les formations superficielles offrent, à portée immédiate de l'homme une grande diversité minéralogique et granulométrique qui les rend aptes à des utilisations très variées tels que les travaux de génie-civil qui sollicitent ces ressources non renouvelables. Nous citons à titre exemple, les travaux de terrassement et de remblaiement.

On peut citer aussi l'exploitation de ces formations géologiques qui s'opère à partir de la carrière d'El Ançor à l'affleurement des massifs des calcaires liasiques, ainsi qu'au niveau du complexe dunaire pour l'extraction des sables.

Au niveau du secteur d'étude, ces formations sont exposées aux divers types de risques qui traduisent leur rôle déclencheur sur les risques géologiques.

La plaine des Andalouses et le plateau d'Oran représentent une zone essentiellement stable tandis que la dépression de Mers El Kebir est caractérisée par une instabilité due aux fortes pentes et aux retrait-gonflements des argiles.

Les unités les plus élevées sont les plus exposées à l'érosion hydrique par contre les zones basses tels que la plaine des Andalouses et le plateau d'Oran, elles sont caractérisés par une érosion hydrique faible.

Ainsi les mouvements de terrain qui affectent les formations du secteur étudié peuvent être classées en deux catégories :

- ❖ Les mouvements de pentes qui touchent les zones où leurs pentes sont très fortes.
- ❖ Les mouvements verticaux qui affectent les zones basses et qui peuvent provoquer des affaissements mais cependant de faible étendue.

L'exploitation des formations superficielles au niveau du littoral oranais et surtout au niveau de la région étudié a des effets importants sur l'aquifère côtier des Andalouses, constitué dans l'ensemble de complexes dunaires.

L'action conjuguée de l'extraction des formations superficielles tels que les sables dunaires au niveau du littoral oranais , en particulier la région étudié et la surexploitation des nappes d'eau côtières peut contribuer à la pollution des eaux souterraines et mettre en question la limite admissible qui ne doit pas être dépasser afin de protéger la ressource en eau douce .

L'utilisation du SIG permet l'intégration à tout moment de nouvelles données spatialisées et autorise l'élaboration des schémas directeurs de gestion à petite échelle dans le but d'estimer les zones vulnérables à l'érosion hydrique et aux mouvements de terrains en vue d'une politique globale de protection de ces zones.

Pour prévenir les risques liées aux formations superficielles, il faut bien étudier celles-ci avant toute forme d'occupation du sol et en prenant en considération la protection de l'environnement.

Enfin, nous pensons que ce modeste travail servirait d'un fil directeur pour une approche plus améliorée se consacrant à l'étude des formations superficielles.



# BIBLIOGRAPHIE

## Bibliographie

**ALI M. & ANOUR M.(2007)**- Décharge en mer des eaux douces sous marins ; exemple des côtes oranaises, mém.ing.univ.d'Oran, 102p.

**ANSAR A. (2012)**-Guide pratique pour l'utilisation des indices et coefficients climatiques. Édit. office des publications universitaires, 117p.

**ARAF A.M & MAMOUN A.M., (2007)**-Décharge en mer des eaux douces sous marines : exemple des cotes Oranaises, Mém.Ing.Univ.Oran

**BEN ABDELLAH M. (2010)**-Mise en évidence des phénomènes dynamiques contrôlant le littoral oranais (de la Calère à la point de Canastel) : étapes fondamental pour une cartographie des risques géologiques. Thèse de Magister, univ. D'Oran, 270p.

**BENZIANE A. (1978)**- Etude géologique et hydrogéologique de la région des Andalouses, Thèse doc. univ. d'Oran, 140p.

**Conservation des forêts de la willaya d'Oran, (2010)** : Carte d'érosion d'Oran.

**DOUMERGUE M. (1912)**- carte géologique de la feuille des Andalouses au 1/50.000

**EL KHARIM Y. (2002)**- Etude des mouvements de versants dans la région de Tétouan (Rif occidental) : Inventaire, analyse et cartographie, Thèse doc. Es-Sciences, univ., Abdelmelek Essaadi, Tétouan, Maroc, 250p.

**FENET B. (1975)**-Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africaine à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse nord-maghrébin : les monts de djebel Tessala et les massifs du littoral oranais, Thèse .Sci, univ. Nice, 301p.

**FOUKRACHE M. (2001)**- hydrogéologie des massifs côtiers Oranais (ARZEW- BENI DAF).thèse de magister en hydrogéologie, science de la terre, univ.Oran, 321p.

**FOUKRACHE M.(2013)**- Cours de géomorphologie.Master "Risques Naturels et Gestion",Faculté des Science de la Terre, de Géographie et d'Aménagement de Téitoire, univ.d'Oran.

**GENS A & ALONSO E.E. (1992)**-A frameworkfor the behavior of unsaturated expansive clays, Revue canadienne de Géotechnique, Vol.29, pp.1013-1032.

**GHODBANI T. (2005)**-Rechgoun, un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. Revue Méditerranée, les grands sites naturels des aires métropolitaines méditéranéennes, n°304, pp 87-94.

**HACHICHI A & FLEUREAU J.M. (1999)**-Caractérisation et stabilisation de quelques sols gonflantes d'Algérie, revue Française de géotechnique, n°86, PP.37-51.

**HASSANI I. (1987)**- Hydrogéologie des bassins endoréique semi-arides. Le bassin de la grande Sebkhad'Oran. Thèse doc.3° cycle, univ. Grenoble., 304p.

**MANSOUR H. (1989)**-hydrogéologie des complexes dunaire à l'Ouest d'Oran de Cap-Falcon(Oran) A TERGA (BENI-SAF) Algérie. Thèse de magister en hydrogéologie, science de la terre, univ.Oran, 369p.

**MARTIN P. (2006)**-Ces risques que l'on dit naturels. Édit.Eyrolles, Paris, 506p.

**MASSON M & EVARD H. (1979)**-Synthèse des inventaires de matériaux de la base vallée de la Seine, Bulletin de Liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées, 104p.

**OUSMAN A & OUSMANE A.I. (2008)**- Caractéristiques hydrogéologiques d'un aquifère côtier du littoral oranais (plaine des Andalouses, El Ançor, Ain Turk), mém.ing.Univ.d'Oran, 101p.

**REMAOUN K. (1981)**-Le littoral oranais d'Oran aux Andalouses : Recherche géomorphologique. Thèse doc.3<sup>e</sup> cycle, univ. Lille, 270p.

**SOGREA H. (2003)**- Etude d'aménagement interne de la grande Sebkhah d'Oran, Mission 1.Rap.de la direction des études d'aménagements hydrauliques. Ministère des Ressources en Eau.

**STROGEXPORT. (1972)**-Plaine côtière oranaise : prospection géophysique, Rap. Inédit. 10p.

**VARNES D.J. (1978)**-Slop movement types and processes: Landslides and control. Édit.

Nation Academy of Sciences Washington DC., Transportation Research Board Special, pp.11-33.

**YVETTE D & GUILHEN B. (2007)**-Les formations superficielles: Genèse typologie, classification, paysages et environnement. Ressources et risques, 788p.