

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة وهران 2 محمد بن احمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed



Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre
Mémoire de Master
Option : Risque Naturel et Gestion

Thème

**Impacte du risque géologique en zone urbaine
Cas de l'affaissement du bâti au niveau du
ravin blanc (Oran)**

Présenté par : TABTI Malika

BOUAMEUR Imene

Soutenu le 19/06/2017 devant le jury :

Mr. FOUKRACHE M ;	Maitre assistant(A)	Président
Mr. MANSOUR Hamidi ;	Professeur	Encadreur
Mr. BOURSALI.T :	Maître assistant (A)	Examineur

Juin 2017

Résumé

La particularité morphologique du site d'Oran , entant que frange abrupte et ravinée suivie d'un « plateau » qui culmine vers 110 m soumise à de différents risques majeurs tel que les risques géologiques, tectoniques, hydrologiques, hydrogéologiques et météorologiques forment un système physique complexe ou le risque de catastrophes naturelles est omniprésent.

Si certains grands phénomènes sont bien connus à Oran, il n'est pas certain que tous soient répertoriés. Réaliser un inventaire exhaustif de l'ensemble de ces phénomènes qu'ils soient potentiels, actifs ou historiques était devenue un acte nécessaire.

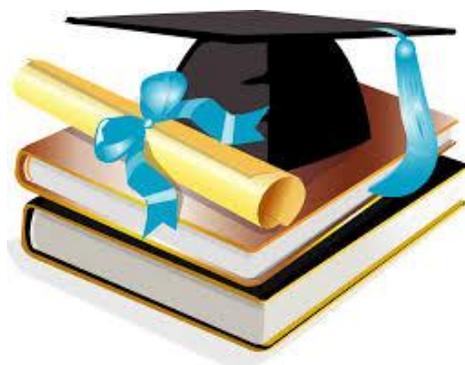
Mots clés; Oran, risque géologique, tectoniques, hydrologiques, hydrogéologiques et météorologiques

Remerciements

J'adresse mes vifs remerciements à mon promoteur **Dr MANSOUR Hamidi** pour ses conseils et la grande disponibilité tout au long de cette phase de formation et pour le temps qu'il a consacré à mon travail, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Je remercie Messieurs **FOUKRACHE.M & BOURSALI .T** d'avoir acceptés de prendre part dans ce jury.

Je tiens également à remercier tous les enseignants qui ont contribué de loin ou de près à notre formation.



DÉDICACE

C'est avec profonde gratitude et sincère mots, que nous dédions ce modeste travail de fin d'étude à :

Mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur tendresse, leur amour, leurs soutien inconditionnel dont ils ont fait preuve depuis que mon projet professionnel est défini.

Merci pour le soutien financier, moral, psychologique et matériel, leurs prières tout au long de mes études, Si je suis ici aujourd'hui, c'est grâce à vous!

Mes frères & sœurs et mes belles-sœurs pour leur accompagnement durant mon parcours universitaire et leur soutien sans faille et pour leurs encouragements permanents

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mes études

Tous nos professeurs qui nous ont enseigné

Tous mes amis sans exception ;

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

TABTI Malika

DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de
reconnaissance à :*

*Mes très chers parents, en particulier ma très Chère mère, pour ses
sacrifices tout au long de ma vie ;*

Mes frères;

Mes Sœurs;

Toute ma grande famille, en particulier mes tantes, et mes tontons ;

Tous mes amis sans exception ;

Toute la promotion 2011 et la promotion 2016 ;

Et à tous ceux que j'aime, et ceux qui pensent à moi.

BOUAMEUR Imene

Liste des figures

Figure 1	: Carte de situation de la région d'étude	05
Figure 2	: Oran ville portuaire de la rive Sud de la Méditerranée	06
Figure 3	: Vue aérienne du site étudié	06
Figure 4	: Plan du situation et positionnement des sondages carotte.....	07
Figure 5	: Diagramme climatique.....	10
Figure 6	: Extrait de la carte géologique et structurale de l'Oranie	11
Figure 7	: Colonne stratigraphique synthétique du la région d'Oran	12
Figure 8	: sources sismiques proches de la zone d'Arzew	13
Figure 9	: Extrait de la carte isoséiste du séisme du 12/12/1959.....	17
Figure 10	: MNT comportant des linéaments, au large de Mostaganem.	19
Figure 11	: Extrait de la carte géologique d'Oran (1/50.000).....	22
Figure 12	: Coupes géologiques approximative du terrain	23
Figure 13	: Coupe géologique du ravin blanc (Mansour H, 1989).....	24
Figure 14	: Cartographie des eaux souterraines du plateau d'Oran.....	25
Figure 15	: Reconstitution de la <i>Paléohydrographie du versant Nord d'Oran</i>	27
Figure 16	: Système de drainage du ravin blanc.....	28
Figure 17	: Représentation du risque en fonction de l'aléa et de la vulnérabilité..	30
Figure 18 a	: Le risque.....	30
Figure 18 b	: Les enjeux.....	31
Figure 19	: Exemple d'aléa.....	31
Figure 20	: Plan de zonage règlementaire.....	32
Figure 21	: Localisation cartographique des glissements de terrain à Oran centre	35

Figure 22	: Affaissement de terrain la Rue Dauphine (Gambetta) non loin du ravin blanc.....	36
Figure 23	: Fissure affectant la chaussée menant au port à conteneurs.....	37
Figure 24	: Fissuration d'un tronçon de l'avenue débouchant sur le pont Zabana	38
Figure 25	: chaussée endommagée par une fissure de plusieurs mètres.....	39
Figure 26	: Schéma de principe du Géoradar.....	41
Figure 27	: Radargrammes indiquant différents types de canalisations enterrées	43
Figure 28	: Coupe géologique de la falaise.....	43
Figure 29	: Radargrammes indiquant l'affaissement.....	44
Figure 30	: Carte d'iso-résistivités AB= 15m et positions des profils de géoradar.	45
Figure 31	: Permittivité effective pour différents matériaux géologiques.....	47
Figure 32	: Conductivité effective pour différents matériaux géologiques.....	48
Figure 33	: Radiogrammes caractéristiques montrant des cavités.....	49

Liste des tableaux

Tableau 1	: principaux séismes historiques de l'Oranie (i > iv).....	14
Tableau 2	: Etapes dans la gestion du risque sismique.....	18
Tableau 3	: Résultat des analyses des principaux éléments majeurs.....	25
Tableau 4	: Paramètres physiques de certains matériaux	42

Table de matières

Résumé	I
Remerciement.....	II
Dédicace	IV
Liste des figures.....	V
Liste des tableaux.....	VI
Introduction générale	02

Chapitre I

1. Cadre géographique.....	05
2. Situation et données topographiques du site.....	06
3. Cadre géomorphologique	07
3.1 Morphologie générale de la région d'Oran.....	07
3.2 Les reliefs	08
4. Climatologie	09
4.1 Diagramme ombrothermique (méthode de GAUSSEN)	09
4.2 Climat méditerranéen	10
5. Cadre géologique régional.....	10
5.1 Extension des principales formations géologiques	10
5.2 Les formations géologiques de la région d'Oran.....	12
6 Cadre sismotectonique	13
6.1 Séismicité historique de l'Algérie du Nord.....	13
6.2. Séismicité historique de Le séisme du 09 octobre 1790 (11H, 35°7N, 0°7W)	14
6.3. Gestion du risque sismique urbain.....	17
7. Relation entre les structures à terre et en mer.....	18

Chapitre II

1. Introduction	21
2. Contexte géologique au droit du site	21
2.1 Les sondages de reconnaissance de ravin blanc	22
2.2 Série du ravin blanc	23
3. Contexte hydrogéologique du site.....	24
3.1 Cartographie des eaux souterraines	24
3.2 Hydrochimie de la nappe du ravin blanc	25
4. Paléo hydrographie de la frange maritime d’Oran.....	26
5. Le bassin versant de ravin blanc.....	27
6. Conclusion.....	28

Chapitre III

1. Notion générale sur les Risques.....	30
1.1 Risques et aléas	30
1.2 Carte L’Aléa	31
1.3 Plan général d’aménagement, Vulnérabilité et plan de zonage réglementaire	32
1.3.1 Plan général d’aménagement.....	32
1.3.2. Vulnérabilité	32
1.3.3. Plan de zonage réglementaire	32
1.4 Risque hydrogéologique en zone urbaine	33
1.5. Les catastrophes et risques en milieu urbain et périurbain.....	33
1.6 Évaluation des risques dans la ville Algérienne.....	34
2. Les affaissements et la fissuration.....	34

2.1 Les affaissements au niveau du ravin blanc.....	34
2.2 Fissuration de l'infrastructure routière (route à conteneurs du port).....	36
2.3 Fissuration de la route du pont Zabana	37
2.4 Fissuration du Boulevard Hamou boutlelis.....	38

Chapitre IV

1. Introduction.....	41
2. Principe du géoradar	41
3. Profondeur de pénétration.....	42
4. Utilisation du géoradar pour la détection de réseaux de canalisations enterrées	42
5. Utilisation du Géoradar pour établir les causes d'un affaissement de chaussée	43
5.1. Contexte hydrogéologique.....	43
5.2. Données du Géoradar	44
5.3. Cas d'exemple d'utilisation combinée des méthodes électriques et de Géoradar dans la zone d'es-Sénia pour la détection de cavités de dissolution	44
5.3.1. Contexte géologique.....	44
5.3.2. Problème posé après l'emploi de la géophysique électrique.....	45
5.3.3. Utilisation du Géoradar	46
Conclusion générale	48
Référence bibliographiques	

Introduction générale

Introduction générale

Introduction

Depuis quelques décennies, il ne se passe plus une année, ni même un mois sans que la sphère médiatique planétaire n'évoque une catastrophe naturelle. Ainsi l'augmentation du niveau de vie, la densification des infrastructures, l'élargissement des zones habitées ou la mobilité croissante sont autant d'éléments qui rendent la société de plus en plus exposée.

Le sol n'est pas toujours stable comme il paraît, les affaissements de terrain modifient en permanence le relief de notre planète, un phénomène naturel qui peut faire des victimes. Comprendre les affaissements de terrain c'est une question complexe qui fait intervenir plusieurs facteurs, la nature de la géologie terrestre, la force destructrice de l'eau et enfin la gravité. Les affaissements de terrain constituent une composante essentielle de circulation entrant dans le cycle géologique. Les composantes géologiques et structurales sont déduites de la synthèse des travaux antérieurs réalisés dans la région, avec un additif complémentaire qui souligne certains aspects liés à la chronologie et à l'évolution spatio-temporelle de la fracturation.

L'existence de cavités dans le sous-sol est une source potentielle de phénomènes dangereux d'un point de vue de l'aménagement urbain, environnemental et industriel. Ce sont des anomalies dont l'origine est à rechercher souvent dans les études de la géologie appliquée. On distinguera ainsi des cavités d'origine naturelle ou anthropique. Nous présentons au préalable les processus de formations des cavités souterraines dans un contexte géologique calcaire ainsi que les conséquences encourues pour les infrastructures. Dans le même cadre, les risques occasionnés par les affaissements en zone urbaine et les éboulements sur le littoral marin seront présentés. Le caractère géologique de la ville d'Oran et en particulier celui de sa frange maritime, au droit du ravin blanc exige d'étudier le risque affaissement de terrain, qui est classé comme un risque majeur à Oran dont les effets sont bien marqués sur le bâti urbain et les infrastructures de base (routes, ponts, ouvrages d'art).

Oran est l'une des villes qui se caractérisent par la diversité des tissus Urbains, des styles architecturaux et des situations problématiques quant au renouvellement de ses anciens centres urbains.

Introduction générale

La cartographie des structures linéament-aies, représentant généralement la fracturation, constitue une composante essentielle des études en sciences de la terre notamment pour la compréhension de la tectonique régionale. La connaissance et la compréhension de leur fonctionnement nécessitent des études géologiques, hydrogéologiques et géophysiques. Cette démarche constituera un outil efficace d'aide à la décision pour les problèmes de l'aménagement du territoire en zone urbaine (cartographie de synthèse, analyse thématique et corrélation spatiale). Le domaine Oranais a fait l'objet de plusieurs études et de recherches pluridisciplinaires (géologique, paléontologiques, stratigraphiques, structurale et géodynamique.....). Par contre dans le domaine des risques géologiques, beaucoup reste à faire.

Pour atteindre cet objectif, nous avons jugé utile de traiter la problématique à partir de l'analyse des phénomènes d'origine géologiques (sismicité active) et géodynamiques (tectonique, mouvement de terrain.....) complétée par une étude de la corrélation spatiale, afin de mettre en place un modèle de gestion en adéquation avec la réalité de risque géologique en zone urbaine. Il s'agira pour nous de dresser un inventaire qui s'intéressera en premier lieu à l'identification, la localisation et caractérisation des phénomènes dynamiques affectant la région en question.

Chapitre I :

Considérations générales

Chapitre I : Considérations générales

1. Cadre géographique

La ville d'Oran, surnommée « La radieuse », est la deuxième ville d'Algérie et l'une des plus importantes du Maghreb. C'est une ville portuaire de la mer Méditerranée, située au Nord-Ouest de l'Algérie, à 432 Km de la capitale Alger, et le chef-lieu de la wilaya du même nom, en bordure du golfe d'Oran.

Elle est limitée à l'Ouest par la localité de Misserghin, à l'Est par le plateau de Bir El Djir et au Sud par la localité d'Es Sénia (fig. 1)



Fig. 1 - Carte de situation de la région d'étude

Le secteur faisant l'objet de l'étude est représenté par la figure 2 qui illustre le caractère de métropole portuaire par excellence (fig. 2).



Fig .2 - Oran ville portuaire de la rive Sud de la Méditerranée

2. Situation et données topographiques du site

Le terrain objet de la présente étude se trouve au niveau de l'emplacement de la future station de refoulement sur la toute portuaire entre la pont Zabana à l'ouest et le pont courbet à l'est (figure.3).



Fig .3- Vue aérienne du site étudié (source CTC)

Chapitre I : Considérations générales

Les coordonnées UTM approximatives du centre du site sont les suivantes :

X=714503.43 m E

Y= 3954064.32 m N

Elévation = 55 M

Il est limité dans l'immédiat (fig. 4) :

- Au Nord. par une assiette réservée pour une station de refoulement, et un pont courbé.
- Au Sud. par un giratoire Zabana.
- A l'Est, par un pont courbé.
- A l'Ouest. par le pont Zabana.



Fig .4- Plan du situation et positionnement des sondages carotte(CTC)

3. Cadre géomorphologique

3.1 Morphologie générale de la région d'Oran

La morphologie de l'Oranie est caractérisée par une vaste dépression qui s'étend du Sud-ouest Oranais à la vallée du Chélif, plus à l'Est. Cette dépression qui est encadrée au Nord par les massifs du littoral et au Sud par un ensemble de massifs montagneux, est occupée par les plaines de la Mléta, de Habra et du Chélif séparées par des lacs salés (Sebkha d'Oran

Chapitre I : Considérations générales

et les salines d'Arzew). De nombreuses sources thermales émergent, à la faveur de failles, à l'abord des massifs montagneux mais aussi dans les plaines. Les forages réalisés au niveau des plaines, donnent parfois des débits d'eaux chaudes importants témoignant de l'existence d'importants réservoirs géothermiques en profondeur. Ces eaux thermales sont parfois très chargées en sels, lorsqu'elles sont en contact avec des formations salifère comme c'est le cas d'Ain franin à l'Ouest d'Oran

3.2 Les reliefs

Les reliefs de la Wilaya d'Oran sont présenté selon les six composantes naturelles, suivante :

- En bordure côtière : on distingue :
Les cotes rocheuses s'étalant des monts d'Arzew jusqu'à Mers El Kebir à l'Ouest et du Cap Lindles jusqu'à Cap Sigal, limite administrative de la wilaya, les plages sableuses, de la basse plaine de Bousfer-les Andalouses et de la baie d'Arzew.
- Les collines du Sahel sont constituée par :
Les monts d'Arzew : Ensemble de hautes collines bordant toutes les falaises abruptes allant d'Arzew à Canastel (Est d'Oran), le Murdjadjo et ses prolongements à l'Ouest.
- La basse plaine littoral de Bousfer-les Andalouses :
Ensemble pénéplaine déclinant vers le Nord, très abrité par les collines sahéliennes. Un seul cours d'eau important draine cette basse plaine à l'Ouest, l'oued Sidi Hammadi près du complexe touristique des Andalouses.
- Le plateau d'Oran-Gdyel :
S'étendant sur une vaste superficie, des piémonts du Murdjadjo, jusqu'à Sahel d'Arzew. Ce plateau est marqué par une absence de drainage et de nombreuses dépressions plus ou moins salées : la grande Sabkha d'Oran qui marque la limite du plateau à l'Ouest, la Daya Morsli, le lac Télamine, les Salines d'Arzew limite du plateau à l'Est.
- Le plateau orientale de la plaine de la M'léta :
C'est entre les piémonts Sud de Tessala, les cotes du foret de Molay Ismail et la bordure immédiate de la grande Sebkh.

Chapitre I : Considérations générales

- La grande Sebkhah d'Oran et les salines d'Arzew :

La grande Sebkhah d'Oran est une dépression située à 80 m d'altitude d'une étendue dépassant les 30000 Ha (près de 1/6 de la surface de la wilaya). Les salines d'Arzew s'étendant au pied du foret de Moulay Ismail, d'orientation similaire à celle d'Oran. [HADID .I et LAKHEL .F, 2015]

4. Climatologie :

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

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

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

4.1 Diagramme ombrothermique (méthode de GAUSSEN)

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

- ✓ Les précipitations moyennes annuelles sont d'environ 327 mm tandis que les températures moyennes sont d'environ 18°C.
- ✓ Les différentes données climatiques traitées montrent que notre secteur d'étude est caractérisé par un climat semi-aride. [BELGANDI Meriem, 2014]

4.2 Climat méditerranéen

Oran bénéficie d'un climat méditerranéen classique marqué par une sécheresse estivale, des hivers doux, un ciel lumineux et dégagé. Pendant les mois d'été, les précipitations deviennent rares voire inexistantes, et le ciel est lumineux et dégagé. L'anticyclone subtropical recouvre la région oranaise pendant près de quatre mois. En revanche la région est bien arrosée pendant l'hiver. Les faibles précipitations (420 mm de pluie) et leur fréquence (72,9 jours par an) sont aussi caractéristiques de ce climat. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Oran]

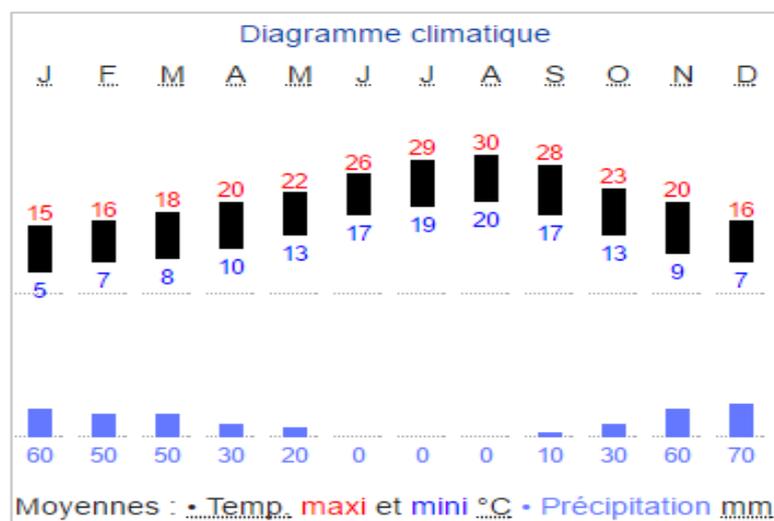


Fig.5- : Diagramme climatique

5. Cadre géologique régional

5.1 Extension des principales formations géologiques

La géologie de la région a été étudiée par de nombreux auteurs, parmi les études récentes, nous avons des travaux de G.Thomas (1985). La région concernée comprend quatre grands ensembles représentés dans la figure 6.

- Le Tell septentrionale qui est marqué par la présence de formations paléozoïques mésozoïques (calcaire et schistes) formant les massifs littoraux qui eux-mêmes sont recouverts parfois de croutes calcaires, de limons et de dunes quaternaires.

Chapitre I : Considérations générales

- Plus au Sud, les vastes dépressions remplies de formations surtout détritiques, constituent les plaines de la Mléta et Habra. Ces dépressions rejoignent vers l'Est, la plaine du Chélif.
- Le Tell méridionale est constitué par une série de massifs qui forment les monts du Tessala, de Sabaâ Echioukh, et les monts d'Ouled Ali et Beni Chograne. Ces massifs montagneux, constitués en majorité d'épaisses séries carbonatées du paléozoïque, marquent la limite méridionale des nappes tellienne.
- Plus au, en bordure des hauts plateaux, les calcaires et dolomies du Lias et Malm, forment les monts de Tlemcen, les monts Daïa et les monts de Saïda.

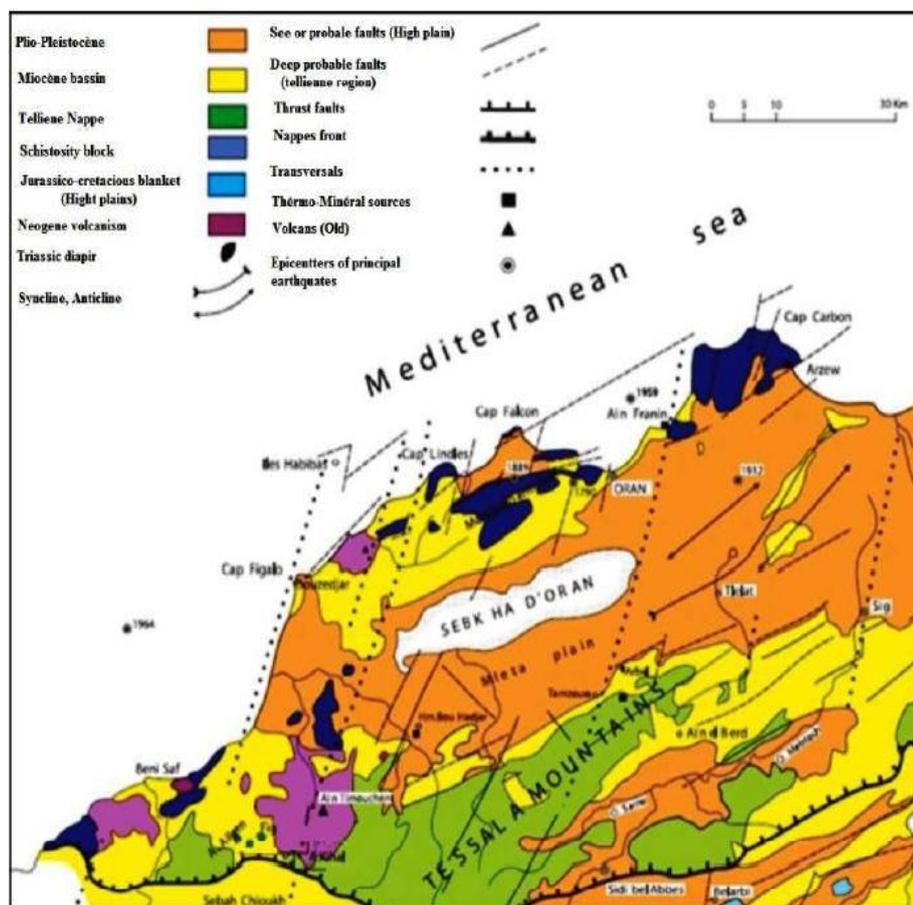


Fig.6- Extrait de la carte géologique et structurale de l'Oranie (FENET, 1975)

5.2 Les formations géologiques de la région d’Oran

La coupe synthétique illustrée ci-dessous Fig.7, présente les séries sédimentaires de la dépression Sud littorale, comme étant formées essentiellement de limons, de grés et conglomérats roux avec intercalations de marnes, de calcaires et parfois d’évaporites.

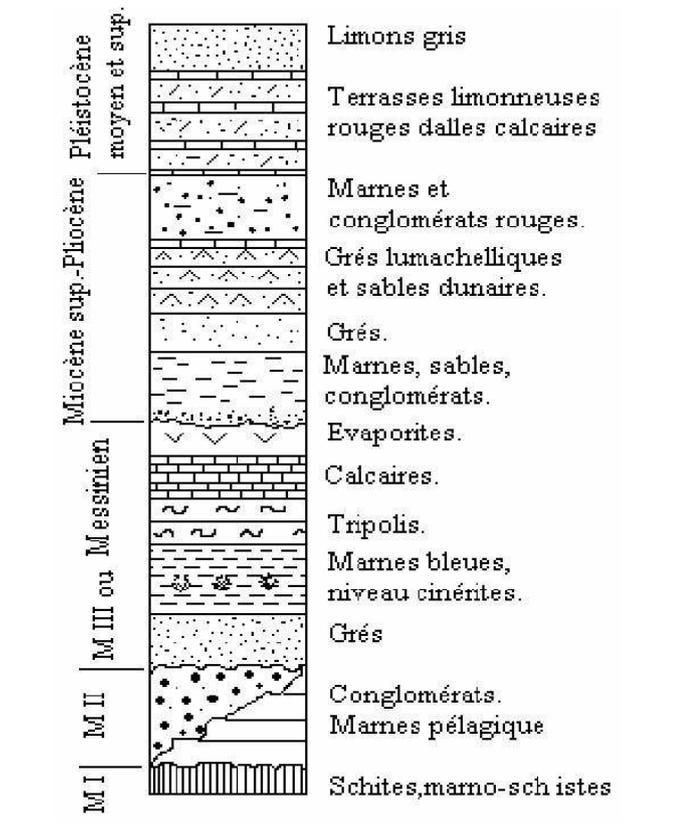


Fig.7- Colonne stratigraphique synthétique du la région d’Oran (Hassani, 1987)

MI :Miocène ante ou synchro nappes - MII, III : Miocène 1^{er} et 2^{ème} cycle

Vers la partie médiane de cette formation, se développe un niveau de cinérites à biotites de 5 à 10 m d’épaisseur .Cette série est plus développée à l’Est de la Sebka d’Oran. Sous la formation détritique de base, se trouvent les formations Jurassique-Crétacée à faciés essentiellement schisteux et Schisto-Marneux. Ces formations constituent en grande partie le substratum des massifs qui encadrent la dépression de la Sebka d’Oran, des épisodes volcanique postérieure a la mise en place des nappes telliennes. Sont apparus au niveau du littoral et dans les régions de Tafraoui et d’Ain Témouchent. Une des caractéristiques géologiques majeures de l’Oranie est l’abondance de niveaux salifère.

6 Cadre sismotectonique

Le littoral Oranais s'inscrit dans un contexte sismotectonique instable. Les données des enregistrements sismiques, l'enchaînement de leurs épicentres à l'échelle régionale ainsi que les réseaux conjugués de la fracturation indiquent l'existence d'une néotectonique active.

D'après les données historiques concernant les tremblements de terre, la région d'Oran a subi une importante secousse tellurique de magnitude inférieure à 6.5 à l'échelle de Richter, ce séisme a ravagé plus de 3000 victimes avec de sérieux dégâts. [CHEHIBI .O & GUERROUDJ .Y ,2014]

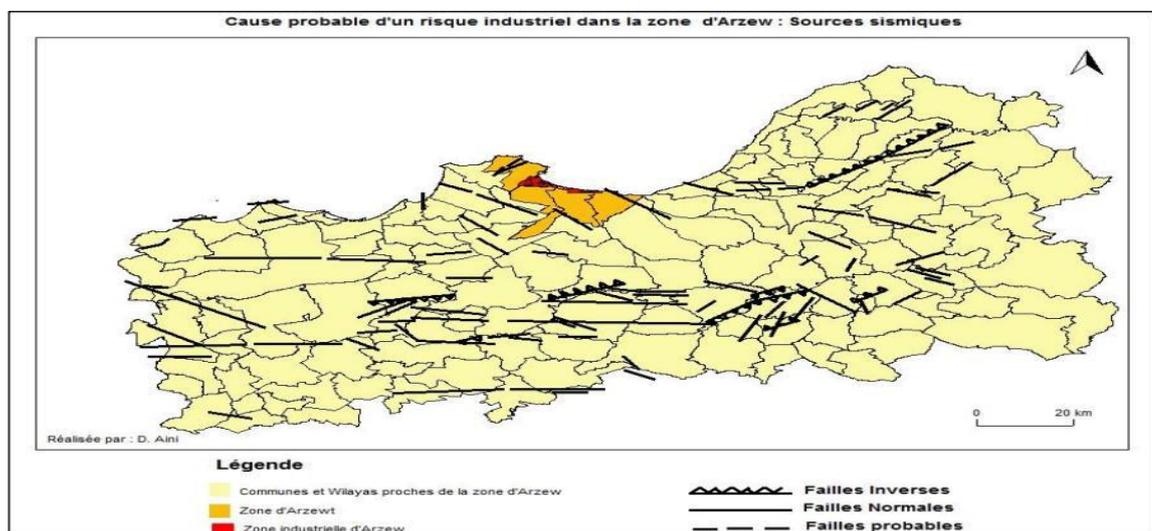


Fig.8- sources sismiques proches de la zone d'Arzew [in Aini.D, 2011]

6.1 Séismicité historique de l'Algérie du Nord

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'aléa sismique n'y est pas régulier 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, 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

Chapitre I : Considérations générales

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 épicentre 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. BENABDELLAH.M (2011)

6.2. Séismicité historique de l'Oranie

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 (Tableau n°1). Les autres sont d'intensité modérée.

Rcf	Date	Coordonnées	I	M	Localisation	Nombre de Victimes
Roussel1973 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	35.7N/0.6W	VI		Oran	0
Kamik. 1971	26/07/ 1861	35.4N/0.1 ^E	VII		Oran	-0
(Mokrane et al. 1994 ; (Benouar.1994).	1889	35.8N/0.8W	VII	4.6	Oran	0
Kamik, 1969	02/02/ 1910	36.4N/2.8 ^E	VII		Oran	0
(Mokrane et al. 1994 ;(Benouar, 1994)	1949	35.7N/0.7W	V	4.1	Oran	0
Mortgat et al, 1978	08/01/ 1913	36.7N/0.1E	VII		Oran	0
Benahallou ct roussel,1971	12/12/ 1959	36.5N/2.7 ^E	VII		Oran	0
(Mokrane et al. 1994 Benouar.1994.).	1975	35.64N/0.7 2W	IV	3.2	Oran	0

Tableau 1- principaux séismes historiques de l'Oranie (i > iv)

Chapitre I : Considérations générales

- **Le séisme du 09 octobre 1790 (11H, 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. Les récits indiquent que presque toutes les maisons furent démolies causant la mort de près de trois mille victimes. L'ensemble des édifices publics

(palais de la casbah, la Trésorier, l'intendance, la caserne du régiment des Asturies et les églises) s'écroula. Les rates habitations encore debout furent évacuées et la population invitée à s'établir sur les hauteurs de la ville. En même temps, des mesures vigoureuses furent prises pour défendre la ville contre les pillards.

Les effets les plus désastreux constatés furent enregistrés dans la dépression située entre la base du Murdjadjo et la colline sur laquelle s'élève le château neuf ; par contre le château Neuf, les forts de Santa Cruz et de Saint Grégory ne paraissent pas avoir trop souffert du ca e.taclysm

- **Le séisme du 29 Juillet 1872 (8H 15', 35°9N, 0°1E)**

Plusieurs maisons furent lézardées à Mostaganem. Cette secousse fut ressentie d'Oran jusqu' à Alger.

- **Le séisme du 21 Mai 1889 (4H 15', 35°7N, 0°8W)**

Se produisant à Oran, ce séisme ayant provoqué le réveil général des habitants fut senti en mer (sur le navire Issac Péreire ancré dans le port de Mers El Kebir), à Sidi C'hahmi et a Tlélat.

Quelques maisons furent lézardées, des cheminées détruites et la caserne de la douane très éprouvée.

- **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.

Chapitre I : Considérations générales

- **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=VD ; Oran, Saint Louis, Saint Denis de Sig, Mangin (I=1 V) ; 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°1 N, 0°7W, H=03H. 00,4

- **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.

- **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 cote au large d'Oran (fig.8). 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.

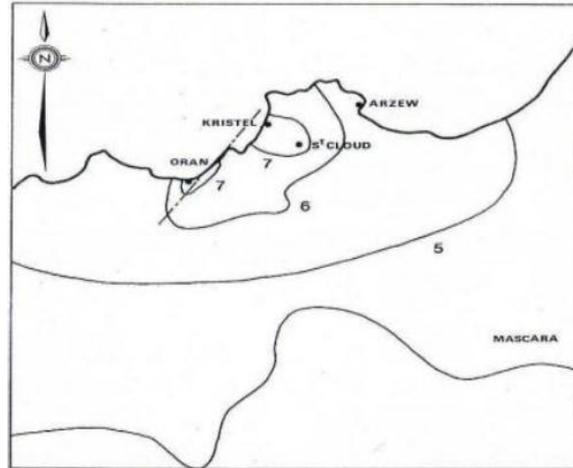


Fig. 9- Extrait de la carte isoséiste du séisme du 12/12/1959 BENABDELLAH.M (2011)

6.3. Gestion du risque sismique urbain

Il existe plusieurs plans de gestion de la catastrophe et plan d'action.

- **Plan de gestion de la catastrophe**

Il doit être préparé en se basant sur les analyses techniques et les évaluations. Dans une étude complète, il doit contenir les aspects suivants :

- Le plan de développement urbain ;
- Le plan d'amélioration de structures urbaines existantes telles que le renforcement des bâtiments vulnérables et des infrastructures ;
- Les espaces verts et les routes de secours ainsi que les aires d'évacuation ;
- L'organisation des secours ; Les mesures prises pour les structures importantes
- L'information et l'entraînement du public (simulation à l'échelle de la ville).

- **Le plan d'action**

Sur la base du scénario « Catastrophe sismique » et en tenant compte du plan de développement de la ville, un plan d'action sera proposé. Il donnera la priorité aux actions nécessaires (technique, organisationnelles, informatives, préventives, préparatoires) de sorte qu'elles soient rapidement appliquées. Les priorités doivent être mentionnées dans un rapport spécial avec des tableaux et des délais.

Chapitre I : Considérations générales

. Les étapes de la gestion.

Tableau Etapes dans la gestion du risque sismique

Etapes	Actions engagées
Avant le phénomène sismique	Prévention en généralisant les études de vulnérabilité et les actions de réduction du risque sismique. Surcharge logistique ;
Pendant le phénomène sismique	Elaboration d'un plan de secours avec tous les secteurs concernés ;
Après le phénomène sismique	Installation de la population touchée dans des lieux adéquats provisoires ; déblayage des lieux du désastre ; Reconstruction

Tableau.2- Etapes dans la gestion du risque sismique (BELAZOUGUI et a], 2001)

7. Relation entre les structures à terre et en mer

Au Nord de l'Algérie, la bande côtière est jalonnée, sur une largeur d'environ 100 km, de Structures actives a terre, près de la côte, dans la région d'Oran, la présence, sous les sédiments récents, d'accidents décrochant E-W, non cartés en surface, a été soupçonnée (Thomas, 1976). L'étude du chevelu hydrographique traversant la région d'Oran a pu les mettre en évidence. Au Sud de l'Oranie (région d'Ain Témouchent, Mascara et Chlef), on relève l'existence d'une Série d'anticlinaux et d'accidents chevauchants de direction typiquement tellienne (SW-NE à WSW-ENE). Entre ces structures et le littoral oranais, la Sebkhia d'Oran (bassin néogène post nappes) S'insère suivant un allongement également orienté WSW-ENE et se poursuit à l'Est par le bassin de Habra. En conséquence, les structures actives, à terre, sont principalement des-plis failles de direction ENE-WS et à pendage N-W (fig.10) [BENADBELLAH .M, 2011]

Chapitre I : Considérations générales

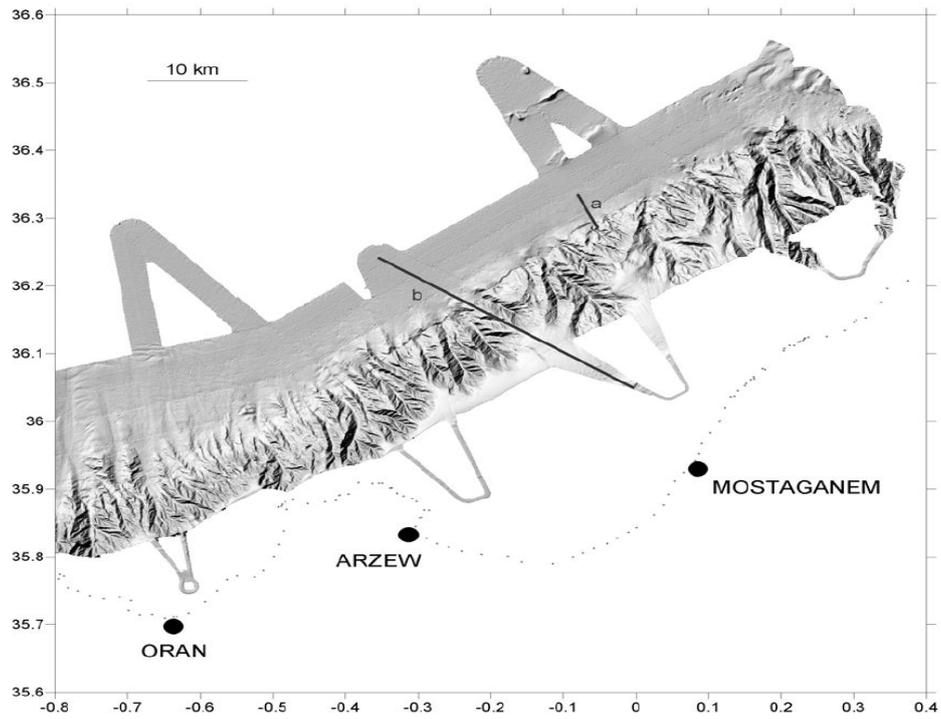


Fig. 10 – MNT comportant des linéaments, au large de Mostaganem [Domzig, 2006]

Chapitre II : Géologie et hydrogéologie du site

Chapitre II : Géologie et hydrogéologie du site

1. Introduction

D'Oran à Ténès, aucune trace certaine de déformation compressive active en pied de pente n'est visible. On note uniquement la présence d'un débris flow et de petites vagues sédimentaires, probablement d'origine hydrodynamique. La présence de débris flow pourrait être attribuée à des séismes récurrents.

Contrairement à ce que Mauffret a proposé en 2007, il ne semble pas y avoir de décrochement En pied de pente dans tout le secteur s'étalant d'Oran jusqu'au large d'El Marsa (NE de Mostaganem): aucune structure tectonique importante et actuellement active n'y est Présent. Cependant la présence de structures décrochantes, présentement peu ou pas actives, n'est pas à exclure.

Dans la pente au large de Mostaganem, des linéaments ont été identifiés. L'examen des profils perpendiculaires à la pente, révèle que le socle acoustique est affecté par de nombreuses fractures, relativement verticales. Ces fractures ne semblent plus actives actuellement car les sédiments qui les recouvrent n'ont apparemment pas subi de perturbation ou de basculement. Il s'agirait, d'après [Domzig *et al.*, 2006], de reliques de la zone transformant qui a permis la migration, au Miocène, du bloc Alboran vers l'Ouest, non actives dans le champ de contraintes actuel. C'est une marge rectiligne et abrupte sur plus de 100 km sur la pente à l'Est d'Oran. En conclusion, nous pouvons dire que la marge ouest-algérienne (de la frontière marocaine jusqu'à l'Est de Ténès), caractérisée par de très fortes pentes (16°), présente peu de failles actives. Ces dernières sont, à l'W d'Oran, principalement des failles décrochantes dextres avec cependant une sismicité rare à modérée.

2. Contexte géologique au droit du site

En se référant à la carte géologique d'Oran (figure.11). La région d'étude est constituée par un substratum d'âge miocène supérieur recouvert par des terrains quaternaires marine et continentaux. Le substratum miocène (m') correspond à des marnes bleues à grisâtres. Des marno-calcaires blancs avec des diatomites. La couverture quaternaire est constituée par des dépôts lumacheliques marine (q^{1m}) et des dunes consolidées (q^{1d}) drapés par des carapaces calcaires plus ou moins encroutées au sommet (q^c).

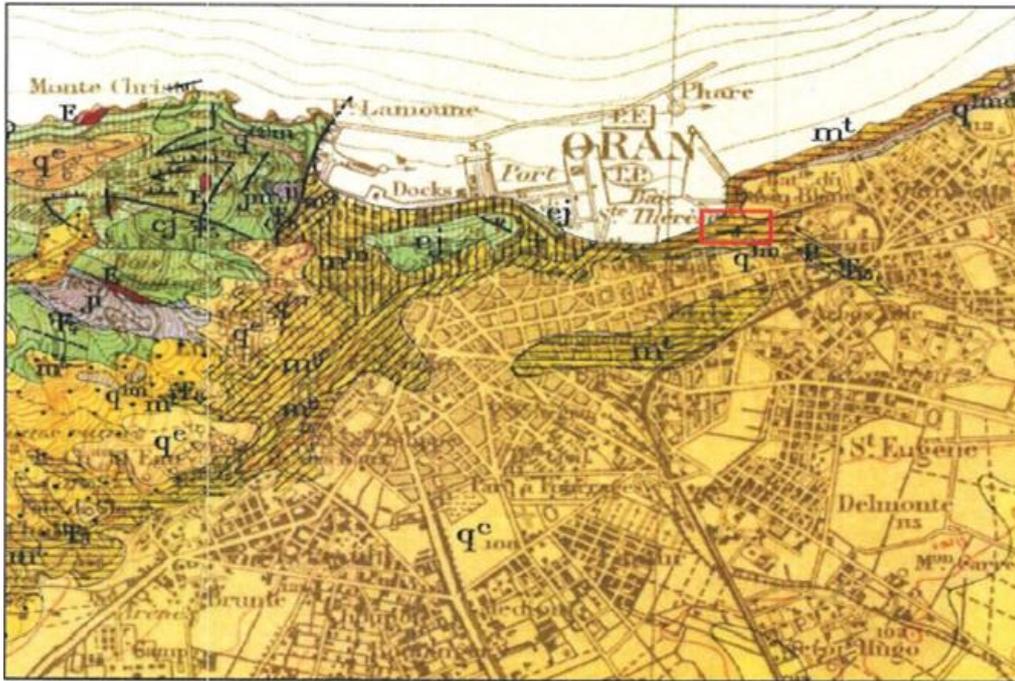


Fig. 11- Extrait de la carte géologique d'Oran (1/50.000)

2.1 Les sondages de reconnaissance de ravin blanc

Salon les coupes des sondages (SP01 et SP02) il a été constaté que le secteur objet de cette étude est constitué par des marnas d'âge Miocène montrant une évolution de faciès de bas en haut comme suit :

- Des marnas verdâtre devenant grisâtre an profondeur de couleur foncées compactes à très compactes.
- Des marnes verdâtres compactes parsemées par des Lentilles de sables très fin
- Des marnes diatomiques plus an moins blanchâtre.

Cette formation géologique marneuse est surmontée par un remblai anthropique d'épaisseur variable latéralement (10.0m dans le SP.01 et environ 4.0m dans le SP.02). Il est constitué par un mélange de matériaux composé par des galets et des gravies hétérogéniques (de nature lithologique variable) et hétérométriques (de taille variable) ; des argiles sableuse et des sables.

Enfin, Le remblai est surmonté par un corps de chaussé (environ 2 m d'épaisseur) forme par des graviers sableux (figure.12).

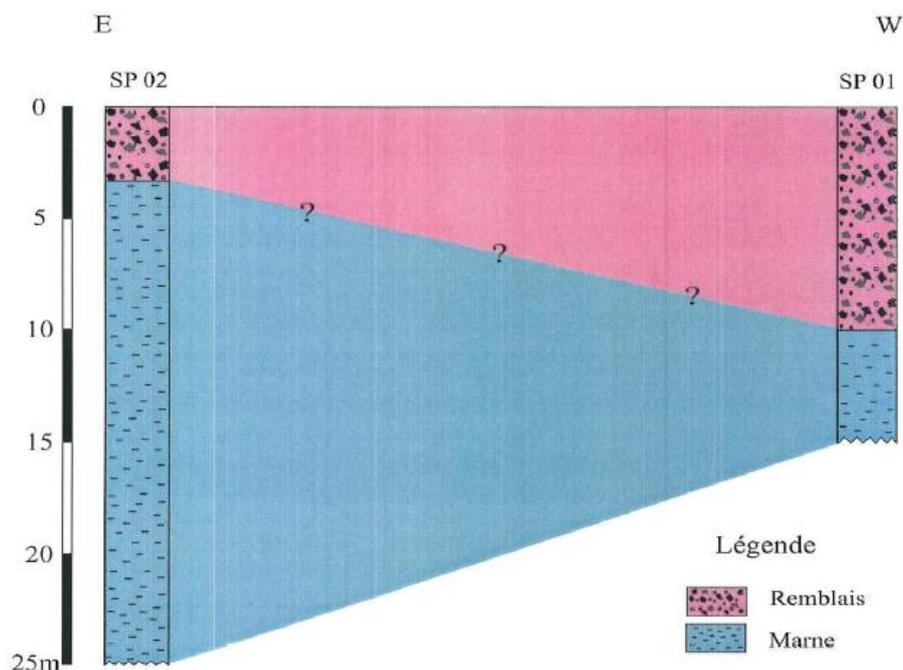


Fig. 12 - Coupes géologiques approximative du terrain

2.2 Série du ravin blanc

La série complète est reconstituée au niveau de la falaise du ravin blanc (Mansour H, 1989) ou on distingue une formation Grés-Calcaire attribuée au calabrien, souvent fissurée, reposant en discordance sur un substratum représenté par des marnes a tripolis du Miocène Supérieur (figure.13). Dans dunes consolidées à stratifications entrecroisées à l'holocène, viennent recouvrir la formation Grés-Calcaire. Les formations géologiques du Tertiaire, Marnes, Calcaires et Grés offrent de bonnes possibilités aquifères, particulièrement au droit du ravin blanc [Benabdellah M, 2010] On distinguera :

- Les Calcaires fissurés du Miocène constituent 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 blues du Miocène tantôt les Marnes a tripolis comme substratum imperméable.

Chapitre II : Géologie et hydrogéologie du site

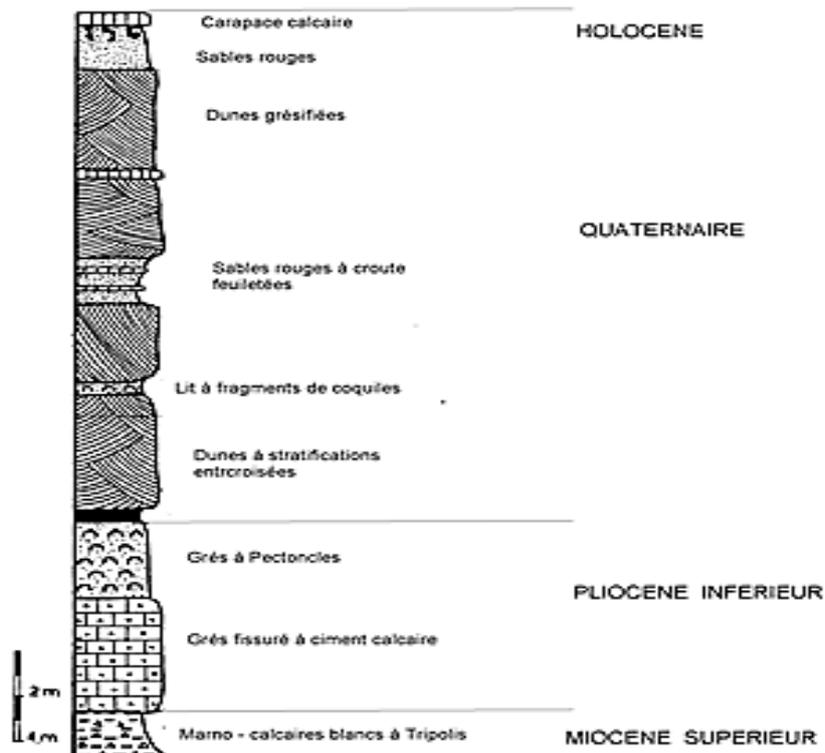


Fig. 13 - Coupe géologique du ravin blanc (Mansour H, 1989)

Il s'agit de la description des causes hydrogéologiques et leurs conséquences dans l'agglomération et de la périphérie d'Oran et qui se traduisent par divers accidents de terrain.

3. Contexte hydrogéologique du site

3.1 Cartographie 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. Les eaux infiltrées dans les formations pliocènes, s'écoulent selon 03 directions principales, mettant évidence 03 bassins hydrogéologiques (fig. 14) :

- Bassin hydrogéologique de Ras El Ain au Nord Ouest,
- Bassin hydrogéologique de Daïat Morcely au Sud,
- Bassin hydrogéologique au Nord Est comprenant 02 sous bassins hydrogéologiques:

Chapitre II : Géologie et hydrogéologie du site

Le sous bassin hydrogéologique matérialisé par un axe drainage alimentant vers l'Est la région de Canastel et le 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.

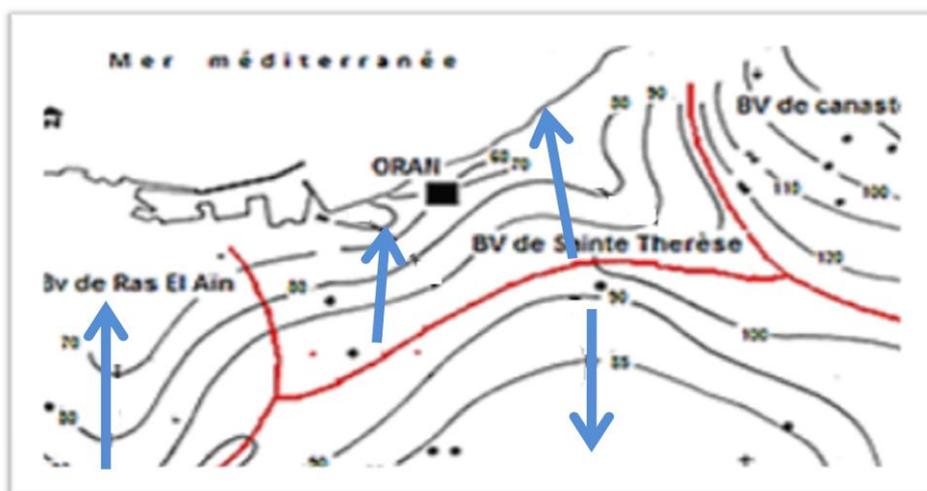


Fig.14 - Cartographie des eaux souterraines du plateau d'Oran (Mansour et al, 2009)

3.2 Hydrochimie de la nappe du ravin blanc

Lors de la campagne piézométrique, un prélèvement de 08 échantillons pour d'analyses. Le tableau 3 ci-dessous présente les résultats des analyses des principaux éléments majeurs.

N°	X	Y	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	CO3H	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	2800

Tableau 3 - Résultat des analyses des principaux éléments majeurs

Chapitre II : Géologie et hydrogéologie du site

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 (3, 5,6 et 8) présentent de fortes 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).

4. Paléo hydrographie de la frange maritime d'Oran

Afin de mieux comprendre l'origine des mouvements su sous-sol (affaissements, 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 paléo hydrographie et ce avant l'édification de cette grande métropole. L'analyse morpho-métrique de la frange littorale fait ressortir deux bassins versants séparés par une limite hydrogéologique représentée par l'unité géologique Jurrassico- Crétacé faisant office de ligne de partage des eaux qui s'étend depuis l'entrée actuelle du port jusqu'aux hauteurs de la vile d'Oran.

- Bassin versant de Ras El AïN, drainé par l'Oued Rebhi et ayant pour exutoire une émergence dont le débit actuel oscille autour de 60 l/s.
- Bassin versant de la baie de Saint Thérèse : comprend quatre ravins d'Est en Ouest.

Chapitre II : Géologie et hydrogéologie du site

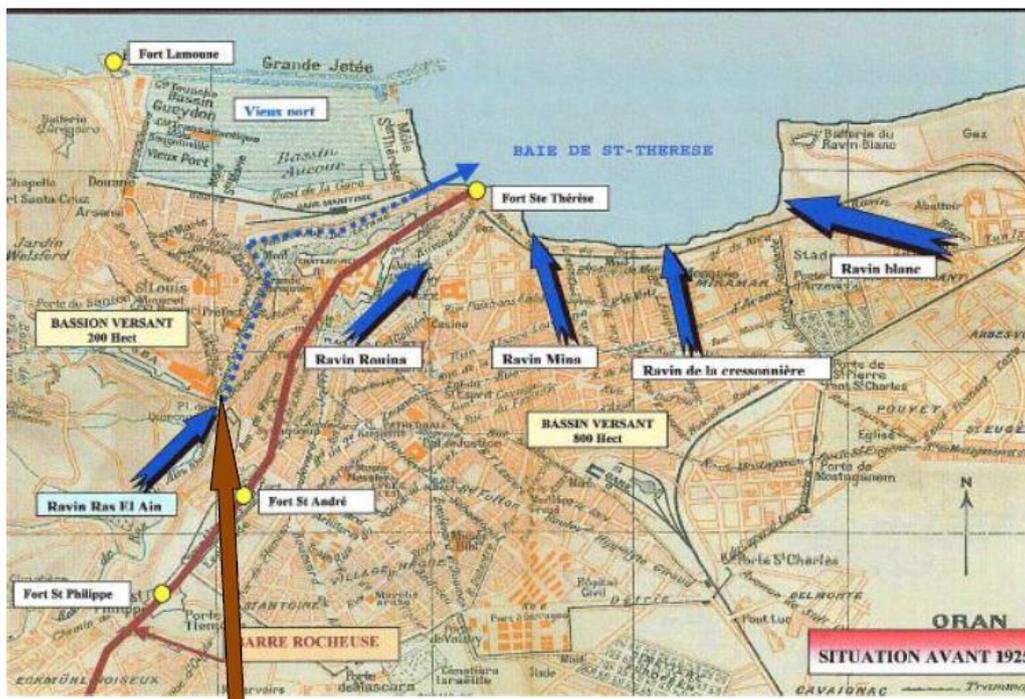


Fig. 15 - Reconstitution de la Paléohydrographie du versant Nord d'Oran (Somatre, 2005)

5. Le bassin versant de 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 rependant 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, Reconnaissance et Expertises (2005) se compose en fait de deux parties (fig.16).

- La première partie retire 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 Carteaux 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.

Chapitre II : Géologie et hydrogéologie du site

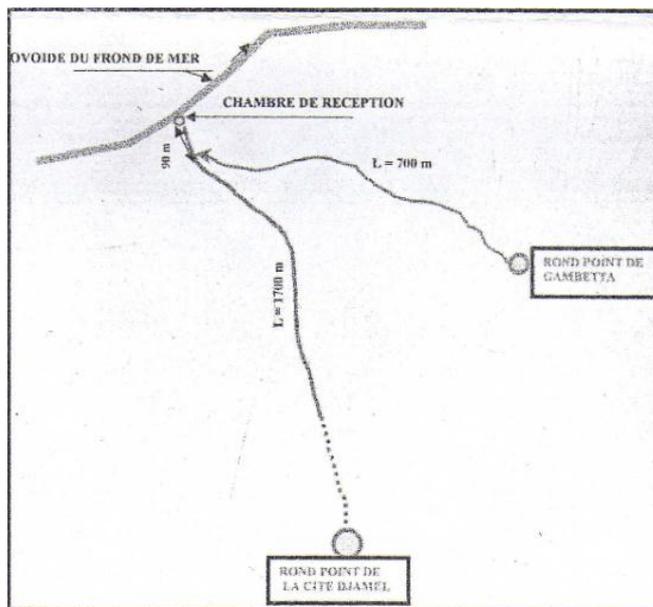


Fig. 16- Système de drainage du ravin blanc

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.

6. Conclusion

Après une étude théorique sur les différents types de cavités et leurs risques, nous avons un exemple pratique observé dans l'agglomération d'Oran et sa périphérie : l'hydrogéologie a donc une conséquence directe sur les perturbations du sous-sol impliquant alors divers accidents de terrains, affaissements, glissements, etc... Sur la frange maritime, le phénomène de désagrégation mécanique et chimique conjugué à la variation de perméabilité des couches conduit donc à des effondrements et chutes de blocs.

Chapitre III : Les risques liés aux affaissements

1. Notion générale sur les Risques

1.1. Risques et aléas

Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité. Cette équation montre qu'un même risque peut correspondre à un aléa fort et une vulnérabilité faible, un aléa moyen et une vulnérabilité moyenne, ou un aléa faible et une vulnérabilité forte (fig.1).

L'Aléa est la probabilité d'occurrence d'un phénomène donné. On parle toujours d'un aléa pour un phénomène et une durée donnés (aléa volcanique, aléa sismique, aléa mouvement de terrain, aléa inondation).

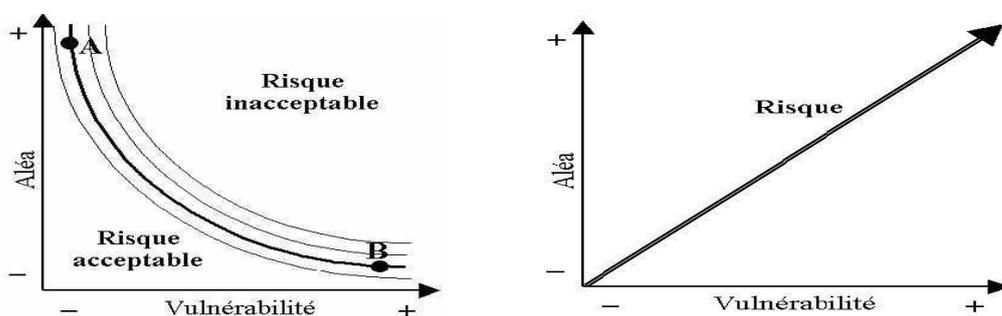


Fig. 17- Représentation du risque en fonction de l'aléa et de la vulnérabilité.

La notion de risque correspond à la possibilité de survenance d'un évènement susceptible de porter atteinte à l'équilibre naturel (fig.18 a). Le risque résulte de la conjonction d'un **aléa** et des **enjeux** en présence.



Fig.18 a- Le risque

Les enjeux vont concerner les personnes, les biens, les équipements et l'environnement menacés par l'aléa et susceptibles de subir des préjudices (fig.18 b). Étroitement associée à la notion d'enjeux, la vulnérabilité mesure les conséquences dommageables de l'évènement sur les enjeux.

Chapitre III : Les risques liés aux affaissements

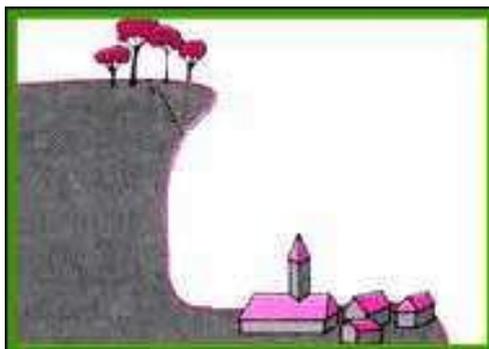


Fig.18 b - Les enjeux

1.2 Carte L'Aléa

Elle permet d'identifier, la fréquence, la probabilité d'occurrence, la force et l'endroit d'aléa (fig.19) de magnitude et de durée variée présentant une menace pour les personnes, les propriétés, l'infrastructure et les activités économiques. L'évaluation des aléas implique l'analyse des témoignages historiques formels ou informel, et une interprétation qualifiée de la carte topographique, géologique, géomorphologique, hydrologique existantes.

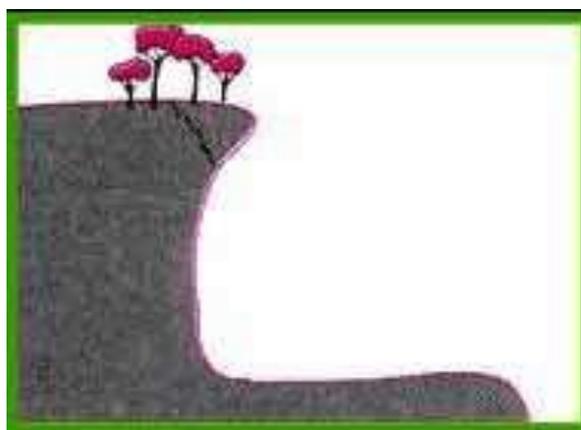


Fig. 19 - Exemple d'aléa

Les aléas sont déclinées par nature (inondation, mouvements de terrain, tsunamis, séisme) et par niveau (aléa fort, moyen, faible). Pour chaque niveau d'aléa, la traduction dans le règlement, en terme de possibilité de construction et d'aménagement est la même, quelle que soit la nature de l'aléa (aléa fort : constructibilité sauf exception, aléa moyen : constructibilité avec prescription, aléa faible et nul a faible : constructibilité dans le respect des règle de l'art et de disposition autres en matière de construction et d'aménagement).

1.3 Plan général d'aménagement, Vulnérabilité et plan de zonage réglementaire

1.3.1 Plan général d'aménagement

Il est obtenu en regroupant les zones élémentaires du plan général d'aménagement (PGA) en quelques classes d'enjeux : zone urbaine, zone d'extension urbaine, zone d'habitat dispersé, zone industrielle d'activité et d'équipement, zone agricole, zone naturelle à protéger. Dans l'hypothèse où le PGA ne serait pas disponible, une carte de même nature mais plus sommaire et moins précise serait établie à partir des données cartographiques et de celles relevées sur le terrain. Les enjeux ponctuels (poste de secours, les hôpitaux...) sont signalés sur la carte des enjeux. Ils n'interviennent pas dans la définition du plan de zonage.

1.3.2. Vulnérabilité

La vulnérabilité, au sens large du terme, exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène sur les enjeux. Les enjeux sont les domaines affectés par le risque : les hommes, leurs biens et les milieux dans lesquels ils vivent. Cette palette des enjeux varie suivant la nature de l'aléa. Ainsi, lors d'une invasion acridienne, l'habitat n'est pas un enjeu tandis que c'est un enjeu primordial lors d'un séisme. Pour chaque enjeu reconnu, une évaluation des dommages est établie en fonction des niveaux d'aléa. Les enjeux peuvent évidemment être décomposés plus ou moins précisément.

1.3.3. Plan de zonage réglementaire

Le plan de zonage réglementaire est le résultat des différentes combinaisons possibles entre cartes d'aléa et zonage des enjeux (Fig.20).

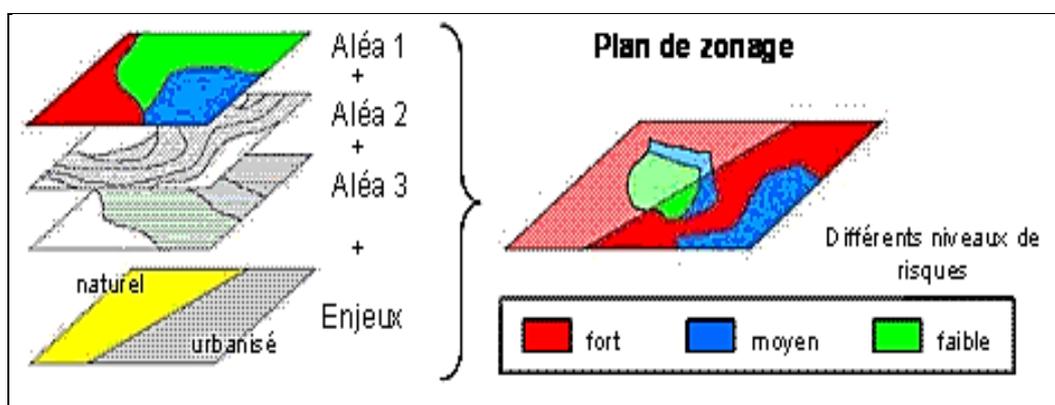


Fig. 20 - Plan de zonage réglementaire

Chapitre III : Les risques liés aux affaissements

1.4 Risque hydrogéologique en zone urbaine

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 terrain rencontrés 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 des cavités souterraines. Il peut s'agir des cavités souterraines naturelles générées par la dissolution de formations géologiques (carbonates ou gypses) ou artificielles (carrières et ouvrage souterraines). Ces anomalies peuvent entraîner l'effondrement du toit de la cavité et provoquer en surface une dépression généralement de forme circulaire.

1.5. Les catastrophes et risques en milieu urbain et périurbain

La croissance urbaine a des effets bien reconnus sur la genèse des risques. En effet, la ville, lieu de regroupement dense de population. Présente une vulnérabilité par rapport au risque en cas de risque entropique (violences urbaines) ou naturel (séisme). Le meilleur exemple est la catastrophe naturelle qui a touché Bab El Oued : les coulées de boue qui ont envahi le quartier ont entraîné une baisse des capacités d'infiltration des eaux de pluie occasionnant par là même des dommages aux canalisations. Celles-ci obstruées par les particules transportées par la boue, ont alors conduit à son inondation par les pluies.

L'accroissement de la vulnérabilité en milieu urbain ou périurbain s'explique par la croissance parfois rapide de la ville ce qui ne permet pas toujours la mise en place d'une politique de gestion optimale. Certains nouveaux quartiers se développent alors dans des zones peu ou mal protégées suite à une forte pression urbaine. A contrario, des zones de ville, pourtant jusque là. À l'abri, se trouvent parfois soumises à des risques dus à des perturbations alentours rendant les espaces plus vulnérables. Les effets de la concentration et de la densité urbaine augmentent donc la vulnérabilité. De même. La contiguïté accélère le phénomène de diffusion.

Chapitre III : Les risques liés aux affaissements

1.6 Évaluation des risques dans la ville Algérienne

L'acte de construire, a de tout temps comporté des risques, dont la responsabilité partagée, a donné lieu à l'élaboration de normes soumises à une réglementation spécifique, aux dangers mis en cause. Il incombe pour une part aux concepteurs, architectes et ingénieurs dont le projet d'exécution est examiné par un ensemble de spécialistes institutionnalisés, pour le contrôle de la conformité aux règles établies.

En théorie, le risque dans la construction est présenté à deux niveaux de conception articulant les échelles architecturales et urbanistiques. S'agissant du littoral méditerranéen, certaines de ses caractéristiques mènent à considérer les dommages relatifs à l'eau (assainissement, zone inondable, ruissellement, nappe phréatique) et aux séismes, nécessitant des procédés appropriés d'aménagement et de prévention. Mais, si à l'égard de l'eau, l'histoire nous apprend que des savoir-faire collectifs ont été développés. Depuis, les architectes sont de plus en plus nombreux à s'exprimer pour reconquérir leur rôle de maîtres d'œuvre. L'Ordre des architectes naît en 1995 et annonce ses objectifs pour une meilleure définition des problèmes intégrant de nouvelles procédures, dans l'organisation de l'espace urbain. L'idée en est que la ville étant le produit d'accumulation d'efforts collectifs.

A cet effet, des lois et règlements donnent une assise juridique définissant les relations entre les différents acteurs. Mais une des causes du problème en Algérie, qui dispose pourtant d'une réglementation appropriée, est que «l'application des études de vulnérabilité à l'occupation du sol s'est heurtée bien souvent au refus de changement qu'opposent certains individus par leur méconnaissance du risque. Il a fallu la double tragédie de l'inondation de Bab el Oued en 2001 et du séisme de Boumerdes-Alger en 2003, pour que la considération du risque devienne une préoccupation centrale dans les discours. Bien que le danger soit latent, ces situations ont révélé la nature des insuffisances dans le processus d'urbanisation.

2. Les affaissements et la fissuration

2.1 Les affaissements au niveau du ravin blanc

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 peuvent être identifiées :

Chapitre III : Les risques liés aux affaissements

- 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 1er novembre) pour ne citer que ceux la, 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. 21), 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.21 - Localisation cartographique des glissements de terrain à Oran centre

Chapitre III : Les risques liés aux affaissements

Un glissement de terrain dernièrement (fig.22), endommageant une partie de la route du port d'Oran et causant des perturbations dans la circulation automobile, a-t-on constaté. L'incident est localisé au-dessous du pont Ahmed Zabana et au niveau de la voie venant de la corniche oranaise et du port d'Oran. La circulation automobile, interrompue dans les deux sens, a été provisoirement déviée vers le rond-point du lycée Lotfi, au centre-ville. Des responsables des directions locales des travaux publics et des ressources en eau se sont déplacés sur place pour constater les dégâts. Ils se sont, toutefois, abstenus de se prononcer sur cet affaissement, soulignant qu'une enquête sera ouverte pour déterminer les causes exactes de cet incident.



Fig.22- Affaissement de terrain la Rue Dauphine (Gambetta) non loin du ravin blanc

2.2 Fissuration de l'infrastructure routière (route à conteneurs du port)

La 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 (fig.23).

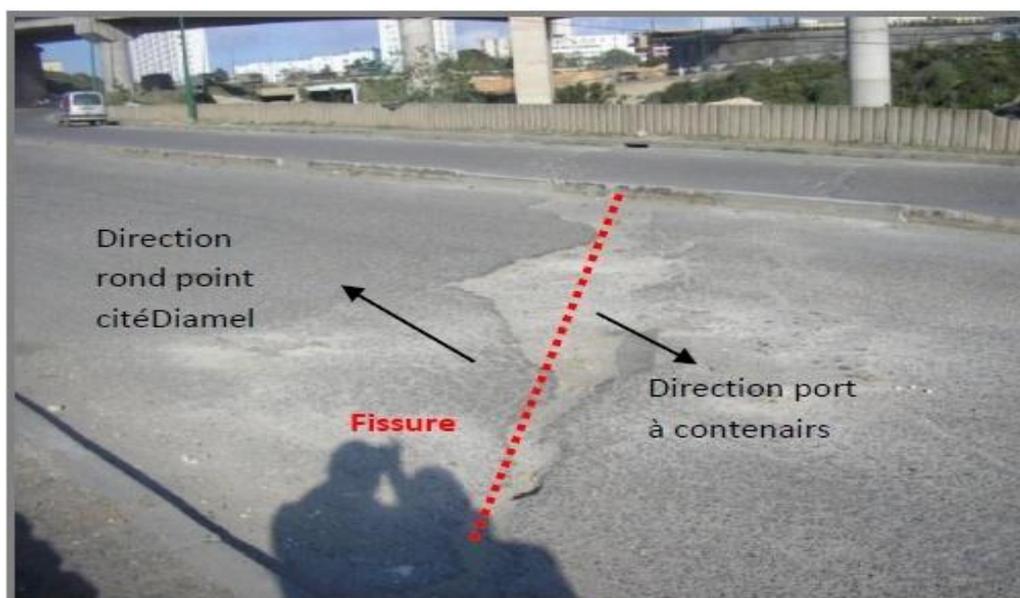


Fig.23 - Fissure affectant la chaussée menant au port à conteneurs

Il est à rappeler que lors des travaux de réalisation par la SEOR 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 . Les deux fissures (fig.23) sont apparues systématiquement par rapport à l'axe du ravin autrement dit sur les remblais des ouvrages réalisés sur les deux rives.

2.3 Fissuration de la route du pont Zabana

A la suite des travaux de la société de promotion immobilière "EDEN" une importante ouverture de sol visible en surface est apparue sur quelques mètres le long de la chaussée, ainsi que des traces longitudinales de fissuration du bitume (fig.24, photo n° 1, 2). 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. 24- Fissuration d'un tronçon de l'avenue débouchant sur le pont Zabana

2.4 Fissuration du Boulevard Hamou boutlelis

Au mois d'aout 2006, le prolongement du boulevard Hamou Boutlelis, menant vers la rue Larbi Ben Mhidi ,a été fermé provisoirement pour cause de chaussée endommagée une fissure de plusieurs mètres de long (fig.25). 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 risque d'aggraver la situation en charriant tout le soubassement de ce terrain jouxtant le palais de la culture et des arts (fig.25). 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 Karguta) et a demandé au laboratoire des travaux publics d'Oran (LTPO) de procéder à l'analyse du sol.



Fig.25- chaussée endommagée par une fissure de plusieurs mètres

**Chapitre IV : Apport du
Géoradar à la résolution aux
problèmes des risques
urbains**

1. Introduction

Le Géoradar (GPR ou grounds penetrating radar) est l'une des méthodes géophysiques les plus récentes et les moins coûteuses. C'est une méthode qui est souvent appliquée en milieu urbain particulièrement, du fait de sa rapidité d'exécution et pour la qualité des informations pour des cibles contenues dans le sous-sol. Cette technique permet l'investigation jusqu'aux premières dizaines de mètres sous la surface. En hydrogéologie, le GPR est employé pour localiser des zones fracturées, des cavités souterraines, des zones karstiques. En secteur urbain, il permet de détecter les canalisations enterrées. Nous l'illustrons ci-après par quelques exemples.

2. Principe du géoradar

Cette technique, que les ingénieurs préoccupés par les problèmes de subsurface rangent dans la rubrique du « contrôle non destructif CND », est basée sur l'utilisation des ondes électromagnétiques de hautes fréquences comprises entre 10 MHz et 1 GHz, pour mettre en évidence des contrastes de constante diélectrique. Les ondes sont émises dans le sol, lorsqu'elles rencontrent des réflecteurs (structures géologiques, alternances de roches de propriétés diélectriques différentes, canalisations) une partie des ondes se réfléchit vers la surface ou elles sont captées et enregistrées par une antenne de réception (fig.26).

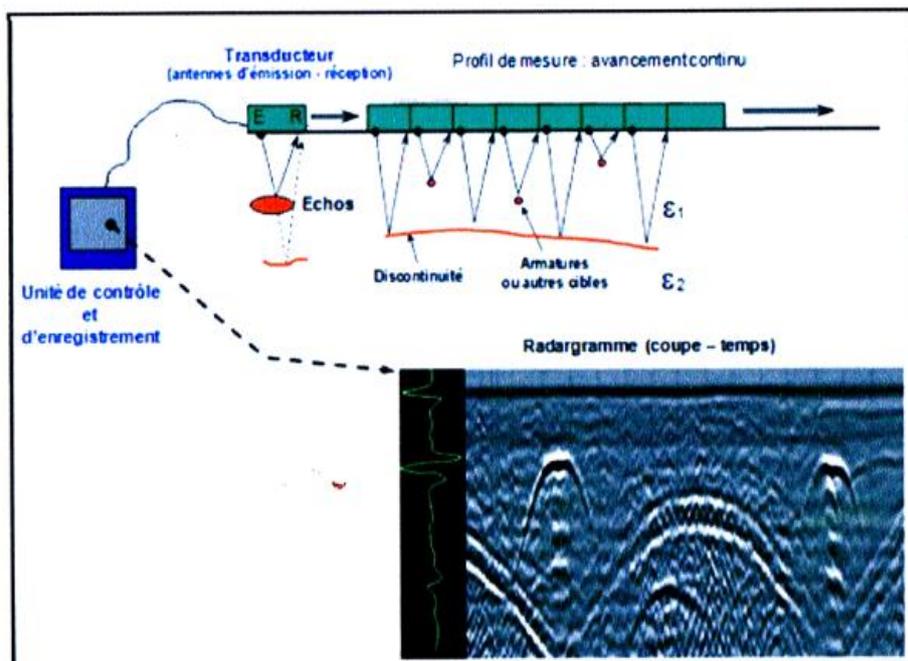


Fig.26 - Schéma de principe du Géoradar

3. Profondeur de pénétration

La profondeur est celle à laquelle l'amplitude du signal du champ électromagnétique est réduite de $1/e$, par rapport à sa valeur initiale de surface ($e = 2.78$). L'atténuation des ondes est définie par : $a = 1.69 \sigma / \epsilon'^{1/2}$

Matériel	Constante diélectrique ϵ'	Conductivité δ (mS/m)	Vitesse V (m/ns)	Atténuation α (dB/m)
Air	1	0	0.3	0
Eau douce	80	0.5	0.033	0.1
Eau salée	80	30.000	0.01	1000
Sable sec	3-5	0.01	0.15	0.01
Sable humide	20-30	0.1-1.0	0.06	0.03-0.3
Calcaire	4-8	0.5-2.0	0.12	0.4-1.0
Marnes	5-15	1-100	0.09	1-100
Argiles	5-40	2-1000	0.06	1-300
Granite	4-6	0.01-10	0.13	0.01-1.0

Tableau 4- Paramètres physiques de certains matériaux (Davis et Annan, 1989)

Il en découle que les couches géologiques humides et de basses résistivités constituent un écran pour la propagation des ondes radar.

4. Utilisation du géoradar pour la détection de réseaux de canalisations enterrées

Un autre exemple important d'application du géoradar a concerné la détection des canalisations enterrées en zone urbaine. En effet dans le cas des grands travaux d'aménagement, il est nécessaire de rétablir une cartographie des réseaux dont les plans s'ils existent peuvent ne pas correspondre à la réalité. Ainsi une étude expérimentale a été entamée pour le problème spécifique de branchements d'eau illicites. Dans ce cas il a été utilisé une antenne de fréquence 500 MHz. Il ressort que les canalisations de gros diamètre se marquent bien sur les radargrammes par des hyperboles développées, d'autant qu'étant relativement profondes (2m environ), il s'agit certainement de collecteurs d'assainissement. (fig.27). Des signaux moins étalés correspondant à des cibles moins profondes (0.8 à 1m) représentent des conduites du réseau AEP. Les raccordements individuels répertoriés ou pas, se manifestent à moindre profondeur et sont plus difficilement mis en évidence du fait

Chapitre IV: Apport du Géoradar à la résolution aux problèmes des risques urbains

de la proximité des réseaux d'électricité gaz, téléphone, de l'hétérogénéité du remblai, etc. Dans ce cas le recours à une fréquence d'émission supérieure est nécessaire pour augmenter le pouvoir de résolution du géoradar.

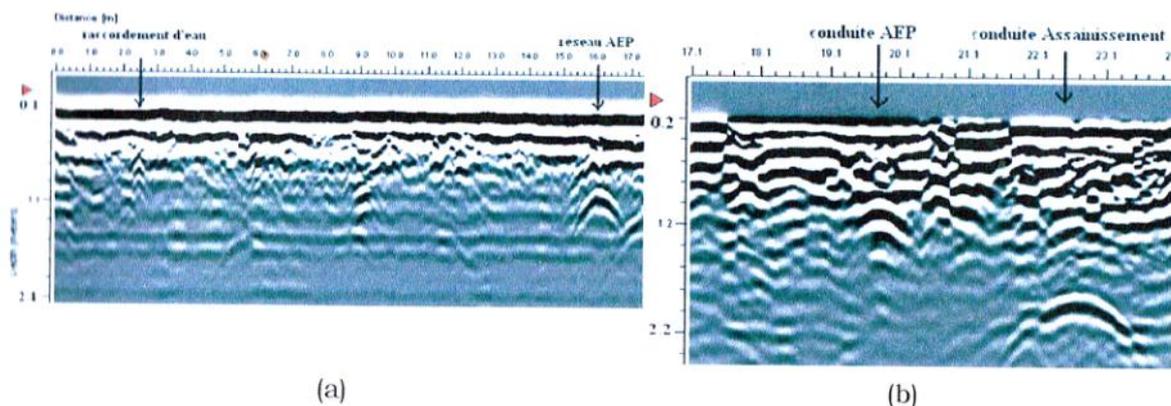


Fig. 27 - Radargrammes indiquant différents types de canalisations enterrées

5. Utilisation du Géoradar pour établir les causes d'un affaissement de chaussée

Un problème est survenu à la suite de travaux de terrassement en site urbain. En effet, à la suite du décapage d'un terrain pour la constitution d'une assiette de construction, il est apparu sur le bitume de la chaussée au niveau supérieur, d'importantes fissures.

5.1. Contexte hydrogéologique

La série géologique complète est reconstituée au niveau de la falaise bordant l'excavation ou l'on distingue une couche grésocalcaire, parfois fissurée reposant en discordance sur un substratum représenté par des marnes à tripolis. Le fait important est la présence d'une intercalation de sable très fin (1 à 2 m d'épaisseur) entre les deux formations.

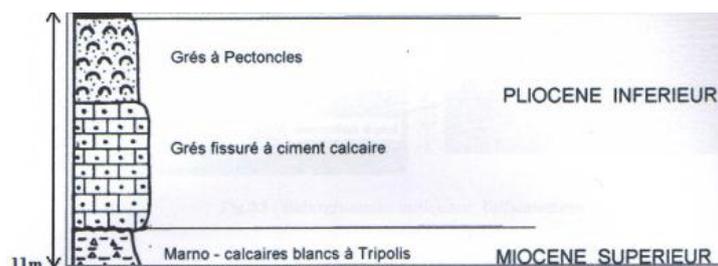


Fig.28 - Coupe géologique de la falaise

Chapitre IV: Apport du Géoradar à la résolution aux problèmes des risques urbains

A la faveur de ce contexte, une importante nappe d'eau émerge et forme une ligne de sources qui draine une quantité appréciable du sable reposant sur le substratum marneux.

5.2. Données du Géoradar

Sur la chaussée supérieure et sur une longueur de 80m ou les fissures superficielles sur le bitume sont constatées, des profils longitudinaux et transversaux ont été exécutés avec l'utilisation d'une antenne de fréquence centrale de 100 MHz. La nature de l'encaissant grésocalcaire a permis une profondeur d'investigation de 8 à 9m. Les radargrammes de deux profils parallèles, distants de 10m et transversaux à la chaussée (fig.29) montrent nettement entre les profondeurs 3 et 5m, une anomalie marquée par une atténuation du signal. Cette observation confirmée par l'état de la chaussée qui montre à cet endroit de plus fréquentes fissures et un affaissement très manifeste. On peut d'ailleurs noter à ce niveau un changement d'allure des couches, bien visibles sous l'anomalie, dont le pendage semble augmenter.

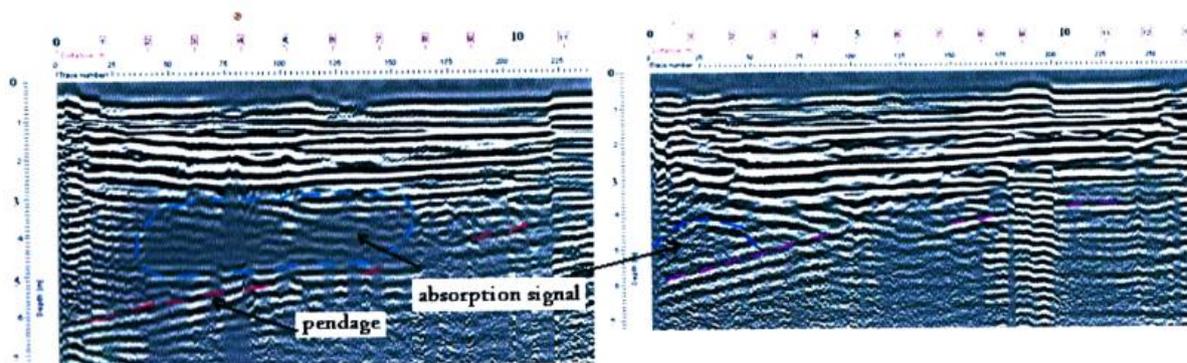


Fig.29- Radargrammes indiquant l'affaissement

5.3. Cas d'exemple d'utilisation combinée des méthodes électriques et de Géoradar dans la zone d'es-Sénia pour la détection de cavités de dissolution

5.3.1. Contexte géologique

La zone étudiée située à une dizaine de km au sud-est d'Oran, appartient au Quaternaire continental qui est représenté par des amas éoliens avec du gypse autour de dépressions inondées couvrant des alluvions. Des terrassements mettent à jour de nombreuses cavités

Chapitre IV: Apport du Géoradar à la résolution aux problèmes des risques urbains

dont certaines sont visibles en surface, dues au lessivage par les eaux superficielles des limons gris à cristaux de gypse.

5.3.2. Problème posé après l'emploi de la géophysique électrique

Le recours à une méthode d'investigation légère à été motivé d'abord par le fait que le terrain peu praticable est recouvert par une végétation de plantes sauvages. En second lieu, quelques sondages électriques exécutés ont révélé en surface une couche de résistivité de l'ordre de 20 à 30 ohm, au-dessus d'un aquifère d'eau très salée détecté à 4 au 5 m de profondeur.

Le dispositif Wenner utilisé d'élongation totale égale à 15 m, a balayé une superficie de 2 à 3 hectares suivant des points de mesures et des profils espacés de 5 m. La longueur AB choisie devrait investiguer une tranche de terrain épaisse de 1.5 à 2.5 m, suffisante pour déceler les anomalies dues a la présence de cavités. La carte d'iso-résistivités (fig.30) montre un allongement de structure de direction nord-est sud-ouest et un gradient de part et d'autre de la zone centrale mais cependant plus accentué vers le sud-ouest. En général, les valeurs s'étalent de 10 à 20 ohm.m avec cependant certains îlots anomaliques, à l'ouest et à l'est, supérieurs à 20 ohm.m.

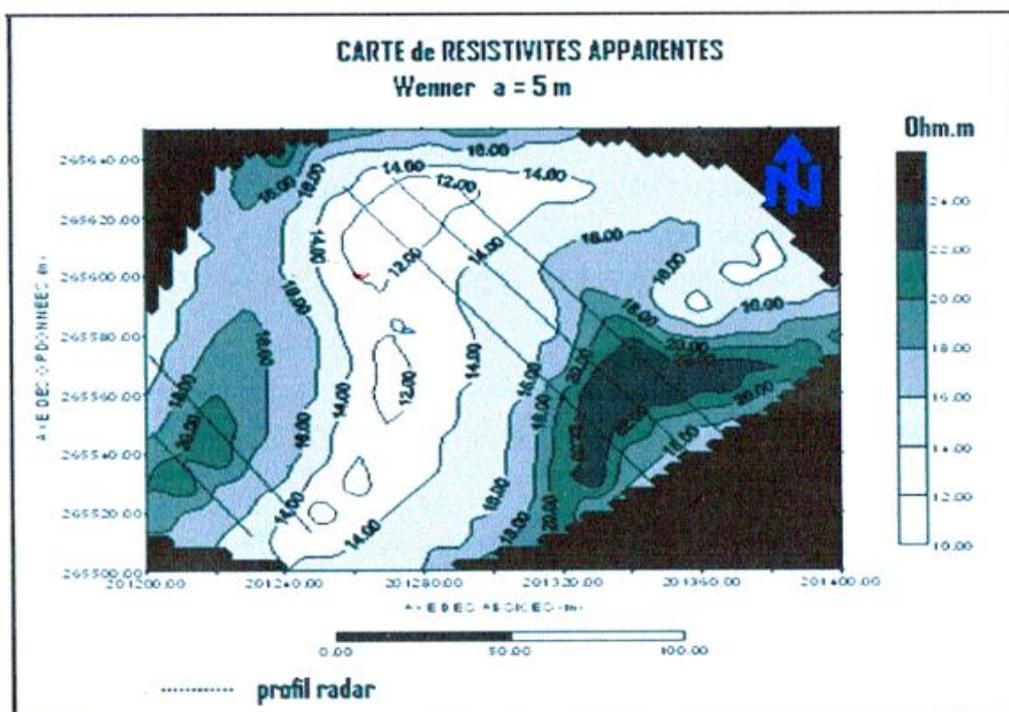


Fig. 30 - Carte d'iso -résistivités AB= 15m et positions des profils de géoradar.

Chapitre IV: Apport du Géoradar à la résolution aux problèmes des risques urbains

Il a néanmoins été constaté en comparant les secteurs où apparaissent des cavités in situ que les résultats présentés par la carte restaient insuffisants. En effet, les travaux de tranchées ont été entamés qui ont montré l'ampleur et le nombre de cavités présentant un vide qui s'engouffre jusqu'au niveau d'eau. Leur fréquence d'apparition semble se corrélérer avec les hautes résistivités, mais ceci n'est pas une condition suffisante pour marquer la présence de cavités. En effet, celles-ci sont présentes également dans la zone centrale conductrice.

En conséquence, il est possible que la conjugaison de plusieurs facteurs tels que la nature limoneuse du recouvrement, ainsi que la proximité de la nappe aquifère, neutralise l'effet susceptible d'être produit par les cavités, ce qui entraîne un faible gradient de résistivités, phénomène accentué par leur faible volume.

5.3.3. Utilisation du Géoradar

Il s'agit d'une méthode non destructive d'auscultation de la subsurface. L'onde électromagnétique de haute fréquence comprise entre 10 Mhz et 2 GHz, émise dans le sous-sol se propage en s'atténuant et pour les différences de constantes diélectriques des matériaux son énergie est réfléchiée en surface et les échos captés par une antenne de réception.

Comme en sismique réflexion, la juxtaposition des traces forme une coupe-temps: le radargramme qui indique les amplitudes des signaux et donne la présence et la géométrie des structures souterraines.

- Atténuation et profondeur de pénétration des ondes radar :

Les ondes sont atténuées en profondeur en fonction du terme $\exp(-i \alpha z)$ suivant la direction z , le facteur d'atténuation étant α ($i^2 = -1$).

Les paramètres diélectriques des matériaux géologiques, permittivité ϵ_r et conductivité σ_e sont des grandeurs complexes dépendant de la fréquence. Ils sont également étroitement liés au facteur d'atténuation α . La permittivité effective ϵ_e , calculée sur différentes roches et à différentes fréquences, suivant un modèle particulier de paramètres, est une grandeur complexe. Les parties réelle et imaginaire

$$\epsilon_r(\omega) = \text{Re}[\epsilon_e(\omega)] \quad \text{et} \quad \sigma_e(\omega) = \epsilon_0 \cdot \omega \cdot \text{Im}[\epsilon_e(\omega)] \quad (II-1)$$

Chapitre IV: Apport du Géoradar à la résolution aux problèmes des risques urbains

Avec : ω (rad /s) : pulsation

$\epsilon_0 = 8.84 \cdot 10^{-12}$: permittivité dans le vide

sont la permittivité effective relative ϵ_r et la conductivité effective σ_e , paramètres utilisés pour caractériser les milieux investigués par le radar, à une fréquence donnée (Jeannin, 2005). Leurs variations en fonction de la fréquence sont montrées (fig.31).

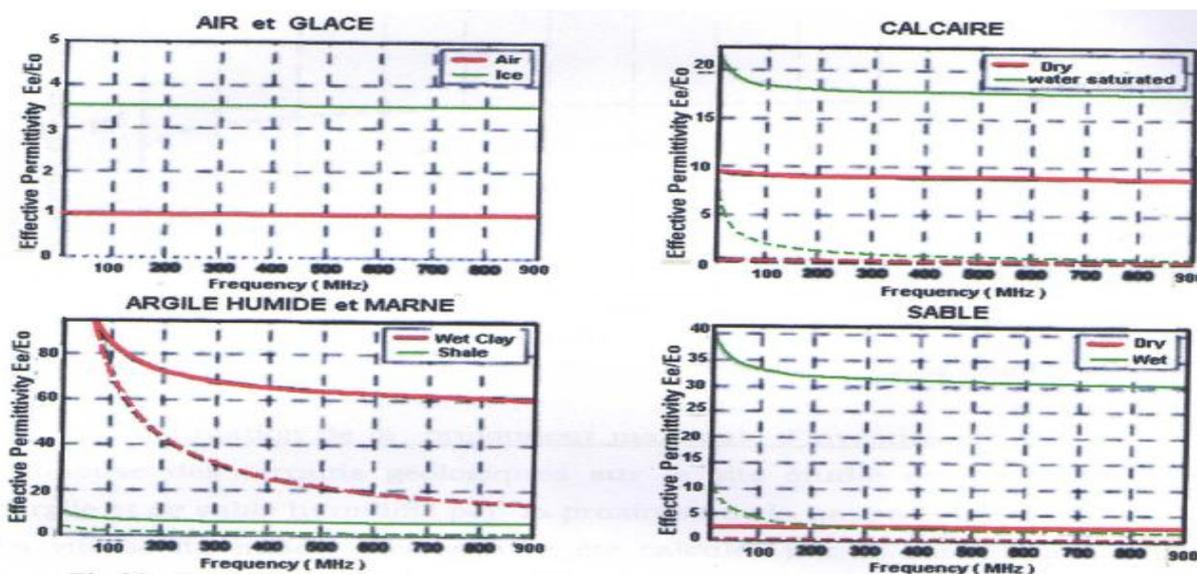


Fig.31- Permittivité effective pour différents matériaux géologiques

Trait plein = partie réelle ϵ'_e / ϵ_0

Trait en pointillés = partie imaginaire $\epsilon''_e / \epsilon_0$ (Jeannin, 2005)

On constate que la permittivité du sable sec (comme d'ailleurs l'air ou la glace) ne varie pas avec la fréquence. Il s'agit de diélectrique parfait, et leur conductivité (partie imaginaire dans la figure) est nulle. En considérant le facteur d'atténuation α (dB / m), exprimé suivant Halleux (1995, in Jeannin, 2005) par :

$$\alpha = 1640 \cdot \sigma_e / (\epsilon_r)^{1/2} \quad (II-2)$$

On déduit que l'atténuation est nulle et ainsi la profondeur de pénétration dans ces matériaux est importante. Par contre, pour les autres matériaux, tels les argiles, marnes, calcaires, les parties réelle et imaginaire diminuent avec la fréquence. En outre, on observe que les matériaux saturés en eau présentent une permittivité et une conductivité (fig.33) plus élevées que les matériaux secs ainsi, la présence d'eau entraîne donc une augmentation de l'atténuation.

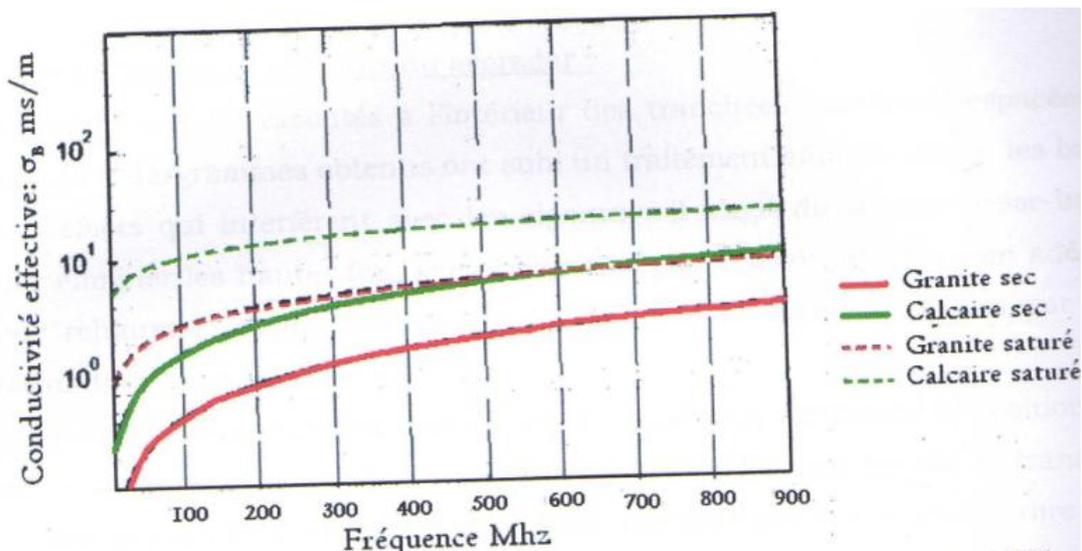


Fig.32-Conductivité effective pour différents matériaux géologiques (Jeannin, 2005)

- Estimation de la profondeur maximale d'investigation : la consistance limoneuse des terrains géologiques sur le site étudié se rapproche de celle d'argile et de sable humidité par la proximité de la nappe aquifère. La vitesse du milieu encaissant a été calculée par la donnée de profondeur d'une cavité connue et le temps double de son toit lu sur le radargramme. On obtient $V=0.07\text{m/ns}$ (vitesse comparables à celle de sables humides) La permittivité s'exprime par :

$$\epsilon' = \left(\frac{c}{v}\right)^2 \quad \epsilon' = \left(\frac{0.3}{0.07}\right)^2 = 18.36$$

Cette valeur est comprise entre les permittivités attribuées à la marne et au sable humide, indiquées sur la (Fig.33). Ainsi le coefficient d'atténuation de l'onde est obtenu à partir de (II-2), en prenant une résistivité de l'encaissant $\rho = 20 \text{ ohm.m}$ soit $\sigma = 50 \text{ mS/m}$. Nous obtenons $\sigma = 18 \text{ dB/m}$. La profondeur maximale pouvant être atteinte est (Davis et Annan, 1989) : $H_{\text{max}} = 30 / \alpha = 1.6 \text{ m}$ qui est acceptable pour une détection partir de la surface du sol, puisque l'antenne du radar agit tranchées creusées à **1.5 m**.

- Travaux et résultats du géoradar : Les profils ont été exécutés à l'intérieur des tranchées parallèles, espacées de **3m**. Les radargrammes obtenus ont subi un traitement afin d'éliminer les bruits et artéfacts qui interfèrent avec les signaux: il s'agit du filtrage passe-bande pour éliminer les hautes fréquences affectées par le bruit, et d'un gain adéquat pour rehausser les signaux en

Chapitre IV: Apport du Géoradar à la résolution aux problèmes des risques urbains

amplifiant les réflexions masquées par une atténuation Ou un effet latéral. Des radiogrammes caractéristiques (Fig.34) montrent nettement la position des anomalies correspondant à des cavités quelquefois découvertes par la tranchée. On note que la profondeur de leur sommet n'excède pas **0.5m**, c'est-à-dire **2m** à partir du sol. Le bas des anomalies n'est pas visible sur la majorité des radiogrammes, le signal réant absorbé, ceci découle du fait que la formation est de nature plus fine en profondeur et en outre humidifiée par la proximité de la nappe. En effet, certaines cavités sont dans un stade préliminaire ou le gypse est en cours de dissolution, alors que d'autres se développent en profondeur et correspondent à des secteurs où le gypse est totalement dissous et dans ce cas, les cavités atteignent la nappe. Ainsi, ces informations ont permis de choisir le traitement approprié des combles devant supporter les semelles des fondations, incluant soit un remblai en tuf bien compacté par couches successives soit nécessairement un enrochement par blocs plongeant quelquefois jusqu'au niveau d'eau.

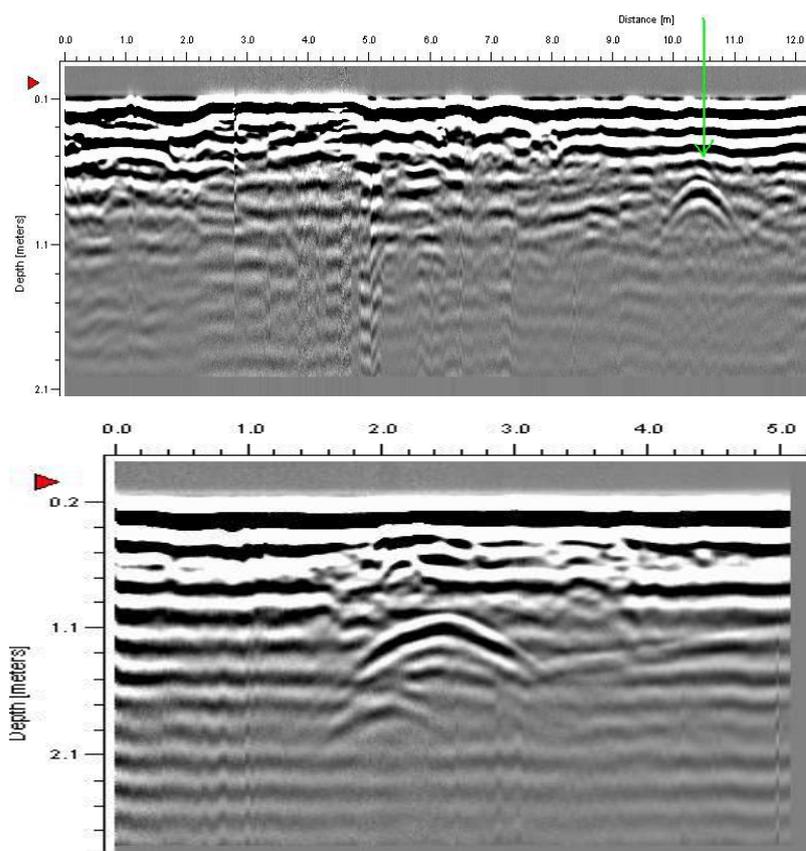


Fig.33 - Radiogrammes caractéristiques montrant des cavités

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre secteur d'étude fait partie de littorale oranais présente un ancienne cartier des pêcheurs ce dernier caractérisé par leur propriété spécifique d'être exposé aux divers types de risques géologiques tels que mouvement de terrain (glissement de terrain, fluage des marnes) et risques sismique.

La présence de ces divers types de risque géologique nécessite une cartographie spécifique tout en basant sur la documentation et les levis topographique in-situ afin d'élaborer un MNT, ce dernier nous a permet de découvrir la présence d'un trajet d'une faille : appelée la calère d'Oran.

La corrélation géologique est une observation des attributs communs des phénomènes ou processus géologique à l'aide des différentes techniques de recherches l'application pour le risque géologique offrent des cartes des synthèse et de corrélation permettant la gestion du différant aléa.

L'utilisation de semi variogramme avec du modèle prés définie : (Groussaian, Quadratique) permet calculé le semi variance ou fonction de la distance pour lustrer la variation de terrain pour perspective de cette étude en doit généralisé la méthode pour tout la zone sismique .

Enfin, nous pensons que ce modeste travail servirait d'un fil directeur pour une approche plus améliorée (agrégation, généralisation) se consacrant à la cartographie des risques géologiques ainsi que leur corrélation spatial.

Référence bibliographiques

Bibliographie

Ansar. A, (2012) : Guide pratique pour l'utilisation des indices et coefficient climatiques. Edit. Office des publications universitaires, p117.

B., Le, R. P., Calais, E., Kherroubi, A., Gaullier, V., Savoye, B., et Pauc, H., (2006) :

Belghandi. M, (2014) : Etude de certaines anomalies géologiques de subsurface et leurs conséquences. Apport de la géophysique sur quelques sites de l'agglomération Oranaise, mémoire de master, université d'Oran 2.

Ben abd ellah. 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 de magister, université d'Oran 2.

Bouaza. S, (2014) : Actualisation de l'étude hydrogéologique de la plaine de la Mléta (Algérie-Nord-Ouest) thèse de magister, université d'Oran 2.

Boubtana. G & Chami. N, (2015) : Relation fracturation-morphologie .Implications *hydrogéologiques et environnementales cas des calcaires et schistes des monts d'Arzew* (Wilaya d'Oran), mémoire de master, université d'Oran2.

Chehibi. O & Guerroudi. Y, (2014) : La cartographie de risque géologique : étude de la corrélation spatiale de littorale Oranie (Cas de la calère), mémoire master, université d'Oran Chélif occidental(Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse de D'doctorat. E-sci. Université.

Dagorne. A & Fenet. B (1995) : villes intermédiaires en méditerranée, Cahier de la méditerrané, Tom 2, p.p. (159-160).

Domzig, A., Yelles, K., Le, R. C., Deverchere, J., Bouillin, J. P., Bracene, R., Mercier, d. L.

Fenet. B., (1975) : Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du Bouclier Africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse Nord maghrébine : les monts de Djebel Tessala et les massifs du littoral Oranais. Thèse de Doctorat Es Sciences. Université de Nice.

Hadid. I & Lakhel. F (2015) : Gestion des risques géologiques dans les collectivités locales et l'implication sur l'élaboration du plan de présentation des risques, mémoire de master, université d'Oran2.

Hassani. M.I., (1987) : Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride. Le bassin versant de la grande Sebkha d'Oran (Algérie). Doctorat ^{3eme} cycle.

Kanan. Y,(2011) : Risque hydrogéologique en zone urbain, thèse de magister, université d'Oran2.

LTPO (2005) : Construction d'un complexe immobilier, Pont Zabana, Oran, rapport d'études géotechniques. Searching for the Africa-Eurasia Miocene boundary offshore western Algeria (MARADJA'03 cruise), in Quelques développements récents sur la géodynamique du Maghreb--Some recent developments on the Maghreb geodynamics, edited, pp. 80-91, Elsevier, Paris, France.

Thomas. G, (1976) : Mise en évidence décrochements dextres Est-Ouest d'âge quaternaire en Algérie Nord occidentale. C.R Acad Sci. Paris, t.283 sér. D. p. 896-898.

Thomas. G., (1985) : Géodynamique d'un bassin intra montagneux. Le bassin du Bas

Ziani. E, (2016) : Impacte de la sismicité sur les risques technologiques en milieu industriel cas de la région d'Arzew, mémoire de master, université d'Oran 2.

Site Web

[<https://fr.wikipedia.org/wiki/Oran>]