



Année Universitaire : 2014-2015



Licence Sciences et Techniques : Géorressources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques
Titre

**Délimitation des zones inondables à la
commune de Sidi El Ghandour province de
Khmissat**

Présenté par :
HATIM Kaoutar
JBILOU Nassma

Encadré par:

Pr . BENABDELHADI Mohammed

Soutenu Le 19/06/2015 devant le jury composé de:

- **Pr. BOURAK Abdelah**
- **Pr. LAHRACH Abderrahim**
- **Pr. BENABIDAT Lahcen**

Stage effectué à : agence du bassin hydraulique du sebou





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

Prénom et NOM : jbilou nassma et kaoutar hatim

Année Universitaire : 2014/2015

Titre : délimitation des zones inondables à la commune de Sidi El Ghandour

Résumé

Le risque d'inondation est devenu très important dans ces dernières décennies, il bloque le développement harmonieux de notre pays ainsi que la création des crises social et la perturbation de notre système éducatif.

Le bassin versant de l'oued Lakhemiss est un sous bassin d'Oued Beht. Cet Oued prend naissance dans la partie sud de la ville de Khemissat et traverse toute la commune rurale et la ville de Khemissat pour rejoindre l'oued beht à l'amont du barrage El Kansera. Ce bassin présente une pluviométrie moyenne de 420 mm sous un climat semi-aride.

Le risque d'inondation est devenu très important dans ces dernières décennies, il bloque le développement. L'examen de la carte hypsométrique et celle des pentes montre que le long de la vallée d'Oued Lakhmiss montre que l'écoulement le long de cette vallée se dirige vers le nord-est du bassin donc loin de notre zone d'étude. En plus l et ceci nous laisse penser que le risque d'inondation par le billet de ce bassin sur notre zone devient fort improbable. Le calcul des caractéristiques et les débits de pointe au niveau de notre zone ainsi que la modélisation hydrologique par HEC RAS permettent de conclure qu'il n y a aucun risque d'inondation sur la zone d'étude SIDI EL GHANDOUR.

Mots clés: inondation, délimitation, modélisation,

Liste des tableaux

Tableau 1 : statistique de la population Source : RGPH 04 Recensement général de la population et de l'habitat 2004)	9
Tableau 2 : Superficie et périmètre du bassin versant.	23
Tableau 3 : L'indice de Gravelius ou indice de forme du bassin versant.	23
Tableau 4 : Largueur du rectangle équivalent du bassin versant	23
Tableau 5 : Longueur du rectangle équivalent du bassin versant.	24
Tableau 6 : La pente moyenne et la dénivelée BV	24
Tableau 7 : temps de concentration	28
Tableau 8 : débits de pointe par la méthode Rationnelle	28
Tableau 9: débits de pointe par la méthode de Franco-Rodier	29
Tableau 10 : débits de pointe par la méthode de Hazen&Lazarivich.....	29
Tableau 11 : Le moyen des débits.....	29
Tableau 12 : superficie et périmètre des petits bassins	32

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la répartition de différente province du bassin Sebou -----	8
Figure 2 : Carte de la situation géographique de Sidi El Ghandour -----	9
Figure 3 : Pluviométrie mensuelle enregistrée dans la station de référence El Kansra 1994-2014 -----	10
Figure 5 : Longueur du bassin versant-----	14
Figure 6 : Forme du bassin versant-----	15
Figure 7 : Carte de délimitation de la zone d'étude et des bassins versants -----	22
Figure 8 : Carte de pente -----	25
Figure 9 : Carte hypsométrique -----	27
Figure 10 : Carte de délimitation des petits bassins -----	31
Figure 11 : Schéma hydraulique du centre Sidi El Ghandour -----	32
Figure 12 : Présentation d'Oued Lakhmiss en 3d par HEC RAS -----	33
Figure 13 : Exemple des profiles d'Oued Lakhmiss -----	34

Liste des annexes

ANNEXE 1

Présentation des profils du bassin versant obtenues
par HEC RAS

Projets de fin d'étude

Dédicace

•A Dieu tout puissant, le Clément, le Glorieux, le Juste et le Gracieux.

•A nos très chers parents,

En témoignage de notre amour, notre affection et notre reconnaissance pour les efforts qu'ils ont consentis pour nous durant toutes ces années.

•A nos familles.

•A tous nos amis.

•A tous ceux qui nous sont chers,

•Merci pour votre soutien et encouragement

On vous dédie cet humble travail en signe de reconnaissance et de dévouement.

Remerciement

C'est avec un grand plaisir qu'on réserve les lignes en gage d'obligeance et de gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration et la réussite de ce travail.

Notre vifs remerciements vont conjointement à Mr Abderahim Lahrach, et Mr Mohamed Benabdelhadi, professeurs à la FST de Fès, qui nous ont honoré par le fait d'accepter de diriger ce travail et nous ont initié dans ce domaine, leurs conseils, tout au long de notre études nous permis de persévérer.

Nous saisisons aussi l'occasion pour présenter nos profonds remerciements à Mr Bourak abdellah d'agréer nos sincères reconnaissances pour les encouragements et le soutien qu'il nous a offert ainsi que pour ses conseils précieux qu'il nous a donné toute la période de stage.

On tient à exprimer notre gratitude et nos vifs remerciements à Mr Omar Laaroussi et à tous les doctorants de la FST pour l'aide et le soutien durant notre période d'étude.

Sommaire

	Titre	Numéro de la page
	Introduction	6
	<u>Chapitre 1 :</u>	7
I	<u>Contexte géographique :</u>	8
II	<u>Contexte climatique :</u>	10
III	<u>Contexte géologique :</u>	10
	<u>Chapitre 2 :</u>	11
I	Méthodologie et démarche :	12
	<u>Chapitre 3 :</u>	20
I	<u>Caractéristiques des bassins versants :</u>	21
II	Résultats du calcul hydrologique :	28
III	Logiciel de calcul :	29
IV	Résultats des simulations	30
	Conclusion générale	35

Introduction

Les inondations représentent un risque naturel qui peut causer des pertes en vies humaines, des dégâts matériels et la dégradation de l'environnement. Le risque d'inondation est due aux changements climatique, au développement urbain et à la mauvaise gestion des plans d'aménagements.

Notre travail est la délimitation des zones inondables de la région Sidi El Ghandour qui borde toute la partie Nord Est de la ville de KMISSET, la délimitation des zones inondables montre deux bassins versants Oued Lakhmiss, et Oued Maleh, qui peuvent être une cause principale du risque d'inondation. Le but de notre étude est : la délimitation des zones inondables, l'étude des caractéristiques des bassins versants, le calcul des débits.

Pour mener à bien ce travail nous allons effectuer des calculs hydrologiques à l'aide des logiciel professionnelles ARC GIS va nous permettre de délimiter les bassins versants et de calculer la superficie et le périmètre de ces bassins. Il va nous permettre également d'élaborer les cartes de pentes et hypsométriques, HEC RAS est un outil qui va nous permettre de délimiter les zones inondables, et à donner la hauteur d'eau en fonction du débit, de pente et de section. Les formules empiriques vont nous permettre les débits de l'eau au niveau du centre ce qui vas nous renseigner le risque d'inondation, En cas de menace, nous élaborons des solutions de protections contre les inondations dans le cadre échéant nous allons justifier par le calcul des débits de pointe des différents périodes de retour qui est composé d'un ensemble des étapes enchainées qu'il faudrait suivre .

Chapitre 1 :
Présentation de la zone d'étude

I. Contexte géographique :

Le Bassin Hydraulique de Sebou s'étend sur la partie nord du royaume. Il représente la zone d'action de l'Oued Sebou. Il s'étend sur une superficie de 40.000 km² est situé entre les méridiens 3°50' et 6°40' ouest et les parallèles 33° et 35° nord. L'altitude maximale du versant rifain est de 2448 m du JBEL TIDGHINE et elle est de 3080m sur le versant moyen atlasique à JBEL BOUIBLANE. Le bassin est constitué administrativement par 6 régions, 16 provinces et 300 communes urbaines et rurales.

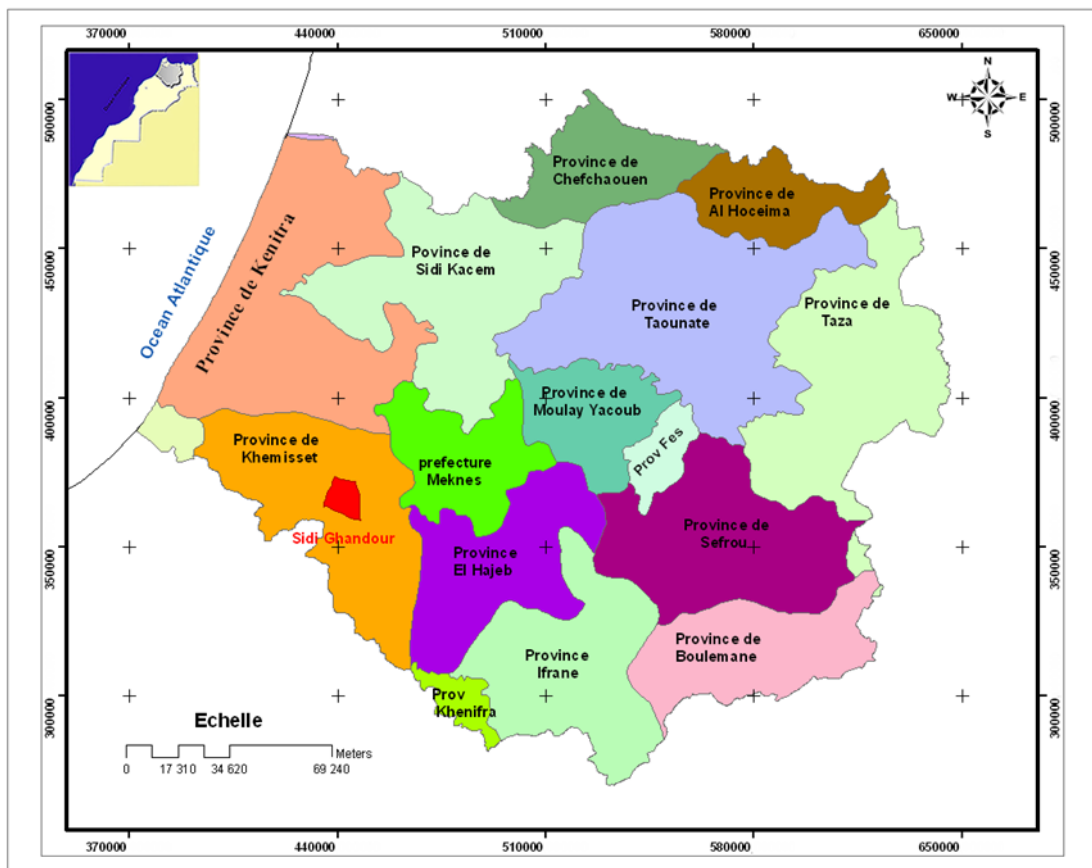


Figure 1 : Carte de la répartition de différentes provinces du bassin Sebou

Sidi El Ghandour est une région située entre quatre limites géographiques qui sont : AIT YADINE au Nord, AIT SIBERNE et MAJMAA TOLBA à l'Est SIDI ALLAL LAMSSADER à l'Ouest, KHMISSET au Sud. Son chef lieu est le centre SOUK TNINE. Elle appartient au cercle KHMISSET, qui appartient à la province de KHMISSET. Elle s'étend sur une superficie de 156km². La région connaît au présent 6 douars qui sont groupée.

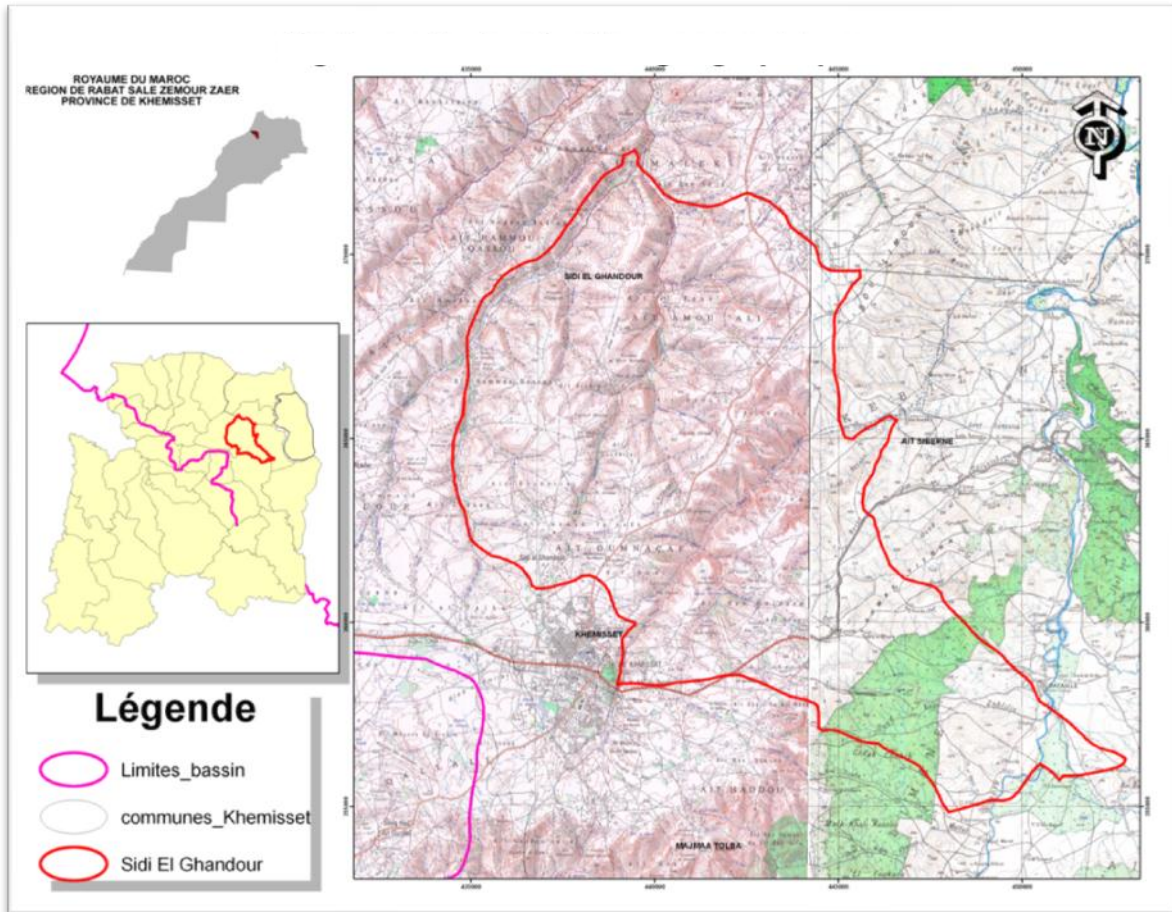


Figure 2 : Carte de la situation géographique de Sidi El Ghandour

On compte des constructions dont la majorité est constitué en dur avec un pourcentage de 62.33% et 21.38% sont faites en pisé. Elle compte environ 18587habitants en 2004.

Tableau 1 : la population Sidi El Ghandour Source : RGPH 04 Recensement général de la population et de l'habitat 2004)

	1994			2004			Taux d'accroissement annuel
	Marocains	Total	Ménages	Marocains	Total	Ménages	
population	15231	15231	2767	18579	18587	3764	2,0

La population de la commune a augmenté de 2.0%. Cette valeur était de 15231 habitants en 1994 pour atteindre 18587 habitants en 2004, soit une augmentation de 3356 habitants en 10 ans, ce qui correspond à une moyenne estimée en 336habitant/an. En 10 ans le nombre de ménages a augmenté de 997, ce qui donne un taux d'accroissement annuel positif.

II. Contexte climatique :

Le climat de cette région est de type semi aride, la moyenne des précipitations annuelles est d'ordre de 430 mm.

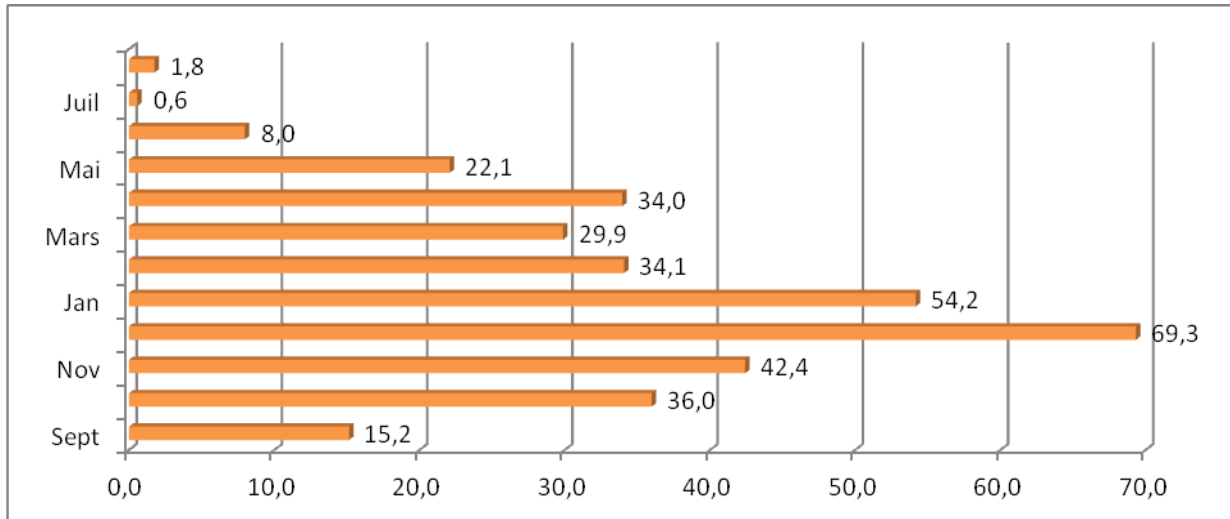


Figure 3 : Pluviométrie mensuelle enregistrée dans la station de référence El Kansra 1994-2014

La station de référence est celle d'El Kansra (l'étude des données climatiques moyenne annuelle entre 1994 et 2014) montre que le mois de Décembre est le mois le plus pluvieux, la température moyenne annuelle est de 18°C avec un maximum de 38°C et un minimum de 5°C.

III. Contexte géologique :

La commune fait partie de l'unité géologique du couloir sud rifain. Ce couloir représente un fossé (le sillon sud rifain), sensiblement orienté WE de Fès à Taza, entre l'unité géologique pré rifaine au nord et l'unité géologique du Moyen Atlas au sud. Il est comblé par des formations mio-pliocènes essentiellement marneuses. D'un point de vue stratigraphique, ce couloir comporte un socle primaire schisto-gréseux surmonté par un Trias de marnes rouges continentales et lagunaires. Le niveau triasique est souvent coupé de coulées basaltiques. Sur le Trias se trouve le Lias calcaro-dolomitique couvert par une puissante série marno calcaire détritique. Le primaire schisto-gréseux affleure au Tazzeka. (ABHS 2013, monographie de Sidi El Ghandour)

Chapitre 2 :

Méthodologie et démarche

I. Méthodologie et démarche :

1. Méthodologie :

Cette partie sera consacrée à détailler les logiciels et les outils utilisés, ainsi qu'à décrire la méthodologie de travail.

1.1. ARCGIS :

Elaboré par ESRI (pour Environmental Systems Research Institute), il s'agit d'un logiciel qui compte-comme déjà signaler-parmi les produits les plus utilisés dans le domaine de la gestion de l'information dans l'espace géographique, offrant une multitude d'option et de possibilité d'analyse et de traitements de données via des extension assez riches : spatiale Analyste, 3D Analyste....Il faut signaler ici que nous avons utilisé la version 9.3 qui est l'avant-dernière et qui est commercial bien évidemment. ARC-GIS est un système composé de différentes plateformes qui permettent aux utilisateurs SIG de collaborer et partager d'information géographique. Cet outil va nous permettre de délimiter les bassins versants et de calculer la superficie et le périmètre de ces bassins. Il va nous permettre également d'élaborer les cartes de pentes et hypsométriques.

1.2. HECRAS :

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) est désigné à modéliser les écoulements à surface libre dans les canaux naturels et artificiels. Il permet de simuler les écoulements graduellement variés en régime permanent et en régime transitoire, d'effectuer les calculs de lignes d'eau en régime dynamique en simulant les différents obstacles (ouvrages de franchissement, ponts, dalots,...) le long du cours d'eau. Il permet entre autres de tenir compte des champs d'expansion (champs d'inondations) avec la possibilité d'introduction de différentes relations hydrauliques entre la zone d'écoulement et les champs d'expansions (seuils, courbes de tarages, etc....).La modélisation se base sur les profils en travers des oueds, en tenant compte de tous les ouvrages de franchissement existant, et/ou en cours de réalisation et permet de définir différents coefficients de rugosité pour chaque section. Chaque ouvrage intègre les dimensions des dispositifs d'évacuation, leurs cotes d'entrée et de sortie, le profil du remblai et la longueur de l'ouvrage. Les conditions aux limites que permet le modèle en régime transitoire sont : une variation des débits en fonction du temps (hydro-gramme de crue), une variation des niveaux d'eau en fonction du temps (une marée), une combinaison de la variation des niveaux d'eau et des débits en fonction du temps (retenue de barrage).Cet outil va nous permettre de délimiter les zones inondables, et il sert à donner la hauteur en fonction de débit, de pente et de section.

2. Les démarches :

2.1. Etude hydrologique :

L'hydrologie est la science de la terre qui s'intéresse au cycle de l'eau, c'est-à-dire aux échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol. Au titre des échanges entre l'atmosphère et la surface terrestre, l'hydrologie s'intéresse aux précipitations (pluie et neige), à la transpiration des végétaux et à l'évaporation directe de la couche terrestre superficielle. L'hydrologie de surface étudie le ruissellement, les phénomènes d'érosion, les écoulements des cours d'eau et les inondations.

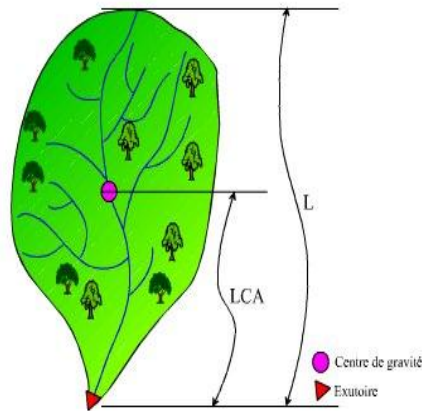
Les caractéristiques d'un bassin versant jouent, en hydrologie, un rôle important majeure parce qu'elles gouvernant souvent le régime d'écoulement ou en influencent, en tous cas, considérablement l'aspect. Les caractéristiques que nous allons étudier sont : la superficie, la longueur, le rectangle équivalent, l'indice de compacité, la pente moyenne et la dénivelé.

1. La superficie :

Il existe de grands et de petit bassin versants. Lorsque l'on compare un petit a un grand bassin dans une même région, non seulement il ya disproportion du volume total d'eau, mais aussi les deux bassins ne réagissent pas de la même manière. En effet un petit bassin versant réagit très vite a une averse, son débit augmente rapidement jusqu'à un maximum, pour ensuite diminuer aussi rapidement dès que l'averse a cessé. Un gros bassin, lui n'a pas une montée rapide ni un débit maximum très net. Ceci est du au fait que les régions situées près de l'exutoire répondent rapidement, tandis que les régions éloignées correspond a une grande distance à parcourir et donc a un temps important avant que soit influencé le débit a l'exutoire. A noter, enfin, que la surface peut se calculer à l'aide d'un planimètre qui est un appareil servant à mesurer les aires des surface planes sur une cartes, aussi elle peut être calculera l'aide des logiciel ex : **ARCGIS, Marino...**

2. La longueur :

Le bassin versant se caractérise principalement par les deux longueurs : la longueur d'un bassin versant, la longueur du cours d'eau principal (fig.4)



Longueurs caractéristiques d'un bassin versant, LCA : longueur du bassin versant ; L : longueur du cours d'eau principal

Figure 4 : Longueur du bassin versant

La longueur d'un bassin versant est la distance curviligne mesurée le long du cours d'eau principal depuis l'exutoire jusqu'à un point représentant la projection du centre de gravité du bassin sur un plan. La longueur du cours d'eau principal est la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux, en suivant toujours le segment d'ordre le plus élevé lorsqu'il y a un embranchement et par extension du dernier jusqu'à la limite topographique du bassin versant. Si les deux segments à l'embranchement sont de même ordre, on suit celui qui draine la plus grande surface.

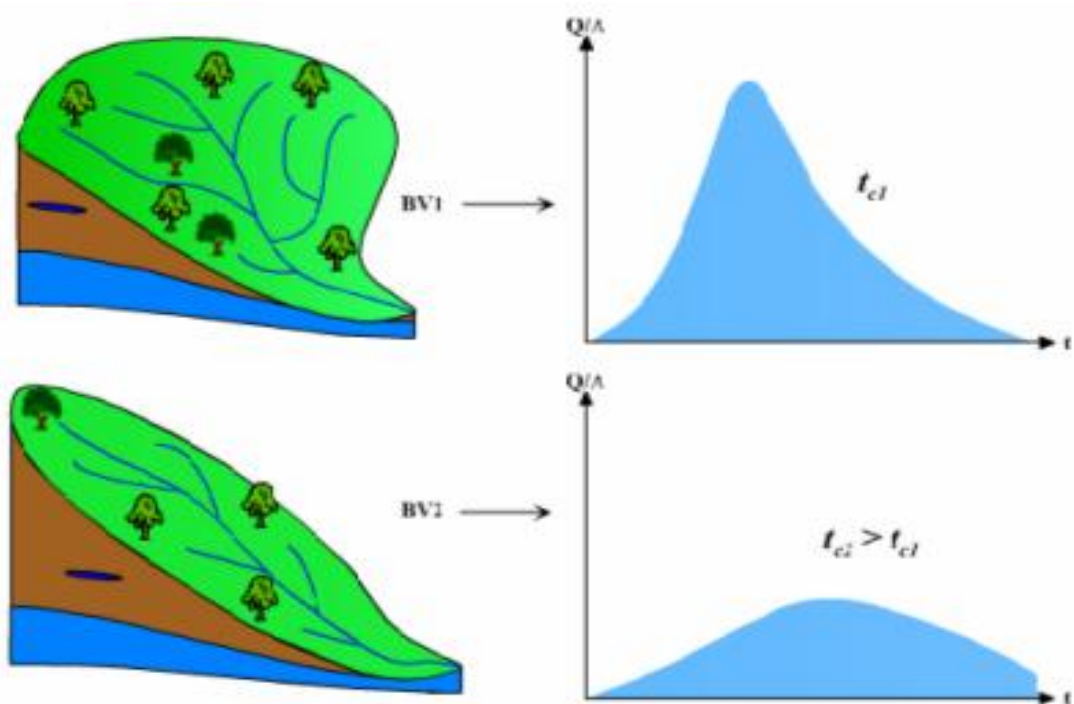
3. Le rectangle équivalent :

La notion du rectangle équivalent permet de comparer l'influence des caractéristiques des bassins versants sur l'écoulement. Cette notion assimile le bassin versant à un rectangle qui a la même superficie, le même périmètre, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique. Sa longueur et sa largeur sont donnée par l'expression suivant:

Projets de fin d'étude

La longueur $L = \frac{K_G \sqrt{S}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_G} \right)^2} \right]$

La largeur $l = \frac{K_G \sqrt{S}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_G} \right)^2} \right]$



Influence de la forme du bassin versant sur l'hydrogramme de crue

Figure 5 : Forme du bassin versant

4. La pente moyenne :

C'est également une caractéristique intéressante, voire très importante, car elle renseigne graphiquement, sur la topographie du bassin. De plus, elle influence le débit de pointe lors d'une averse. Pour calculer la pente moyenne du bassin, il faut commencer par trouver la pente moyenne entre chaque courbe de niveau. En pratique on a besoin de la longueur L du rectangle équivalent et la différence entre les hauteurs extrême.

Projets de fin d'étude

$$P_{moy} = \frac{DH}{L} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$$

Avec **P_{moy}** : la pente moyenne du bassin versant en m/km
DH : L'altitude moyenne en (m)
L : La longueur du rectangle équivalent en (km).

5. L'indice de compacité :

Cet indice qui indique la forme ou coefficient de compacité de GRAVELIUS (1914) **K_G** est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface. **K_G** Donne une idée sur la forme du bassin versant et il est défini par la formule suivante :

$$K_G = \frac{P}{2 \times \sqrt{\pi \times S}} = 0.282 \times \frac{P}{\sqrt{(S)}}$$

Avec **K_G** : Indice de compacité de Gravelius.
S : Superficie du bassin versant en km².
P : Périmètre du bassin versant en km.

6. La dénivelée :

Le dénivelé utile est l'altitude entre laquelle s'inscrit 90% de la surface du bassin :

h5% : altitude correspondant à 5% de la surface totale du bassin au dessus de h5%

h95%: altitude correspondant à 95% de la surface totale du bassin au dessus de h95%

$$Du = h5\% - h95\%$$

2.2. Etude des crues :

Cette étude est choisit afin d'atteindre deux sous-objectif : estimer les débits de pointe (Q_p) à l'exutoire du bassin versant étudié, pour des périodes de retour allant de 2 à 1000 ans, estimer les volumes de crues.

2.2.1. Méthodologie adoptée pour l'étude des crues

Pour étude des crues on a procédé aux étapes suivantes : les temps de concentrations et les débits de pointes

a. Les temps de concentration :

Le temps de concentration T_c ou temps de pointe, est le temps nécessaire pour qu'une particule d'eau provenant de la partie la plus éloignée du bassin pour parvenir ait l'exutoire. Son calcul se fait en utilisant les formules empiriques suivantes :

➤ La formule de Giordotti :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{DH}}$$

Où : T_c : Temps de concentration en heures,

S : surface du BV en Km²,

L : longueur du Talweg en Km,

DH : Dénivelé maximale du BV en m.

➤ **La formule de kirpich :**

$$T_c = \frac{1}{52} \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0,77}$$

Où : ***T_c***: temps de concentration en min,

L : longueur du Talweg en m,

I: pente moyenne du Talweg en m/m.

➤ **La formule de Turazza :**

•
$$T_c = 0.108 \times \left([S \times L] \right)^{0.333} \times I^{0.5}$$

Où : ***T_c***: temps de concentration en h,

L : longueur du Talweg en km,

I: pente moyenne en m/m.

S : superficie du bassin versant en km².

b. Les débits de pointe :

Nous avons soumis les pluies journalières maximales enregistrées à la station d'El Kansra à méthode Rationnelle, méthode Franco Rodier, méthode Hazen&Lazarivich,....

• **Méthode rationnelle :**

La méthode rationnelle est également utilisée pour le calcul des débits de pointe pour différentes fréquences. Cette méthode repose sur le principe suivant : le débit à l'exutoire d'un bassin soumis à une averse homogène dans le temps et dans l'espace d'intensité *I*, atteint son maximum lorsque la durée de l'averse est égale au temps de concentration du bassin.

Projets de fin d'étude

$$Q_p(T) = 0,278 * C(T) * I(t_c, T) * S$$

Avec : **C(T)** : coefficient de ruissellement qui dépend de la période de retour T.

S : surface du bassin versant en km².

I (tc, T) : coefficient de Montana

Les données sont prises de *ABHS, hydrologie d'Oued Lakhmiss*

- **Méthode Franco Rodier :**

Cette formule se présente comme suit :

$$\frac{Q(T)}{Q_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{-0,1K_T}$$

Avec :

Q(T) : débit de la période de retour T.

K_T : coefficient de Franco-Rodier.

Q₀ = 10⁶ m³/s.

S₀ = 10⁸ km².

- **Méthode de Hazen&Lazarivich :**

C'est une formule simple reliant le débit de la crue millénaire (en m³/s) et la surface du bassin versant (en km²). Elle se présente pour les régions du Moyen Atlas comme suit :

$$\text{Moyen Atlas : } Q_{1000} = 14,94 S^{0,636}$$

Chapitre 3 :
Modélisation et résultats des simulations
hydrauliques

Projets de fin d'étude

Cette partie est consacrée à présenter les résultats des caractéristiques des bassins versant. Ces derniers se font par la délimitation sur la carte topographique et la détermination des caractéristiques géométriques de ce dernier ainsi obtention des débits.

I. Caractéristiques des bassins versants :

Les caractéristiques d'un bassin versant influencent fortement sur sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue.

1. Délimitation des bassins :

La délimitation du bassin versant se base ici sur la topographie et sur la ligne de partage des eaux.

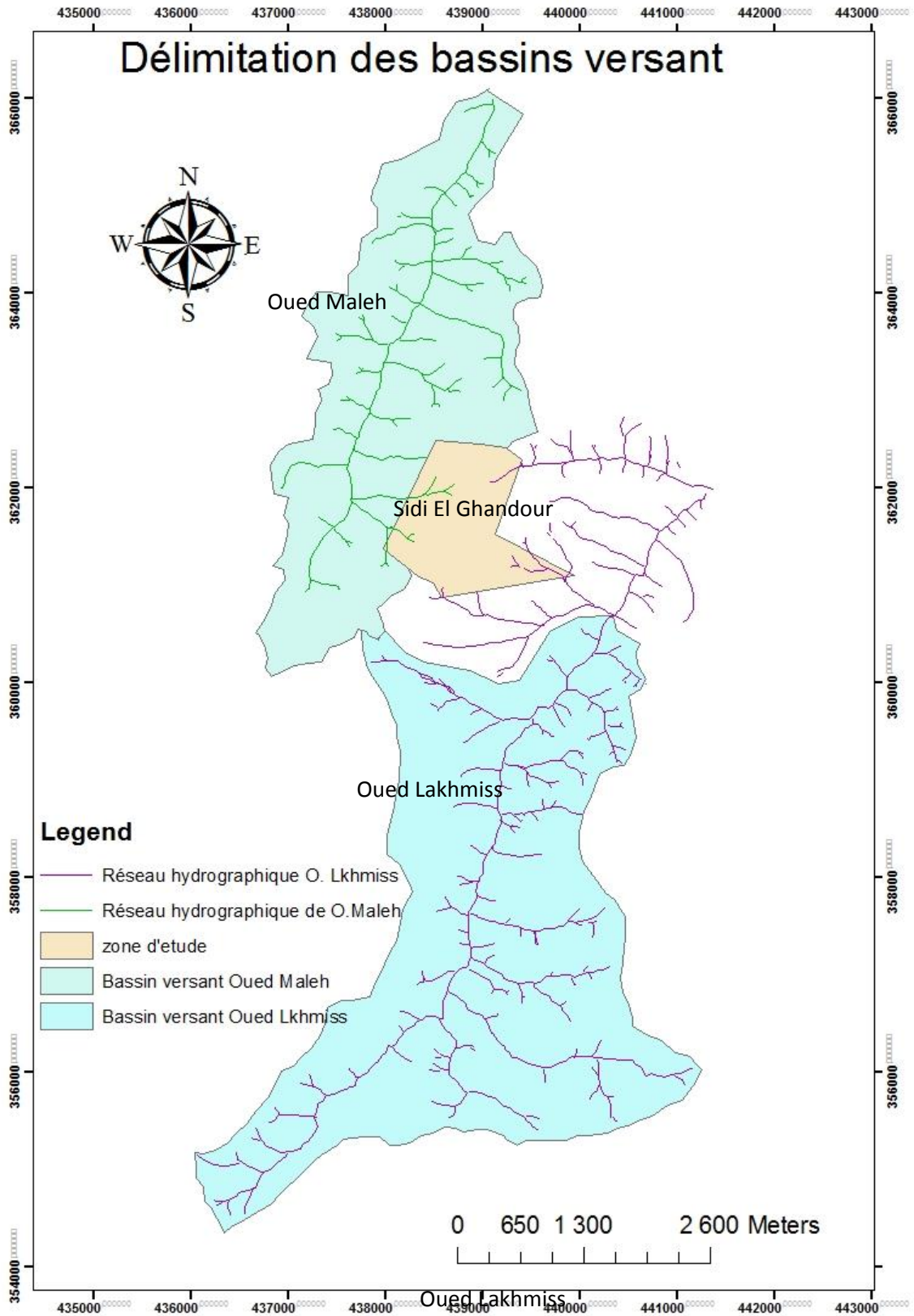


Figure 6 : Carte de délimitation de la zone d'étude et des bassins versants

Projets de fin d'étude

Nous avons référencier la carte topographique de KHMISSET 1/50000 par le logiciel ARC GIS et nous avons délimité les deux bassins versants Oued Lakhmiss et Oued Maleh, nous avons trouvé que La zone est située entre les deux bassins. Cette position en dehors du bassin d'Oued Lakhmiss limite à elle seule le risque d'inondation par des apports provenant de ce bassin.

2. La superficie et le périmètre :

La forme et la surface du bassin versant ont des conséquences directes sur les débits acheminés. La superficie et le périmètre du bassin versant étudié sont calculés par le logiciel Sig.

Tableau 2 : Superficie et périmètre du bassin versant.

Bassin Versant	Superficie (km ²)	Périmètre (km)
O. Lakhmiss	14	22
O. Maleh	9.19	17.86

3. Indice de compacité :

Cet indice de forme ou coefficient de compacité de GRAVELIUS (1914) K_G est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface.

Tableau 3 : L'indice de Gravelius ou indice de forme du bassin versant.

Bassin Versant	Indice de Gravelius
O. Lakhmiss	1.64
O. Maleh	1.64

4. Le rectangle équivalent :

❖ La largeur :

Tableau 4 : Largeur du rectangle équivalent du bassin versant



Bassin Versant	Largeur du rectangle l(km)
O. Lakhmiss	2.82
O. Maleh	1.19

❖ **La longueur**

Tableau 5 : Longueur du rectangle équivalent du bassin versant.

Bassin Versant	Longueur du rectangle l(km)
O. Lakhmiss	8.13
O. Maleh	7.68

5. La pente moyenne:

Le calcul de la pente moyenne du bassin versant, donne un renseignement sur la topographie du bassin versant, En pratique on a besoin de la longueur L du rectangle équivalent et la différence entre les hauteurs extrêmes DH.

Tableau 6 : La pente moyenne et la dénivelée BV

Bassin Versant	Hmax (m)	Hmin (m)	DH (m)	P_{moy} (%)
O. Lakhmiss	476	367	109	13.40
O. Maleh	233	120	113	14.71

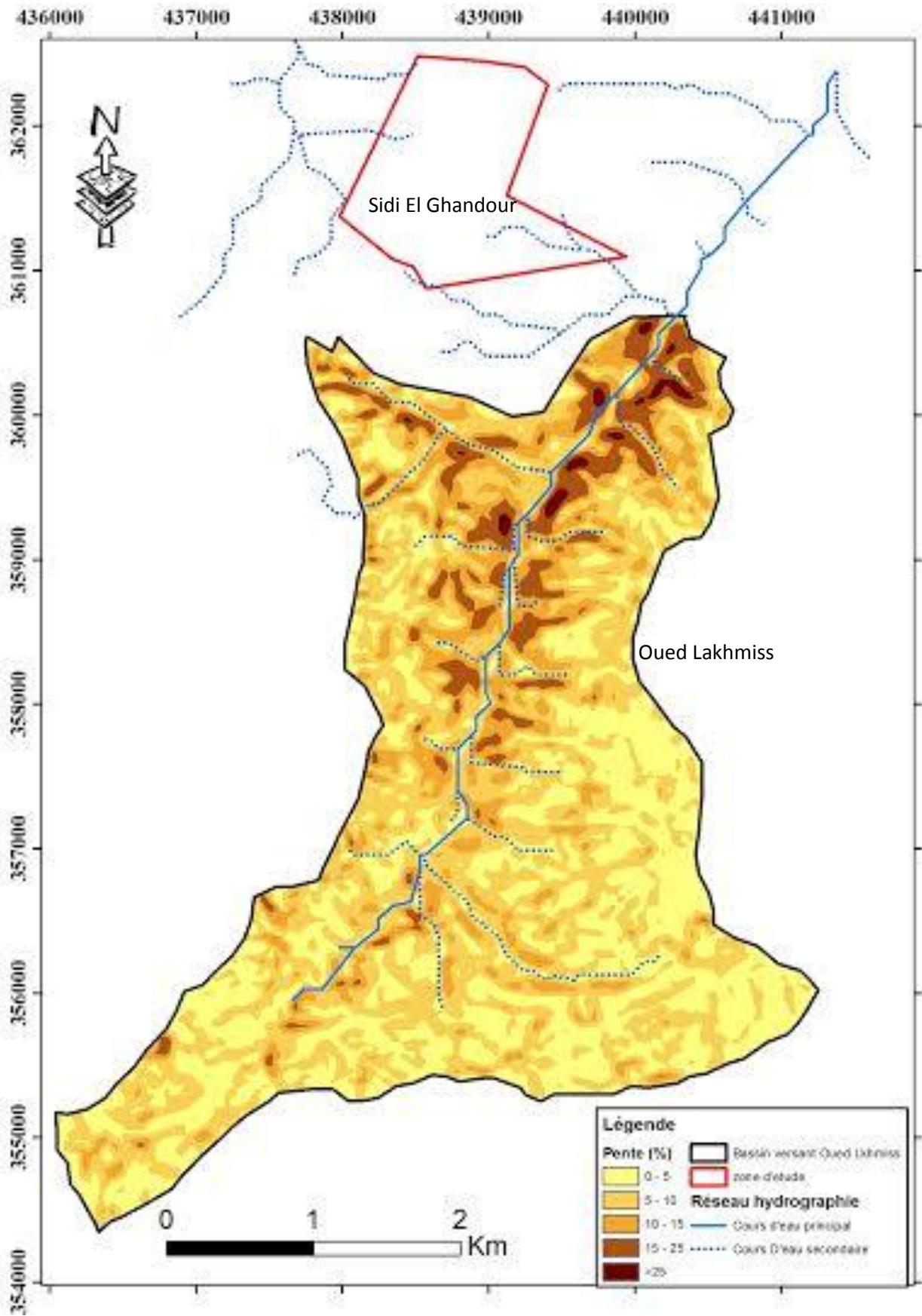


Figure 7 : Carte de pente

Projets de fin d'étude

La carte représente les pentes au niveau d'Oued Lakhmiss. Les pentes importantes sont de 10-15 % et 15-25 %, La pente faible représente une valeur entre 0 et 5 % et la pente élevée est supérieur à 25 %.

6. Carte hypsométrique :

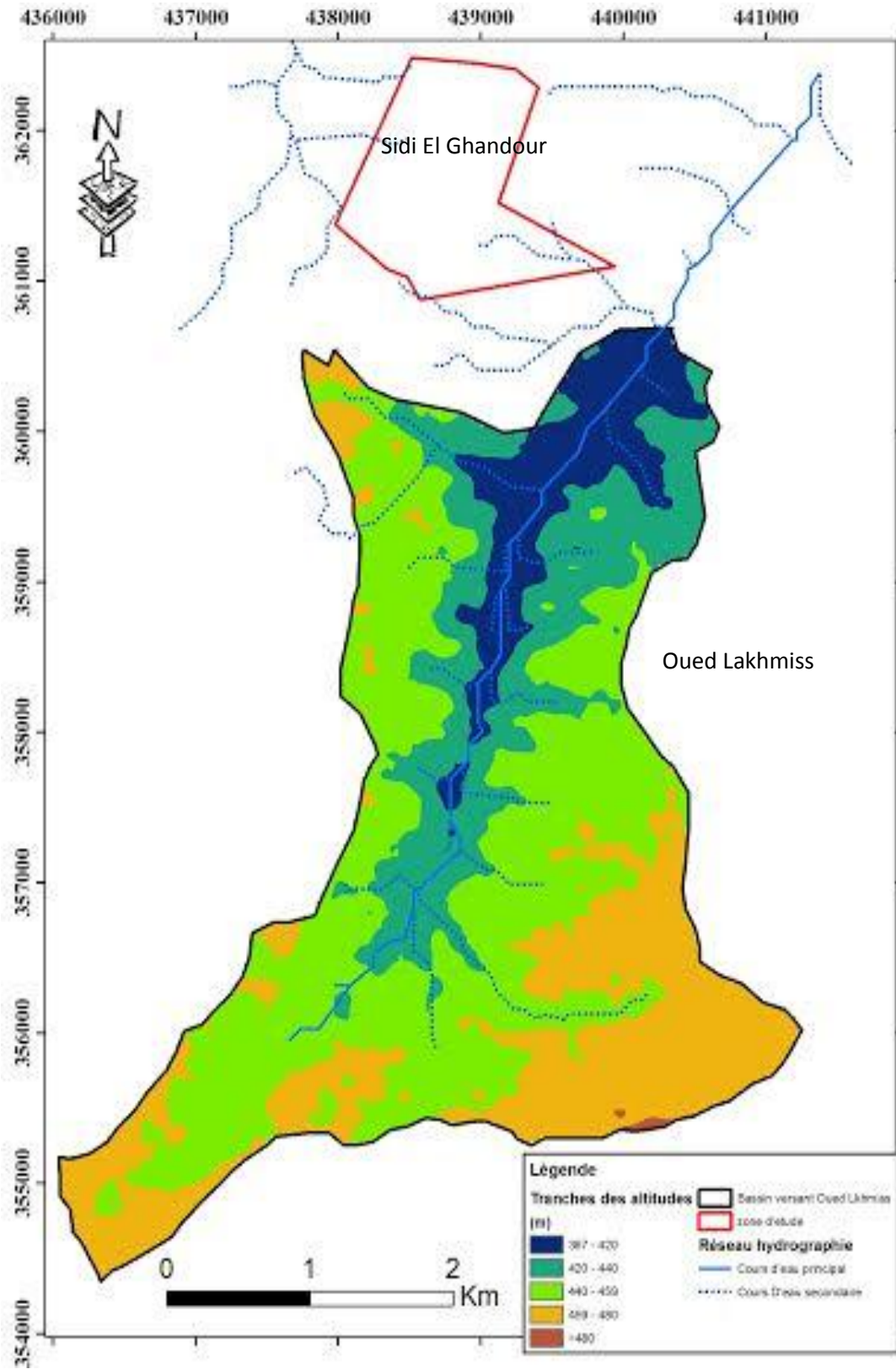


Figure 8 : Carte hypsométrique

Nous avons représenté les surfaces comprises entre les courbes de niveau de la carte hypsométrique par des couleurs différents (fig.8) dans la quelle se succèdent des zones de hautes altitudes supérieurs à 480 m et des basses altitudes inférieures à 365 m. L'examen de la carte hypsométrique et celle des pentes montre que le long de la vallée de Oued Lakhmiss montre que l'écoulement le long de cette vallée se dirige vers le nord-est du bassin donc loin de notre zone d'étude et ceci nous laisse penser que le risque d'inondation par la billet de ce bassin sur notre zone devient fort improbable. Toute fois on va continuer cette simulation hydrologique pour confirmer ces résultats.

II. Résultats du calcul hydrologique :

1. Le temps de concentration :

Tableau 7 : Temps de concentration

Tc en heure	Giandotti	Kirpich	Turazza	Valeur retenue
O. Lakhmiss	4.59	5.92	1.88	4.13

2. Débits de pointe :

2.1 Méthode rationnelle :

Tableau 8 : Débits de pointe par la méthode Rationnelle

Bassin versant	Q10	Q50	Q100
O. Lakhmiss	26.69	43.52	49.87

2.2 Méthode de Franco-Rodier :

Cette formule se présente comme suit :

$$\frac{Q(T)}{Q_0} = \left(\frac{S}{S_0} \right)^{-0,1KT}$$

Avec : **Q(T)** : débit de la période de retour T.

KT : coefficient de Franco-Rodier.

Q0 : 10^6 m³/s.

S0 : 10^8 km².

Tableau 9: Débits de pointe par la méthode de Franco-Rodier

Bassin versant	Q 10	Q100	Q1000
O. Lakhmiss	15.19	26.82	44.44

2.3 Méthode de Hazen&Lazarivich :

C'est une formule simple reliant le débit de la crue millénaire (en m³/s) et la surface du bassin versant (en km²). Elle se présente pour les régions du Moyen Atlas comme suit :

$$\text{Moyen Atlas : } Q_{1000} = 14,94 S^{0,636}$$

Tableau 10 : Débits de pointe par la méthode de Hazen&Lazarivich

Bassin versant	Q1000
O. Lakhmiss	80.03

La valeur retenue :

Tableau 11 : Le moyen des débits

Bassin versant	Q 10	Q 100
Oued Lakhmiss	20,94	47,15

III. Logiciel de calcul :

Le choix du code de calcul a porté sur la dernière version d'HEC-RAS à savoir la R.4.0. Cela étant justifié par le nombre d'études effectuées de par le monde avec ce logiciel et par la qualité du code de calcul développé par l'USACE (Corps des Ingénieurs de l'Armée Américaine). HEC-RAS prend en considération les changements d'écoulement dus aux

ouvrages de franchissements : ponts et dalots. Il permet de déterminer exactement le régime d'écoulement à proximité des ouvrages. Pour cela il suffit de fixer uniquement les sections à l'aval et à l'amont de l'ouvrage, les zones mortes et les pertes par expansion et contraction. Pour le calcul hydraulique, HEC-RAS permet l'utilisation de plusieurs méthodes sans changer la géométrie du pont. Il existe dans HEC-RAS, 4 méthodes de résolution sont : équation d'énergie (par défaut), équation de mouvement, équation de Yarnell, méthode FHWA WSPR0. Une simulation avec le progiciel se déroule de la manière suivante: l'élaboration du modèle consiste à traduire fidèlement les données physiques recueillies au niveau du terrain à savoir : profils en longs des oueds, profils en travers, avec leurs coefficients de rugosité; relations hauteur-surface des terrains inondés et des champs d'expansion ou d'écrêtement, ouvrages de franchissement de l'oued, dimensions, type, etc..., hydro-grammes de calcul (crue, marée...). Les résultats que fournit HEC-RAS 4.0 sont : les niveaux d'eau et d'énergie dans chaque profil en travers, le débit maximum atteint, le temps d'arrivée de l'onde des lâchers d'eau, le temps d'obtention du plan maximal, les vitesses d'écoulement dans chaque section, le profil en long temporel des lignes d'eau.

Montage du modèle :

L'élaboration du modèle consiste à traduire fidèlement les données physiques recueillies sur le terrain à savoir : l'oued, les Champs d'expansion ou d'écrêtement, les Ouvrages de franchissement, ... Dans le modèle numérique sous forme d'un réseau comportant les éléments suivants : nœuds, branches, profil en travers, ouvrages de franchissement, ... La construction des modèles a été effectuée en plusieurs étapes : La première étape a consisté à entrer les données topographiques: profils en long en coordonnées Lambert, profils en travers ainsi que les distances partielles inter-profil séparant les axes des profils en travers et leurs extrémités. La deuxième étape a consisté à modéliser les coefficients de rugosité définis au §3.3. Ces derniers ont été majorés au droit des méandres et des différentes singularités rencontrés le long de l'oued, pour prendre en compte la déperdition supplémentaire de l'énergie lors du passage de l'écoulement. L'étape suivante a consisté à définir les ouvrages enjambant les différents cours d'eau. La dernière étape a consisté à définir le lit mineur et les champs d'épandage de chaque cours d'eau considéré pour cette étude. Une fois le modèle monté, nous avons effectué une interpolation entre chaque deux profil successif.

IV. Résultats des simulations

Plusieurs scénarios ont été simulés sur le modèle hydraulique d'Oued LAKHMISS et est concerné les crues 1/10 et 1/100. Les résultats sont présentés respectivement en **annexes**.

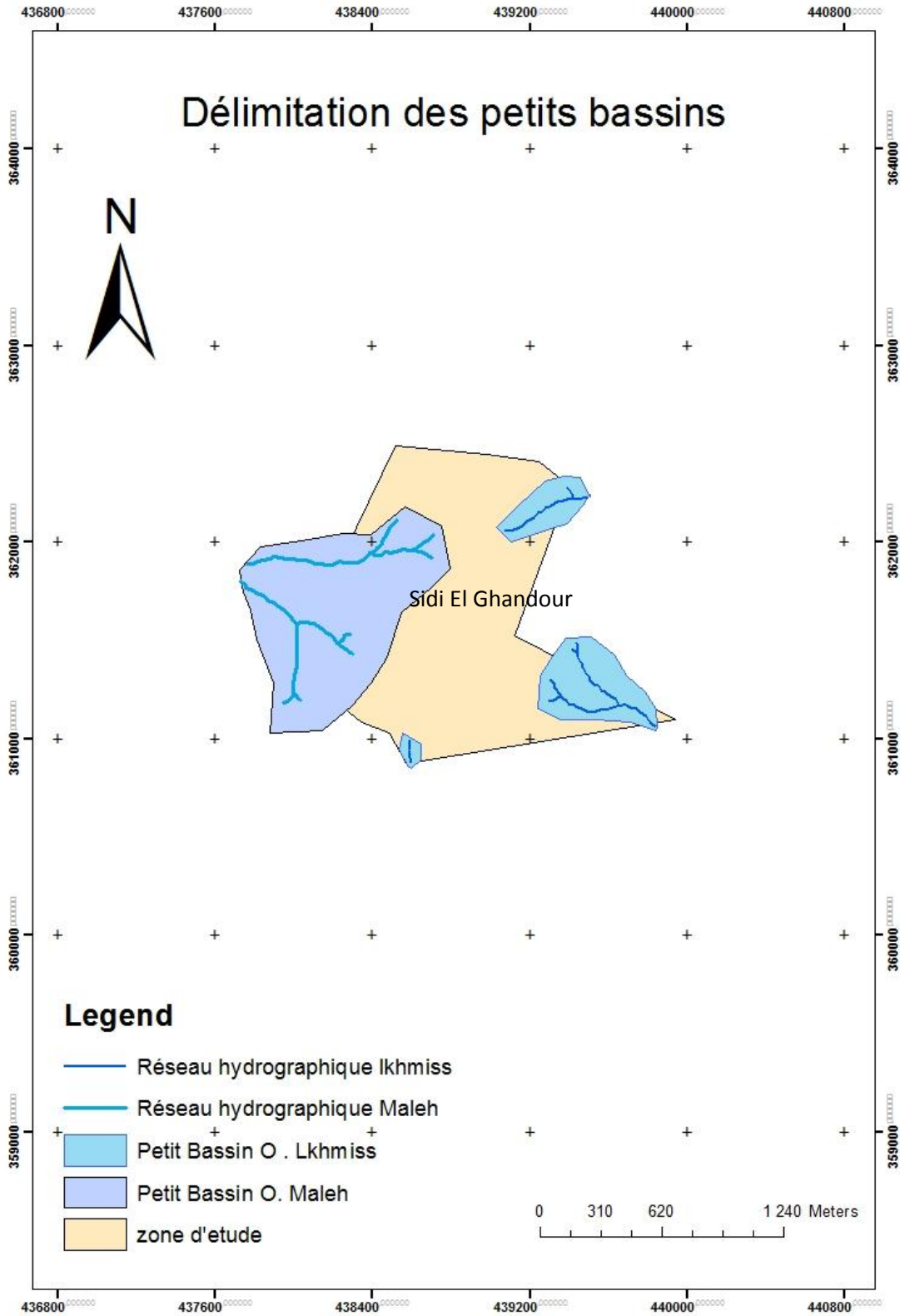


Figure 9 : Carte de délimitation des petits bassins

Tableau 12 : superficie et périmètre des petits bassins

Bassin versant	Superficie km2	Périmètre Km
Oued LAKHMISS	0.18	1.76
Oued MALEH	0.72	3.57

La carte suivante présente la délimitation des petits bassins de faible superficie et périmètre (Tab.12). On ne peut pas prendre en considération ces petits bassins comme risque d'inondation à cause de leur faible importance,



Figure 10 : Schéma hydraulique du centre Sidi El Ghandour

Ce schéma hydraulique est le résultat de la délimitation de la zone d'étude et d'Oued Lakhmiss sur HEC RAS.

ghandour Plan: Plan 01 6/10/2015

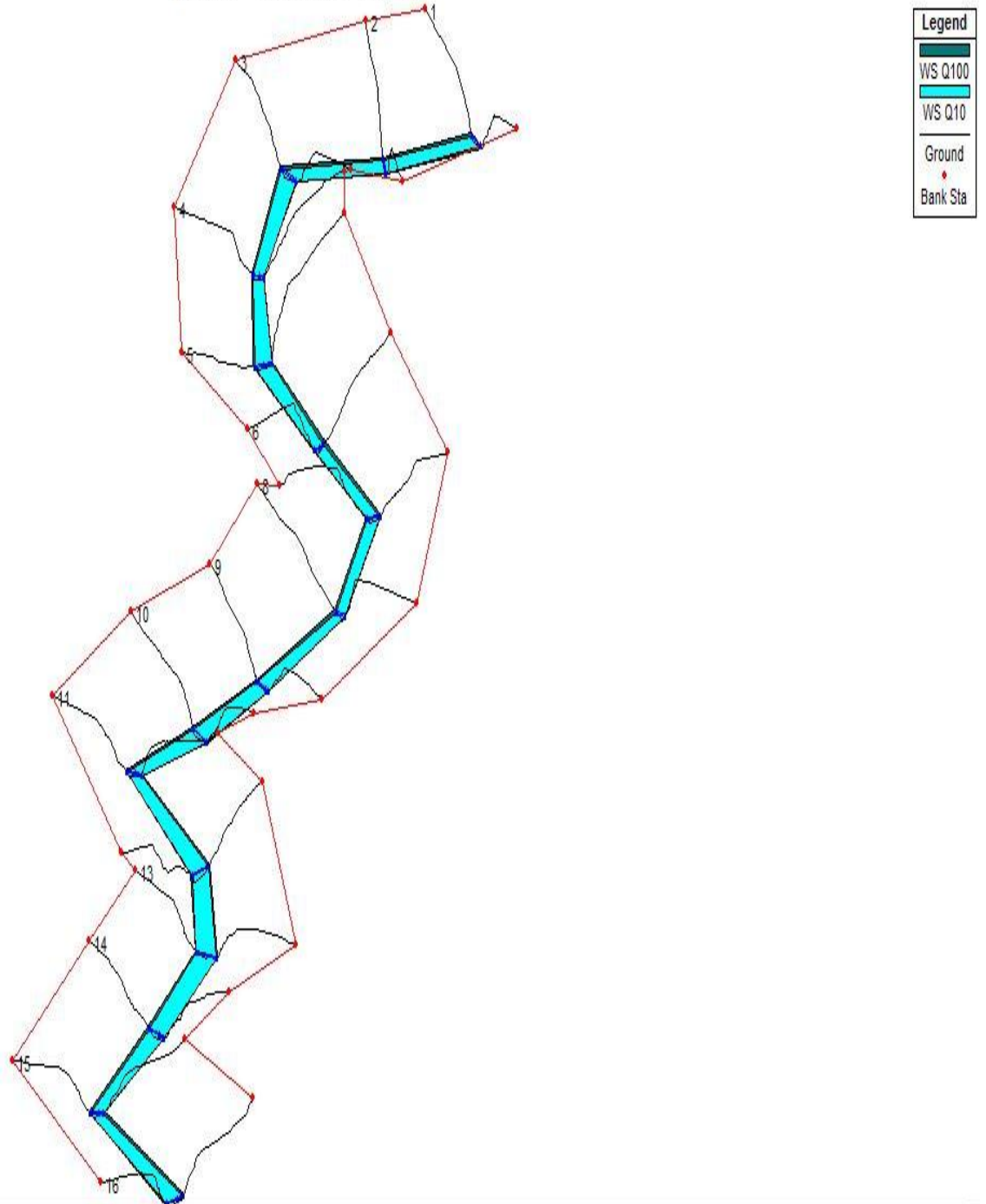


Figure 11 : Présentation d'Oued Lakhmiss en 3d par HEC RAS

Cette figure représente le niveau d'eau de la vallée Oued Lakhmiss en 3D par HEC RAS obtenu par la valeur retenue des débits décennale $20.94 \text{ m}^3/\text{s}$ et 47.15 centennale ce qui montre que le niveau d'eau ne peut pas atteindre notre zone d'étude.

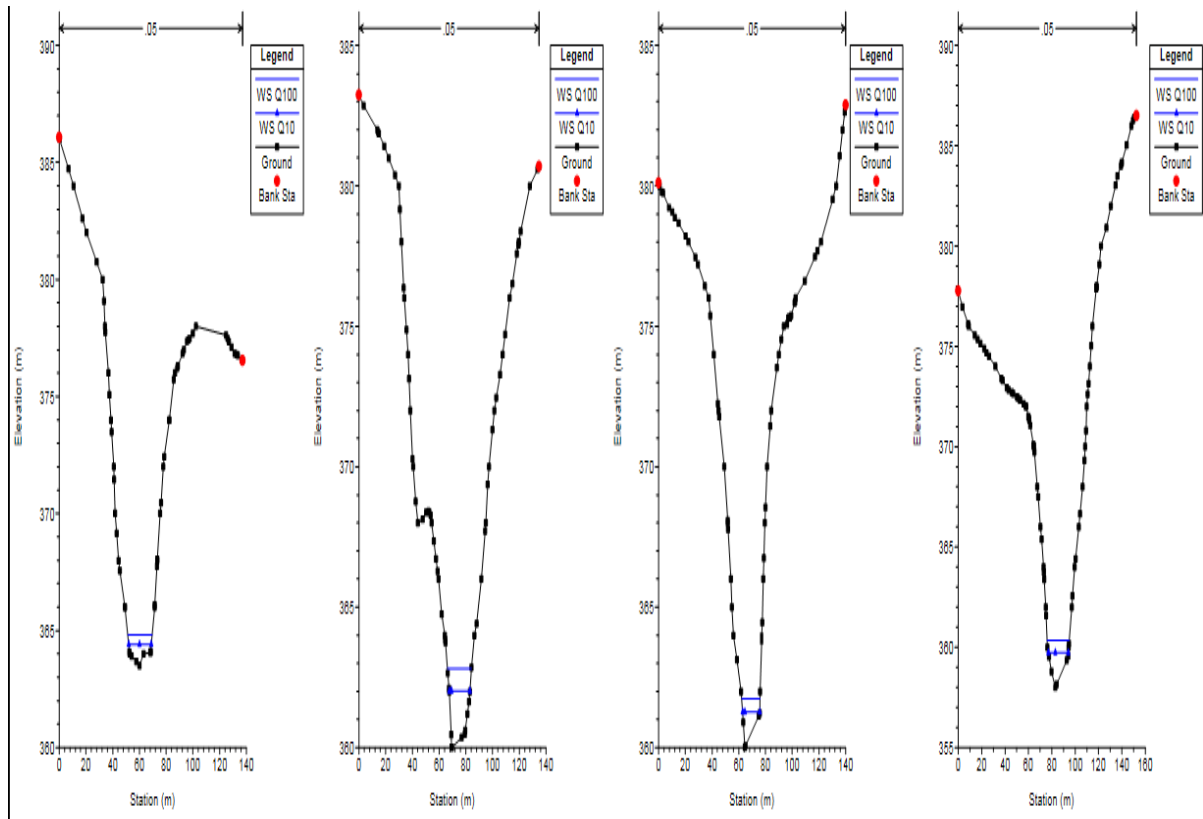


Figure 12 : Exemple des profils d'Oued Lakhmiss

Les courbes suivantes (ANNEXE 1) représentent les résultats obtenues par les profils d'Oued Lakhmiss à l'aide de la valeur retenue des débits décennale et centennale, et montrent le niveau d'eau par rapport à notre zone d'étude qui est très faible.

Conclusion :

D'après les profils obtenus par HEC RAS on n'a pas pris en considération les petits bassins ainsi les résultats des profils dans les simulations hydrauliques à cause de leur faible importance alors qu'ils doivent être pris en considération dans l'assainissement du centre Sidi El Ghandour.

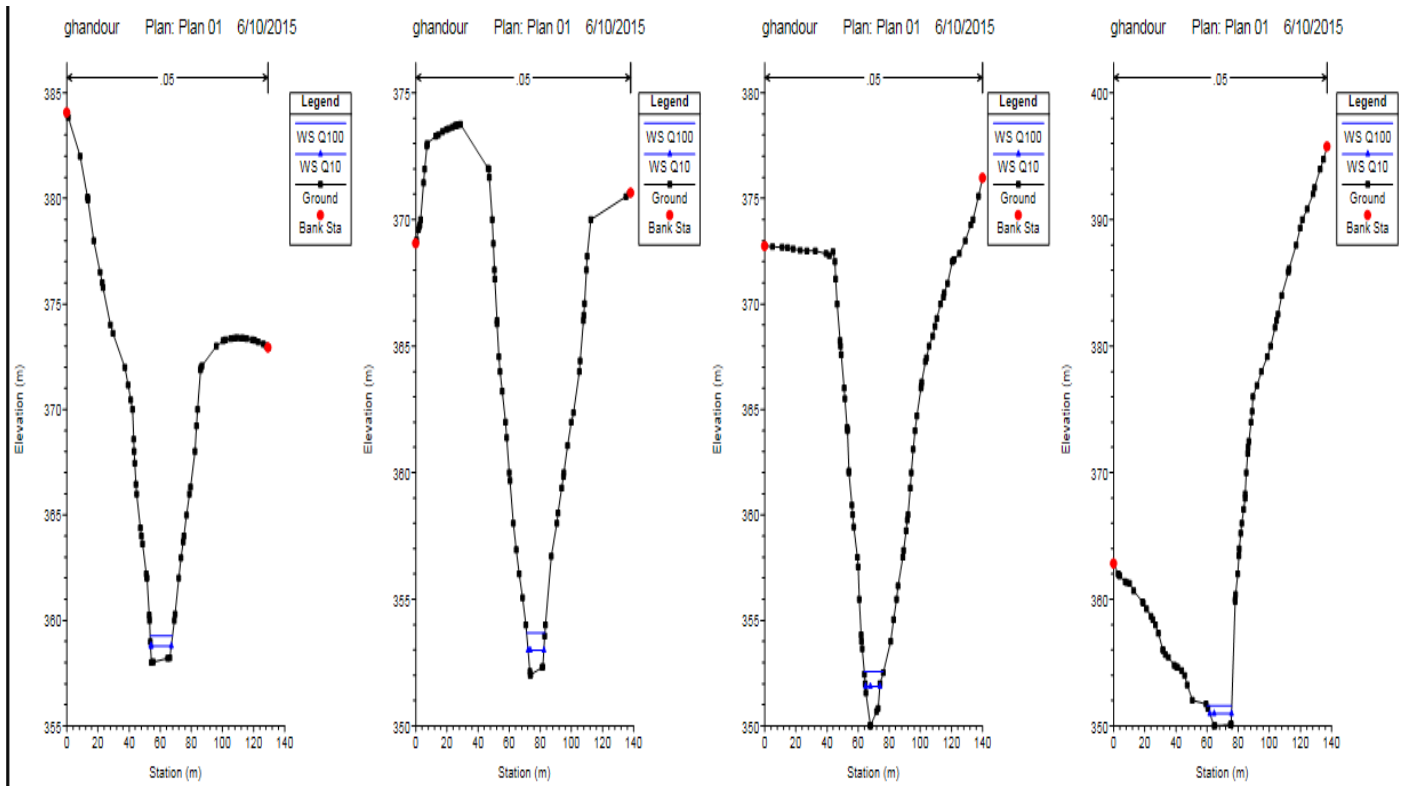
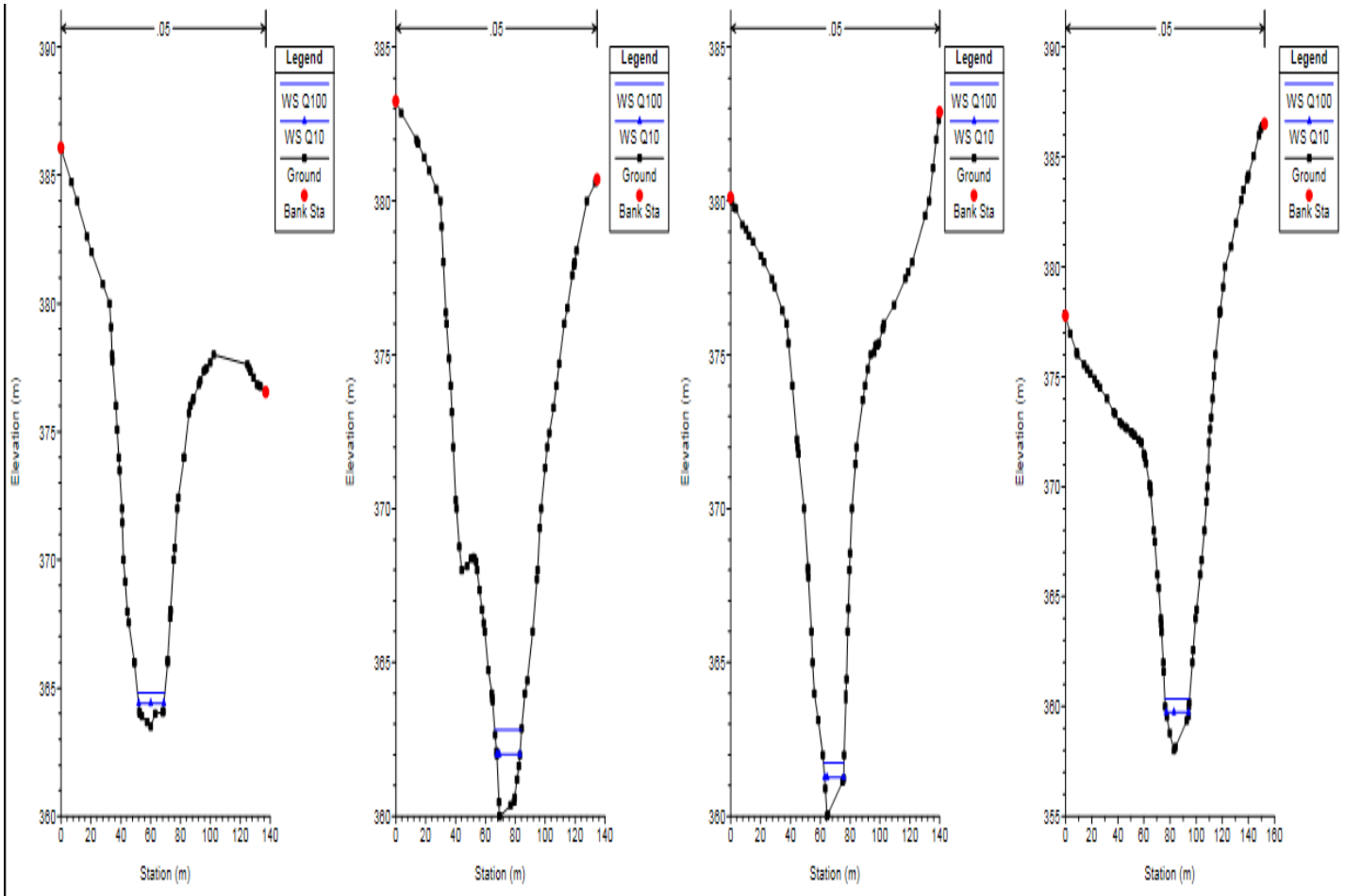
Conclusion générale

Le bassin versant d'Oued Lakhmiss est étendue sur une superficie de 14 Km² et un périmètre de 20 Km. Les caractéristiques physiques du bassin versant a la forme allongé et que sa longueur est plus grande que sa largeur. L'examen de la carte hypsométrique et celle des pentes montre que le long de la vallée d'Oued Lakhmiss montre que l'écoulement le long de cette vallée se dirige vers le nord-est du bassin donc loin de notre zone d'étude et ceci nous laisse penser que le risque d'inondation par la billet de ce bassin sur notre zone devient fort improbable. Le modèle hydraulique que nous avons développé pour Oued Lakhmiss longeant le centre de Sidi El Ghandour a montré également à travers les simulations hydrauliques des crues décennales et centennales que le niveau des plus hautes eaux reste largement plus bas que le niveau du centre. De ce fait, on peu conclure que le centre de Sidi El Ghandour ne peut être menacé par les crues d'Oued Lakhmiss.

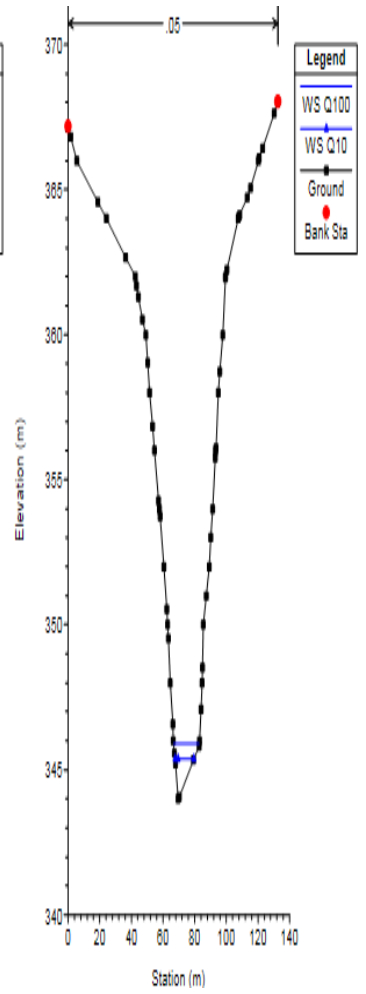
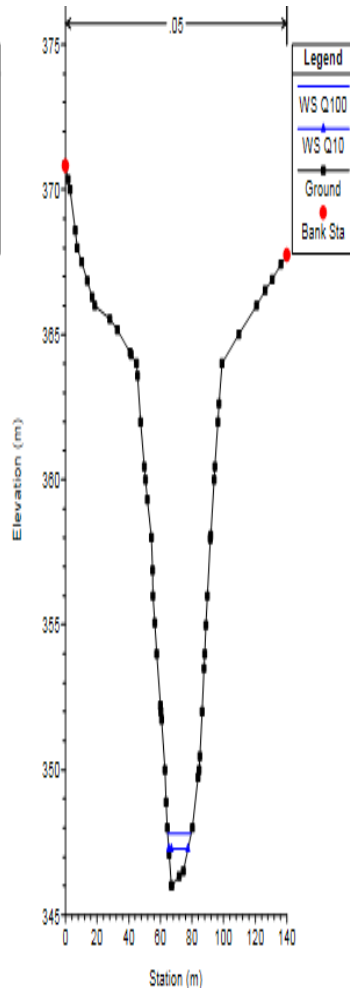
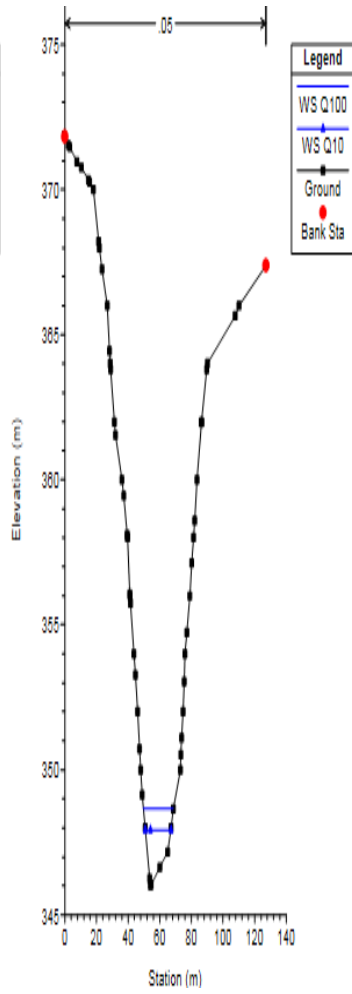
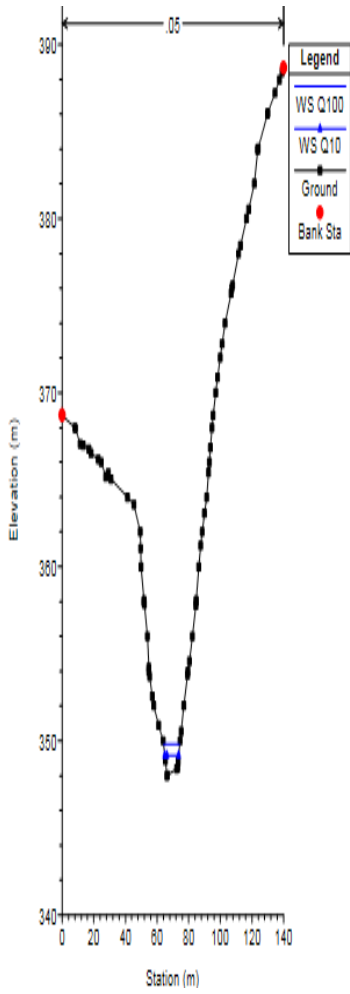
ANNEXE 1 :

**Présentation des profils du bassin versant
obtenues par HEC RAS**

Projets de fin d'étude



Projets de fin d'étude



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABHS, 2013: Monographie de Sidi El Ghandour. P. 9,10, 11, 12

ABHS, 2013 : hydrologie d'Oued Lakhmiss. P. 18

RGPH, 2004 : Recensement général de la population et de l'habitat 2004. Tableau.1, P.8

Table des matières :

	Introduction	6
	<u>Chapitre 1 :</u>	7
I	<u>Contexte géographique :</u>	8
II	<u>Contexte climatique :</u>	10
III	<u>Contexte géologique :</u>	10
	<u>Chapitre 2 :</u>	11
I	Méthodologie et démarche :	12
1	<u>Méthodologie :</u>	12
1.1	ARCGIS :	12
1.2	HECRAS :	12
2	<u>Les démarches :</u>	13
2.1	<u>Etude hydrologique :</u>	13
1	La superficie :	13
2	La longueur :	13
3	Le rectangle équivalent :	14
4	La pente moyenne :	15
5	L'indice de compacité :	16
6	La dénivelée :	16
2.2	<u>Etude des crues :</u>	17
2.2.1	Méthodologie adoptée pour l'étude des crues	17
a	➤ Les temps de concentration :	17
b	➤ Les débits de pointe :	18
	<u>Chapitre 3 :</u>	20
I	<u>Caractéristiques des bassins versants :</u>	21
1	Délimitation des bassins :	21
2	La superficie et le périmètre :	23
3	Indice de compacité :	23
4	Le rectangle équivalent :	23
5	La pente moyenne:	24
6	Carte hypsométrique :	27
II	Résultats du calcul hydrologique :	28
1	Le temps de concentration :	28

Projets de fin d'étude

2	<i>Débits de pointe :</i>	28
2.1	<i>Méthode rationnelle :</i>	28
2.2	<i>Méthode de Franco-Rodier :</i>	28
2.3	<i>Méthode de Hazen&Lazarivich :</i>	29
III	Logiciel de calcul :	29
IV	Résultats des simulations	30
	Conclusion générale	35
	ANNEXE 1 :	36
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	39
	Table des matières :	40