



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah

Faculté des Sciences et Techniques



www.fst-usmba.ac.ma

Année Universitaire: 2012-2013



Master Sciences et Techniques: Hydrologie de Surface et Qualité des Eaux

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et
Techniques

Elaboration de la carte de risque global au niveau de La Merjat Fouarat et le canal d'assainissement (ville de Kenitra)

Présenté par:

Ouissam EL BOTI

Encadré par:

- Pr. Abderrahim LAHRECH, FST - Fès
- Mr. Abdellah BOURAK, ABHS - Fès

Soutenu Le 22 Juin 2013 devant le jury composé de:

- Pr. Abderrahim LAHRACH
- Mr. Abdellah BOURAK
- Mr. Abdel-Ali Chaouni
- Mr. Lahcen Benaabidate

Encadrant
Encadrant
Examineur
Examineur

Stage effectué à: ABHS, Fès



«On ne supprime pas les catastrophes naturelles, on s'adapte intelligemment à elles...» Haroun Tazieff

RESUME

Ce projet de fin d'étude intitulé l'Elaboration de la carte de risque global au niveau de la Merjat Fouarat et le canal d'assainissement vise à la mise en évidence de l'ensemble des facteurs causant des risques naturels.

Cet étude met l'accent sur le diagnostic de la Merjat Fouarat au niveau de la ville de Kenitra dans le dessein de montrer que c'est un lac pollué ; présente un fort potentiel inondable et située dans un lieu panoramique de la ville de Kenitra.

Ce rapport présente une évaluation et une cartographie des deux risques affectant le plus la Merjat Fouarat; le risque d'inondation et la pollution des eaux du lac, pour cela on a procédé par la réalisation des cartes de ces deux risques et la carte de la vulnérabilité qui montre la densité des habitants de la ville de Kenitra pour en avoir une vision globale sur la problématique.

En guise de conclusion on a élaboré la carte de risque global en se basant sur les cartes précédentes.

Mots clés:

Risque, cartographie, vulnérabilité, alea, inondation, pollution.

DEDICACE

A mon cher père Mr. Ahmed EL BOTI, en témoignage de ma fidèle affection et de ma reconnaissance pour son amour, que dieu le garde dans sa sainte miséricorde.

A ma chère mère Mme. Rahma EL BOUTI, veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma profonde gratitude et le fruit de vos énormes sacrifices. Que dieu tout puissant vous garde et vous accorde longue vie et bonne santé.

A mes chers frères Mohamed; Mostapha; Abdelhay; Abdelmonaim; et ilyas, en reconnaissance de vos encouragements et de votre aide. Je vous souhaite une vie pleine de réussite et de succès. Merci à dieu de vous avoir et que dieu vous bénisse.

A mes chers sœurs Fatima; Fadila; et samya que dieu bénisse vos vies et vous baigne dans le bonheur.

A mes chers Amis Je vous dédie ce travail, témoignant ma reconnaissance pour l'aide et le soutien que vous m'avez apporté, particulièrement Majda EL Hamdani, Khadija DIANI, Ferdaous LEKHILI, Chaimae KHAYSSIDI, Issam Boussalla; Yassin Mastour; Sidi NEH et Hamza BERROUCH.

A tous les membres de la famille EL BOTI Veuillez trouvez ici le témoignage de mes sentiments sincères.

REMERCIEMENTS

L'accomplissement d'un mémoire, ne peut aboutir sans l'apport d'innombrables assistantes et collaborations, à la fois morales et matérielles. Pour ce, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à son élaboration, en particulier :

Au professeur **Mr. Abderrahim LAHRECH** responsable de la filière «Hydrologie de Surface et Qualité des Eaux» qui a bien accepté d'encadrer ce travail et suivre de près les étapes de sa réalisation, et aussi des multiples directives techniques très constructives. Vos compétences scientifiques au travail vont de pair avec vos qualités humaines, je tiens à cet égard de vous signaler ma profonde obligation et mes sincères remerciements pour toute l'aide morale et assistance professionnelle que vous m'aviez allouée tout au long de cette période.

A **Mr. Abdellah BOURAK**, Ingénieur d'Etat à l'Agence du Bassin Hydraulique de Sebou à Fès pour son soutien conceptuel et logistique qui a été très nécessaire à l'aboutissement de ce travail, ses suggestions et l'importante documentation qu'il a mise à ma disposition ont été d'une grande aide.

Je tiens à remercier spécialement **Ferdaous LEKHILI** pour son aide et sa disponibilité que pour ses efforts considérables et ses conseils pratiques qui m'ont beaucoup facilité le travail.

Sans oublier de remercier infiniment **Haytam MESRAR** et **Omar EL AROUSSI** pour le temps qui m'ont accordé le long de la réalisation de ce travail.

Sommaire

RESUME	2
DEDICACE	3
REMERCIEMENTS	4
I. PRESENTATION DE LA VILLE DE KENITRA:	15
I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA VILLE DE KENITRA:	15
I.2. CARACTERISTIQUES DE LA VILLE DE KENITRA:	15
I.2.1. Démographie:.....	15
I.2.2. Économie:	16
I.2.3. Climat:.....	16
1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE:	17
II.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE:.....	17
II.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES:.....	18
II.2.1. GEOLOGIE:	18
II.2.2. Carte d'altitude:.....	20
II.2.3 Carte de la pente:	21
II.2.4. Pluviométrie:	22
II. DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT:.....	22
III. DESCRIPTION DE LA MERJAT:	25
V. HYDROLOGIE:.....	29
I. QU'EST-CE QUE LE RISQUE ?	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
I.1. DEFINITION DU RISQUE:.....	31
I.2. LES RISQUES URBAINS:	33
II. LES INONDATIONS:	33
II.1. QUEL EST LE PROCESSUS CONDUISANT AUX INONDATIONS?	34
II.2. TYPOLOGIE DES INONDATIONS:	36
II.3. CONSEQUENCES DES INONDATIONS SUR L'HOMME:	39
III. LA POLLUTION:	40
III.1. LES TYPES DE POLLUTION DE L'EAU:	41
III.2. ORIGINES DE LA POLLUTION DE L'EAU:	41
INTRODUCTION:	44
I. OBJECTIFS DE CE CHAPITRE:.....	44
II. METHODOLOGIE ET DEMARCHE ADOPTEE:	45
I.1. PONDERATION ET AGREGATION DES ALEAS:.....	45
I.2. LA CARTE DE RISQUE GLOBAL:.....	46
III. CARTE DE VULNERABILITE:.....	46
IV. L'ALEA D'INONDATION:.....	49
IV.1. RESULTATS DES SIMULATIONS:	49
IV.2. CARTE DES ZONES INONDABLES:	53

IV.3. COMMENT DETERMINER L'ALEA INONDATION?	55
V. L'ALEA DE POLLUTION DES EAUX:	58
IV.1. DESCRIPTION DES POINTS DE REJETS:	61
V.2. EVALUATION DU DEGRE DE CONTAMINATION DES EAUX DU LAC:	64
VI. ELABORATION DE LA CARTE GLOBALE DE RISQUE:	65
VI.1. LA CARTE D'ALEA GLOBALE:	65
VI.2. LA CARTE DE RISQUE GLOBAL:	67
CONCLUSION GENERALE:	70
LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:	72
ANNEXE:	74
RESUME	79

Liste des figures

Figure 1:situation de la ville de Kenitra	15
Figure 2:Diagramme Ombro-thermique de la station de Kenitra.....	16
Figure 3:Carte de situation de Fouarat	17
Figure 4: la légende de la carte géologique du bassin	Erreur ! Signet non défini.
Figure 5:la carte géologique du bassin versant de l'oued Fouarat	19
Figure 6:carte d'altitude de l'oued Fouarat	20
Figure 7:Carte de pente du bassin versant d'oued Fouarat.....	21
Figure 8: Carte de délimitation et situation du bassin versant de l'oued Fouarat	23
Figure 9:le profil du radier du canal.....	27
Figure 10:les trois composantes du risque.....	32
Figure 11:la courbe de Farmer	32
Figure 12:Embâcle sur un torrent.....	35
Figure 13:les inondations par torrents	37
Figure 14:Inondation estuarienne.....	38
Figure 15: Inondation par remontée de nappe.....	39
Figure 16: Méthodologie adoptée.....	45
Figure 17:Carte des habitations situées au niveau de la ville de Kenitra	47
Figure 18:Carte de degré de vulnérabilité le long des cours d'eau située au niveau de la ville de Kenitra.....	48
Figure 19:l'hydrogramme de crue de 100 ans.....	53
Figure 20:Délimitation des zones inondable au niveau de la ville de Kenitra	54
Figure 21:Carte d'aléa d'inondation au niveau de la ville de Kenitra.....	57
Figure 22:Carte montrant la situation des points de rejet au niveau de la Merjet Fouarat	60
Figure 23:carte d'alea pollution	63
Figure 24:Carte d'aléa Global de l'oued Fouarat et la Merjat au niveau de la ville de Kenitra.....	66
Figure 25:Carte de risque global au niveau de l'oued et la Merjat Fouarat de la ville de Kenitra	68

Liste des tableaux

Tableau 1:Population de la ville de Kenitra	15
Tableau 2: les précipitations et la température au niveau de la ville de Kenitra	16
Tableau 3:les caractéristiques des bassins versants.....	24
Tableau 4:le niveau d'eau de la merjat.....	25
Tableau 5:les caractéristiques des ouvrages	27
Tableau 6:les caractéristiques des bassins versants.....	29
Tableau 7:les résultats des simulations des pluies de 24h et 72h	50
Tableau 8:les hauteurs d'eau sur les chaussées des ouvrages.....	52
Tableau 9:Qualification des aléas en fonction de la hauteur et de la vitesse.....	56
Tableau 10:Paramètres physico-chimiques des eaux du lac Fouarat	62
Tableau 11:Teneurs des quelques métaux dans les rejets et les eaux du lac Fouarat	62

Liste des photos

Photo 1:Oued Fouarat.....	24
Photo 2: la Merjat Fouarat.....	26
Photo 3: Oued Fouarat, vue prise du pont de la RN°1	28

Liste des abréviations

ABHS: Agence du Bassin Hydraulique de Sebou;

AEP: Alimentation en Eau Potable;

ONCF: Office National des Chemins Ferrés;

RP: Route Principale;

RN: Route Nationale;

BV: Bassin Versant

TC: Temps de Concentration;

Sup: Superficie;

pH: Ptentiel Hydrogène;

ouv.rejet: Ouvrage de Rejet;

R: Rejet;

T°C: Température en Degré Celsius;

Cond: Conductivité;

MES: Matière en suspension;

OMS: Organosation Mondiale de la Santé;

UE: Union Européenne;

I: Indice de risque global;

N:indice de risque d'inondation;

P: indice de pollution;

SIBE: Site d'Intérêt Biologique et Ecologique;

INTRODUCTION GENERALE

La région du Gharb constitue un pôle économique capital au Maroc, de part ses réserves en eaux superficielles et souterraines et la qualité de ses terres fertiles, cette région est riche en dépressions humides.

Les eaux des lacs sont les plus sensibles aux problèmes de pollution. En constituant des dépressions humides entretenant des bas marécageux et insalubres dont l'étendue oscille en fonction des apports d'hiver et l'évaporation en été, ils présentent des réserves en eaux menacées par l'expansion urbaine, le développement industriel et agricole.

Le lac Merjat Fouarat qui est situé au Nord-est de la ville de Kenitra et communiquant avec la nappe phréatique Maâmora sous-jacente dont le niveau piézométrique est localement au-dessus du sol et aussi avec le fleuve Sebou, principal cours d'eau qui sillonne la plaine du Gharb, constitue un cas de ces systèmes fermés.

Le lac sujet du présent travail, reçoit des rejets urbains et industriels sans aucun traitement préalable. Il présente un intérêt stratégique pour la région et l'état marocain le situe dans la zone de protection éloignée d'un champ captant d'eau potable alimentant certaine villes côtières.

Le lac Fouarat constituait auparavant un site naturel où divers types d'oiseaux migrateurs y trouvaient un milieu favorable pour se reproduire. Ce lac qui était à la périphérie de la ville de Kenitra, se trouve actuellement dans la zone urbaine et l'aménagement du territoire a permis la construction des habitations et unités industrielles aux alentours de ce site. Les déversements des rejets domestiques et industriels ainsi que les lessives agricoles l'ont transformé en un vrai déversoir.

Le risque de contamination de la nappe phréatique qui alimente toute la région en eau potable ainsi que le danger de transfert des polluants vers le Sebou nécessitent une étude détaillée du système. Dans le présent travail on s'intéresse à l'élaboration des cartes de risques liés au Merjat et oued Fouarat.

Le lac Fouarat, se trouvant sur la plaine de Maâmora, est situé sur le plan géologique entre la Mesta, massif ancien stable, et le Gharb, plaine subsidence récente. D'un point de vue pédologique, le sol du lac est hydromorphe moyennement ou peu humifère.

Il s'agit d'une dépression ouverte à pentes longitudinales faibles permettant l'écoulement vers l'aval et traversée par un chenal Oued Fouarat, l'un des principaux cours d'eau de la plaine Maâmora et affluent de l'oued Sebou, il prend sa source dans la forêt de la Mamora, à Al Arjate, entre Salé et Si Allal El Bahraoui, au pied du plateau traversé par la route de Rabat-Salé-Meknès. Sa source est captée pour l'alimentation en eau potable de la ville de Salé.

La partie occidentale de la nappe d'eau douce, dont la plaine est le siège, est une zone côtière de 390 Km²; elle alimente le lac Fouarat lors de son écoulement vers l'océan. Par sa situation géographique, le lac a le même climat que celle de la ville de Kenitra. L'influence océanique sur les températures est bien marquée avec cependant l'anomalie de l'hiver et une constance des températures estivales.

Le lac dont la profondeur varie de 0,5 à 3 m et dont la superficie est de l'ordre de 2 km² est alimenté par les eaux naturelles de la nappe phréatique par exfiltration, de l'Oued Sebou par effet de haute marée, de la pluie, de l'oued Fouarat et par les eaux résiduaires des rejets urbains de l'agglomération d'une partie de la ville de Kenitra.

Ce présent rapport aura but d'évaluer et de cartographier le risque d'inondation, et de la dégradation de la qualité des eaux au niveau de la Merjat pour procéder par la suite à un meilleur aménagement.

L'évaluation de ces risques et leur cartographie est basée sur la collecte de données à partir d'un ensemble de documents de base à savoir, la carte topographique, le plan d'aménagement de la ville de Kenitra, Google Earth...qu'on va intégrer dans un système d'information géographique (S.I.G) dans le but d'élaborer des cartes dites "cartes d'aléa " et «cartes de vulnérabilité». Ces cartes vont être l'origine de la carte de risque globale, Afin de pouvoir faire une restauration de la Merjat concernée en milieu urbain de la ville de Kenitra. Cette carte constituera un document de base qui va être mis à la disposition des décideurs et des aménageurs, afin de les aider à prendre des décisions plus efficaces, au sujet de la protection des populations de la ville de Kenitra, contre le risque des inondations et de la pollution des eaux de la Merjat.

Le mémoire est composé de trois chapitres:

➤ Le premier chapitre développe la problématique, les objectifs, ainsi qu'une présentation générale de la zone d'étude de différents points de vues (géographique, géologique, climatique...);

➤ Le Deuxième chapitre présente un aperçu sur les deux risques affectant le plus la Merjat dans le périmètre urbain de la ville de Kenitra, il s'agit des inondations, et de la pollution des eaux;

➤ Le troisième chapitre est réservé à la cartographie des différents aléas décrits précédemment, incluant ainsi la vulnérabilité qui sera présentée par la densité des habitats situées le long de la Merjat Fouarat. Ces cartes vont servir par la suite à l'élaboration de la carte globale de risque.

CHAPITRE 1: PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

I. Présentation de la ville de Kenitra

I.1. Situation géographique de la ville de kenitra

Kenitra, qui signifie «petit pont» en arabe, est une ville du Maroc, connue durant le protectorat français sous le nom de Port-Lyautey et située à 40km au nord de Rabat, la capitale. D'une superficie de 76km², elle est la quatrième ville industrielle du pays.



Figure 1:situation de la ville de Kenitra (site web)

I.2. Caractéristiques de la ville de Kenitra

I.2.1. Démographie

Tableau 1:Population de la ville de Kenitra (habitant)
de 1994 à 2012 (wikipédia)

1994	2004	2012
292 453	359 142	418 222

I.2.2. Économie

Capitale économique de la région du Gharb au nord-ouest du pays, Kenitra est considérée aujourd'hui comme l'une des principales villes marocaines. Elle est réputée entre autres pour son exportation de produits agricoles, et est souvent citée comme étant la capitale agricole du Maroc.

I.2.3. Climat

Le climat est de type méditerranéen avec une influence atlantique favorable au développement d'une large gamme de culture.

Voilà un tableau qui donne un aperçu sur les précipitations et la température au niveau de la ville de Kenitra:

Tableau 2: les précipitations et la température au niveau de la ville de Kenitra (EL BAHALI H., 2008)

	sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	total
P mm	10,23	48,63	77,94	100,28	88,45	73,15	52,52	55,96	29,41	6,3	0,8	0,53	544,2
Tmoy °C	22,3	19,4	16,1	13,6	12,3	13,4	15	16,1	18,4	21	23,3	23,5	Tm=17.9

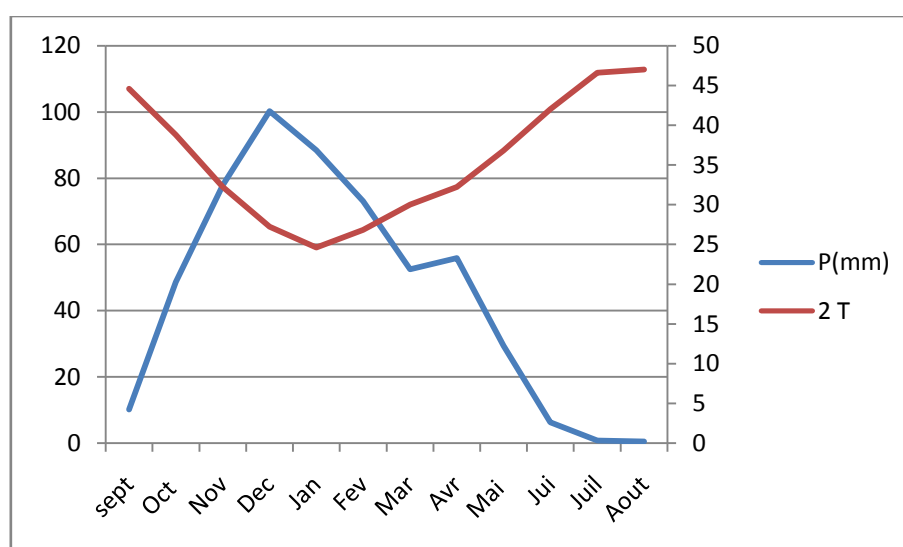


Figure 2: Diagramme Ombro-thermique de la station de Kenitra en 2008

II.2. Caractéristiques physiques

II.2.1. Géologie

Le bassin versant de l'Oued Fouarat, fait partie de la plaine du Gharb, grande plaine alluviale qui s'ouvre largement sur la côte atlantique. Cette plaine est à remplissage essentiellement tertiaire et quaternaire perméable.

Le cycle sédimentaire de l'ère tertiaire s'achève au Pliocène, il est caractérisé par des dépôts à caractères régressifs identifiés à l'affleurement sur les bordures du bassin: au nord ce sont des lumachelles et des conglomérats, à l'est des sables jaunes, au sud-est des sables et grès coquilliers. Ces dépôts généralement peu épais sont reconnus par des sondages sous la plaine (ABHS). La carte géologique du bassin versant et la légende sont présents ci-dessous (fig. 4 et 5).

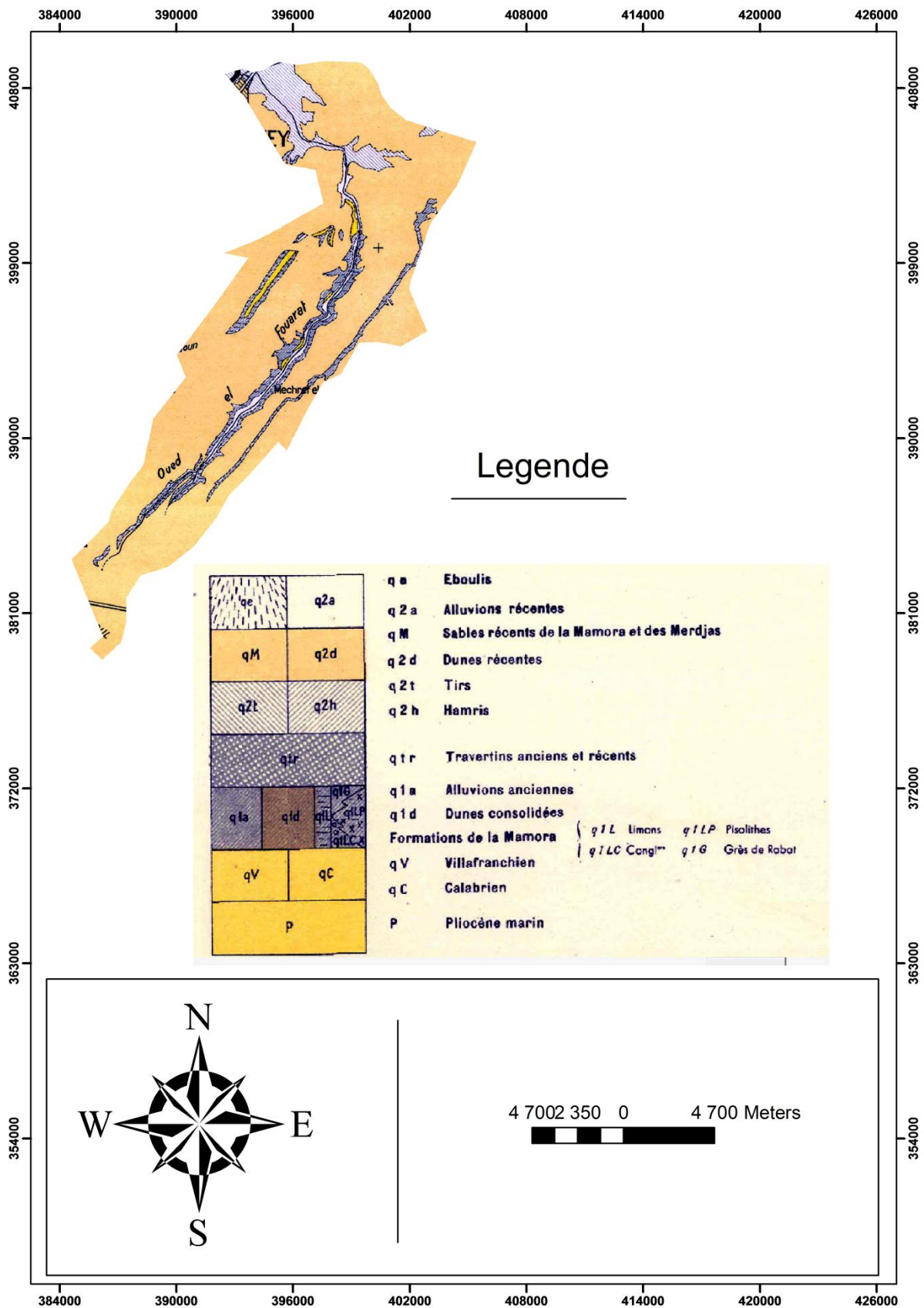


Figure 4: la carte géologique du bassin versant de l'oued Fouarat (carte géologique du Gharb et peririf occidental)

II.2.2. Carte d'altitude

Les altitudes au niveau du bassin versant de l'oued Fouarat décroissent de l'amont vers l'aval. Les altitudes qui sont supérieures à 170 m sont au niveau de l'amont du bassin incluant oued Fouarat et oued Fwi, et les basses altitudes sont à l'aval du bassin et ils sont inférieurs à 5 m. Généralement ne sont pas des grandes altitudes ce qui implique qu'on est devant une plaine. (fig.6).

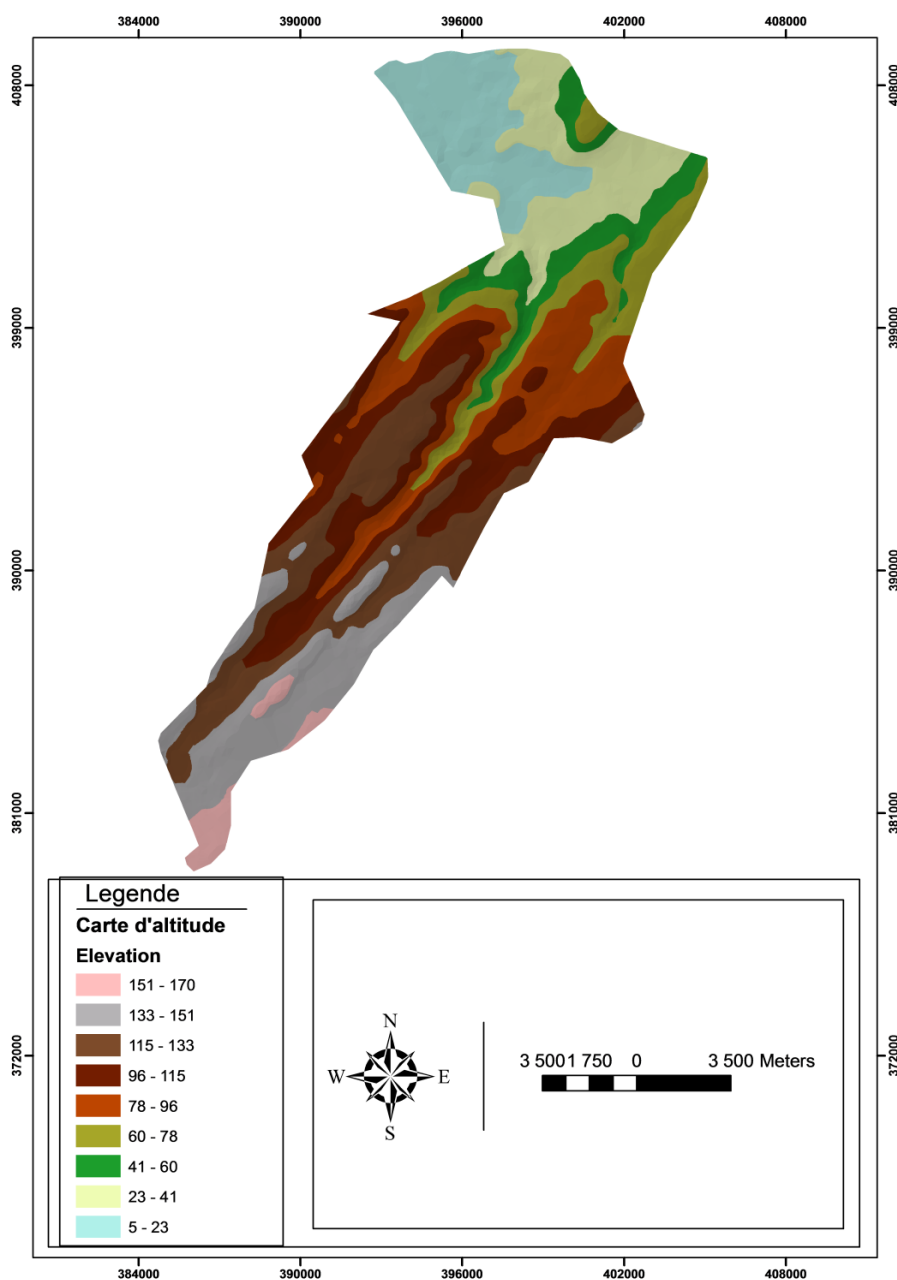


Figure 5: carte d'altitude de l'oued Fouarat
(MNT Maroc)

II.2.3 Carte de la pente

Le bassin versant de l'oued Fouarat présente des pentes assez faibles allons de 0.1 à 0.8 %. Les zones qui présentent des grands pentes sont les vallées d'oued Fouarat; Fwi; et Sahb el ghaba avec ordre décroissant. Tandis que les faibles pentes sont trouvées au niveau de la grande majorité du bassin versant. (fig.7).

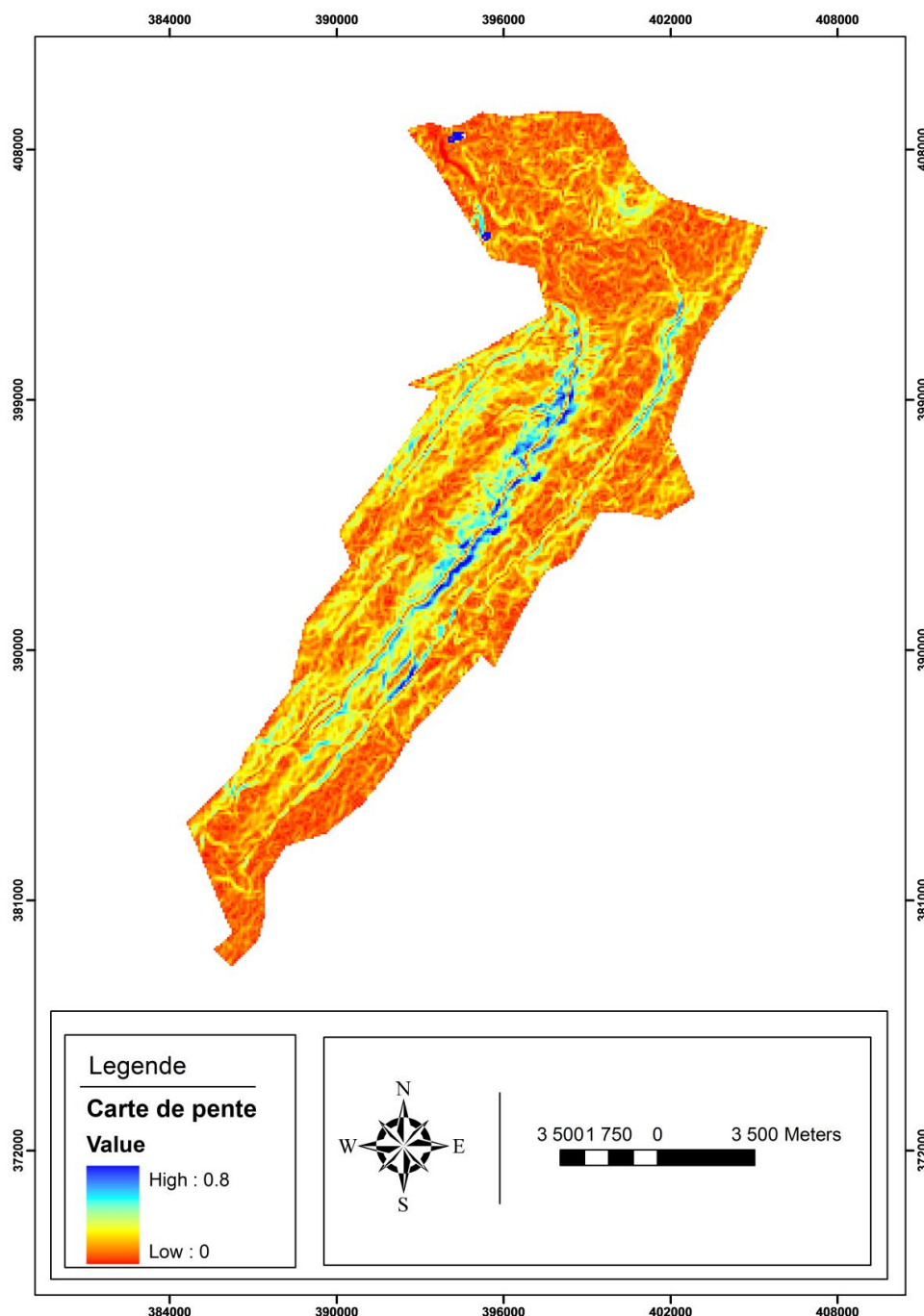


Figure 6: Carte de pente du bassin versant d'oued Fouarat (MNT Maroc)

II.2.4. Pluviométrie

La région se situe à la latitude moyenne du Maroc (34° N), à proximité de l'océan. Son relief est à peu près négligeable en ce qui concerne l'influence possible sur la climatologie. La pluviométrie moyenne annuelle est estimée à 590 mm/an. La saison sèche s'étend de juin à septembre alors que la saison humide couvre en moyenne la saison d'octobre à mars.

Les pluies génératrices des grosses crues proviennent de la succession à intervalles réduits de plusieurs perturbations d'ouest. Le nombre de jours pluvieux est de l'ordre de 80 jours au niveau de Kenitra. (ABHS).

III. Description du bassin versant

Le bassin versant de l'oued Fouarat, au niveau de la Merjat représente une superficie de 326km². L'oued Fouarat, affluent de l'oued Sebou, prend naissance à partir de la forêt de la Mamora et traverse la partie nord de la ville de Kénitra avant de confluer dans l'oued Sebou près de la mer. Le réseau hydrographique naturel de l'oued Fouarat est formé par trois affluents:

- Oued Sahb El Ghaba;
- Oued Fouarat;
- Oued Foui.

Voilà la carte de délimitation du bassin versant de l'oued Fouarat (fig.8):

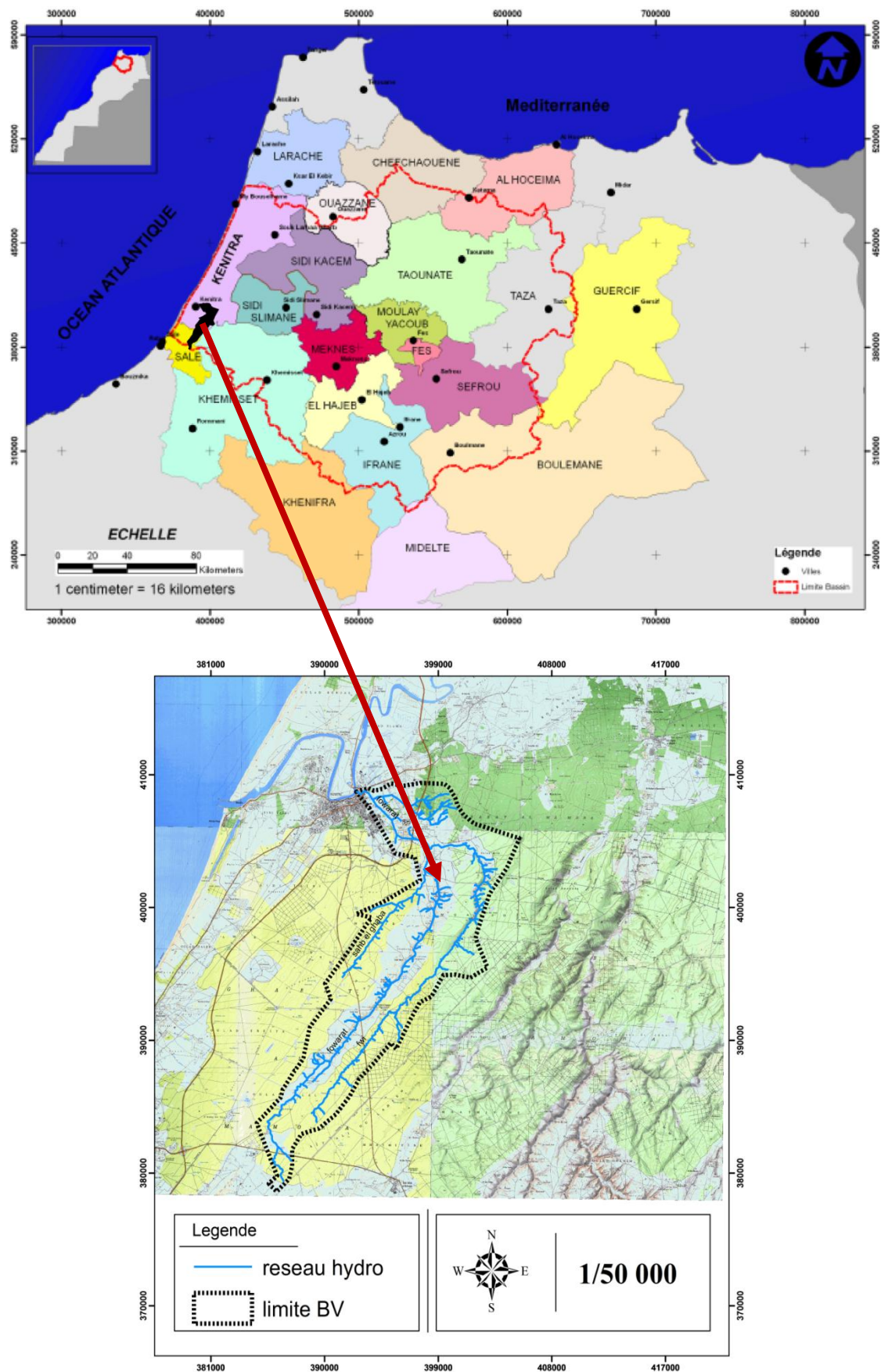


Figure 7: Carte de délimitation et situation du bassin versant de l'oued Fouarat



Photo 1:Oued Fouarat (ABHS 2008)

Un élément important de l'hydrographie de cette zone est l'existence de Merjat Fouarat, qui représente l'ultime exutoire naturel de ces oueds. Le tableau suivant donne les caractéristiques de ces bassins versants.

Tableau 3:les caractéristiques des bassins versants
(ABHS 2008)

Nom du B.V.	Sup. (km ²)
Sahb El Ghaba	34
Fouarat	74
Foui	174

Ces bassins présentent des pentes assez faibles: de 0.1 à 0.8 % comme j'ai déjà mentionné. Mais, comme cité au préalable, la zone se caractérise par des précipitations de longue durée, qui représentent des apports importants pour la Merjat. Si la capacité d'évacuation n'est pas suffisante, une extension et des débordements de la Merjat sont constatés.

IV. Description de la Merjat

La Merjat présente une étendue de 3 km². La plus grande partie est incluse dans le plan d'aménagement de la ville. Sa limite nord se situe à environ 1 km de l'oued Sebou.

Sur la base des profils en travers établis, en 1992, sur la Merjat, une caractérisation de la topographie a été faite. Le tableau suivant présente la courbe hauteur – surface et hauteur – volume de la Merjat.

Tableau 4: le niveau d'eau de la merjat (ABHS 2008)

Côte mNGM	Sup. (m2)	Volume (milliers de m)
-2.50	10	
-2.00	2,291	0.58
-1.50	6,773	2.84
-1.00	13,466	7.90
-0.50	24,441	17.38
0.00	41,006	33.74
0.50	65,897	60.47
1.00	415,048	180.70
1.50	940,691	519.64
2.00	1812,981	1 208.05
2.50	2166,630	2 202.96
3.00	2973,365	487.95



Photo 2: la Merjat Fouarat

La Merjat est traversée par une route reliant le quartier Fouarat à la ville. L'ouvrage de traversée est un dalot à deux pertuis sur le lit mineur de l'oued Fouarat. Il a été renforcé dernièrement par des buses $10 * \phi 1\,000$ et la route a été surélevée d'environ 1.5m, coupant ainsi la Merjat en deux.

V. Description du canal d'assainissement de la Merjat

La zone a connu d'importants aménagements pour l'évacuation des eaux excédentaires de Merjat Fouarat, et notamment la mise en place du canal d'assainissement vers l'oued Sebou. Le canal fait environ 1 km de linéaire, il a fait l'objet de plusieurs curage, mais l'examen de sa topographie montre qu'il présente beaucoup de contre pentes.

Le graphe suivant présente le profil du radier du canal.

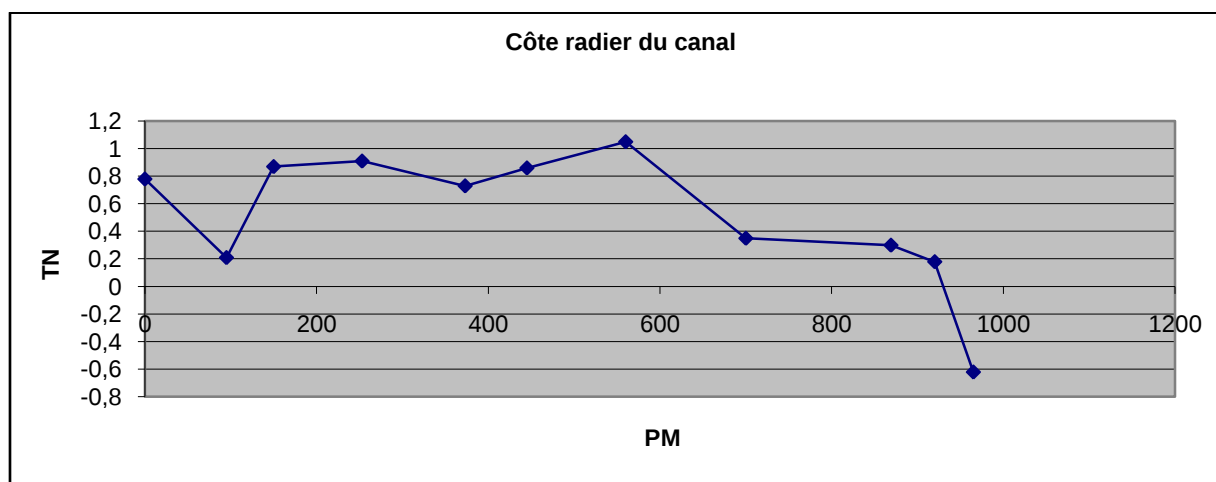


Figure 8:le profil du radier du canal (ABHS 2008)

Sur le canal, il y a cinq ouvrages d'art. Le tableau suivant donne leurs caractéristiques. La section d'écoulement a été évaluée sur la base des profils en travers au niveau des ouvrages.

Tableau 5:les caractéristiques des ouvrages (ABHS 2008°)

N° Ouvrage	Désignation	Type	Section d'écoulement (m2)
1	RN 1	Pont (1 travée)	17.00
2	Voie	Pont (2 travées)	5.40
3	ONCF	Pont (1 travée)	16.70
4	RP 2401	Pont (1 travée)	6.00
5		Pont (1 travée)	#40.00

L'ouvrage N°5, qui constitue en un pont a été réaménagé dans le cadre des travaux qui ont concerné le tronçon aval du canal. Sa section d'écoulement est correspond à celle du canal aménagé.

Des conduites d'assainissement et d'AEP traversent le canal:

- Une conduite d'assainissement en amont de l'ouvrage d'ONCF.
- Trois conduites d'AEP en amont et en aval du pont sur la RP 2 401.

Ces conduites constituent des obstacles à l'écoulement et accentuent les débordements au niveau du canal.

Le canal débouche dans l'oued via un ouvrage de rejet muni de 4 clapets anti-retour: ϕ 1 500.

Le rejet du canal d'assainissement de la Merjat sur Oued Sebou se trouve à 18 km environ de l'embouchure, l'eau saline est présente à ce niveau et donc les effets dynamiques de la marée s'y font sentir en étiage.

Etant situé à environ 18 km de l'Océan, la houle n'atteint pas l'ouvrage et les sollicitations hydrodynamiques sont en fait limitées aux variations de niveau suite au cycle des marées d'une part et aux crues de l'oued Sebou d'autre part.



Photo 3: Oued Fouarat, vue prise du pont de la RN°1
(ABHS 2008)

VI. Hydrologie

Les données de calcul: caractéristiques des bassins versants, temps de concentration sont présentés, par oued, dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6:les caractéristiques des bassins versants
(ABHS 2008°)

Nom du B.V.	Sup. (km ²)	Dénivelée (m)	Longueur (km)	TC (h)
Sahb El Ghaba	34	90	11	2.7
Fouarat	74	153	31	7.2
Foui	174	129	35	8.9

Les débits et volumes des crues ont été faits pour des périodes de 24, 48 et 72 heures, pour analyser le comportement du système hydraulique Merjat + canal d'évacuation pour des périodes équivalentes.

CHAPITRE 2: LES RISQUES A ETUDIEES

I. Le risque

I.1. Définition du risque

- ❖ Danger éventuel plus ou moins prévisible;
- ❖ Danger, inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé.

Les deux définitions mettent en avant le double aspect du risque, à savoir le caractère aléatoire de l'événement assorti de la menace qu'il représente. (Jean-François GLEYZE).

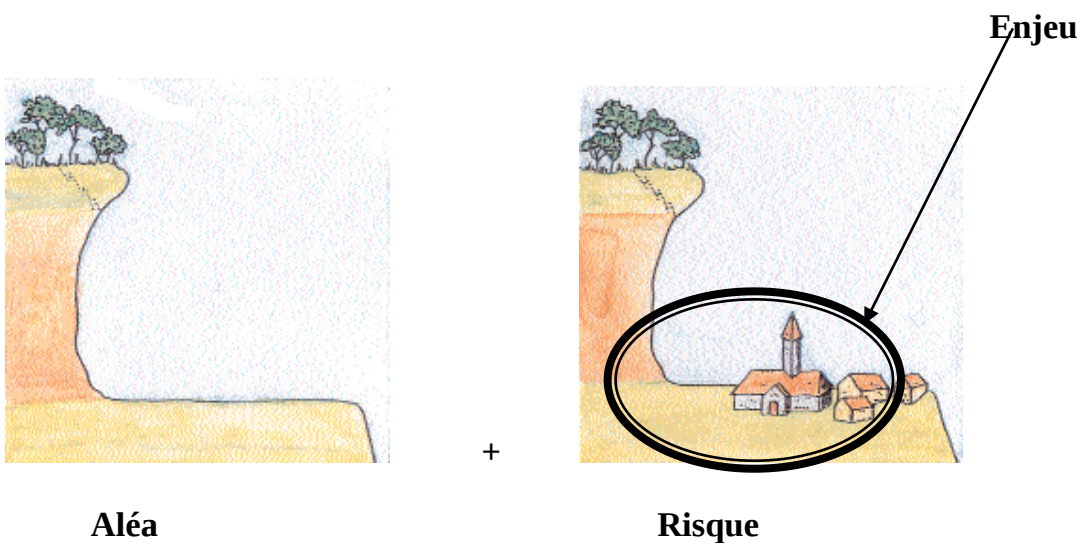
Le risque est une notion difficile à cerner mais de façon générale, on peut dire que c'est une contingence indésirable, appréhendée, relativement anodine et peu probable.

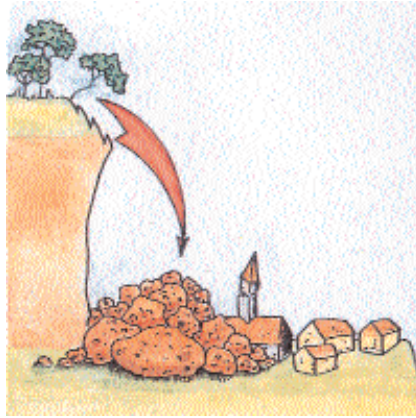
I.2. La caractérisation du risque par ses deux composantes: aléa et vulnérabilité

Le risque comme produit de l'aléa et de la vulnérabilité:

$$\text{Risque} = \text{aléa} \times \text{vulnérabilité}$$

- Aléa: il correspond à la fréquence d'un événement ou sa probabilité d'occurrence.
- Vulnérabilité: elle représente la gravité des conséquences de l'événement sur l'ensemble des entités exposées (vies humaines, richesses, activités, environnement).





Accident

Figure 9: les trois composantes du risque (D'après "École et risques majeurs" ministère de l'Éducation nationale, ministère de l'Environnement, Secrétariat général de la Défense nationale la France)

I.1. Les différents niveaux de risque

On peut distinguer trois domaines de risque en faisant intervenir à la fois la fréquence et la gravité. Le comportement simultané de ces deux composantes est décrit par la courbe de Farmer. L'allure de cette courbe met en évidence les trois domaines de risques évoqués.

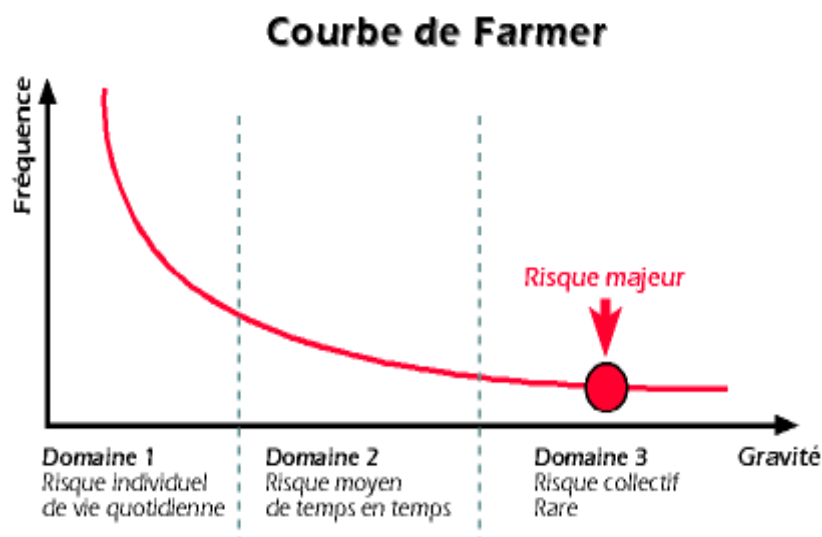


Figure 10: la courbe de Farmer (Jean-François GLEYZE)

Cette courbe fait apparaître la notion de risque majeur. Celui-ci est caractérisée par:

- Une faible fréquence: l'homme et la société peuvent être d'autant plus enclins à l'ignorer que les catastrophes sont peu fréquentes,
- Une énorme gravité ou bien intensité: nombreuses victimes, dommages importants aux biens, aux activités et à l'environnement.

I.2. Les risques urbains

Les risques urbains se sont les risques gérés au sein des agglomérations et qui regroupent:

- Les risques naturelles (inondation, avalanche, ...etc.)
- Les risques de pollution;
- Les risques technologiques;
- Les risques sanitaires;
- Les risques domestiques...etc.

Il est clair que la dénomination de «risque urbain» est floue lorsque l'on constate l'importance entre autre des risques naturels et les risques de pollution pris en compte au sein des villes. Parmi la liste énoncée ci-dessus, nous ne retiendrons donc comme «risques urbains» que ceux relevant exclusivement du domaine de la ville et de son activité.

II. Les inondations

Une inondation désigne un recouvrement d'eau qui déborde du lit mineur ou qui afflue dans les talwegs ou les dépressions lorsque le débit et le volume d'eau d'une crue sont importants. Cette définition, plus large que celle retenue habituellement par les hydrologues, permet d'ajouter aux phénomènes classiques que sont les débordements d'un cours d'eau, directs ou indirects, d'autres manifestations comme les remontées de nappes, les ruissellements résultant de fortes pluies d'orages sur des petits bassins versants, les inondations par rupture d'ouvrages de protection, ou encore les inondations estuariennes résultant de la conjonction de fortes marées, de situations dépressionnaires et de la crue des fleuves.

II.1. Le processus conduisant aux inondations

Comprendre le processus à l'origine des inondations suppose d'analyser les différents facteurs contribuant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau.

- **L'eau mobilisable**

La source de l'eau mobilisable capable d'engendrer des inondations peut s'agir:

- de la fonte de neiges ou de glaces au moment d'un redoux, associée ou non à des pluies;
- des pluies répétées et prolongées de régime océanique, qui affecteront plutôt un grand bassin versant;
- d'averses relativement courtes mais intenses qui pourront toucher la totalité de la superficie de petits bassins versants de quelques kilomètres carrés.

- **Le ruissellement**

Le ruissellement étroitement lié à la nature du sol et de son occupation de surface, correspond à la part de l'eau qui n'a pas été interceptée par le feuillage, ni restituée à l'atmosphère par évaporation, et qui n'a pas pu s'infiltrer, ou qui resurgit très rapidement après infiltration et écoulement hypodermique ou souterrain.

- **Le temps de concentration (ou durée caractéristique)**

Le temps de concentration est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau ayant le plus long chemin hydraulique à parcourir parvienne jusqu'à l'exutoire.

- **La propagation de la crue**

L'eau de ruissellement se rassemble dans un axe drainant où elle forme une crue qui se propage vers l'aval.

- **Le débordement**

Le phénomène de débordement est consécutif à la propagation d'un débit supérieur à celui que peut évacuer le lit mineur, dont la capacité est généralement limitée à des débits de crues de période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans.

- **L'influence des facteurs naturels**

De nombreux paramètres influencent l'apparition d'une crue. Tout d'abord la quantité et surtout la répartition spatiale et temporelle des pluies, par rapport au bassin versant, sont déterminantes.

La nature et l'occupation du sol dictent l'évaporation et la consommation d'eau par les plantes. L'absorption d'eau par le sol, l'infiltration dans le sous-sol ou le ruissellement influencent fortement le temps de concentration des eaux. Enfin, la topographie du lit, la pente et la forme du bassin versant jouent également. A ces paramètres s'ajoutent des facteurs naturels aggravants, comme la fonte des neiges ou la formation et la rupture d'embâcles.

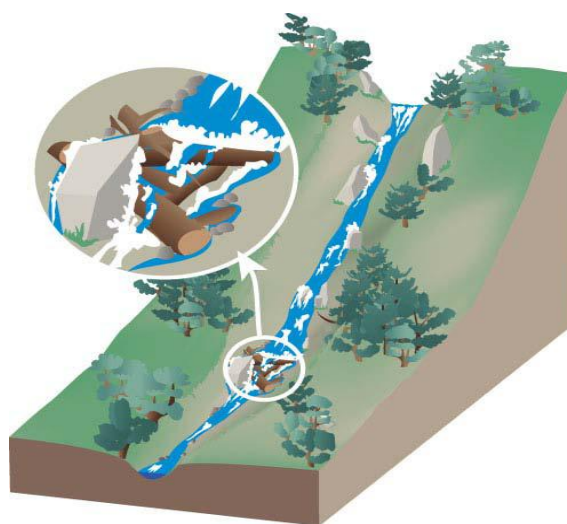


Figure 11: Embâcle sur un torrent (site web)

- **L'influence des facteurs anthropiques**

Les facteurs anthropiques constituent des facteurs aggravants et ont un rôle fondamental dans la formation et l'augmentation des débits des cours d'eau.

- **L'urbanisation et l'implantation d'activités dans les zones inondables**

Elles constituent la première cause d'aggravation du phénomène.

➤ **La diminution des champs d'expansion des crues**

Consécutives à l'urbanisation et parfois aggravées par l'édification de digues ou de remblais, elle a pour conséquence une réduction de l'effet naturel d'écrêtement des crues, bénéfique aux secteurs habités en aval des cours d'eau.

➤ **L'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau**

Beaucoup de rivières ont été modifiées localement sans se soucier des conséquences en amont ou en aval.

➤ **L'utilisation ou l'occupation des sols sur les pentes des bassins versants**

Toute modification de l'occupation du sol empêchant le laminage des crues et la pénétration des eaux, favorise une augmentation du ruissellement, un écoulement plus rapide et une concentration des eaux.

II.2. Typologie des inondations

On distingue dans la nature trois principaux types d'inondation. On portera également notre attention sur certains types particuliers supplémentaires.

- **Les inondations lentes (ou inondations de plaine)**

Les inondations à montée lente des eaux résultent de crues provoquées par des pluies prolongées qui tombent sur des reliefs peu marqués aux sols assez perméables c'est-à-dire sur lequel un ruissellement met beaucoup de temps à se déclencher.

- **Les inondations rapides**

Les inondations rapides correspondent à des crues dont le temps de concentration des eaux est, par convention, inférieur à 12 heures. Elles se forment dans une ou plusieurs des conditions suivantes: averse intense à caractère orageux et localisé, pentes fortes, vallée étroite sans effet notable d'amortissement ni de laminage.

- **Les inondations par ruissellement urbain**

Les inondations par ruissellement urbain sont dues à des écoulements sur la voirie de volumes d'eau ruisselés sur le site ou à proximité, qui ne sont pas absorbés par le réseau d'assainissement superficiel et souterrain.

- **Les types particuliers d'inondations**

- **Les inondations par les torrents**

Les torrents sont des cours d'eau à pente forte (supérieure à 6 %) présentant des débits irréguliers et des écoulements très chargés. Les laves torrentielles représentent l'une de leurs manifestations les plus fréquentes et les plus dommageables.

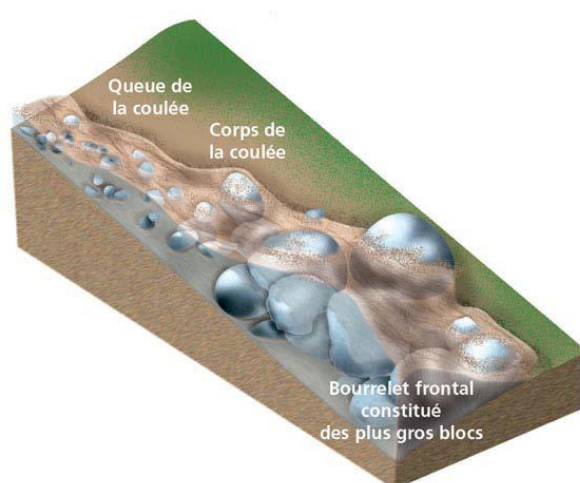


Figure 12:les inondations par torrents (site web)

- **Les submersions marines**

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions de pression météorologiques et marégraphiques sévères provoquant par exemple des ondes de tempête.

- **Les inondations estuariennes**

Les zones riveraines d'un estuaire peuvent être inondées du fait de la conjonction d'une crue fluviale et d'un niveau de la mer exceptionnellement élevé bloquant ou ralentissant l'évacuation de la crue.

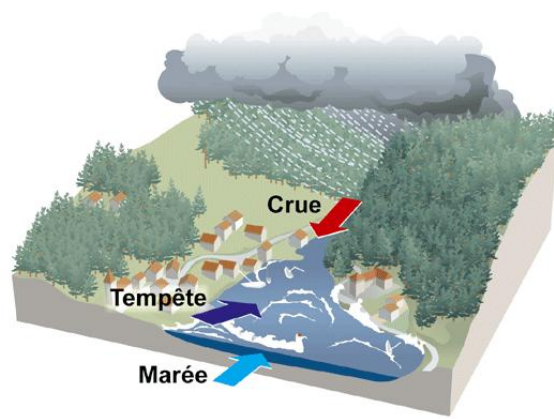


Figure 13: Inondation estuarienne (site web)

➤ **Les inondations par refoulement du réseau d’assainissement pluvial**

Des averses intenses s'abattant sur une zone urbaine peuvent être absorbées localement par le réseau d'assainissement pluvial, mais dépasser sa capacité dans sa partie aval.

➤ **Les inondations par remontée de nappe**

Les nappes d'eau souterraines peuvent monter jusqu'à la surface du sol et au-dessus, naturellement ou artificiellement.

❖ **Les inondations par remontées naturelles de nappe**

Des pluies abondantes et prolongées peuvent recharger une nappe phréatique au point de la faire déborder dans tous les points bas de son secteur.

❖ **Les inondations par remontées artificielles de nappe**

L'arrêt durable d'un ou plusieurs pompages importants dans la nappe phréatique provoque au pourtour une remontée sensible du niveau d'eau.



Figure 14: Inondation par remontée de nappe (site web)

II.3. Conséquences des inondations sur l'homme

Les effets sanitaires se répartissent en trois catégories, selon le moment où ils surviennent:

- Les effets survenant durant ou immédiatement après l'inondation;
- Les effets se développant quelques jours à quelques semaines après l'inondation;
- Les effets à plus long terme, susceptibles d'apparaître après des mois ou des années et/ou durer des mois voire des années.

Toutes ces catégories peuvent se subdiviser en effets directs et indirects sur la santé.

• Effets directs sur la santé

Les effets directs les plus significatifs sur la santé de l'homme se manifestent durant l'inondation et comprennent:

- La mortalité due à la noyade, aux crises cardiaques et aux blessures;
- Blessures sont occasionnées par les objets charriés, chutes de bâtiments et d'ouvrages et la conséquence de l'entraînement des personnes par l'eau.

- **Effets indirects sur la santé**

Les effets indirects sur la santé incluent notamment:

- Les maladies infectieuses et parasitaires: maladies gastro-intestinales, et les maladies transmises par vecteur (moustiques, mouches et autres parasites...). La transmission des maladies est due principalement au manque d'eau potable et la consommation d'une eau contaminée par les eaux usées et les eaux naturelles non traitées;
- État de stress post-traumatique: En plus des traumatismes causés par l'inondation même, les victimes des inondations sont sujettes à des troubles de la santé mentale en raison du déplacement forcé, de la perte de leurs maisons et des objets.

III. La pollution

La pollution représente un sérieux problème pour l'environnement à cause des rejets déversés dans les rivières; les eaux usées domestiques non épurées représentent la principale source de pollution organique des eaux.

La notion de pollution est difficile à cerner, c'est pourquoi les définitions pour l'appréhender abondent, chacune soulignant un aspect particulier de la pollution selon ses préoccupations: juridique, économique, sociologique, biologique, écologique, médicale,...etc.

Pour **Ramade** 1990 en tant qu'écologiste, le terme de pollution désigne "l'ensemble des rejets des composés toxiques que l'homme libère dans l'écosphère mais aussi les substances, qui sans être vraiment dangereuses pour l'organisme exercent une influence perturbatrice sur l'environnement".

En fait, d'après cette vision spécialisée, le problème des pollutions est multiforme et concerne certes l'homme au travers de la contamination des milieux inhalés et ingérés, mais il faut toutefois prendre en conscience que les agents polluants se rencontrent de façon simultanée, en mélange dans tel ou tel biotope et agissent sur des biocénoses extrêmement complexes.

Le but est de constituer un outil d'aide à la décision et non un frein au développement. C'est dans cet objectif qu'il va falloir chercher des indices "globaux" de pollution, permettant de se faire une idée sur la responsabilité d'une usine ou de l'efficacité d'une technique d'épuration.

III.1. LES TYPES DE POLLUTION DE L'EAU

On distingue plusieurs types de pollution selon l'aspect de l'eau qui est affecté:

- La pollution physique affecte les aspects physiques de l'eau comme la transparence, la température, la conductivité, le pH...;
- La pollution chimique est due à la présence de substances indésirables (nitrates, phosphates) ou dangereuses (métaux lourds et autres micro polluants) dans l'eau;
- La pollution organique de l'eau est due aux substances riches en matière organique provenant essentiellement des eaux usées domestiques et des industries agro-alimentaires. La pollution microbiologique introduit dans l'eau des micro-organismes, dont certains sont des germes pathogènes (virus, bactéries).

III.2. ORIGINES DE LA POLLUTION DE L'EAU

- **Classification selon le responsable de la pollution**

On va ici décrire les principales sources de pollution de l'eau sans oublier qu'il existe d'autres formes de pollution comme la pollution urbaine, accidentelle,...etc.

- **La pollution domestique**

Elles comprennent les eaux des diverses toilettes et celle résultant des activités ménagères notamment les lavages. Cette pollution est une des importantes causes de l'augmentation de la teneur de certains micro polluants et aussi celle du phosphore dans les eaux usées. Substance responsable, avec les nitrates des phénomènes d'eutrophisation.

- **La Pollution industrielle**

Elle peut être de natures différentes (physique, chimique ou biologique) mais elle concerne les effluents déversés par les usines et qui atteignent l'eau d'une façon ou d'une autre.

➤ **La pollution agricole**

L'agriculture moderne est entrée dans un stade d'industrialisation active, dont le but est la recherche des hauts rendements. Ceci a conduit les agriculteurs d'abord à:

- ❖ L'utilisation des engrais chimiques qui ont remplacé peu à peu les engrais naturels dont le recyclage est assuré par la nature. Ces engrais chimiques ont besoin d'une part d'un certain temps pour être assimilés. D'autre part, ces engrais, sont très solubles dans l'eau, cela entraîne qu'une pluie trop violente survenant trop tôt après la fumure, entraînera une perte d'une quantité notable d'azote et de phosphore.

Le résultat est un enrichissement en nitrates et en phosphates des lagunes, des mares, des étangs et plus gravement des nappes phréatiques. Pour l'eau superficielle, un enrichissement en ces éléments nutritifs aboutira à un développement incontrôlé des algues et des plantes aquatiques c'est ce qu'on appelle l'eutrophisation.

- ❖ L'usage des pesticides, insecticides, fongicides et autres produits phytosanitaires en agriculture pour la lutte contre les ennemis de cultures (insectes ravageurs, bactéries, virus, et mauvaises herbes) comprend aussi des dangers. En effet une fois le traitement terminé, les pesticides peuvent passer dans l'air par volatilisation ou entraînement par la vapeur d'eau, mais finissent toujours dans le sol où dans l'eau soit par pluie ou par application directe. Le transport de l'eau vers le sol se fait de deux manières:
 - Par lessivage: les pesticides passent en solution dans l'eau;
 - Par ruissellement: les pesticides sont entraînés en état d'adsorbant avec les particules du sol. Ce mode est fréquemment associé aux pluies fortes sur terrains en pente.

• **Classification selon la manière de contamination de l'eau**

➤ **Pollution localisée**

Dans cette catégorie on trouve les égouts et les conduites de canalisations dans lesquels les polluants sont véhiculés. Ces sources sont souvent contrôlables et traitées.

➤ **Pollution non localisée**

Cette catégorie inclut les rejets aléatoires et la pollution diffusée provenant du lessivage des terrains cultivés. Ces sources sont pour le plus souvent les plus nuisibles à l'environnement et très difficiles à localiser et à traiter.

CHAPITRE 3: Cartographie des risques

INTRODUCTION

La très forte pression de l'urbanisme de ces dernières années est à l'origine de l'augmentation de la vulnérabilité face aux phénomènes naturels. Une première chose doit être soulignée: le risque naturel n'existe que dans la mesure où il y a interaction entre des individus (des populations) et leur environnement. La cartographie des risques naturels vise à délimiter les zones pouvant être exposées à des risques naturels, puis à édicter des mesures de protection vis-à-vis de ces risques. On a donc une première phase technique, qui permet d'estimer la probabilité de survenance d'un phénomène donné en un endroit donné, probabilité appelée **aléa**; la deuxième phase, réglementaire, qui se pose plus en termes d'aménagement, détermine quelles sont les meilleures réponses à apporter aux problèmes mis en évidence par la première phase.

I. Objectifs de ce chapitre

- Réaliser la cartographie des aléas de:
 - l'inondation;
 - La qualité des eaux dans l'oued et la Merjat Fouarat à la ville de Kenitra;
- La génération de la carte de la vulnérabilité, qui présente dans notre étude la densité des habitats le long du cours d'eau et de la Merjat concernés;
- L'obtention de la carte de Risque global.

II. Méthodologie et démarche adoptée

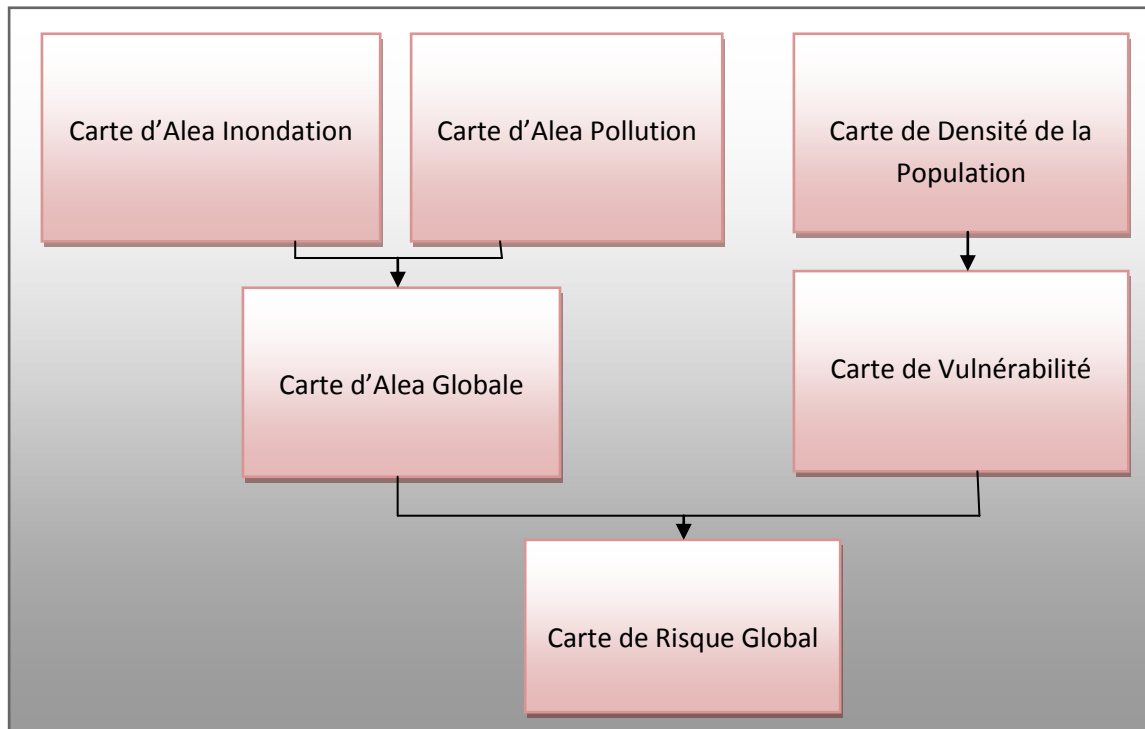


Figure 15: Méthodologie adoptée

L'évaluation du risque global nécessite en premier lieu une sélection de risques pertinents en terme d'aménagement du territoire la sélection est fondée sur une typologie dont les critères sont la probabilité d'occurrence, l'existence d'un lieu établi entre intensité de l'aléa et l'importance des dommages et d'un consensus sur la nature même du risque enfin le caractère spatialisé du risque.

La vulnérabilité intègre les effets potentiels du risque sur les personnes, les biens et les écosystèmes et la capacité à gérer le risque est évaluée à travers divers indicateurs économiques et sociaux caractéristiques du territoire.

I.1. Pondération et agrégation des aléas

La prise en compte d'aléas multiples et divers dans la définition d'un indice global nécessite une pondération fondée sur la «sévérité» des différents risques.

La pondération permet l'établissement de cartes du risque agrégé, par la somme pondérée des aléas quantifiés sur une échelle de 1 à 3, faible (10 à 25%), moyen (25 à 75%), fort (75 à 90%).

Evaluation de la vulnérabilité et du risque intégré:

L'évaluation de l'aléa est complétée par celle de la vulnérabilité. On propose en premier lieu une réflexion sur la notion de vulnérabilité qui prend en compte:

- les deux composantes de la vulnérabilité, les enjeux, en termes de dommages potentiels, et la capacité d'adaptation et de réponse de la société,
- les trois « dimensions »: économique, sociale et environnementale.

I.2. La carte de risque Global

L'intérêt, mais aussi la difficulté, de l'exercice dans la volonté d'aboutir à une évaluation d'un facteur de risque global, résultat de l'agrégation d'un ensemble de risques naturels et anthropique variés, dont l'importance doit être pondérée en fonction de probabilités d'occurrence, d'extension et d'effets potentiels évidemment fort disparates. De façon aujourd'hui classique, la typologie est fondée sur la combinaison des concepts d'aléa et de vulnérabilité, selon la formule:

$$\textbf{Risque} = (\textbf{Aléa}) * (\textbf{Vulnérabilité})$$

Où l'aléa est lié à la fréquence et à l'intensité (magnitude) d'un phénomène naturel dommageable ou d'un effet anthropique, et où la vulnérabilité combine les enjeux- population et biens concernés par la catastrophe et la capacité de la société à gérer le risque et ses effets.

L'évaluation du risque global nécessite en premier lieu une sélection de risques pertinents en terme d'aménagement du territoire: la sélection est fondée sur une typologie dont les critères sont la probabilité d'occurrence, l'existence d'un lien établi entre intensité de l'aléa et importance des dommages et d'un consensus sur la nature même du risque, enfin le caractère spatialisé du risque.

III. Carte de vulnérabilité

La réalisation de la carte de vulnérabilité est avéré nécessaire pour l'élaboration de la carte de risque global, le facteur pris en compte est la densité des habitations situées le long de l'Oued et la Merjat Fouarat. (Fig. 17).

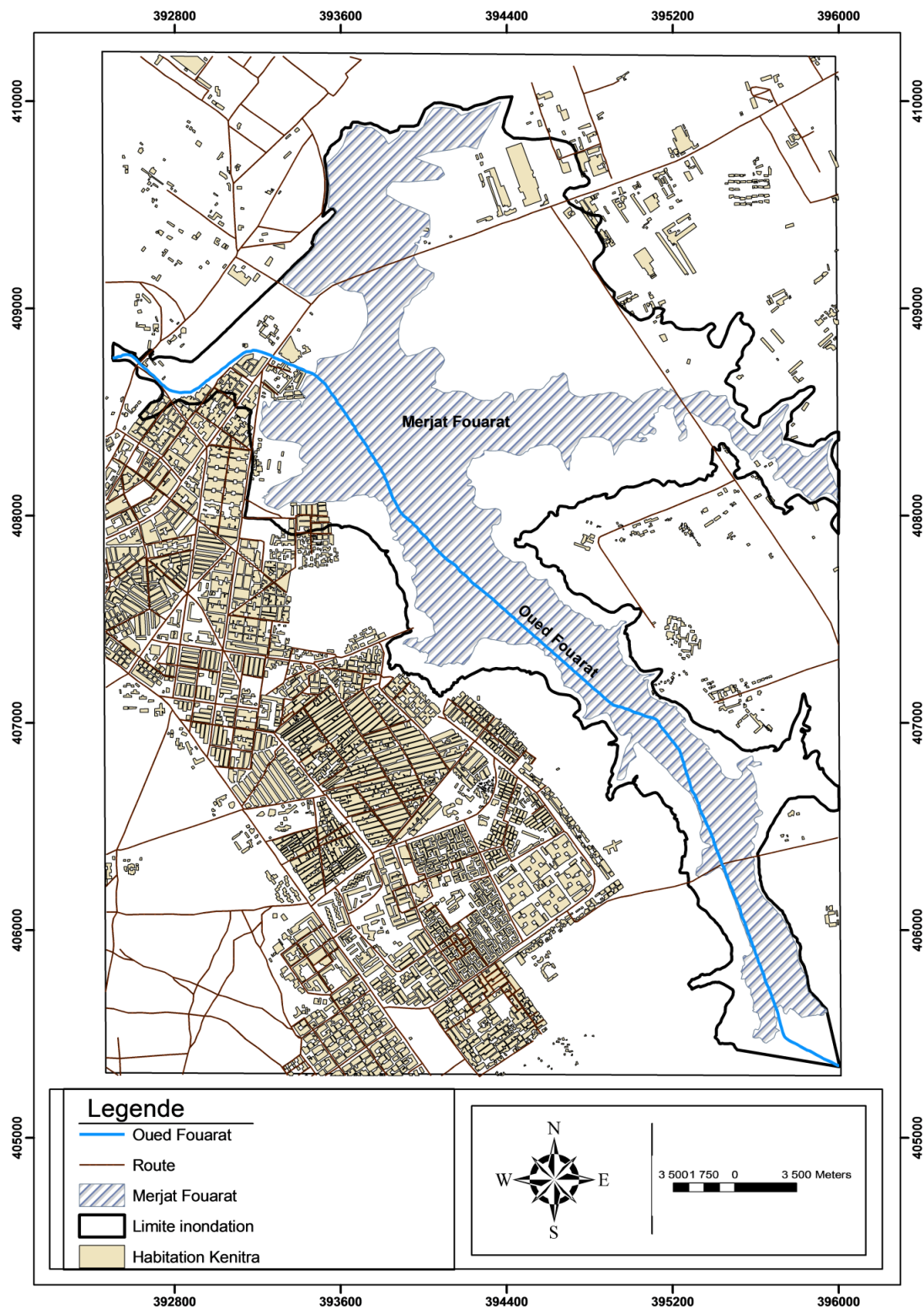


Figure 16: Carte des habitations situées au niveau de la ville de Kenitra

On a découpé la zone en 3 parties chacune d'elle sera accordé à un code de 1 à 3 selon la densité des habitations qui y a coté:

code	Couleur	Densité des habitations
1		Elevée
2		Moyenne
3		Faible

La carte ci-dessous est le résultat de l'opération décrite (fig. 18):

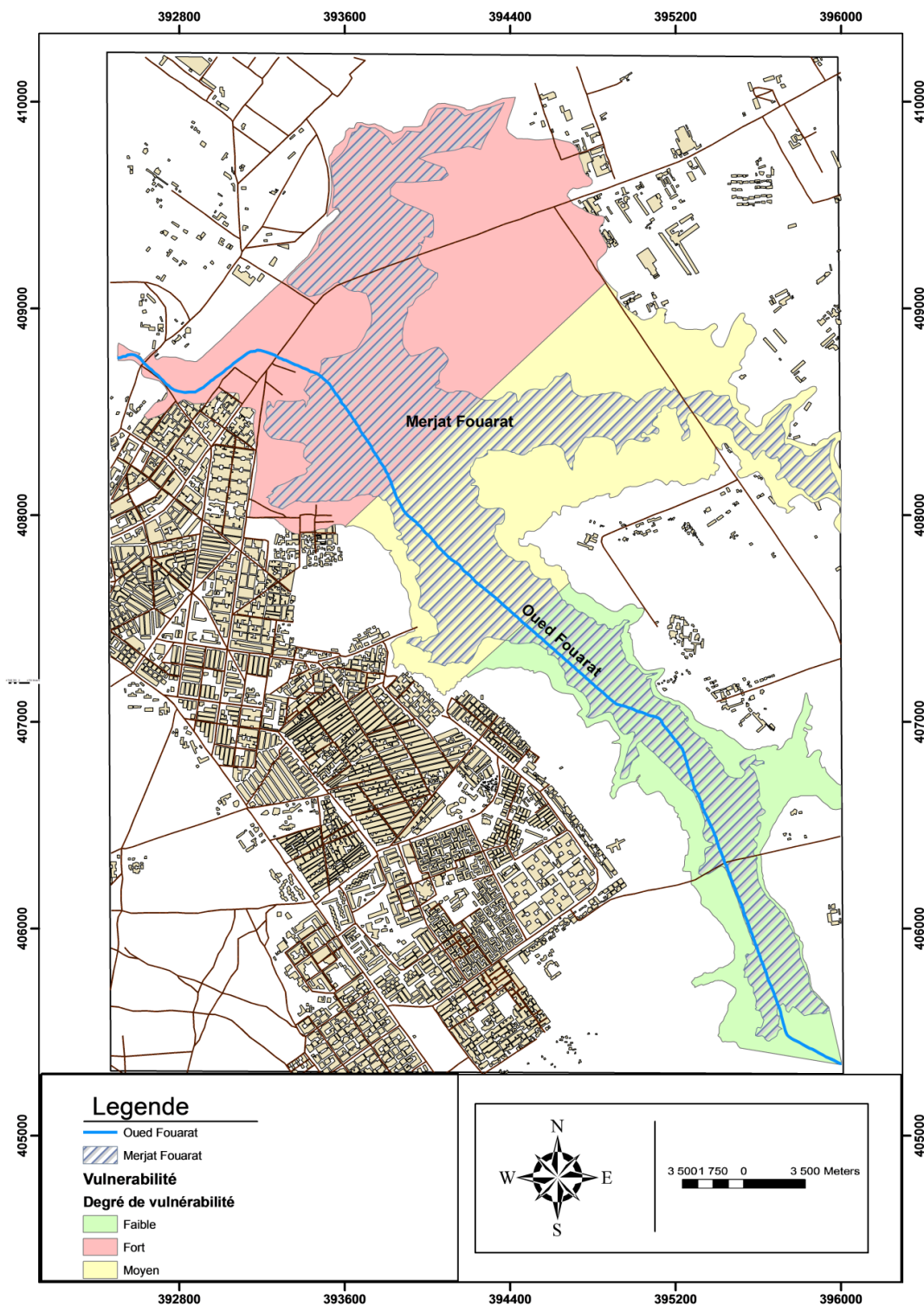


Figure 17: Carte de degré de vulnérabilité le long des cours d'eau située au niveau de la ville de Kenitra

La carte de vulnérabilité montre trois degrés: faible, moyenne et fort.

Les zones à fort degré de vulnérabilité sont: Quartier Hmiche; Collège El Khawarizmi; Quartier Atlas Medina; La commune urbaine; Usine nord de construction de tubes en ciment; Quartier industrielle; Station de service; Lycée Idriss I; et La briqueterie.

La zone à moyen degré de vulnérabilité est: l'Usine sud de construction de tubes en ciment.

Les zones à fort degré de vulnérabilité sont: Ayn Ar Rachad; Douar Jdid; et le Quartier Fouarat Mgadid.

IV. L'alea d'inondation

L'objectif des simulations hydrauliques est de retracer l'effet des crues de 10, 20, 50 et 100 ans sur la Merjat et l'oued. Ceci permettra de connaître l'étendue des zones d'inondations, la capacité d'écroulement du débit au niveau de la Merjat et d'évaluer le risque lié à chaque période de retour, mais aussi de dégager les principales défaillances de ces systèmes d'écoulement: sections d'écoulement insuffisantes, obstacles à l'écoulement, dimensions des ouvrages de franchissement insuffisantes,...etc.

IV.1. RESULTATS DES SIMULATIONS

Les simulations ont été faites pour les hydrogrammes de crues correspondant à une pluie de 24 et 72 heures.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau 7: les résultats des simulations des pluies de
24h et 72h (ABHS 2008)

Désignation	Crue de 100 ans		Crue de 50 ans		Crue de 25 ans		Crue de 10 ans	
	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h
Q max de la crue (m ³ /s)	166	170	133	138	102	108	66	73
Côte max dans la Merjat (mNGM)	4.23	5.58	3.90	5.22	3.59	4.73	2.93	4.23
Q max entrant dans le canal (m ³ /s)	35	56	22	45	13	38	8	26
% d'écêtement de débit dans la Merjat	79%	67%	84%	67%	87%	65%	87%	65%
Ouvrages avec surverse	Tous les ouvrages, exception celui ONCF	Tous les ouvrage s	Tous les ouvrages, exception celui ONCF	Tous les ouvrage s	Tous les ouvrages, exception celui ONCF	Tous les ouvrage s	aucun ouvrage	Tous les ouvrage s
Q Sortant (m ³ /s)	28	47	21	45	13	39	8	28
Côte max ouv. Rejet (mNGM)	2.65	4.50	2.25	4.24	1.84	3.78	1.21	2.70

L'analyse des résultats montre que:

- Pour toutes les périodes de retour, l'écêtement du débit par la Merjat, est important. Le taux de laminage est de l'ordre de 80% et 65% respectivement pour les crues des pluies de 24 et 72 heures.
- Pour une période de retour de 10 ans, la crue correspondant à une pluie de 24 heures peut être évacuée par le canal sans poser de problèmes de débordements au niveau des ouvrages. En effet, le débit transité dans le canal reste inférieur à 10 m³/s: ordre de grandeur de la débitance du canal et ouvrages. Le niveau d'eau dans la Merjat est de 2.90 mNGM, donc la chaussée de la RN1, dont la côte minimale est justement 2.90mNGM n'est pas inondée.
- Par contre, les volumes générés par trois jours de pluies successifs sont importants et provoquent le débordement du canal et des sur verses sont constatées au niveau des chaussées de tous les ouvrages, à l'exception de celui de l'ONCF.
- Pour les autres périodes de retour, les inondations sont constatés en rives du canal et à l'exception de l'ouvrage de l'ONCF, des débordements surviennent au niveau de tous les autres ouvrages. Les niveaux d'eau dans la Merjat sont importants et la RN1 est inondée avec des hauteurs qui dépassent 1 m pour la crue 100 ans. Pour les crues correspondant à la pluie de 72h, les débordements sont généralisés surtout le canal et les ouvrages.

Le tableau suivant donne les hauteurs d'eau sur les chaussées des ouvrages pour les différentes crues.

Tableau 8: les hauteurs d'eau sur les chaussées des
ouvrages (ABHS 2008)

Ouvrage		Crue de 100 ans		Crue de 50 ans		Crue de 25 ans		Crue de 10 ans	
		Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h
Ouvrage sur RN 1	Q (m ³ /s)	36	60	20	45	10	37	0	25
	Haut. Eau (m)	1.0	2.5	0.7	2.1	0.5	1.6	0.0	1.0
Ouvrage sur voie	Q (m ³ /s)	38	65	20	45	4	38	0	29
	Haut. Eau (m)	1.2	2.6	0.7	2.3	0.3	1.7	0.0	1.2
Ouvrage ONCF	Q (m ³ /s)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Haut. Eau (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ouvrage sur RP 2401	Q (m ³ /s)	13	46	0	44	0	37	0	11
	Haut. Eau (m)	0.2	1.4	0.1	1.2	0.0	0.7	0.0	0.2

Les vitesses d'écoulement dans la Merjat sont très faibles, généralement inférieurs à 0.5m/s. Au niveau du canal, les vitesses restent inférieures à 1m/s.

- Pour la crue de 100 ans, correspondant à une durée de pluie de 24 heures, le temps de la vidange de la Merjat est de 5 jours. Pour une crue générée par 3 jours de pluies successifs, la Merjat se vide en 7.5 jours.

La figure 18 illustre l'hydrogramme de crue de 100 ans:

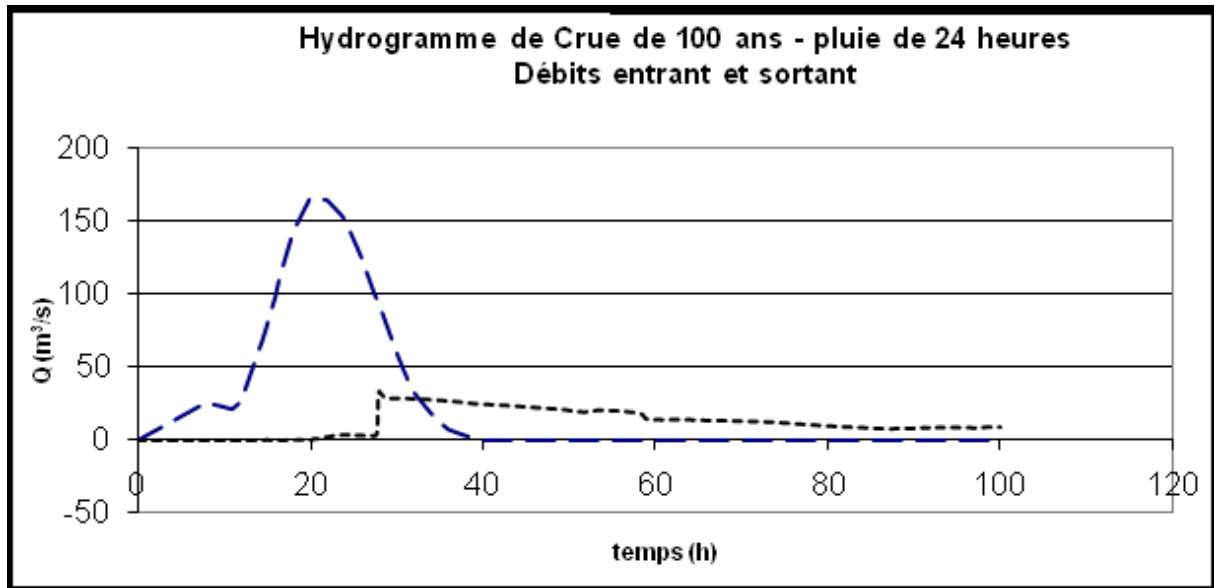


Figure 18: l'hydrogramme de crue de 100 ans (ABHS 2008)

Pour la crue de 10 ans, il n'y a pas de débordements dans le canal; en effet, le débit y transitant est de l'ordre de $10 m^3/s$, il reste inférieur à la capacité de transit de l'oued. A partir de la crue de 25 ans, les débordements sont généralisés.

IV.2. CARTE DES ZONES INONDABLES

La carte d'inondation a été effectuée en se basant sur les crues historiques qui ont touchées la ville de Kenitra, la limite inondable présente la crue centennale. (Fig. 20).

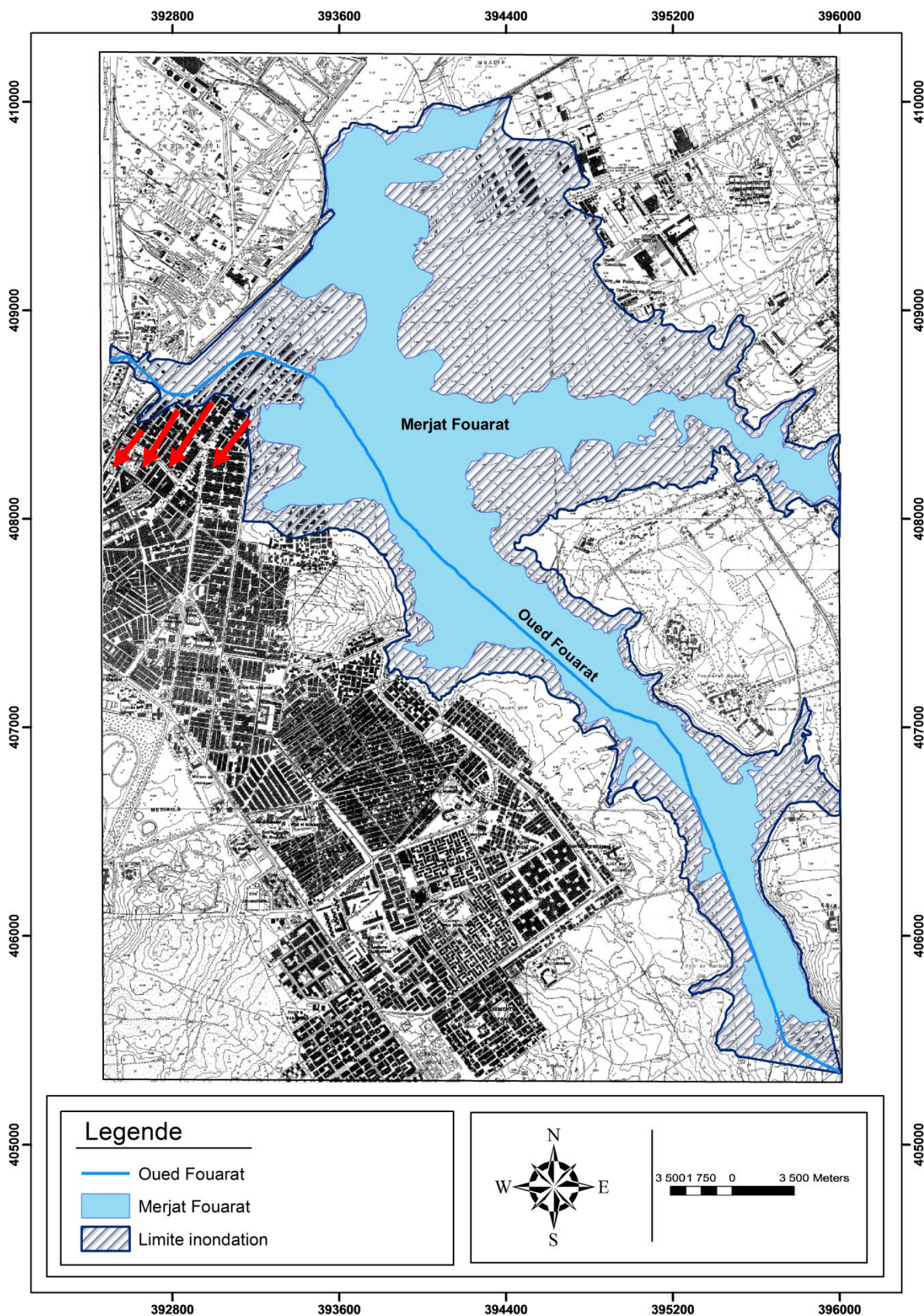


Figure 19: Délimitation des zones inondable au niveau de la ville de Kenitra

Délimitations des zones inondables de la ville de Kenitra

D'après la carte ci-dessus, la crue centennale au niveau de l'oued Fouarat touche: Quartier Hmich; La Briqueterie; Lycée Idrissi I; Usine de construction de tubes en ciment; Commune urbain; La partie nord-ouest du quartier Mgadid; Collège El Khawarizmi; Station service; Quartier Atlas Medina; Quartier Industrielle; et les Cultures sous serre.

IV.3. La détermination de l'aléa inondation

La qualification de l'aléa a pour objectif d'apporter des connaissances sur la localisation des zones soumises à une inondation ainsi qu'à son ampleur.

L'aléa est défini comme la probabilité que le phénomène d'inondation d'une intensité donnée puisse se produire en un lieu déterminé. Quatre paramètres principaux sont nécessaires pour qualifier l'aléa inondation:

- La période de retour de crues,
- La hauteur et la durée de submersion,
- La vitesse du courant,
- Le volume de matière transportée.

Caractérisation des niveaux d'aléas:

Les niveaux d'aléas sont déterminés en fonction de l'intensité des paramètres physiques de l'inondation de référence qui se traduisent en termes de dommages aux biens et de gravité pour les personnes.

Ce sont essentiellement les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement et les durées de submersion. Mais dans certains cas, on doit prendre également en compte la vitesse de remontée des eaux, facteur de danger pour les crues éclair et les transports solides. Dans un but de simplification, et compte tenu du caractère essentiellement qualitatif de l'analyse, il est souhaitable de distinguer au maximum 3 niveaux d'aléa: négligeable ou faible, moyen et fort.

Le tableau suivant propose une qualification de l'aléa en fonction de la hauteur et de la vitesse du courant.

Tableau 9:Qualification des aléas en fonction de la hauteur et de la vitesse

	vitesse		
Hauteur	faible	moyenne	forte
$H < 0,50 \text{ m}$	Faible	Moyen	Fort
$0,50\text{m} < H < 1\text{m}$	Moyen	Moyen	Fort
$H > 1\text{m}$	Fort	Fort	Très Fort

Dans notre étude on ne va prendre en considération que le degré d'extension, Chaque petit polygone sera attribué à un code de 1 à 3, qui va être présenté par une couleur dans la carte d'aléa.

Code	couleur	Degré d'aléa d'inondation
1		Fort
2		Moyen
3		Faible

La carte suivante (fig. 21) est le résultat de l'opération décrite:

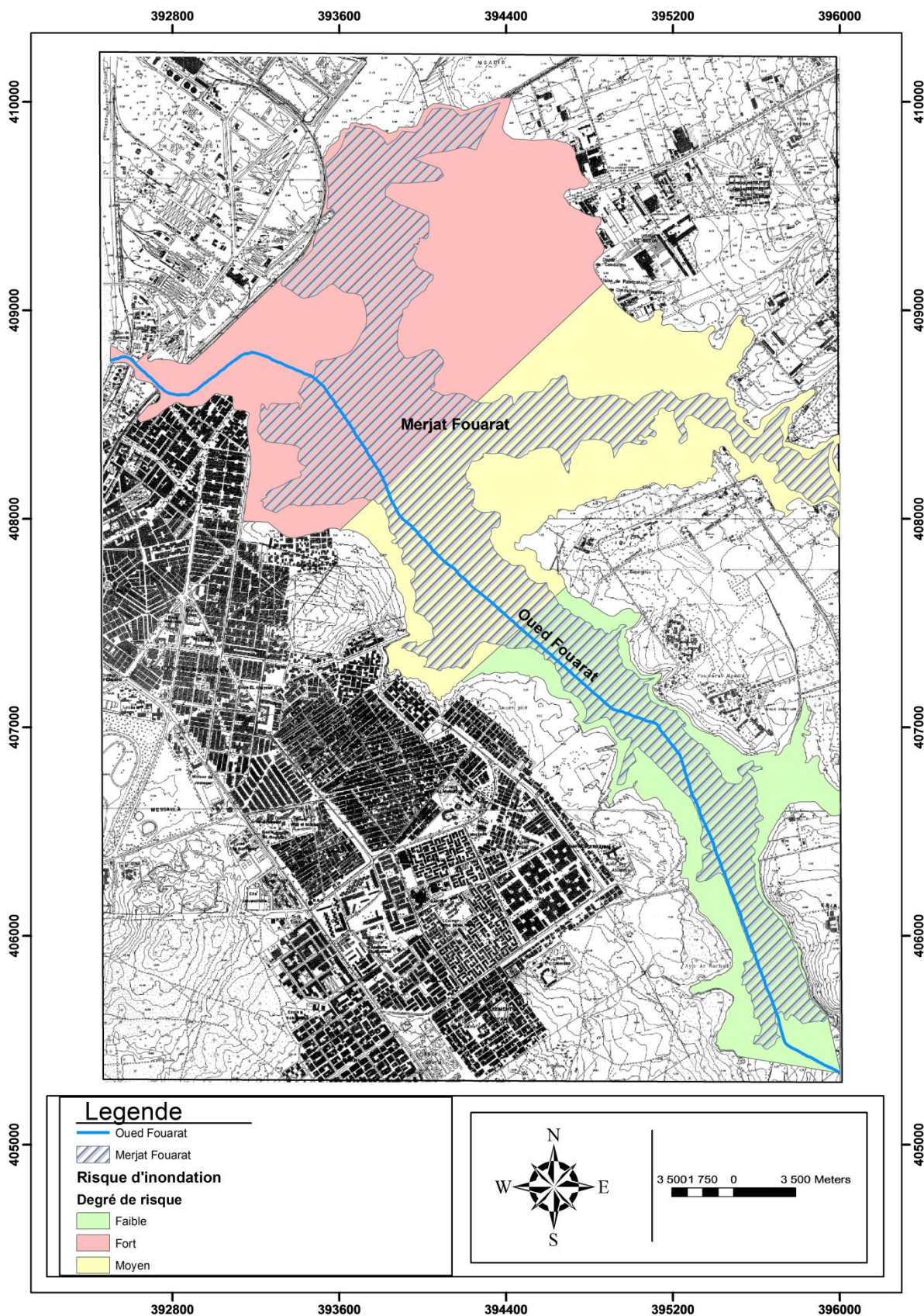


Figure 20: Carte d'aléa d'inondation au niveau de la ville de Kenitra

Les résultats de la carte ci-dessus sont dérivés essentiellement de la carte qui détermine la limite des zones inondable, et aussi des données bibliographiques sur les crues historiques.

D'après la carte ci-dessus on peut déduire que:

- L'alea est faible au sud de la merjat où les habitations et les constructions ne sont pas près de la limite inondable qui englobe la partie nord du quartier Fouarat Mgadid au coté droit de la Merjat;
- L'alea est moyen au centre de la merjat plus précisément quartier Wrida au coté gauche de la Mérjat, dans l'autre coté il y a l'usine sud de construction des tubes en ciment de la Merjat;
- Et fort dans le reste jusqu'à la confluence de l'oued Fouarat avec l'oued Sebou surtout le quartier Hmiche, le lycée Idriss I, le quartier Atlas Medina sans oublier le collège El Khawarizmi dans la rive gauche, alors que dans l'autre rive on trouve la Briqueterie, le quartier industriel, la commune urbaine, l'usine Nord de construction des tubes en ciment.

V. L'alea de pollution des eaux

Les principales sources de pollution sur le bassin de l'oued Sebou sont d'ordre domestique, industriel et agricole. La pollution des eaux a atteint des niveaux critiques qui risquent de menacer le développement économique et social du bassin. Plus du tiers des eaux de surface sont de mauvaise qualité; Les enjeux économiques, environnementaux sont importants et risquent de constituer un handicap majeur pour le développement de plusieurs secteurs dont notamment celui du tourisme dans la région.

Les agglomérations urbaines de la ville de Kenitra sont susceptibles de perturber l'équilibre écologique du lac Fouarat, à cause de leur essor démographique et industriel. Le bassin de Fouarat en tant que sous bassin de Sebou; a la même problématique notamment le tronçon passé par la Merjat jusqu'à confluence avec le Sebou.

Dans cette partie on va révéler la qualité des eaux au niveau de l'oued Fouarat et la merjat en se basant sur le nombre, les caractéristiques, et la situation des points de rejets.

En se basant sur la situation des points de rejet dans la carte incluse dans le rapport de; H. NASSALI, H. BEN BOUIH et A. SRHIRI (2005); on a élaboré la carte de situation de ces points de rejets (fig.22):

- R5: rejet des champs de culture;
- R2: rejet des égouts des quartiers limitrophes;
- R3: rejet de l'égout industriel II;
- R1: rejet domestique;
- R4: rejet de l'égout urbain industriel I.

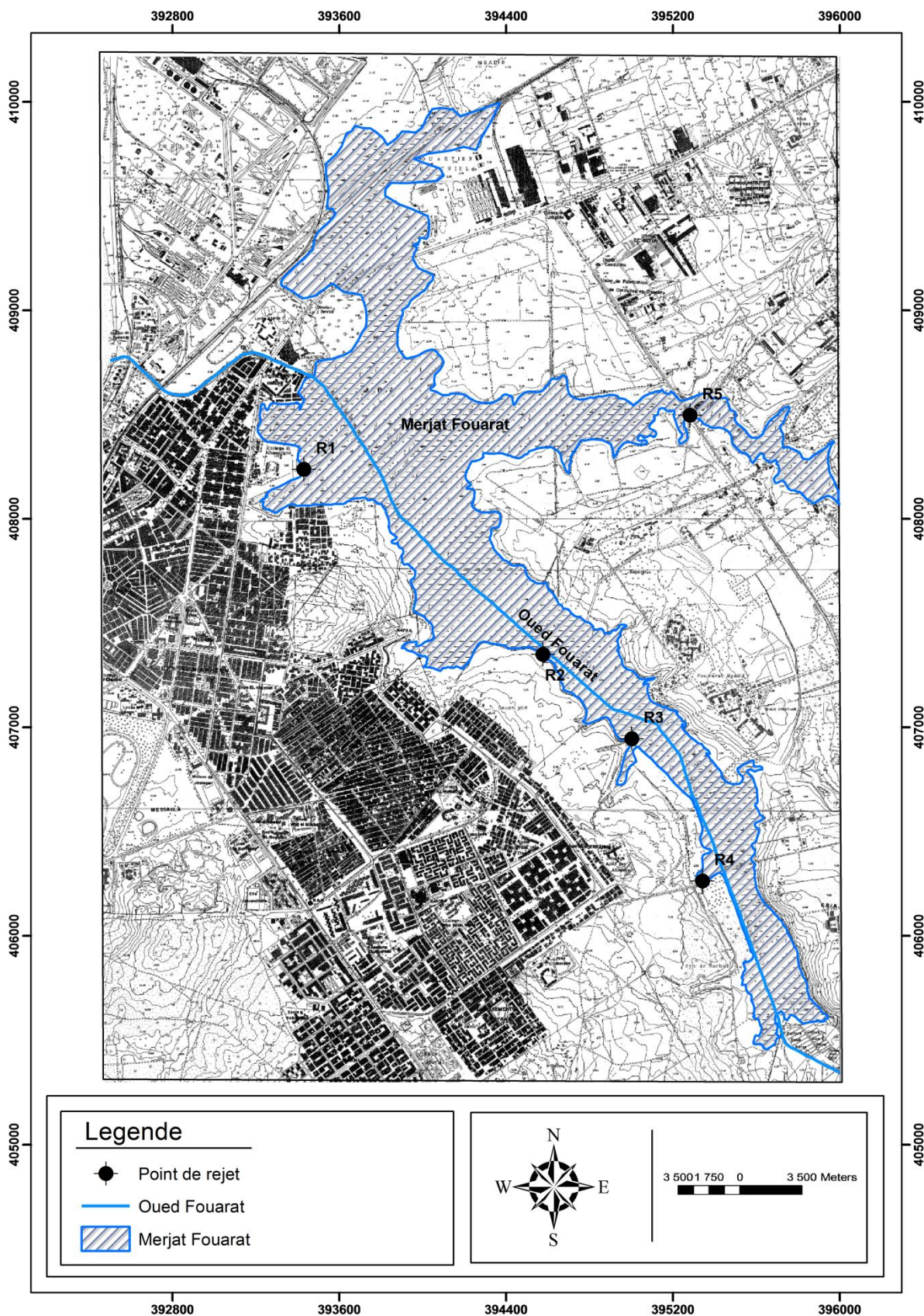


Figure 21: Carte montrant la situation des points de rejet au niveau de la Merjat Fouarat

Le lac constitue le réceptacle ultime de nombreux rejets et déchets des quartiers limitrophes très peuplés et où sont installées aussi plusieurs petites unités industrielles (textiles, tanneries...). Les cultures (tomates, salades, radis menthe...) sont traitées en permanence avec des pesticides et des engrais de façon non raisonnée. Elles sont irriguées avec les eaux du lac qui sont elles même traitées avec les insecticides. L'estuaire de Sebou et le lac Fouarat communiquent par un chenal « oued Fouarat » de 4Km de long et de faible pente.

IV.1. DESCRIPTION DES POINTS DE REJETS

A partir des résultats des analyses faites au niveau de chaque point de rejet on peut déduire que :

Au niveau du rejet R4: La conductivité oscille en moyenne entre 650 et 1261 μ S/cm. Cette résultat pourrait être due au fait que les eaux du lac Fouarat dans ce point sont riches en ions monovalents et divalents qui proviendraient des divers rejets domestiques et industriels. Sans oublier le fort teneur en plomb qui pourrait être due aux gaz d'échappement des véhicules à cause de l'existence d'un pont où la circulation est permanente. La contamination du système étudié par le plomb semble provenir du plomb utilisé dans les filets des pêcheurs et égaré au fond du lac, sans négliger l'apport du déversement des eaux usées. La présence du Fer est dû essentiellement au contexte géologique régional. Les différents résultats obtenus pour les métaux lourds permettent de remarquer que les teneurs en ces éléments métalliques sont importantes sur la zone influencée par les rejets.

Au niveau du rejet R5: la présence du phosphore est dominante Ce résultat peut s'expliquer par la proximité de ce point des terrains agricoles avoisinant le lac reçoit les eaux lessivées des terrains riches en fertilisants phosphatés.

Au niveau du rejet R1: la présence du chrome est dominante La forte charge des eaux usées de la ville de Kenitra explique ce résultat.

Au niveau du rejet R3: on note la présence du chrome et du cadmium La charge en ce dernier élément peut avoir une origine atmosphérique, agricole et/ou urbaine. Les métaux lourds sont abondants au niveau de ce rejet: fer, manganèse, cuivre et plomb. Ces eaux sont plus chargées en chrome et nickel.

Au niveau du rejet R2: Les fortes teneurs en cuivre et en zinc ont été obtenues au niveau de ce rejet; L'important apport en ces éléments est le résultat du déversement des eaux usées de la ville de Kenitra notamment le lessivage des ordures ménagères incontrôlées au bord du lac. D'autre part, les sols cultivés contribuent dans l'apport en Zn. En effet, les fertilisants utilisés sont responsables de cet apport.

Les tableaux (10 et 11) représentent la qualité des eaux de la Merjat Fouarat:

Tableau 10: Paramètres physico-chimiques des eaux
du lac Fouarat

les rejets	R1	R2	R3	R4	R5
pH	7,45	9,14	7,45	7,5	7,45
T°C	23	23	22	23	22
cond(ms/cm)	0,8	1,42	1,36	1,48	0,95
MES (mg/l)	—	104	660	840	—
P-PO4 3- (mg/l)	0,55	1,4	1,78	2,02	1
SO4 2-(mg/l)	—	42,8	47,5	36,2	—
Cl - (mg/l)	—	191	132	172	—
O2 dissous (mg/l)	—	2,4	1,2	0,4	—
Ca ²⁺ (mg/l)	—	115	141	138	—
Mg ²⁺ (mg/l)	—	16,1	17,4	14,7	—
K ⁺ (mg/l)	—	20,1	28,3	21,6	—
Na ⁺ (mg/l)	—	95	84	118	—

Les valeurs présentées correspondent à des moyennes avec une moyenne d'erreur d'environ + 10%.

Tableau 11: Teneurs des quelques métaux dans les
rejets et les eaux du lac Fouarat

les rejets	R1	R2	R3	R4	R5
Fer (mg/L)	8	3,2	3	2,8	7
Manganèse(µg/L)	400	342	364	268	225
Cuivre (µg/L)	35	34	45	40	17,5
Zinc (µg/L)	150	132	186	498	75
Plomb (µg/L)	30	24	28	32	20
Nickel (µg/L)	35	126	142	168	25
Cadmium (µg/L)	0,3	2,8	3,8	10,8	0,15
Chrome (µg/L)	95	42	58	98	45

Les valeurs présentées correspondent à des moyennes avec une moyenne d'erreur d'environ + 10%.

A partir des résultats assemblés dans les tableaux 10 et 11 on a élaboré la carte d'alea pollution (fig. 23):

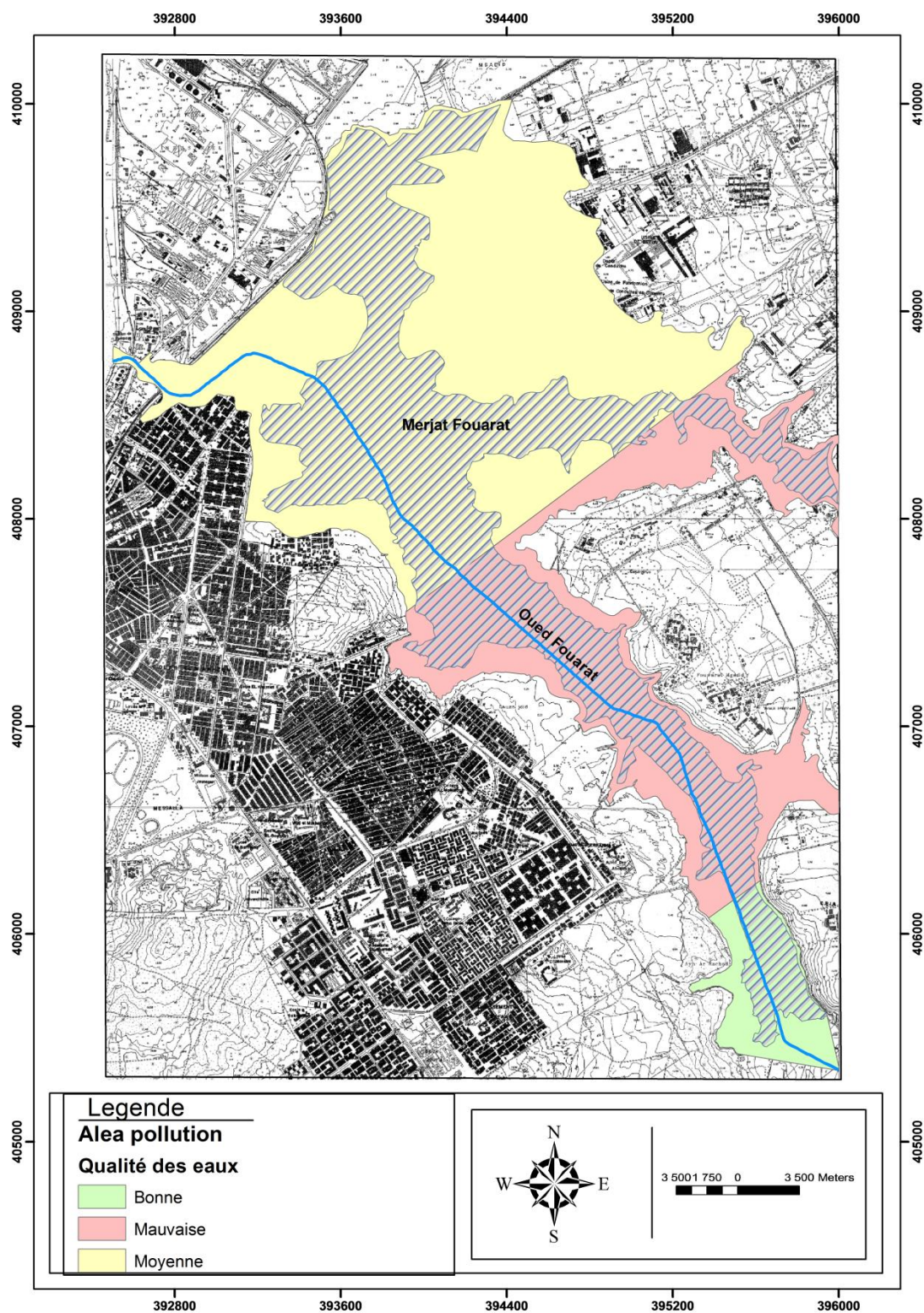


Figure 22:carte d'alea pollution

V.2. EVALUATION DU DEGRE DE CONTAMINATION DES EAUX DU LAC

La comparaison des différentes teneurs obtenues pour les eaux analysées aux valeurs maximales admissibles fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé et par l'Union Européenne ainsi qu'aux normes américaines et marocaines, permet de conclure que d'après les teneurs obtenues pour l'oxygène dissous et les éléments phosphates, fer, nickel et chrome, les eaux du lac sont de qualité mauvaise comparées aux normes marocaines des eaux de surface. La teneur moyenne en orthophosphate est supérieure à celle enregistrée dans le lac Léman qui connaissait une eutrophisation maximale et dans le lac Ichkeul, où la teneur moyenne en $P-PO_4^{3-}$, de 50 $\mu g/l$ est considérée comme un signal d'eutrophisation; ce qui permet de classer le lac Fouarat parmi les milieux eutrophes. Les valeurs enregistrées pour la matière en suspension, les chlorures, le sodium et le potassium sont supérieures aux teneurs fixées par UE.

Les concentrations du cuivre, plomb et zinc enregistrées dans les eaux centrales et des berges sont inférieures aux normes fixées pour l'alimentation, l'abreuvement et l'irrigation. Les teneurs obtenus pour le cuivre et le plomb sont inférieures à celle trouvées dans le lac Tyrrell en Australie et dépassent les teneurs moyennes du lac Karachi en Russie et inversement pour le cas du plomb. Les teneurs en fer, manganèse et nickel de toutes les eaux étudiées enregistrées dépassent les limites maximales fixées par l'Union Européenne (UE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les valeurs obtenues dans le lac Karachai. Toute fois les concentrations en fer restent inférieures à celle des eaux du lac Tyrrell. Les valeurs maximales enregistrées pour le chrome et le cadmium, à l'aval du rejet urbain-industriel R4 sont supérieures aux normes requises (UE et OMS).

Les résultats de l'analyse des eaux permettent de conclure que le lac Fouarat est eutrophe. La qualité de ses eaux est mauvaise et ne peuvent donc être utilisées pour l'alimentation aussi bien humaine que animale. Ces eaux peuvent, sous certaines conditions climatiques, constituer des risques de transfert de pollution en cas d'usage agricole. Il en déroule une nécessité d'intervention urgente pour réhabiliter le site.

VI. Elaboration de la carte globale de risque

L'élaboration de la carte de risque global nécessite en premier lieu la réalisation de la carte d'aléa globale qui sera par la suite intersectée avec la carte de vulnérabilité.

VI.1. LA CARTE D'ALEA GLOBALE

Cette carte est générée par le biais d'une intersection des différents polygones qui se base à la multiplication des poids affecté a chaque aléa, afin d'obtenir des nouvelles classes montrant le degré d'aléa mais cette fois-ci l'aléa qui englobe, l'inondation et la qualité des cours des eaux à la fois. (Fig. 24)

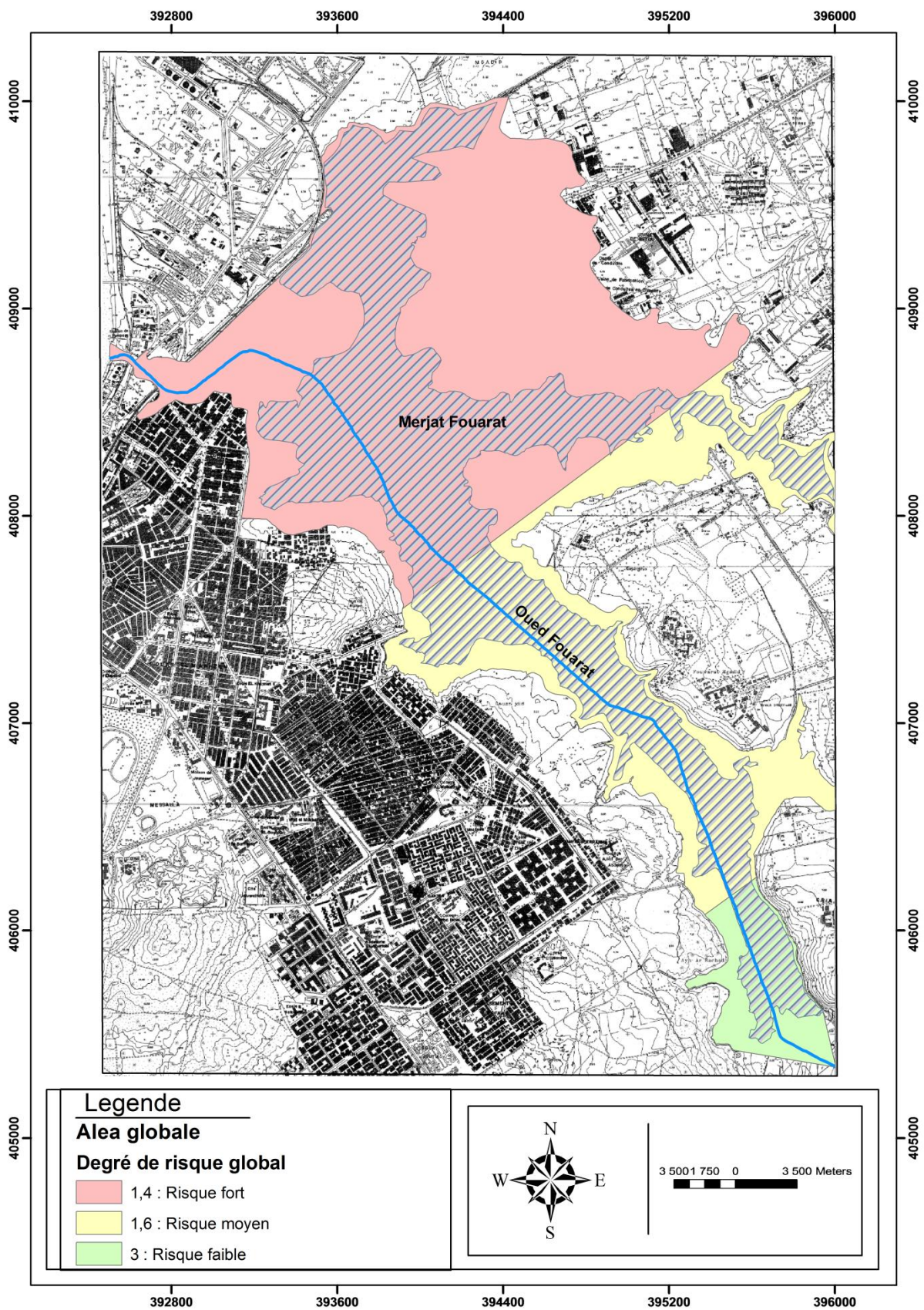


Figure 23: Carte d'aléa Global de l'oued Fouarat et la Merjat au niveau de la ville de Kenitra

VI.2. LA CARTE DE RISQUE GLOBAL:

La typologie est fondée sur la combinaison des concepts d'aléa et de vulnérabilité, selon la formule:

$$\text{Risque} = \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}$$

La carte de risque global (figure 22) est obtenu après l'intersection des deux cartes celle de risque inondation et celle de la qualité des eaux chacune par un coefficient qu'on a opté d'une façon arbitraire, on a affecté au risque d'inondation le poids 0,6 puisqu'elle est la plus dévastatrice et elle engendre des dégâts matériels et humains importants et au risque de pollution des eaux le poids 0,4 puisque c'est un risque qu'on peut le contrôler et l'atténuer.

On a choisi l'indice de risque globale I qui est égal à:

$$I = (0,6) * N + (0,4) * P$$

Avec:

I: Indice de risque global;

N:indice de risque d'inondation;

P: indice de pollution.

A partir des résultats obtenus, par le biais de la méthode d'intersection (Figure 21) et en se basant sur les données bibliographiques concernant les risques naturels abordés dans ce travail, Nous avons crée une carte qui présente, le risque global incluant l'inondation et la pollution des eaux, qui peut affecter les zones situées près de la Merjat en périmètre urbain de la ville de Kenitra.

Où la formule utilisée est la suivante:

$$\text{Risque global} = ((0.6 * \text{Alea inondation}) + (0.4 * \text{Alea pollution})) * \text{Vulnérabilité}.$$

La carte (Figure 25) présente le résultat final, où le risque est réparti en trois classes de, Fort, Moyen et faible.

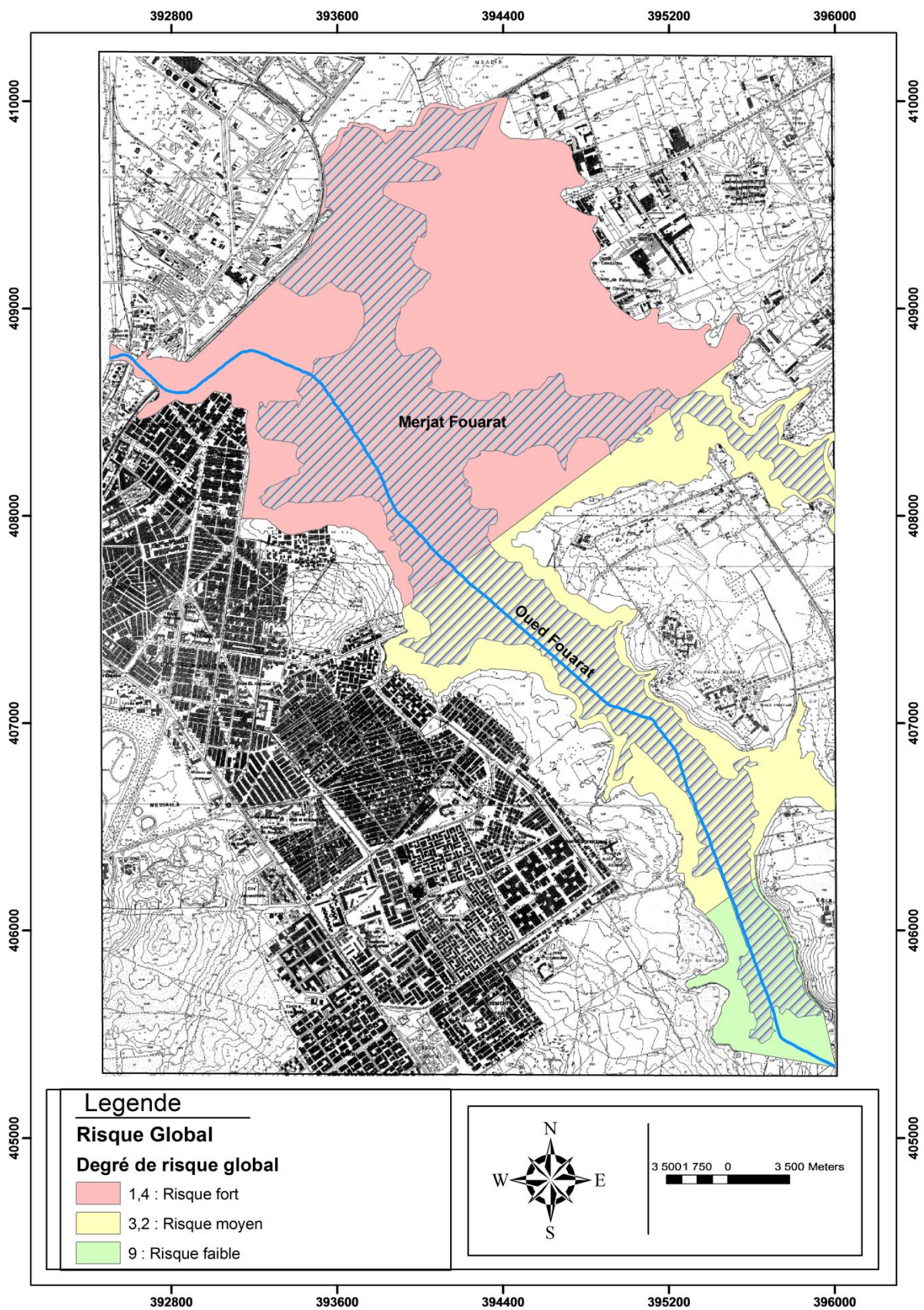


Figure 24: Carte de risque global au niveau de l'oued
et la Merjat Fouarat de la ville de Kenitra

Les zones à risque faible sont localisées dans la zone d'Ayn Rachad à l'amont de la Merjat ;

La partie nord-ouest du quartier Fouarat Mgadid, Douar Jdid, et le quartier Wafaa sont des zones où le risque est moyen ;

Alors que le risque fort englobe les deux usines de construction de tubes en ciment, la commune urbaine, le quartier industriel, lycée Idriss I, le quartier Hmiche, la Briquetière, collège El Khawarizmi, et le quartier Atlas Medina.

CONCLUSION GENERALE

La protection de l'environnement est la responsabilité de chacun et de tous. L'état des lieux des services en rapport avec l'aménagement de Merjat Fouarat dans la région de Kenitra reflètent le niveau d'intérêt et de conscience des décideurs locaux, et aussi des citoyens pour leur environnement en général. La sensibilisation autour de cet aménagement doit constituer l'une des composantes prioritaires dans tout programme ou projet de restauration et de protection des zones humides.

L'analyse de la situation actuelle de la Merjat, montre certaines insuffisances dans l'optimisation de la réhabilitation de ce site.

La première mission de l'étude s'est focalisée, comme prévu sur le diagnostic de la Merjat. Il ressort de son diagnostic que c'est un lac pollué, elle présente un fort potentiel d'inondation, et située dans un lieu panoramique de la ville de Kénitra, ce qui n'est pas compatible avec la vocation de la zone, qui a un fort potentiel touristique actuel et futur.

De point de vue sanitaire, Merjat Fouarat se caractérise par:

- les eaux usées domestiques;
- les eaux résiduaires industrielles;
- les eaux pluviales;
- ...Etc.

Tous ces constats militent en faveur de la réhabilitation de ce site dans les règles de l'art afin de limiter ses nuisances résiduelles. L'aménagement de la Merjat doit être un aménagement intégré de point de vue inondation et pollution, et elle doit être intégrée dans les projets de protection des zones humides et classée par la suite comme un site d'intérêt biologique et écologique «SIBE».

L'initiation des premières actions de protection de la faune et de la flore de la Merjat en général doit contribuer à lancer les premières actions de sensibilisation des acteurs locaux à la sauvegarde de cette dernière, pour cela il faut bien limiter les dérangements humains qui ont un impact sur la préservation des habitats humides et de l'hydromorphologie de la Merjat par:

- Limiter l'urbanisation autour du site étudié;
- Les populations et les intervenants doivent tenir compte des aspects cités ci-dessus;
- Des activités écotouristiques doivent être initiées au niveau de la Merjat;
- La mise en place d'un comité mixte de protection de la Merjat.

En plus de ça; des études spécifiques et des recherches complémentaires doivent être menées par la suite de ce projet en se basant sur la convention des différents partenaires pour mener à l'inscription de cette Merjat sur la liste Ramsar qui est un espace désigné en application de la Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, dont le traité a été signé en 1971 sur les bords de la mer Caspienne (Iran), La convention est entrée en vigueur en 1975. Elle regroupe aujourd'hui 159 pays. La désignation de sites au titre de la Convention de Ramsar constitue un label international qui récompense et valorise les actions de gestion durable de ces zones et encourage ceux qui les mettent en œuvre.

L'objectif de la Convention de Ramsar (ratifiée en 1971 à Ramsar en Iran) est d'enrayer la tendance à la disparition des zones humides de favoriser leur conservation, ainsi que celle de leur flore et de leur faune et de promouvoir et favoriser leur utilisation rationnelle.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bachir EL BOUHALI, Laila BENNASSER, Issad NASRI, Vincent GLOAGUEN, et Aziza MOURADI (2008): Contamination métallique de *Gambusia holbrooki* au niveau du lac Fouarat et de l'estuaire Sebou dans la région du Gharb (Maroc), Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biochimie et Biotechnologie marine. BP 133, 14000 Kenitra, Maroc, Université Hassan II, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biochimie, Mohammedia, Maroc, Université Limoge, Faculté des Sciences, Laboratoire de chimie des substances naturelles, Limoge, France, 16 p;

EL AZHARI N. (2006) : Contribution à l'étude d'impact de la ville satellite Tamesna (Sidi Yahya des Zaers) sur la qualité de l'eau de l'oued Ykem ; Institut Agronomique et Veterinaire Hassan II; 173p;

EL BAHALI H. (2008), Etude hydrologique du bassin de l'oued Mharhra dans le cadre de projet de grande vitesse entre Tanger et Kenitra; NOVEC, Rabat;

Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou (2011); 57 p;

Etude de protection contre les inondations Etudes Hydrologues, hydrauliques et proposition d'aménagement (ABHS 2008); 41 p;

Etude de protection contre les inondations, Projet d'exécution. (ABHS 2008); 41 p;

Etude pour la réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique sur les risques majeurs au Maroc mission 1 identification des risques: le risque d'inondation; Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau et de l'Environnement Département de l'Environnement Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques; 57 p;

Jean-François GLEYZE (Janvier 2002): LE RISQUE : Notion de risque dossier enseignant dossier pédagogique n°1; Institut Géographique National Laboratoire COGIT , 256 p ;

H. NASSALI*, H. BEN BOUIH et A. SRHIRI (2002): Influence des eaux usées sur la dégradation de la qualité des eaux du lac Fouarat (Maroc), Laboratoire d'Electrochimie et des

Etudes de Corrosion et d'Environnement, Faculté des Sciences, Université Ibno Tofail, B.P. 133, Kenitra 14000 – Maroc, 12p;

H. NASSALI, H. BEN BOUIH et A. SRHIRI (2005) Contamination en métaux traces des sédiments du lac Fouarat (Maroc), Laboratoire d'Electrochimie et des Etudes d'Environnement, département de Chimie, Faculté des Sciences, BP133 Kenitra, Maroc, 17p;

Kergomard C. (2006): Risques naturels et technologiques (France); 16 p ;

Nadia CHAHBOUNE, Mohamed MEHDI et Allal DOUIRA (2011): Détérioration des écosystèmes aquatiques dans la région du Gharb (Maroc): Analyse diatomique, 13 p;

Web-graphie:

http://fr.wikipedia.org/wiki/Oued_Fouarat;

<http://fr.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9nitra;>

http://www.ramsar.org/cda/fr/ramsar-home/main/ramsar/1_4000_1_ ;

http://fr.wikipedia.org/wiki/Convention_de_Ramsar;

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-convention-de-Ramsar.html>

http://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/zone_ramsar.php4;

<http://biodiversite.wallonie.be/fr/sgib-sites-de-grand-interet-biologique.html?IDC=824>

http://www.google.com/imgres?q=carte+de+situation+geographique+de+kenitra&hl=fr&biw=1366&bih=528&tbnid=gxpwPzze36cRXXM:&imgrefurl=http://fr.wikipedia.org/wiki/SidiBoughaba&docid=4krGYfpAD3PgM&imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0c/Kenitra_6.58437W_34.26353N.jpg/280pxKenitra_6.58437W_34.26353N.jpg&w=280&h=210&ei=sze8UYCaOMaThgeuolHQAg&zoom=1&iact=rc&dur=421&page=1&tbnh=146&tbnw=209&start=0&ndsp=21&ved=1t:429,r:9,s:0,i:106&tx=114&ty=70

http://www.google.com/imgres?q=carte+de+situation+geographique+de+la+ville+de+kenitra&start=112&um=1&rlz=1R2VASN_frMA533&hl=fr&biw=1366&bih=528&tbnid=P9mSNZsNAWk2iM:&imgrefurl=http://www.toutrabat.com/situation-geographique-rabat.php&docid=iMlbrWgp9hoMXM&imgurl=http://www.toutrabat.com/images/situation-rabat-maroc.gif&w=393&h=434&ei=mzi8UYeqCcalhQe8iYCIBQ&zoom=1&iact=rc&dur=1&page=5&tbnh=132&tbnw=113&ndsp=23&ved=1t:429,r:29,s:100,i:91&tx=58&ty=62

ANNEXE

Tableau 1:Population de la ville de Kenitra (habitant)
de 1994 à 2012 (wikipédia)

1994	2004	2012
292 453	359 142	418 222

Tableau 2: les précipitations et la température au
niveau de la ville de Kenitra (EL BAHALI Hanane,
2008)

	sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	total
P mm	10,23	48,63	77,94	100,28	88,45	73,15	52,52	55,96	29,41	6,3	0,8	0,53	544,2
Tmoy °C	22,3	19,4	16,1	13,6	12,3	13,4	15	16,1	18,4	21	23,3	23,5	Tm=17.9

Tableau 3:les caractéristiques des bassins versants (ABHS 2008)

Nom du B.V.	Sup. (km ²)
Sahb El Ghaba	34
Fouarat	74
Foui	174

Tableau 4:le niveau d'eau de la merjat (ABHS 2008)

Côte mNGM	Sup. (m2)	Volume (milliers de m)
-2.50	10	
-2.00	2,291	0.58
-1.50	6,773	2.84
-1.00	13,466	7.90
-0.50	24,441	17.38
0.00	41,006	33.74
0.50	65,897	60.47
1.00	415,048	180.70
1.50	940,691	519.64
2.00	1812,981	1 208.05
2.50	2166,630	2 202.96
3.00	2973,365	487.95

Tableau 5:les caractéristiques des ouvrages (ABHS 2008)

N° Ouvrage	Désignation	Type	Section d'écoulement (m2)
1	RN 1	Pont (1 travée)	17.00
2	Voie	Pont (2 travées)	5.40
3	ONCF	Pont (1 travée)	16.70
4	RP 2401	Pont (1 travée)	6.00
5		Pont (1 travée)	#40.00

Tableau 6: les caractéristiques des bassins versants (ABHS 2008)

Nom du B.V.	Sup. (km ²)	Dénivelée (m)	Longueur (km)	TC (h)
Sahb El Ghaba	34	90	11	2.7
Fouarat	74	153	31	7.2
Foui	174	129	35	8.9

Tableau 12: les résultats des simulations des pluies de
24h et 72h (ABHS 2008)

Désignation	Crue de 100 ans		Crue de 50 ans		Crue de 25 ans		Crue de 10 ans	
	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h
Q max de la crue (m ³ /s)	166	170	133	138	102	108	66	73
Côte max dans la Merjat (mNGM)	4.23	5.58	3.90	5.22	3.59	4.73	2.93	4.23
Q max entrant dans le canal (m ³ /s)	35	56	22	45	13	38	8	26
% d'écêtement de débit dans la Merjat	79%	67%	84%	67%	87%	65%	87%	65%
Ouvrages avec surverse	Tous les ouvrages, exception celui ONCF	Tous les ouvrage s	Tous les ouvrages, exception celui ONCF	Tous les ouvrage s	Tous les ouvrages, exception celui ONCF	Tous les ouvrage s	aucun ouvrage	Tous les ouvrage s
Q Sortant (m ³ /s)	28	47	21	45	13	39	8	28
Côte max ouv. Rejet (mNGM)	2.65	4.50	2.25	4.24	1.84	3.78	1.21	2.70

Tableau 13: les hauteurs d'eau sur les chaussées des
ouvrages (ABHS 2008)

Ouvrage		Crue de 100 ans		Crue de 50 ans		Crue de 25 ans		Crue de 10 ans	
		Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h	Pluie de 24 h	Pluie de 72 h
Ouvrage sur RN 1	Q (m ³ /s)	36	60	20	45	10	37	0	25
	Haut. Eau (m)	1.0	2.5	0.7	2.1	0.5	1.6	0.0	1.0
Ouvrage sur voie	Q (m ³ /s)	38	65	20	45	4	38	0	29
	Haut. Eau (m)	1.2	2.6	0.7	2.3	0.3	1.7	0.0	1.2
Ouvrage ONCF	Q (m ³ /s)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Haut. Eau (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ouvrage sur RP 2401	Q (m ³ /s)	13	46	0	44	0	37	0	11
	Haut. Eau (m)	0.2	1.4	0.1	1.2	0.0	0.7	0.0	0.2

Tableau 14: Paramètres physico-chimiques des eaux
du lac Fouarat

les rejets	R1	R2	R3	R4	R5
pH	7,45	9,14	7,45	7,5	7,45
T°C	23	23	22	23	22
cond(ms/cm)	0,8	1,42	1,36	1,48	0,95
MES (mg/l)	—	104	660	840	—
P-PO4 3- (mg/l)	0,55	1,4	1,78	2,02	1
SO4 2-(mg/l)	—	42,8	47,5	36,2	—
Cl - (mg/l)	—	191	132	172	—
O2 dissous (mg/l)	—	2,4	1,2	0,4	—
Ca ²⁺ (mg/l)	—	115	141	138	—
Mg ²⁺ (mg/l)	—	16,1	17,4	14,7	—
K ⁺ (mg/l)	—	20,1	28,3	21,6	—
Na ⁺ (mg/l)	—	95	84	118	—

Tableau 10: Teneurs des quelques métaux dans les
eaux du lac Fouarat

les rejets	R1	R2	R3	R4	R5
Fer (mg/L)	8	3,2	3	2,8	7
Manganèse(µg/L)	400	342	364	268	225
Cuivre (µg/L)	35	34	45	40	17,5
Zinc (µg/L)	150	132	186	498	75
Plomb (µg/L)	30	24	28	32	20
Nickel (µg/L)	35	126	142	168	25
Cadmium (µg/L)	0,3	2,8	3,8	10,8	0,15
Chrome (µg/L)	95	42	58	98	45



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: EL BOTI Ouissam

Année Universitaire: 2012/2013

**Titre: Elaboration de la carte de risque global au niveau de
La Merjat Fouarat et le canal d'assainissement**

RESUME

Ce projet de fin d'étude intitulé l'Elaboration de la carte de risque global au niveau de la Merjat Fouarat et le canal d'assainissement vise à la mise en évidence de l'ensemble des facteurs causant des risques naturels.

Cet étude met l'accent sur le diagnostic de la Merjat Fouarat au niveau de la ville de Kenitra dans le dessein de montrer que c'est un lac pollué ; présente un fort potentiel inondable et située dans un lieu panoramique de la ville de Kenitra.

Ce rapport présente une évaluation et une cartographie des deux risques affectant le plus la Merjat Fouarat; le risque d'inondation et la pollution des eaux du lac, pour cela on a procédé par la réalisation des cartes de ces deux risques et la carte de la vulnérabilité qui montre la densité des habitants de la ville de Kenitra pour en avoir une vision globale sur la problématique.

En guise de conclusion on a élaboré la carte de risque global en se basant sur les cartes précédentes.

Mots clés:

Risque, cartographie, vulnérabilité, alea, inondation, pollution.