

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 de l'Aménagement de Territoire

Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de

Magister

Option : Risques Naturels, Aménagement du Territoire et Géodynamique des Bassins
Sédimentaires

Thème :

Le Risque Géologique en zone urbaine:

Exemple de la ville d'Oran

Par :

Youcef KENANE

Soutenu le .././..... devant la commission d'examineurs :

Oran, 2009

RESUME

La communauté urbaine et la ville d'Oran, connue par des problèmes d'instabilité de terrain, accentués par une urbanisation anarchique, bâtie sur des assises d'oueds comblés, se trouvent confrontés à de nombreuses instabilités de terrain ayant des impacts certains sur l'habitat urbain

Le climat de la région a une influence directe sur le niveau piézométrique et par conséquent sur la direction de l'écoulement souterrain qui est un facteur déclencheur des glissements et des affaissements. D'une manière générale, la région Oranaise jouit de ce qu'il est convenu de dénommer le climat Méditerranéen

La carte piézométrique du plateau d'Oran a permis de mettre en évidence la présence de 03 bassins hydrogéologiques séparés par des lignes de partage des eaux souterraines. Le système aquifère du plateau d'Oran constitue un ensemble hydrogéologique complexe, caractérisé par un substratum imperméable ondulé et par de fréquents changements latéraux de faciès. Ainsi, vers le Nord la nappe est caractérisée par un système de trop plein le long de la frange maritime alors que vers le Sud c'est le système de drainance qui alimente la nappe alluvionnaire du bassin versant de la Daiet Morcely.

La région d'Oran, de par sa complexité morpho structurale et son activité sismotectonique, présente des risques géologiques liés à la nature de ses terrains qui menace l'instabilité du site urbain, elle est caractérisée par l'existence d'un réseau de failles qui, lors de leurs rejeu vont engendrer des glissements, des affaissements et des éboulements au niveau des falaises (frange maritime Est) et des zones des piedmonts (faille de la Calère d'Oran, tunnel près de la pêcherie).

Les écoulements superficiels et les infiltrations peuvent provoquer des risques potentiels d'effondrement, particulièrement ceux du centre ville d'Oran. Il est fondamentalement important de signaler qu'une bonne partie des constructions sont érigées sur une formation de remblai, Ces remblais étant instables dans le temps, vont provoquer au sein des constructions une fissuration importante des murs et des affaissements du sol, résultant le plus souvent de l'imbibition de ce remblai (très perméable) par les venues d'eau d'infiltration, suralimentées continuellement par un réseau d'assainissement défectueux.

Il y a lieu de signaler également un phénomène de dissolution affectant d'une part les calcaires gréseux, développant une structure karstique et d'autre part des lentilles de calcaires gypseux, générant de véritables cavités souterraines, qui sous le poids du bâti existant aura un impact conséquent sur la stabilité des immeubles comme c'est le cas d'un lotissement au niveau de la rue de Mostaganem (Sud du centre ville).

Un autre phénomène est observé le long des falaises (élevée à plus de 70m) au N-E de l'agglomération, celui des chutes des blocs. Elles proviennent de la désagrégation mécanique et chimique des calcaires gréseux et les grès qui s'étendent sur plusieurs kilomètres. En aval de cette falaise il y'a une route qui mène au Kristel. Le phénomène d'éboulement présente un vrai danger pour les utilisateurs de cette route, car la taille des blocs peut atteindre plusieurs mètres cubes.

Mots clefs : instabilité de terrain, niveau piézométrique, glissements, affaissements, bassins hydrogéologiques, risque géologique, lignes de partage des eaux, sismotectonique, éboulements, structure karstique

TABLE DES MATIERES

I-INTRODUCTION	01
1-BUT DE L'ETUDE.....	01
2-HISTORIQUE DE LA VILLE D'ORAN	01
II- CONSIDERATIONS GENERALES.....	03
1- SITUATION DE LA REGION D'ORAN DANS SON CADRE GENERAL	03
2- LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	04
3- GEOMORPHOLOGIE DE LA REGION D'ORAN.....	05
4- APERÇU CLIMATOLOGIQUE.....	06
4-1- La Pluviométrie	06
4-2- LES TEMPERATURES	07
4-3- Régime thermique	08
4-3-1- COURBE PLUVIOTHERMIQUE	08
4-3-2- COURBE embrothermique	09
5- HYDROLOGIE	10
III- CADRE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE.....	11
1-CADRE GEOLOGIQUE GENERAL.....	11
1-1-Travaux réalisés (anciens et récents).....	11
1-2-Cadre géologique.....	12
1-2-1- INTRODUCTION	12
1-2-2- CADRE GEOLOGIQUE	13
1-3- Lithostratigraphie de la région étudiée.....	15
1-3-1- Les formations anté-nappes	15
a- Le primaire.....	15
b- Le Jurassique.....	16
c- Le Crétacé	17
1-3-2- Les formations post-nappes.....	17
a- Le Miocène post-nappe	17
a-1-Le premier cycle Miocène post-nappes (Langhien	
Serravallien)	17
a-2-Le deuxième cycle Miocène post-nappe	18
b-Le Pliocène inférieur et moyen	19
c- Le Plio-Pléistocène.....	19
d-Le pléistocène moyen.....	20
1-3-3-Synthèse	20

a- Les formations anté-nappes.....	20
- Le Primaire.....	20
- Le Jurassique	20
- Le Crétacé	20
b- Les formations post-nappes	20
b-1- Premier cycle Miocène post-nappe (Langhien-	
Sérravallien).....	20
b-2-Deuxième cycle Miocène post-nappe	
Tortonien/Messinien	21
b-3- Le Pliocène inférieur et moyen.....	21
b-4- Le Plio-Pleistocène (Calabrien)	22
b-5- Le Pléistocène moyen	22
b-6- Le Pléistocène supérieur	22
b-7- L'Holocène.....	22
1-4- Position structurale de la région d'étude dans son cadre général	22
1-4-1-Introduction	22
1-4-2- La direction NE-SW à N 70	23
1-4-3- La direction N 10°-N 30°	23
1-4-4- La direction E-W et N 140°	23
2- ASSISE GEOLOGIQUES DE LA VILLE D'ORAN	24
2-1- Série complète de la coupe de Gambétta	24
2-2- Les sondages de reconnaissance	25
2-2-1- Inventaire des principaux sondages	25
2-2-2- Distribution spatiale des sondages	29
2-2-3- Conséquences hydrogéologiques	31
2-3- Les coupes synthétiques	32
2-3-1- Coupes hydrogéologiques Nord – Sud	32
2-4- Répartition des aquifères de la région d'Oran.....	34
2-5- Identification géologique des aquifères.....	34
2-5-1- Le Primaire	34
2-5-2- Le Secondaire	35
A- Le Trias	35
b- Le Jurassique.....	35
c- Le Crétacé	35
2-5-3- Le Tertiaire	35
2-5-4- Le Plioquaternaire	35
3- LIMITES DE LA NAPPE DU PLATEAU D'ORAN	36
3-1- Nappe du plateau Nord d'Oran	36
3-2- Nappe du plateau Sud d'Oran	38
3-3- LA NAPPE DU PLATEAU DE BIR EL DJIR	39
3-4- La nappe perchée d'Aïn Khédidja	39
3-5- La nappe des calcaires à algues du Murdjadjo	39

IV- LES RISQUES GEOLOGIQUES.....	41
1-INTRODUCTION	41
2-LES PARAMETRES NATURELS ET ANTHROPIQUES INFLUENÇANT L'ALEA.....	41
2-1- Les paramètres naturels influençant l'aléa	41
2-1-1- La géologie.....	41
2-1-2- La geomorphologieE	42
2-1-3-L'hydrogéologie	42
2-1-4-Les séismes	42
2-2-Les paramètres anthropiques influençant l'aléa.....	43
2-2-1-La modification de l'hydrologie	43
2-2-2-La modification du relief.....	43
3-LES RISQUES GEOLOGIQUES	43
3-1- Risques sismiques	43
3-1-1- Séismicité historique de l'Oranais	43
a - LE SEISME DU 09 OCTOBRE 1790 (1H, 35°7N, 0°7W).....	44
b - Le séisme du 29 Juillet 1872 (8H 15', 35°9N, 0°1E)	45
c - Le séisme du 21 Mai 1889 (4H 15', 35°7N, 0°8W).....	45
d - Le séisme de Juillet 1912 (18H 06', 35°7N, 0°4W)	46
e -Les séismes du 19, 20 et 21 Juin 1925 (35°8N, 0°4W).....	46
f - Le séisme du 01 Avril 1939 (08H 02', 35°9N, 0°1 E).....	46
g - Le séisme du 12 Décembre 1959 (35°7N, 0°7W).....	46
3-1-2- Cadre tectonique	47
a - Les principaux accidents.....	47
a-1- Accident de Kristel.....	47
a-2- Accident Ain Franin-Arbal	48
a-3- Accident de Ras El Ain - Château Neuf	49
a-4- Accident de Murdjadjo	49
a-5- La faille de Bousfer (F3).....	51
a-6- La faille de la Sebkha Nord (faille d'Oran) (F4)52	
a-7- La faille de la Sebkha Sud (F5).....	52
3-1-3- La séismicité actuelle en Oranie	53
3-1-4- Conclusion	58
3-2- RISQUES HYDROGEOLOGIQUES URBAINS.....	59
3-2-1- Paléohydrographie de la frange maritime	59
a- Bassin versant de Ras El Aïn	59
b- Bassin versant de la baie de Saint Thérèse	59
b-1- Ravin Rouina.....	59
b-2- RavinMina	61
b-3- Ravin de la Cressonnière	61
b-4- Ravin blanc.....	62

3-2-2- Hydrogéologie de la frange maritime d'Oran	62
a- <i>Piézométrie</i>	62
b- Sous bassin versant hydrogéologique Cressonnière – ravin blanc.....	66
c- Hydrochimie de la nappe du ravin blanc	68
3-2-3- Impacts sur le bâti et l'environnement urbain.....	70
a- <i>Fissuration du réseau routier</i>	70
b- Affaissements	74
c- Effondrements et chutes de blocs	78
3-2-4- Mise en évidence des anomalies du risque géologique par l'emploi du georadar	81
a- méthodologie géophysique et matériel employé	81
b- Détection des anomalies (cavités, fissures, zones altérées) ..	87
4-RISQUES ANTHROPIQUES.....	89
4-1- Le réseau d'assainissement de la ville d'Oran	90
4-2- Défection des réseaux de drainage et d'assainissement	94
4-2-1- Les dégradations constatées sur le premier tronçon d'ovoïde inspecte	94
a- Causes des dégradations de l'ovoïde	94
b- Conséquences des dégradations de l'ovoïde	94
4-2-2- Les dégradations constatées sur le deuxième tronçon d'ovoïde inspecte	95
a- Collecteur du rond point de la cité Djamel	97
b- Collecteur de place Gambetta	97
c- Causes des dégradations de l'ovoïde.....	97
d- Conséquences des dégradations de l'ovoïde.....	98
V-CONCLUSION	99

I - INTRODUCTION

1-BUT DE L'ETUDE

La communauté urbaine et la ville d'Oran, connue par des problèmes d'instabilité de terrain, accentués par une urbanisation anarchique, bâtie sur des assises d'oueds comblés, se trouvent confrontés à de nombreuses instabilités de terrain ayant des impacts certains sur l'habitat urbain. Dans ce cadre, une politique de prévention doit être instaurée et c'est dans ce contexte qu'un travail sur les risques géologiques dans le milieu urbain de la ville d'Oran a été proposé. Il s'agit de cerner certains problèmes liés aux phénomènes géologiques et les localiser dans l'espace afin de dégager une carte d'aléa des risques.

L'objectif de notre travail est de faire une analyse du risque naturel visant à délimiter les zones le plus exposées puis proposer des mesures de protections vis-à-vis de ces risques. On a donc une première phase technique, qui permet d'estimer la probabilité de survenance d'un phénomène donné en un endroit donné ; la deuxième phase réglementaire, qui se pose plus en termes d'aménagement, consiste à déterminer quelles sont les meilleures réponses à apporter aux problèmes mis en évidence par la première phase.

Pour mener à bien notre travail de recherche, on s'est beaucoup basé sur les enquêtes et les observations sur terrain tout en se référant aux différents travaux qui ont touchés le problème d'instabilité de terrain et qui ont fait l'objet de nombreuses études dans l'agglomération d'Oran.

2-HISTORIQUE DE LA VILLE D'ORAN

Située au fond d'une baie, sur les deux rives de l'Oued Rehhi, dominée par les monts de l'Aïdour, Oran a été conquise par les armées espagnoles du cardinal Ximénès Cisneros et du général PEDRO NAVARO en 1509. Ces derniers sont remplacés en 1708 par les Turcs du Bey MUSTAPHA BEN YOUSSEF, fondateur de la ville de Mascara pour un intermède de 24 ans. Oran demeure garnison espagnole jusqu'en 1791. Le 4 janvier 1831, le général DANREMEONT entre dans Oran qui devient une tête de ligne de la pénétration du Sud Oranais. Le 31 janvier 1838, la ville est érigée en commune de plein exercice.

10 forts ceignent la ville d'Oran (fig. 01) : la vieille Casbah, reconstruite vers 1509 sur les ruines d'une fortification érigée en 903 ; le Château-Neuf Bordj El-Ahmar, la résidence des beys puis l'hôtel de la division militaire ; le fortin ou lunette Saint-Louis datant du XVIIe siècle ; la Mona ou Lamoune ; Sainte-Thérèse, Saint Philippe ou fort des Beni Zeroual, Saint Grégoire, réparé en 1845 par les Français pour en faire une prison militaire ; Saint-André ou Bordj El-Djedid (le fort des spahis), remis en état en 1831 ; Santa-Cruz, ancienne prison restaurée de 1856 à 1860 et le réduit Sainte-Barbe, prison indigène.

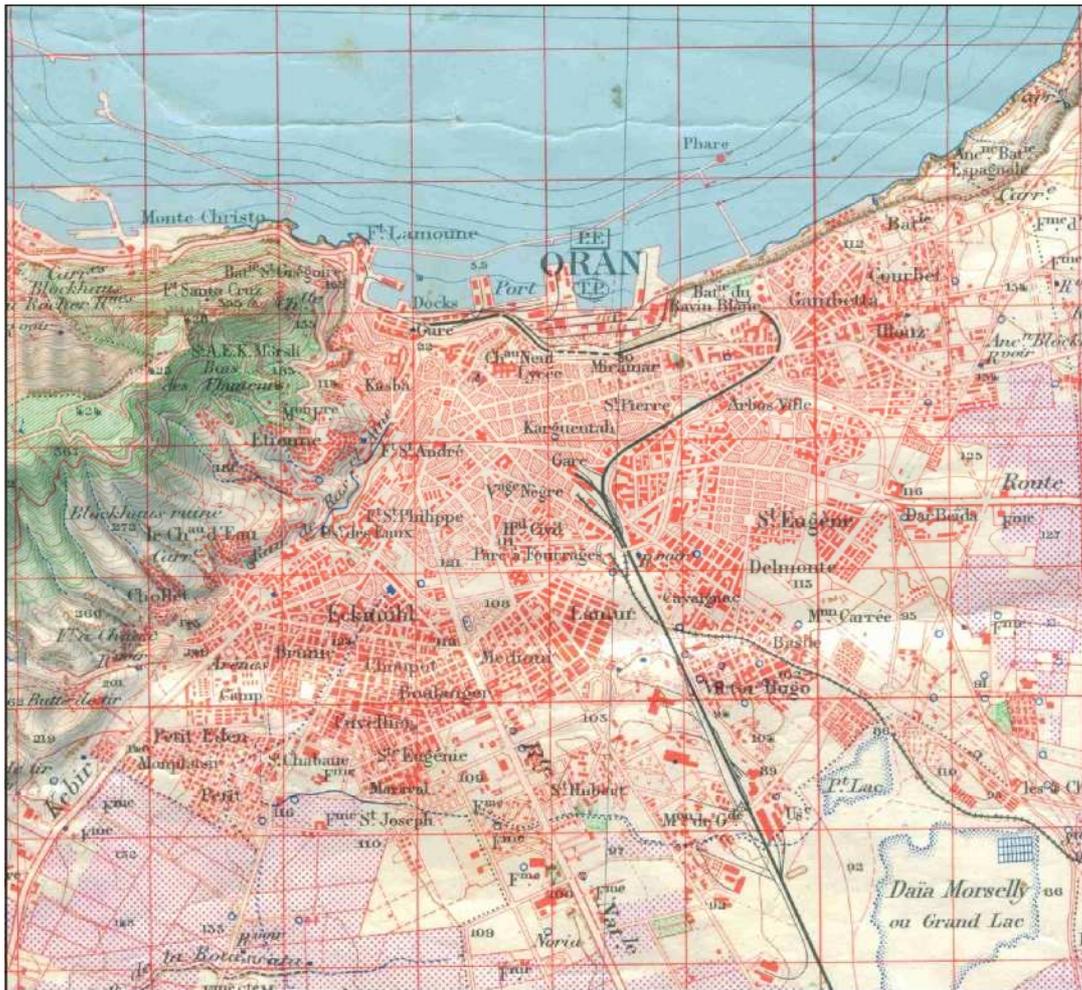


Fig. 01: Plan de la ville d'Oran (1930)

Un recensement de l'époque de l'arrivée des Français, donne 3.200 habitants. En 1962 elle en dénombre 400.000 habitants.

Au lendemain de l'indépendance, les plans d'équipement des communes, le plan triennal et le premier quadriennal eurent très peu d'influence sur l'extension et l'urbanisation de la ville, vidée de la majorité de ses habitants. C'est avec le deuxième plan quadriennal, le PMU en 1975 et le PUD en 1976, que l'urbanisation allait prendre un nouvel essor, sous les mêmes formes et

axes que ceux tracés pendant l'époque coloniale : on assiste à la poursuite du même type d'urbanisation ; malgré l'énorme effort de construction, les résultats et les tendances sont les mêmes que ceux hérités de la période française. De 1978 à 1991, le développement urbain est marqué par l'urbanisation de la deuxième couronne, achevée en 1986 (ZHUN), l'extension vers l'est, la marginalisation de la zone ouest (Planteurs, Ras El Ain et Sidi El Houari) et l'absence de planification urbaine accompagnée de la poursuite de l'exclusion des populations vers les agglomérations périphériques.

II - CONSIDERATIONS GENERALES

1- SITUATION DE LA REGION D'ORAN DANS SON CADRE GENERAL

L'Atlas tellien occidental constitue un domaine grossièrement orienté E-W où s'alternent monts, plateaux et dépressions. On y rencontre trois sillons (septentrional, médian et méridional) séparés par des rides ou régions montagneuses (fig. 02).

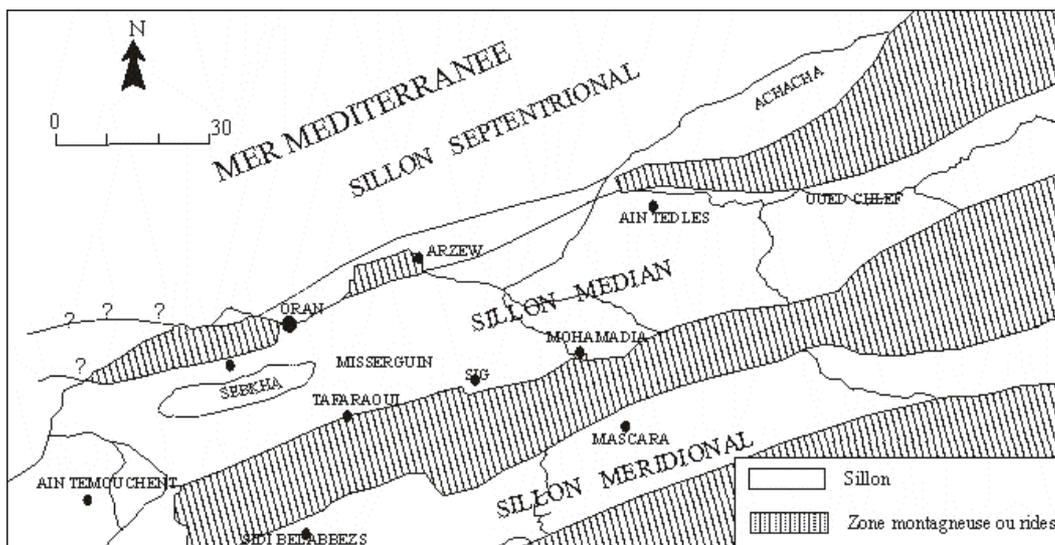


Fig. 02- Schéma de la structure générale de l'Oranie (Delfaud et al, 1973)

- Le sillon médian est séparé du septentrional par une grande partie du tell (tell septentrional) et qui comporte les monts du Murdjadjo, les monts d'Arzew et les monts du Dahra.
- Le littoral oranais s'étend dans le tell septentrional algérien dont ces terrains se rattachent aux terrains Néogène sublittoraux. Certains auteurs (GOURINARD, 1958, DELFAUD *et al.*, 1973) les considère comme étant le territoire compris entre les marais de la Macta à l'Est, les dépressions de la grande sebkha d'Oran et d'Arzew au Sud et la méditerranée au Nord et à l'Ouest.

El Hassi (Pont Albien) etc.... Elle correspond à un chef lieu de wilaya et constitue la capitale de L'Ouest Algérien.

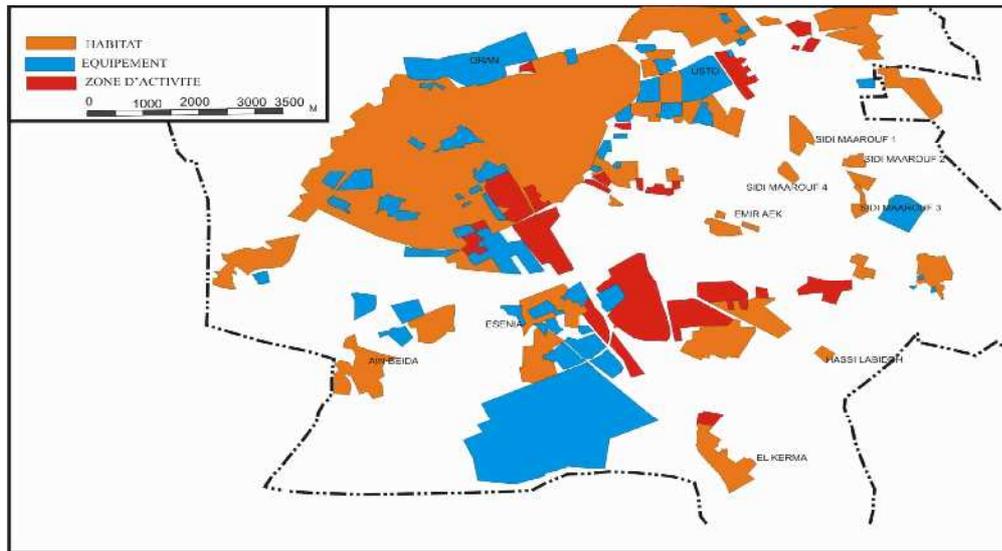


Fig. 04- Schéma d'urbanisation de l'agglomération oranaise (Sogreah, 1997)

3 - GEOMORPHOLOGIE DE LA REGION D'ORAN:

Le plateau d'Oran fait partie de l'ensemble appelé "littoral Oranais" constitué de plateaux encadrés de horsts. Cet ensemble est situé dans le prolongement du bassin du Bas Chélif. Il se présente sous forme d'une longue cuvette jalonnée par une succession de plaines dont l'altitude reste peu élevée. Le plateau est légèrement incliné vers le Sud, sa topographie généralement de type endoréique. La côte qui limite le plateau au Nord est formée de falaises abruptes et élevées (falaise de Gambetta) où se développe un complexe de dunes datant de divers périodes du Quaternaire.

L'Ouest du plateau est formé par la bordure orientale du horst du Murdjadjo dont l'ossature est formée de formations d'âge Secondaire. A Oran ville; la limite entre les deux entités est marquée par le ravin de Ras El Aïn.

Le Nord-Est et le Sud-Est du plateau entre Bir El Djir et El Braya, sont constitués par une zone de collines de faibles altitudes. Le Sud et le Sud-Ouest du plateau sont limités par la zone déprimée de la grande sebkha d'Oran.

4 – APERÇU CLIMATOLOGIQUE

Le climat de la région a une influence directe sur le niveau piézométrique et par conséquent sur la direction de l'écoulement souterrain qui est un facteur déclencheur des glissements et des affaissements. D'une manière générale, la région Oranaise jouit de ce qu'il est convenu de dénommer le climat Méditerranéen. Cette appellation ne constitue cependant qu'une première approche en raison de l'existence de multiples micro - climats locaux régis aussi bien par des conditions atmosphériques que topographiques ou géographiques. La présence de cuvettes endoréiques, dolines, dayas, Sebkhass dans la région d'Oran ne fait que confirmer le caractère aride de la région.

4 – 1. La Pluviométrie

- *Répartition de la pluviométrie annuelle (fig. 05):* L'extrait de la carte des précipitations moyennes dressée par l'ANRH sur une période de 50 années (fig. 05), indique une pluviosité supérieure à 500 mm sur les crêtes et de seulement de 200 à 300 mm/an à proximité de la mer.

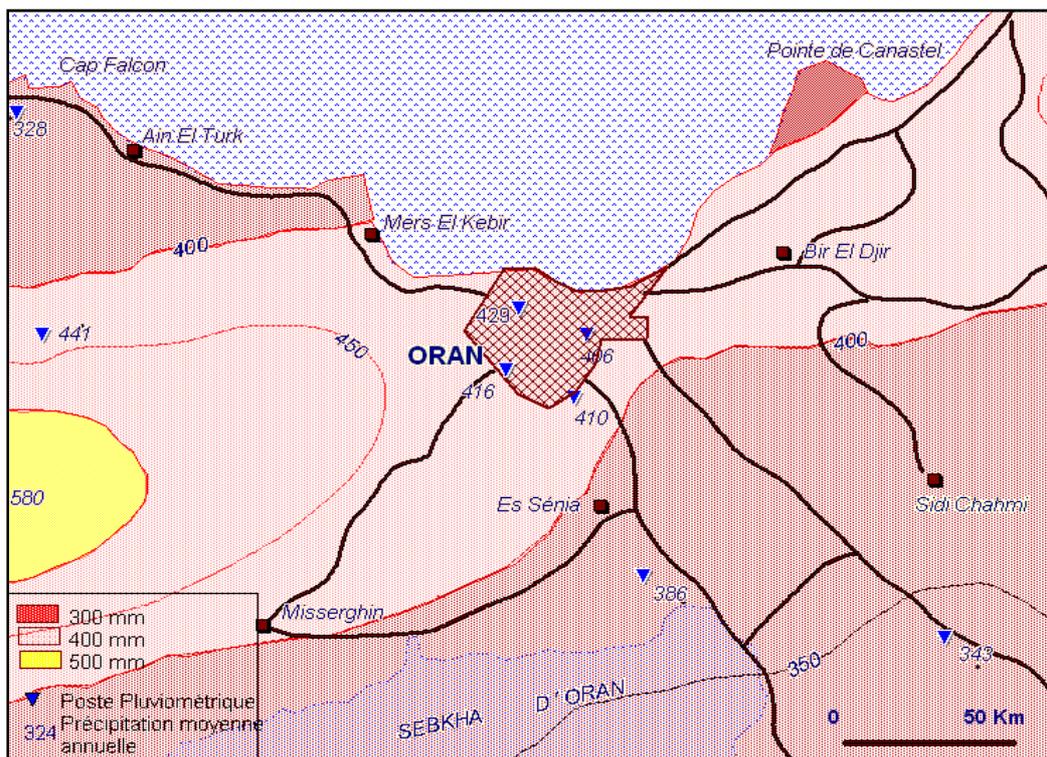


Fig. 05 – Carte pluviométrique de la région d'Oran (ANRH – 1963-2002)

- Répartition de la pluviométrie mensuelle (Oran port)

Les valeurs moyennes des précipitations mensuelles recueillies au niveau de la station d'Oran-Port sont données durant la période 1988-1997.

Tableau n° 01

Station	Latitude (N)	Altitude (m)	Longitude	Periode d'observation
Oran-Port	35 °-42	18.10 m.	00 ° -39	1988-1997

Le mois de mars constitue le mois le plus humide en raison des pluies souvent violentes du printemps alors que le mois d'Août constitue la période mensuelle la plus sèche (fig. 06).

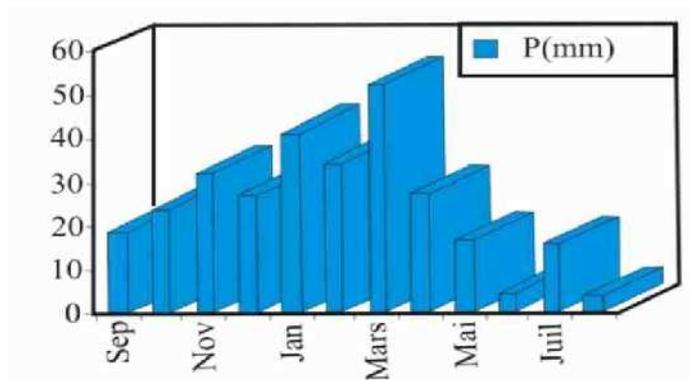


Fig. 06- Histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Oran- port

4-2- Les températures : Notre secteur d'étude se trouve dans une région où domine un climat méditerranéen avec un été chaud et un hiver froid. Les données d'observations ont été

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
M	16,65	16,91	17,65	19,18	21,53	23,61	26,64	27,66	25,67	22,83	20,23	18,34	21,40
m.	17,97	10,77	12,33	13,84	16,72	18,65	22,32	23,84	21,64	17,89	14,46	10,91	16,77
(M+m)/2	17,31	13,84	14,99	16,51	19,12	21,13	24,39	25,75	23,56	20,36	17,34	14,66	19,08

effectuées à la station d'Oran-Port (1988-1997). Tableau n° 02

M : Température mensuelles maxima.

m. : Température mensuelles minima.

(M+m)/2 : Température moyenne mensuelles en C°.

Les variations des températures mensuelles représentées sur la figure 07 donnent les températures mensuelles moyenne maxima, le maximum se présente en Août (27.66 C°). Les températures décroissent ensuite pour atteindre (16,65 C°) en janvier. Pour les températures moyennes minima, le minimum se présente au mois de février (10,77 C°).

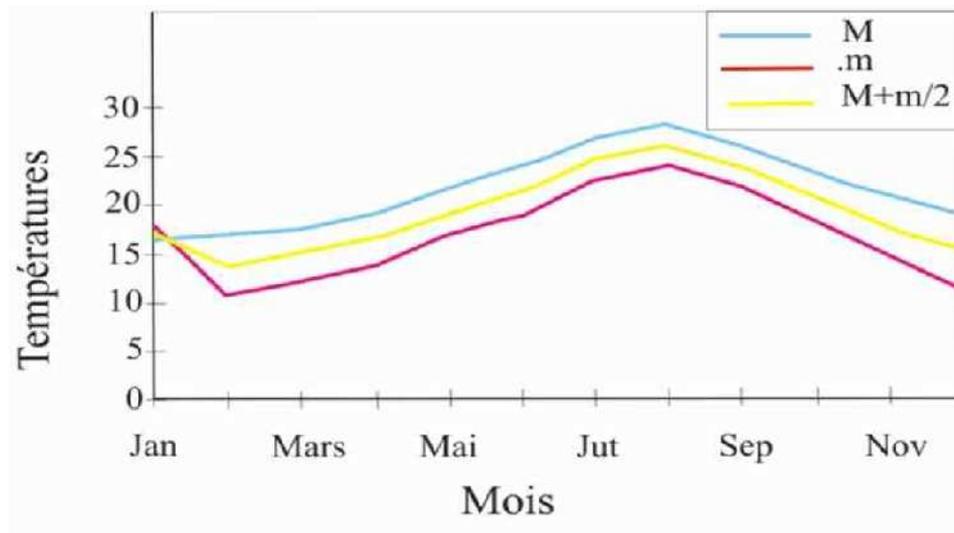


Fig. 07 - Températures moyennes mensuelles (station d'Oran-Port)

La répartition de la température moyenne mensuelle permet de considérer février comme le mois le plus froid (13.84 C°) et Août (25,75 C°) comme le mois le plus chaud.

4-3- Régime thermique :

4-3-1- Courbe pluviothermique :

Pour BAGNOULS et GAUSSEN un mois sec est celui où le total moyen de précipitation exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimée en C°. Cette relation permet de dresser des diagrammes pluviothermiques sur lesquels, la température est portée sur une échelle double de celle des précipitations ($P = 2T$). Pour un mois humide, la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures. Le diagramme (fig. 08) montre que la période sèche débute vers la fin du mois d'avril qui se prolonge sur toute l'année et la courbe des précipitations qui passe au dessus de celle de la température définit une période humide ; cette dernière débute du mois de janvier et se termine à la fin du mois d'avril.

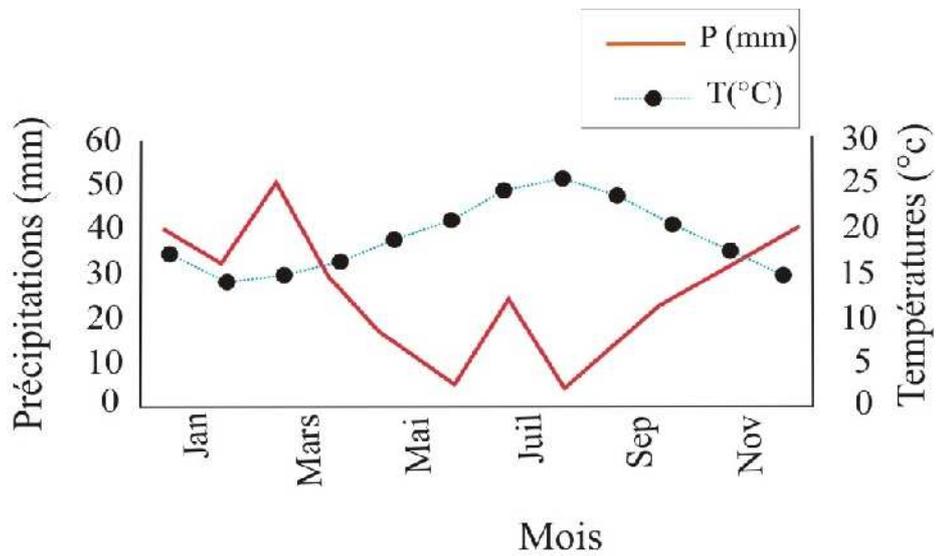


Fig. 08- Courbe pluviométrique (Station d'Oran -Port).

4-3-2- Courbe embrothermique :

EUVERTE a proposé cette méthode qui consiste à reporter ces températures suivant une échelle arithmétique et les précipitations sur une échelle logarithmique. Si la courbe des températures passe au dessous de celle des précipitations, on est donc à la présence d'une période pluvieuse, si c'est le contraire alors on est en période sèche (fig. 09).

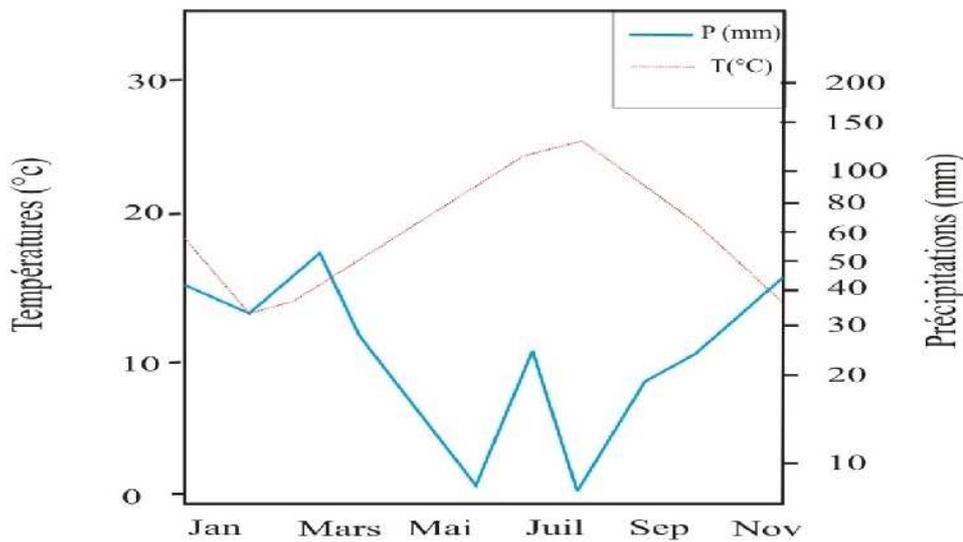


Fig. 09- Courbe embrothermique (Station d'Oran -Port)

La période pluvieuse, commence du mois de février jusqu'à avril alors que la période déficitaire couvre les autres mois de l'année.

5- HYDROLOGIE :

Le plateau d'Oran est loin d'être une surface plane. Il est jalonné de petites cuvettes endoréiques (Daïet) qui drainent les eaux de ruissellement. Nous distinguons principalement la Daïet Morseli qui a pour appendice le "petit lac" aujourd'hui pratiquement comblé. Elle est située entre la zone industrielle d'Es-Senia et le quartier de petit lac.

Sur le flanc Sud du Djebel Murdjadjo (fig. 10), les oueds limités en amont par la ligne de partage des eaux superficielle, constituent des entailles plus ou moins profondes dans les calcaires du Miocène. Ils présentent généralement un écoulement temporaire au régime très irrégulier, conditionné le plus souvent par la fréquence des précipitations.



Fig. 10-

Vue satellitaire d'Oran et de son réseau hydrographique (Algeria Space.Blogspot.com)

L'ossature du réseau hydrographique sur le flanc Sud du Djebel Murdjadjo indique que les Chabets dévalent selon une direction Nord-Sud vers la plaine de Misserghine et la grande Sebcha d'Oran. Au niveau de la plaine orientale du Djebel Murdjadjo, les écoulements prennent une direction N-W. S-E en se dirigeant vers la partie occidentale du plateau d'Oran, essentiellement représenté par l'oued Chabane qui draine la partie au Nord-Est de Pont Albin, s'écoule vers Aïn El -Baida et l'ENSEP, pour déboucher à Dayat Morseli. Quant à l'Oued Keffri, il prend une direction E-W. Son cheminement aval se fait dans le ravin de Ras El Aïn pour rejoindre la mer au niveau du vieux port d'Oran.

III- CADRE HYDROGEOLOGIQUE :

1-CADRE GEOLOGIQUE GENERAL:

1-1-Travaux réalisés

Avec le début de la colonisation française, le bassin de Bas Cheliff a fait l'objet de nombreuses études géologiques, axées surtout vers l'inventaire des ressources minérales. A partir de 1946, la perspective de découvertes d'hydrocarbures devait orienter la géologie algérienne vers un intérêt économique.

- M. RENOUE (1848) découvre pour les formations nummulitiques des Tessalas.

- L. VILLE (1852) parcourt l'Oranais à la recherche de substances utiles et procède accessoirement à des observations plus générales, particulièrement sur quelques précisions stratigraphiques qui débouchera sur la notice minéralogique, la première tentative de synthèse géologique.

-A. POMEL (1871), décrit dans son mémoire que les schistes d'Oran sont siluriens, les poudingues de Djebel Khar, de Cap Falcon sont permien et les grosses masses dolomitiques sont reconnues comme étant jurassiques aux environs d'Oran et au Djebel Orouse du massif d'Arzew.

- En 1881 et 1889 paraissent les deux premières éditions de la carte géologique de l'Oranais par A. POMEL.

-A partir de 1896, L. GENTIL et F. DOUMMERGUE ont fondé la géologie oranaise dans une série de publications, puis dans son mémoire sur le bassin de la Tafna, L. GENTIL va fournir la première étude géologique relativement détaillée de l'Oranais occidental. Cependant l'absence d'arguments paléontologiques et la complexité structurale continuent à entretenir la confusion quant à l'âge des schistes épimétamorphiques. Il admet l'âge triasique des lambeaux de gypse, argilites, dolomies noires et roches vertes aussi bien dans les Tessalas que dans les massifs littoraux.

-En 1900, F. DOUMMERGUE établit la carte géologique de la province d'Oran où il montre les structures géologiques et leur évolution depuis l'âge triasique. C. ARAMBOURG (1927) étudie les poissons fossiles du Sahélien d'Oran.

-En 1948, J. FLANDRIN apporte toutefois d'utiles et indispensables précisions à la stratigraphie du Nummulitique de Tessalas.

-TINTHOIN (1948) et POUQUET (1952) ont réalisé des études de type géomorphologique.

-A. PERRODON (1957), dans sa thèse présente une synthèse stratigraphique et paléogéographique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. Il explicite clairement les relations entre sédimentation et diastrophisme. Y. GOURINARD (1958), interprète le littoral oranais comme une suite de horsts et de grabens.

-J. DELTEIL (1974), B. FENET (1975), P. GUARDIA (1975), s'intéressent aux études de type géodynamique.

-J. M. ROUCHY (1979, 1980, 1981, 1982), étudie essentiellement les évaporites de Messinien oranais.

-G. THOMAS (1985) réalise une étude de type géodynamique du bassin du Serravallien jusqu'au Quaternaire. Il a pensé que ce bassin s'est développé sur une croûte continentale normale et doté d'une extrême mobilité celle-ci étant liée à des phénomènes de cisaillement-collision qui amène à une tectonique en distension puis en transpression.

-Depuis 1986, L. BELKEBIR (1986), BELKEBIR *et al.* (1991) et BELKEBIR *et al.* (1996) donnent de nouvelles données de datation basée sur les foraminifères. Ces travaux ont permis une biostratigraphie beaucoup plus fine du Miocène du bassin du Bas Chelif.

Récemment plusieurs travaux d'Ingénierat d'Etat du Département de Géologie de l'Université d'Oran, Es-Sénia ont permis d'affiner la biostratigraphie la sédimentologie et l'hydrogéologie de l'Oranie.

1-2-Cadre géologique :

1-2-1- Introduction :

La région d'étude se trouve dans la partie septentrionale du bassin du Bas Chélib qui fait partie des bassins néogènes sub-littoraux de l'Algérie nord occidentale. Le bassin du Bas Chélib se trouve entre les massifs côtiers et les massifs internes de l'Atlas tellien oranais et occupe une grande partie du sillon médian défini par DELFAUD *et al.* (1973). Il constitue une vaste cuvette, limité au Nord par l'axe du Murdjadjo, les monts d'Arzew et le massif du Dahra. Sa bordure méridionale est constituée du profil Tessala, Béni-Chougrane et le massif de l'Ouarsenis (fig.11).

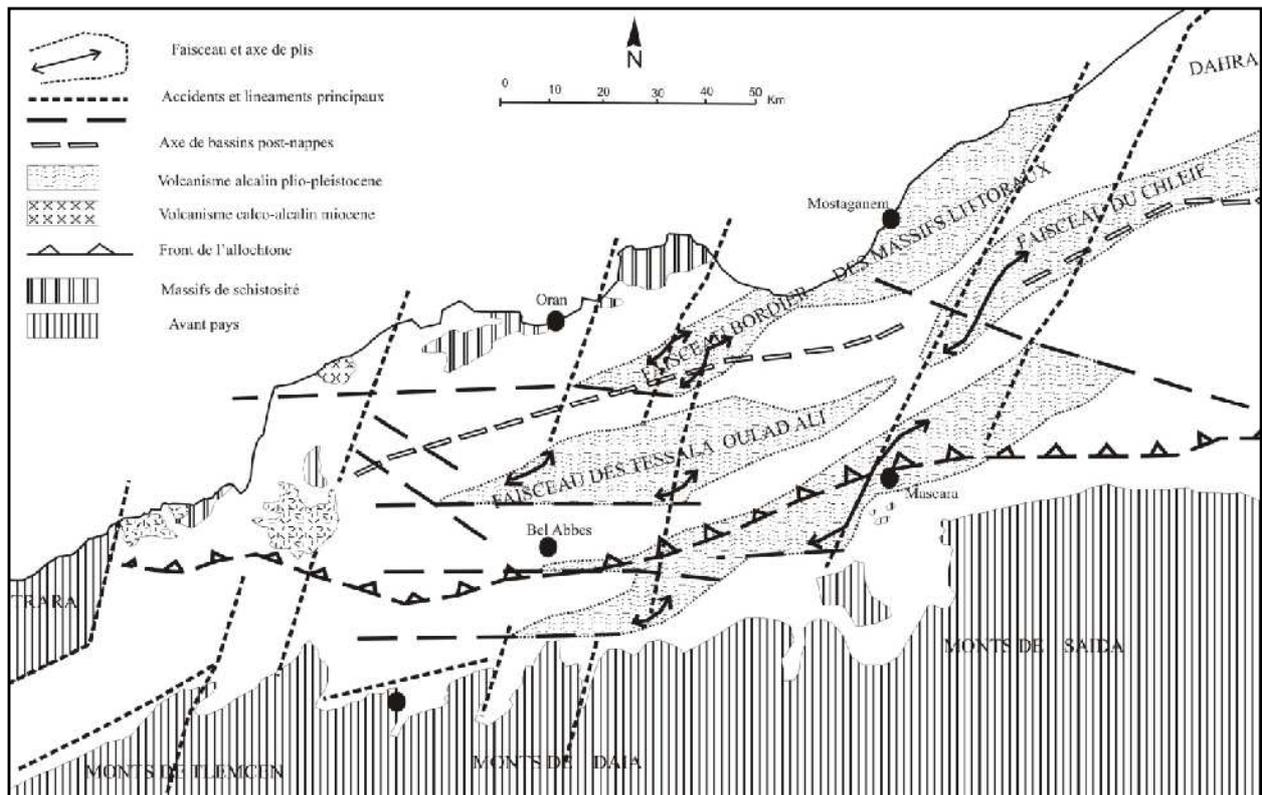


Fig. 11- Trame structurale de l'Oranie (Thomas, 1985)

1-2-2- Cadre géologique

G. THOMAS (1985) donna l'essentiel des principaux traits structuraux du bassin du Chélif qui s'est développé dans un contexte de cisaillement-collision sur une croûte continentale normale depuis le Serravalien (Miocène moyen) jusqu'à l'actuel. Il présente une subsidence de 160 à 460 m/MA permettant l'élaboration d'un cycle de 6^{ème} ordre ; qui est influencé par des déformations tectoniques polyphasées (Fig. 11) :

Le premier phénomène a engendré une transpression donnant "naissance" à des bassins en "pull-apart" causés par un jeu sénestre de décrochement N60° à N80°-E et des failles normales à 20° E

Le deuxième type transpressif est responsable des déformations plicatives de direction NE-SW (N60°) et des décrochements dextres Est-Ouest.

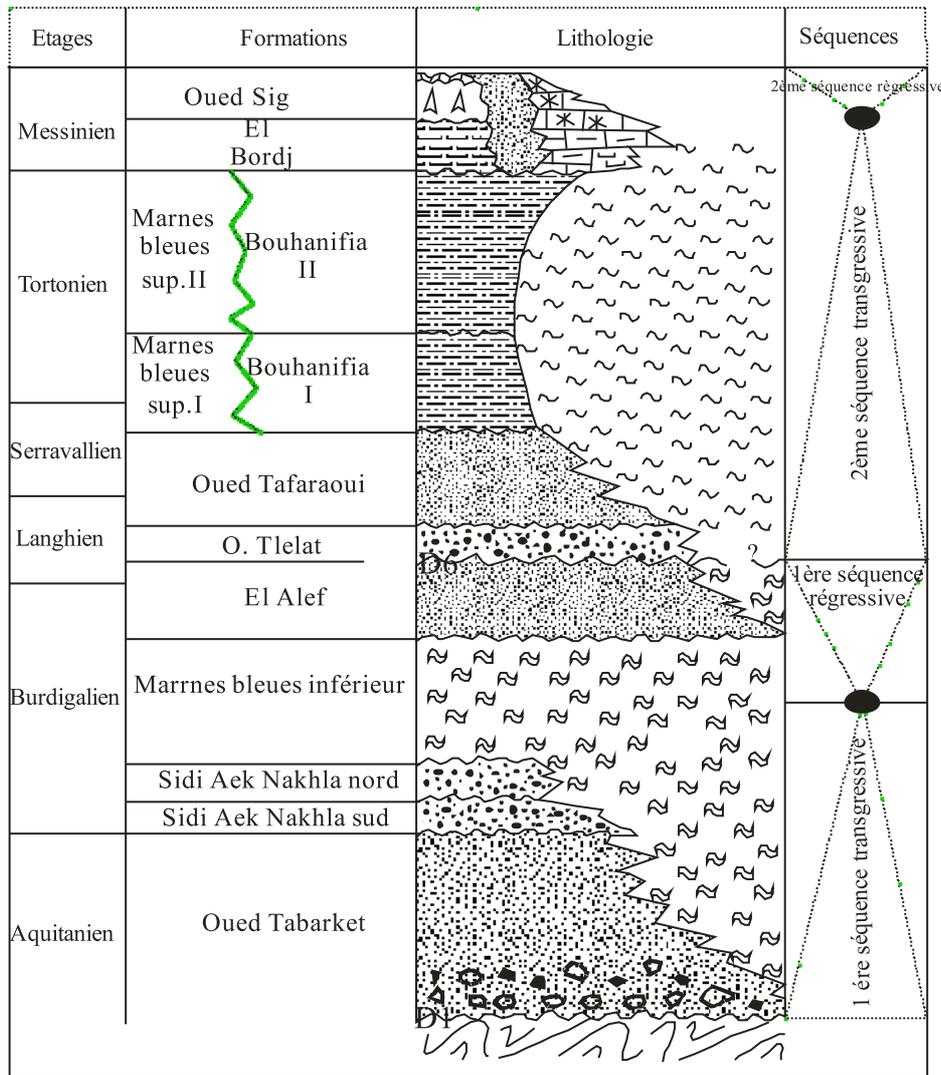


Fig. 12- Stratigraphie et cadre séquentiel (Neurdin -Trescartes, 1992, modifié par Y. Kenane, 2002)

Se basant sur une étude paléontologique, BELKEBIR *et al.*, (1991, 1996) mettent en évidence une échelle biostratigraphique basée sur les foraminifères planctoniques, les micromammifères et les âges radiométriques. Ils individualisent “deux cycles sédimentaires (eustatiques)” miocènes séparés par une discontinuité majeure à limite serravallien-tortonien (BELKEBIR *et al.*, 1996). Selon ces auteurs, le premier cycle sédimentaire est matérialisé par des grès, des marnes sableuses, des calcaires coralliens puis des conglomérats. Il débute au Burdigalien terminal et s’achève au Serravallien basal. Il repose en discordance sur un substratum schisteux, marin à la base (avec quelques dépôts continentaux en passage latéral de faciès) puis continental au sommet. Le sommet de ce cycle est constitué généralement par une épaisse formation conglomératique d’âge Serravallien supérieur. Le deuxième cycle est attribué au Tortonien et Messinien. Il s’agit d’une tendance transgressive sur les terrains antérieurs.

Malgré les variations latérales très fréquentes qui s'individualisent dans la partie occidentale du bassin du Bas Chelif (NEURDIN-TRESCARTES, 1992) et afin d'aboutir à l'homogénéisation et à la stabilisation du vocabulaire lithostratigraphique, nous avons adopté la nomenclature des unités lithostratigraphiques (formations) donnée par NEURDIN-TRESCARTES en 1992 (fig.12).

1-3- Lithostratigraphie du cadre d'étude (Fig. 13) :

Les descriptions de la région sont basées sur des observations des affleurements localisées essentiellement dans les massifs littoraux et dans le Djebel Khar, ainsi que par l'observation des cuttings d'un grand nombre de forages réalisés à différentes périodes.

1-3-1- Les formations anté-nappes :

Dans les massifs littoraux du Murdjadjo, le substratum est constitué par les affleurements du primaire et du secondaire qui forment l'autochtone relatif (B. FENET, 1975) ou l'autochtone anté-nappe. (G. THOMAS, 1985).

a- Le primaire :

On le trouve au niveau du Cap Falcon sous forme de schistes à bancs de grès quartziteux et de lentilles de conglomérats. Il affleure également dans les massifs des Andalouses et de Madakh sous forme de schistes et conglomérats carbonifères et permo-carbonifères.

Le Permo-Trias est constitué dans le Djebel Khar par des grès à dragées, schistes violacés et quartzites.

A PERRODON, 1957	DELFAUD ET AL. 1975	B. FENET, 1975	G. THOMAS, 1985	NEURDIN, 1992	LITHOLOGIE
(Vindobien)	Mégaséquence 2	Messinien	Messinien	Messinien	Oued Sig
					El Bordj
Mioène inférieur	Mégaséquence 2	Tortonien	Tortonien	Tortonien	Marnes bleues sup. II Bouhamfia II
					Marnes bleues sup. I Bouhamfia I
Mioène inférieur	Mégaséquence 1	Tortonien	Serravallien	Serravallien	O. Tafaraoui
					O. Tlelat
Mioène inférieur	Mégaséquence 1	Tortonien	Langhien	Langhien	El Alef
Mioène inférieur	Mégaséquence 1	Mioène anté ou synchro nappes	Mioène anté ou synchro nappes M1		

Fig. 13- Nomenclature des termes utilisés dans le découpage du Néogène de l'Oranais (Hassani, 1987, modifié par Y. Kenane, 2002)

b- Le Jurassique:

Apparaît surtout dans le Djebel Santon, à Aïn Keffri, Santa Cruz affleure une formation carbonatée formée de lentilles dolomitiques massives accompagnée de calcaires schisteux et marmoréens, elle est attribuée au Lias par (M. DOUMERGUE, 1912). A l'Est du Djebel Murdjadjo le Dogger est représenté par des schistes calcaires ardoisier. Cette formation passe au sommet à des schistes rougeâtres.

Le Mam et le Tithonique inférieur sont formés par des bancs calcaires intercalés de niveau argileux. Les formations du jurassique moyen et supérieur correspondent aux écailles para-autochtones schisteuses (B. FENET 1975).

Le Jurassique est représenté par des calcaires dolomitiques du Lias qui constituent des affleurements peu importants au Nord Ouest de Gdyl et par des schistes ardoisés devenant brun rouge en surface et qui apparaissent en lambeaux sur le flanc Sud du Djebel Khar.

c- Le Crétacé:

Il constitue l'ossature du Murdjadjo (500 m) où il est représenté par un faciès schisto-gréseux verdâtre très plissé, passant parfois à des calcschistes à lentilles de calcaires riches en ammonites pyriteuses datée du Barrémien.

Dans le Djebel Khar (monoclinal à fort pendage vers le Nord-Ouest B. FENET 1975), il constitue le substratum des terrains Miocènes et Quaternaires du plateau d'Oran.

Le Crétacé est représenté par des schistes argileux bruns, violet au Nord-Est du Djebel Khar ; les schistes calcaires où s'intercalent des lentilles de calcaires marneux jaunâtres au Nord reposent sur le Permo-Trias.

1-3-2- Les formations post-nappes:

a- Le Miocène post-nappe :

A. PERRODON (1958) dans le contexte d'une synthèse générale du bassin du Chéelif assimile le miocène post-nappe au Vindobien (Hélvétien, Tortonien). Cinq formations ont été identifiées, c'est la succession classique du bassin du Chéelif.

Nous avons de bas en haut:

- grès marins : "Formation de base"
- Marnes blues : "Formation médiane"
- Calcaires à lithothamniées : "Formations terminales"
- Tripolis
- Gypse

G. THOMAS (1985) reprend le même découpage que B FENET (1975) soit un premier cycle post-nappe M1 et un deuxième cycle post-nappe M2 mais pour cette auteur les formations continentales de Tafaraoui font partie du premier cycle post-nappes.

Le Miocène est formé en grande partie, par des marnes bleues jouant par fois le rôle du substratum d'aquifère (GUARDIA 1975). Il est représenté par deux cycles marins bien datés.

a-1- Le premier cycle Miocène post-nappes (Langhien Serravallien):

Le cycle débute à la base par des conglomérats et des grès épais de plus de cent mètres qui passent à des marnes bleues à patine jaune (A. JOSEPH 1979).

Il affleure sur le versant Nord du Murdjadjo dans les grabens d'Oued Hammadi et du bassin du Mers El Kebir. Il correspond à des dépôts continentaux rouges constitués d'alternance de conglomérats à fragments de grés et de marnes rouges entrecoupés.

a-2- Le deuxième cycle Miocène post-nappe:

Ce cycle débute par le volcanisme de Tifaraouine et des îles Habibas, accompagné par un dépôt de cinérites. Les formations constituantes de ce cycle sont:

- La série de base (série détritique "grés de base")
- Les marnes bleues (Formation marine)
- Les calcaires marneux et récifaux (Formation des calcaires sommitaux).

- **La série de base:** elle correspond à des grés à clypéastre issus d'un véritable niveau transgressif. Ce sont des grés sableux parfois à ciment calcaire à nombreux éléments empruntés au substratum. Cette formation est représentée à la ferme de Terziza. Au Nord dans les massifs littoraux une coupe a été relevée sur le versant Sud du Djebel Murdjadjo (fig.14).

- **Les marnes bleues:** Ces formations médianes ont été datées Hélvétienne (DOUMERGUE, 1912), Messinienne (B. FENET, 1975) et Torthonienne (G BIZON, 1978).

Dans le versant Sud du Djebel Murdjadjo, les marnes bleues reposent en biseau. Elles affleurent au fond de l'Oued Hammadi et l'Oued Messerguin.

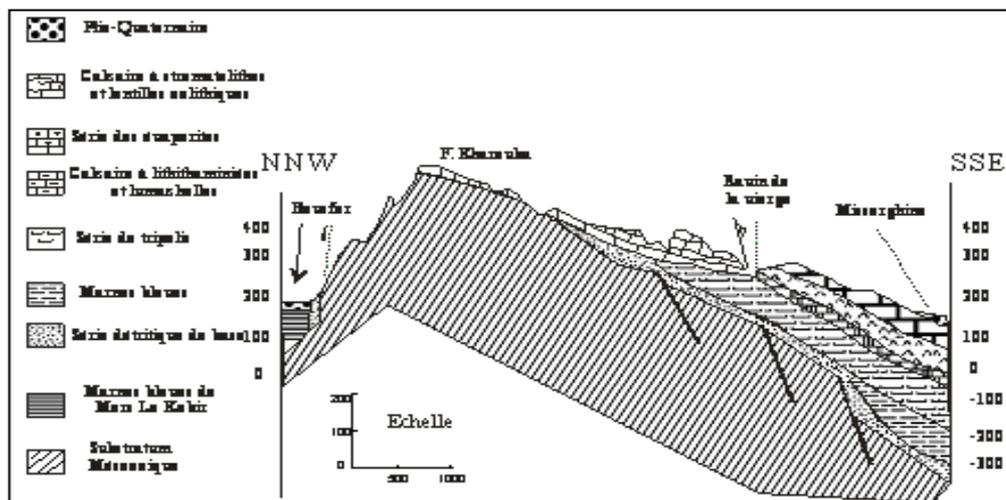


Fig. 14- Coupe géologique du versant sud-est du Djebel Murdjadjo (J. Delfaut, J.Revert, 1974)

D'après les travaux de GOURINARD, les marnes de l'Oued Hammadi et Mers El Kebir ont fourni une abondante micro-faune d'âge Miocène supérieur. Cette formation se termine par des marnes jaunes à silex.

- Les formations terminales:

Dans le bassin du Chéelif, la transgression du deuxième cycle se termine par des séries bien différenciées, représentées en grande partie par des dépôts de gypse et tripolis. Les marno-calcaires blancs avec ou sans tripolis, qui passent latéralement à des grès très poreux à l'Ouest de Misserighin affleurent largement dans le Djebel Murdjadjo et dans la bordure Sud (falaise d'Oran, ravin Blanc, Ras El Aïn). Les gypses sont représentés dans l'ancienne carrière au Sud du Pont Albin, elles reposent sur les tripolis et recouverts par des calcaires à des laminites.

- Les calcaires récifaux: Généralement, ces formations reposent ou relaient en amont du horst du Murdjadjo des marnes à tripolis dont le dépôt correspond au maximum de l'extension de la mer Miocène et au début de sa régression, par fois ces calcaires reposent directement sur les sédiments secondaires. D'après A. JOSEPH 1979, ces formations contiennent, à la base, 30m de calcaires à lithothamniées souvent coquillés (lumachelles), au-dessus des calcaires à stromatholites. Les premières attributions stratigraphiques de la formation des calcaires à algues remontent à GOURINARD 1958 qui rapporte les calcaires de la plâtrière de Gambetta au Pliocène sans arguments paléontologiques mais les études récentes de SAINT- MARTIN 1987 attribuent ces calcaires dans le bassin du Chéelif au Méssinien (Miocène supérieur).

b- Le Pliocène inférieur et moyen : Le Pliocène qui correspond au troisième cycle post-nappes de B. FENET 1975 est transgressif. Dans le bassin du Chéelif, le Pliocène est représenté par la succession des marnes bleues (Plaisancienne) et grès marins (Astien) A. PERRODON (1957). Le Pliocène marin n'affleure pas sur le versant Sud du Murdjadjo, il s'amincit au Nord. Sa limite longe le bord Nord de la Sebka suivant une ligne Aïn Beïda - Petit Lac. Le Pliocène franchement marin (Plaisancien) est représenté par une épaisse série de marnes bleues à oolithes qui débute souvent par une séquence détritique fine, parfois conglomératique. A l'astien les dépôts évoluent vers un faciès plus continental. Il correspond à des grès calcaires jaunes très fossilifères. Vers le sommet il y a un passage à des formations laguno-lacustres.

c- Le Plio-Pléistocène: Dans les massifs littoraux d'Oran au niveau du foret de Msila, affleure une formation, qui débute par des grès coquillés pouvant passer à des calcaires lumachelles reposant sur des schistes Crétacé. Cette formation est surmontée par des grès dunaires. Les grès calcaires du plateau d'Oran s'étendent le long des falaises Est d'Oran avec une altitude moyenne de 80m; elle remonte, en altitude jusqu'à plus de 200m couvrant en

échappe la montagne des Lions. Elle se prolonge également jusqu'à Gdyl à l'Est et au Sud-Est. Cette formation est attribuée au Quaternaire [Calabrien d'après GOURINARD (1958)].

d-Le pléistocène moyen :

Il se situe entre le Villafranchien et le Néo-Thyrénien, il correspond aux alluvions anciennes (F. DOUMERGUE) et au Quaternaire intermédiaire (Y. GOURINARD, 1958).

1-3-3-Synthèse :

a- Les formations anté-nappes:

Dans les Monts du Murdjadjo, le substratum est constitué par des affleurements du Primaire et du Secondaire qui forment l'autochtone relatif (B. FENET, 1975) ou l'autochtone ante-nappe (G. THOMAS, 1985).

- **Le Primaire:** On le retrouve au niveau du Cap Falcon sous forme de schistes à bancs de grès quartzitiques et de lentilles de conglomérats, il affleure aussi dans les massifs des Andalouses et de Madakh sous forme de schistes et de conglomérats Carbonifère et Permo-Carbonifère.

- **Le Jurassique:** Apparaît surtout dans le Djebel Santon, à Aïn Kifri, Santa Cruz où affleure une formation carbonatée formée de lentilles dolomitiques massives accompagnées de calcaires schisteux et marmoréens, attribuée au Lias par (M. DOUMERGUE 1912). A l'Est du Djebel Murdjadjo, le Dogger est représenté par des schistes calcaires ardoisiers passant au sommet à des schistes rougeâtres. Le Malm et le Tithonique inférieur sont formés par des bancs calcaires intercalés de niveaux argileux. Les formations du Jurassique moyen et supérieur correspondent aux écailles para-autochtones schisteuses (B. FENET, 1975).

- **Le Crétacé:** Il constitue la majeure partie du Murdjadjo (500m); il est représenté par un faciès schisto-gréseux verdâtre très plissés, parfois ce faciès passe à des calco-schistes à lentilles de calcaires riches en ammonites pyriteuses datées du Barrémien.

b- Les formations post-nappes:

b-1- Premier cycle Miocène post-nappe (Langhien-Sérravallien):

Ce cycle débute à la base par des conglomérats et des grès épais de plus de cent mètres qui passent à des marnes bleues à patine jaune (A. JOSEPH 1979). Il affleure sur le versant nord du Murdjadjo dans les grabens de l'Oued Hamadi et du bassin de Mers El Kebir. Il

correspond à des dépôts continentaux rouges constitués d'alternance de conglomérats à fragments de grès et de marnes rouge entrecoupés.

b-2- Deuxième cycle Miocène post-nappe (Tortonien-Messinien) :

Ce cycle débute par le volcanisme de Tifaraouine et des îles Habibas, signalé par un dépôt de cinérite. Les formations constituantes de ce cycle sont (Fig. 14):

- La série de base (série détritique- grès de base).
- Les marnes bleues (formation marine).
- Les formations évaporitiques (formations terminales).
- Les calcaires marneux et récifaux (formation de calcaires sommitaux).

La série de base correspond à des grès à clypéastres issus d'un véritable niveau transgressif. Cette formation est représentée à la ferme de Terziza. Au Nord dans les massifs littoraux une coupe a été relevée sur le versant sud du Djebel Murdjadjo (Fig. 14). Les marnes bleues ont été datées Hélivitienne par DOUMERGUE, 1912 et Méssiniennes par B. FENET, 1975. Elles affleurent au fond de l'Oued Hammadi et l'Oued Misserguin. Les marno-calcaires blancs avec ou sans tripolis qui passent latéralement à des grès très poreux à l'Ouest de Misserguin affleurent largement dans le Djebel du Murdjadjo et dans la falaise d'Oran du ravin Blanc et de Ras El Aïn.

Des lentilles d'évaporites interstratifiés sont peu importante dans les calcaires à algues. Les premières attributions stratigraphiques de la formation des calcaires à algues remontent à GOURINARD (1958) qui apporte les calcaires de la plâtrière de Gambétta au Pliocène sans argument paléontologique mais les études récentes de SAINT MARTIN (1987) attribuent ces calcaires au Messinien.

b-3- Le Pliocène inférieur et moyen:

Dans le bassin du Bas Chéelif le Pliocène est représenté par la succession classique des marnes bleues (plaisanciennes) et grès marin astien A. PERRODON (1957). Le Pliocène marin n'affleure pas sur le versant sud du Murdjadjo. Sa limite longe le bord Nord de la Sebkhia suivant une ligne Aïn Bida-Petit lac. Il n'affleure qu'au Sud du Djebel Khar à Aïn El Bachir et à l'Est d'El Kerma (A. JOSEPH 1979). Le pliocène franchement marin (Plaisdancien) consiste en une épaisse série de marnes bleues à oolithes qui débute souvent par une séquence détritique fine, parfois conglomératique.

b-4- Le Plio-Pleistocène (Calabrien) :

Dans le massif littoral d'Oran au niveau du foret de M'Sila, affleure une formation qui débute par des grès coquillés pouvant passer à des calcaires lumachelliques, reposant sur des schistes Crétacé. Cette formation est surmontée par des gés dunaires. Les grès calcaires du plateau d'Oran s'étendent le long des falaises Est d'Oran avec une altitude moyenne de quatre vingt mètres tout en remontant en altitude jusqu'à plus de 200 m couvrant en écharpe la Montagne des Lions. Cette formation attribuée au Calabrien (GOURINARD, 1958) se prolonge également à Gdyel.

b-5- Le Pléistocène moyen:

Il se situe entre le Villafranchien et le Néo-Thyrénien, il correspond aux alluvions anciennes et au Quaternaire intermédiaire (Y. GOURINARD, 1958).

b-6- Le Pléistocène supérieur:

Le pléistocène supérieur est représenté par des niveaux lumachéliques (couches à strombes) constitués essentiellement de lamellibranches formant des bancs horizontaux surmontés par des grès de plage. Le long du littoral actuel, les dépôts du pléistocène supérieur sont bien représentés dans la zone des piémonts du Djebel Murdjadjo. Ils se présentent sous forme de terrasses et glacis d'accumulation formés de limons sableux ou argileux rubéfiés.

b-7- L'Holocène :

- Les formations continentales par des brèches de pentes et épandages de cailloutis que l'on retrouve aux pieds des massifs littoraux (Bousfer – El Ançor).
- Les alluvions récentes et dépôts éoliens (limons grises, argilo-sableuses, gypse) forment en général le fond des dayat et l'ancien lit de la grande Sebkha.
- Croûte continentale: appelée aussi Kerroucha recouvre tous les reliefs du plateau d'un manteau constitué essentiellement de sulfate de chaux et de calcaire.
- Les formations marines sont formées par les plages actuelles et les complexes dunaires compris entre Ain Turk et les andalouses.

1-4- Position structurale de la région d'étude dans son cadre général :

1-4-1-Introduction :

La partie occidentale du bassin du Bas Chelif et le bassin de la Tafna constituent ce que NEURDIN (1992) a appelé "l'Aval du Bassin". Cette partie est limitée au Nord par les Monts

littoraux oranais (le Djebel Murdjadjo et le Djebel Drouse) et au Sud par les Monts de Tessala (fig. 15).

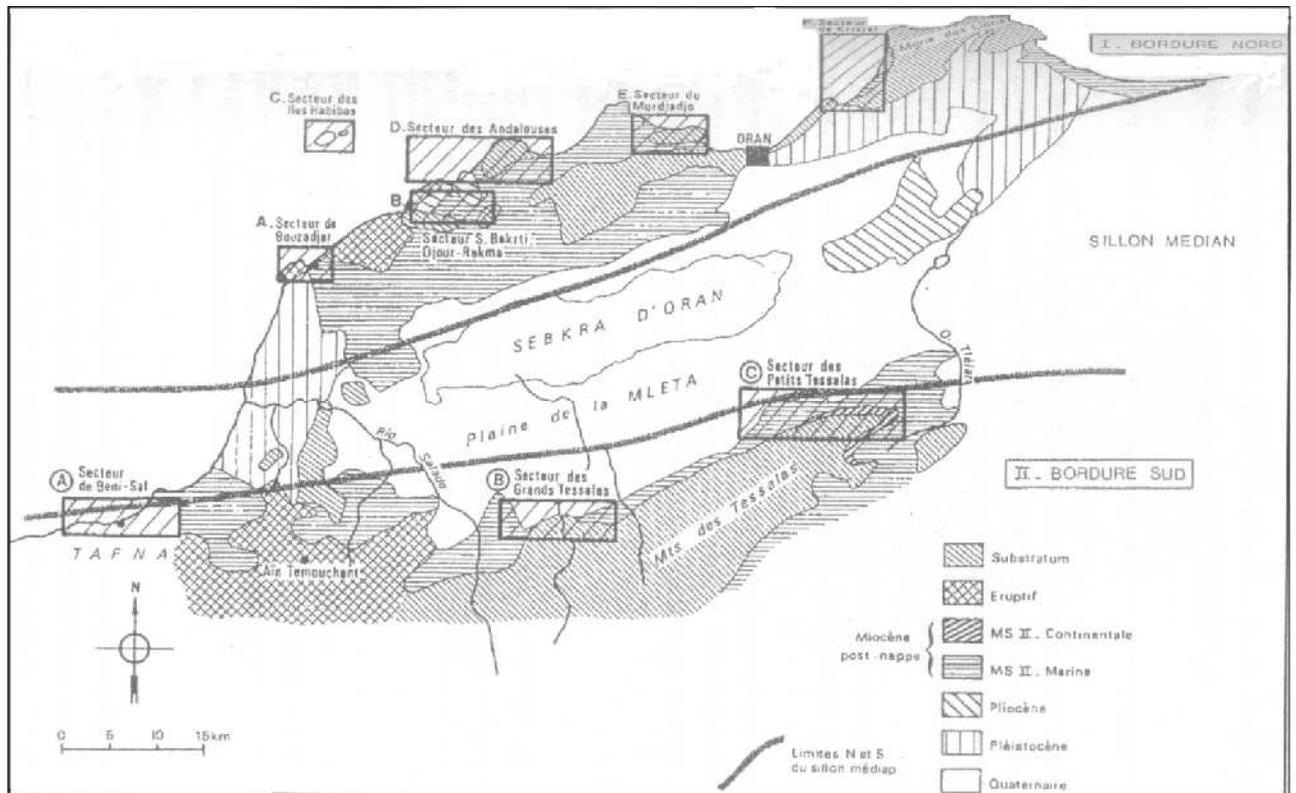


Fig. 15 - Aval du bassin: Partie occidentale du bassin du Bas Chélif (Neurdin -Trescartes, 1992)

Dans le tell oranais les principales structures prennent trois principales directions :

1-4-2- LA DIRECTION NE-SW A N 70 : Il s'agit de structures compressives qui affectent l'ensemble de la série sédimentaire post-nappe et son substratum. Elle correspond à des plis et des failles inverses associés en faisceaux hectométriques de direction N 50°. Ces faisceaux sont : le faisceau de Béni-Chougrane, le faisceau de Tessala-Ouled Ali, le faisceau bordier des massifs littoraux et le faisceau de Chélif.

1-4-3- LA DIRECTION N 10°-N 30° : C'est selon cette direction que s'opère le découpage de l'orogène alpin en Afrique du Nord. Il s'agit de grands décrochements à jeu sénestre [les transversales de GLANGEAUD (1933)].

1-4-4- LA DIRECTION E-W ET N 140° : Suivant ces deux directions se disposent des failles souvent associées à des structures plissées. Les failles N 140° introduisent des décalages dextres dans les structures hectométriques et kilométriques orientées SW-NE.

2- ASSISE GEOLOGIQUE DE LA VILLE D'ORAN :

2-1- Série de la coupe de Gambétta:

La série complète est reconstituée au niveau de la falaise de Gambetta où on distinguera une formation grésocalcaire attribuée au Calabrien, parfois fissurés et reposant en discordance sur un substratum représenté par des marnes à tripolis du Miocène supérieur (fig.16). Le contact est souligné par une ligne de sources qui jalonnent le front de mer de part et d'autre du ravin blanc. Des dunes consolidées à stratifications entrecroisées attribuées à l'Holocène viennent recouvrir la formation grésocalcaire. Le sommet de la coupe est représenté par des sables rouges coiffés par une carapace calcaire.

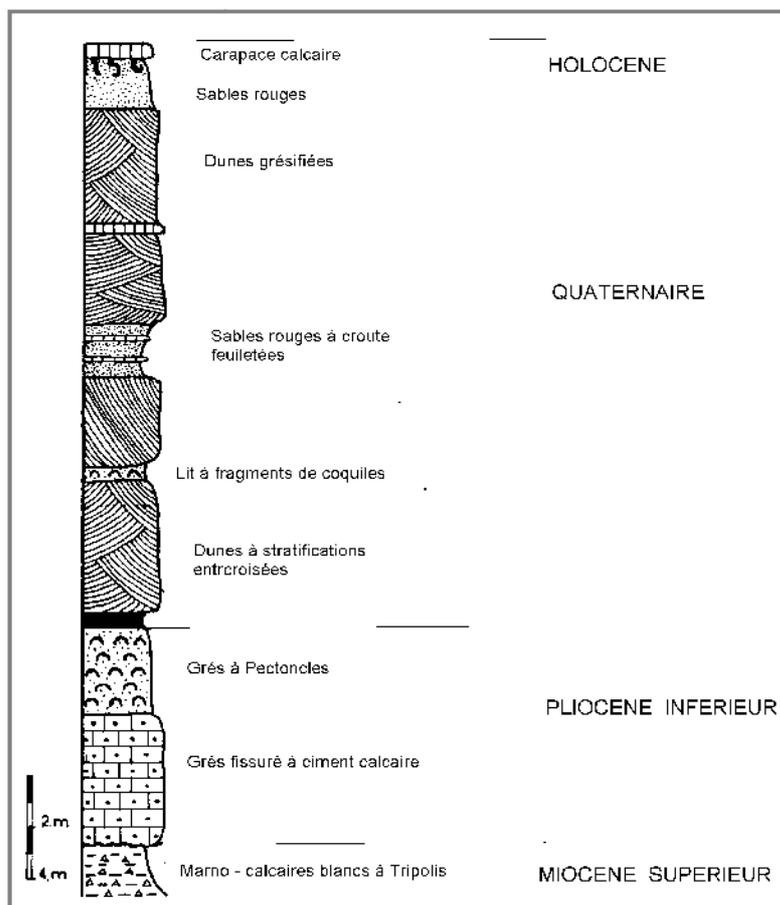


Fig. 16- Coupe géologique de la falaise de Gambétta. (H. Mansour, 1989)

En conséquence, ce sera la limite entre les marnes bleues à tripolis et les grés-calcaires du Calabrien qui matérialisera la base de tous les écoulements d'eau souterraine au droit du ravin blanc.

Les formations géologiques du Tertiaire, marnes, calcaires marneux et grés offrent de bonnes possibilités aquifères, particulièrement au droit du ravin blanc. On distinguera:

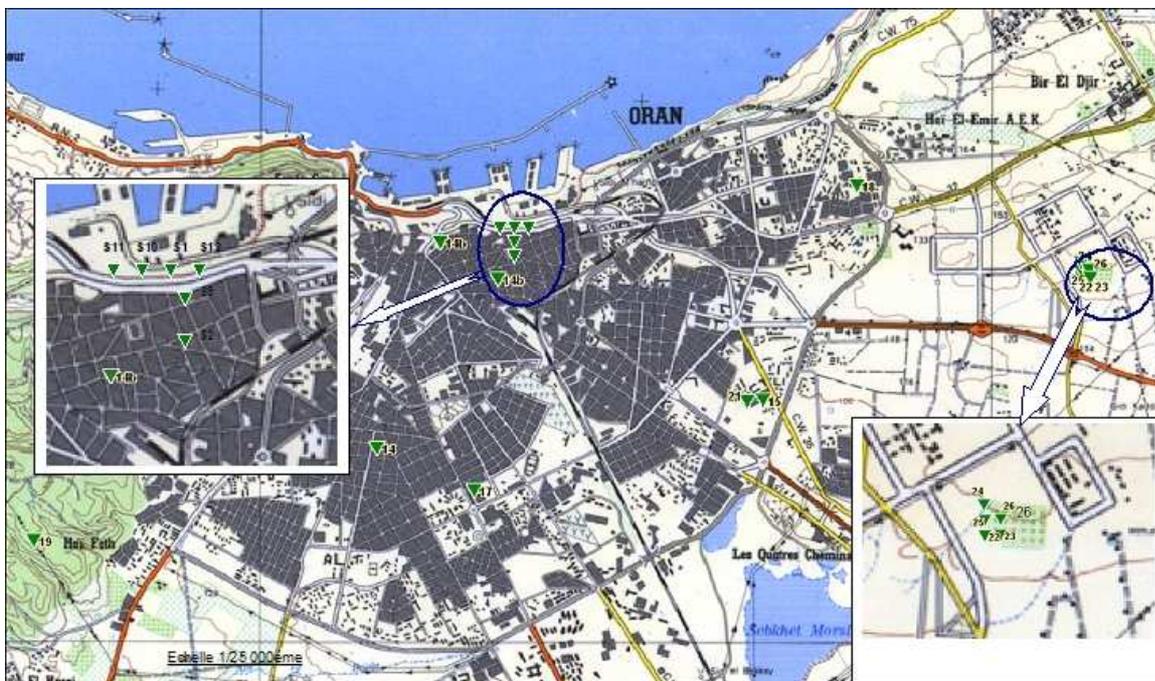
*Le Miocène forme en général le mur imperméable de la nappe du plateau d'Oran où il constitue un aquifère à très bonnes potentialités hydrogéologiques.

*Le Pliocène représenté par les grés, les sables et lumachelles forme un aquifère libre ayant tantôt les marnes bleues du Miocène tantôt les marnes à tripolis comme substratum imperméable. Cette nappe couvre l'espace entre Oran-Est et Aïn Franine en s'appuyant contre le Djebel Khar sur sa partie Est. Elle est bordée au Sud-Ouest par les plans d'eau du petit lac et Dayat Morselly et au Sud par la plaine de Figuiers.

2-2- Les sondages de reconnaissance :

2-2-1- Inventaire des principaux sondages

Un inventaire exhaustif des principaux sondages géotechniques a été réalisé sur la partie Nord du plateau d'Oran, au droit de la frange maritime (fig. 17).



▼ Sondage et son N°.

Fig. 17 – Carte de localisation des sondages géotechniques

Tous les sondages cités ci dessous dont la profondeur est comprise entre 8 m et 15 m, recoupent les formations aquifères grésocalcaire pliocène mais atteignent rarement le substratum représenté par les marnes du Miocène (fig.18) :

- Figure 18a : sondages USTO (22, 23, 24, 25 et 26):
- Figure 18b : sondages Choupot - Emir AEK – INESM, Amandiers (14, 14b, 18, 19)
- Figure 18c : sondages Castors – Delmonte, Dar El Beïda (14b, 12, 15, 21)
- Figure 18d : Sondages centre ville : Hotel Royal ex Martinez (14a)
- Figure 18e : Sondages de la Cressonnière (S1, S11, S12)

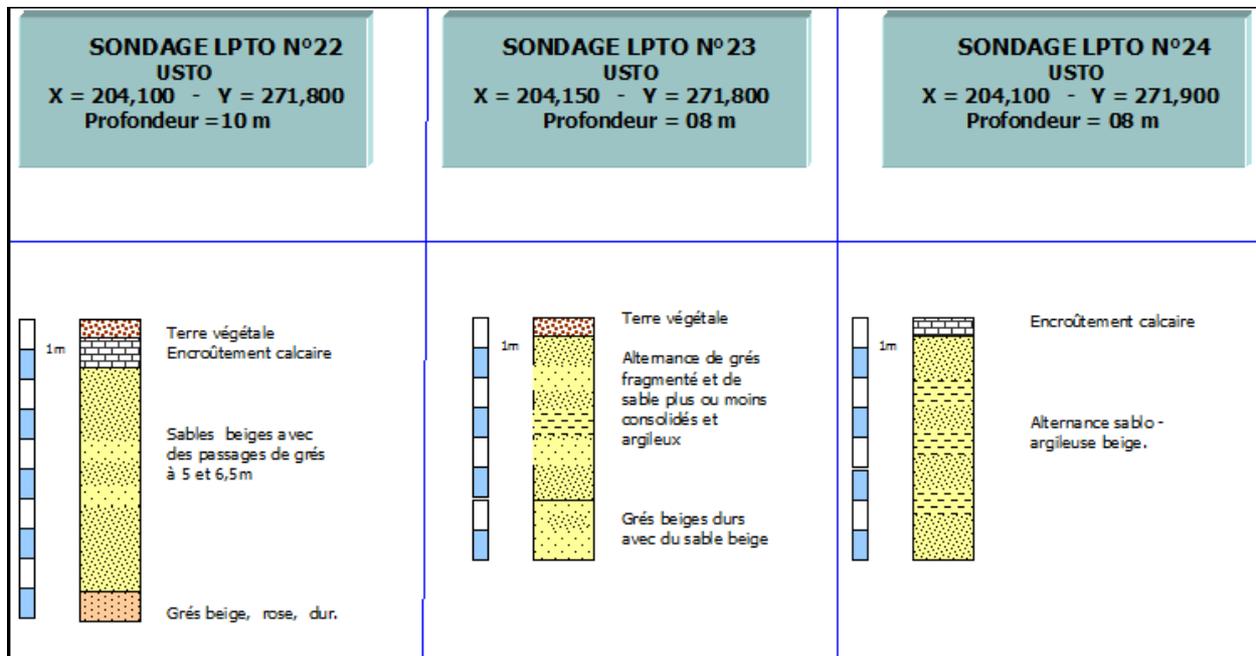


Fig. 18a : Sondages LTPO : zone USTO.

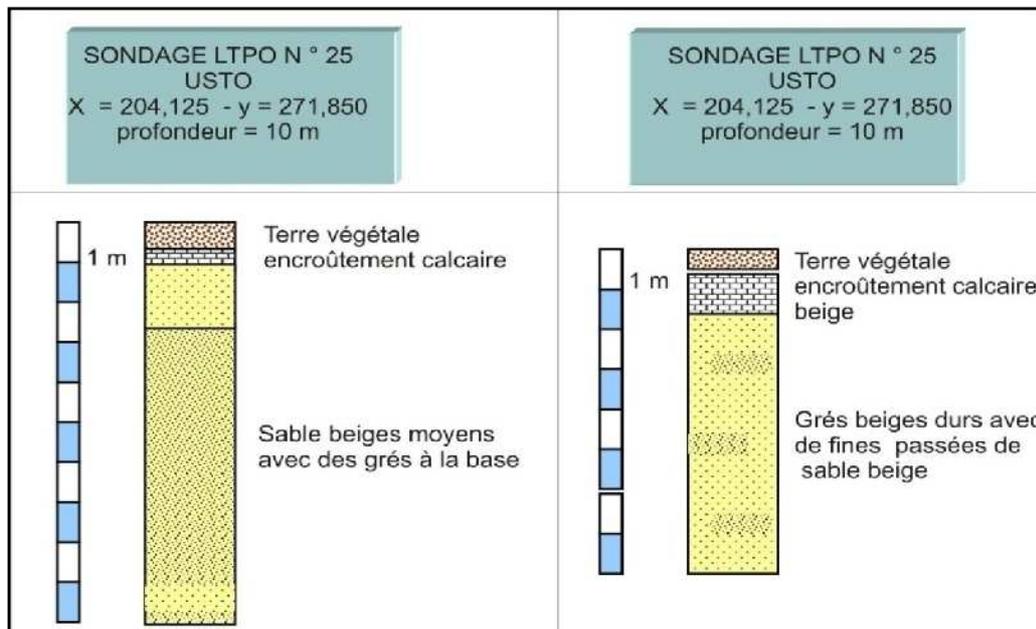


Fig. 18a : Sondages LTPO : zone USTO.

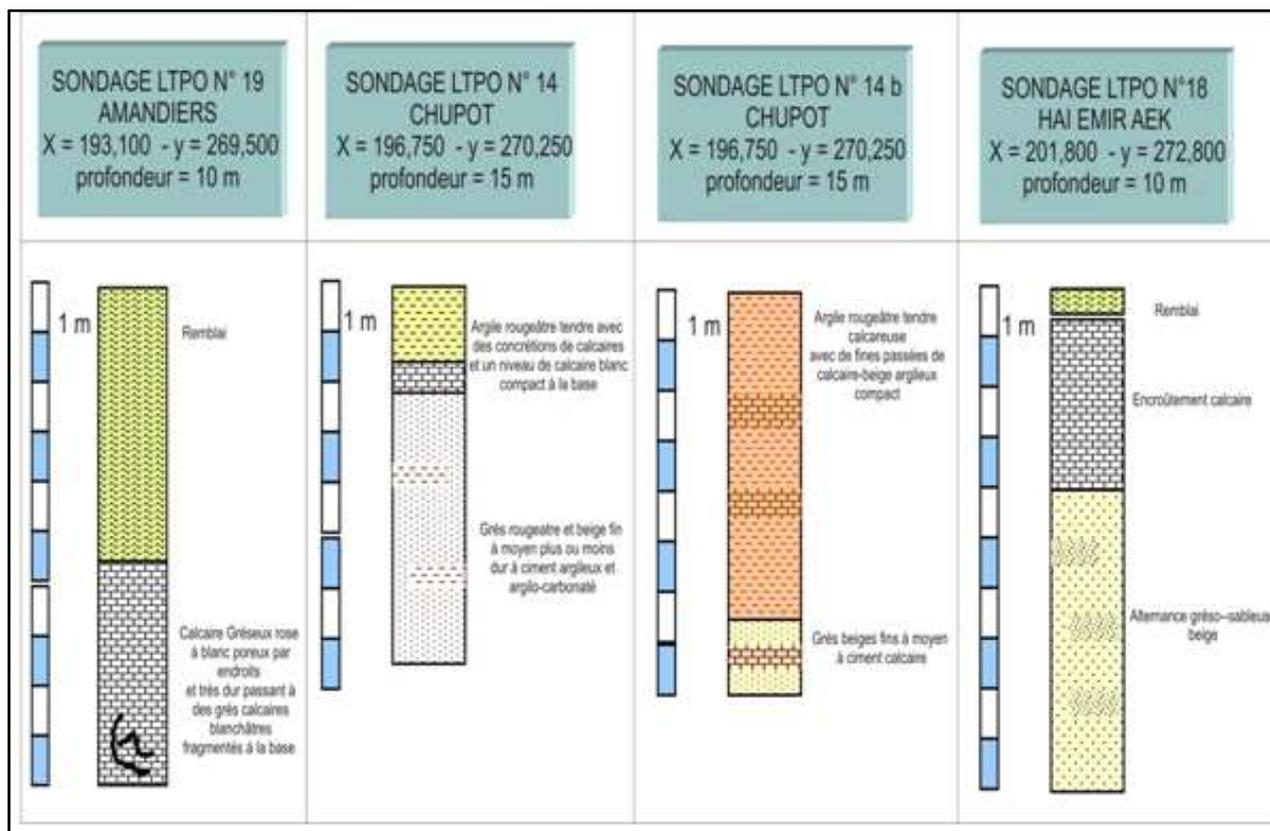


Fig. 18b : Sondages LTPO : zone Choupot, Amir AEK, Amandiers.

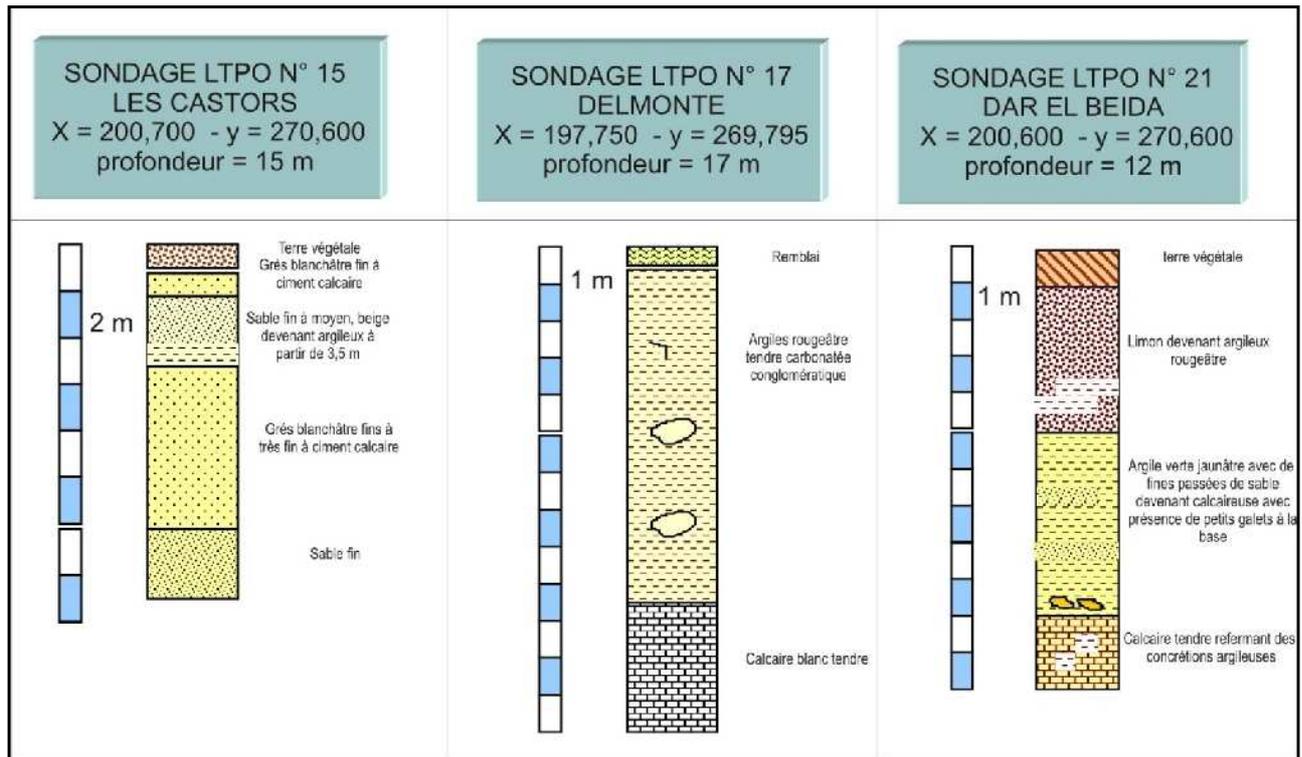


Fig. 18c : Sondages LTPO : zone Castors, Delmonte, Dar El Beida.

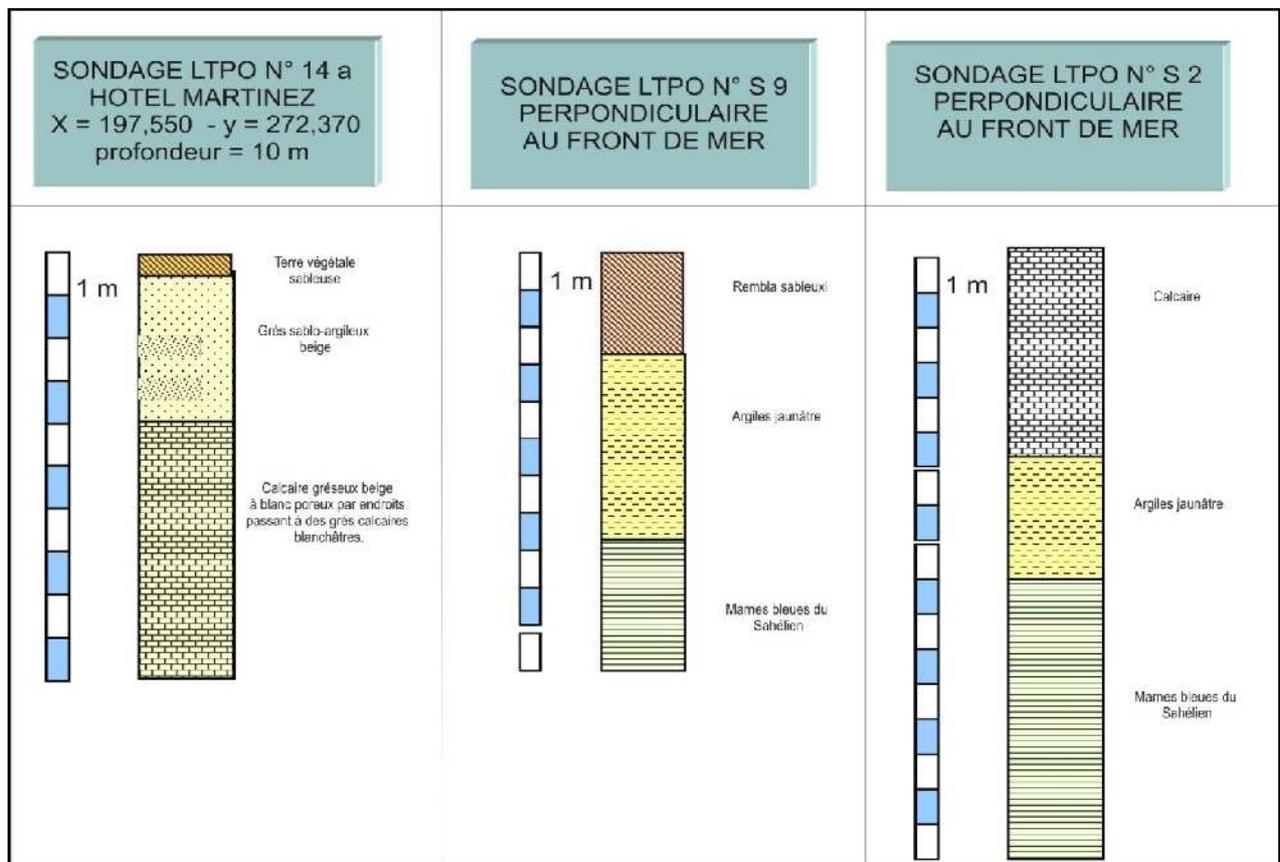


Fig. 18d : Sondage LTPO : Centre ville hôtel Royal, perpendiculaire au front de mer.

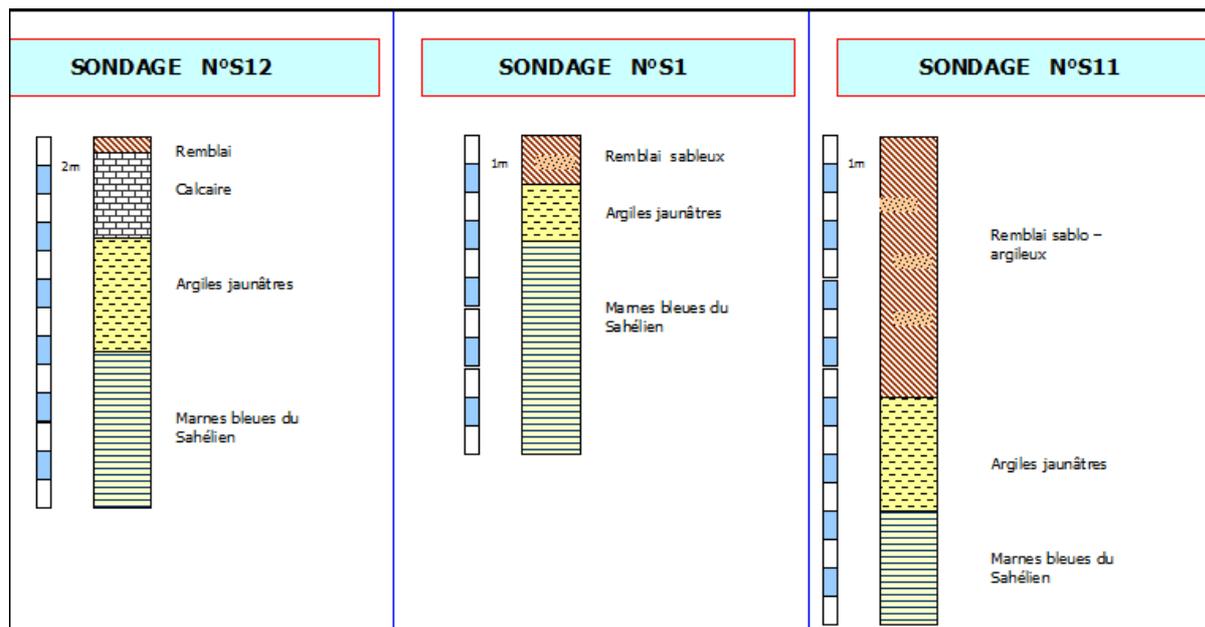


Fig. 18e : Sondages du ravin de la Cressonnière, parallèles au front de mer.

2-2-2- Distribution spatiale des sondages au droit du front de mer (ravin de la Cressonnière)

Les sondages réalisés sur des axes parallèles et perpendiculaires par rapport au front de mer permettent de constater que le substratum marneux est recoupé par tous les sondages à des profondeurs localement différentes. Cet état de fait aura un impact direct sur l'hydrodynamique des eaux souterraines.

Le contexte hydrogéologique du ravin de la cressonnière est pris en exemple pour montrer la distribution spatiale du substratum qui représente la base de tous les écoulements souterrains de la frange maritime du plateau d'Oran. Un levé topographique réalisé à l'époque coloniale montrant une gorge profonde dénote le caractère torrentiel et les dégâts potentiels que peut provoquer ce ravin (fig. 19).

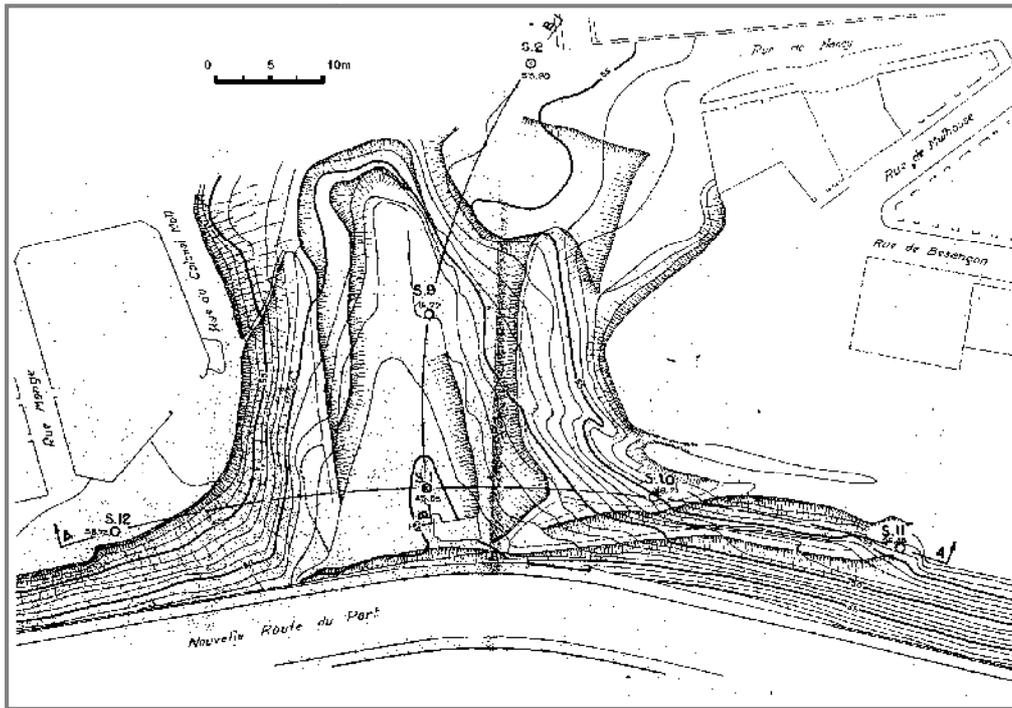


Fig. 19 : Topographie et caractère torrentiel du ravin de la Cressonnière (A. Damena, 1944).

La coupe A-A' (fig. 20) illustre bien la morphologie du substratum. Les sondages de reconnaissances ont permis de révéler que les marnes constituant le substratum de l'aquifère gréseux du pliocène dans le sens Est-Ouest (parallèlement à la route) sont sensiblement horizontaux.

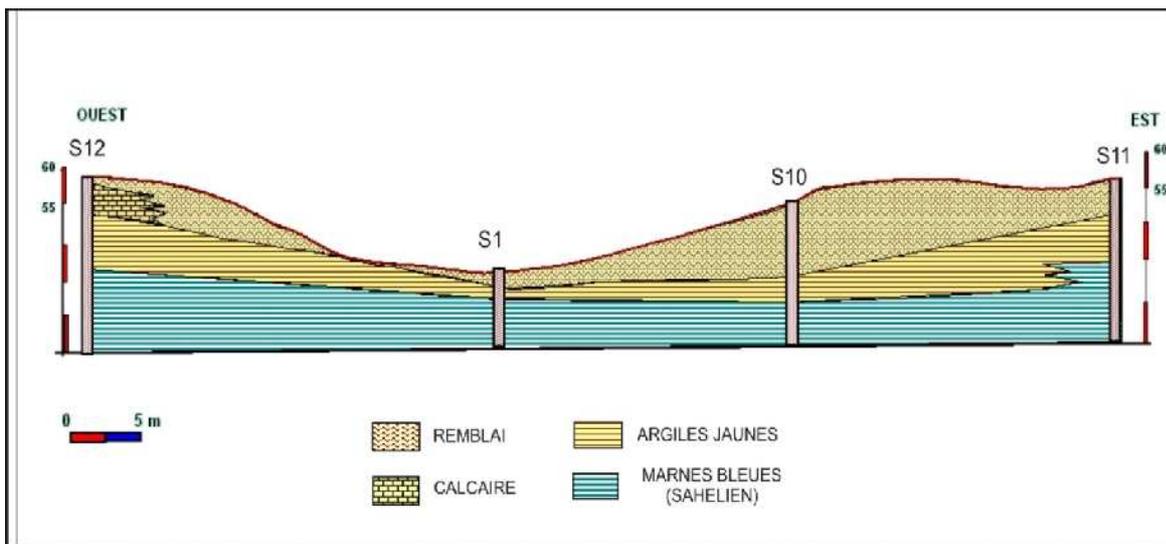


Fig. 20 : Coupe A-A' : parallèle au front de mer.

La coupe B-B' établie dans le sens Nord – Sud (fig. 21) montre que l'assise plonge nettement vers le Nord, avec néanmoins quelques ondulations locales. C'est ainsi que cette coupe montre l'existence d'un point bas à l'emplacement du sondage S9 ; puis la marne remonte rapidement vers route du port.

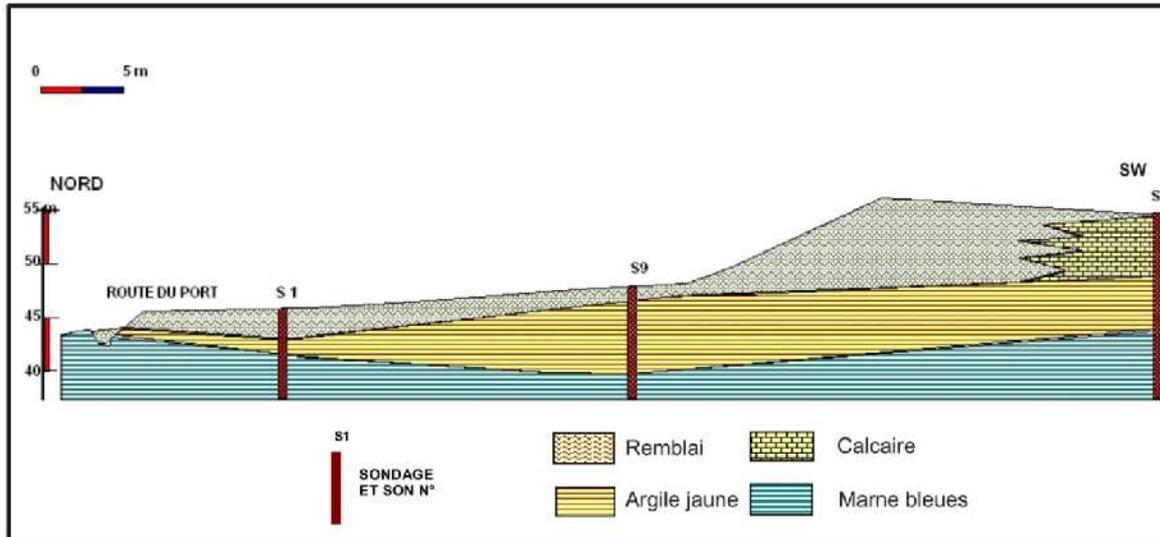


Fig. 21 : Coupe B-B' : perpendiculaire au front de mer

2-2-3- Conséquences hydrogéologiques :

L'allure du substratum conditionne le contexte hydrogéologique de ce sous bassin. Ainsi, les eaux infiltrées dans les formations pliocènes, arrêtées par les marnes imperméables, s'écoulent suivant une direction générale Sud – Nord. Par ailleurs l'existence d'ondulations du substratum dans le sens transversal a pour conséquence l'accumulation de l'eau dans les points bas, donnant ainsi naissance à des sources de trop plein (visibles le long du talus sous le front de mer).

L'analyse de la distribution spatiale des différents sondages mécaniques nous a permis de nous focaliser plus particulièrement sur l'aquifère Pliocène du plateau d'Oran au droit des bassins versant de la baie de Sainte Thérèse (partie centrale de la Frange maritime).

2-3- Les coupes synthétiques :

- Coupes hydrogéologiques Nord – Sud :

Des coupes hydrogéologiques Nord – Sud ont été réalisées à partir des données de forages hydrauliques et de sondages mécaniques (fig. 22).

- Coupe hydrogéologique A-A' : Sebkha – Petit lac – Ravin Blanc – Port (fig. 24a):

Au Sud, l'hétérogénéité des formations plio quaternaire est évidente avec une prédominance de faciès sablo-limoneux relativement sulfaté générant une eau de qualité très médiocre. Le niveau piézométrique est généralement proche de la surface du sol.

Vers le Nord, ce sont les grés pliocènes, reposant sur un substratum marno-calcaire qui drainent la nappe. L'écoulement est particulièrement important le long des couloirs du ravin blanc et de la cressonnière. Notons que le lac de Gambetta, situé en contrebas de la carrière représente l'affleurement de la nappe du plateau Nord d'Oran. A ce niveau, l'eau est de bonne qualité chimique.

Coupe hydrogéologique B-B' : Sebkha – Daïet Morcely – Arcole (fig. 24b):

On observe au Nord (région d'Arcole) des grés dunaires, hauts topographiquement qui passent à des calcaires encroûtés en s'abaissant rapidement au droit de la Daïet Morcely. C'est à ce niveau que la nappe du plateau d'Oran Sud affleure sur une très grande superficie. En se dirigeant vers la Sebkha, juste au droit des lunettes, on observe une formation de limons gris gypso-argileuse qui constituera l'assise comprise entre Es Sénia et El Kerma.

Fig. 22 : Coupes hydrogéologiques Nord-Sud de la région d'Oran

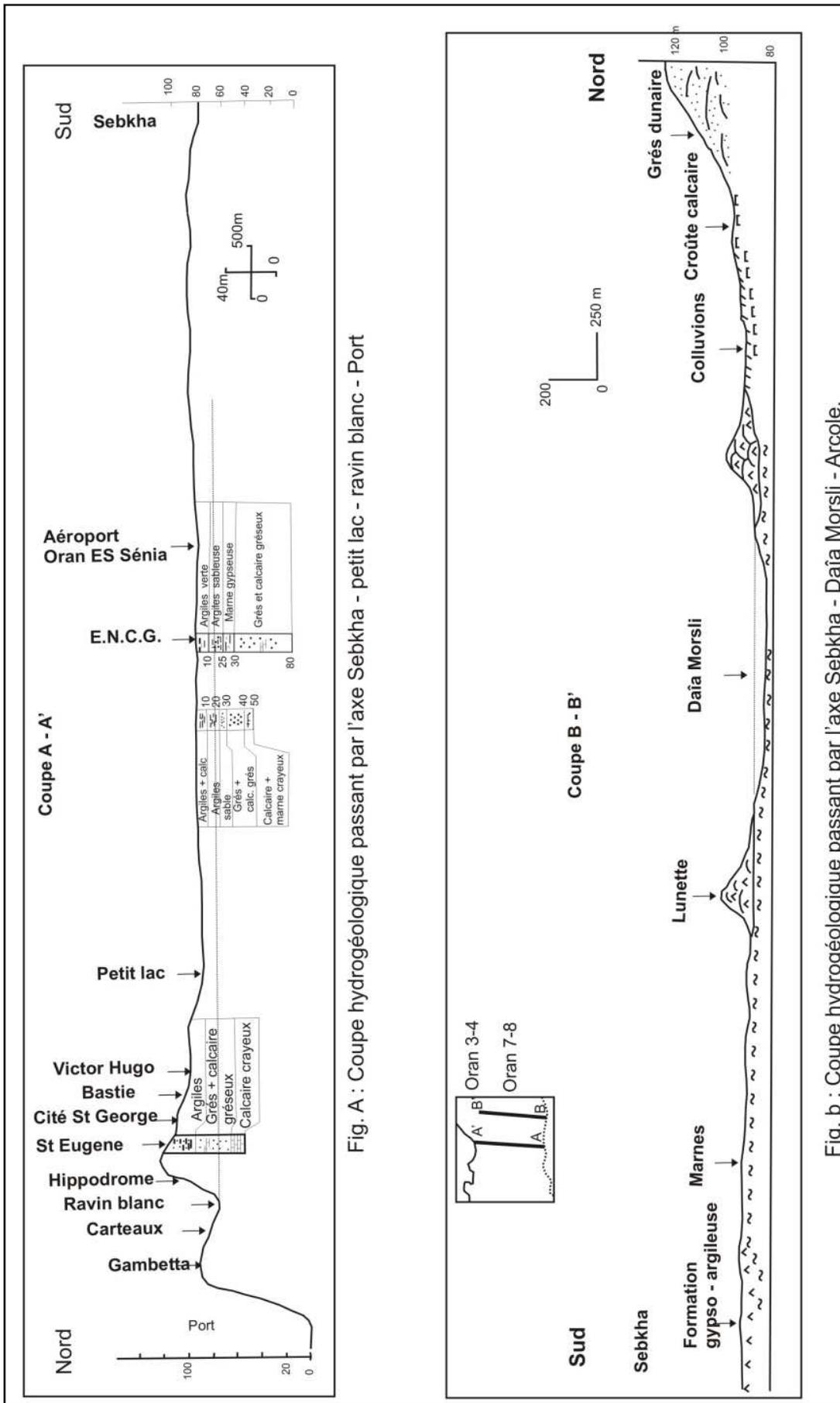


Fig. A : Coupe hydrogéologique passant par l'axe Sebkhha - petit lac - ravin blanc - Port

Fig. b : Coupe hydrogéologique passant par l'axe Sebkhha - Daïa Morsli - Arcole.

2-4 – Répartition des aquifères de la région d’Oran

Une synthèse sur les unités aquifères de la région d’Oran a été tentée par Alain JOSEPH (1999) résumant l’existence des principaux réservoirs. Malgré le caractère trop simpliste de cette cartographie, il n’en demeure pas moins que ce document présente l’avantage d’avoir une vue d’ensemble des potentialités hydrogéologiques ainsi que les possibles relations hydrodynamiques entre les systèmes aquifères (fig. 23). On distinguera particulièrement les aquifères suivant :

- Nappe des calcaires Messiniens à l’Ouest
- Nappe alluvionnaire au Sud
- Nappe gréseuse de Bir El Djir à l’Est

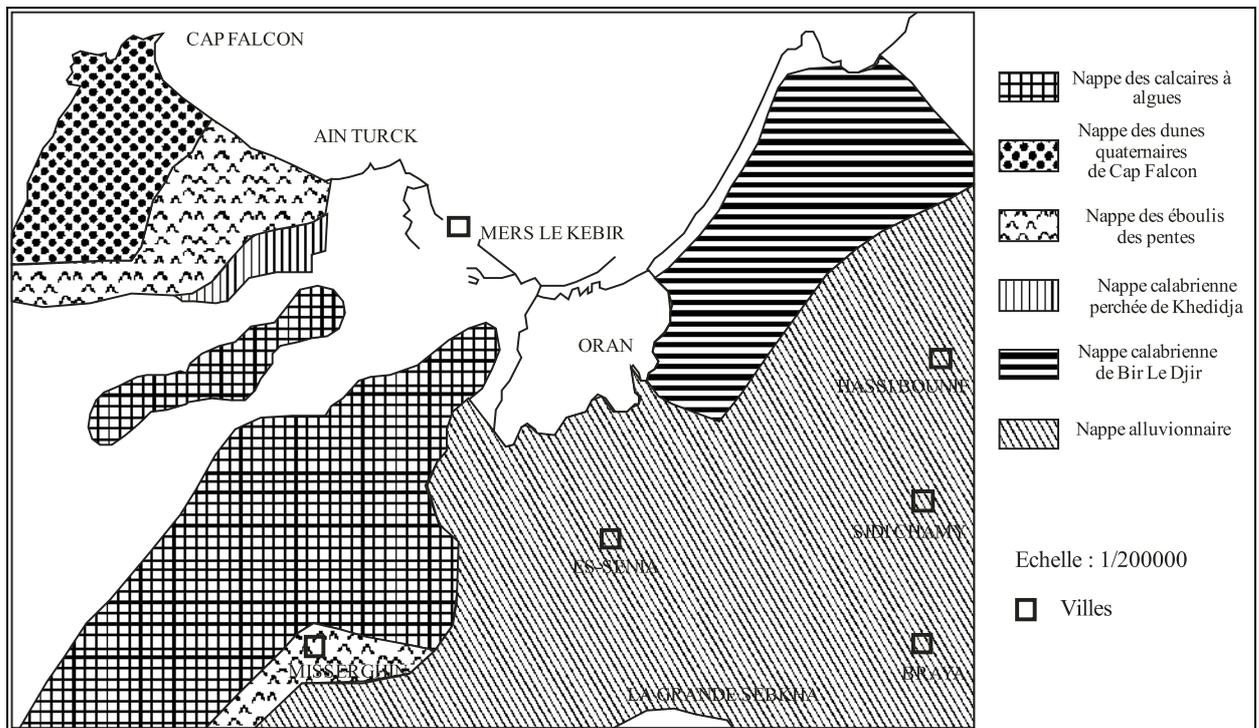


Fig. 23 : Répartition des aquifères sur le secteur d'étude (A. Joseph, 1979)

2-5 – Identification géologique des aquifères

2 - 5 -1- Le Primaire :

Les ressources en eau du primaire sont pauvres, les formations géologiques qui les composent sont pratiquement dépourvues de vides interstitiels et les seules possibilités de

stockage d'eau se situent dans le réseau de fissures du flanc N-W du Djebel Khar. La faille qui longe la côte faisant office de drain collecteur.

2-5-2- Le Secondaire :

a - Le Trias:

Il contribue à la salure des nappes, son intérêt hydrogéologique est très restreint en raison de la faible extension en surface.

b -Le Jurassique:

Les dolomies schisteuses compactes du jurassique ne sont pas toujours de bons aquifères et l'eau a plus tendance à ruisseler qu'à s'infiltrer à travers les fissures et contacts anormaux. Cependant quelques petites sources hydrothermales émergent ; on citera celle de Dadayoub à Saint-Rock qui prend naissance au niveau de la grotte des Pigeons au contact anormal des dolomies Jurassiques sur le Crétacé avec une température d'émergence estimée à 50 °C. Les formations liasiques sont potentiellement aquifères, particulièrement au droit des fissures. La source du bain de la reine en constitue un exemple, actuellement en zone militaire, elle est surcreusée dans les dolomies liasiques qui chevauchent les schistes de Santa Cruz.

c- Le Crétacé:

Les formations Crétacées essentiellement calco-schisteuses avec des passées quartzitiques très compactes n'offrent pas des possibilités aquifères appréciables, mise à part l'existence de quelques suintements visibles du Murdjadjo.

2-5-3- Le Tertiaire:

Les formations tertiaires représentées par des marnes, marno-calcaires ou des grès, n'offrent que de minces capacités aquifères. Les formations Miocènes forment en général le mur imperméable des nappes d'Oran, sauf pour la nappe des calcaires à algues du Murdjadjo qui recèle des ressources en eau appréciables.

2-5-4- Le Plioquaternaire:

Bien représenté par le faciès grés-sableux à lumachelles, il constitue un aquifère très important notamment dans la plaine de Bousfer-Aïn Turk. Sur les hauteurs de l'Oued El

Bachir, les grés à lumachelles reposent directement sur les schistes Jurassico-Crétacé constituant la nappe perchée de Khédidja qui se déverse vers le col du même nom.

Le pléistocène à faciès gréseux (Bir El Djir – Canastel) apparaît en coupe le long de la falaise où il repose sur les marnes Miocène vers l'Est et les marnes Pliocène vers le Sud. Plus à l'Ouest vers Oran, la nappe est drainée par trop plein sur une ligne de petites sources jusqu'à la pêcherie. A ce niveau, la faille de la calère constitue la limite hydrogéologique à potentiel nul de la partie Nord de la nappe du plateau d'Oran.

Le quaternaire récent laisse apparaître des dépôts continentaux constitués surtout par des formations de pentes, brèches, cailloutis à l'image du bas de la falaise au Sud du Bousfer. Les alluvions laguno-fluviatiles, limons, argiles sableuses tapissent la plaine de Figuier alors que la croûte calcaire recouvre presque la totalité du plateau de Bir El Djir. Les dépôts marins constitués par les plages actuelles et les complexe dunaires contiennent une nappe ayant comme réceptacle la mer Cap Falcon et les Andalouses.

3- LIMITES DE LA NAPPE DU PLATEAU D'ORAN :

3-1-Nappe du plateau Nord d'Oran la carte piézométrique du plateau d'Oran réalisée par l'université d'Oran,département des Sciences de la Terre (Juin, 1999) a permis de mettre en évidence la présence de 03 bassins hydrogéologiques séparés par des lignes de partage des eaux souterraines (fig.24)

- Bassin hydrogéologique de Ras El Aïn au Nord Est
- Bassin hydrogéologique de Daïat Morcely au Sud
- Bassin hydrogéologique au Nord Ouest comprenant 02 sous bassins hydrogéologiques :
 - * Sous bassin hydrogéologique matérialisé par un axe de drainage alimentant la région de Canastel.
 - * Sous bassin hydrogéologique alimenté par les ravins de la cressonnière et du ravin blanc, matérialisé par un axe de drainage alimentant la baie de Sainte Thérèse. Le système aquifère du plateau d'Oran constitue donc un ensemble hydrogéologique complexe, caractérisé par un substratum imperméable ondulé et par de fréquents changements latéraux de faciès. Ainsi, vers le Nord la nappe est caractérisée par un système de trop plein le long de la frange maritime alors que vers le Sud c'est le système de drainance qui alimente la nappe alluvionnaire du bassin versant de la Daïet Morcely.

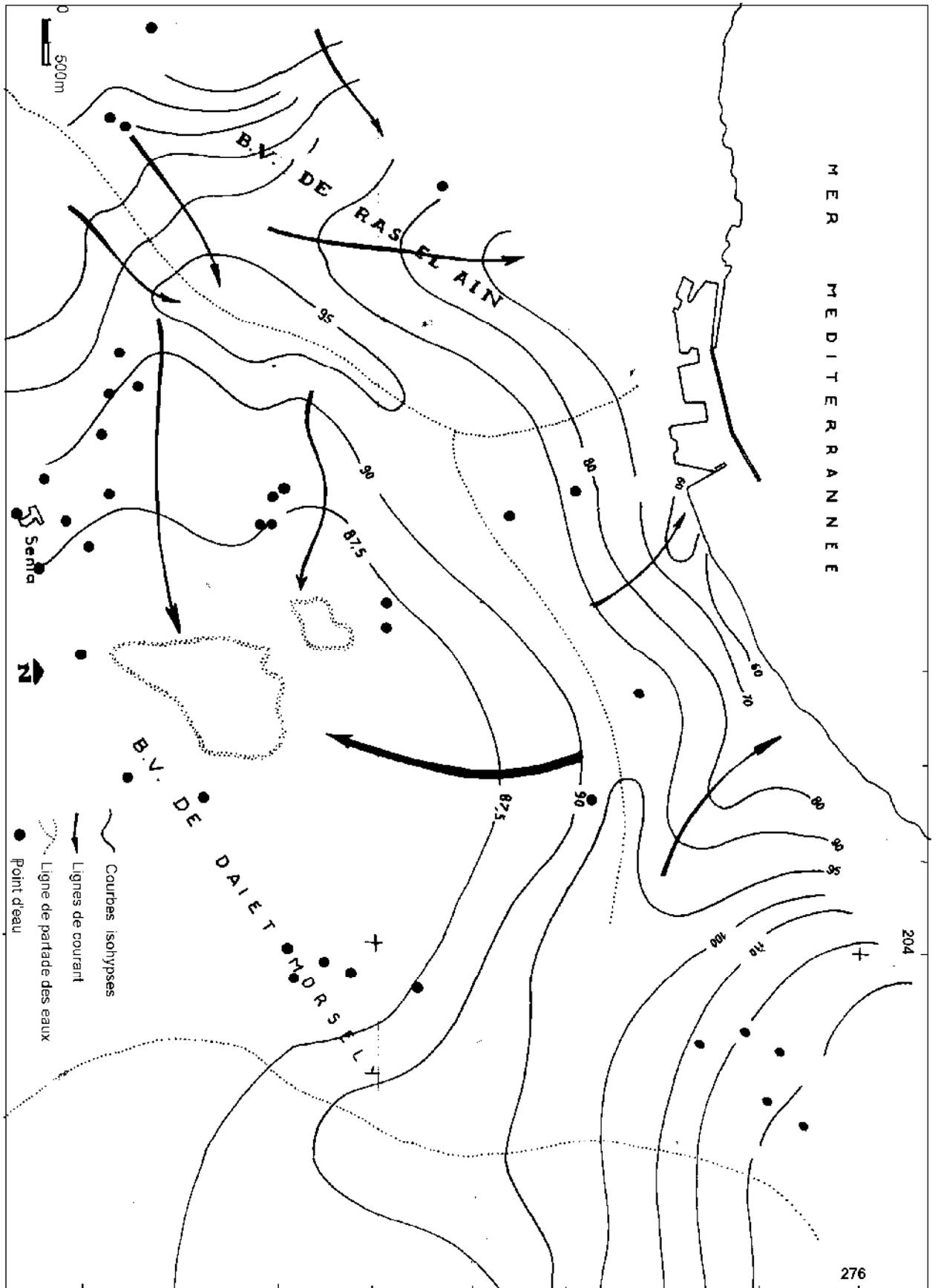


Fig. 26 - Carte piézométrique de la nappe du plateau d'Oran Nord (Université d'Oran, Juin 1999)

3-2- Nappe du plateau Sud d'Oran

C'est une cuvette dans le prolongement de la grande Sebkhha, bordée à l'Ouest par le Murdjadjo et à l'Est par le Djebel Khar. La plaine supporte la Dayat Morselly, Sidi Maarouf et le petit lac, dont l'altitude moyenne située au tour de 87 m. et qui servent de récepteurs aux eaux de ruissellement en provenance des reliefs environnant. Les sondages qui ont été exécutés sur la plaine d'Oran montrent des faciès variant d'Ouest en Est et du Nord au Sud, avec une zone bien marquée par des formations imperméables représentant le sillon médian de la Dayat Morselly et du petit lac (fig.25).

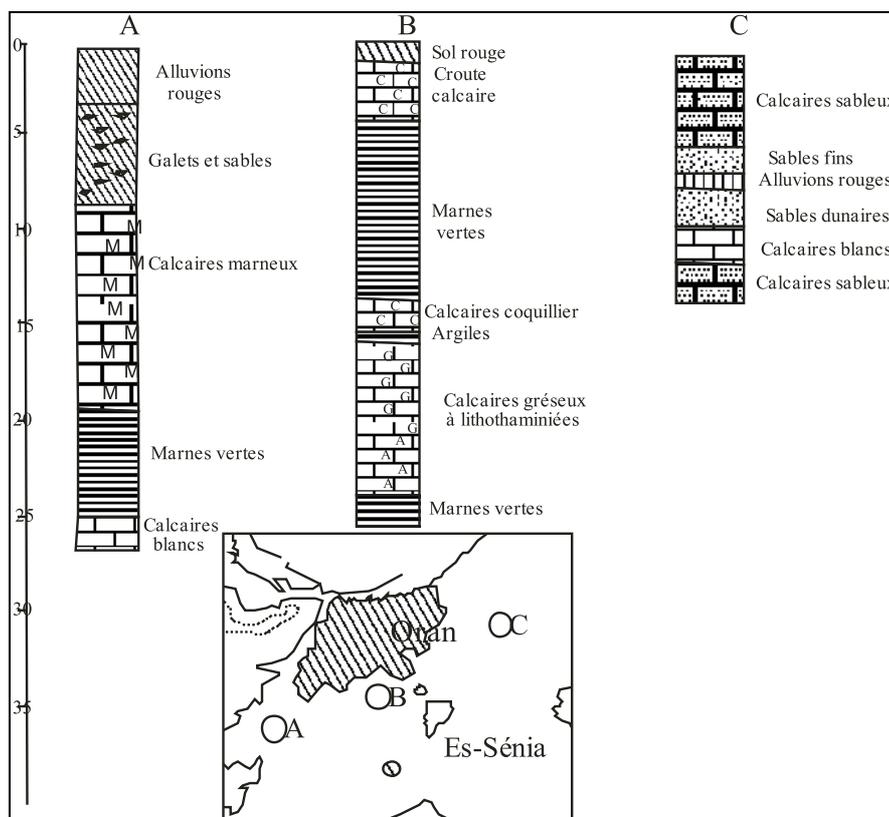


Fig. 25 : Log géologique des formations sous plateau d'Oran (A. Joseph, 1987)

La nappe du plateau Sud d'Oran alimentée par les eaux ruisselant du flanc Sud du Murdjadjo à l'Ouest s'étend vers Hassi Bounif, Sidi Chahmi et El Karma vers l'Est où elle coiffée par une couche d'alluvion épaisse. Le substratum de cet aquifère est essentiellement marneux ou argileux. L'épaisseur des alluvions diminue à l'Est dans la zone des Dayats où le substratum imperméable affleure.

3-3- La nappe du plateau de Bir El Djir:

Le plateau de Bir el Djir occupe la partie Nord-Est du secteur et longe la côte, couvrant l'espace entre Oran Est et Aïn El Franine. Il s'appuie contre le Djebel Khar sur sa partie Ouest. Il est bordé au Sud-Ouest par Petit Lac et Dayat Morssely. Au Sud, il est limité par la plaine du Figuier. Les sondages exécutés sur le plateau montrent des terrains perméables reposant sur un substratum constitué par des marnes bleues du Miocène supérieur.

La nappe est alimentée par les eaux ruisselant du flanc Sud-Ouest du Djebel Khar. L'écoulement souterrain se fait du Nord-Est vers le Sud-Ouest au droit de la zone des dayats. Le long de la falaise depuis Canastel jusqu'à Oran s'alignent des sources à écoulement diffus mis à jour par un système de trop-plein.

3-4- La nappe perchée d'Aïn Khédidja:

La nappe localisée dans les grès Calabriens, en position perchée à la manière d'un château d'eau dominant Mers El Kebir, se déverse de part et d'autre du col entre Aïn Khédidja et le Djebel Santon. L'aquifère repose sur les schistes et les calco-schistes du Crétacé imperméable. Une partie de son exutoire se déverse vers le Nord sur le flanc ouest du Santon entre Trouville et Saint Rock. La nappe est alimentée par les eaux ruisselantes du flanc nord du Murdjadjo.

3-5- La nappe des calcaires à algues du Murdjadjo:

Reposant en discordance sur les schistes et quartzites du Crétacé inférieur dont ils forment l'ossature du mont Murdjadjo, les calcaires fissurés de Miocène supérieur, appelés communément, calcaires à tripolis du Messinien, constituent l'unité hydrogéologique la plus importante de la région d'Oran (fig.26).

Il s'agit d'un aquifère carbonaté où toutes les formes du modelé karstique sont bien représentées avec notamment, la présence de chenaux de dissolution, de Lapiez, Dolines, Avens et Galeries souterraines.

L'impluvium s'étend depuis l'exutoire de *Ras El Ain* à l'Est (extrémité occidentale de la ville d'Oran), en passant par celui du *ravin de Misserghine*, jusqu'au champ captant de *Brédéah* à l'Ouest.

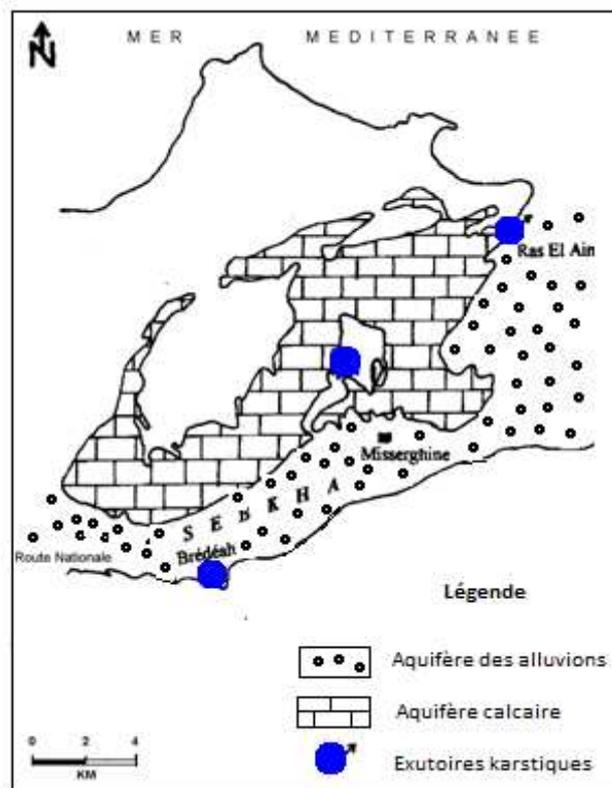


Fig. 26 – Impluvium de l'aquifère des calcaires (Mansour, 2006)

Plus au Sud, cet aquifère s'enfonce par le biais d'un système de failles en escalier et devient semi captif sous les alluvions du Plio-quaternaire (fig.27).

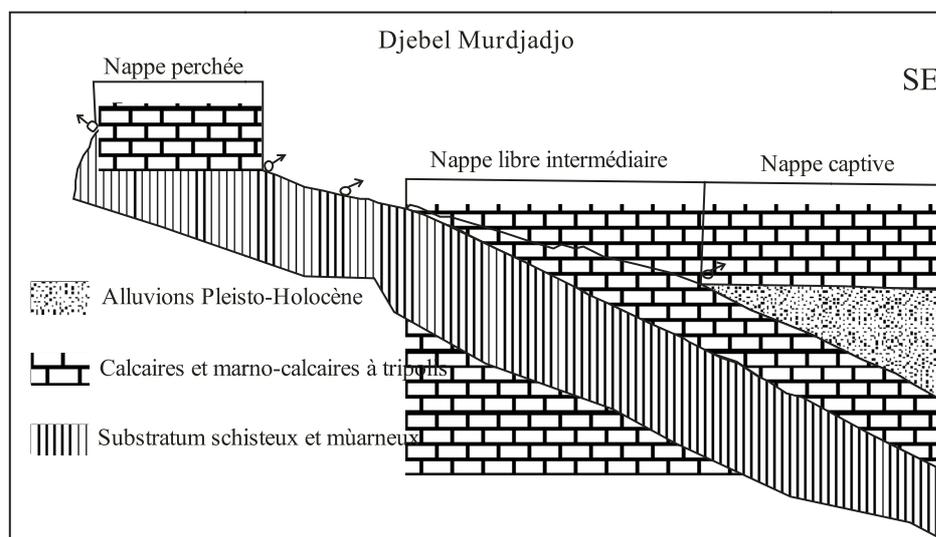


Fig. 27 : Coupe hydrogéologique schématique du Djebel Murdjadjo (In M.I. Hassani, 1987)

IV- LES RISQUES GEOLOGIQUES :

1-INTRODUCTION:

La région d'Oran, de par sa complexité morpho structurale et son activité sismotectonique, présente des risques géologiques liés à la nature de ses terrains qui menace l'instabilité du site urbain.

Classée parmi les zones littorale les plus exposées, la région d'Oran est caractérisée par l'existence d'un réseau de failles qui, lors de leurs rejeu vont engendrer des glissements, des affaissements et des éboulements au niveau des falaises (frange maritime Est) et des zones des piedmonts (faille de la Calère d'Oran, tunnel près de la pêcherie).

D'autres phénomènes particuliers, liés étroitement à l'hydrogéologie urbaine (écoulement de surface et souterrains), s'ajoutent aux risques géologiques, notamment les phénomènes de dissolution de certaines formations géologiques par les eaux d'infiltration.

2-LES PARAMETRES NATURELS ET ANTHROPIQUES INFLUENÇANT L'ALEA :

2-1- Les paramètres naturels influençant l'aléa:

2-1-1- La géologie :

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau, sa perméabilité et son état d'altération sont autant de paramètres conditionnant la pente limite d'équilibre et l'occurrence du mouvement. Les mouvements de terrains regroupent un ensemble de déplacement, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour). Les mouvements de terrain rencontré peuvent être de deux types :

- *Les mouvements lents et continus* comme les tassements et les affaissements : certains sols compressibles peuvent se tasser sous l'effet de surcharge (construction, remblais) ou en cas d'assèchement (drainage, pompage)
- *Les mouvements rapides et discontinus* comme les effondrements dus à la présence de cavités souterraines. Il peut s'agir des cavités souterraines naturelles générées par la dissolution de formations géologiques (carbonates ou gypses) ou artificielles (carrières et ouvrages souterrains). Ces anomalies peuvent entraîner l'effondrement du toit de la

cavité et provoquer en surface une dépression généralement de forme circulaire. Les écroulements et les chutes de blocs suite à l'évolution des falaises et des versants rocheux engendrent des chutes de pierres (volume inférieur à 1 dm³), des chutes de blocs (volume supérieur à 1 dm³) ou des écroulements en masse (volume pouvant atteindre plusieurs millions de m³).

2-1-2-La géomorphologie :

L'importance de la pente de terrain va permettre le développement de certains types de glissement. Une pente faible sera suffisante pour le déclenchement de phénomènes de *solifluxion* ou de *fluage*. La couverture végétale joue également un rôle dans la stabilité, la propagation et le déclenchement des glissements de terrain. Ce rôle peut être bénéfique ou néfaste selon le cas. Ainsi, les racines des végétaux renforcent la cohésion des sols, mais en cas de vent, l'effet de levier peut déraciner les arbres, ouvrant ainsi des brèches dans le sol et favorisant les infiltrations d'eau.

2-1-3-L'hydrogéologie :

A l'échelle humaine, les sols qui nous entourent peuvent paraître immuables, mais cette stabilité est illusoire. L'histoire géologique montre en effet que l'équilibre naturel, lentement façonné, peut soudainement subir des déformations, des ruptures et d'autres phénomènes d'érosion nuisibles pour l'homme. Cette érosion se fait sous l'action de déclencheurs. En fait, le premier coupable c'est l'action de l'eau et plus particulièrement celle des précipitations. Ainsi, ce sont la pluie, la neige, la grêle, la glace, qui sont le plus souvent responsables de la déstabilisation des versants. Les éléments chimiques contenus dans l'eau sont parfois très corrosifs. L'eau de pluie, par exemple, chargée en dioxyde de carbone, ronge et dissout les formations calcaires. Les splendides grottes, qui émerveillent les spéléologues et les touristes, sont en réalité d'énormes caries faites dans la roche. Saviez

2-1-4-Les séismes :

Un séisme, ou tremblement de terre, résulte de la libération brusque d'énergie accumulée par les contraintes exercées sur les roches. Le résultat de la rupture des roches en surface s'appelle une faille. Le lieu de la rupture des roches en profondeurs se nomme le foyer. Plus rares sont les séismes dus à l'activité volcanique ou d'origine artificielle (explosions par exemple). Il se produit de très nombreux séismes tous les jours, mais la

plupart ne sont pas ressentis par les humains. Environ cent mille séismes sont enregistrés par an sur la planète¹ grâce à des sismographes (appareils permettant de détecter les ondes sismiques à plus de milliers de kilomètres du foyer sismique). Les plus puissants d'entre eux comptent parmi les catastrophes naturelles les plus destructrices. C'est la mise en vibration des éléments du sol et la modification des conditions de pesanteur qui peuvent être à l'origine de la déstabilisation des masses en place.

2-2-Les paramètres anthropiques influençant l'aléa :

2-2-1- La modification de l'hydrologie :

De la même manière que pour les phénomènes d'éboulements, la modification de l'hydrologie par une activité humaine peut créer des zones à risques nouvelles.

2-2-2-La modification du relief :

Lors des chantiers de construction, les opérations de terrassement peuvent entraîner la suppression d'une butée de pied stabilisatrice d'une masse de terrain ou bien -augmenter la pente d'un versant composé de matériaux pas assez cohérents pour cette nouvelle topographie. Le remblaiement engendre une surcharge pouvant déclencher ou aggraver un glissement. De même, il entraîne un tassement du sol et ainsi une diminution de la perméabilité, amplifiant l'instabilité.

3-LES RISQUES GEOLOGIQUES :

3-1- Risques sismiques :

3-1-1- Séismicité historique de l'Oranais :

Par rapport à d'autres régions du monde, l'Afrique du Nord n'apparaît pas comme une région très active du point de vue sismique car, malgré quelques événements catastrophiques, l'activité sismique n'y est pas régulière et soutenue (Adams et Barazangi, 1984). En Algérie, les différents travaux de séismicité historique entrepris par A. Perrey (1847), M. Chesneau (1892), De Montessus de Ballore (1906), Ambraseys et Vogt (1988), A. Harbi, S. Maouche et H. Benhallou (2003), ont permis de montrer que les séismes historiques les plus violents, voire les plus meurtriers, sont ceux qui se sont produits dans la région littorale. Le séisme d'El

Asnam (10/10/1980), restera d'après les données historiques, portant sur plus de 250 ans d'observations documentées, comme le plus grand séisme connu dans le Maghreb.

La plupart des événements majeurs ont leur épicerne situé dans une bande côtière large de 700 Km ; leur extension se fait d'Ouest en Est sur plus de 2000 Km allant du Rif au Maroc jusqu'en Tunisie. De 1505 (date du début de l'occupation espagnole) à 1959, la région d'Oran n'a connu au total que six événements historiques classés sensibles à destructeurs. Les autres sont d'intensité modérée.

Tableau n° 3 : Principaux séismes historiques de l'Oranie (I ≥ IV)

Réf	Date	Coordonnées	I	M	Localisation	Nombre de victimes
Roussel, 1973 Ambraseys, 1982	09/10/1790	?	X	-	Oran	3000
Roussel, 1973	/03/1819	35.7N / 0.7W	IX	-	Mascara	nombreuses
(Mokrane et al., 1994; Benouar, 1994).	1836	35.7 N 0.6 W	VI		Oran	
Kamik, 1971	26/07/1861	35.4N / 0.1E	VII	-	Oran	-
(Mokrane et al., 1994; Benouar, 1994).	1889	35.8 N 0.8 W	VII	4.6	Oran	
Kamik, 1969	02/02/1910	36.4N / 2.8 E	VII	-	Oran	-
(Mokrane et al., 1994; Benouar, 1994).	1949	35.7 N 0.7 W	V	4.1		
Mortgat et al, 1978	08/01/1913	36.7 N / 0.1 E	VII	-	Oran	-
(Mokrane et al., 1994; Benouar, 1994).						
Benahallou et roussel, 1971	12/12/1959	36.5 N / 2.7 E	VII	-	Oran	0
(Mokrane et al., 1994; Benouar, 1994).	1975	35.64 N 0.72 W	IV	3.2		

Parmi les séismes historiques les plus évoqués on peut rappeler :

a- Le séisme du 09 octobre 1790 (1H, 35°7N, 0°7W)

Il fut l'un des plus désastreux qu'ait jamais subi l'Algérie et se fit même ressentir dans tout le pourtour méditerranéen et ce jusqu' à Malte (fig. 28). Les récits indiquent que presque

d- Le séisme de Juillet 1912 (18H 06', 35°7N, 0°4W)

Les effets de ce séisme indiquent que l'intensité fut de VII à Arzew, V à Renan, III à Oran. Plusieurs répliques furent enregistrées le 24 et 25 juillet.

Ce séisme, très violent dans la région d'Arzew, se caractérisa par un grand nombre de maisons lézardées, des meubles et objets renversés, des plafonds effondrés et un grondement sourd pareil à une explosion.

e- Les séismes du 19, 20 et 21 Juin 1925 (35°8N, 0°4W)

Trois secousses ont été ressenties dans la région d'Oran à 14H44' le 19, à 12H33' le 20 et à 03H01' le 21.

19 Juin : Port aux Poules (I=VI), Arzew, Mangin, Saint Louis

20 Juin : Saint Leu, Port aux Poules, quelques lézardes (I=VI) ; Oran, Saint Louis, Saint Denis de Sig, Mangin (I=IV) ; Mostaganem(I=III) ; ressentie également à port aux Poules, Renan, Arcole, Hassi Ben Okba, Saint Cloud. L'épicentre est probablement voisin de Saint Leu et de Port aux Poules et peut être sous-marin. L'ISS indique pour le 21 juin un épicentre situé 37°0N, 0°5W) à 120 Km au nord de Saint Leu. Une détermination microséismique approximative situe l'épicentre à 36°1N, 0°7W, H=03H. 00,4

f- Le séisme du 01 Avril 1939 (08H 02', 35°9N, 0°1 E)

La secousse principale a été enregistrée à Alger. A Mostaganem, la secousse fut ressentie assez violemment. Des murs dégradés ; des cheminées écroulées, des lézardes, des toitures affaissées y ont été constatés. Pendant le mois d'Avril, il a été senti à Mostaganem environ 30 secousses.

g- Le séisme du 12 Décembre 1959 (35°7N, 0°7W)

Un séisme modéré se produisit à 20H00 dans la région d'Oran, St Cloud et Kristel produisant des fissures sur les vieilles habitations et causant la frayeur des populations. L'intensité du séisme était de VII pour une Magnitude de 5.2. L'épicentre macro- séismique se situe en bordure de côte au large d'Oran (fig. 29). De nombreuses répliques se sont produites après le séisme majeur et ceci jusqu'à la fin Janvier 1960. Sur le terrain, une fissure de plusieurs mètres de longueur et de 35 cm de largeur fut observée. Une canalisation d'eau fut également rompue dans la ville d'Oran.

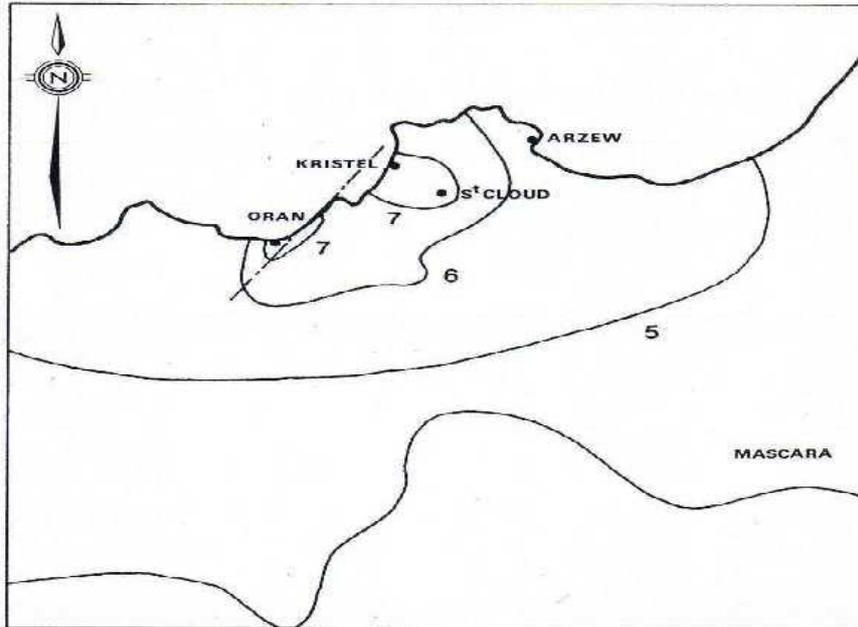


Fig.29- Extrait de la carte isoséiste du séisme du 12/12/1959 (Benhallou et Roussel, 1971)

3-1-2- Cadre tectonique

L'analyse tectonique essaye d'étudier, à un niveau régional, les contours des différentes plaques, sous plaques ou failles, et permet en conséquence de connaître leur genèse et leur évolution actuelle. A l'échelle locale par contre, l'investigation tectonique s'intéresse fondamentalement à la recherche, au droit du site et de ses environs immédiats, des éléments structuraux majeurs. Ces deux approches permettent, d'une part, d'aboutir à des modèles géologiques décrivant les grandes unités structurales du site prospecté, d'autre part, elles fournissent les hypothèses de base pour répondre aux questions relatives à la localisation des séismes potentiels et à leur intensité maximale.

a- Les principaux accidents

a-1- Accident de Kristel

Au Sud-Ouest du village de Kristel ($X= 213.000$, $Y=285.000$), nous avons un accident qui est considéré comme le trait structural majeur de la région. En effet, le décrochement (fig.30) affecte et les grès du Pliocène et les dépôts calcaires du Miocène. L'analyse des tectoglyphes (stries de friction et sigmoïdes) traduit un coulisage dextre. La direction de déformation est en compression et s'oriente approximativement NNW-SSE (azimut de $\sigma_1 = 163^\circ \pm 10^\circ$). Cette direction s'observe également dans les calcaires du Miocène grâce à l'orientation des pics stylolithiques. Il y a lieu de rappeler que les phases

compressives intra- pliocène et plio-pléistocène inférieure se caractérisent par une diversité des directions de raccourcissement (z). Le Pliocène inférieur se particularise par la valeur 148°E, les formations du Plio- Pléistocène inférieur ont pour valeurs N169°E et N163°E. Cette variation pourrait être liée à une légère rotation de la direction de σ_1 entre les deux phases (Thomas, 1985)

Enfin, l'extension de cet accident sur plusieurs kilomètres en fait un accident actif capable de menacer toute la région d'Oran en cas de séisme. Il constitue par ces caractéristiques structurales un paramètre inéluctable pour toute étude d'aléa sismique.

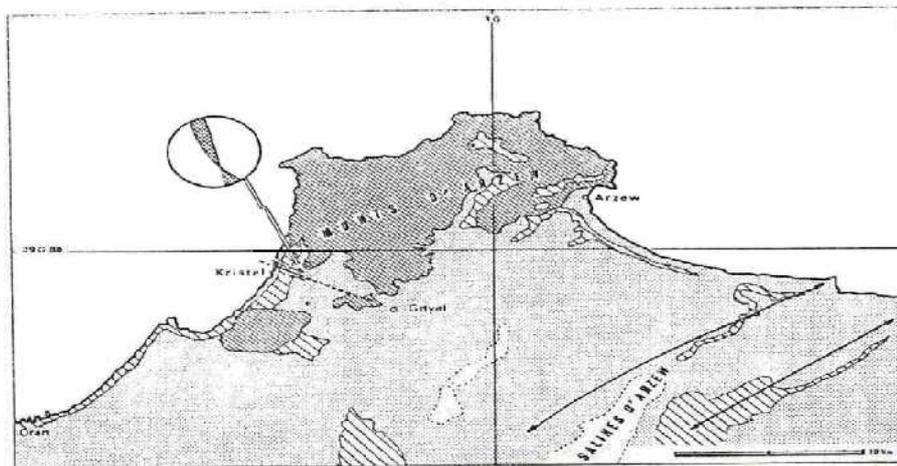


Fig. 30 : Localisation de l'accident décrochant dextre de Kristel (Thomas, 1985)

a-2- Accident Ain Franin-Arbal

Entre Ain Franin et Arbal, une faille transversale existe probablement. Son rejeu horizontal, mis en évidence par le décalage des deux anticlinaux (5 Km) affecte le Pliocène inférieur qui affleure en bordure Est de la Sebka (fig.31). Constituant la bordure Est du fossé d'Oran, ce décrochement senestre d'orientation N10°- 20° E, joue depuis le Miocène supérieur le rôle d'une frontière paléogéographique (Thomas, 1985).

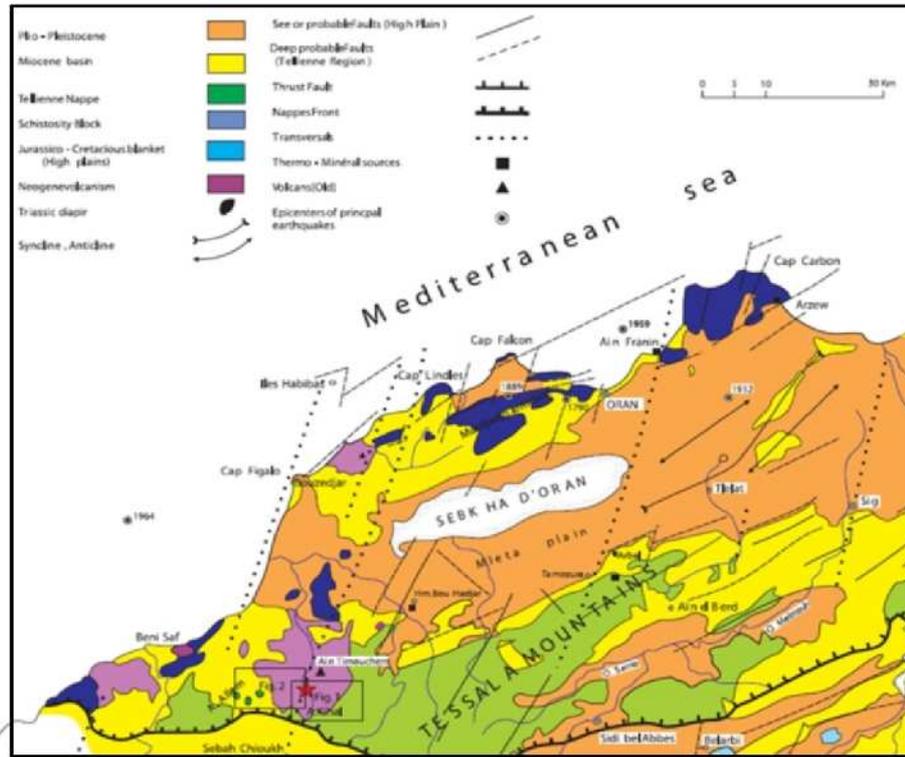


Fig.31 – Extrait de la carte géologique et structurale de l’Oranie (In Yelles-Chaouche, 2004).

a-3- Accident de Ras El Ain - Château Neuf :

Le linéament, passant par la rue des jardins et débouchant vers l’ancienne usine à gaz, est un contact sédimentaire devenu tectonique. Il apparaît clairement intra-miocène dans son tracé Sud. Il coïncide avec le ravin de Rouina.

a-4- Accident de Murdjadjo :

Le massif du Murdjadjo a été décrit par plusieurs auteurs (Fenet, 1975 ; Thomas, 1985; Maghraoui, 1988) comme un pli alpin (anticlinal) dont la « voussure » constitue le dos. Sur son flanc Nord, nous avons un accident de type normal expliquant les dépressions de l’Oued Sidi Hammadi et de Mers El Kébir. Son flanc Est est limité par un accident d’orientation N50°- 55°SE dont l’histoire remonterait au moins au Miocène. Il met en contact le Miocène supérieur et le massif à schistosité d’âge Jurassique (fig. 31).

Au niveau de la falaise dominant l’ancien port d’Oran, la faille présente un mouvement en décrochement dextre et son miroir est oblitéré par un mélange cimenté de brèche de faille et d’éboulis fins de 1 à 2 mètres d’épaisseurs encroûté en surface. Au niveau de la rue Jean Bart, la dénivelée visible de l’escarpement de faille, entre la rupture de pente et le fossé de la Calère, est d’environ 70 mètres.

Plus au Sud, là où le décrochement dextre entrecroise l'accident E-W affectant les schistes jurassiques, la direction de la faille passe de N20° à N50°. Le miroir de faille présente plusieurs générations de brèches à éléments de quartzites et de schistes emballés dans une matrice sablo-silteuse jaunâtre (Miocène gréseux). Ces générations forment en fait plusieurs miroirs parallèles légèrement décalés entre eux, déterminant ainsi des couloirs brêchiques pouvant témoigner de rejeux successifs de l'accident. La faille disparaît ensuite sous le cône d'éboulis (falaise rouge) dominant le site de la Calère (SOCOTEC, 1986).

D'après la carte géologique de détail, établie par SOCOTEC (1986) le long de cette faille, on note que l'accident réapparaît, dans le talus de la route des planteurs, en faisant décrocher suivant la direction N50 un paquet de schistes du Lias supérieur et de calcaires dolomitiques du Dogger; la brèche associée caractérise probablement un accident décrochant majeur entre le Jurassique et le Miocène. Au niveau du virage de la route de la Casbah, l'accident met en contact les dolomies noires du Lias inférieur et le Miocène gréseux. Il s'agit d'une faille normale avec une composante décrochante dextre. La direction est N30° à N40° et le pendage 60 ° vers le Sud-Est. Des stries inclinées de 20° à 30 ° sur la verticale ont été également observées (SOCOTEC, 1986).

Par ailleurs, la nature des dépôts du Pliocène (conglomérats et brèches de pentes) et leur position accolée aux formations miocènes par le biais du plan de la faille permettent d'affirmer que l'accident a un jeu normal. Ce dernier a, donc, eu lieu après le Miocène et pendant les dépôts du Plio-Quaternaire discordants sur le Miocène : à proximité de l'accident, le Pliocène montre des discordances progressives qui laissent penser que ce dépôt s'est accumulé sur un fond subsidant, probablement en liaison avec le fonctionnement normal de l'accident à cette époque (SOCOTEC, 1986).

Il devient évident que les rapports structuraux entre le Miocène et le Pliocène ne peuvent s'expliquer que par un jeu polyphasé de l'accident. C'est-à-dire en débutant son activité vers la fin du Miocène, cet accident installerait un régime distensif durant le Pliocène (le rejeu est en décrochement transpressif dextre). L'activité de cet accident remonterait au Miocène post nappe lui-même car cette série montre de nombreuses failles syn-sédimentaires, d'orientation statistique Nord-Sud à pendage tantôt Est, tantôt Ouest, compatibles avec une distension générale E-W, identique à celle qu'on lit à partir de l'accident du Murdjadjo. L'activité de cet accident qui se prolonge jusqu'à la période quaternaire d'une manière plus discrète, est marquée par le basculement des terrasses continentales du Quaternaire ainsi que

par des failles inverses N180° - 60°W, auxquelles s'associent des micro-plissements déversés vers l'Est Sud Est. Aussi, la disposition en discordance du Quaternaire sur le Pliocène montre que l'accident a continué de jouer après les dépôts continentaux (dépôts de piémonts) d'âge quaternaire à subactuel.

a-5- La faille de Bousfer (F3)

Au Sud de Bousfer, la structure faillée de direction approximativement Nord-Est aurait, d'après les travaux de Thomas (1985), 11 Km de long. Cependant, elle se prolonge de 6 km environ vers le Sud-Ouest ce qui lui confère une longueur totale de plus de 17 km (fig. 34). Elle aurait un taux de déplacement de moins 1mm/an ce qui est faible comme valeur (Yelles-Chaouche *et al.*, 2004). Mais d'après Bouhadad et Laouami (2002) (In Geomatrix-Me2i-TTi, 2003), elle serait inactive.

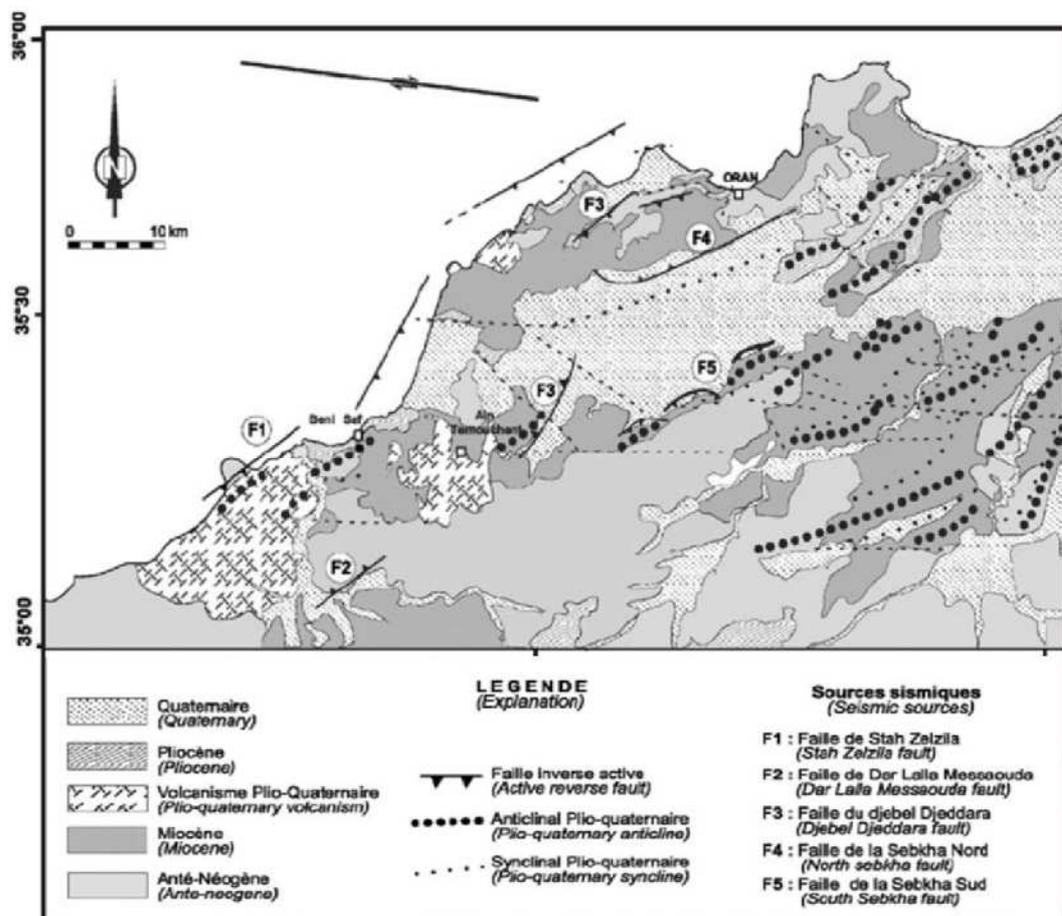


Fig. 32- Les accidents actifs de la région oranaise (Yelles-Chaouche *et al.*, 2004).

a-6- La faille de la Sebkha Nord (faille d'Oran) (F4).

Cette faille correspond à un linéament très prononcé qui s'étend sur environ 15 km suivant une direction NE-SW (fig.32). Elle délimite les monts du Murdjadjo au Nord et la plaine de la grande Sebkha au Sud (bassin de la M'leta). A l'Ouest, cette faille vire brusquement vers le Nord-Ouest, sur environ 4 km. Elle est interprétée comme une faille inverse à pendage Nord.

Plus au Nord, vers les hauteurs, le déplacement le long de la faille est associé au plissement et soulève le Murdjadjo, qui domine ainsi le bassin de la Mléta. Cette faille est supposée active, car les épaisseurs des séquences sédimentaires d'âge Quaternaire, rencontrées immédiatement au Sud, sont en faveur d'une importante subsidence tectonique du bassin de la M'leta. Son taux de déplacement serait, d'après les travaux de Bouhadad et Laouami (2002), de 0.3 à 1.8 mm/an (In Geomatrix-Me2i-TTi, 2003). Cette faille, qui a une longueur totale de 55 km, est parfois le siège d'une micro-activité sismique, comme en témoigne le dernier petit séisme ($M_l : 3,1$) qui s'est produit le 26/11/2004. Elle pourrait être aussi à l'origine du séisme d'Oran en 1790 (Yelles-Chaouche *et al.*, 2004).

a-7- La faille de la Sebkha Sud (F5).

Cet accident, correspondant à un système de faille d'orientation NE-SW, présente un plan sur lequel des stries ont été observées. Ces dernières sont en faveur d'une cinématique en faille inverse, générant un chevauchement oblique vers le Sud et le Sud-Est. Ce système de failles se prolonge le long des monts des Tessalas, sur une longueur d'environ 30 km. D'après Thomas (1985), il se prolonge d'au moins 35 km supplémentaires vers l'Est, le long de la limite méridionale de la plaine de Habra, soit une longueur totale de 65 km environ.

La faille recoupe les surfaces de piémonts représentées par des niveaux alluvionnaires de Pléistocène inférieur à Holocène qui séparent la grande Sebkha d'Oran (bassin de la Mléta), au Nord, des monts des Tessalas au Sud (fig. 32).

«Des profils topographiques de ces escarpements ont été réalisés, afin de localiser l'emplacement précis de la faille sur les terrains alluviaux holocène et pléistocène.

La partie Nord du profil, recouverte en grande partie par des alluvions du Pléistocène, est recoupée par deux escarpements. L'âge de ces dépôts alluvionnaires n'est pas connu avec précision, mais ne dépasserait probablement pas 35 000 ans. Le déplacement vertical cumulé

à travers les escarpements sur les profils réalisés est de $17,1 \pm 1,0$ m. Ces données sont en faveur d'un taux de déplacement (à long terme) sur la faille de la Sebka sud d'au moins $0,49$ mm an⁻¹. La surface du deuxième profil topographique est recouverte par des dépôts colluviaux de l'Holocène. Des datations au carbone 14 d'échantillons de charbon, collectés dans un ravin d'oued situé à 10 m environ du premier profil, montrent que l'âge des dépôts colluviaux est de moins de 3000 ans. Le déplacement vertical cumulé à travers les deux escarpements serait ainsi d'environ $1,4 \pm 0,5$ m.

Ces données indiquent des déplacements (à court terme) estimés à $0,46$ mm an⁻¹, similaires à ceux évalués sur le long terme. Les failles associées à l'un des escarpements sont visibles dans un ravin d'oued situé immédiatement à 10 m à l'Est du profil. La faille est montrée en coupe le long de la paroi du ravin et se traduit par deux ruptures très proches, présentant un pendage de 55° vers le Sud. Le déplacement vertical cumulé est de 1,6 m. Trois datations au carbone 14, effectuées sur des échantillons prélevés sur ces plans de faille, indiquent que les failles ont été générées durant les 3000 dernières années. Elles indiquent un taux de déplacement à court terme de $0,53$ mm/an » (In Yelles-Chaouche *et al.*, 2004).

3-1-3- La sismicité actuelle en Oranie

En Algérie, la tectonique active, comme on vient de le voir, est localisée, à terre, dans la région nord du pays, plus particulièrement dans le Tell. Dans cette région, frontière entre les plaques Africaine et Eurasiatique, la déformation tectonique est l'expression de la convergence actuelle de ces deux plaques. Par contre, le long de la marge, les nombreux épencentres marins confirment la présence de structures actives générant, parfois, d'importants séismes, comme ceux qui se sont produits très récemment dans la région d'Oran.

En effet, le 06/06/2008, Oran a enregistré, vers 20H.02 GMT, un séisme d'une forte Magnitude (M_w) de 5.6, suivi par 18 autres événements de magnitude supérieure à 2.7 dont un dépassant une magnitude de 4. L'épicentre du choc principal a été localisé au large d'Oran (fig.33).

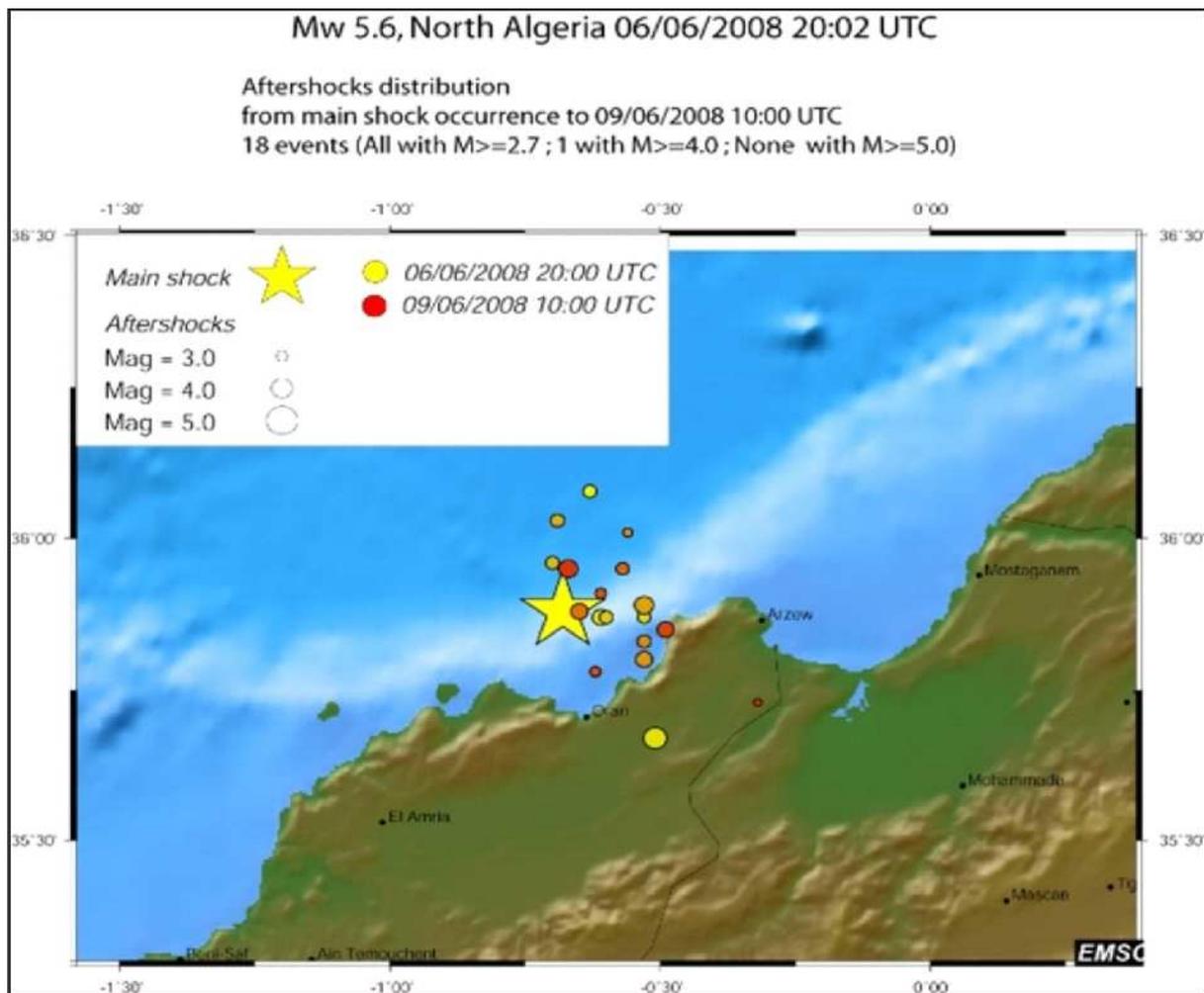


Fig. 33 - Carte de localisation du séisme d'Oran du 06/06/2008

Une victime a été enregistrée ainsi que l'effondrement de quelques habitations vétustes. Des glissements de terrain ont été, aussi, observés le long de la frange maritime avec apparition de quelques fissures sur la chaussée et les remblais (fig.34).

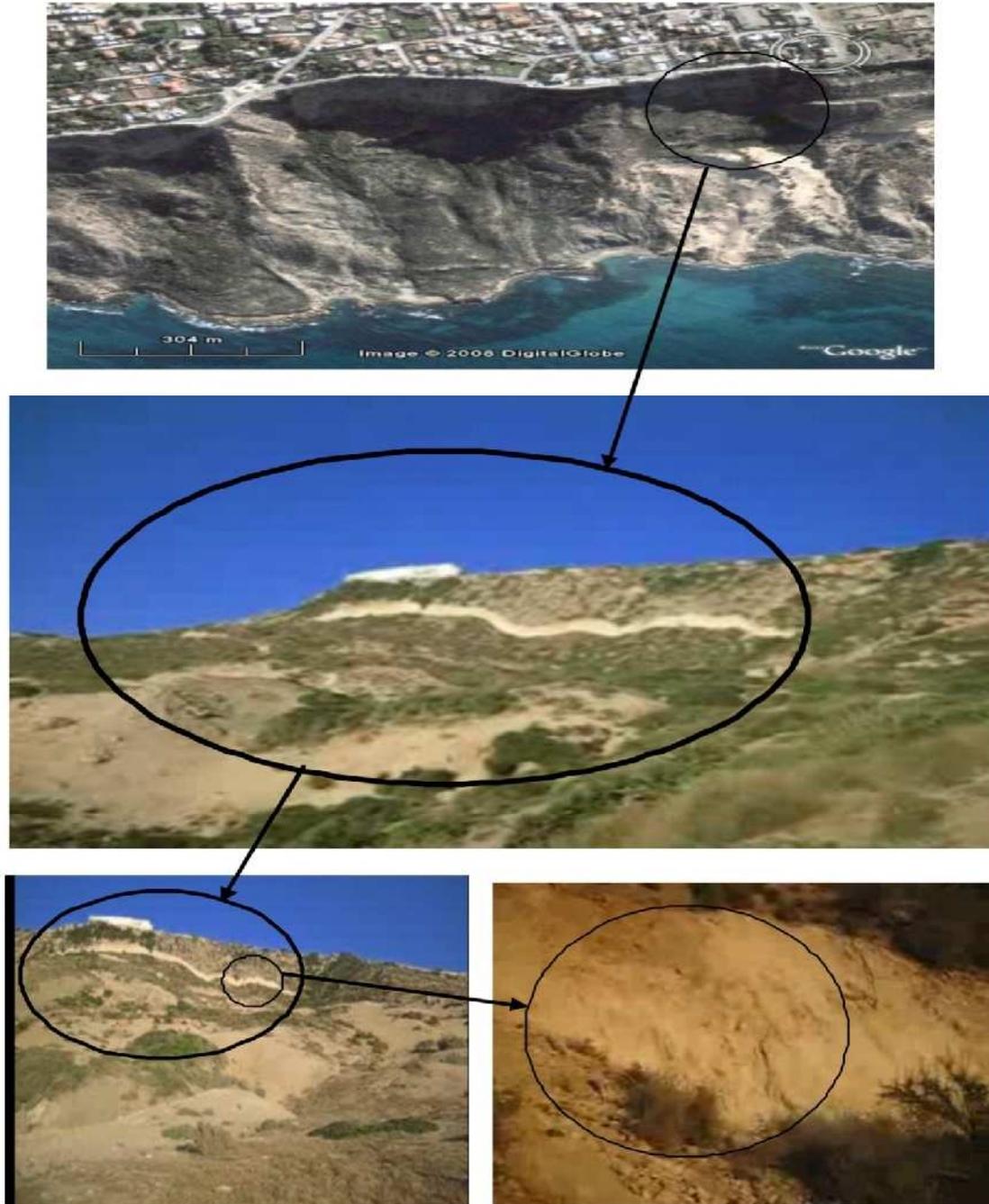


Fig.34: Glissement déclenché par le séisme d’Oran du 06/06/2008, au contrebas de Canastel (benabdallah m., 2010).

Le 24/07/2008, à 17 h 19min. 53 (GMT) un autre événement d’une profondeur de 20 km a frappé le large d’Oran (Lat = 35 99, Lon = -1.23), la puissance de la secousse a atteint une magnitude de 4.3 (fig.35).

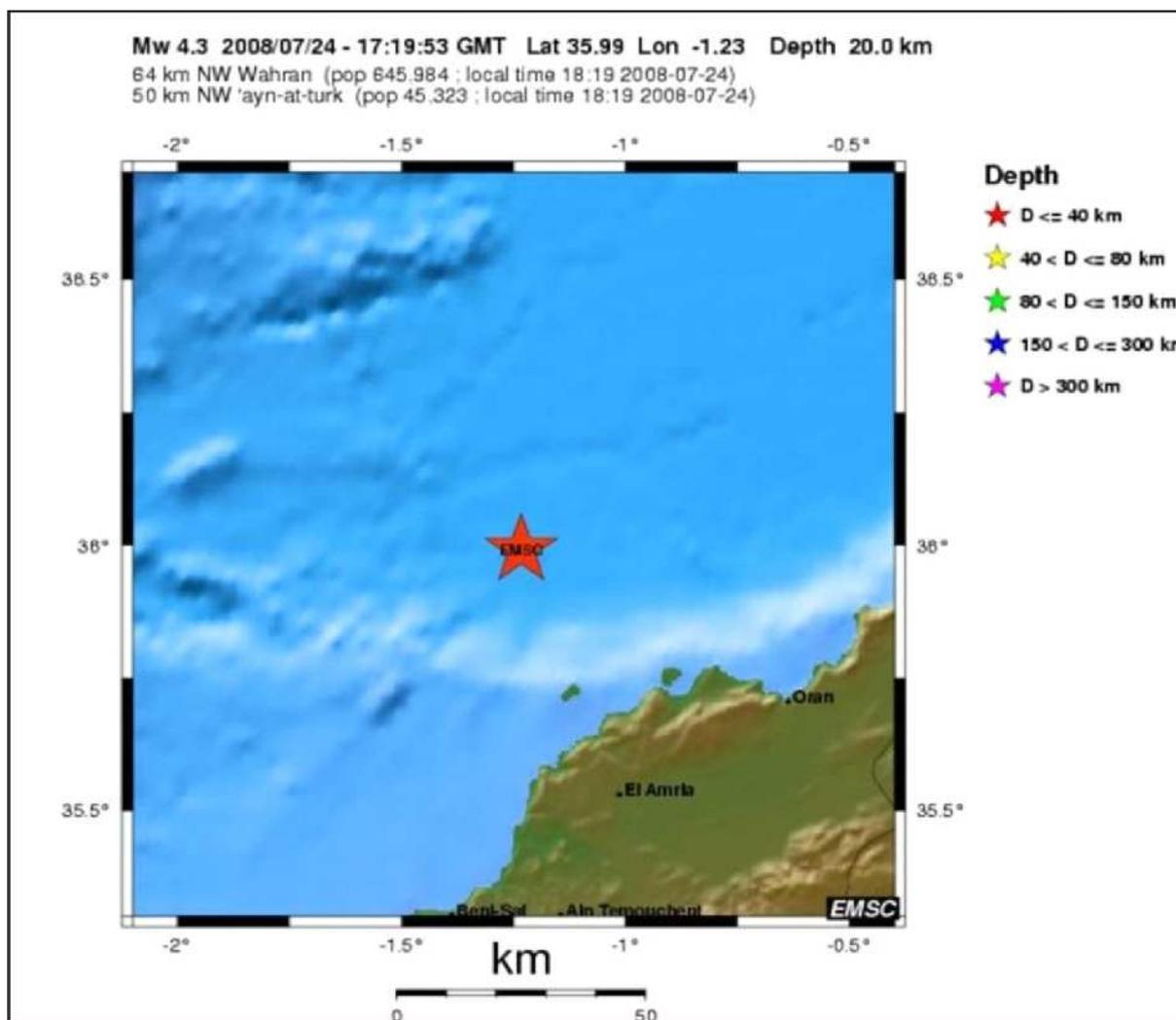


Fig. 35: Carte de localisation du séisme d'Oran du 24/07/2008 (IGN, 2008).

Comme on le constate, les chocs principaux sont localisés dans la partie de la plaine abyssale proche du continent alors que les répliques, mêmes les plus fortes, se produisent non seulement dans le bassin algérien au niveau de la pente, mais également sur le plateau continental et sur la bordure occidentale du bassin du Bas Chélif. Cette dernière se déforme en donnant des structures plicatives (synclinaux, anticlinaux) et parfois cassantes (pli-failles, failles inverses, chevauchements) orientées NE-SW à NNE-SSW. Ce sont ces dernières structures qui sont le plus souvent à l'origine des violentes secousses enregistrées à terre dans la région d'Oran et ses environs.

Les nombreuses structures actives en mer semblent être le prolongement des structures continentales. Les travaux récents menés par la campagne **Maradja'2003** indiquent que la déformation est actuellement compressive. Elle se traduit non seulement par une fermeture

progressive d'Est en Ouest des différents bassins sédimentaires néogènes littoraux mais également par une migration importante de la déformation dans la même direction (E-W).

L'analyse du mécanisme au foyer du séisme du 06/06/2008 à l'aide des stations (HARV, USGS, INGV, ETHZ) dévoile une faille inverse de direction NE-SW avec des axes de pression horizontaux de direction NW-SE. Le mécanisme au foyer du même séisme, résolu avec les données de la station IGN, évoque une faille normale décrochante E-W. Ces mécanismes au foyer, témoignent, donc, d'un raccourcissement, selon une direction NNW–SSE (N140°E) (fig.36) et d'une déformation guidée, à première vue, par des accidents majeurs, de direction E-W.

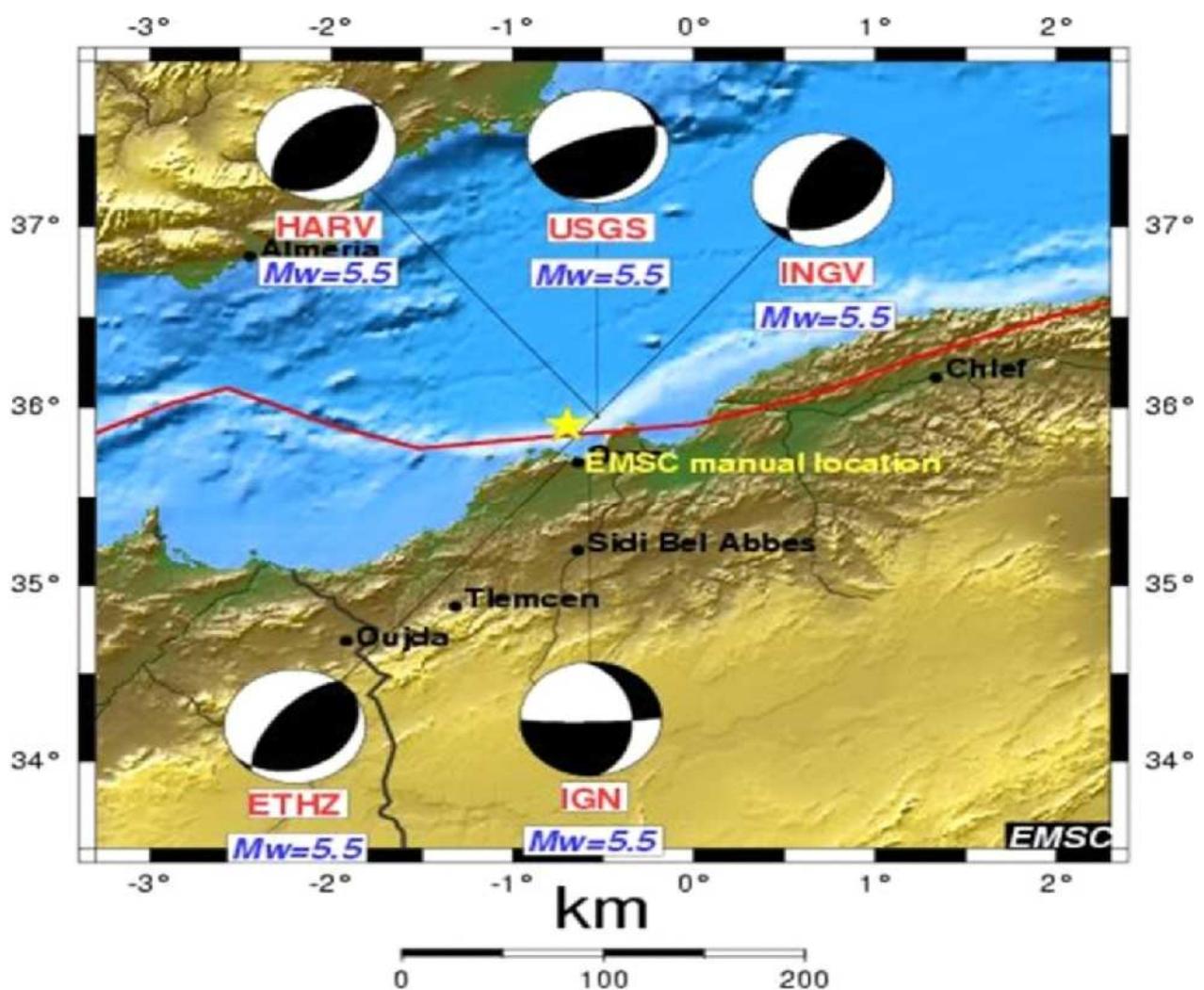


Fig.36: Solution du plan de faille du séisme 06/06/2008 (IGN, 2008).

3-1-4- Conclusion :

Pendant le XX siècle il y avait de fortes secousses qui se sont manifestés par différentes intensités dans différentes régions de l'Oranie. On peut voir de la carte épacentrale que dans les proximités directes de la ville d'Oran il y avait de forts tremblements de terre. A partir des données historiques, on a constaté que la ville d'Oran, vers la fin du XVIII^e siècle, a été affectée par un tremblement de terre catastrophique qui a conditionné la démolition partielle de la ville ; ce qui indique que le tremblement de terre été de grande magnitude (environ 3000 mort étaient enregistrés).

Ces données indiquent que les abords proches de la ville d'Oran représentent une source séismogène de tremblements de terre forts. Selon les données néotectoniques, on peut voir que cette localité représente un nœud tectonique où les failles longitudinales régionales s'entrecroisent avec celle transversales.

Les failles de bordure du Murdjadjo- Arzew s'entrecroisent avec la faille transversale qui s'étend au Nord Nord-Ouest Sud Sud-Est et passe près de la ville d'Oran. Ce nœud tectonique représente une zone expressivement destructive où se superposent les morphostructures prises par différentes intensités des mouvements verticaux et par différents soulèvements différenciés. Dans ce cas, les tremblements de terres sont liés aux dislocations des morphostructures le long de leurs failles de bordures. Sur les autres terrains de la partie littorale de la ville d'Oran, par le développement des morphostructures Murdjadjo, Arzew, le plateau d'Oran et les abords de la méditerranées, de petits tremblements de terre de magnitude 3.0-4.5 sont enregistrés, qui indiquent que mêmes les petites dislocations longitudinales représentent des structures séismogènes actives.

Dans les limites des morphostructures du plateau d'Oran-Saint Louis-Saint Cloud, des secousses de magnitude 3.9 à 4.9 sont enregistrées. Ces secousses de faible magnitude sont liées aux processus de la tectogénèse contemporaine qui se manifeste par la pression et la formation des formes locales plicatives disloquées, suivies par la formation des failles locales qui ne sont pas découvertes par des processus d'érosion. Une région où des tremblements de terres d'intensité moyennes sont enregistrés se trouve sur la bordure nord des Monts des Tessalas. En conclusion, la ville d'Oran se trouve dans la zone des sources séismogène de magnitude 6.0, tandis qu'au Nord, à environ 30 km dans la méditerranée, on peut s'attendre à une secousse de magnitude 7.2.

3-2- Risques hydrogéologiques urbains:

3-2-1- Paléohydrographie de la frange maritime :

Afin de mieux comprendre l'origine des mouvements du sous sol (affaissement, glissements, chutes des blocs) observés sur certaines parties de la ville d'Oran, il est nécessaire de retracer l'histoire des écoulements superficiels relatif à la paléohydrographie et ceux avant l'édification de cette grande métropole.

L'analyse morphométrique du littoral d'Oran nous a permis de faire ressortir deux bassins versants séparés par une limite hydrogéologique représentée par l'unité géologique Jurassico-Crétacé (Photo. 1) faisant office de ligne de partage des eaux qui s'étend depuis l'entrée actuelle du port jusqu'aux hauteurs du quartier des amandiers :

a- Bassin versant de Ras El Aïn:

Situé à l'Ouest de la ligne de partage des eaux et drainé par l'Oued Rebhi, ce bassin versant a pour exutoire la source de Ras El Aïn dont le débit actuel oscille autour de 60 l/s.

b-Bassin versant de la baie de Saint Thérèse:

Comprend quatre ravins, on distingue d'Est en Ouest (Fig. 37):

b-1- Ravin Rouina :

Ce ravin, alimenté par Oued Rouina, prend naissance au niveau de la caserne militaire de Mdina Djidida exactement au boulevard de l'indépendance, trace son chemin en traversant le boulevard Abderahmane Mira juste à la place Kerguenta ensuite le boulevard Emir Abdelkader à l'arrière l'hotel Royal pour aboutir à la rue des sœurs Benslimane en passant exactement entre la banque BCA et le trésor public, ce qui a été confirmé par les résultats des sondages du Laboratoire des Travaux Publics d'Oran (LTPO).

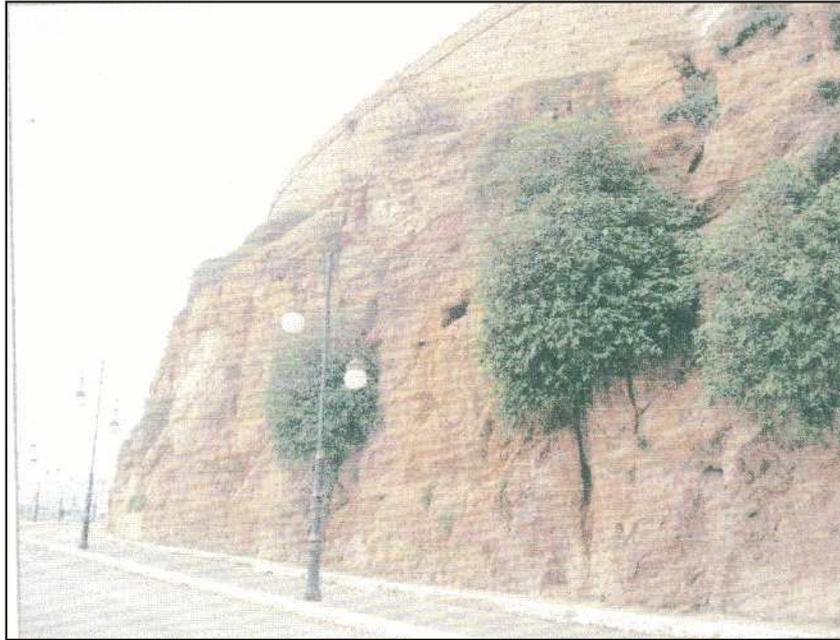


Photo .1- Substratum dolomitique faisant office de ligne de partage des eaux entre les bassins versants de Ras El Ain et celui de la Baie de Saint Thérèse.

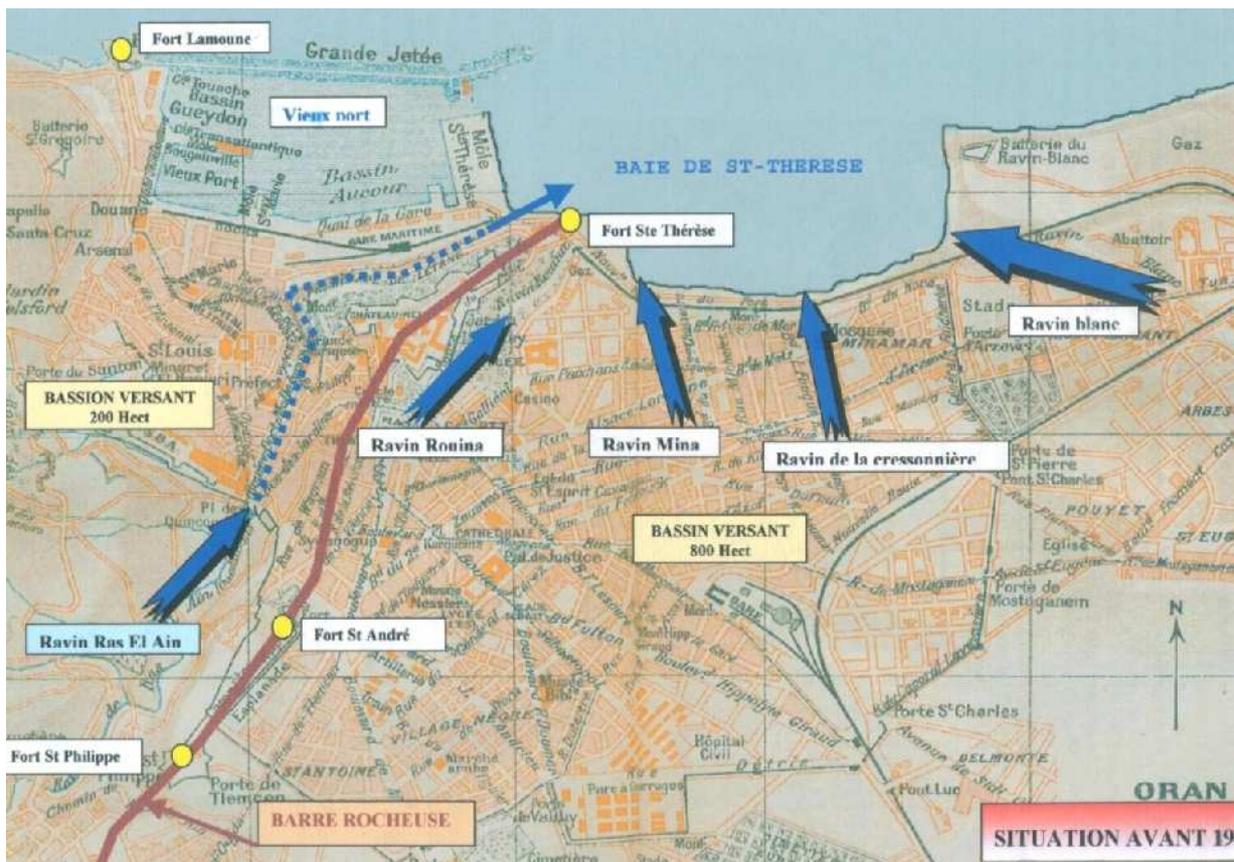


Fig. 37- Reconstitution de la paléohydrographie du versant Nord d'Oran (Somatre, 2005).

De là, il descendait vers le port en suivant une légère courbe vers l'Est (Phot. 2). Il était rejoint au niveau du lycée Pasteur par un second ravin moins important, qui passait juste à l'arrière de la grande poste en suivant exactement la rue Es Selm (rue de la paix). Ces deux ravins en forme de courbes constituaient à leurs intersections au niveau de la rue des Sœurs Benslimane une forme de bec d'oiseau qui donne l'origine à son appellation rue El Monquare.

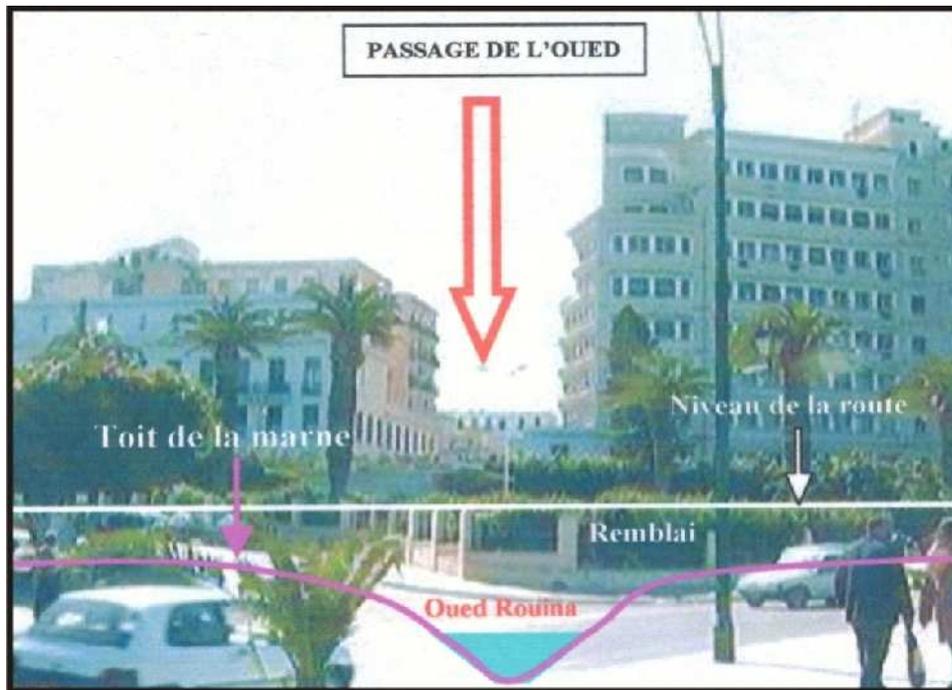


Photo. 2- Passage de l'Oued Rouina

Aussi pour une précipitation de 50 mm/h, le débit total des eaux qui transitaient par ce ravin à l'époque était de 22m³/seconde.

b-2- Ravin Mina :

Alimenté par l'Oued Mina et prenant naissance près de la place commandant Medjoub (ex place Hoch), il rejoint le front de mer juste à l'Est de l'hotel HadeF.

b-3- Ravin de la Cressonnière :

Très profond, ce ravin prenait naissance non loin de la place des victoires en passant sous le front de mer au droit de la place Port Saïd (ex Square Lyauty).

La photo suivante (Photo. 3) montre un grand glissement de talus de front de mer à l'époque (ravin de la cressonnière) due a l'écoulement de l'Oued malgré leur canalisation provisoire par buses et fossés à ciel ouvert.



Photo. 3- Un grand glissement de talus de front de mer à l'époque.

b-4-Ravin blanc:

Représente le bassin versant le plus important de par sa superficie avec environ 450 ha, séparant les quartiers de Saint Eugène et de Gambetta.

3-2-2- Hydrogéologie de la frange maritime d'Oran :

Les formations géologiques de la frange maritime (marnes, calcaire marneux et grés) offrent de bonnes possibilités aquifères, particulièrement au droit du ravin blanc. On distinguera :

- Le miocène : Il forme en général le mur imperméable de la nappe du plateau d'Oran.
- Le pliocène : Les bancs de grés, les sables et lumachelles forment un aquifère libre.

a - Piézométrie

Un essai de carte piézométrique a été réalisé au droit du ravin blanc en prenant en considération des points d'eau témoins inventoriés selon leur situation stratégique dans l'espace considéré. La campagne piézométrique a été réalisée le 08 avril 2007, accompagnée d'un prélèvement à des fins d'analyses chimiques.

Tableau n° 4

N°	COORDONNEES LAMBERT		Niv. Statique (m)	PROFONDEUR (m)
	X	Y		
1	199,920	273,070	58,00	80,00
2	200,730	272,740	42,25	65,50
3	200,480	272,580	38,10	48,55
4	199,180	272,000	25,30	35,00
5	199,230	272,010	28,20	42,00
6	199,420	272,840	46,20	60,00
7	199,500	271,930	39,50	51,00
8	199,090	271,440	--	38,00
9	200,560	271,430	59,50	93,00
10	199,750	272,500	6,20	20,00
11	200,100	272,500	8,45	22,00
12	199,400	272,750	5,50	20,00
13	200,500	268,900	--	28,50
14	199,600	272,800	source	Source

L'examen attentif de la carte piézométrique (fig. 38) met en relief un grand écoulement, matérialisé par l'existence d'un axe de drainage qui se superpose parfaitement sous l'écoulement superficiel du ravin blanc. Ce qui dénote qu'il existe une relation hydrodynamique entre l'écoulement souterrain (nappe du plateau d'Oran) et l'écoulement superficiel (oued du ravin blanc).

Lors des crues qui affectent le plateau Nord d'Oran, c'est le ravin blanc qui, depuis la cité Djamel et son confluent venant de Gambetta qui alimentent la nappe alors qu'en période de déficit pluviométrique, c'est la nappe qui par le phénomène de capillarité (drainance ascendante) alimente le ravin blanc (photo. 4). Ce phénomène hydrodynamique a pour impact d'imbibber les terrasses alluviales et par voie de conséquence le remblai qui supporte les infrastructures de base menant au port.



Photo. 4 – Affleurement de la nappe par remontée capillaire sur la rive gauche du ravin blanc entre la RN11 et la rue Passeti (mise à jour par les travaux d’excavation pour un complexe immobilier, (avril 2007)

Cet écoulement souterrain est alimenté d’une part, par le ravin de la Cressonnière et d’autre part, par le ravin blanc lui-même ainsi que par un autre ravin plus petit que lui, venant de la place Gambetta (tracé de la voie ferrée).

C’est au niveau de la confluence de ces deux ravins, à une centaine de mètres en contrebas que la fissure s’est déclarée à travers toute la largeur de la chaussée qui mène au port à conteneurs.

b - Sous bassin versant hydrogéologique Cressonnière – ravin blanc

Il est important de souligner que le bassin versant de la Cressonnière et celui du ravin blanc communiquent entre eux pour constituer un seul axe de drainage représentant un écoulement d'eau souterraine qui alimente en continu les terrasses ainsi que les remblais édifiés pour les besoins de l'infrastructure routière.

Le collecteur du ravin blanc qui a été diagnostiqué par la Société Maritime des travaux, Reconnaissances et Expertises (2005) se compose en fait de deux parties (fig.39).

- La première partie relie le rond pont de cité Djamel à la chambre de collecte située au pied de la pile Sud du pont Zabana en suivant le lit du ravin. Ce tronçon permet d'acheminer vers l'ovoïde géant du front de mer toutes les catégories d'eaux (superficielles, souterraines et usées) des environs de Cité Djamel, Hippodrome Carreaux et Saint Eugène.

- La seconde partie prend naissance au niveau du rond point de la place de Gambetta et rejoint le premier tronçon à l'amont de la chambre de collecte. Elle permet de drainer les eaux usées, pluviales et de sources des quartiers Nord de Gambetta.

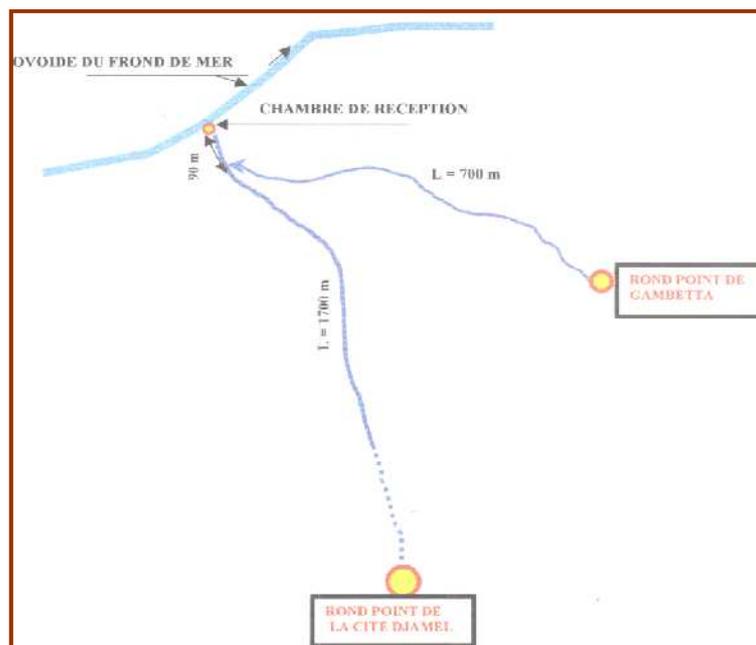


Fig. 39 – Système de drainage du ravin blanc

Un certain nombre de sources dont le débit total atteint plusieurs litres par secondes ont été captées à l'époque coloniale. Il s'agit d'un dispositif comportant une buse de 300 mm de diamètre, muni d'une grille métallique et d'un filtre en gravier soigneusement mis en place (Photo. 5 et 6).



Photo.5 – Dispositif de captage d'une source à débit notable (Somatre, 2005)

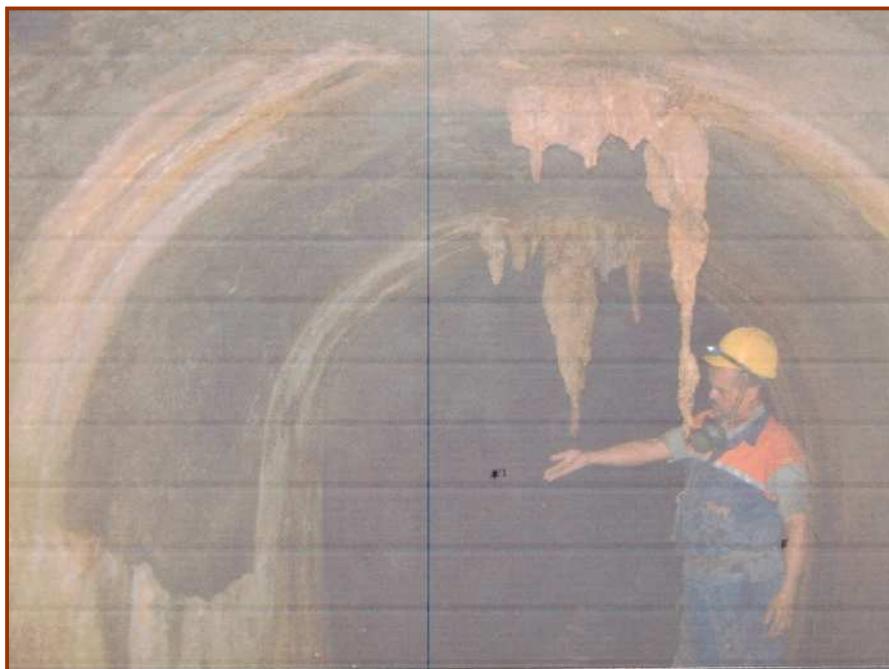


Photo.6 – Coulées de carbonates témoignant d'importantes infiltrations de la nappe à travers les parois de l'ovoïde (Somatre, 2005)

c - Hydrochimie de la nappe du ravin blanc

Lors de la campagne piézométrique, on a procédé au prélèvement de 08 échantillons pour des analyses chimiques. Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses des principaux éléments majeurs.

Tableau n° 5 : résultat des analyses des principaux éléments majeurs

N°	X	Y	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	CO ₃ H	NO ₃	PH	C25	MIN.	RS
1	199,4	272,7	128	23	412	29	386	258	448	14	8.3	2800	1936	1880
2	199,4	272,7	122	15	393	29	491	274	480	4	8.3	2800	1736	1880
3	201,7	271,5	180	44	311	5	733	142	91	98	8.1	2700	1674	2020
4	198,4	267,2	196	121	529	6	909	355	445	67	8.2	3770	2594	2620
5	201,7	271,5	220	102	575	8	1276	240	110	120	8.0	4200	2604	2900
6	201,7	271,5	178	69	350	7	819	204	131	135	8.0	2900	1798	2300
7	198,4	267,1	180	126	552	21	937	400	622	51	7.7	3740	2839	3060
8	201,7	271,5	230	109	564	5	1150	336	110	105	8.0	3800	2356	2880

La classification des échantillons analysés selon Les diagrammes de Schoeller-Berkaloff et Piper (fig. 40) permet de faire ressortir des eaux à faciès bicarbonaté à forte résonance anionique tels que les chlorures, les sulfates et à un degré moindre le sodium. Certains points d'eaux (3, 5, 6 et 8) présentent de fortes teneurs en nitrates, dépassant 100mg/l et dénotant une pollution par des fuites d'un réseau d'assainissement défectueux.

On distinguera donc un faciès bicarbonaté, chloruré et sulfaté, conditionné par une zonalité géologique relative à la présence des calcaires gréseux pliocène (bicarbonaté) et des marno calcaire à tripoli du miocène (chloruré et sulfaté).

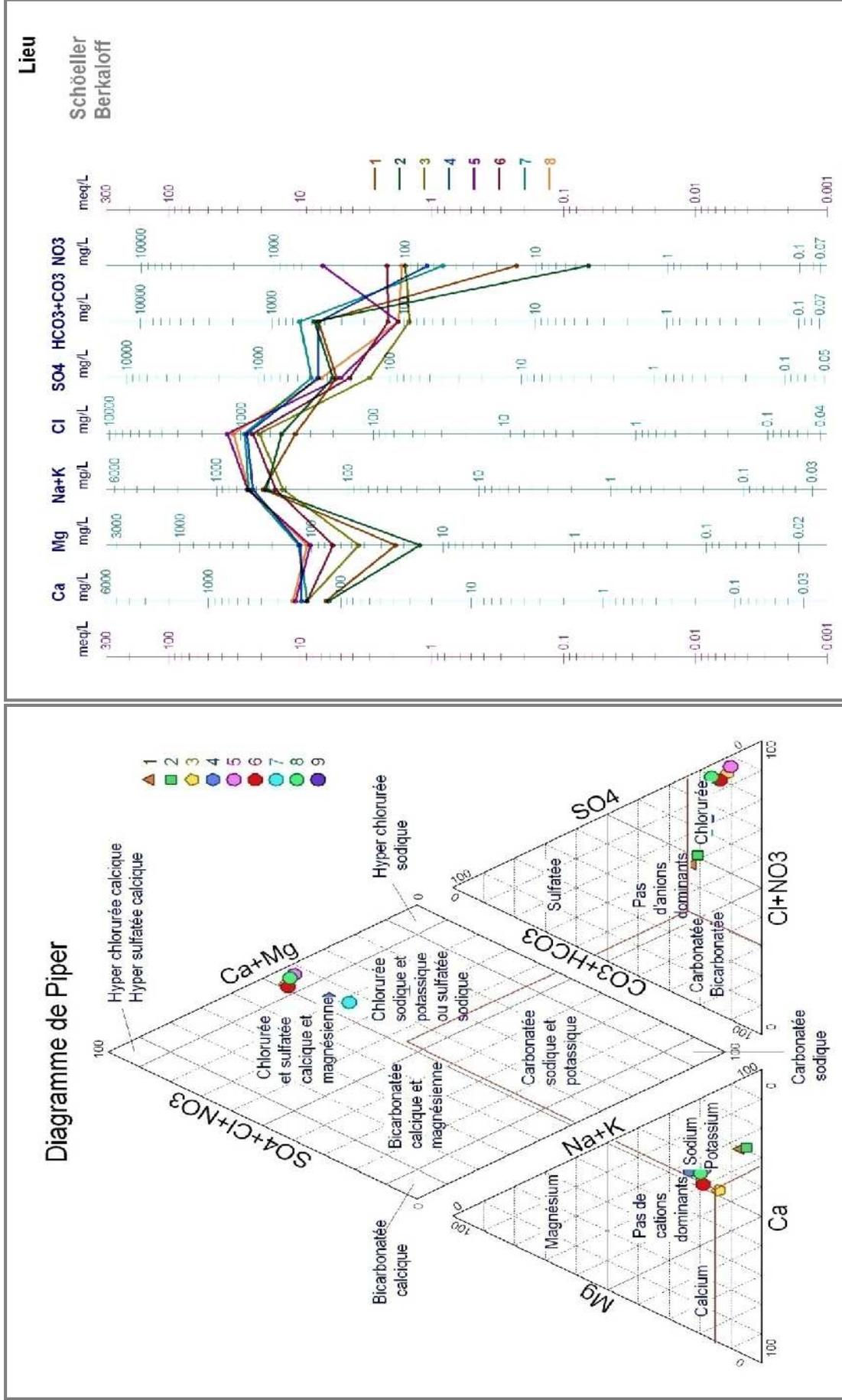


Fig. 40 - Représentation graphique des eaux souterraines de la nappe du plateau Nord d'Oran selon la classification de Schoeller et Piper

3-2-3- Impacts sur le bâti et l'environnement urbain

a- Fissuration du réseau routier

- Fissuration de la route du port (ex rue Coutant) est apparue pour la première fois en 1985, autrement dit lors de l'achèvement des travaux de mise en place du remblai. Depuis cette date, le talus de remblais de cette zone se trouve constamment en mouvement malgré tous les travaux de réparation par rechargement de chaussée. Selon un rapport interne, cette fissure est apparue suite aux fortes intempéries ayant entraîné des inondations des terres pleines portuaires et des stagnations des eaux superficielles à cet endroit précis (Photo. 7).

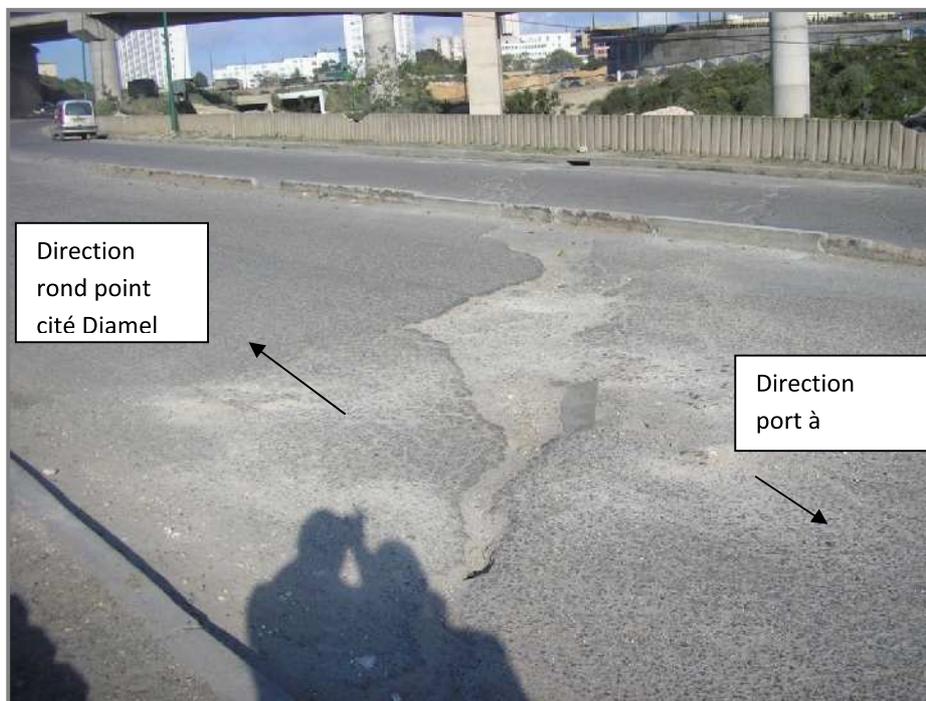


Photo 7.- Fissure affectant la chaussée menant au port à conteneurs

Il est à rappeler que lors des travaux de réalisation par SEROR de la culée Sud de l'ouvrage d'Art de la bretelle en terre armée, il a été signalé l'apparition d'une fissure très profonde longeant toute la masse de remblais sur une longueur d'environ 120 m. Cette fissure s'est manifestée juste après de fortes intempéries qui ont duré une semaine (fig. 41, photo n°2). Les deux fissures (fig. 43, photo n° 1, 2, 3) sont apparues systématiquement par rapport à l'axe du ravin autrement dit sur les remblais des ouvrages réalisés sur les deux rives.

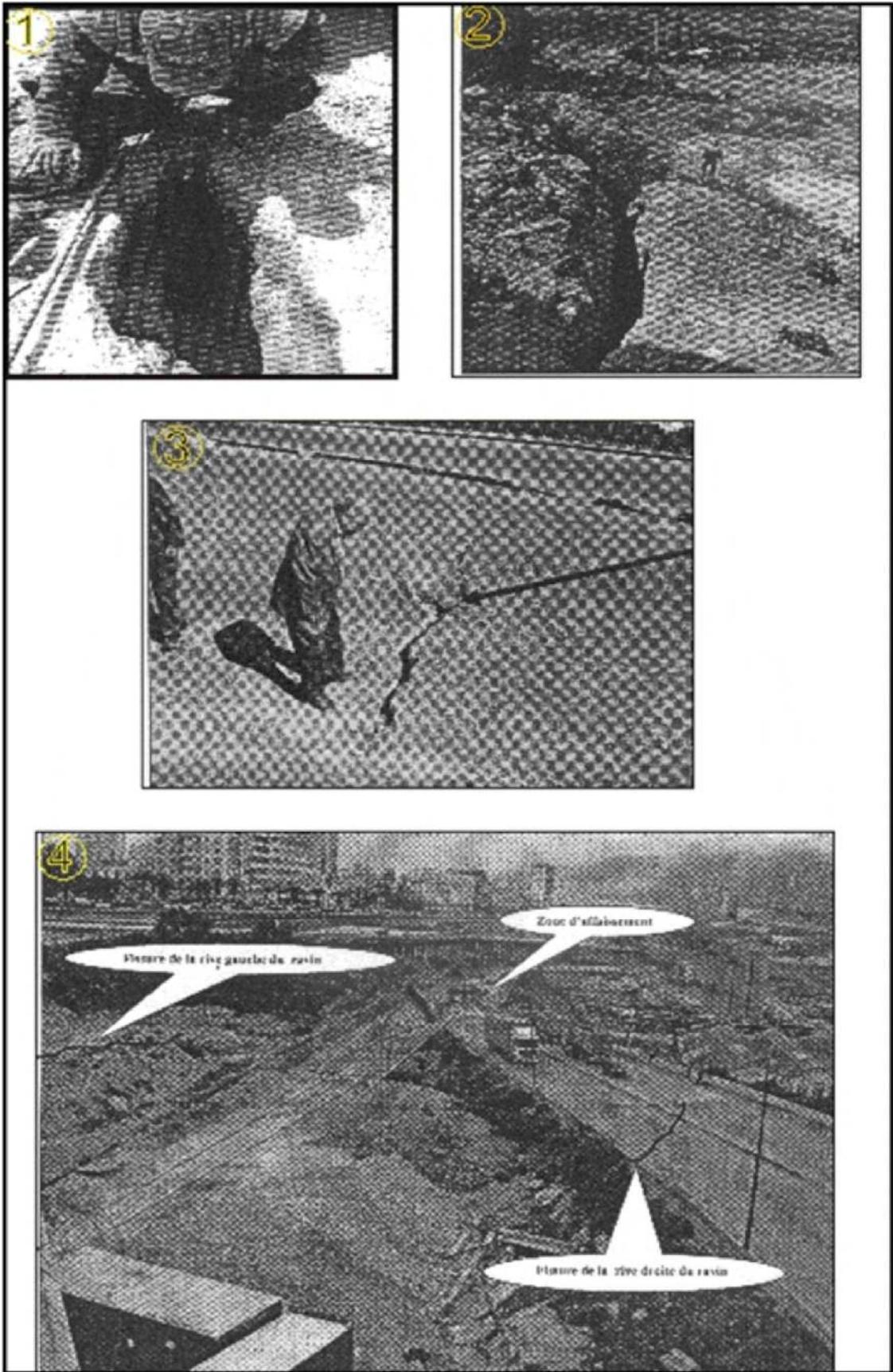


Fig. 41 - Affaissement de la route du port et l'apparition des fissures.

-Avenue qui débouche sur le rond point du pont Zabana

A la suite des travaux de la société de promotion immobilière "EDEN" une importante ouverture du sol visible en surface est apparue sur quelques mètres le long de la chaussée, ainsi que des traces longitudinales de fissuration du bitume (fig. 42, photo n° 1, 2, 3, 4). Ce site qui se situe à la terminaison de l'avenue qui débouche sur le grand rond point du pont Zabana a fait l'objet d'une auscultation géophysique par Géoradar dont l'objectif a été de d'évaluer l'ampleur du phénomène ayant affecté le sous-sol par imagerie radar et d'y remédier par des traitements adéquats.



Fig. 42 - Fissuration d'un tronçon de l'avenue débouchant sur le pont Zabana

-Boulevard Hamou boutlelis

Au mois d'août 2006, le prolongement du boulevard Hamou Boutlelis, menant vers la rue Larbi Ben Mhidi, a été fermé provisoirement pour cause de chaussée endommagée par une fissure de plusieurs mètres de long (Fig. 43 ; photo n ° 1). Une entreprise privée a procédé aux travaux d'excavation sur ce terrain, pour la construction d'un centre commercial, est en infraction par rapport au permis de construire qui lui autorise des fouilles sur six mètres de profondeur seulement. Or, ces fouilles ont atteint environ onze mètres, ce qui a entraîné l'affaiblissement du sol. Le passage de l'Oued souterrain (Oued Rouina) à ce niveau a risqué d'aggraver la situation en charriant tout le soubassement de ce terrain jouxtant le palais de la culture et des arts (Photo. 8). Le service de l'Urbanisme et de la Planification a ordonné l'arrêt des travaux entamés sur le terrain mitoyen à la chaussée (l'assiette de l'ex. marché Karguentah) et a demandé au laboratoire des travaux publics d'Oran (LTPO) de procéder à l'analyse du sol.

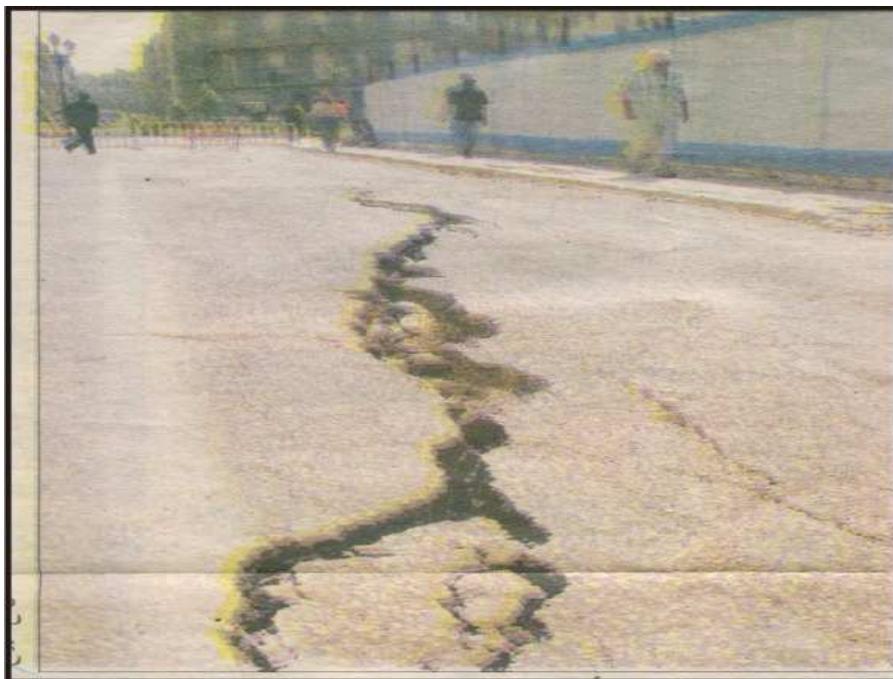


Photo. 8 – chaussée endommagée par une fissure de plusieurs mètres .

b- Affaissements

Il s'agit particulièrement d'affaissements ayant un impact sur la dégradation du bâti urbain, qui trouvent leur origine dans l'interaction de l'eau souterraine avec la matrice encaissante. Deux origines on pu être identifiées :

- Remblaiement d'anciens ravins (exemple ravin de la rouina)

Les écoulements superficiels et les infiltrations peuvent provoquer des risques potentiels d'effondrement, particulièrement ceux du centre ville d'Oran. Il est fondamentalement important de signaler qu'une bonne partie des constructions (Boulevard Emir Abdelkader, Boulevard de la Soummam, Place du 1^{er} novembre) pour ne citer que ceux là, sont érigées sur une formation de remblai, étalés à l'ère coloniale pour combler et aménager l'oued Rouina. Ceci dans le but d'une opération d'extension de la ville d'Oran de l'époque vers l'Est.

Ces remblais étant instables dans le temps, vont provoquer au sein des constructions une fissuration importante des murs et des affaissements du sol (fig.43), résultant le plus souvent de l'imbibition de ce remblai (très perméable) par les venues d'eau d'infiltration, suralimentées continuellement par un réseau d'assainissement défectueux.



Fig.43 - Localisation cartographique des glissements de terrain (Oran centre)

L'état visuel de la pharmacie (fig.43, 2) à côté de la maison de la presse, la déformation des trottoirs (photo. 9) angle Boulevard Emir Abdelkader (fig.43, 3) et Rue Adda Gharbi sont des signes alarmants de l'instabilité de toute cette zone (place premier novembre).



Photo. 9- Affaissement de la pharmacie (place premier novembre).

Le piézomètre du Boulevard Emir Abdelkader a révélé une eau fortement nitrée avec notamment la présence de coliformes fécaux, dénotant ainsi le mélange des eaux infiltrées avec celles des eaux usées domestique. On assiste donc à Oran de temps à autre à des affaissements de terrains dont l'impact est certain sur le bâti.

* Phénomène de dissolution des formations géologiques ; La nappe du plateau d'Oran est contenue principalement dans les calcaires gréseux fissurés du *Calabrien*, reposant en discordance sur les marnes à Tripoli du Miocène supérieur. La photo. 11 est prise en exemple pour illustrer la coupe géologique et le degré de karstification des calcaires gréseux.



Photo. 10 - Phénomène de dissolution, affleurement de la nappe du plateau d'Oran dans les calcaires gréseux karstiques (falaise de la carrière de Carteaux, rive gauche du ravin blanc)

Il y a lieu de signaler également un phénomène de dissolution affectant d'une part les calcaires gréseux, développant une structure karstique (photo. 10) et d'autre part des lentilles de calcaires gypseux, générant de véritables cavités souterraines (photo. 11), qui sous le poids du bâti existant aura un impact conséquent sur la stabilité des immeubles comme c'est le cas d'un lotissement au niveau de la rue de Mostaganem (Sud du centre ville).



Photo. 11 - Cavité de dissolution mise à jour dans les calcaires gypseux

c-Effondrements et chutes de blocs :

Un autre phénomène est observé le long des falaises (élevée à plus de 70m) au N-E de l'agglomération, celui des chutes des blocs (fig. 44, photos 2, 3 et 4). Elles proviennent de la désagrégation mécanique et chimique des calcaires gréseux et les grès qui s'étendent sur plusieurs kilomètres.

En aval de cette falaise il y'a une route qui mène au Kristel (Fig. 46, photo 3). Le phénomène d'éboulement présente un vrai danger pour les utilisateurs de cette route, car la taille des blocs peut atteindre plusieurs mètres cubes (Fig. 44, photo 4).

La figure 45 permet de synthétiser et de schématiser les différents phénomènes observés intimement liés à l'hydrogéologie urbaine et dont les impacts se traduisent dans la dégradations des infrastructures et du bâti urbain.

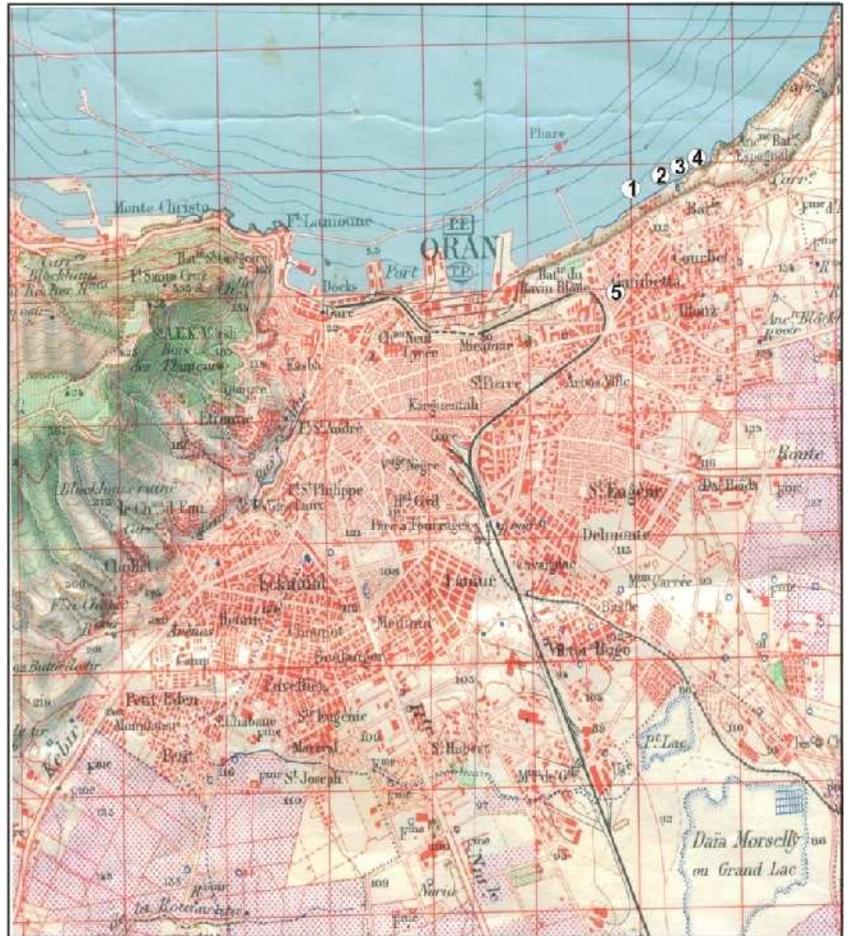


Fig. 44- Carte de localisation des problèmes d'instabilité de terrain.

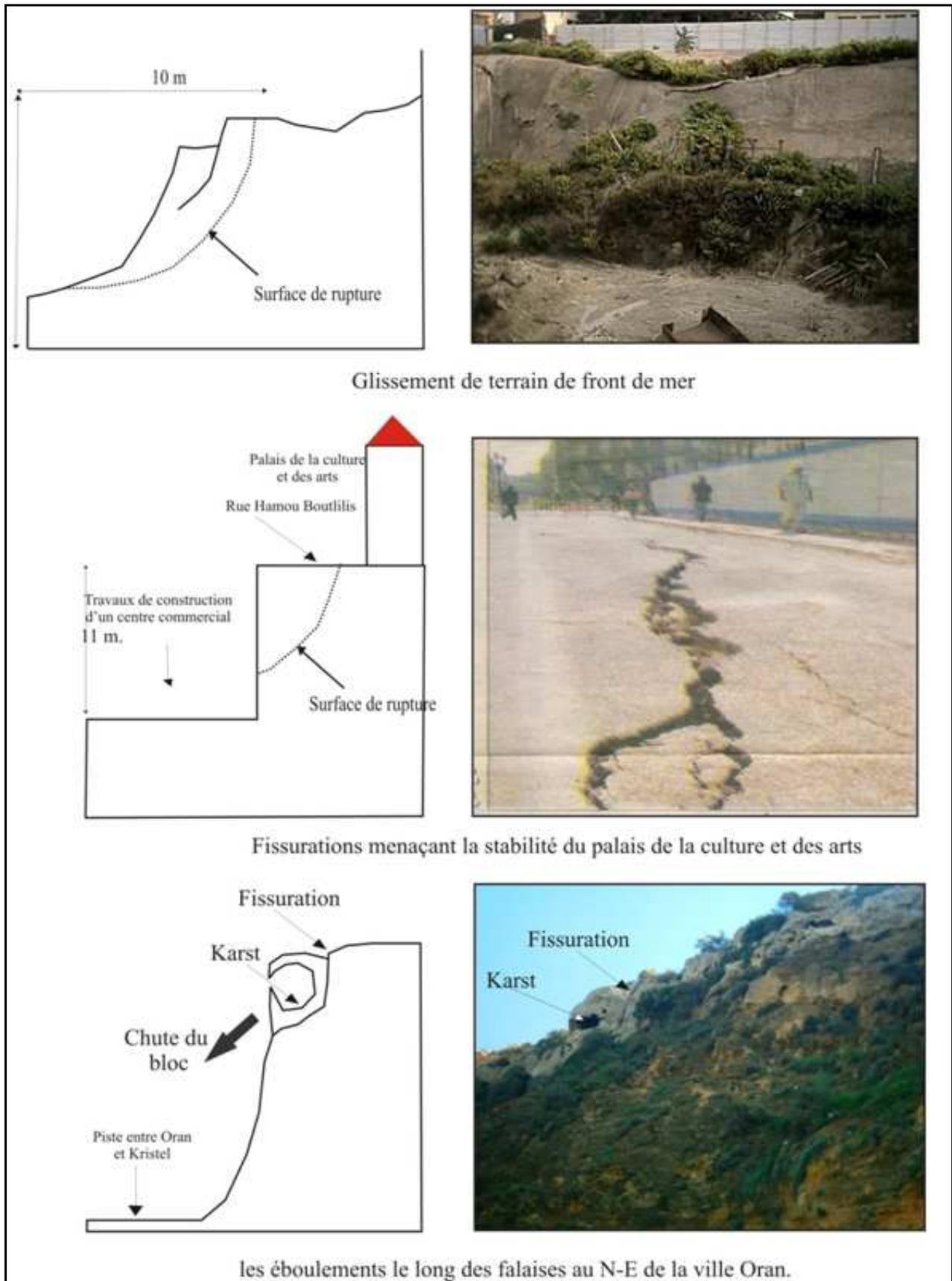


Fig. 45- Schématisation des phénomènes de fissuration, affaissement et éboulement

3-2-4- Mise en évidence des anomalies liées au risque géologique urbain par l'emploi du radar géologique (géoradar) :

Le site prospecté se situe à la terminaison de l'avenue qui débouche sur le grand rond point du pont Zabana a fait l'objet d'une étude géophysique par Géoradar, réalisée par le BET G.EAU.SOL (2008) dont l'objectif a été de détecter des anomalies du sous sol liées à l'existence de fissures, de cavités ou d'affaissements. L'auscultation du sous-sol exécutée a fournit des images sous forme de radargrammes.

a-Méthode géophysique et matériel employé :

Des ondes électromagnétiques sont émises vers le sol par une antenne. Les hétérogénéités du sous-sol caractérisées par des paramètres diélectriques spécifiques vont occasionner des réflexions pour ces ondes dont l'énergie sous forme d'échos est transmise à un récepteur (fig.46). Le radar a été employé avec une fréquence de 500 Mhz, dont la profondeur d'investigation peut atteindre 3 à 4 m dans les conditions optimales.

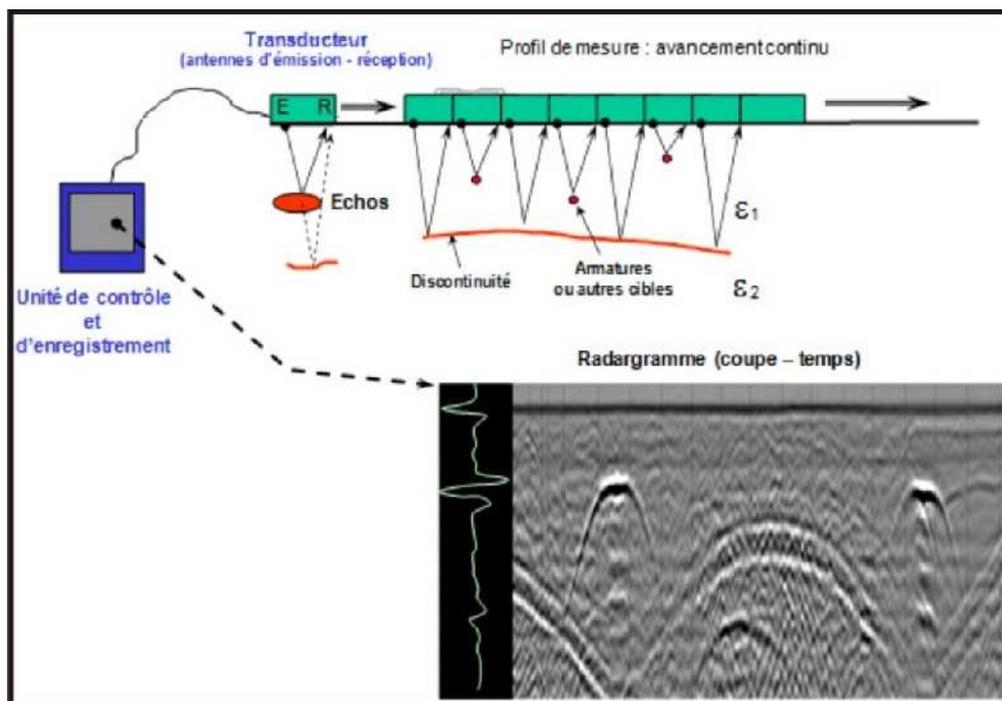


Fig. 46- Schéma simplifié du RADAR et de son fonctionnement

L'investigation par GéoRadar constitue un procédé géophysique appartenant à la catégorie des méthodes non destructives (photo. 12). Cette technique est éprouvée pour l'imagerie interne de nombreux types de matériaux géologiques, réseaux linéaires, vestiges anciens enfouis ainsi que les matériaux de construction comme le béton, l'asphalte, etc.



Photo. 12- photo montre l'utilisation du géoradar.

L'investigation par Géoradar portera sur :

-Une portion de chaussée de forme rectangulaire d'une longueur de 80 mètres et large d'un trottoir à l'autre de la chaussée, d'environ une quinzaine de mètres (Ilot A).

-Sur le terrain faisant l'objet des travaux, en dessous de l'avenue, un autre espace d'investigation a été délimité (Ilot B).

*Six profils longitudinaux notés L1 à L6, d'environ 82 à 85 m ont été effectués (fig. 47), espacés de 3 m l'un de l'autre, et de direction grossièrement est-ouest. Le premier L1 a été effectué sur le trottoir Sud, le dernier L6 a longé le bord de la falaise.

*Onze profils transversaux notés T1 à T11, ont été exécutés (Fig. 48; 49) perpendiculairement aux précédents, c'est-à-dire en travers de la chaussée et empiétant sur les trottoirs. Le premier T1 a débuté à l'endroit du panneau de signalisation routière au bas et à droite du site. Ces profils sont espacés d'environ 10 m.

Sur tous ces profils le sous-sol a été ausculté avec l'antenne 100 Mhz.

Sur l'assiette de construction au bas de la falaise (Ilot B), quatre profils longitudinaux (Fig. 50) ont en outre été effectués, notés L1 à L4 ainsi que quatre profils transversaux notés T1 à T4. Pour ces profils, nous avons utilisé l'antenne 500 Mhz.

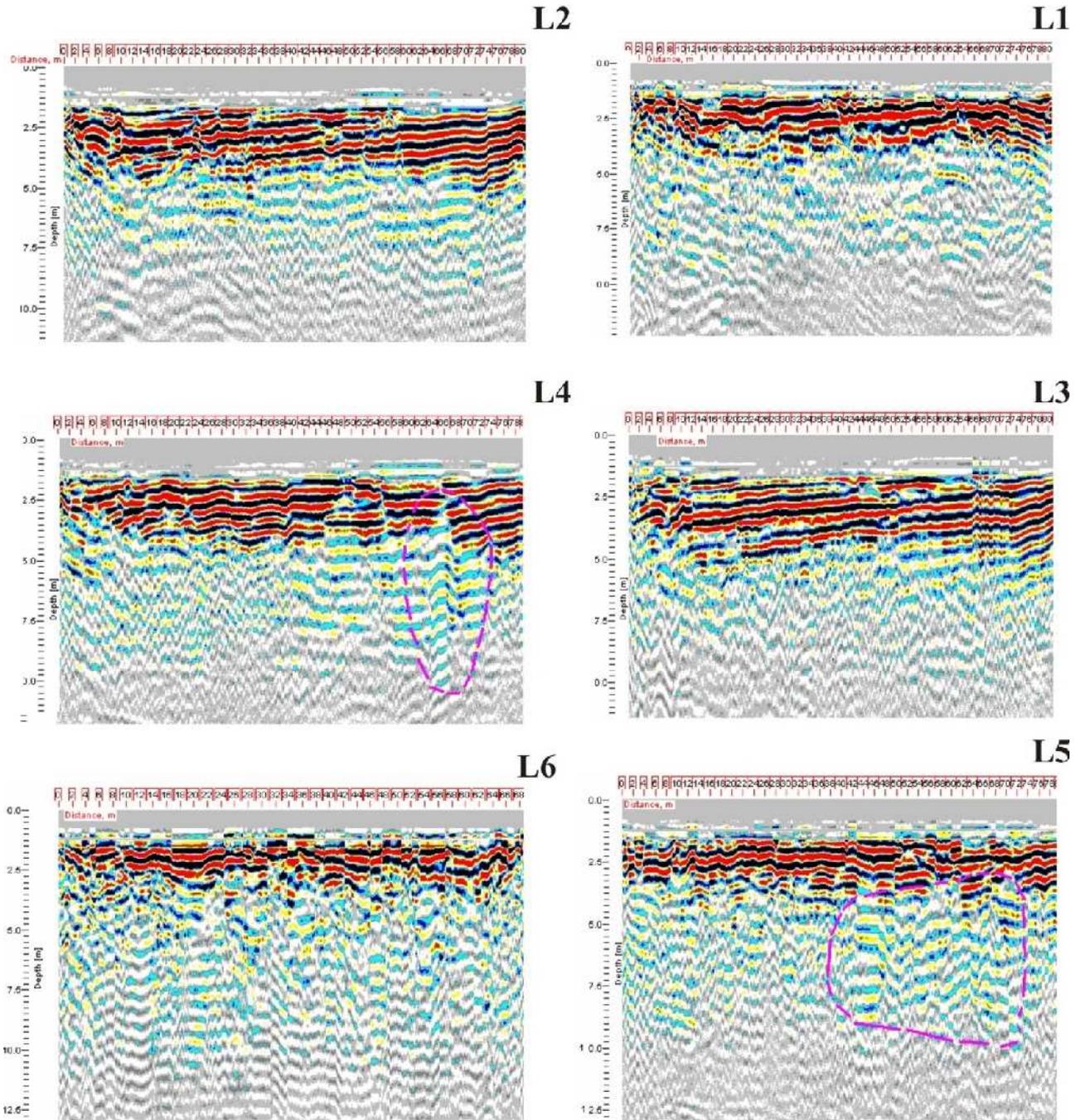
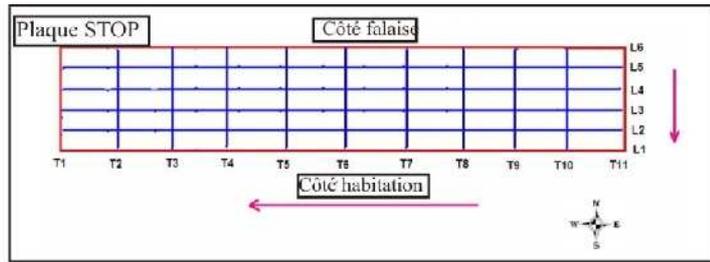


Fig. 47- Radargramme des profils longitudinaux

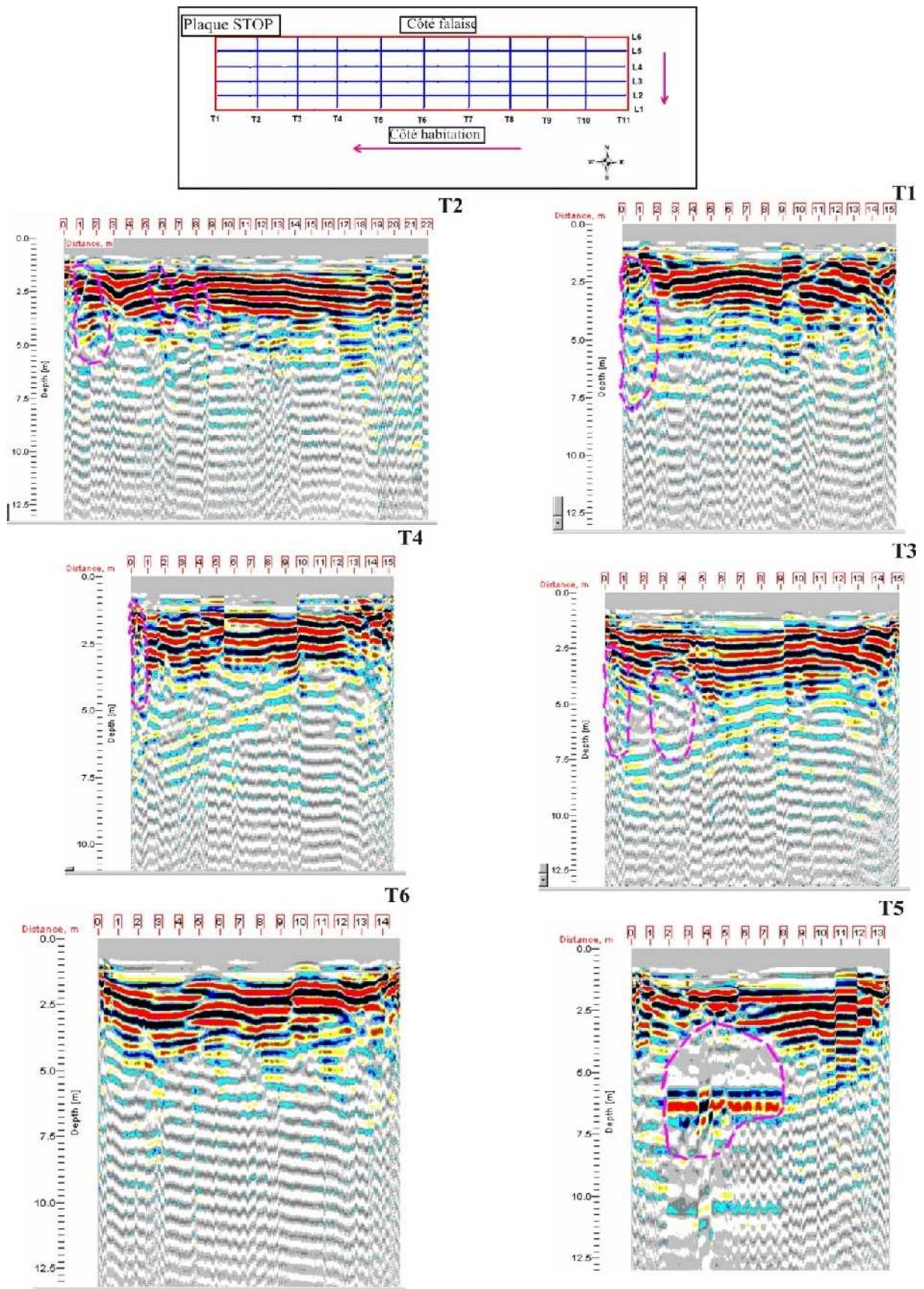


Fig. 48- Radargramme des profils transversaux.

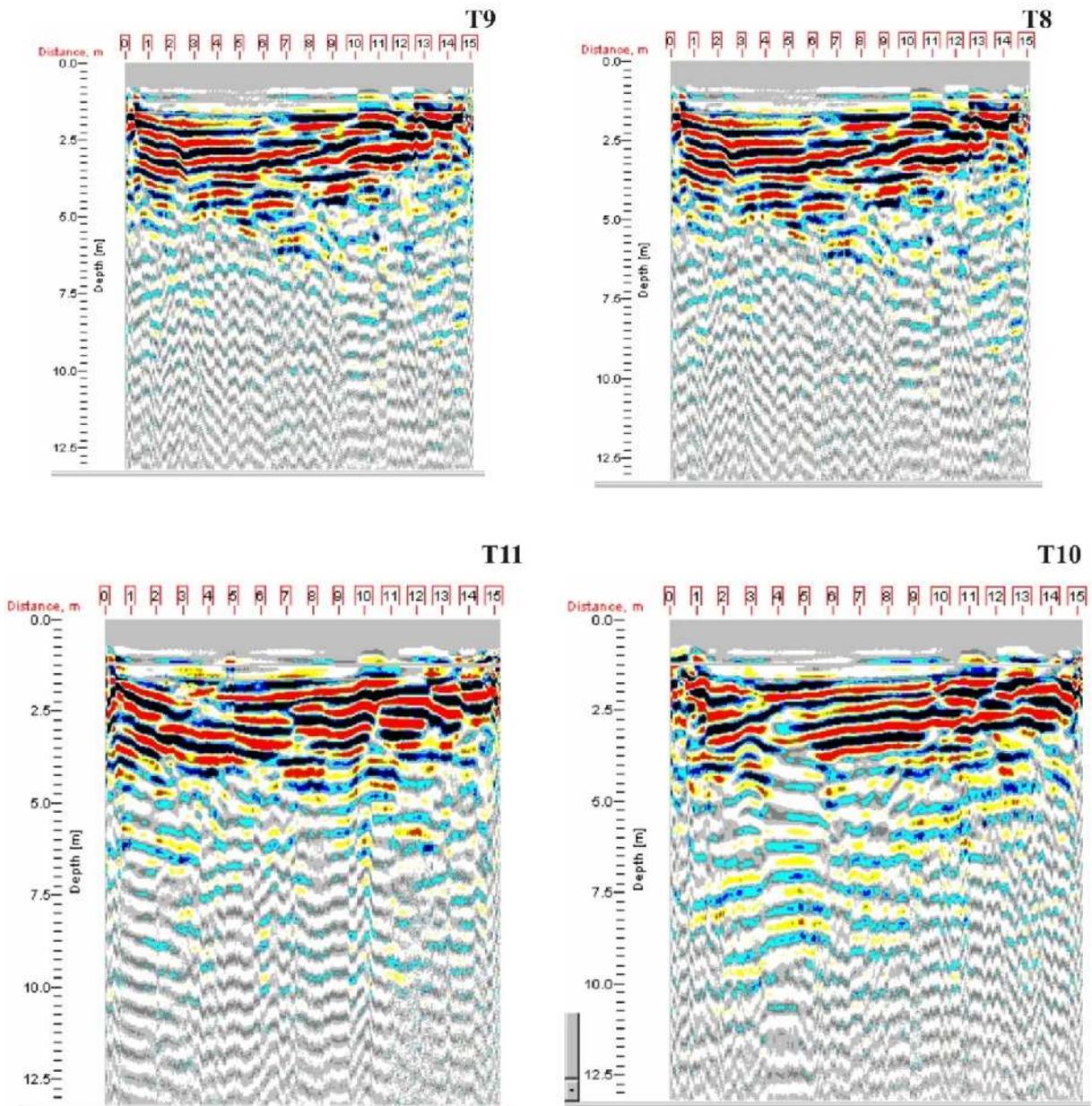
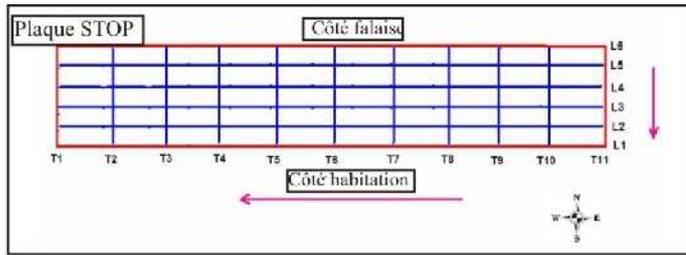


Fig. 49- Radargramme des profils transversaux.

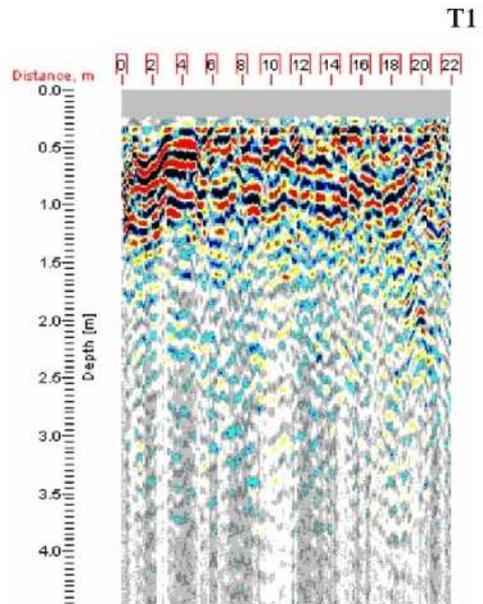
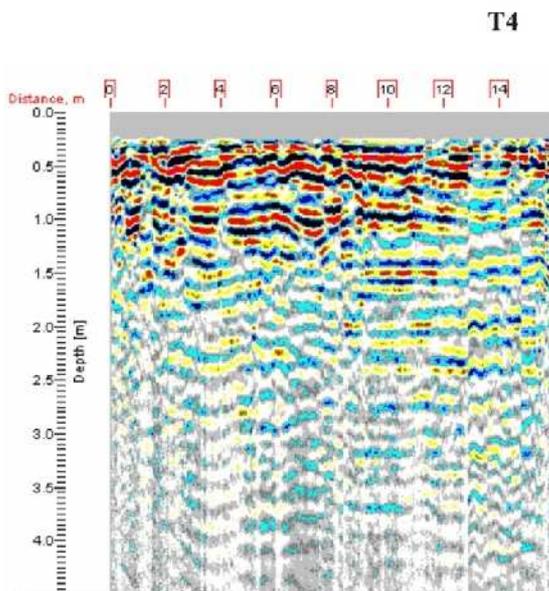
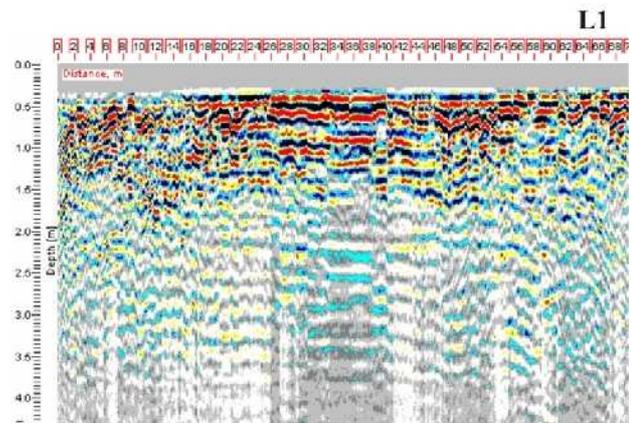
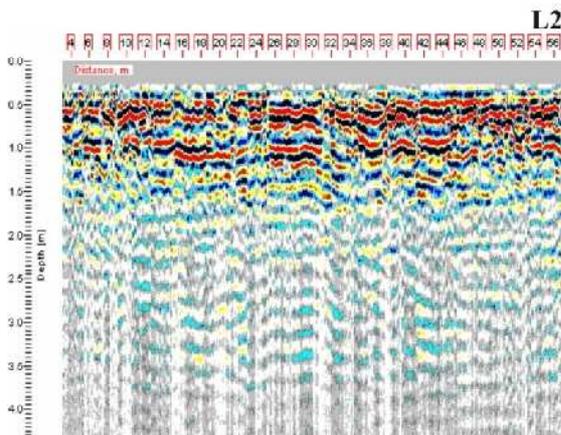
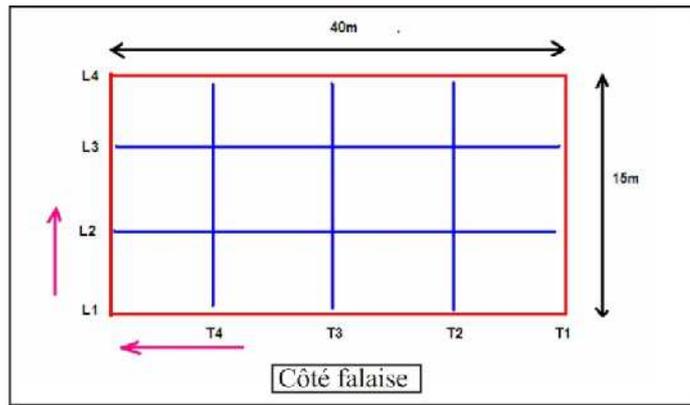


Fig. 50- Radargramme des profils de l'ILOT 2.

b-Détection des anomalies (cavités, fissures, zones altérées) :

Les profils sont présentés sous forme de radargrammes, pour chaque profil, pouvant être lu comme une coupe de terrain. Les signaux observent une continuité ou sont soumis à des perturbations, selon l'état des terrains rencontrés, tant latéralement qu'en profondeur. Les tiretés de couleur violette sur les enregistrements désignent les endroits où les anomalies sont les plus probables. Le zéro des profils longitudinaux a été pris à une distance de 80 mètres à partir de la plaque de signalisation STOP. Le zéro des profils transversaux a été pris à partir de la plaque.

ILOT A :

Les trois premiers profils L1, L2 et L3 ne présentent aucune anomalie manifeste. Les horizons visibles sur les radargrammes dénotent une continuité qui correspond à une certaine succession homogène des formations géologiques. L'investigation porte sur une profondeur maximale de 10 mètres.

Le profil L4 montre une anomalie qui se manifeste à la distance de 68 mètres et sur une profondeur d'environ 8 mètres. L'anomalie décelée sur le radargramme du profil L4 se confirme à la même distance sur le profil L5 avec cependant un champ plus large et jusqu'à la même profondeur. Cette anomalie pourrait correspondre à un **affaissement très localisé**, situé à la fin des profils, juste avant la plaque STOP.

Les profils transversaux de par leur position perpendiculaire au mouvement de la fissure permettent de mieux constater le phénomène et de cibler les anomalies. Ainsi du profil T1 au Profil T5, sur une distance moyenne de 40m à partir du STOP, les anomalies correspondent à la position des nombreux lézardages de la chaussée, parallèles à la fissure principale. A partir du Profil T6 (50m du STOP), jusqu'au profil T11 (80m du Stop), on n'observe aucune autre anomalie.

ILOT B :

Les profils longitudinaux et transversaux ne présentent pas d'anomalie du fait de la régularité des signaux enregistrés. Ceci s'explique par la nature géologique à faciès essentiellement marneux et marno-schisteux. Le traitement et l'analyse des radargrammes les plus significatifs ont été représentés ci-dessus. La distribution des anomalies est visible sur les différents radargrammes des profils suivant le plan de positionnement indiqué.

Il ressort qu'à partir de l'auscultation des radargrammes que deux types d'anomalies ont été détectées :

- Affaissement local, décelé par les radargrammes longitudinaux (L4, L5) qui le situent à la fin des profils, juste avant la plaque STOP. L'affaissement peut être expliqué de la façon suivante : l'excavation d'une partie des grés aquifères en contrebas du talus naturel a favorisé la mise à jour d'écoulements de la nappe sous forme de sources de trop plein. Cet écoulement a permis ensuite de drainer le sable formant l'intercalation entre les grés et les marnes Miocènes du substratum (photo. 13). Ce contexte a contribué à cet affaissement localisé.



Photo. 13- drainage des sables suite aux travaux d'excavation

- Densité de fissuration parallèle à la chaussée. Cet état de fait a été mis en évidence sur les profils transversaux (T1 à T5) sur une distance d'une quarantaine de mètres. Ces profils montrent que ces déformations concernent une largeur de 7 à 8m à partir de la falaise. Un déséquilibre morphologique est créé par le surcreusement des grés jusqu'aux marnes. Ceci a généré le phénomène d'effet de bord qui a provoqué la naissance de fissures d'orientation parallèle à la falaise (photo. 14).



Photo. 14- Fissuration parallèle à la chaussée du à l'effèt de bord

4-RISQUES ANTHROPIQUES :

Suite aux différents mouvements des sous sol de certains quartiers de la ville d'Oran sous forme d'affaissements, de glissements ou d'affouillements (édifices de SONELGAZ et le trésor public (2002) en particilier, les autorités locales ont lancés un vaste programme d'expertise relatif à des travaux d'entretiens et de réhabilitation des différents ouvrages et réseaux souterrains. Ce programme a intéressé l'ensemble du sous-sol de la ville en commençant par le réseau d'ovoïdes (Fig. 51) dont la longueur totale est de 80 km.

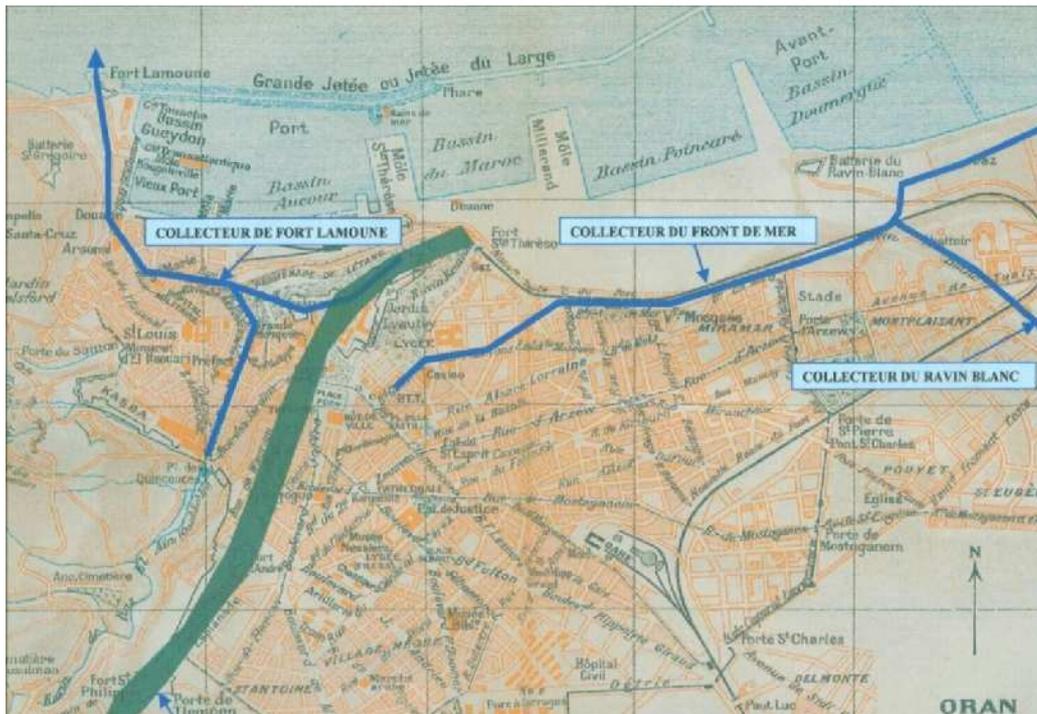


Fig. 51- Drainage par collecteurs (ovoides) des eaux souterraines et superficielles des ravins de la baie de Saint Thérèse vers l'Est d'Oran (Somatre, 2005).

4-1- Le réseau d'assainissement de la ville d'Oran:

Le réseau des eaux usées de la ville d'Oran peut être divisé en cinq secteurs géographiques correspondant à des réseaux hydrauliques indépendants:

- Le réseau du secteur Nord-Ouest collecte les eaux d'une partie de la ville centrée sur le ravin de Ras El Aïn. Les eaux sont rejetées en mer, au niveau de fort Lamoune.
- Le réseau du secteur Nord-Centre collecte les eaux du centre de la ville et les rejette en mer à l'Est de l'entrée du port, sous "Cueva Del-Agua".
- Le secteur Nord-Est collecte les eaux de la partie de la ville englobant les hauteurs de Gambetta et les environs du Ravin Blanc. Les eaux sont rejetées en mer au même point que les eaux issues du secteur Nord-Centre.
- Le réseau du secteur Sud-Est collecte les eaux des quartiers situés au sud de la route nationale n° 4 et à l'est de la voie ferrée Oran-Alger. Les eaux sont conduites à la cheminée du petit lac.

- Le réseau du secteur Sud-Ouest collecte les eaux d'une grande partie de la ville située approximativement au Sud du deuxième boulevard périphérique et l'Ouest de la voie ferrée Oran-Alger. Les eaux sont également conduites à la cheminée du petit lac.

- Le secteur Sud du groupement urbain d'Oran étant dépourvu de tout exutoire naturel (en dehors de Dayat morselly aux capacités épuratrices naturelles), il a été décidé, dans les années quarante, d'une galerie passant sous la ville et débouchant en mer. Son origine est la cheminée de petit lac, puit vertical de plus de 50 m de profondeur où sont conduits les rejets du secteur Sud-Est et Sud-Ouest de la ville d'Oran.

Le réseau d'assainissement de la ville d'Oran est en quasi-totalité unitaire. Seules des exutoires récents ont été effectués en séparatif. L'extension du port et la ville d'Oran vers l'Est a imposé le remblaiement de tous les ravins sur lesquelles sont réalisées particulièrement les infrastructures routières (routes et chemins de fer) et en dessous desquels sont installés des grands collecteurs permettant le drainage et la déviation des eaux hors de la baie de Saint Thérèse (extérieur des futurs bassins projetés).

Le projet à l'époque consiste à réaliser un collecteur (fig. 52, photo 1) de forme ovoïdale géant de 2870 m de longueur, prenant départ à 26 mètres sous le boulevard de la Soummam, transportant sur son passage les eaux des quatre ravins pour ensuite les déverser à l'Est de la falaise de Gambetta, en suivant la rue de la vieille mosquée puis l'axe du front du mer à 30 mètres de profondeur. Un second collecteur d'une longueur de 2500 mètre, suit le lit du ravin Blanc et est raccordé au premier au droit du pont Zabana par le biais d'un grand regard de chute. Cet ouvrage permet de drainer les eaux des quartiers situés plus haut (Cité Djamel, Gambetta, hippodrome et Saint Eugène).

Dans la partie sud de la ville d'Oran où l'urbanisation est plus faible et les pentes naturelles moins marquées, le réseau unitaire a été maintenu. Cette conception a été dictée par l'absence d'exutoire naturel nécessaire à la décharge des eaux pluviales. L'exutoire artificiel que constituent la cheminée et la galerie du petit lac a ainsi été réalisé. Pour des raisons économiques, eaux usées et eaux pluviales ont transité par le même réseau unitaire. En février 2005, S.O.M.A.T.R.E. (Société Maritime des Travaux, Reconnaissance et Expertises) a procédé à un travail d'expertise d'une tranche de 5500 m linéaire d'ovoïde en plus de confortement et de réhabilitation d'un tronçon d'un km de long passant sous la rue des sœurs Benslimane; le trésor public et le théâtre de verdure.

Le premier tronçon d'une longueur de 2870 m prend naissance à vingt six mètres de profondeur sous le Boulevard de la Soummam et s'étend jusqu'à la falaise de Gambetta en suivant l'axe du boulevard du front de mer. Il permet de collecter sous son passage toutes les eaux confondues aussi bien usées, souterraines ou de surface des quatre ravins qu'il traverse (ravin Rouina, Mina, Cressonniere et le ravin Blanc).

Le second tronçon d'une longueur de trois kilomètres suit le lit du ravin blanc et permet d'acheminer les eaux des quartiers de St Eugène et de Gambetta vers le premier tronçon au niveau du pont Zabana.

Le collecteur du ravin blanc qui a été diagnostiqué par SOMATRE se compose de deux parties :

La première partie relie le rond point de la cité Djamel à la chambre de collection située au pied de la pile Sud du pont Zabana en suivant exactement, le lit du ravin, autrement dit l'actuelle route du port ou route du ravin blanc. Ce tronçon permet d'acheminer vers l'ovoïde géant du front de mer, aussi bien les eaux usées que les eaux pluviales et les eaux de sources des zones sud de Gambetta, de St Eugène ainsi que de la cité Djamel et ses environs. Selon le contrat, seul une longueur de 1700 mètres linéaires a été inspectée sur ce tronçon qui compte plus de 2500 mètres.

La seconde partie d'une longueur de 700 mètres linéaires, prend naissance au niveau du rond point de la place Gambetta et rejoint le premier tronçon à 90 mètres à l'amont de la chambre de collection. Cette seconde partie permet d'acheminer les eaux usées, les eaux de sources et les eaux pluviales des quartiers Nord du Gambetta

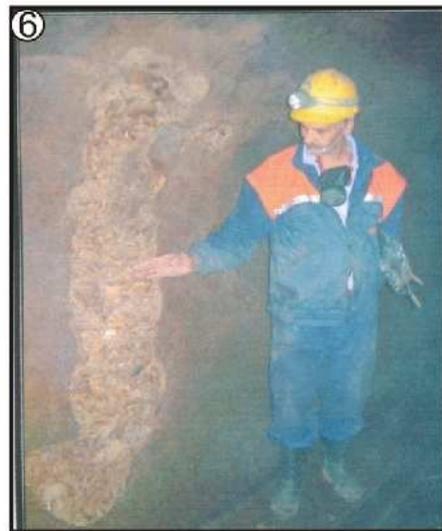
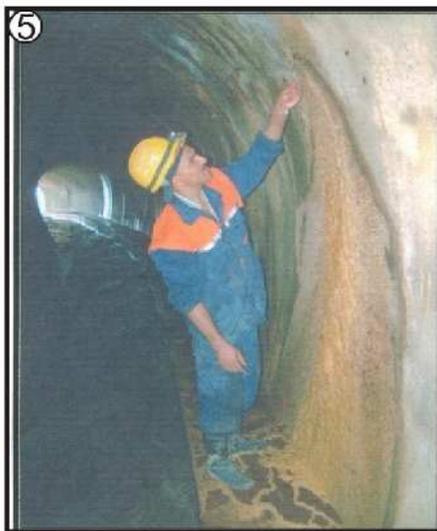
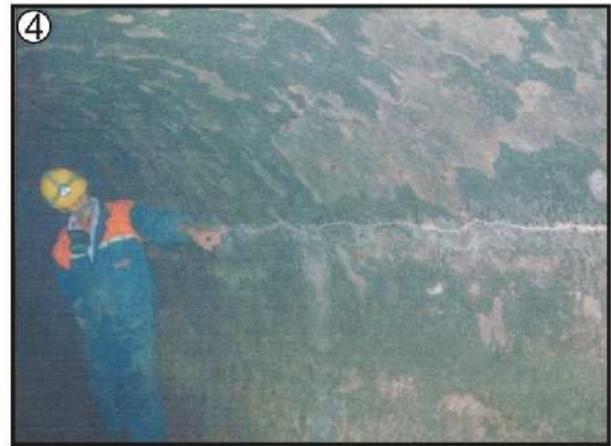
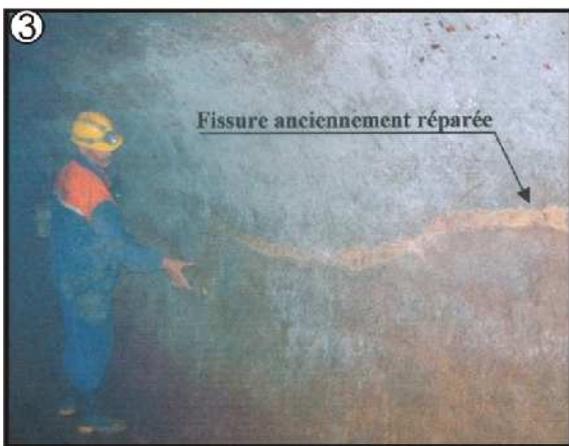
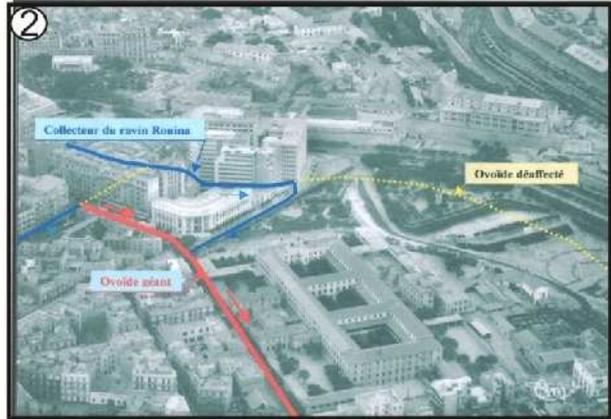
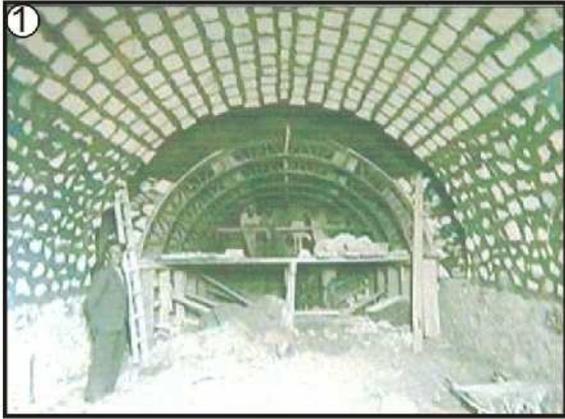


Fig. 52- Le parcours de l'ovoïde géant et son état après l'expertise par SOMATRE en 2005

4-2- Défection des réseaux de drainage et d'assainissement :

4-2-1- Les dégradations constatées sur le premier tronçon d'ovoïde inspecté :

Le manque d'inspection et de travaux d'entretiens depuis des décennies de tout le réseau souterrain et en particulier le réseau d'ovoïdes a entraîné les dégradations relevées par les travaux de reconnaissance. Sur ce réseau (ex parcours de l'Oued Ruina) qui constitue le canevas de base de l'ensemble des rejets et captages des eaux, ces dégradations se résume à (fig. 52, photo n° 3, 4, 5 et 6):

- Gonflement et effritement de l'enduit de surface des parois de l'ouvrage.
- Détachement de plaques d'enduit et fissuration du béton.
- Obstruction de l'ensemble des barbacanes de drainage des remblais par des calcaires.
- Fissures longitudinales au droit de l'enracinement de la voûte colmatée par des calcaires.
- Fissures longitudinales anciennes réparées.
- Fissures transversales profondes aussi bien sur les extrémités des galeries d'aération que sur le tronçon de sortie de l'ovoïde.

a-Causes des dégradations de l'ovoïde :

Les dégradations par fissurations des parois, effritement de l'enduit de surface et détachement de plaque de béton sont localisés sur les tronçons d'ovoïde traversant les anciens ravins remblayés notamment les deux premiers à savoir le ravin Rouina et le ravin Mina. En effet, c'est a ce niveau que l'on remarque la présence de beaucoup de barbacanes mais malheureusement complètement bouchés par des calcaires en plus d'une forte humidité sur l'ensemble des parois de l'ouvrage.

Dans ces zones, l'absence de drainage a entraîné une augmentation de la pression des eaux souterraines dans les remblais, provoquant ainsi les dégradations constatées.

Il est à signaler que ces barbacanes ne sont qu'une partie d'un réseau de drainages des remblais des anciens ravins, mis en place avant de procéder aux travaux de jonction du boulevard du front de mer qui ont pris fin juste avant l'indépendance.

b-Conséquences des dégradations de l'ovoïde:

Comme nous venons le signaler dans le paragraphe précédent, les barbacanes existant sur les parois de l'ovoïde ne constituent qu'une petite partie d'un vaste réseau de captage et de

drainage des eaux souterraines et de surface dans les anciens ravins remblayés. Le diagnostic de ce collecteur a révélé l'obstruction totale de toutes ces barbacanes entraînant des dégradations aussi bien sur les ouvrages proprement dit que sur son environnement (fig.53).

-Saturation du remblai surtout en période hivernale.

-Augmentation de la pression hydrostatique sur les parois externe de l'ouvrage entraînent le désordre suivant :

- présence d'humidité sur l'ensemble des parois internes.
- Fissuration et éclatement du béton des parois.
- Détachement des plaques de béton des parois.
- Effritement de l'enduit de protection des parois de l'ouvrage.
- Détérioration des réseaux supérieurs d'A.E.P. et d'assainissement (réseau non visitable situé à 1,5 à 2 mètres de profondeurs) suite aux mouvements des remblais saturés.
- Dégradation des fondations des ouvrages et édifice se trouvant dans ces remblais des anciens ravins.
- Déformation et dégradation des trottoirs et des revêtements des ruelles suite à la saturation du corps de chaussée.
- Inondation des caves et ruelles en période hivernales.
- Fuite des eaux usées dans le sous-sol et contamination de la nappe phréatique.
- Naissance de courant vagabonds en sous-sol entraînant un lessivage des remblais se traduisant par l'apparition des affaissements.

4-2-2-Les dégradations constatées sur le deuxième tronçon d'ovoïde inspecté : Comme nous l'avons signalé précédemment, le collecteur dit du ravin blanc est constitué de deux ovoïdes.

Le premier suit le lit du ravin autrement dit la route du port, du rond point de la cité Djamel jusqu'à la chambre de collection située au droit de la pile sud du pont Zabana lui permettant son raccordement au collecteur géant du front de mer. Le second prend naissance à la place Gambetta et rejoint le premier à 90 mètres de son extrémité avale. Les dégradations observées lors de l'expertise de cette tranche d'ovoïde sont bien soulignées par les photos de la figure 53.

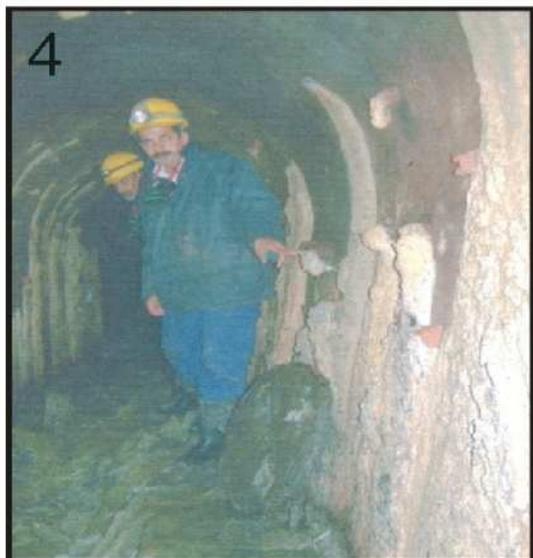
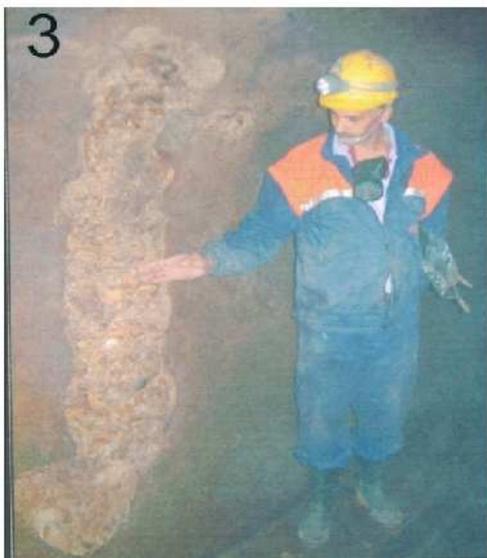
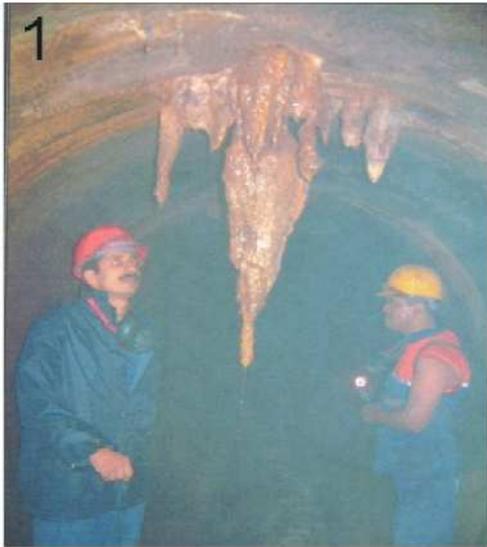


Fig. 53 : Les dégradations observées lors de l'expertise d'une tranche d'ovoïde.

a-Collecteur du rond point de la cité Djamel :

-Coulées de calcaire sur les parois des 360 premiers mètres linéaires compté à partir de la chambre de collection.

-Fissuration des parois de l'ouvrage sur les 360 premiers mètres linéaires compté à partir de la chambre de collection

-Altération de la majorité de l'enduit de protection des parois du tronçon en maçonnerie.

-Dégradation total et bouchage de l'ensemble des avaloirs de chaussée sur toute la longueur de ce tronçon.

-Obstruction d'un grand nombre des rejets superficiels des eaux usées et pluviales des quartiers limitrophes.

-Détérioration de la voûte de l'ouvrage au profil 1375.

b-Collecteur de place Gambetta :

-Coulées de calcaire sur les parois des 250 premiers mètres linéaires compté à partir de l'intersection avec le collecteur de la cité Djamel.

-Fissuration des parois de l'ouvrage sur les 250 premiers mètres linéaires comptés à partir de l'intersection avec le collecteur de la cité Djamel.

-Dégradation de l'enduit des parois au profil 168.

-Eclatement avec infiltration d'eaux claires à travers les parois.

-Fissures longitudinales continues au droit de la voûte sur 160 mètres linéaires, soit du profil 460 au profil 620.

c-Causes des dégradations de l'ovoïde :

-L'absence de réseau de drainage en barbacanes et buses, sur les 360 premiers mètres du collecteur du rond point de la cité Djamel et les 250 premiers mètres du collecteur de la place Gambetta autrement dit en partie avale du ravin blanc, a entraîné une augmentation de la pression des eaux souterraines dans les remblais, provoquant les dégradations constatées telles que les fissuration, les détachements des plaques d'enduits etc... quant au coulées de calcaires, ce n'est que le résultat des infiltrations abondantes à travers les fissures formées dans les parois des collecteurs.

-Les travaux anarchiques sur les réseaux superficiels d'assainissement des eaux usées et des avaloires des eaux pluviales, ont entraîné le bouchage d'une grande partie des raccordements de ces derniers aux collecteurs.

-manque de suivi et d'entretien ainsi que la mauvaise exécution des travaux sur les accotements longeant la route du ravin ont entraîné la détérioration totale de l'ensemble du système d'assainissement des eaux pluviales composé d'avaloirs et de buses raccordées aux collecteur.

d-Conséquences des dégradations de l'ovoïde :

-L'obstruction d'une bonne partie des réseaux d'assainissement superficiel ainsi que l'absence du drainage des remblais le long des deux collecteurs du ravin blanc entraînent :

-des inondations des ruelles et des caves d'immeubles par effet de fuite et de retour des eaux.

-Des affaissements dans les ruelles et boulevards et des dégradations des revêtements par saturation du corps de chaussée.

-Des déformations du sol par saturation, entraînant la détérioration des autres réseaux qui s'y trouvent tel que le réseau d'A.E.P. Amplifiant ainsi ce phénomène.

-La contamination, de la nappe phréatique suite aux fuites des eaux usées des réseaux d'assainissements.

5-CONCLUSION :

L'agglomération Oranaise est située dans la partie Nord-Ouest du plateau d'Oran, au pied du Djebel Murdjadjo et en bordure dans la mer méditerranée. Elle constitue la ville d'Oran au sens strict, raccordée aux localités périphériques : Canastel, Bir El Djir, Es-Sénia, El Hassi (Pont Albien) etc.... Elle correspond à un chef lieu de wilaya et constitue la capitale de L'Ouest Algérien.

Le plateau d'Oran fait partie de l'ensemble appelé "littoral Oranais" constitué de plateaux encadrés de horsts. Cet ensemble est situé dans le prolongement du bassin du Bas Chélif. Il se présente sous forme d'une longue cuvette jalonnée par une succession de plaines dont l'altitude reste peu élevée. Le plateau est légèrement incliné vers le Sud, sa topographie généralement de type endoréique. La côte qui limite le plateau au Nord est formée de falaises abruptes et élevées (falaise de Gambetta) où se développe un complexe de dunes datant de divers périodes du Quaternaire.

L'Ouest du plateau est formé par la bordure orientale du horst du Murdjadjo dont l'ossature est formée de formations d'âge Secondaire. A Oran ville; la limite entre les deux entités est marquée par le ravin de Ras El Aïn.

Le Nord-Est et le Sud-Est du plateau entre Bir El Djir et El Braya, sont constitués par une zone de collines de faibles altitudes.

Le Sud et le Sud-Ouest du plateau sont limités par la zone déprimée de la grande sebkha d'Oran.

Le climat de la région a une influence directe sur le niveau piézométrique et par conséquent sur la direction de l'écoulement souterrain qui est un facteur déclencheur des glissements et des affaissements. D'une manière générale, la région Oranaise jouit de ce qu'il est convenu de dénommer le climat Méditerranéen. Cette appellation ne constitue cependant qu'une première approche en raison de l'existence de multiples micro - climats locaux régis aussi bien par des conditions atmosphériques que topographiques ou géographiques. La présence de cuvettes endoréiques, dolines, dayas, Sebkhass dans la région d'Oran ne fait que confirmer le caractère aride de la région.

La série complète de la falaise de Gambetta est constituée par une formation grésocalcaire attribuée au Calabrien, parfois fissurés reposant en discordance sur un substratum représenté par des marnes à tripolis du Miocène supérieur. Le contact est souligné par une ligne de sources qui jalonnent le front de mer de part et d'autre du ravin blanc. Des dunes consolidées à stratifications entrecroisées attribuées à l'Holocène viennent recouvrir la formation grésocalcaire. Le sommet de la coupe est représenté par des sables rouges coiffés par une carapace calcaire. En conséquence, ce sera la limite entre les marnes bleues à tripolis et les grés-calcaires du Calabrien qui matérialisera la base de tous les écoulements d'eau souterraine.

Les formations géologiques du Tertiaire, marnes, calcaires marneux et grés offrent de bonnes possibilités aquifères, particulièrement au droit du ravin blanc. On distinguera:

*Le Miocène forme en général le mur imperméable de la nappe du plateau d'Oran où il constitue un aquifère à très bonnes potentialités hydrogéologiques.

*Le Pliocène représenté par les grés, les sables et lumachelles forme un aquifère libre ayant tantôt les marnes bleues du Miocène tantôt les marnes à tripolis comme substratum imperméable. Cette nappe couvre l'espace entre Oran-Est et Aïn Franine en s'appuyant contre le Djebel Khar sur sa partie Est. Elle est bordée au Sud-Ouest par les plans d'eau du petit lac et Dayat Morselly et au Sud par la plaine de Figuiers.

Les sondages réalisés sur des axes parallèles et perpendiculaires par rapport au front de mer permettent de constater que le substratum marneux est recoupé par tous les sondages à des profondeurs localement différentes. Cet état de fait aura un impact direct sur l'hydrodynamique des eaux souterraines.

Le contexte hydrogéologique du ravin de la cressonnière est pris en exemple pour montrer la distribution spatiale du substratum qui représente la base de tous les écoulements souterrains de la frange maritime du plateau d'Oran. Un levé topographique réalisé à l'époque coloniale montrant une gorge profonde dénote le caractère torrentiel et les dégâts potentiels que peut provoquer ce ravin.

L'allure du substratum conditionne le contexte hydrogéologique de ce sous bassin (ravin de la cressonnière). Ainsi, les eaux infiltrées dans les formations pliocènes, arrêtées par

les marnes imperméables, s'écoulent suivant une direction générale Sud – Nord. Par ailleurs l'existence d'ondulations du substratum dans le sens transversal a pour conséquence l'accumulation de l'eau dans les points bas, donnant ainsi naissance à des sources de trop plein (visibles le long du talus sous le front de mer).

Les écoulements superficiels et les infiltrations peuvent provoquer des risques potentiels d'effondrement, particulièrement ceux du centre ville d'Oran. Il est fondamentalement important de signaler qu'une bonne partie des constructions (Boulevard Emir Abdelkader, Boulevard de la Soummam, Place du 1^{er} novembre) pour ne citer que ceux là, sont érigées sur une formation de remblai, étalés à l'ère coloniale pour combler et aménager l'oued Rouina. Ceci dans le but d'une opération d'extension de la ville d'Oran de l'époque vers l'Est.

Ces remblais étant instables dans le temps, vont provoquer au sein des constructions une fissuration importante des murs et des affaissements du sol, résultant le plus souvent de l'imbibition de ce remblai (très perméable) par les venues d'eau d'infiltration, suralimentées continuellement par un réseau d'assainissement défectueux.

L'analyse morphométrique du littoral d'Oran nous a permis de faire ressortir deux bassins versants séparés par une limite hydrogéologique représentée par l'unité géologique Jurassico-Crétacé faisant office de ligne de partage des eaux qui s'étend depuis l'entrée actuelle du port jusqu'aux hauteurs du quartier des amandiers :

Bassin versant de Ras El Aïn

Bassin versant de la baie de Saint Thérèse : Comprend quatre ravins, on distingue d'Est en Ouest : ravin Rouina, ravin Mina, ravin de la Cressonnière et le ravin blanc

Les formations géologiques de la frange maritime (marnes, calcaire marneux et grés) offrent de bonnes possibilités aquifères, particulièrement au droit du ravin blanc. On distinguera :

- Le miocène : Il forme en général le mur imperméable de la nappe du plateau d'Oran.
- Le pliocène : Les bancs de grés, les sables et lumachelles forment un aquifère libre.

L'examen attentif de la carte piézométrique met en relief un grand écoulement, matérialisé par l'existence d'un axe de drainage qui se superpose parfaitement sous l'écoulement

superficiel du ravin blanc. Ce qui dénote qu'il existe une relation hydrodynamique entre l'écoulement souterrain (nappe du plateau d'Oran) et l'écoulement superficiel (oued du ravin blanc).

Lors des crues qui affectent le plateau Nord d'Oran, c'est le ravin blanc qui, depuis la cité Djamel et son confluent venant de Gambetta qui alimentent la nappe alors qu'en période de déficit pluviométrique, c'est la nappe qui par le phénomène de capillarité (drainance ascendante) alimente le ravin blanc. Ce phénomène hydrodynamique a pour impact d'imbiber les terrasses alluviales et par voie de conséquence le remblai qui supporte les infrastructures de base menant au port.

Lors de la campagne piézométrique, on a procédé au prélèvement des échantillons pour des analyses chimiques. La classification des échantillons analysés selon Les diagrammes de Schoeller-Berkaloff et Piper permet de faire ressortir des eaux à faciès bicarbonaté à forte résonance anionique tels que les chlorures, les sulfates et à un degré moindre le sodium. Certains points d'eaux présentent de fortes teneurs en nitrates, dépassant 100mg/l et dénotant une pollution par des fuites d'un réseau d'assainissement défectueux.

On distinguera donc un faciès bicarbonaté, chloruré et sulfaté, conditionné par une zonalité géologique relative à la présence des calcaires gréseux pliocène (bicarbonaté) et des marno calcaire à tripoli du miocène (chloruré et sulfaté).

La communauté urbaine et la ville d'Oran, connue par des problèmes d'instabilité de terrain accentués par une urbanisation anarchique sur des Oueds comblés, se trouve confronté à de nombreuses instabilités de terrain qui ont pu prendre **des dimensions catastrophiques** :

-Fissuration du réseau routier

- Affaissements: Il s'agit particulièrement d'affaissements ayant un impact sur la dégradation du bâti urbain, qui trouvent leur origine dans l'interaction de l'eau souterraine avec la matrice encaissante. Deux origines on pu être identifiées :

- Remblaiement d'anciens ravins (exemple ravin de la rouina) : Les écoulements superficiels et les infiltrations peuvent provoquer des risques potentiels d'effondrement, particulièrement ceux du centre ville d'Oran. Il est fondamentalement

important de signaler qu'une bonne partie des constructions (Boulevard Emir Abdelkader, Boulevard de la Soummam, Place du 1^{er} novembre) pour ne citer que ceux là, sont érigées sur une formation de remblai, étalés à l'ère coloniale pour combler et aménager l'oued Rouina. Ceci dans le but d'une opération d'extension de la ville d'Oran de l'époque vers l'Est.

Ces remblais étant instables dans le temps, vont provoquer au sein des constructions une fissuration importante des murs et des affaissements du sol (fig.43), résultant le plus souvent de l'imbibition de ce remblai (très perméable) par les venues d'eau d'infiltration, suralimentées continuellement par un réseau d'assainissement défectueux

- Phénomène de dissolution des formations géologiques ; La nappe du plateau d'Oran est contenue principalement dans les calcaires gréseux fissurés du *Calabrien*, reposant en discordance sur les marnes à Tripoli du Miocène supérieur. Il y a lieu de signaler un phénomène de dissolution affectant d'une part les calcaires gréseux, développant une structure karstique et d'autre part des lentilles de calcaires gypseux, générant de véritables cavités souterraines, qui sous le poids du bâti existant aura un impact conséquent sur la stabilité des immeubles comme c'est le cas d'un lotissement au niveau de la rue de Mostaganem (Sud du centre ville).

-Effondrements et chutes de blocs: Un autre phénomène est observé le long des falaises (élevée à plus de 70m) au N-E de l'agglomération, celui des chutes des blocs. Elles proviennent de la désagrégation mécanique et chimique des calcaires gréseux et les grès qui s'étendent sur plusieurs kilomètres. En aval de cette falaise il y'a une route qui mène au Kristel. Le phénomène d'éboulement présente un vrai danger pour les utilisateurs de cette route, car la taille des blocs peut atteindre plusieurs mètres.

Suite aux travaux de la société de promotion immobilière Eden Oran et après l'apparition des fissures, une nouvelle approche a été utilisée pour le diagnostic de phénomène. Il s'agit de l'utilisation des méthodes géophysiques d'investigation pouvant ausculter le sous sol pour saisir sa cause et afin de prendre des mesures pour y remédier.

Le site prospecté se situe à la terminaison de l'avenue qui débouche sur le grand rond point du pont Zabana a fait l'objet d'une étude géophysique par Géoradar, réalisée par le BET

G.EAU.SOL (2008) dont l'objectif a été de déceler des anomalies du sous sol liées à l'existence de fissures, de cavités ou d'affaissements. L'auscultation du sous-sol exécutée a fournit des images sous forme de radargrammes

L'investigation par Géoradar constitue un procédé géophysique appartenant à la catégorie des méthodes non destructives. !! Cette technique est éprouvée pour l'imagerie interne de nombreux types de matériaux géologiques comme les sols, les roches ainsi que les matériaux de constructions comme le béton, l'asphalte, etc...

Le Géoradar envoie des impulsions électromagnétiques dans le terrain étudié et enregistre les échos après la propagation des ondes et leur réflexion sur les cibles constituées par les stratifications du sous-sol ou les discontinuités entre différents milieux physiques.

Les résultats des mesures sont présentés sous forme de radargramme pour chaque profil. Les tiretés de couleur violette sur les enregistrements désignent les endroits où les anomalies sont plus probables.

Après l'analyse des radargrammes nous avons remarqués que la distribution des anomalies est visible sur les différents radargrammes des profils.

Par cette méthode et après auscultation des radargrammes nous avons remarqué deux types d'anomalies :

- **affaissement local**, décelé par les radargrammes longitudinaux qui le situent à la fin des profils, juste avant la plaque STOP.

L'excavation d'une partie des grés aquifères en contrebas du talus naturel a favorisé la mise à jour d'écoulements de la nappe sous forme de sources de trop plein. Cet écoulement a permis ensuite de drainer le sable formant l'intercalation entre les grés et les marnes Miocènes du substratum ce qui a conduit à la formation de vide entre les grés et les marnes de substratum et sous l'effet de poids des formation qui se trouve au dessus ainsi que les vibrations engendrés par les voitures et camions, ce contexte a contribué à cet affaissement localisé.

- **Densité de fissuration parallèle à la chaussée**. Cet état de fait a été mis en évidence sur les profils transversaux (T1 à T5) sur une distance d'une quarantaine de mètres. Ces profils montrent que ces déformations concernent une largeur de 7 à 8m à partir de la falaise.

Un déséquilibre morphologique est créé par le surcreusement des grés jusqu'aux marnes. Ceci a généré le phénomène d'effet de bord qui a provoqué la naissance de fissures d'orientation parallèle à la falaise.

BIBLIOGRAPHIE

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Algeria Space.Blogspot.com.

AMBRASEYS N, J. Vogt, Material for the investigation of the seismicity of the region of Algiers, Eur. Earthq. Eng. 3 (1988) 16–29.

AMBRASEYS N.N. (1982), The seismicity of North Africa. The earthquake of 1856 at Jijelli, Algeria., Boll. Geofis. Teor. Appl., 24(93), 31-37.

A.N.R.H. Agence nationale de ressources hydrauliques. Algérie (1), n° 22, 63 p.

ARAMBURG C. (1927). Les poissons fossiles d'Oran. *Matér. Carte géol., Algérie*, Alger, 1^{ère} sér., Paléontologie, n° 6, 2 vol., texte, 298 p. et Atlas, 86 pl.

BAYLE J. et VILLE L. (1854). Notice géologique sur les provinces d'Oran et d'Alger. BSGF., (2), XI, pp. 499-506.

BELHALOUI B. (1999). Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité des nappes libres à la pollution à partir des SIG application à la région d'Oran Carte au 1/50 000^e.

BELKEBIR L, BESSEDIK M., AMEUR6CHEHBEUR A. et ANGLADAR R. (1996). Le Miocène des bassins nord-occidentaux d'Algérie : biostratigraphie et eustatisme. Département de paléontologie et de stratigraphie, institut des sciences de la terre, *Univ. d'Oran*, pp. 543-561, fig., Algérie.

BELKEBIR L. (1986). Le Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra (Algérie). Biostratigraphie, paléoécologie, paléogéographie. *Thèse Uni. Marseille*, 289 p., 19 pl., 64 fig.

BENABDALLAH M. (2010). Mise en évidence des phénomènes dynamiques contrôlant le littoral oranais (de la Calère à la Pointe de Canastel) : étape fondamentale pour une cartographie des risques géologiques Thèse Magistère. *Uni. d'Oran.* 273 p., 234 fig.

BENHALLOU, H., Ferrer, A. and Roussel, J., 1971, Catalogue des séismes algériens de 1951 à 1970. Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie (IMPGA). Université d'Alger, Alger, 198 pp.

BENKABOUCHE M. et SEBAA A. (1991). Synthèse géologique et géotechnique du secteur d'Es-sénia (Wilaya d'Oran). *Mém d'Ing. Univ. d'Oran.* 133 p., 35 fig.

BESSEDIK M., BELKEBIR L. (1985/1986). Présence du Miocène moyen et supérieur dans la série de la pointe de Cabastel (Oran-Algérie): implication paléogéographiques et biostratigraphiques. *Géol. Médit.* Marseille, XII, N 3-4, pp. 147-150.

BESSEDK L., BELKEBIR M. (1991). Essai de synthèse biostratigraphique du Miocène post et synchro-nappes en Oranie (Tafna-Bas Chélif). *II ème Séminaire "Géologie pétrolifère SONATRACH"*Boumerdes, pp. 32-34.

BOUHADAD, Y., 2001. The Murdjajo, Western Algeria, fault-related fold: Implications for seismic hazard. *Journal of seismology*, 5, 541-558.

BOUHADAD, Y., 2007. Dynamique récente et actuelle de quelques tronçons de la chaîne tellienne: Géologie des failles actives et aléa sismique. Doctorat en Sciences Thesis, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 242 pp.

CHESNEAU. (1892), Note sur les tremblements de terre en Algérie, annales des mines, 9è s., t1, pp.9-13.

C.T.C. Règles parasismiques algériennes (RPA), (1981). Direction de la réglementation et de l'information technique de CTC, ministère de l'habitat et de l'urbanisme, Alger.

DALLINI M. (1952). L'atlas tellien occidental *Publ, XIXe Cong, Géol. Inter.* Alger, Monographies régionales, 1 ère ser., N 24, 83p., 13 fig.

DALLONI M (1952). Sur les terrains tertiaires supérieurs de l'Algérie et la classification du Néogène méditerranéen. *Publ. XIXe cong. Géol. Intern,* Alger, C.R., fasc XIII? P. 9-22, 1 fig.

DALLONI M. (1915). Le Miocène supérieur dans l'Ouest de l'Algérie, couches à hipparion de la Tafna. *C. R. Ac. Sc., Paris*, t. 161, pp, 639-641.

DELFAUD G. et THOMAS G. (1972). Les grandes lignes de la stratigraphie du Quaternaire Oranais. *C.R.Acad. Sc Paris*, t. 274 (19 juin 1972).

DELFAUD G., MICHAUX J., NEURDIN J., et REVERT J., (1973). Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne; évolution de la région oranaise au Miocène supérieur. *Bull. Soc. Hist. nat. afr. Nord.* Alger, T. 64, fasc. 1 et 2.

DJERMOUNI K. (1993). Biostratigraphie et paléocéologie de la série miocène de la terminaison orientale de Tafaraoui (Tessala, Oranie). *Mémoire d'Université d'Oran*, 99 p, 30 fig., 17 pl.

DOUMERGUE F et FICHEUR E. (1913). Carte géologique de la feuille d'Arzew au 1/50.000 et notice explicative.

DOUMERGUE F. (1928). Découverte de l'alpha planifrons Falconer à Rachgoun (Département d'Oran). *Bull. de cinquantenaire de la Soc. De Géographie et d'archéologie de la province d'Oran*, pp. 115-132.

DOUMERGUE F. et FICHEUR E. (1908). Notice de la carte géologique d'Oran. *Bull. de la Soc. Géoo. Et archéologique d'Oran*, t. XXVIII, pp. 1-32.

FENET B. (1975). Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain. *Thèse doct. d'Etat.* Univ. Nice, 301 p, 101 fig, 4 pl.

FLANDRIN J. (1948). Contribution à l'étude stratigraphique des nummulitiques Algérien. *Thèse Sc. Paris, Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2^e sér., start., n° 19.*

GAUTIER M. (1936). Sur la paléogéographie de la région de Nemours (Algérie). *C.R. Ac. Sc., Paris, t. 202, pp. 1870-1872.*

GENTIL L. (1898). Notice sur l'existence du Trias gypseux dans la province d'Oran. *B.S.G.F., (3), XXXVI, pp. 457-471.*

GENTIL L. (1899). Histoire du massif du Santa-Cruz d'Oran BS geogr. Oran, pp.423-428.

GENTIL L. (1903). Etude géologique du bassin de la tafna. *Bull. Serv. Carte géol. Alg., (2), n°4, p. 425.*

GENTIL L. (1904). Sur un nouveau gisement barrémien de la chaîne des Tessala, Oran. *A.F.A.S., Grenoble, p. 619.*

GENTIL L. (1908). Sur la tectonique du littoral de la frontière algéro-marocaine. *C.R.Ac.Sc., Paris, t. 146, pp. 712-715.*

GENTIL L. (1913). Structure de la zone littorale de l'Algérie occidentale et du Maroc oriental. *C.R.Somm. S.G.F., 27 avr., 8, pp. 71-73.*

GENTIL L. (1917). Sur le Miocène marin (Sahélien) de l'Ouest Algérien. *C.R.Ac.Sc., Paris, pp. 357-360.*

GENTIL L. (1917). Sur le Néogène de l'Algérie occidentale *C.R.Somm. S.G.F., PP. 65-67.*

GENTIL L. (1923). La question des nappes de charriage de l'Afrique du Nord. *Rev. Gen. Des Sc. Pures et appliquées*, n° 22, 63 p.

GENTIL L. et JOLEAUD L. (1918). Les nappes de charriages de l'Afrique du Nord. *Rev. Gen. Des Sc. Pures et appliquées*, n° 19, pp. 533-540.

GEOMATRIX-Me2i-TTi, Étude de l'aléa et microzonage sismique de la région de Aïn Temouchent, décembre 2003, vols. 1 et 2.

GLANGEAUD L. (1933). Unités paléogéographiques et structurales de l'Atlas méditerranéen (Algérie, Maroc, Tunisie). *Act. Soc. Linn., Bordeaux t. 157*, 48p.

GLANGEAUD L. (1951). Interprétation tectono-physique des caractères structuraux et paléogéographiques de la méditerranée occidentale. *Bull Soc. Géol. Fr. (6)*, 1, pp. 735-762.

GLANGEAUD L. (1955). Les déformations plio-quadernaires de l'Afrique du Nord, *Géologische rundschauf Bad. 43, Klelt. L.*, pp. 181-196.

GOURINARD Y (1952). Le littoral Oranais (mouvements verticaux et anomalie gravimétrique). *Publ. XIXe Congr. Géol. Inter, Alger*; Monographie régionales,

GOURINARD Y. (1958). Recherches sur la géologie du littoral Oranais, Epirogénèse et nivellement. Service de la carte géologique de l'Algérie. *Bull. n° 6*, 111 p., France.

GUARDIA Y. (1975). Géodynamique de la marge alpine du continent Africain d'après l'étude de l'Oranais Nord-Occidental. Relations structurales et paléogéographiques entre le rif externe, le telle et l'avant pays atlasique. *Thèse doct. d'Etat Sci. Nat., Univ. Nice*, 289 p., 140 fig., 7 pl., France.

Harbi, S. Maouche, H. Benhallou, Re-appraisal of seismicity and seismotectonics in the north-eastern Algeria. Part II: 20th century and seismotectonic analysis, *J. Seismol.* 7 (2003) 221–234.

HASSANI I. (1987). Hydrogéologie des bassins endoréiques semi-aride. Le bassin de la grande sebkha d'Oran. *Thèse Doct. 3^{ème} cycle*, Univ. Grenoble., 304 p.

HASSANI M. I. (1987). Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride : bassin versant de la grande Sebkha (Algérie). Univ. Sci., Tech. Et Médical de Grenoble. *Thèse doct. d'Etat.* 304 p., 128 fig., 65 tbl., France.

JOSEPH A. (1979). Notice explicative de la carte hydrogéologique d'Oran. 66 p. 47 fig.

MALKI N. (1984). Le tremblement de terre d'Oran d'Octobre 1790 et les tentatives de bey de Mascara pour la libération de cette ville d'après des Archives Historiques National de Madrid. actes du séminaire International sur les sources espagnoles de l'histoire Algérienne. Oran 20-22 avril 1981. *argel Archives Nationales.* N 10-11, pp. 296-307.

MANSOUR H. (1989). Hydrogéologie du complexe dunaire à l'Est d'Oran du Cap Falcon (Oran) à Terga (Beni saf). *Thèse Magistère.* Université d'Oran. 368 p., 133 fig.

Meghraoui, Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie : Paléosismologie, tectonique active et synthèse seismotectonique, thèse d'État, université Paris-11, 1988, 356 p.

MEKAHLI L. (1978). Etude géologique de la région située au Sud-Ouest de village de Tafaraoui. D.E.S., option : stratigraphie-paléontologie. Univ. D'Oran Inst. de biologie et des sci. de la terre. dépt. de géologie, 29 p., Algérie.

MEKAHLI L. (1979). Contribution à l'étude géologique du Trias de l'Oranais (exemple de la partie septentrionale des Monts des Tessala Oriental). D.E.A., option: géol. des ensembles sédimentaires. Univ. d'Oran Inst. de biologie et des sci. de la terre. Dépt. de géologie., 42 p., Algérie.

MIDOUNE L. (1989). Etude du Trias d'Oran (Algérie) et de ses relations avec le socle polymétamorphique; implication géodynamique régionale. Thèse Univ., Orléan, 305 p., France.

MOISSETTE P. (1988). Les faunes de bryozoaires du Messinien de l'Algérie occidentale. docum. Lab. Geol., lyon, n 102, 315 p., 23 fig.

MONTESUS DE BALLORE, M, F., 1906. Les tremblements de terre, Geographie seismologique, Publ.Armand Colin, Paris.

MORGAT C.P. et SNAH H.C. (1978). Seismic hazard analysis of Algeria. The John A. Blume Earthquake Engineering Center, pour le CTC, Alger.

MOULAY AHMED A. (1994). Biostratigraphie et paléoécologie de la série Miocène de la bordure occidentale de Tafaraoui (Tessala-Oranie). Mém. d'ing. d'état, 87 p., 30 fig., 10 pl., France.

NEURDIN-TRESCARTES J. (1979). Paléogéographie de la marge Sud du bassin du Chélif au Miocène. Comparaison entre les Tessala et les Beni Chougrane. (Algérie). 7^{ème} Reun. Ann. Sci. terre, p. 343.

NEURDIN-TRESCARTES J. (1992). Remplissage sédimentaire du bassin néogène du Chélif, model de référence de bassin intramontagneux. Thèse doct. d'Etat, Pau. 332 p., 134 fig., 16 pl., France.

O.N.M. : Archive des données météoriques

PECKER A. (1984). Dynamique des sols. Presses de l'école nationale des pont et chaussées, Paris.

PERREY, A., 1847, Note sur les tremblements de terre en Algérie et dans l'Afrique Septentrionale. Mémoire de l'Acad. des Sci. Arts et Belles-Lettres de Dijon, année 1845–1846, 299–323.

PERRODON A. (1957). Etude géologique des bassins néogènes sub-littoraux de

POMEL A. (1871). Le sahara (Géologie, Géographie et Biologie) . Bull. Soc. Alg. de climatologie, sciences physiques et naturelles.

POMEL A. et POUYANNE J. (1889). Carte géologique provisoire de l'Algérie, 2^e éd., Alger, échelle 1/800 000^e. Pub. Serv. Carte géol. Algérie.

POUQUET J. (1952). Les Monts du Tessala. Essai morphogénétique. sedes éd., Paris, 352 p., 73 fig.

Rapport d'études géotechniques. Bâtiment de 06 niveau avec sous sol à la cité Djamel, Oran, L.T.P.O. (202).

Rapport d'études géotechniques. Construction d'un complexe immobilier, pont Zabana, Oran. L.T.P.O. (2005).

Rapport d'expertise de l'ovoïde géant du front de mer d'Oran, 1^{ère} et 2^{ème} partie. Somatre (2005).

RENOU M. (1848). Description géologique de l'Algérie. Exploration scientifique de l'Algérie, pp. 74-126, Paris, Imp. Royale.

ROZET M. (1831). Notice géognostique sur les environs d'Oran. B.S.G.F., II, 46 et 305.

Rapport d'études géotechniques. Viaduc du ravin Blanc, Oran. L.T.P.O. (1983).

SAINT MARTIN J.P. (1987). Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. Thèse, Aix-Marseille, 3 vol., 499 p., 163 fig., tbl., 68 pl., France.

SEMINAIRE International sur Les Sources Espagnol de l'Histoire Algérienne. Actas. Oran 20-22 avril. 1981. Archives Nationales. Argel. 1984, n. 10-11.

SOCOTEC EXPORT, 1986, Reconnaissance et études de risque sismique, site de la Calère, Sidi El Houari, Phase1, Géologie et risque sismique, Rapport de Synthèse, 169 p.

SUESS M. (1932). Sur la présence de Gastéropodes et de vertébrés dans les grés de Bou Hanifia feuille de Mascara (département d'Oran). C.R.Ac.As., Paris, t. 194, pp. 1970-1972.

THOMAS G. (1985). Géodynamique d'un bassin intramontagneux : le bassin du Bas Chélif occidental (Algérie), durant le moi-plio-quadernaire. Thèse. *Doct. d'Etat scn. Univ. Pau*, 549 p.

TINTHOIN R. (1948). Les aspects physiques du tell oranais. Oran. 638 p., 82 pl. h. t.

VIERS G. (1984). Eléments de géomorphologie. Nathan édit., Paris, 208 p., 119 fig.

VILLE L. (1852). Notice géologique et minéralogique de la partie occidentale de la province d'Oran. B.S.G.F., (2), IX, pp. 363-380.

YELLES, K., LAMMALI, K. & MAHSAS, A. (2004). "Coseismic deformation of the May 21st, 2003, Mw=6.8 Boumerdes earthquake, Algeria, from GPS measurements." *Geophysical Research Letters* 31(L13610, doi:10.1029/2004GL019884).

YELLES-CHAUCHE, A.K., AIT OUALI, R., BRACENE, R., DERDER, M.E.M., & DJELLIT, H. (2001), Chronologie de l'ouverture du bassin des Ksour (Atlas Saharien, Algérie) au début du Mésozoïque, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 172, 285-293.

ZIDOURI A. (1986). Contribution a l'étude hydrogéologique du bassin d'alimentation de Ras El Ain . *Mém d'Ing. Univ. d'Oran.* 124 p., 54 fig.

ZIDOURI A. (1986). Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin d'alimentation de Ras El Ain . *Mém. d'Ing. Univ. d'Oran.* 124 p., 54 fig.

ZOUAUI A. et HAMADOU H. (2001). Etude hydrochimique et pollution par les métaux lourds des eaux souterraines de l'agglomération oranaise. *Mém d'Ing. Univ. d'Oran.* 90 p., 39 fig.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 : Plan de l'enceinte fortifiée de la place d'Oran	02
Fig. 2 : Schéma de la structure générale de l'Oranie (d'après Delfad et <i>al.</i> , 1973).....	03
Fig. 3 : Carte de localisation de zone d'étude.....	04
Fig. 4 : Schéma d'urbanisation de l'agglomération oranaise (d'après Sorgeah, 1997).....	05
Fig. 5 : Carte pluviométrique de la région d'Oran (ANRH).....	06
Fig. 6 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Oran-Port.....	07
Fig. 7 : Températures moyennes mensuelles (station d'Oran-Port).....	08
Fig. 08 : Courbe pluviométrique (Station d'Oran-Port).....	09
Fig. 09 : Courbe embrothermique (Station d'Oran-Port).....	09
Fig. 10: Vue satellitaire d'Oran et de son réseau hydrographique(AlgeriaSpace.Blogspot.com)....	10
Fig. 11 : Trame structurale de l'Oranie (Thomas, 1985).....	13
Fig. 12 : Stratigraphie et cadre séquentiel (Neurdin-Trescartes, 1992, modifié).....	14
Fig. 13 : Nomenclature des termes utilisés dans le découpage du Néogène de l'Oranais (Hassani, 1987, modifié).....	16
Fig. 14: Coupe géologique du versant sud-est du Djebel Murdjadjo (J. Delfaut, J.Revert,1974).....	18
Fig. 15: Aval du bassin: Partie occidentale du bassin du Bas Chélif (Neurdin-Trescartes, 1992).....	23
Fig. 16 : Coupe géologique de la falaise de Gambétta (<i>H. Mansour, 1989</i>	24
Fig. 17 : Carte de localisation de sondages.....	25
Fig. 18a : Sondages LTPO : zone USTO.....	26
Fig. 18a : Sondages LTPO : zone USTO	27
Fig. 18b : Sondages LTPO : zone Choupot, Emir A.Kader, Amandiers,	27
Fig. 18c : Sondages LTPO : zone Castor, Delmonte, Dar El Baida.....	28
Fig. 18d: Sondage LTPO : Centre ville hôtel Royal.....	28
Fig. 18e : Sondages parallèles au front de mer.....	29
Fig. 19 : Topographie et caractère torrentiel du ravin de la Crossennière (A. Damena, 1944).....	30
Fig. 20 : Coupe A-A' : parallèle au front de mer.....	30

Fig. 21 : Coupe B-B' : perpendiculaire au front de mer.....	31
Fig. 22 : Coupe hydrogéologique Nord-Sud de la région d'Oran.....	33
Fig. 23 : Répartition des aquifères sur le secteur d'étude (A. Joseph, 1979).....	34
Fig. 24 : Carte piézométrique de la nappe du plateau d'Oran. (Université d'Oran, juin 1999).....	37
Fig. 25 : Log géologique des formations sous plateau d'Oran (A. Joseph, 1987).....	38
Fig. 26 : Impluvium de l'aquifère des calcaires (Mansour, 2006).....	40
Fig. 27 : Coupe hydrogéologique schématique du Djebel Murdjadjo.....	40
Fig. 28 : Extrait de la carte isoséiste du séisme de 09/10/1790 (ambraseys).....	45
Fig. 29: Extrait de la carte isoséiste du séisme du 12/12/1959 (Benhallou et Roussel,1971).....	47
Fig. 30 : Localisation de l'accident décrochant dextre de Kristel (Thomas, 1985).....	48
Fig. 31: Carte géologique de l'Oranie centrale . La légende donne des informations sur l'âge des formations et des structures (In Yelles-Chaouche <i>et al</i> , 2004).....	49
Fig. 32. Les accidents actifs de la région oranaise (en haut : structures actives ; en bas : MNT) (Yelles-Chaouche <i>et al.</i> , 2004).....	51
Fig. 33 : Carte de localisation du séisme d'Oran du 06/06/2008.....	54
Fig. 34: Glissement déclenché par le séisme d'Oran du 06/06/2008, au contrebas de Canastel (benabdallah m., 2010)	55
Fig. 35: Carte de localisation du séisme d'Oran du 24/07/2008 (IGN, 2008).....	56
Fig. 36: Solution du plan de faille du séisme 06/06/2008 (IGN, 2008).....	57
Fig. 37 : Reconstitution de la paléohydrographie du versant Nord d'Oran (Somatre, 2005).....	60
Fig. 38 : Carte piézométrique au droit du ravin blanc (avril, 2007.....	65
Fig. 39 : Système de drainage du ravin blanc	66
Fig. 40 : Représentation graphique des eaux souterraines de la nappe du plateau Nord d'Oran selon la classification de Schoeller et Pipe.....	69
Fig. 41: Affaissement de la route du port et l'apparition des fissures.....	71
Fig. 42 : Fissuration d'un tronçon de l'avenue débouchant sur le pont Zaban	72
Fig. 43 : Localisation cartographique des glissements de terrain.....	75
Fig. 44 : Carte de localisation des problèmes d'instabilité de terrain.....	79
Fig. 45 : Schématisation des phénomènes de fissuration, affaissement et éboulement.....	80
Fig. 46 : Schéma simplifié du radar et son fonctionnement.....	81

Fig. 47 : Radargramme des profils longitudinaux.....	83
Fig. 47 : Radargramme des profils transversaux	84
Fig. 49 : Radargramme des profils transversaux	85
Fig. 50 : Radargramme des profils du ILOT 2.....	86
Fig. 51 : Drainage par collecteurs (ovoïde) des eaux superficielles et souterraines des ravins de la Baie de Saint Thérèse vers l'Est d'Oran.....	90
Fig. 52 : Le parcours de l'ovoïde géant et son état après l'expertise par SOMATRE en 2005.....	93
Fig. 53 : Les dégradations observées lors de l'expertise d'une tranche d'ovoïde.....	96

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES PHOTOS

-Photo .1- Substratum dolomitique faisant office de ligne de partage des eaux entres les bassins versants de Ras El Ain et celui de la Baie de Saint Thérèse.

-Photo. 2- Passage de l'Oued Rouina

-Photo. 3 : Un grand glissement de talus de front de mer à l'époque.

-Photo. 4 – Affleurement de la nappe par remontée capillaire sur la rive gauche du ravin blanc entre la RN11 et la rue Passeti (mise à jour par les travaux d'excavation pour un complexe immobilier, (avril 2007)

-Photo.5 – Dispositif de captage d'une source à débit notable (Somatre, 2005)

-Photo.6 – Coulées de carbonates témoignant d'importantes infiltrations de la nappe à travers les -parois de l'ovoïde (Somatre, 2005)

-Photo 7.- Fissure affectant la chaussée menant au port à contenairs

-Photo. 8 – chaussée endommagée par une fissure de plusieurs mètres .

-Photo. 9- Affaissement de la pharmacie (place premier novembre).

-Photo. 10 - Phénomène de dissolution, affleurement de la nappe du plateau d'Oran dans les calcaires gréseux karstiques (falaise de la carrière de Carteaux, rive gauche du ravin blanc)

-Photo. 11 - Cavité de dissolution mise à jour dans les calcaires gypseux

-Photo. 12- photo montre l'utilisation du géoradar

-Photo. 13- drainage des sables suite aux travaux d'excavation

-Photo. 14- Fissuration parallèle à la chaussée du à l'effet de bord

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

- <u>Tableau n° 01</u> Les valeurs moyennes des précipitations mensuelles de la station d'Oran-Port(période1988-1997).....	07
- <u>Tableau n° 02</u> Les données d'observations ont été effectuées à la station d'Oran-Port (1988-1997).07	
- <u>Tableau n° 03</u> : <i>Principaux séismes historiques de l'Oranie ($I \geq IV$)</i>	44
- <u>Tableau n° 04</u>	63
- <u>Tableau n° 05</u> : <i>résultat des analyses des principaux éléments majeurs</i>	68

PLANCHES
PHOTOGRAPHIQUES









