

# **ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE DE PROBLEMES D'INONDABILITE DANS LA REGION D'ALGER - EXEMPLE: L'OUED EL HARRACH, ALGER.**

**Omar MIMOUNI\*, Mohamed MESBAH\*, Malika BERRAHAL\* et Amel MEROUANE**

## **RESUME**

El Harrach est un oued important situé dans le bassin côtier de l'Algérois, il couvre une superficie de 1236.28 km<sup>2</sup> et s'étend sur 51 km du nord vers le sud et 31 km d'est en ouest. L'oued El Harrach traverse essentiellement des zones de plus en plus urbanisées, il est donc sujet à des débordements durant les saisons de pluies et peut provoquer des inondations. Le but de ce travail est d'estimer ce risque d'inondabilité et de cartographier les zones exposées à ce phénomène, afin de circonscrire l'emplacement des ouvrages de protection et souligner les différents types de pollution qui peuvent être exacerbés durant ces inondations.

**Mots clés** - Oued El Harrach - Inondations - Pollution - Plaine de la Mitidja - Bassin versant - Vulnérabilité.

## **GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL STUDY OF FLOOD HAZARDS PROBLEMS IN ALGIERS REGION : CASE STUDY : EL HARRACH WADI (ALGIERS).**

## **ABSTRACT**

El Harrach wadi is an important river located in Northern Algeria. Its watershed belongs to the Algiers coastal watershed and covers an area of 1236.28 km<sup>2</sup> with an extent of 51km from north to south and 31km from east to west. Since El harrach wadi goes mainly through an area more and more urbanized, it is subject to overflow during flooding seasons and therefore causes inundations. The aim of this work is to realize a study as complete as possible, in the geological aspect, to describe the formations and structures of the site, hydrological and hydrogeological aspect, to determine the bedrock and morphology of El Harrach wadi and hydroclimatological aspect, to explain and propose solutions to random and risky bench or close to the wadi constructions. A geotechnical summary analysis will help to differentiate between the different units by their physico-mechanical parameters. Finally, this work is aimed to estimate this inundability hazard and map these inundable zones in order to predict where construction banks are needed and point out the different type of pollution that can be exacerbated during these floods.

**Key words** - Wadi El Harrach - Overflow - Pollution - Mitidja Plain - Watershed - Vulnerability.

\* Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire (FSTGAT). Université de Bab Ezzouar. BP. 32 El Alia. ALGER. omimouni2000@yahoo.com

- Manuscrit déposé le 12 Mai 2008, accepté après révision le 15 Juillet 2008.

## I - INTRODUCTION

En se rapportant aux toutes récentes intempéries du mois de décembre 2007 et rétrospectivement jusqu'en novembre 2001, on constate une fréquence accrue de celles-ci avec une intensité toute aussi grande. Le problème ne se résout pas à un simple orage localisé et prolongé mais plutôt à des orages plus fréquents avec des conséquences dommageables qui vont des simples dégâts récurrents au niveau des oueds El Harrach, Hamiz, Réghaia et Mazafran à la catastrophe (Bab El Oued 11/11/2001).

L'objectif de notre travail, est de réaliser une étude aussi complète que possible à la fois géo-logique, pour connaître les structures et les formations du site, hydrologique et hydrogéologique pour déterminer l'encaissant et la morphologie de l'oued El Harrach et enfin hydroclimatolo-gique, pour expliquer et proposer

des solutions aux constructions hasardeuses sur les berges ou à proximité de l'oued. De plus, la mauvaise gestion des espaces et la présence de sites industriels à risques élevés à proximité des zones urbaines, a généré des pollutions qui ont un impact négatif sur l'environnement qui sera souligné dans ce travail.

## II - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le site d'étude est localisé à la partie extrême de l'oued El Harrach (fig.1 et 2) en débouchant vers la mer, et ce, dans la zone de Hussein Dey à quelques 8 km à l'est d'Alger.

Du point de vue géologique, la région étudiée fait partie de la zone côtière constituée de formations quaternaires récentes : alluvions et limons. Elle est comprise dans le grand ensemble géologique de l'Algérie du nord, avec au centre la



Fig.1 - Photographie aérienne de la zone d'étude

*Aerial photography of the study zone*

ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE DE PROBLEMES D'INONDABILITE DANS LA REGION D'ALGER -  
EXEMPLE : L'OUED EL HARRACH, ALGER.

plaine de la Mitidja constituant le bassin mio-plio-quaternaire s'étalant d'ouest en est sur une longueur de 80 à 100 km et une largeur de 10 à 20 km (fig.3).

### III - GEOLOGIE.

Le bassin versant de l'oued El-Harrach est constitué essentiellement de trois unités géologiques :

- au nord, le Sahel d'Alger compris entre le massif de Bouzaréah et la rive gauche de l'oued El-Harrach. Il est constitué par les marnes plai-sanciennes et la mollasse astienne. Le piémont sud du Sahel, caractérisé par des pentes douces, est formé de dépôts argilo-caillouteux;

- la plaine de la Mitidja qui constitue une véritable gouttière comblée par des formations néogènes et quaternaires;

- au sud, l'Atlas blidéen, vaste massif montagneux constitué essentiellement d'épaisses séries d'âge crétacé.

Du point de vue lithostratigraphique, la plaine de la Mitidja comporte des formations tertiaires et quaternaires :

#### a - le Quaternaire

Il contient les formations suivantes :

- des dépôts récents limités aux lits mineurs et majeurs des oueds. Ce sont des cailloutis fluviaux, grossiers à galets roulés, plats et des blocs parfois volumineux. Des limons de débordement gris ocre s'observent par plages. Ce sont aussi des formations marécageuses limono-argileuses et des limons d'épandage de crues.

- les formations rharbiennes de Mazafran et Halloula. Le Rharbien est représenté par les

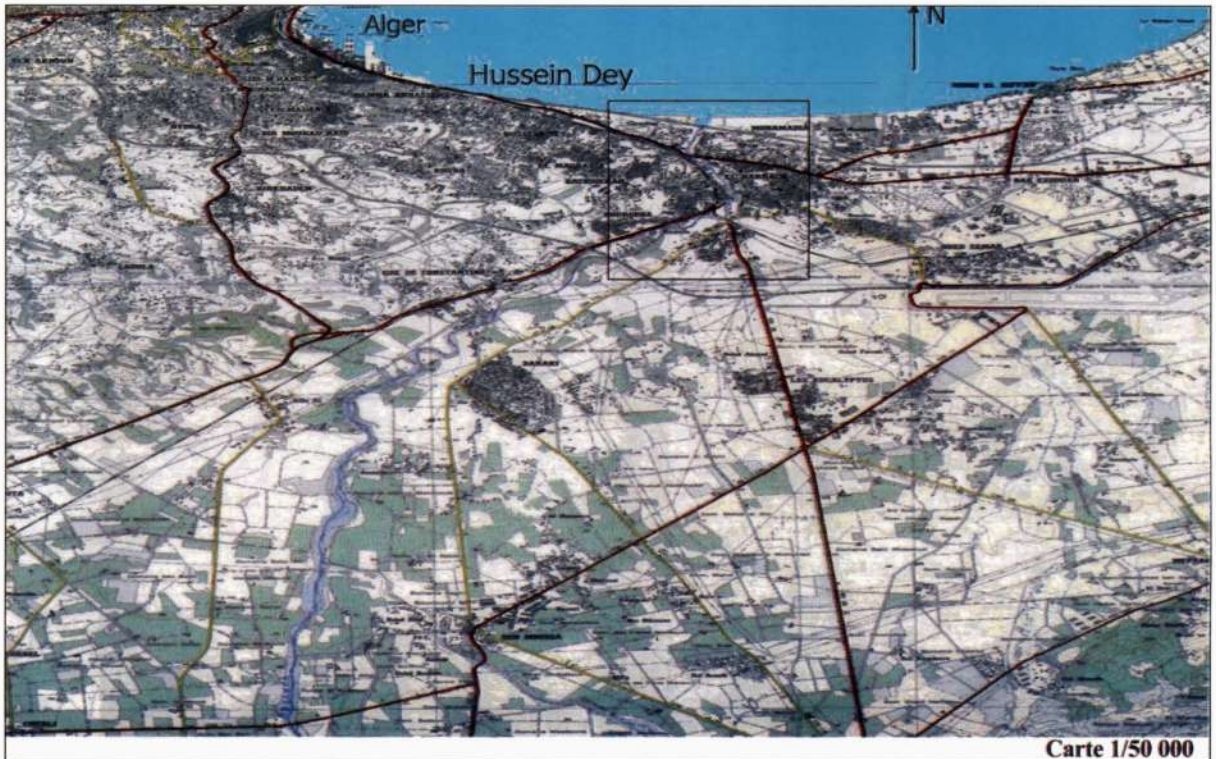


Fig.2 - Localisation du secteur d'étude  
*Study zone location*

alluvions qui forment les derniers complements de la Mitidja. Dans les régions les plus basses, ce sont des limons gris, des limons argileux, de l'argile noire ou bleue, qui passent à des limons sableux en bordure du piémont, avec une épaisseur moyenne de 10m. Près des oueds, les limons caillouteux sont grossiers et épais. Les limons sont rencontrés le long de la cluse du Mazafran, alors que les formations de Halloula sont localisées à l'ouest de la plaine et sont séparées des dépôts de Mazafran par les oueds Djer et Bouroumi et l'ancien lac Halloula, leur épaisseur maximale atteint les 60m.

- les formations soltano-tensiftiennes de la Mitidja. Elles sont présentes sur toute la plaine sauf exceptionnellement sur la partie occidentale. Elles présentent une épaisseur allant de 100 à 200m diminuant vers la bordure de

la baie d'Alger. Au Tensiftien, ce sont des alluvions fluviales à éléments subanguleux, dispersés dans une matrice argilo-terreuse rouge à brun rouge. Elles sont finement litées. Des passées limoneuses alternent avec des galets gris. Au Soltanien, c'est des cailloutis silteux semblables aux précédents mais dont la couleur rouge s'estompe et devient plutôt gris-rose. On rattache à cette période la base des formations grossières qui constitue les bons aquifères.

- les formations du Villafranchien : ce sont des argiles qui se sont développées sur le bassin fluvio-lacustre de la Mitidja au début du Quaternaire. Elles correspondent à une séquence uniforme d'argiles jaunâtres à grises avec quelques cailloutis et des lentilles de graviers. Elles affleurent à El Harrach, sur le flanc sud du Sahel et à l'extrémité occidentale de la plaine de la Mitidja.

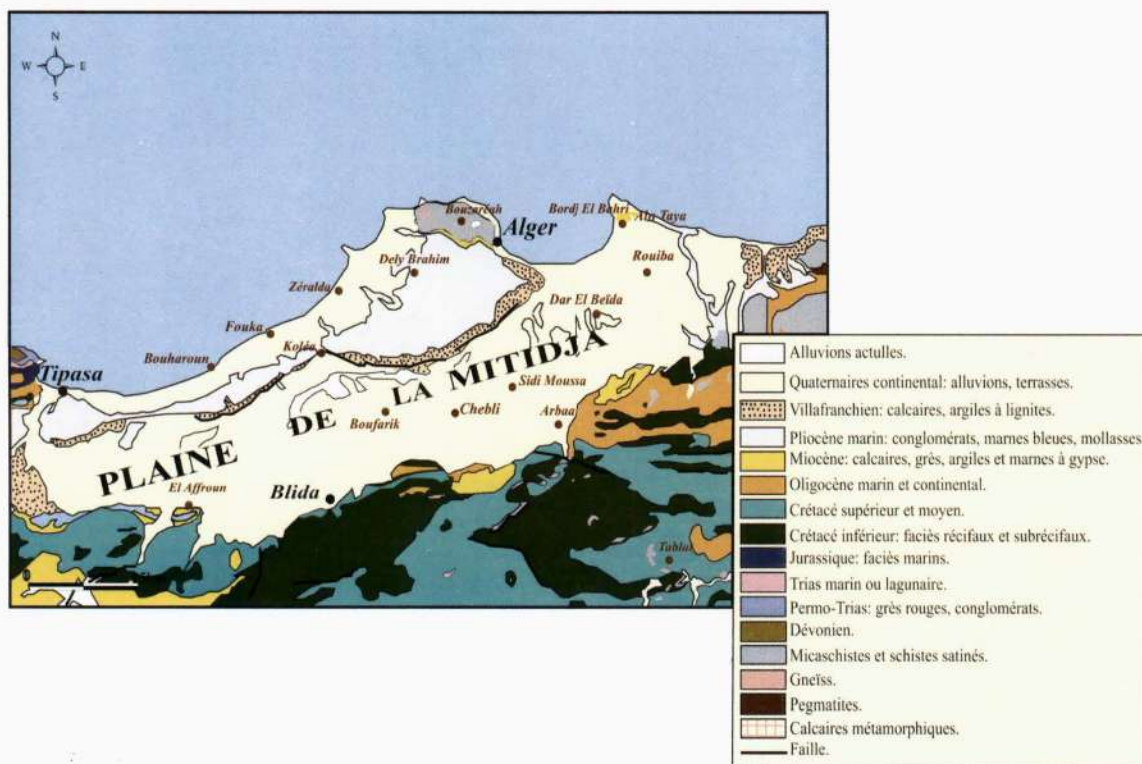


Fig.3 - Carte géologique de la région d'Alger  
Geological map of Algiers region

Elle se présente sur une épaisseur allant jusqu'à 200m, puis elles diminuent vers l'Atlas et disparaissent presque totalement sur une grande partie de la Mitidja orientale.

## b - le Tertiaire

Il est constitué par les formations suivantes :

### 1- les marnes et molasses du Pliocène :

Le Pliocène marque la fin d'une période de sédimentation prolongée durant laquelle des marnes se déposent dans une mer peu profonde. A la fin de cette période, des conditions de bas fond prédominent, entraînant le dépôt d'une série caractéristique de sédiments comprenant des marnes, des grès et des calcaires.

Glangeaud et *al.* (1952) reconnaissent 2 subdivisions dans le Pliocène : le Plaisancien à la base et l'Astien au sommet :

- **l'Astien** est caractérisé par un faciès très varié :

- un faciès mollassique représenté par des calcaires spongieux et granuleux. La mollasse astienne repose directement sur le Plaisancien et est marquée par un niveau caractéristique à glauconie;

- un faciès marno-sableux dominant;

- un faciès calcaire ou calcaro-gréseux représenté par de larges dalles;

- un faciès gréseux et argilo-gréseux détritique, terminant l'Astien par un dépôt de 30m.

- **le Plaisancien** : il est caractérisé par des marnes grises et bleues uniformes avec localement des bancs gréseux. Cette série est plus connue sous le nom de «*marnes bleues du Plaisancien*». Cette série affleure dans le Sahel,

au centre et au nord du bassin de la Mitidja sur une grande partie, puis elle se biseaute vers le sud où elle repose en discordance sur les formations du Miocène.

## 2 - Le Miocène :

Il n'occupe qu'une petite partie dans le développement du bassin de la Mitidja. Il affleure par endroits dans le piémont de l'Atlas blidéen, au djebel Zérouala et au SE de Khemis El Khechna où il est représenté par des marnes du Vin-dobonien épaisses de 50m.

Les formations anciennes sont des roches éruptives du Miocène moyen affleurant sur le pourtour sud de la Mitidja.

Sur le plan sismique, le nord de l'Algérie fait partie d'une zone très active avec un nombre relativement important de failles dont certaines sont actives. Après le dernier séisme de Boumerdès du 22/05/03, la région d'Alger a été reclassée en zone IV correspondant à une forte activité sismique (fig.4).

## IV- HYDROGEOLOGIE

Nous avons calculé les caractéristiques physiographiques et morphométriques du bassin versant de l'oued El Harrach en 2004, que nous résumons dans le tableau I ci-dessous.

En observant les valeurs faibles de la densité de drainage ( $Dd = 0.56 \text{ km}^2/\text{km}^2$ ) et le coefficient de torrentialité ( $CT = 0.039$ ), on constate que le bassin versant d'El Harrach a un drainage relativement faible et n'est pas du type torrentiel. De même pour le temps de concentration des eaux ( $Tc = 14.64 \text{ h}$ ) qui est assez long, il témoigne d'un écoulement assez lent.

L'analyse des caractéristiques de forme ainsi que les paramètres physiographiques permettent de classer le bassin de l'oued El-Harrach dans le type grand bassin versant de forme allongée.

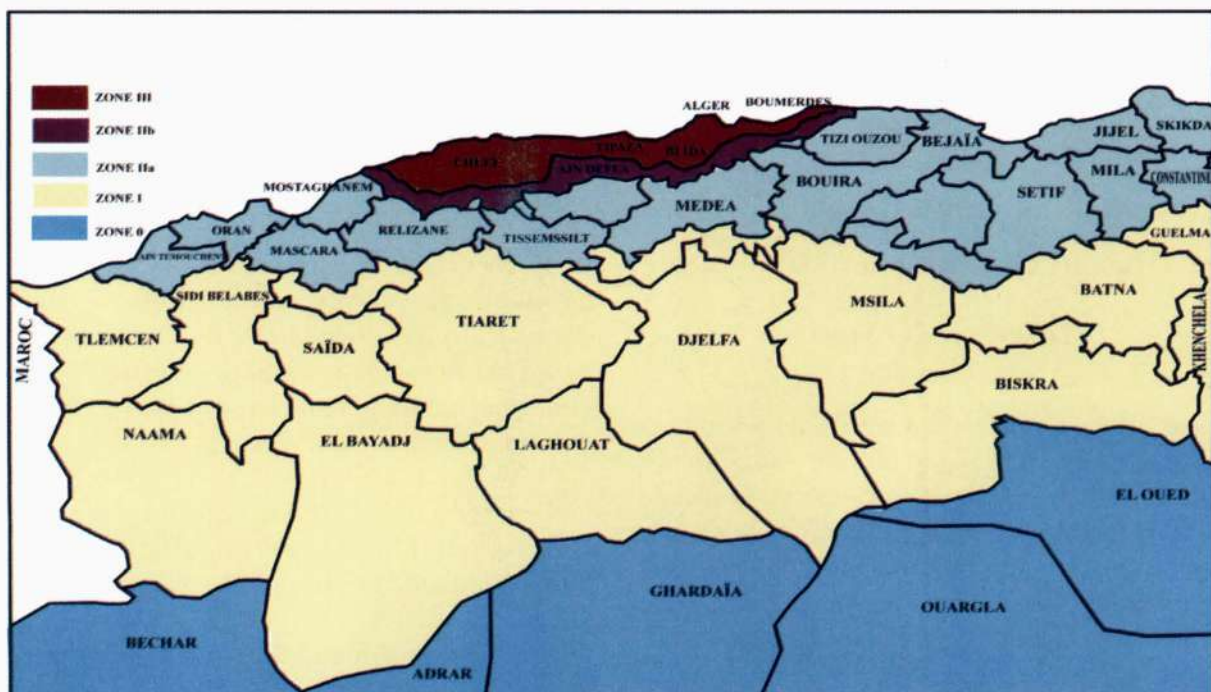


Fig. 4 - Carte du nouveau zonage sismique de l'Algérie – CGS 2003.

*New Algeria seismic zoning map - CGS 2003.*

**Tableau I - Paramètres physiographiques et morphométriques du bassin versant de l'oued El Harrach**

*Physiographical and morphometrical parameters of El Harrach wadi watershed*

Paramètres morphologiques	Bassin versant de l'oued El Harrach
Superficies (A)	1236.28 Km <sup>2</sup>
Périmètre (P)	188.17 Km <sup>2</sup>
Indice de capacité (K)	1.498
Longueur de talweg principal	67 Km
Longueur (L)	78.295 Km
Largeur (l)	15.79 Km
Altitude moyenne ( $h_{moy}$ )	430 m
Altitude de fréquence ( $h_{fre}$ )	265 m
Densité spécifique ( $D_s$ )	485.22 m
Densité de drainage ( $D_d$ )	0.56 km/Km <sup>2</sup>
Coefficient de torrentialité ( $C_T$ )	0.039
Temps de concentration ( $T_C$ )	14.64 heures
Vitesse de ruissellement ( $V_R$ )	4.567 Km/h

Du point de vue hydrogéologique, la plaine de la Mitidja a un potentiel important de ressources en eaux. Elle est constituée de deux aquifères séparés par des formations marneuses imperméables dites marnes d'El-Harrach (Villafranchien):

- l'aquifère astien est très profond et présente un faciès gréseux (grés fins consolidés). Il n'est pas bien connu et peu exploité à cause de sa grande profondeur;

- l'aquifère quaternaire, qui a une surface libre, est formé par des alluvions récentes et anciennes. Il est constitué essentiellement par la superposition des alluvions du Quaternaire (Soltano - Tensiftien) et la base des alluvions récentes (Rharbien inférieur). C'est l'aquifère le plus exploité;

- à cela s'ajoute l'aquifère littoral, formé par des grés dunaires du Quaternaire. Il renferme des petites nappes libres dans diverses zones.



L'étude détaillée des précipitations a été approchée par la méthode statistique d'ajustement à la loi de Gumbel, avec un tableau donnant les périodes de retour des précipitations et la méthode empirique donnant, elle aussi, des périodes de retour des débits maximum et ce d'après Possenti.

L'étude détaillée des précipitations a aussi été approchée par la méthode statistique en utilisant le logiciel HYDROLAB pour lesquelles des ajustements aux lois les plus fréquemment utilisées en hydrologie ont été réalisés. Ces lois sont : la loi de GAUSS ou loi normale, la loi de GALTON ou loi Log normal et la loi de GUMBEL dite des valeurs extrêmes qui correspond le mieux au site d'étude. Elle s'écrit :

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-x_0)}}$$

Avec :

$f(x)$  fréquence au non dépassement de la valeur  $x$  (FND).

$\lambda$  et  $x_0$  coefficients d'ajustement déterminés par  $1/\lambda = 0.78s$

Et  $s$  = écart-type de l'échantillon des pluies journalières maximales = 32.91

$x_0 = x - (0.577/\lambda)$ , où  $x$  est la moyenne des séries des  $x$ .

L'équation de la droite théorique est :

$$x = 1 / xy + x_0$$

Il s'agira donc de déterminer les paramètres d'une loi déjà choisie en fonction de l'échantillon observé. La loi de GUMBEL est utilisée lors :

- des crues maximales annuelles ou saisonnières;
- des pluies journalières ou horaires maximales en une année, une saison ou un mois.

Les tests d'ajustement sont destinés à comparer en tout point de vue une distribution observée et une distribution théorique. Ils comprennent deux étapes :

- l'ajustement : c'est la recherche de la distribution de la probabilité qui s'ajuste le mieux à la distribution observée;

- la critique de l'ajustement : c'est la comparaison entre la distribution théorique et celle observée.

Pour notre cas, la loi de GUMBEL paraît la plus appropriée à la distribution des pluies journalières maximales du bassin de l'oued El Harrach. Dans les graphes qui suivent, les valeurs réduites de GUMBEL sont portées en abscisses et les pluies journalières en ordonnées.

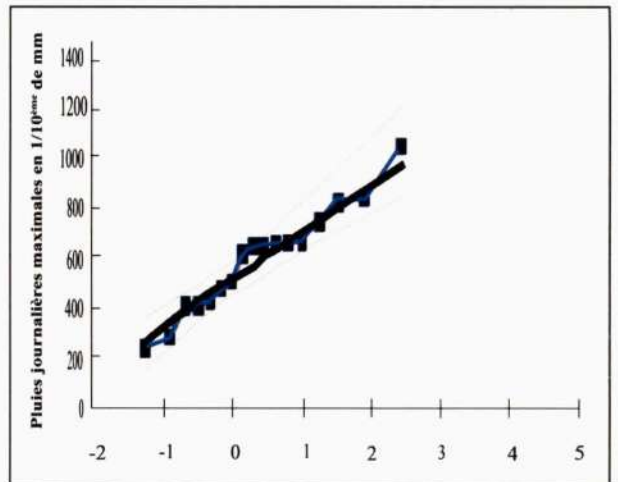


Fig. 6a - Graphe d'ajustement à la loi de Gumbel pour la station Yema Halima (021303)

*Adjustment diagram for Gumbel law for Yema Halima station (021303)*

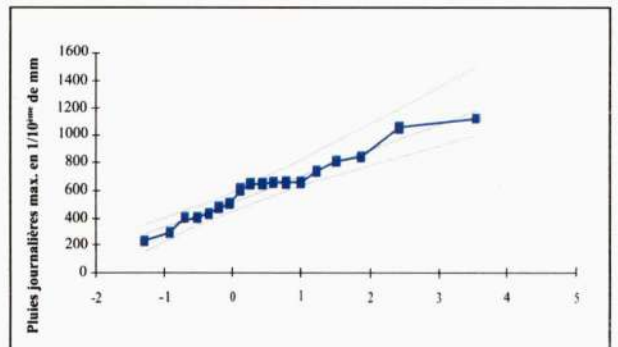


Fig. 6b - Graphe d'ajustement à la loi de Gumbel pour la station Passerelle (021307)

*Adjustment diagram for Gumbel law for Passerelle station (021307)*



**Tableau III - Périodes de retour des précipitations ajustées à la loi de Gumbel pour chaque station (P jmax en 1/10 mmm)**

*Periods of precipitations return adjusted to Gumbel law for each station (P dmax in 1/10 mmm)*

Période de retour (ans)		P5	P10	P50	P100	P200
Fréquence		0.8	0.9	0.98	0.99	0.995
S T A T I O N S	021303	1175.00	1431.00	1996.00	2234.00	2472.00
	021307	793.66	932.77	1119.23	1293.85	1458.47
	021403	904.46	1098.80	1526.50	1707.30	1887.40
	021421	732.77	851.16	1111.72	1221.87	1331.63
	021427	767.24	893.17	1170.30	1287.46	1404.19
	021431	1710.10	2209.30	3308.00	3772.50	4235.30

L'étude des crues montre que plusieurs régions de ce bassin, notamment celles urbanisées, sont confrontées au phénomène d'inondation qui se manifeste par des crues catastrophiques avec une période de retour de l'ordre de 50 ans associés à des crues décennales.

## VI- CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES

La synthèse des caractéristiques physico-mécaniques de la région d'El Harrach révèle la présence de 3 unités lithologiques distinctes. L'unité I est constituée de formations sableuses, l'unité II comporte des argiles, des argiles limoneuses, des limons argileux et des marnes. L'unité III comporte les formations organiques (tourbes, vases et argiles organiques).

En résumant les données du tableau, nous pouvons dire que pour les trois unités, nous avons des sols à fort degré de saturation, à près de 90% et plus, avec des valeurs élevées de la limite de liquidité. Du point de vue de la granulométrie, nous avons affaire à des sols fins. Les caractéristiques géotechniques de ces trois unités

sont donc médiocres surtout pour l'unité III: sol très plastique, détrempe, imperméable et présence de matières organiques.

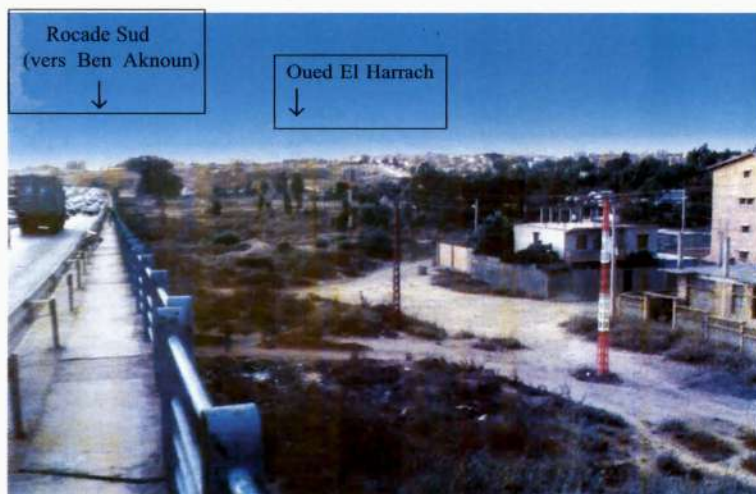
La synthèse des différents essais de laboratoire, recueillis dans plusieurs études géotechniques (LNHC, LCTP...) a été rassemblée dans le tableau IV.

Sur la base des observations de terrains, qui mettent en évidence une morphologie très encaissée du lit de l'oued en amont, alors qu'en aval le lit mineur est pratiquement au même niveau que le lit majeur, et l'analyse des événements passés ayant affecté la région, nous pouvons déduire que la région aval du bassin est la plus exposée au risque d'inondation.

Les précipitations intenses, ajoutées à la faible perméabilité des sols, rendent cette région vulnérable aux inondations. A cela s'ajoute l'occupation urbaine qui est un des plus grands facteurs aggravant la vulnérabilité d'une région au risque d'inondation. En effet, le secteur d'étude est marqué par un accroissement important et récent du tissu urbain (photo 1).

**Tableau IV - Les principaux paramètres géotechniques de chaque unité**  
**Main geotechnical parameters for each unit**

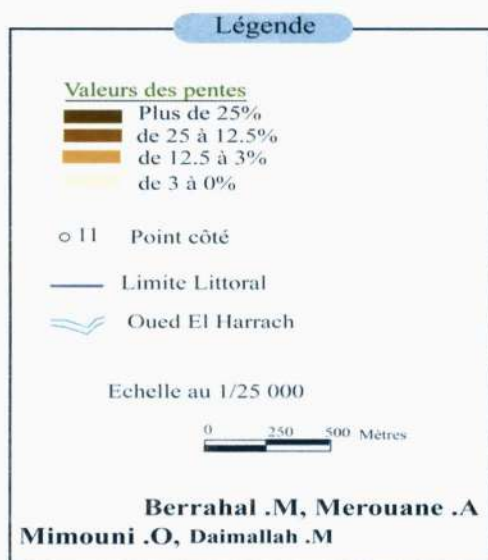
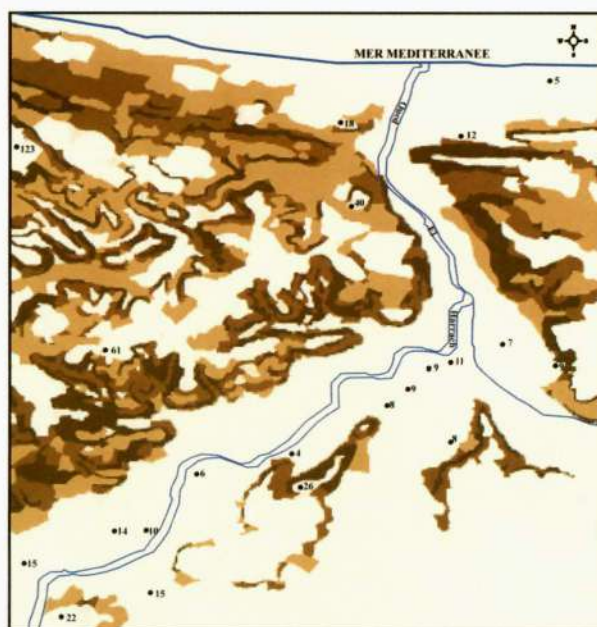
Paramètres géotechniques	UNITE I	UNITE II	UNITE III
$\gamma_d$ ( $t/m^3$ ) poids volumique sec	1.71	1.63	0.95
W (%) teneur en eau	19.02	20.09	44.18
Sr (%) degré de saturation	89.62	95.37	96.08
<2mm passant à	93.5	100	100
<80 $\mu$ m passant à	49	86.5	98
<3 $\mu$ m passant à	23	48	70.5
Wl (%) limite de liquidité	31.51	43.11	56.64
Ip (%) indice de plasticité	14.14	22.44	36.96
Ic indice de Consolidation	0.83	1.02	0.33
Pc (bar) pression de consolidation	1.67	2.39	0.383
Cc (%) coefficient de compressibilité	0.15	0.253	0.253
Cg (%) coefficient de gonflement	0.03	0.051	0.175
Cu (bar) cohésion	0.13	0.41	0.4
$\zeta$ (°) angle de frottement	31.00	17.27	13.85
K (cm/s) perméabilité	10-5	$10^{-8} < K < 10^{-6}$	-



**Photo 1 - Habitations récentes sur les rives inondables de l'oued El Harrach**  
**Recent habitations on inundable banks of El Harrach wadi**

## VII- MORPHOLOGIE

La topographie défavorable des terrains avec des pentes très faibles, montre un ensemble de caractères favorables au non écoulement et à la stagnation des eaux (fig.7).



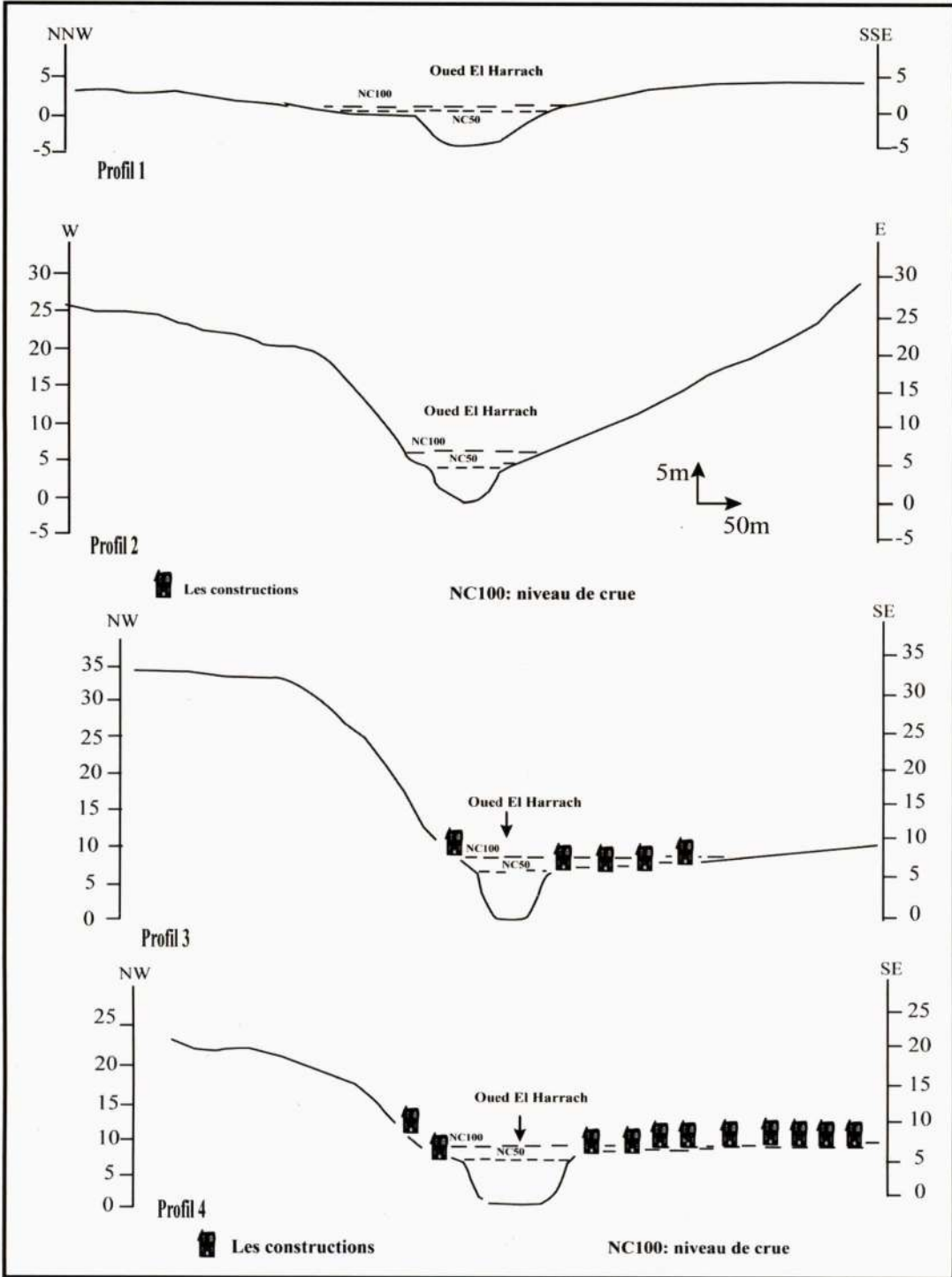
**Fig.7 - Carte des pentes**  
*Slope map.*

L'oued El Harrach traverse le Sahel peu élevé ici par une cluse. Il reçoit en amont de la cluse l'oued Smar, dans la basse plaine de la Mitidja, très exposée à l'inondation.

Pour montrer la relation entre les débordements de l'oued lors des crues et le risque accru dû aux constructions récentes de plus en plus nombreuses, des profils en travers ont été réalisés (fig.8) afin de visualiser l'extension latérale de l'inondation par rapport aux habitations et par rapport aux crues cinquantennales et centennales. La localisation des profils est montrée sur la photographie numéro 2.



**Photo 2 - Emplacement des profils en travers**  
*Location of cross- sections*



**Fig.8 - Profils en travers – cross-sections.**

(NC. 100 : Niveau de crue centennale et NC50 : Niveau de crue cinquennale ) (NC. 100 : centennial flood level and MC. 50 : fifty flood level ).

ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE DE PROBLÈMES D'INONDABILITÉ DANS LA RÉGION D'ALGER -  
EXEMPLE : L'OUED EL HARRACH, ALGER.

La combinaison de tous ces facteurs analysés nous a permis d'établir une carte des zones à risque le long de l'oued, avec au total trois niveaux de risque d'inondation en fonction de leurs aléas (fig. 9) :

- une zone à risque d'inondation élevé (représenté en rouge/ high risk zone : red);
- une zone à risque d'inondation moyen à modéré (average to moderate risk zone: orange);

- une zone à risque d'inondation faible à nul (représenté en vert/ low to zero risk zone: green).

Des travaux d'aménagements ont été récemment entrepris dans l'oued afin de diminuer le risque d'inondation dans la région. Ces travaux consistent en :

- l'aménagement de l'embouchure de l'oued El-Harrach par la réalisation de deux digues, et l'aménagement de ses deux berges (lot n°1 en fig. 10);

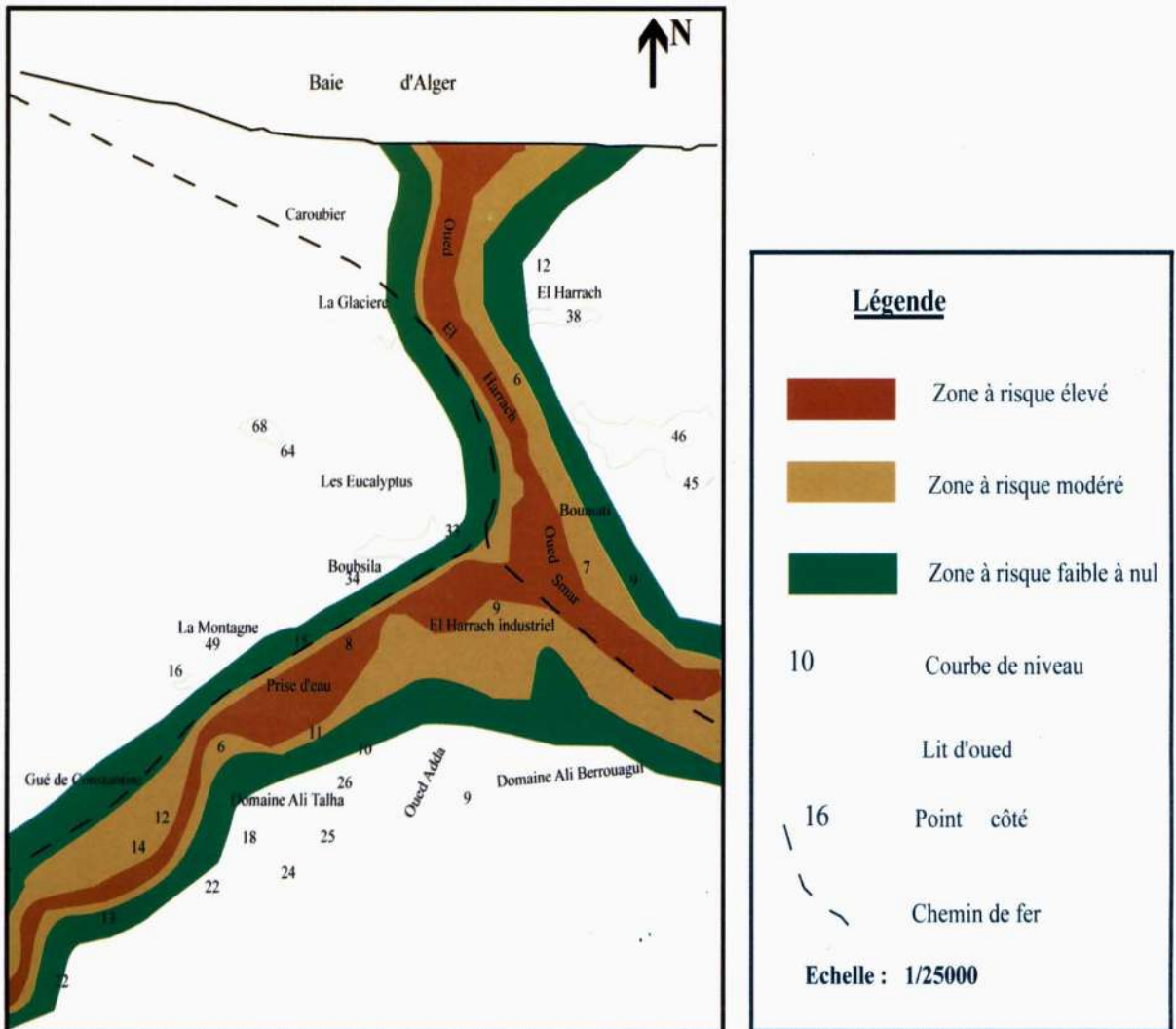
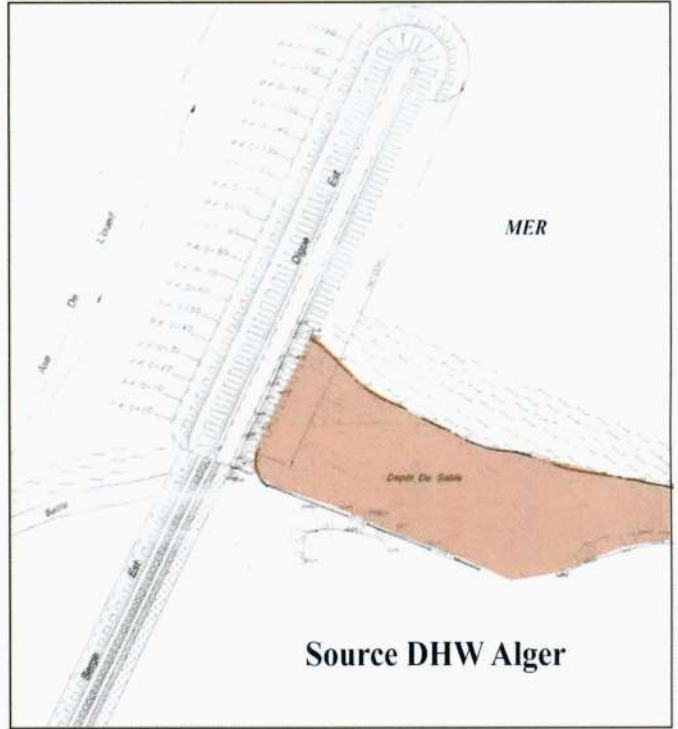


Fig. 9 - Cartographie des zones inondables de l'oued el Harrach  
*Map of inundable areas in El Harrach wadi*



La barre sableuse  
Sand bar



Source DHW Alger

Dépôt de sable derrière la digue est  
Sand deposit behind east spit

**Fig.10** - Formation de la barre sableuse avant travaux et aménagement de l'embouchure.

***Sand bar formation before work and opening adjustment.***

- la réalisation d'un mur de soutènement au niveau du lot n°1 avec le reprofilage du cours d'eau (lot n°2);

- l'aménagement de tout le tronçon oued El-Harrach - oued Smar - oued Adda (lot n°3).

### VIII- POLLUTION.

Le traitement de l'aspect pollutionnel dans cette étude est justifié par la relation existante entre le rejet et le transport des déchets. En effet, dans la majeure partie du temps, l'oued El Harrach n'occupe que son lit mineur avec un écoulement faible ou presque à sec par endroits. Lors de crues abondantes, le niveau d'eau est brusquement élevé et la crue torrentielle est

mise en mouvement, charriant tous les déchets accumulés jusqu'à les déposer de part et d'autre des berges, atteignant les constructions à risques, jusqu'à la mer.

Dans ce volet, nous traiterons ce risque de pollution qui est malheureusement accentué lors des crues.

L'oued El Harrach est actuellement dans un état d'insalubrité très prononcé et constitue un sérieux danger pour la santé publique et une source de contamination permanente de l'environnement (photos : 3 et 4). Suite aux différentes études menées par l'Inspection de l'Environnement du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), trois types de pollution ont été identifiés :

ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE DE PROBLEMES D'INONDABILITE DANS LA REGION D'ALGER -  
EXEMPLE : L'OUED EL HARRACH, ALGER.



Rejet liquide  
d'unité industrielle



Eau très polluée



Photo 3 - Pollution liquide  
*liquid pollution*



Habitations

Tous types de déchets solides - *All kinds of solid wastes*

Photo 4 - Pollution solide  
*solid waste pollution*

- pollution agricole due aux engrais;
- pollution urbaine due aux rejets domestiques;
- pollution industrielle due aux activités de production.

L'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources en eau, le principal élément étant l'azote ainsi que ses dérivés, nitrates et nitrites, que l'on retrouve en concentration importante dans les engrais. En raison de leur solubilité, ces éléments lessivés et entraînés, se retrouvent dans les eaux de ruissellement, les nappes et même en mer.

L'oued El Harrach reçoit l'ensemble des eaux usées urbaines de 26 communes avec une population globale de plus d'un million d'habitants.

Ces rejets sont estimés à environ 115 000 m<sup>3</sup>/j (source MATE), si l'on considère qu'un habitant génère une moyenne journalière de :

- 90g de matières en suspension (MES);
- 55g de demande biochimique en oxygène (DBO5);
- 15g d'azote Keldjal (NK);
- 5g de phosphore total (PT).

On peut aisément estimer la charge polluante quotidienne des eaux usées urbaines rejetée au niveau de l'oued El Harrach. Cette charge globale est d'environ 180 000 kg/j, c'est-à-dire près de 200t/j !

Les trois zones industrielles couvrant des superficies importantes (jusqu'à 320 ha) mais différentes sont implantées dans le bassin versant de l'oued El Harrach. Ce sont celles de Gué de Constantine, de Oued Smar et d'El

Harrach. Parallèlement à cela, il existe aussi des zones d'activités industrielles au niveau de Dar El Beida, Birtouta, Eucalyptus, Baba Ali, etc.

La majorité de ces unités évacuent leurs effluents liquides et parfois solides directement dans l'oued sans aucun traitement préalable. De plus, la majorité des unités industrielles sont dotées de leur propre forage mais ne sont pas équipées en débitmètre d'où la difficulté de quantification du volume total des rejets d'origine industrielle.

## IX- CONCLUSION

A la lumière de cette étude, nous pouvons conclure que les inondations de l'oued El-Harrach sont dues à l'interaction de plusieurs facteurs : topographie défavorable des terrains (pentes très faibles), précipitations intenses, ajoutées à la faible perméabilité et la saturation des sols. Le drainage des eaux de surface est ainsi, rendu très difficile, ce qui conduit à l'inondation des zones planes et peu élevées.

A cela, s'ajoutent les facteurs anthropiques qui sont des facteurs d'aggravation du risque : imperméabilisation des terrains qui est due à la densité du tissu urbain et à l'encombrement du lit de l'oued El-Harrach par différents rejets.

Cette analyse permet de définir deux zones considérées comme les plus vulnérables aux inondations, une zone rouge à risque élevé et une zone orange à risque moyen. Pour lutter contre ces calamités, des travaux ont été entrepris dans le but de :

- réduire les risques d'inondation;
- réduire les risques d'érosion et de charriage des sédiments;
- récupérer et valoriser les berges;
- améliorer les écoulements d'eau.



ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE DE PROBLEMES D'INONDABILITE DANS LA REGION D'ALGER -  
EXEMPLE : L'OUED EL HARRACH, ALGER.

**BIBLIOGRAPHIE**

- AHMANE, D.L. ET ISSADI, A. 2003.** Le bassin versant de Bab El Oued et les risques géologiques. *Mémoire d'Ingénieur, IST-USTHB.*
- AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES (ANRH).** -Carte hydrogéologique de la région d'Alger 1/200000 et sa notice explicative. -Méthodologie de cartographie de la qualité des eaux superficielles. -Note technique sur les paramètres hydrologiques des bassins versants de la région d'Alger. N°75/ANRH/DHYL/Février, 2002.
- AIT OUALI, A. 2006.** Pollution et vulnérabilité de la de la Mitidja. *Thèse Magistère, USTHB.*
- AYADI, A., BELDJOUDI, H., BENHAMOUDA, F., BRIOLE, P., HARBI, A., MAUCHE, S., MEGHRAOUI, M., OUSSADOU, F., THOUVENOT AND YELLES, A. 2003.** The Algerian Earthquake of May 21st 2003, A large event near a capital city, *EOS, AGU Transactions*. Vol. 84, N° 50, pp.561-568, 16 Décembre 2003.
- BAAZIZ, L. ET BENHAMOUCHE, T. 2004.** Etablissement d'un SIG orienté vers la cartographie géotechnique des communes: Bab Ezzouar/Oued Smar, *Mémoire d'Ingénieur, IST-USTHB.*
- BAKELLI, Y. ET KERMOUD, P. 1990.** Contribution à l'étude géologique et géotechnique du barrage du rocher des pigeons sur oued El Harrach-Hammam Melouane, *Mémoire d'Ingénieur, IST-USTHB.*
- BENZIADA, M. 1994.** Etude hydrogéologique et hydrologique de la plaine de la Mitidja - Est (Application mathématique "ASM" au bassin côtier algérois, Algérie). *Thèse nouveau doctorat, Université de Besançon.*
- BERRAHAL, M. ET MEROUANE, A. 2005.** Contribution à l'étude du risque d'inondation de l'oued El Harrach. *Mémoire d'ingénieur / USTHB.*
- CORNET, A., DALLONI, M., DELEAU, P. FLANDRIN, J. GAUTIER, M., GOURINARD, Y., GOSKOV, N. ET LAFFITE, R. 1952.** Carte géologique de l'Algérie du Nord - 2<sup>e</sup> ed. *Service de la Carte Géol. de l'Algérie.*
- DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE DE LA WILAYA D'ALGER (DHW), 1975.** Assainissement de la région de l'oued El Harrach «Schéma général Alger 2000» Vol.1 et 2.
- DJOUJAR, D.C. ET HELLEL, D. 1993.** Approche du comportement hydrodynamique d'un système aquifère alluvial, zone : oued El Harrach et oued El Hamiz. *Mémoire d'Ingénieur, IST-USTHB.*
- DOUADI, F.Z. ET SOUDANI, 1990.** Etude de la dynamique de l'embouchure de l'oued El Harrach. *Mémoire d'Ingénieur, IST-USTHB.*
- GLANGEAUD, L. 1932.** Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. *Thèse Doct. Sci., Paris, Bull. Serv. Carte géol. Alger 2<sup>ème</sup> Série, Stra. n°8, 608p.*
- GLANGEAUD, L., AYME, A., MATAUER, M. 1952.** Histoire géologique de la province d'Alger, XIX Cong. Géol. Inter., *Monogr. Région. Algérie, 1<sup>er</sup> série, n°25.*
- HELLEL, M. ET SI BACHIR, H. 1994.** Impact du sol sur l'inondabilité de la région de Rouiba. *Mémoire d'Ingénieur, IST-USTHB.*
- LUNA, B. LEOPOLD.** Water in Environmental Planning 1978 by W. H. Freeman and Company. *San Fransisco - USA*
- MIMOUNI, O. AND GAID, A. 1987.** Nitrate pollution of the Mitidja plain groundwater – Algiers. *Proceedings International Conference on Reservoir Limnology and Water quality, Ceske, Budezovitch, Thecoslovaquie, Juin 1987.*
- MIMOUNI, O. 1989.** Hydrogeological map of the Mitidja plain, *Proceedings Hydrogeological Maps as Economical Tools, Hannover, Germany.*
- MIMOUNI, O. 1989.** Predicting nitrate pollution of the Mitidja plain groundwater, Algiers. *Environmental Software, Vol.4, N°3, September, 1989, pp 136-141. California, USA.*
- MIMOUNI, O. AND CHIBANE, B. 1989.** Study of the evolution of nitrates contaminations in the Mitidja plain groundwater. *28<sup>th</sup> International Geological Congress (I. G. C), Washington DC, USA.*
- Bull. Serv. Géol. Nat. Vol. 20 n° 2. 2009*

- MIMOUNI, O. CHIBANE, B. ET AKLI, A. 1989.** Pollution par les nitrates des eaux souterraines de la Mitidja. *Revue ANRH « Eaux et sols d'Algérie »*. Octobre, 1989.
- MIMOUNI, O. ET BRADAI, A. 1990.** Recherche et exploitation industrielle d'eau souterraine dans la Wilaya de Tipasa, région du Sahel d'Alger (Algérie). *Proceedings Conférence internationale sur les Ressources en Eau en régions Montagneuses, Lausanne, du 27-8 au 1-9, Suisse.*
- MIMOUNI, O. 1993.** Groundwater pollution in Algiers region. *Proceedings of the XXIVth Congress: «Hydrogeology of Hard Rocks», June 28- July 2, Oslo, Norway.*
- MIMOUNI, O. HELLAL, M. ET SIBAGHIR, 1994.** Impact du sol sur l'inondabilité de la zone de Rouïba (Alger). *Proceedings du Colloque National du Comité Belge de Géologie de l'Ingénieur, « La Géologie de l'ingénieur et les Grands Travaux d'Infrastructure », 22-24 novembre. Louvain-La-Neuve, Belgique.*
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (MATE), 2002.** -Diagnostic de l'Etat de l'environnement du Bassin versant de l'Oued El Harrach  
-L'Algérie de 2020, un projet d'Aménagement du territoire intégrant les enjeux d'un développement durable.  
-Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement.
- TAIBI, M. ANRH, MAI 2000.** Contribution à la gestion des eaux de surface et souterraines en milieu urbain (cas de la Mitidja dans le côtier Algérois).