



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département d'automatique et électromécanique

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : Hydraulique et génie civil

Spécialité : Hydraulique urbain

Thème

*Etude de fonctionnement hydraulique du system de partage
traditionnelles des eaux superficielles a la palmerais de
E'L HADOR-Metlili*

Présenté Par :

- **Amar ELGAROU**
- **Moussa DJAGHET**

Devant le jury :

Mr . BOUBELLI SALIME	Univ.Ghardaïa	Président
Mr . CHOUIREB MUSTAFA	Univ.Ghardaïa	Examineur
Mr . OULED BELKHIR Cheikh	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2019/2020

Dédicace

**je dédie ce modeste travail : A mes très chers
parents.**

A ma chère grand-mère.

A mes frères et mes sœurs

A toute la famille ELGAROUI.

A tous mes amis.

Amar ELGAROUI

**je dédie ce modeste travail : A mes très chers
parents.**

A ma chère grand-mère.

A mes frères et mes sœurs

A toute la famille DJAGHET.

A tous mes amis.

Moussa DJAGHET

Remerciement

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail. Puis nous remercions:

Mr. OULED BELKHIR Cheikh notre encadreur de mémoire de fin d'étude pour ses précieux conseil et son orientation ficelée tout au long de notre recherche.

Mr. CHOUIREB Mostapha, GUENDAFI Messaoud et qui nous a fourni les outils nécessaires à la réussite de notre mémoire.

Nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles

A nos professeurs tout au long de notre cursus universitaire, dont nous avons appris tant de chose, et nous apprenant en cor plus dans chaque jour que dieu fait.

Toute personne qui a participé de près ou de loin à l' exécution de ce travail.

On vous remercie tous comme un signe de gratitude car notre prophète Mohamed (qu'Allah le bénisse et le salue) Dit «ceux qui ne remercient pas les gens ne remercient pas Dieu»

Sommaire

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I : : Présentation de la région

I.1. Introduction	16
I.2. Situation de la région d'étude	18
I.3. Géologie du site	19
I.3.1. L'aspect hydraulique.....	20
I.3.1.1. Les eaux superficielles.....	20
I.3.1.2. Les eaux souterraines.....	20
I.3.2. Aspect hydrogéologie.....	20
I.3.2.1. La nappe phréatique.....	20
I.3.2.2. La nappe continentale intercalaire (CI).....	21
I.4. La géomorphologie	22
I.4.1. La géomorphologie La région de Metlili.....	22
I.4.2. L'aspect hydro climatique.....	22
I.4.2.1. Station météorologique de Noumératte.....	23
I.5. Etude des facteurs climatiques.....	24
I.5.1. La température de l'aire.....	24

Sommaire

I.5.2. L'humidité relative	25
I.5.3. Précipitation moyenne annuelle	29
I.5.4. Les précipitations maximales journalières	32
I.5.5. Étude statistique de précipitations maximales journalières	32
I.5.6. Caractéristiques statistiques de l'échantillons analysé.....	33
I.6. L'aspect hydrologique	36
I.6.1. Le bassin versant de l'oued Metlili	36

Chapitre II : La zone d'étude

II.1. Introduction.....	38
II.2. Aspect Géo morphologique et Topographique	39
II.2.1 Rétenion.....	40
II.2.2 Distribution.....	40
II.2.3 Partage.....	40
II.3. L'indice de compacité KG de Graveleuse.....	41
II.3.1. Le rectangle équivalent.....	41
II.4. Caractéristique topographique	41
II.4.1. Le relief	41
II.4.2. Les pentes.....	42
II.4.2.1. Indice de Pente Moyenne I_m	42
II.4.2.2. Indice de pente Globale I_G	42

Sommaire

II.5. Caractéristiques du réseau hydrographique	43
II.5.1. La classification de Strahler.....	43
II.5.2. La densité de Drainage.....	43
II.6. Régime des crues.....	44
II.6.1. Coefficient d'abattement K_a.....	44
II.6.2. Coefficient de ruissellement K_r	44
II.6.3. Coefficient de pointe α	45
II.6.4. Les temps caractéristiques	45
II.6.4.1. Le temps de Base T_b.....	45
II.6.4.2. Le temps de montée T_m	45
II.6.5. Les débits Q et Volume des crues.....	46
II.6.5.1. Calcul du volume total.....	46
II.6.5.2. Calcul du volume ruisseler	46
II.6.5.3. Le débit moyen.....	46
II.6.5.4. Le débit max	47
II.7. Aspect hydrologique	48

Sommaire

Chapitre III: L'aspect hydrologique

III.1. Introduction	49
III.2. Définition.....	54
III.2.1. barrage	54
III.2.2. Les Ahbas de Metlili.....	57
III.3. Les seguias –ruelles	63
III.3.1.Seguias	63
III.4. Le Trop plein des déversoirs	71
III.5. Puits à traction animale.....	73
III.6. Fonctionnement de l'aménagement hydraulique	74
DISCUSSION	82
REMERCIEMENTS.....	85
CONCLUSION	85

Sommaire

Chapitre IV : Etude de risque

IV.1. Introduction	86
IV.2. Aperçu sur le logiciel HEC-RAS.....	86
IV.3. Les solutions que propose HEC-RAS.....	86
IV.4. Interface de HEC-RAS L'interface.....	86
IV.5. Numérisation sur Google Earth	88
IV.6. Exportation vers Arc GIS.....	88
IV.7. Importation de HEC-RASQ	88
IV.7.1. Les profils en travers (Cross Section).....	88
IV.7.2. Géométric data préparation	89
IV.7.3. Cros section	91
IV.7.3.1. Les données topographiques	91
IV.7.3.2. La pente totale	92
IV.7.4. Paramètres hydrauliques.....	92
IV.7.4.1 Régime hydraulique	92
IV.7.4.2 Les débits.....	93
IV.7.4.Steady Flow data.....	93
IV.8.Simulation Hydraulique	94
IV.9.Finalisation de la carte.....	98
IV.10.Conclusion	100
IIV. ANNAXE	

Sommaire

Liste des figures

CHAPITRE I

- **Figure I.1.** Limites administratives de la région de Metlili dans la wilaya de Ghardaïa (Atlas, 2004).....19
- **Figure I.2.** Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien) (Helal et Ourihane, 2003).....20
- **Figure I.3.** Situation de l'O.N.M (Office Nationale de Météorologie).....21
- **Figure I.4.** Températures maximales (O.N.M, 2018).....23
- **Figure I.5.** Série statistique de l'Humidité moyenne mensuelle de station de Ghardaïa (O.N.M, 2018).....24
- **Figure I.6.** Vitesse des vents mensuelle de 2013 à 2016(O.N.M, 2018).....26
- **Figure I.7.** Evaporation et insolation mensuelles(O.N.M, 2018).....26
- **Figure I.8.** Carte des isohyètes de la pluie moyenne annuelle du Sahara (Dubief, 1953).....29
- **Figure I.9.** Histogramme des cumules annuelles et pluies journalières maximales 1970-2015(O.N.M, 2018).....29
- **Figure I.10.** Répartition des mois les plus pluvieux de l'année (Dubief, Le climat du Sahara, 1963).....30
- **Figure I.11.** Ajustement de la série pluviométrique à la loi Galton et Gumbel par Hydrolab logiciel (Station de Ghardaïa 1970-2015) (Oulad Belkhir, 2015)...31
- **Figure I.12.** Le bassin versant de l'oued Metlili.....31
- **Figure I.13.** Réseau hydrologique Le bassin versant de l'oued Metlili.....37

CHAPITRE II

- **Figure II.1** Carte de réseaux hydrographique de zone d'étude Si LAKHAL...39

CHAPITRE III

- **Figure III.1.** L'oued Metlili en crue (Crue 01 /10/2008 Débit max = 850 m³/s (Photo. Ouled Belkhir, 2008).....50

Sommaire

- **Figure III.2.** L'oued Metlili en crue (Crue 12-13 /03/2011 Débit max = 570m³/s)(Photo. Ouled Belkhir, 2011).....50
- **Figure III.3.** Les dépôts des déchets de palmes d'une hauteur de 1,2 m montre un peu la hauteur de la dernière crue (Crue de 20/04/2018) (Photo. Remini, 2019).....51
- **Figure III.4.** Un aperçu sur la palmeraie de Metlili (Photo. Remini, 2019).....51
- **Figure III.5.** Une vue générale du ksar de Metlili (Photo. Remini, 2019).....52
- **Figure III.6.** Le site avant son aménagement (Schéma Remini, 2019).....53
- **Figure III.7.** Après l'exécution du projet d'aménagement hydraulique de Metlili (Schéma Remini, 2019).....54
- **Figure III.8** Schéma de la partie amont de la digue du Grand barrage Si Lekhel (Schéma Remini, 2019).....55
- **Figure III.9.** Une vue de la digue du grand barrage Si Lekhel (Photo. Remini, 2019)...56
- **Figure III.10.** Schéma de la partie aval de la digue du grand barrage Si Lekhel (Schéma Remini, 2019).....56
- **Figure III.11.** Partie aval du Grand barrage Si Lekhel (Photo. Remini, 2019)...57
- **Figure III.12.** Bassin versant d'oued Metlili (Google Earth-Schema Remini, 2019)...58
- **Figure III.13.** Oued Metlili sur lequel ont été bâti les Ahbas (Photo. Remini, 2019)...58
- **Figure III.14.** Schéma approximatif des Ahbas sur le tronçon de l'oued Metlili dans l'ancienne palmeraie et leurs rôles dans la réalimentation de la nappe (Schéma Remini, 2019).....59
- **Figure III.15.** Schéma approximatif des Ahbas le long de l'oued Metlili (Schéma Remini, 2019).....60
- **Figure III.16.** Ahbas Amirate sur l'oued Metlili en période de crues (Crue de 20/04/2018)(Photo. Ouled Cheikh, 2018).....61
- **Figure III.17.** Ahbas Boudjrada sur l'oued Metlili (Crue de 20/04/2018) (Photo. Ouled Cheikh, 2018).....61
- **Figure III.18.** Ahbas El Arch bâti sur l'oued Metlili (Crue de 20/04/2018) (Photo. Ouled Cheikh, 2018).....62
- **Figure III.19.** Ahbas El Arch sur l'oued Metlili (Crue de 20/04/2018) (Photo. Ouled Cheikh, 2018).....62
- **Figure III.20.** Une seguia principale (canal à ciel ouvert) qui joue le rôle d'une ruelle (Photo. Remini, 2019).....63
- **Figure III.21.** Une Seguia secondaire dans le réseau de Metlili (Photo. Remini, 2019)...64

Sommaire

- **Figure III.22.** La ruelle devient une seguia en période de crues (Crue de 20/04/2018)
(Photo. Ouled Belkhir, 2018).....64
- **Figure III.23.** Schéma approximatif d'une koua au niveau d'un jardin de Metlili
(Schéma Remini, 2019).....65
- **Figure III.24.** Une seule koua (alimentant un seul jardin) située dans une seguia très
dégradée et non entretenue (Photo. Remini, 2019).....65
- **Figure III.25.** Double koua bouchée par des débris lors de la dernière crue(Photo.
Remini, 2019).....66
- **Figure III.26.** Une koua bouchée par des blocs (Photo. Remini, 2019).....66
- **Figure III.27.** Une koua fermée par des roches représente un danger pour l'oasis en
période de crues (Photo. Remini, 2019).....67
- **Figure III.28.** Schéma probable d'une seguia-ruelle (Schéma Remini, 2019).....67
- **Figure III.29.** Seguia ou moment de l'arrivée d'une crue modérée (hauteur d'eau est
inférieur à la hauteur de la koua). L'écoulement dans la koua est un écoulement sur le
déversoir (Schéma Remini, 2019).....68
- **Figure III.30.** Seguia ou moment de l'arrivée d'une crue moyenne (hauteur d'eau
supérieur à la hauteur de la koua). L'écoulement dans la koua est un écoulement par
orifice (Schéma Remini, 2019).....69
- **Figure III.31.** Seguia ou moment de l'arrivée d'une crue importante (hauteur d'eau
supérieur à la hauteur du mur rocheux). Débordement de l'eau sur dans les jardins; Le
mur en terre (supérieur) cède à la force de l'eau. (Schéma Remini, 2019).....70
- **Figure III.32.** Dispositif de 4 ouvertures d'évacuation du surplus d'eau vers l'oued
Metlili (Photo. Remini, 2019).....71
- **Figure III.33.** Dispositif d'évacuation à 2 ouvertures du surplus d'eau vers l'oued
Metlili (Photo. Remini, 2019).....72
- **Figure III.34:** Dispositif d'évacuation à 1 ouverture du surplus d'eau vers l'oued
Metlili (Photo. Remini, 2019).....72
- **Figure .III.35.** Un puits à traction animale au centre d'un jardin de la palmeraie de
Metlili (Photo. Remini, 2019).....73
- **Figure III.36.** Un des puits qui alimente le ksar de Metlili(Photo. Remini, 2019).
- **Figure III.37.** Schéma général du le lieu de partage des eaux de crues de Metlili
(Schéma Remini, 2019).....74
- **Figure III.38.**Schéma de la vue en plan du la zone El Haddour (Schéma Remini, 2019).

Sommaire

- **Figure III .39.** Une vue de la zone EL Haddour : le lieu du partage des eaux de crues (photo .Remini,2019).....75
- **Figure III .40.** Une vue de la zone EL Haddour et de la digue Si Lekhel (photo .Remini,2019).....75
- **Figure III.41.** Les seguias : Cherkia, El Haddour et Lihoude destinées à drainer l'eau de la crue vers les jardins (Schéma Remini, 2019).....76
- **Figure III.42.** Les seguias Lihoude et El Haddour (Photo. Remini, 2019).....76
- **Figure III.43.** La seguia El Haddour (Photo. Remini, 2019).....77
- **Figure III.44.** Schéma d'un écoulement de la seguia vers les jardins par l'intermédiaire des koua (Schéma Remini, 2019).....77
- **Figure III.45.** Schéma simplifié d'une partie du réseau de Metlili (Schéma Remini, 2019).....78
- **Figure III.46.** Déversoir 3 pour déverser l'eau dans les jardins de Ghaba El Haddour (Photo. Remini, 2019).....78
- **Figure III.47.** Ghabat El Haddour (Photo. Remini, 2019).....79
- **Figure III.48.** Déversoir 3 pour évacuer le surplus vers l'oued Metlili (Photo. Remini, 2019).....79
- **Figure III.49.** Une vue de la galerie d'évacuation des eaux pluviales vers l'oued Metlili (Photo. Remini, 2019).....80
- **Figure III.50.** L'entrée de la galerie d'évacuation des eaux pluviales (Photo. Remini, 2019).....81
- **Figure III.51.** La sortie de la galerie d'évacuation des eaux pluviales Par de portes coulissantes (Photo. Remini, 2019).....81
- **Figure III.52.** Schéma d'une coupe d'oued Metlili avant l'inondation (schéma Remini, 2019).....82
- **Figure III.53.** Schéma d'une coupe d'oued Metlili avant l'inondation (schéma Remini, 2019).....84
- **Figure III.54.** Système de partage des eaux brutes des crues dans la palmeraie de Metlili (Google Earth, Ouled Belkhir, 2019).....85

Sommaire

CHAPITRE IV

➤ Figure IV.1 Interface de HEC-RAS 5.0.7.....	87
➤ Figure IV.2 Geometric datasur HECRAS.....	87
➤ Figure IV.3 L'extension HEC-Géo-RAS sur Arc-GIS.....	88
➤ Figure IV.4 Géometric Data Préparation.....	89
➤ Figure IV.5 Géometric Data Preparation.....	90
➤ Figure IV.6 Cross Section Data.....	90
➤ Figure IV. 7 Altitude d'un point dans le lit d'oued.....	91
➤ Figure IV. 8 Schéma pour le calcul de la pente	92
Figure IV.9 Steady Flow Data.....	93
➤ Figure IV.10 Edite Manning.....	94
➤ Figure IV.11 Steady Flow Analysais.....	95
➤ Figure IV.12 Perspectiv Plot (Q10ans).....	95
➤ Figure IV.13 Perspectiv Plot (Q50 ans).....	96
➤ Figure IV.14 Perspectiv Plot (Q100 ans).....	96
➤ Figure IV.15 Perspectiv Plot (Q1000 ans).....	97
➤ Figure IV.16 Perspectiv Plot De La zone Lihode (Q10 ans).....	97
➤ Figure IV.17 Perspectiv Plot (Q100 ans).....	98
➤ Figure IV.18 Perspectiv Plot (Q1000 ans).....	98
➤ Figure IV.19 Zone inondable de Q fréquence décennale.....	99
➤ Figure IV.20 Zone inondable de Q fréquence centennale.....	99
➤ Figure IV.21 Zone inondable de Q fréquence milléniale.....	100

Sommaire

Liste des tableaux

CHAPITER I

Tableau I.1 : Données brute sur la direction des vents en degré à Ghardaïa de 2013 à 2016 (O.N.M, 2018).

Tableau I.2 : La Rose des Vents en tableaux (Monchalin, 2016).

Tableau I.3 : Direction des vents à Ghardaïa de 2013 à 2016.

Tableau I.4 : Pluies journalières maximales observées à Ghardaïa (1970-2015)(O.N.M, 2018).

Tableau I.5 : Caractéristiques statistiques de la série(OuladBelkhir, 2015).

Tableau I.6 : Test de χ^2 appliqué à la série des P_{jmax} (OuladBelkhir, 2015).

Tableau I.7 : Estimation de la période de retour sur la Station de Ghardaïa 1970-2015(OuladBelkhir, 2015).

CHAPITER II

Tableau II.1. la classification des reliefs d'après O.R.S.T.O.M.

Sommaire

Liste d'annotations

K_G : Indice de compacité de Graveleuse

I_m : indice de pente moyenne (m/Km)

H_{max} : Altitude maximal du bassin versant (m)

H_{min} : Altitude minimum du bassin versant (m)

L_r : longueur du rectangle équivalent (Km)

I_G : indice de pente globale (m/Km)

D_u : dénivelée utile (m)

D_d : la densité de drainage (Km-1)

L_{tot} : Longueur totale des cours d'eau du bassin versant (Km)

K_a : Coefficient d'abattement.

K_r : Coefficient de ruissèlement.

T_b : temps de base (heure)

T_m : temps de monté (heure)

P_{if} : précipitation sur le bassin (m)

K_a : Coefficient d'abattement

A : Surface (m²)

V_r : Volume ruisseler

t_b : Temps de base (s)

α : Coefficient de pointe.

Q : Débit (m³/s)

b : largeur d'ouverture du déversoir (largeur de la koua) (m)

H : Charge du déversoir (m)

Sommaire

Liste d'abréviations

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydraulique

BG: Bonnard & Gardel (entreprise)

C.I : Continental Intercalaire

F.N.D : Fréquence au Non Dépassement

HEC-RAS : Hydrologique Engineering Center 's-River Analysais Système

Kml: Keyhole Markup Language

MNT: Modèle Numérique de Terrain

N.B : Nota Bene (bien noter que)

O.N.M : Office National de Météorologie

ORSTOM: Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer)

SIG: Système d'Information Géographique

Lat: Latitude

Long: Longitude

RESUME

RESUME

Dans la quête de stabilité permanente de l'homme ancien, l'eau était le facteur le plus important pour déterminer son lieu de résidence et sa stabilité, ce qui l'a incité à être présent même dans les endroits qui menaçaient sa vie. Les habitants du désert n'en sont pas exclus. Ils se sont installés dans les oasis entourant les vallées, qui sont la principale et la seule source d'eau indépendamment de Le danger que représentent ces vallées en cas d'inondations. Avec le temps et le développement de l'humanité dans son adaptation aux conditions de la région et son effort pour exploiter de manière optimale ces grandes quantités d'eau, il a imaginé plusieurs méthodes et systèmes de division et d'irrigation, à titre d'exemple en est le système de division et d'irrigation dans l'oasis suite Les investigations et les enquêtes menées durant la période: 2000-2019 auprès de la population de l'oasis Metlili ont permis de conclure qu'un tel aménagement hydraulique est l'œuvre d'un génie. Dans une première phase, un réseau de seguias a été instauré afin de récupérer et partager les eaux brutes des crues entre les agriculteurs. Cet aménagement hydro agricole adopte 3 priorités: l'irrigation temporaire par les eaux brutes des crues, la recharge artificielle de la nappe phréatique et la sécurité de la population par l'évacuation des eaux vers l'oued Metlili. Pour assurer ces objectifs, ce système de partage des eaux se compose: d'un réseau de seguias –ruelles d'une longueur totale de 7km, de 24 Ahbas (barrages) repartis à travers le réseau hydrographique et de 2090 puits à traction animale . Aujourd'hui, cet aménagement se trouve dans un état très dégradé et mérite une prise en charge par les services à court terme pour son réhabilitation.

Afin de le réhabiliter et de le préparer, nous avons utilisé le programme de HIC RAS pour simuler l'écoulement de l'eau dans ce système hydraulique.

Mots clés : Partage des eaux – Crue - Oued Metlili – Oasis- HIC RAS

RESUME

ملخص

في سعي الانسان القديم نحو الاستقرار الدائم كان الماء هو ابرز عامل في تحديد مكان اقامته واستقراره مما دفعه الى التواجد حتى في الاماكن التي تشكل خطر على حياته ولا يستثنى سكان الصحراء من ذلك فقد استقروا في الواحات المحيطة بالأودية التي هي المصدر الاساسي والوحيد للماء بغض النظر عن الخطر التي تشكله هذه الاودية في حالة الفيضانات مع الوقت وتطور الانسان في تكيفه مع ظروف المنطقة وسعيه لاستغلال هذه الكميات الكبيرة من المياه على نحو الأمثل ابتكر عدة طرق وانظمة تقسيم وري وكمثال على ذلك نظام التقسيم والري الموجود بواحة متليلي

التحقيقات التي أجريت خلال الفترة: 2000-2019 بين سكان واحة متليلي أدت إلى استنتاج أن مثل هذا التطور الهيدروليكي هو شبكة من السواقي لاستعادة مياه الفيضانات الخام وتقاسمها بين المزارعين وتعتمد هذه التنمية المائية ثلاث أولويات: الري المؤقت بمياه الفيضانات الخام، وإعادة التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية، وسلامة السكان عن طريق تصريف المياه إلى وادي متليلي. ولضمان هذه الأهداف، يتكون نظام تقاسم المياه هذا من شبكة من السدود و السواقي (الأزقة) بطول إجمالي 7 كيلومترات، و24 احباس (سدود) موزعة من خلال الشبكة الهيدرولوجية و2090 بنراً تجرها الحيوانات. واليوم، فإن هذا التطور في حالة من التدهور الشديد ويستحق الرعاية القصيرة الأجل لإعادة تأهيله. ومن أجل إعادة تأهيله وتهينته استعنا ببرنامج الهيك راس لمحاكات تدفق المياه في هذا النظام الهيدروليكي

الكلمات الرئيسية: تقاسم المياه - فيضان - وادي متليلي - واحة هيك راس

ABSTRACT

In ancient man's quest for permanent stability, water was the most important factor in determining his place of residence and stability, which prompted him to be present even in places that threatened his life. The inhabitants of the desert are not excluded. They settled in the oases surrounding the valleys, which are the main and the only source of water apart from the danger these valleys represent in the event of flooding. With time and the development of mankind in its adaptation to the conditions of the region and its effort to make optimal use of these large quantities of water, he devised several methods and systems of division and irrigation, as a example is the division and irrigation system in the oasis following the investigations carried out during the period: 2000-2019 among the inhabitants of the Metlili oasis led to the conclusion Such a hydraulic development is a network of streams to collect raw flood water and share it among farmers. This water enhancement adopts three priorities: temporary irrigation with raw flood water, artificial groundwater recharge and the safety of the population by draining water to Oued Metlili. To achieve these objectives, this water sharing

RESUME

system consists of a network of dams and streams (alleys) with a total length of 7 km, 24 dikes (dams) distributed across the hydrographic network and 2,090 wells. drawn by animals. Today, this development is in decline and deserves short-term care to rehabilitate it. In order to rehabilitate and prepare it, we used the HIC RAS program to simulate the flow of water in this hydraulic system. Keywords: Water sharing - Flood - Oued Metlili - Oasis- HIC RAS.

Introduction générale

Introduction Générale

Habiter dans un milieu hostile à la vie comme celui du désert de Sahara n'est pas aussi simple. La rareté des précipitations et l'enregistrement des températures très élevés sont les caractéristiques principales de ces régions arides. Cependant, au cours des siècles, l'homme s'est adapté à vivre dans ces milieux secs.

En donnant la priorité à l'eau, l'homme s'est installé dans les 4 coins du Sahara en créant des oasis qui regroupent l'habitat, la palmeraie et évidemment son ouvrage hydraulique pour capter l'eau. Des diverses techniques de stockage des eaux et d'irrigation ont été mises en évidence en fonction des conditions topographiques et hydrologiques.

C'est ainsi qu'on trouve dans les oasis de Touat, Gourara et Tidikelt, le système des foggaras qui consistent à drainer les eaux souterraines (Remini et al, 2011; Remini et al, 2014a; Remini et al, 2014c; Remini et Achour, 2016; Remini, 2017). Dans les oasis de la Saoura c'est plutôt des puits à balancier qui ont été adoptés pour extraire les eaux de la nappe phréatique (Remini et Rezoug, 2017).

D'autres régions exploitent les eaux de sources par la réalisation des foggaras de faible longueur de galeries comme l'oasis de Kenadsa (Remini et al, 2014b) et l'oasis de Moghrar (Remini et Achour, 2017). Dans les oasis d'Ahaggar, c'est plutôt l'exploitation des eaux de la nappe infero flux par le système de foggaras (Remini et Achour, 2013). Même cas, il existe une foggara dans l'oasis.

indouf qui draine les eaux de la nappe infero flux de l'oued Tindouf (Remini et Abidi, 2019). Stockées dans un barrage traditionnel, les eaux de sources sont destinées à l'irrigation des jardins et à l'alimentation en eau du ksar de l'oasis de Tiout (Ait Saadi et al, 2016; Remini, 2019). Dans l'oasis de Metlili, les eaux de crues utilisées pour l'irrigation sont partagées par un système hydraulique ancestral qui fera l'objet de cette étude.

CHAPITRE I : Présentation de la région

I.1. Introduction

Dans le cadre de notre étude nous devant tout d'abord connaître la région d'étude dans différents aspects, la situation géographique et socioéconomique de la région sont des paramètres à prendre en compte, car le risque d'inondation ou autre phénomène est créé par la société, sans société le risque n'existerait pas.

I.2. Situation de la région d'étude

Metlili est une commune de la wilaya de Ghardaïa, située à 40km de chef-lieu de la wilaya. Ses coordonnées géographiques sont:

→ Altitude 455 m.

→ Latitude 32° 16' Nord.

→ Longitude 03° 38' Est.

La commune de Metlili couvre une superficie de 7300km², elle est limitée:

♣ Au Nord par la wilaya de Laghouat et les communes de Bounoura, El Atteuf et Zelfana;

Au Sud par la commune de Sebseb;

A l'Est par la wilaya d'Ouargla;

♣ A l'Ouest par la Wilaya d'El Bayadhe.

La population de la commune de Metlili est estimée à 43.030 habitants, le tissu urbain de la ville est construit par des pôles d'évolution où la ville est en voie de saturation (D.P.A.T, 2009).

CHAPITRE I : Présentation de la région

2-Cénomaniens : profondeur de 153m, c'est une couche argileuse et couvre la partie extrême Nord de la région.

3-Albien : profondeur de 236m, c'est un mélange d'argile sableux, Argile, sable et calcaire sableux. (DJOUIN et OULEDMIRE, 2000).

I.3.1. L'aspect hydraulique

I.3.1.1.Les eaux superficielles

Le bassin de Metlili se caractérise comme étant le pays du sud le plus pauvre en eaux superficielles à l'exception des crues d'Oued Metlili.

I.3.1.2.Les eaux souterraines

Les principales ressources en eau de la commune sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'infero-flux et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albienne(Achour et Ouaissisekouti, 2003).

I.3.2. Aspect hydrogéologie

I.3.2.1.Lanappe phréatique

Elle est constituée par l'accumulation des eaux d'infiltration au-dessous d'une couche étanche située à quelque distance de la surface libre du terrain (Mayer, 1954 in Bahaz 2013)

Dans la région de Metlili, elle est formée d'alluvions et de sable du quaternaire, constituée de galets et de poudingues tapissant les lits des oueds. Les alluvions reposent sur les couches calcaires dures du turonien. L'épaisseur de ces alluvions peut atteindre 25 à 30 mètres. Cette nappe présente un intérêt très important dans le domaine agricole, sa recharge est assurée par l'infiltration des pluies annuelles. La présence des synclinaux ainsi que la couche marneuse cénomaniens à favoriser l'alimentation de la nappe phréatique. Cette dernière est exploitée dans les palmeraies par des puits ordinaires. Le niveau hydrostatique dans ces puits est caractérisé par l'instabilité, il décline pendant les périodes sèches et remonte pendant la saison humide(Achour et Ouaissisekouti, 2003).

CHAPITRE I : Présentation de la région

I.3.2.2. La nappe continentale intercalaire (CI)

C'est une nappe contenue, d'ouest en est, entre un mur constitué par les horizons imperméables Paléozoïques à Néocomiens et un toit correspondant à la base argileuse du Cénomaniens (Safege, 2004 in Bahaz 2013).

Souvent appelée «Nappe de l'albien» couvrir les terrains dont l'âge va du Trias à l'albien (B.N.D.R, 2013). C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600 000 Km² (figures 03). Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d'«Albien» (Helal et Ourihane, 2003 in Bahaz 2013).

Dans la région Metlili la nappe albien correspondant à la formation du continental intercalaire avec une profondeur allant de 400 à 500 m, elle est caractérisée par un débit de 22 à 45 l/s et est constituée d'une masse importante de grès et sable fin argileuse, qui est un aquifère. Le cénomaniens représente son toit imperméable.

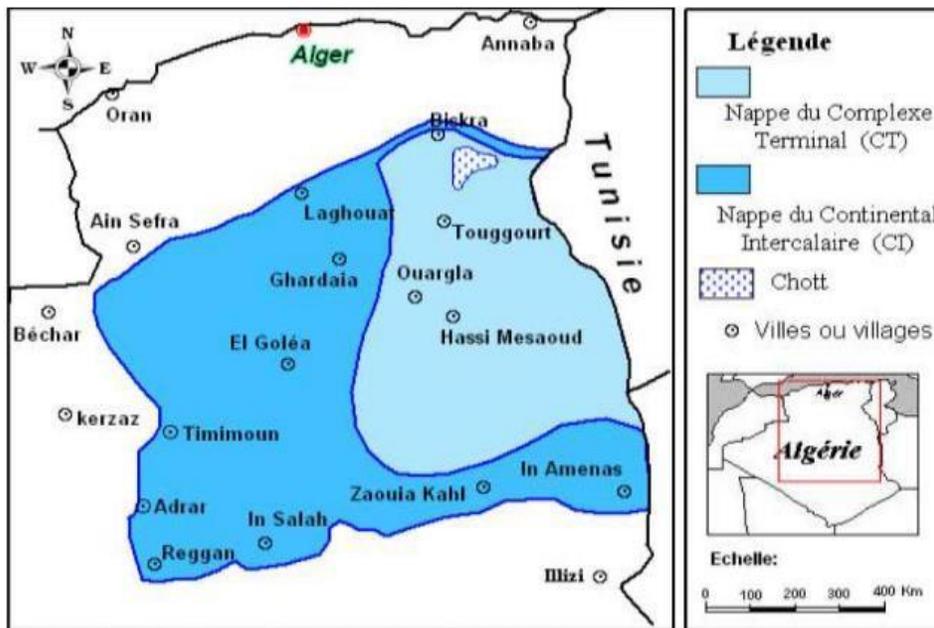


Figure I.3. Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien) (Helal et Ourihane, 2003).

I.4. La géomorphologie

I.4.1. La géomorphologie La région de Metlili est caractérisée par un relief très accidenté formé par un réseau serré de ravines séparées par des crêtes ou des croupes. Les ravins sont sous l'actions de l'érosion pluviale au début du quaternaire. Les ravins les plus profonds ont donné naissance aux grands oueds comme le cas de la vallée de Metlili, taillée en roche dure, laissant apparaître un escarpement en pente très forte qui domine les fonds plats de l'Oued, qui abrite toute au long de ses berges des palmeraies en plein développement. La région de la Chebka est caractérisée par un important réseau hydrographique, mais il est à sec pendant presque toute l'année; cela est dû à la faiblesse et l'irrégularité des précipitations. Mais cela n'exclut pas des possibilités de crues importantes tous les 3 à 5 ans (Ouledmire, 2000). Selon (Bensamoun, 2007), la région de Metlili est caractérisée par la présence de différentes formes géomorphologiques qui sont:

- a) Les oueds: oued Metlili, dont l'orientation est l'Est vers l'Ouest jusqu'aux environ de Ouargla.
- b) Hamada: terre régulée qui existe à l'Est de la région de Metlili
- c) Chebka: comme une terre rocheuse ou existe les lignes des ensemble des oueds exemple oued Metlili, oued Sebseb ou Oued N'Sa.
- d) Aregs: est une formation des sable différents en volume soit mobiles ou stables, ils occupent une grande partie de la superficie total de la wilaya de Ghardaïa.

I.4.2. L'aspect hydro climatique

La région de Metlili est situé sur les rives de l'oued qui coule au centre-ville partageant la ville en deux parties, Est et Ouest, identifié d'un climat saharien, avec des hivers froids et des étés chauds et secs. (A.N.R.H, 2007)

Vu qu'il n'y a pas une station météorologique dans la commune de Metlili, la présente caractérisation climatique est faite à partir d'une synthèse climatique de à partir

CHAPITRE I : Présentation de la région

des données de l'Office Nationale de Météorologie(O.N.M., Ghardaïa 2012) sur la région de Ghardaïa.

I.4.2.1. Station météorologique de Noumeratte

La station météorologique la plus proche géographiquement de la vallée du M'Zab c'est celle de l'O.N.M(Office National de Météorologie) près de l'aérodrome de Noumeratte. Elle est repérée par les coordonnées suivantes : •Latitude : $32.386706^{\circ}\text{N}$ •Longitude : 3.783386°E •Altitude : 450 m Les données mises à notre disposition qu'on peut exploiter sont : De la période 1990-2016 pour les paramètres : Température, Humidité, Vent, Evaporation De la période 1970-2016 pour la pluviométrie.



Figure I.4. Situation de l'O.N.M (Office Nationale de Météorologie)

I.5. Etude des facteurs climatiques

I.5.1. La température de l'aire

Les données de la température de l'aire mensuel de 2013 à 2016 résumés sur la figure suivante :

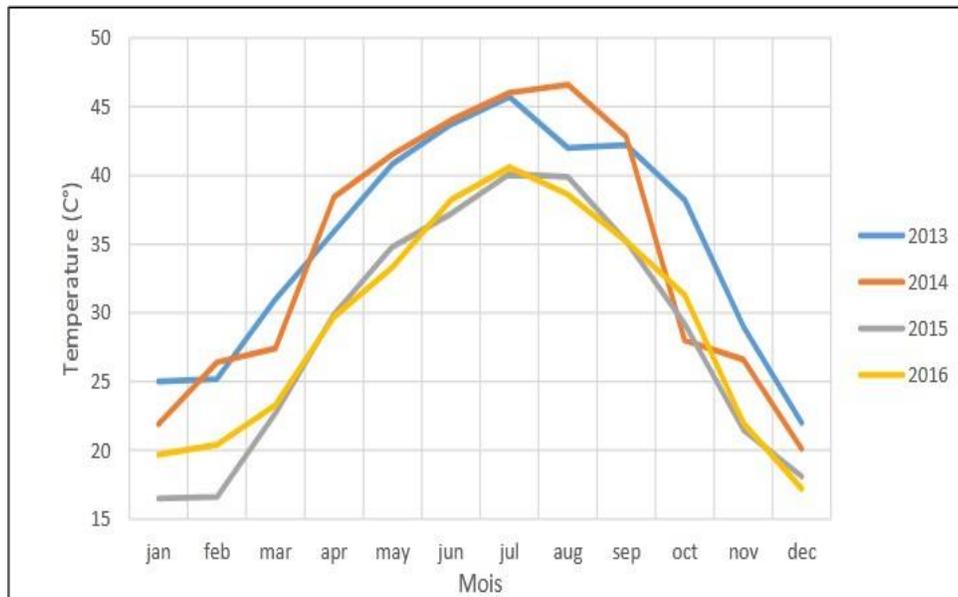


Figure I.5. Températures maximales (O.N.M, 2018)

A partir des données précédentes, on peut déduire les interprétations suivantes:

- Les températures maximales diminuent dans les années 2015 et 2016 par rapport à 2014 et 2013.
- La période chaude s'étend du mois de mai à octobre pendant lequel les températures mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle.
- La période froide commence du mois de novembre jusqu'au mois d'avril.

CHAPITRE I : Présentation de la région

I.5.2. L'humidité relative

L'humidité relative représente le rapport de la tension de vapeur à la tension maximum correspondant à la même température. Station de Ghardaïa donnent Les moyennes mensuelles qui varient de 51à 60%en hiver et de 19à 27%en été dans les période annuelle de 2013 à 2016.

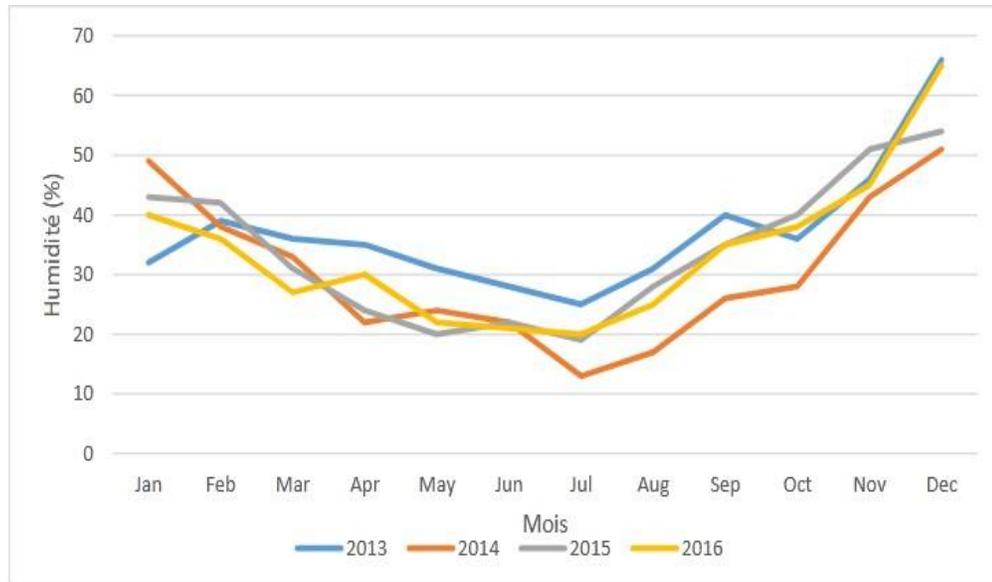


Figure I.6.Série statistique d 'Humidité moyenne mensuelle de station de Ghardaïa (O.N.M, 2018)

On constate que les valeurs de l'humidité mensuelle sont inversement proportionnelles à la température moyenne mensuelle.II.3.3.Le ventII.3.3.1.Vitesse des Vents Le vent est un des facteurs caractéristiques du climat. Il se caractérise par sa vitesse et sa direction. La région de Ghardaïa est régie d'une part, par les circulations des masses d'air propres à la méditerranée occidentale amenant l'humidité de l'Atlantique nord, et D'autre part, à l'ouverture des vents sahariens chauds (Sirocco).

CHAPITRE I : Présentation de la région

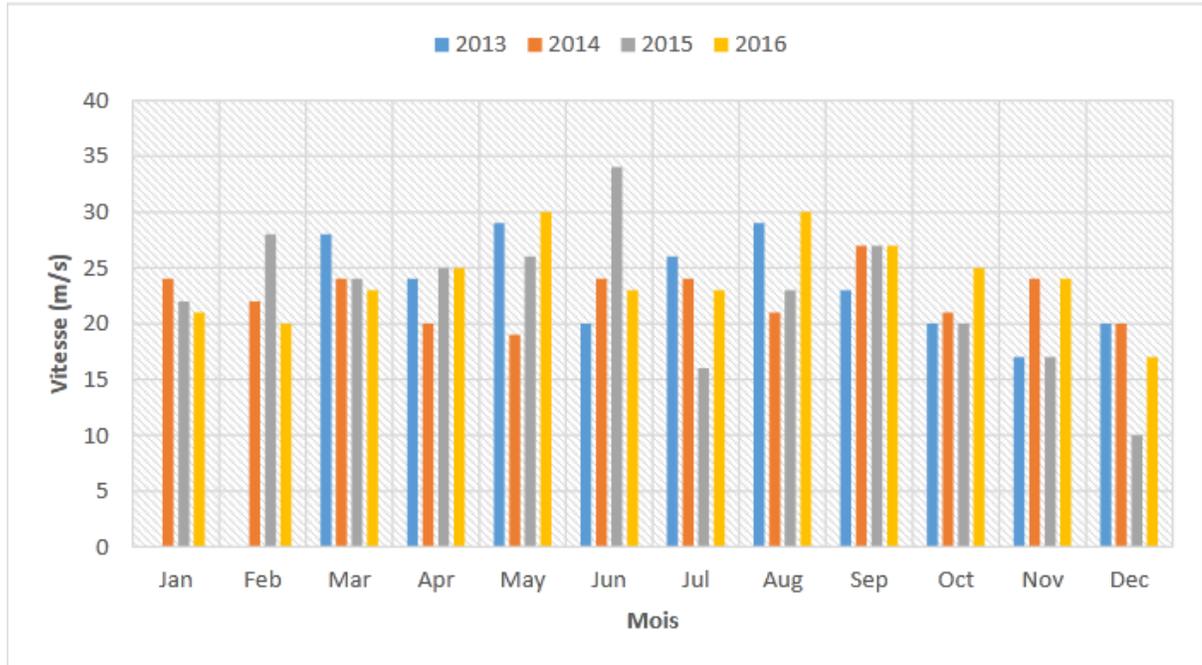


Figure I.7. Vitesse des vents mensuelle de 2013 à 2016 (O.N.M, 2018)

C'est la représentation de la vitesse moyenne des vent Mensuelles observées au niveau de la station de Ghardaïa, montrent une répartition assez régulière comprise entre 25 et 27 m/s sur toute l'année, ce qui les classe dans la catégorie des vents modérés. Les vitesses les plus élevées s'observent en printemps avec des pics en mois. En période sèche le sirocco prédomine, il s'agit d'un vent sec et chaud qui souffle du continent vers la méditerranée desséchant ainsi l'atmosphère. II.3.3.2. La direction des vents:

CHAPITRE I : Présentation de la région

Tableau I.1 : Données brute sur la direction des vents en degré à Ghardaïa de 2013 à 2016 (O.N.M, 2018)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
2013	/	/	320°	170°	230°	/	340°	270°	300°	340°	180°	50°
2014	220°	270°	300°	330°	60°	210°	310°	280°	240°	340°	210°	10°
2015	/	360°	300°	300°	260°	180°	50°	350°	240°	330°	110°	70°
2016	350°	260°	300°	310°	330°	200°	270°	40°	240°	210°	240°	40°

Ci-dessus sont des données brutes de la direction des vents fournit par l'ONM pour avoir une lecture avec les directions cardinales on n'aura besoin du tableau suivant:

Tableau I.2 : La Rose des Vents en tableaux (Monchalin, 2016)

Degrés	Direction	Degré	Direction
0°	N (Nord)	180°	S (sud)
22.5°	NNE (Nord-nord-est)	202.5°	SSO (sud-sud-ouest)
45°	NE (nord-est)	225°	SO (sud-ouest)
67.5°	ENE (est-nord-est)	247.5°	OSO (ouest-sud-ouest)
90°	E (est)	270°	O (ouest)
112.5°	ESE (est-sud-est)	292.5°	ONO (ouest-nord-ouest)
135°	SE (sud-est)	315°	NO (nord-ouest)
157.5°	SSE (sud-sud-est)	337.5°	NNO (nord-nord-ouest)

CHAPITRE I : Présentation de la région

On se servant des deux tableaux on peut donc interpréter la direction des vents comme suite:

Tableau I.3 : Direction des vents à Ghardaïa de 2013 à 2016

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
2013	/	/	NO	SSE	SO	/	NNO	O	ONO	NNO	S	NE
2014	SSO	O	ONO	ONO	NE	SSO	O	O	SO	NNO	S	N
2015	/	N	ONO	ONO	SSO	S	NE	NNO	SO	NO	E	ENE
2016	NNO	OSO	ONO	ONO	NO	S	O	NE	SO	S	SO	NNE

N.B: il faut comprendre que la direction du vent: c'est la direction d'où il vient, et non pas vers où il souffle, ainsi, un vent du nord est un vent qui arrive du nord et souffle en direction du sud, par exemple (Monchalin, 2016) Les vents dominants soufflent du Ouest-Nord-Ouest. Les vents d'hiver sont froids sec humides de direction NNO et ONO, les vents d'été sont sec et chauds de direction Ouest et Sud-Est, les siroccos soufflent en moyenne 11 jours par an pendant la période qui va du mois de mai au mois septembre. Avec un pourcentage de vents calmes.II.3.4.L'évaporationLes données de l'évaporation et l'insolation de la période 2016 sont mentionnées sur le tableau suivant :

CHAPITRE I : Présentation de la région

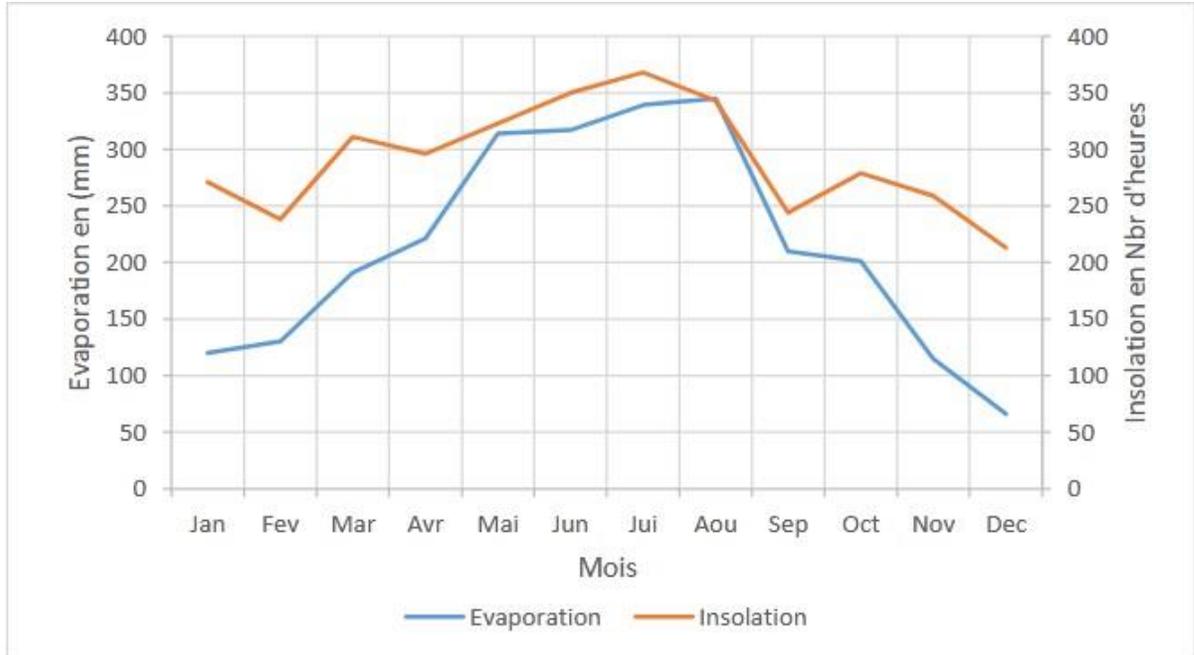


Figure I.8. Evaporation et insolation mensuelles (O.N.M, 2018)

On constate généralement des valeurs élevées de l'évaporation (317-345 mm) pendant les périodes chaudes (juin-août). Les valeurs les moins élevées sont enregistrées au cours du mois de janvier. L'évaporation annuelle à la station de Ghardaïa est de l'ordre de 2569 mm

I.5.3. Précipitation moyenne annuelle

Les systèmes perturbants entraînant des précipitations sur la région sont liés, généralement, aux déplacements des fronts polaires, méditerranéens et des alizés méridionaux. Les précipitations engendrées peuvent être des importantes averses orageuses. (Dubief, 1953) Alcalisera vallée du metlili entre l'isohyète 100 et 50 mm (Figure I-8). Conventionnellement, l'isohyète 100 mm est pris comme limite nord du domaine du désert. Le trait essentiel qui s'en dégage, une évolution latitudinale des précipitations avec une diminution du Nord vers Sud.

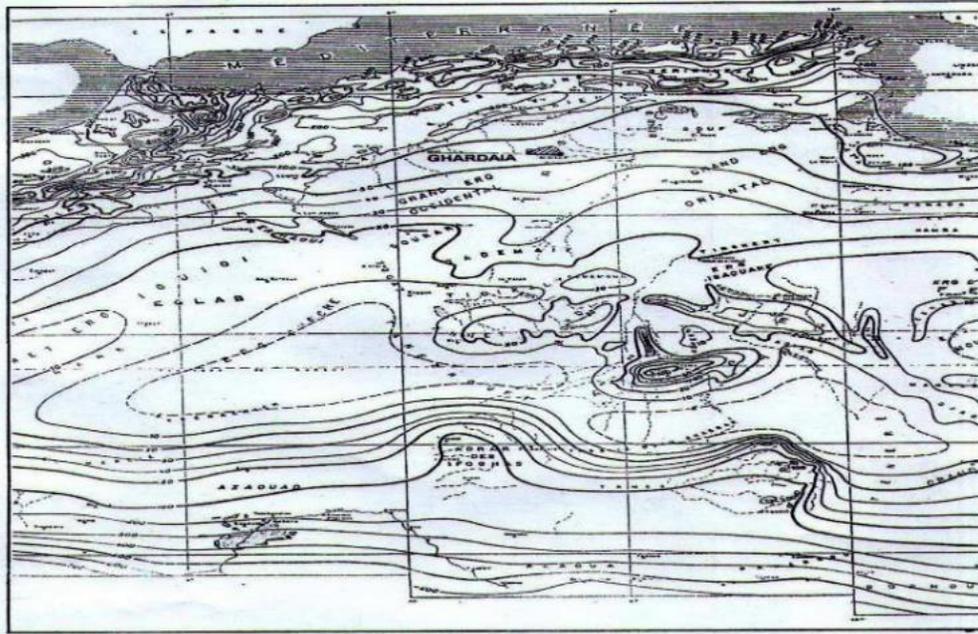


Figure I.10. carte des isohyètes de la pluie moyenne annuelle du Sahara (Dubief, 1953).

La moyenne annuelle calculée durant la période 1970-2015 est de 66 mm . Les pics les plus remarquables sont ceux de 1994 représentant l'année la plus pluvieuse de la série, et celui de 1983 qui représente l'année la plus sec (moins pluvieuse), les pics du graphique sont plutôt, hétérogènes à l'exception de certaines années présentant des volumes de précipitations annuels proches les uns des autres. Nous remarquons que les années allant de 1981 à 1991 reçoivent le même cumul annuel. La (Figure I-10) représente l'Histogramme de pluies journalières maximales dans les années de notre étude avec un cumul annuel portant sur une période de 44 ans.

CHAPITRE I : Présentation de la région

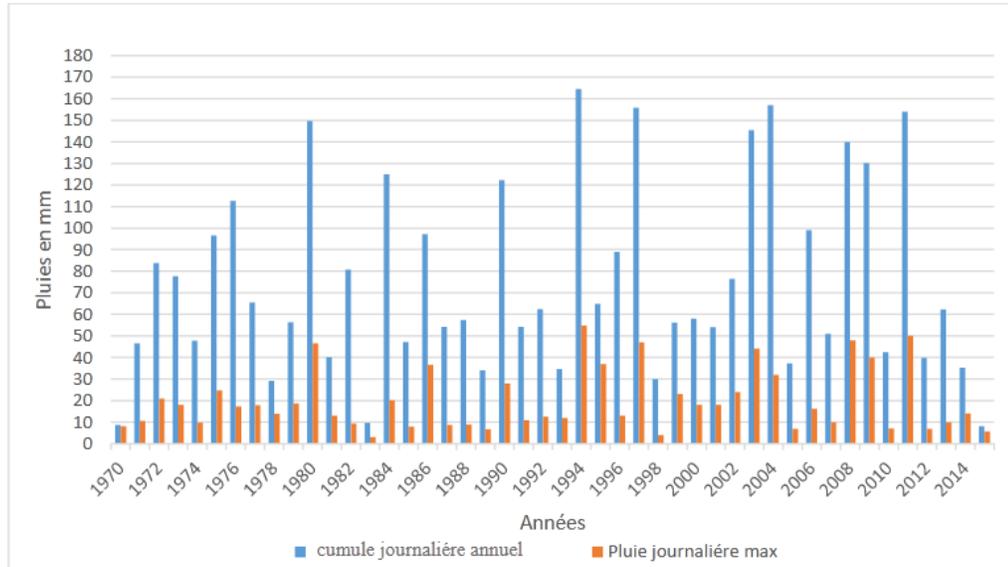


Figure I .11.histogramme des cumules annuelles et pluies journalières maximales 1970-2015(O.N.M, 2018)

précipitation moyenne mensuelle Sur la (FigureI-11)Dubief nous-a-présenté les mois les plus pluvieux de l'année d'après les recensements de 1953.Ghardaia se situe dans les envirant du mois de Mars, d'après la carte suivante.

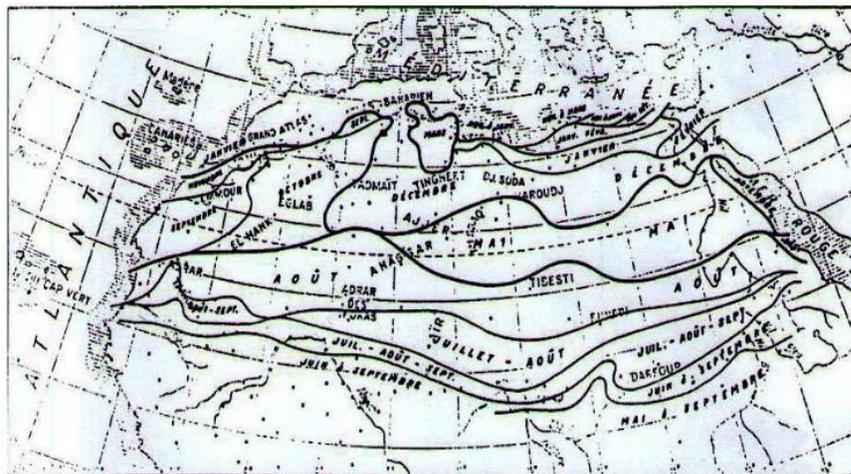


Figure I.12.Répartition des mois les plus pluvieux de l'année (Dubief, Le climat du Sahara, 1963)

I.5.4. Les précipitations maximales journalières

Dans les régions arides le caractère exceptionnel de certaines pluies tombées en 24h est très important à considérer puisqu'elles peuvent être à l'origine du ruissellement des Oueds (Pierre Michel A.R., 1996). Il s'agit des hauteurs de pluie tombées en 24 heures, de 6 heures du matin le jour jusqu'à 6 heures le lendemain $j + 1$, la hauteur étant portée au jour j .

Elles peuvent être assimilées à une intensité de pluie en 24h. Plusieurs méthodes d'évaluation des crues utilisent ces hauteurs de pluie journalières qui sont donc une caractéristique importante. Ces données sont généralement plus disponibles que les intensités par intervalles de temps plus petits.(Oulad Belkhir, 2015)

I.5.6. Étude statistique de précipitations maximales journalières

les précipitations sur le Sahara Septentrionale ont pratiquement toujours lieu sous forme de pluies. Ces dernières sont caractérisées par leur faible importance quantitative, et les pluies torrentielles sont rares. Elles sont liées aux perturbations soudano-sahariennes ou sahariennes. Cette insuffisance de pluies sahariennes est accompagnée d'une irrégularité très marquée du régime pluviométrique et d'une variabilité interannuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse. C'est le cas de Ghardaïa (Dubief, 1953)

CHAPITRE I : Présentation de la région

Tablea I.4 :Pluies journalières maximales observées à Ghardaïa (1970-2015)(O.N.M, 2018)

Année	Pluie j maximale (mm)	Année	Pluie j maximale (mm)	Année	Pluie j maximal e (mm)	Année	Pluie j maximale (mm)
1970	4	1981	13	1992	12,6	2003	44
1971	10,5	1982	9,4	1993	11,9	2004	32
1972	21	1983	3	1994	54,8	2005	7
1973	18,1	1984	20,07	1995	37	2006	16,2
1974	9,8	1985	7,87	1996	13	2007	10
1975	24,7	1986	36,6	1997	47	2008	48
1976	17,2	1987	8,8	1998	4	2009	40
1977	17,9	1988	8,9	1999	23	2010	2.8
1978	11,3	1989	6,7	2000	18	2011	50
1979	18,6	1990	27,9	2001	18	2012	10
1980	46,5	1991	10,9	2002	24	2013	5
						2014	2
						2015	3

La série d'observation enregistrée entre 1970 jusqu'à 2015 nous a permis de déterminer la pluviométrie maximale journalière qui est de 54.8 mm.

I.5.7. Caractéristiques statistiques de l'échantillon analysé

D'après les pluies maximales journalières de la période 1970-2015 on détermine le tableau suivant:

CHAPITRE I : Présentation de la région

Tableau I.5 :Caractéristiques statistiques de la série(OuladBelkhir, 2015).

Paramètres	Valeur
Taille de la série	44
Moyenne arithmétique	19,59
L'écart type	12,70
Coefficient de variation	0,65
L'exposant climatique	0.15
Moyenne log (P) 4,193	2,79
L'écart type log (P) 0,635	0,60

La répartition de ces séries présente un coefficient de variation supérieur à 0.50 qui indiquent une nette dissymétrie. Celle-ci a permis de tester la loi de Galton et de Gumbel, afin de déterminer l'ajustement adéquat à ces lois.

Ajustement de la série pluviométrique à la loi Log-Normal (Galton) et la loi de Gumbel

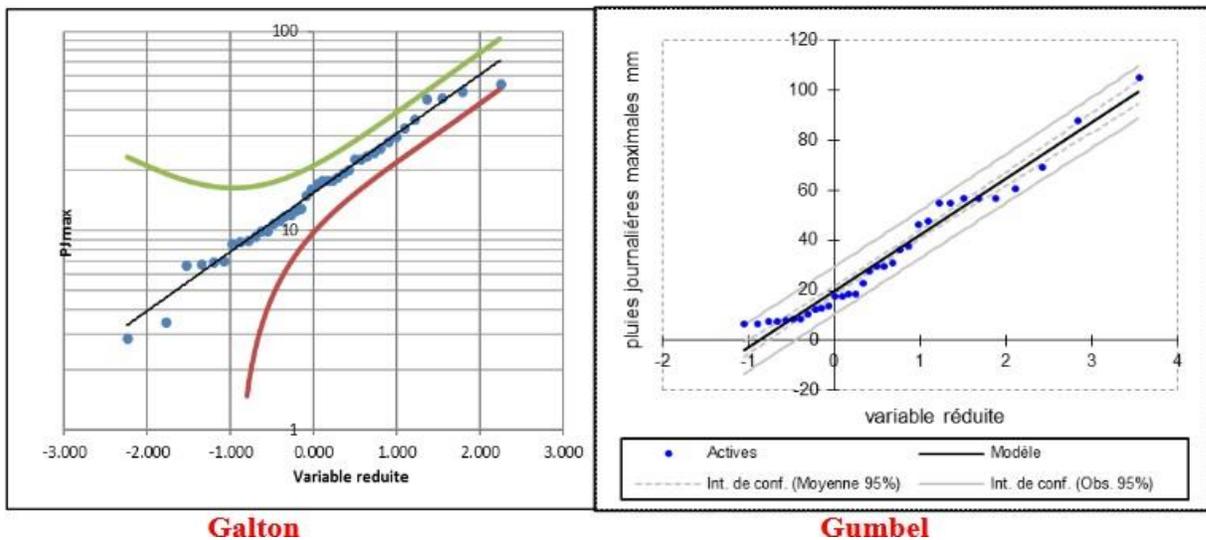


Figure I.13.Ajustement de la série pluviométrique a la loi Galton et Gumbel par Hydrolab logiciel (Station de Ghardaïa 1970-2015) (Oulad Belkhir, 2015)

CHAPITRE I : Présentation de la région

Tableau I.6 : Test de Khi 2 appliqué à la série des Pjmax (OuladBelkhir, 2015)

Lois	Galton	Gumbel
Khi² (Valeur calculé)	3,27	21,10
Khi² (Valeur théorique)	9,49	9,49
Degré De Liberté	4	4
P-value	<0,070	<0,070
A	0,05	0,05

D'après le test de Khi2 appliqué à la série des Pjmax de la station de Ghardaïa (1970-2015), cette dernière s'ajuste mieux à la loi de Galton. Pour des fréquences choisies, nous avons déterminé à partir du graphique d'ajustement les valeurs des pluies journalières pour chaque pas de temps. Sur le Tableau II 7, nous avons représenté les valeurs des pluies obtenues.(OuladBelkhir, 2015)

Tableau I.7: Estimation de la période de retour sur la Station de Ghardaïa 1970-2015(OuladBelkhir, 2015)

Temps de retour (an)	FND	Pj_{max} fréquentielle (mm)
2	0,5	18
5	0,8	30
10	0,9	40
50	0,98	49
100	0,99	73
500	0,998	96
1000	0,999	128
10000	0,9999	201

I.6. L'aspect hydrologique

Ce chapitre est consacré à l'étude hydrologique des sous bassins versant d'oued metlili, car pour se protéger du risque il faut tout d'abord connaître le risque et ses origines, en se servant du logiciel Arc-GIS on a pu traiter des cartes MNT (Modèle Numérique de Terrain) et obtenir les données essentielles d'on on n'a eu besoin pour le calcul de différents paramètres et coefficients.

I.6.1. Le bassin versant de l'oued Metlili

Le bassin versant de Metlili couvre une superficie d'environ 684.82 km² et Périmètre 201.53 km. L'oued a pour origine la confluence de deux principaux oueds ; el Botma et Gaa (au méridien 03° 25' Est et le parallèle 32° 23' Nord à une altitude de 650 m), il parcourt environ 270 km de l'Ouest vers l'Est pour atteindre la dépression de Sabkhet Safioune à une altitude de 120 m. Comme tous les oueds de la dorsale, l'écoulement est sporadique, se manifestant à la suite des grandes averses orageuses. Pour une fréquence cinquentennale, le débit peut atteindre 500 m³/s. Les berges sont bien marquées; de pentes abruptes à semi abruptes, entaillées dans les calcaires du Turonien. Plusieurs affluents rejoignent l'oued dont les principaux ; de l'amont vers l'aval :

♣ Au méridien 03° 31' Est et le parallèle 32° 19' Nord à une altitude de 565 m, l'oued est joint par deux affluents Chabat Ezzebar sur la rive droite et Chaabet El Beida sur la rive gauche. Chaabet Ladjdaja conflue avec l'oued sur la rive droite au niveau d'El Hadika.

♣ Plus vers l'Est l'oued reçoit deux grands affluents ; Chaabet El Hadika sur la rive droite, et de Souani sur la rive gauche.

♣ Il reçoit l'affluent de Chaabet Smail sur la rive gauche.

♣ Plus en aval l'oued conflue avec deux affluents sur la rive droite, Chaabat Timoukert et Chaabat Sid cheikh (Achour et Ouaisi Sekouti, 2003). 2.9 – L'aspect pédologique
Généralement, les sols des lits d'oued sont des sols de regs, hamadas qui sont caractérisés par l'érosion ou d'accumulation d'alluviaux (Kadi et Korichi, 1993). Les alluvions quaternaires sont formées de sable, galets et argile qui tapissent le fond de la

CHAPITRE I : Présentation de la région

vallée de l'oued de Metlili, d'une épaisseur de 20 à 35 m (ANRH, 2005). Ainsi, le sol est peu évolué d'apport alluvion-colluvial, peu caillouteux avec une texture sablo-limoneuses (D.S.A, 2005).

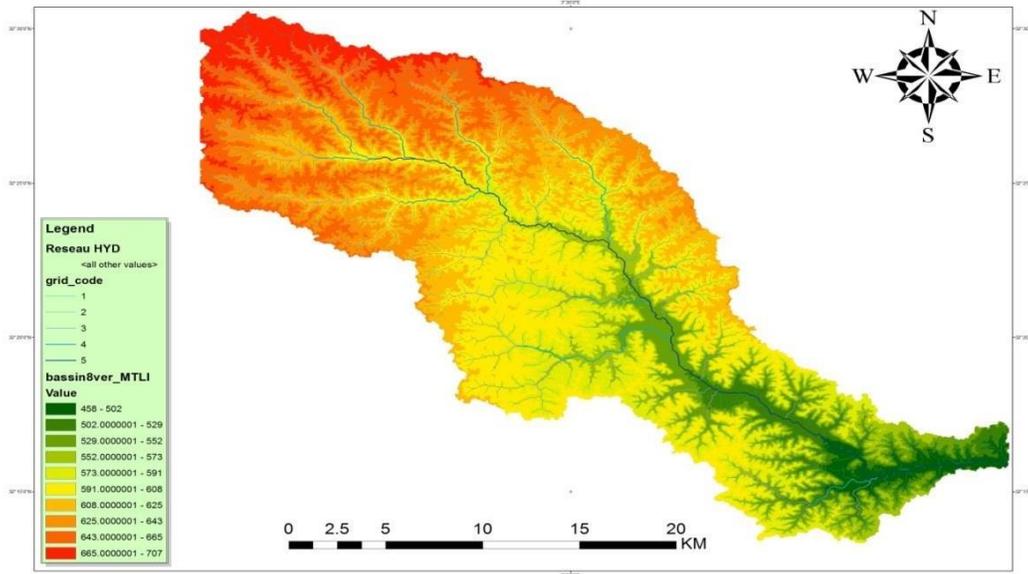


Figure I.14. Le bassin versant de l'oued Metlili

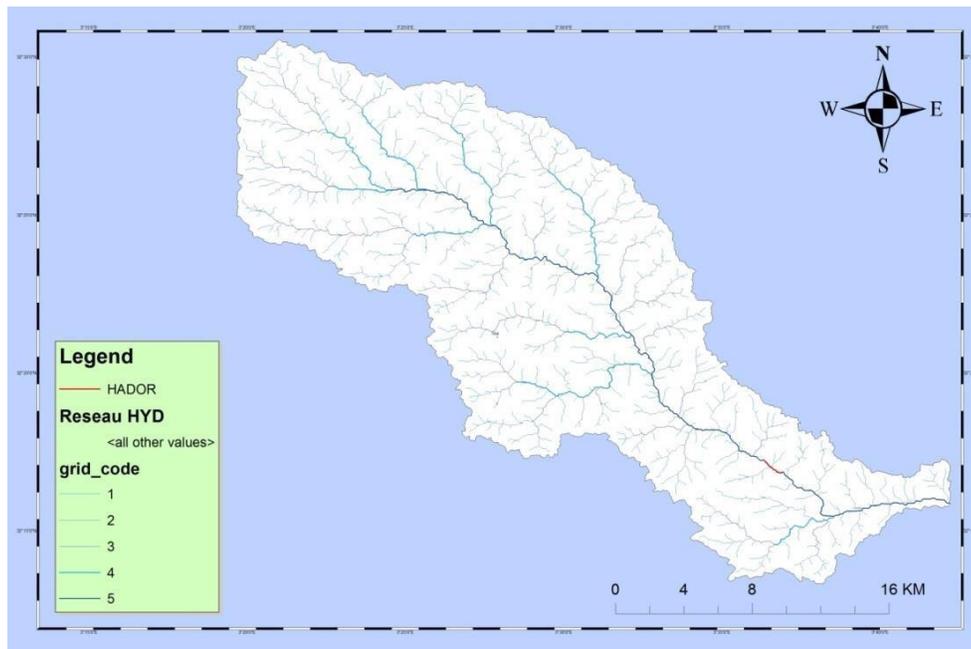


Figure I.15. Réseau hydrologique Le bassin versant de l'oued Metlili

Chapitre II : La zone d'étude

II.1. Introduction :

La présente étude est établie par le bureau d'étude SARL NILS conformément à la convention passée avec l'APC de Metlili et portant étude d'aménagement des Ahbas de Oued Metlili au quartier Si Lakehal (El Hadika) commune de Metlili.

Cependant elle traite les points suivants :

- Exécution du levé topographique détaillée à l'échelle appropriée.
- Analyse des données physiques récoltées.
- Les différents aspects d'impacts des eaux des crues sur les ouvrages et agglomérations.
- L'établissement des tracés en plan des ouvrages d'évacuation, ainsi que les caractéristiques technico-économique de dénier.

Cet aménagement a pour but d'évacuer les eaux de pluie ruisselées ainsi stagnés derrière la retenue d'une part, et crée une accessibilité indépendante des événements des crues.

Dans le passé les habitants de Metlili on conçue une gamme très variés pour utiliser avec parcimonie les eaux trop rares des oueds. C'est ainsi que Oued Metlili est fréquemment barré par des levées en terre souvent revêtues de maçonnerie ou par des barrages entièrement en maçonnerie (Ahbas) afin que l'eau qui circule rarement soit ralentie, stockée et infiltrée dans le sous-sol : grâce à ces ouvrages un réseau complexe de canaux (Msarefs), conduites et répartiteurs permet de conduire l'eau aux parcelles et de réalimenter la nappe, qui est exploitée en faisant appel au travail des animaux (ânes, mulets, chameaux) par de nombreux puits à l'architecture caractéristique (SARL NILS).

Souvent la male fonction de ces ouvrages causé par le vieillissement et la absence d'entretien, conduit à des anomalies tel que :

- Stagnation dans les zones de basse altitude et création des plans d'eau.
- Dégradation des ouvrages hydrauliques, chaussées et constructions.
- L'inaccessibilité.

II.2. ASPECT GEOMORPHOLOGIQUE ET TOPOGRAPHIQUE

La structure des bassins versants dans la région de Metlili est caractérisée par une ramification très intense (Chebka) à travers les dalles des calcaires du Turonien et Sénonien, cette ramification diverse toujours dans un exutoire unique, c'est L'Oued.

Un levé topographique a été réalisé à l'échelle 1/500 par le bureau d'étude. Ce qui a permis de situer l'axe d'El oued ainsi que les affluents et les constructions d'une manière précise.

Le site est localisé sur le lit d'Oued Metlili, au quartier d'El Hadika, à l'endroit des palmiers de Si Lakehal, de 05 Km environ vers le nord-ouest du centre-ville de Metlili. Il correspond à une digue de longueur 300 Ml envient contournant le palmier de Si Lakehal, avec deux déversoirs de part et d'autre, qui déversent les eaux de rétention en deux direction:

- Vers le Ouest (Souani, Amerrat)
- Vers l'Est (Hador, Zraib, Sebka..) (SARL NILS)

En effet, c'est un ouvrage hydraulique à usage multiple:

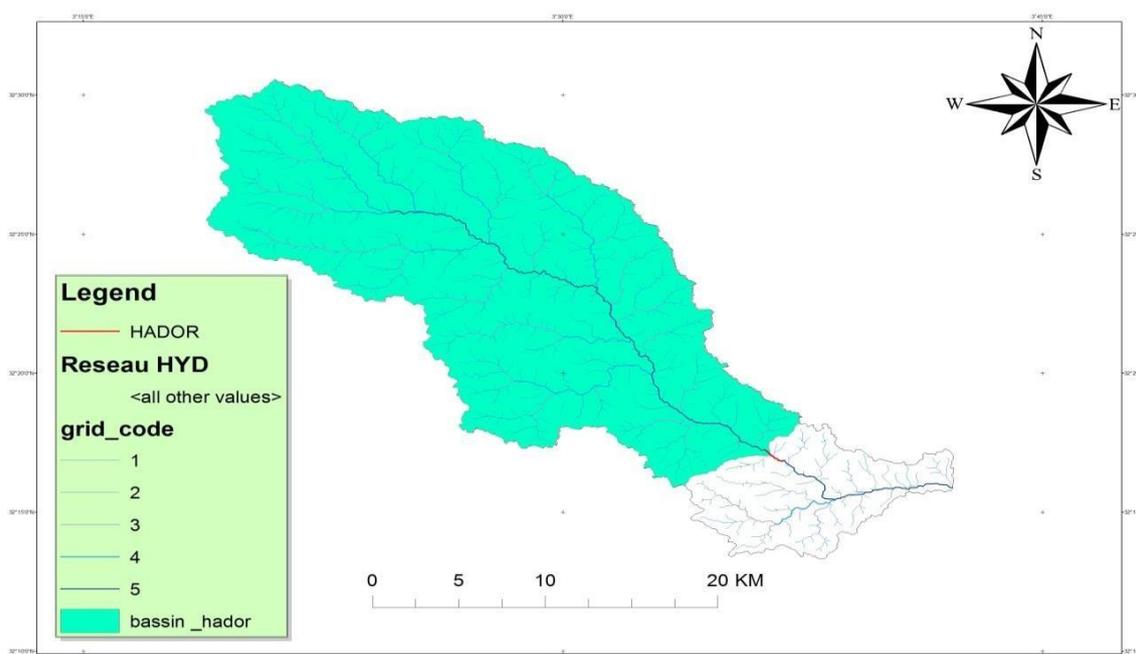


Figure II.1 Carte de réseaux hydrographique de zone d'étude Si LAKHAL

1) Réention:

Les eaux de ruissellement se stagnent derrière la digue et s'infiltrer pour alimenter la nappe phréatique.

2) Distribution :

L'ouvrage distribue l'excès d'eau de la rétention vers les parcelles agricoles, à travers des déversoirs (Machaia), des canaux (Saguia) et des ouvertures (Msarefs).

3) Partage:

L'ouvrage permet le partage des eaux en deux directions par une digue centrale contournant le palmier de Si Lakehal.

La parie nord du pont est recouverte par un dépôt faible à moyenne grossier. Par contre la partie sud est recouverte par un dépôt de grands galets parfois consolidés. Les profils réalisés de deux cotés d'El oued présentes des pentes naturelles entre 0.5% et 1% .

Notons l'existence:

- Un collecteur d'assainissement (\varnothing 400) à 1.5 m de profondeur au coté ouest du lit d'oued, ce réseau comprend des regards visibles.
- Des anciens canaux de distribution nécessitent l'entretien.
- Ancien palmiers et mures dégradés sur le côté Ouest (vers Souani), ce qui empêche le bon écoulement de cet affluent (SARL NILS) .

Après le passage de derniers crues, les habitant on souffrés des effets de la stagnation des eaux notamment:

- Nuisance et les mauves odeurs.
- L'inaccessibilité.
- Male distribution.
- Dégradation des ouvrages.

CHAPITRE II : La zone d'étude

II.3.1. L'indice de compacité KG de Graveleuse

Il caractérise la morphologie d'un bassin versant, ce coefficient est défini comme le rapport du périmètre du bassin réel (P) au périmètre d'un bassin circulaire ayant la même surface. Il s'obtient en appliquant la formule :

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \approx 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

K_G : Indice de compacité de Graveleuse

A : Surface du B.V (Km²)

P : Périmètre du B.V (Km)

II.3.2. Le rectangle équivalent

Le principe est de transformer notre bassin versant en rectangle de même surface et de même périmètre avec une longueur L_r (Km) et une Largeur I_r (Km) avec les équations suivantes :

$$L_r = K_G \frac{\sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G}\right)^2} \right]$$

$$I_r = K_G \frac{\sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G}\right)^2} \right]$$

II.4. Caractéristique topographique

II.4.1. Le relief

Le relief d'un bassin versant est caractérisé par sa courbe hypsométrique qui représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Dans notre cas nous allons prendre pour exemple sur le Bassin Versant de Oued Metlili, et pour les sous Bassin ils seront en Annexe (C.D.E).

$$I_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_r}$$

II.4.2. Les pentes

II.4.2.1. Indice de Pente Moyenne I_m

Avec :

I_m : indice de pente moyenne (m/Km)

H_{max} : Altitude maximal du bassin versant (m)

H_{min} : Altitude minimum du bassin versant (m)

L_r : longueur du rectangle équivalent (Km)

II.4.2.2. Indice de pente Globale I_G

L'indice de pente globale nous permet de classer le relief de notre bassin versant d'après le classement de O.R.S.T.O.M. Il s'obtient à partir de la dénivelée utile $D_u = (H_{5\%} - H_{95\%})$ déterminé de la courbe hypsométrique du bassin versant.

$$I_G = \frac{D_u}{L_r} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L_r}$$

Avec :

I_G : indice de pente globale (m/Km)

D_u : dénivelée utile (m)

$H_{5\%}$: Altitude à laquelle la surface soit égale à 5% de la surface totale du bassin versant (m)

$H_{95\%}$: Altitude à laquelle la surface soit égale à 95% de la surface totale du bassin versant (m)

CHAPITRE II : La zone d'étude

Tableau II.2. la classification des reliefs d'après O.R.S.T.O.M

Classe	Relief	I _G
R1	Relief très faible	$I_G < 2$
R2	Relief faible	$2 < I_G < 5$
R3	Relief assez faible	$5 < I_G < 10$
R4	Relief modéré	$10 < I_G < 20$
R5	Relief assez modéré	$20 < I_G < 50$
R6	Relief fort	$50 < I_G < 100$
R7	Relief très fort	$100 < I_G$

II.5. Caractéristiques du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surface vers l'exutoire du bassin versant.

II.5.1. La classification de Strahler :

L'ordre des cours d'eau est une classification qui reflète la ramification du réseau de drainage (Anctil, Rousselle, & Lauzon, 2012). Il existe plusieurs classifications : Graveleuse (1914), Horton (1945), Strahler (1957), Shreve (1966). Nous allons utiliser la classification de Strahler, car c'est la plus utilisée et la plus adaptée à notre étude, son principe de classification est que : tout drain qui n'a pas d'affluent est de l'ordre de 1. Le calcul des autres drains se fait selon la méthode suivante : un drain de l'ordre $1+n$ est issu de la confluence de deux drains d'ordre n et ainsi de suite. L'ordre de Strahler d'un bassin versant est l'ordre du drain principal à l'exutoire. Notre traitement du MNT sur ArcGIS nous a permis de classer les affluents des sous bassins versants par la classification de Strahler.

II.5.2. La densité de Drainage

La densité de drainage est le rapport de la longueur totale des canaux d'écoulement sur la superficie du bassin versant. Elle reflète la dynamique du bassin

$$D_d = \frac{\sum L_{tot}}{A}$$

Avec :

D_d : la densité de drainage (Km-1)

L_{tot} : Longueur totale des cours d'eau du bassin versant (Km)

II.6. Régime des crues

II.6.1. Coefficient d'abattement K_a

Le Coefficient d'abattement est la diminution spatiale moyenne de la pluie par rapport à La pluie ponctuelle à la station de référence quand la superficie du bassin versant s'accroît. Nous avons utilisé l'équation :

Pour $A > 50 \text{ Km}^2$

$$K_a = 1.1943 - (0.0604 \cdot \ln(A))$$

Pour $A < 50 \text{ Km}^2$

$$K_a = 1.2771 \cdot A^{-0.0718}$$

$$K_a = 1.5649$$

Avec :

K_a : Coefficient d'abattement.

II.6.2. Coefficient de ruissellement K_r

Le coefficient de ruissellement K_r est le rapport entre la lame d'eau moyenne ayant ruisselé sur la surface du bassin et la lame d'eau moyenne apportée par la pluie. Elle se calcul par l'équation :

$$K_r = 1.097 \cdot A^{-0.1856}$$

$$K_r = 0.3432$$

Avec :

K_r : Coefficient de ruissèlement.

II.6.3. Coefficient de pointe α

Le coefficient de pointe est le rapport du débit maximum Q_{max} ruisselé et du débit moyen Q_{moy} ruisselé. Dans notre cas nous allons le calculer par l'équation :

$$\alpha = 0.24 \ln(A) + 2$$

$$\alpha = 3.5$$

II.6.4. Les temps caractéristiques

II.6.4.1. Le temps de Base T_b

Le temps de base T_b est la durée pendant laquelle la partie ruisselée de l'averse s'écoule jusqu'à l'exutoire. Il est donné par :

$$T_b = 2.146 \cdot A \cdot 0.368$$

$$T_b = 412.4161$$

Avec :

T_b : temps de base (heure)

II.6.4.2. Le temps de montée T_m

Le temps de montée est la durée entre le début de l'écoulement et le maximum de hauteur de la crue. Il est donné par :

$$T_m = 0.395 \cdot A \cdot 0.409$$

$$T_m = 84.3681$$

Avec :

T_m : temps de montée (heure)

II.6.5. Les débits Q et Volume des crues

Dans cette partie nous allons calculer le débit que génère chaque sous bassin versant dans différente période de retour (10 ans, 100 ans et 1000 ans), en utilisant la formule de RODIER – AUVRAY car par rapport à l'autre formule il met en considération plusieurs paramètres et peut être appliqué pour chaque période de retour :

II.6.5.1. Calcul du volume total

$$V_t = P_{if} \times K_a \times A$$

Avec :

P_{if} : précipitation sur le bassin (m)

K_a : Coefficient d'abattement

A : Surface (m)

II.6.5.2. Calcul du volume ruisseler

$$V_r = K_r \times V_t$$

Avec :

V_r : Volume ruisseler

K_r : Coefficient de ruissèlement (%)

II.6.5.3. Le débit moyen

$$Q_{moy} = \frac{V_t}{t_b}$$

Avec :

t_b : Temps de base (s)

CHAPITRE II : La zone d'étude

II.6.5.4. Le débit max

$$Q_{max} = Q_{moy} \times \alpha$$

Avec :

α : Coefficient de pointe.

T_{reteur}	P_{if}	V_t	V_r	Q_{moy}	Q_{max}
10	40	32689.2211	11218.9406	27.1626	95.0691
50	49	40044.2958	13743.2023	33.2742	116.4597
100	73	59657.8285	20474.5667	49.5718	173.5013
1000	128	104650.5076	35916.0542	86.9579	304.3526

II.8. PROPOSITION D'AMENAGEMENT :

Les travaux d'aménagement consistent à :

- Construction (sur le déversoir Ouest) un canal de parois en béton armé (nappe en T10/E=0.15) dosé 350 Kg/m³ et surmonte une dalle en béton de propriété de fondation, en respectant les dimensions suivants : Prof: 2 m, larg:2m et Long: 20 m, avec deux vannes murales en aval pour le contrôle d'écoulement.
- Un décapage des dépôts grossiers sur une profondeur moyenne de 25 cm. Par la suite le dégagement des remblais à la décharge publique.
- Hérissonage selon la pente du projet par la pierre dure de volume moyenne, y compris remplissage des cavités et les trous.
- Revêtement du lit d'oued en dalle de béton légèrement armé en treillis soudé (15 X 15) avec une épaisseur de 10 cm suivant la pente du projet (voirs profils). Les dalles réalisées sont sous forme trapézoïdale avec une partie centrale horizontale et deux cotés légèrement inclinés (pentes 1-1.5 %) vers la partie centrale. Ce dispositif trapézoïdal permet de concentrer les flux de grande vitesse au centre du

CHAPITRE II : La zone d'étude

lit d'oued. Ces dalles seraient coulées sur place sur des unités de 4 m² de surface. Un joint en bitume entre deux unités permet la dilatation des dalles. Le dosage en ciment est de 400 kg/m³ ; le dosage en granulat (8/15) est de 1050 kg/m³ avec les caractéristiques géotechniques suivantes : Los Angeles = 26 ; Le dosage en sable du lit d'oued (0/8) est de 710 kg m³, avec les caractéristiques géotechniques suivantes : eqv-sable = 68, coef-fines = 2.

- Réalisation des murs de protection longitudinale de fondation (0.8 x 0.8) en béton cyclopéen dosé à 350 kg/m³, et d'une partie aérienne en maçonneraie de forme trapèze avec une base de 0.6 m de large et un sommet de 0.4 m.
- Hérissonage et revêtement des déversoirs en dalle de béton légèrement armé en treillis soudé (15 X 15) avec une épaisseur de 10 cm suivant la pente existants.
- Réfection des mures existants à l'enrobé de la chaux.
- Réalisation d'une protection en aval du revêtement par un seuil en béton cyclopéen dosé à 350 kg/m³, avec des cailloux en volume de tête de chat, de 30 à 50 cm de hauteur, de 80 cm de largeur et 80 cm de profondeur.
- Surélévation d'un regard à 1.50 m de hauteur.

III.1.Introduction

Durant la période: 2000-2019, nous avons sillonné, toute la chebka de M'zab. L'oasis de Metlili est l'une des destinations que nous avons visitées. Nous avons été impressionnés par son système de partage des eaux. Il fallait plusieurs missions de travail dans les oasis de Metlili pour comprendre le fonctionnement de ce mégaprojet. Faute d'absence de données sur ce système de partage des eaux, nous étions obligé d'orienter notre étude sur des investigations et des enquêtes auprès de la population.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'ampleur de l'aménagement hydraulique de Metlili Longtemps l'oasis de Metlili fait face aux crues soudaines et dévastatrices émanant de l'oued Metlili. Les crues dépassent même le seuil de 700 m³/s, ce qui justifié les dégâts matériels et humains causés à chaque crue (fig. III.2, III.3 et II.4). C'est ainsi que depuis des siècles, les Chaambi ont développé leur palmeraie et les jardins dans le lit majeur de l'oued (fig. III5). Par contre, le ksar (la cité de la population) a été bâti sur les hauteurs de la montagne qui surplombe le cours d'eau.

REMINI B, OULED BELKHIR C.(Larhyss Journal,2019)



Figure III.1. L'oued Metlili en crue (Crue 01 /10/2008 Débit max = 850 m³/s (Photo. Ouled Belkhir, 2008)



Figure III.2. L'oued Metlili en crue (Crue 12-13 /03/2011 Débit max = 570m³/s)(Photo. Ouled Belkhir, 2011)



Figure III.3. Les dépôts des déchets de palmes d'une hauteur de 1,2 m montre un peu la hauteur de la dernière crue (Crue de 20/04/2018) (Photo. Remini, 2019)



Figure III.4. Un aperçu sur la palmeraie de Metlili (Photo. Remini, 2019)



Figure III.5. Une vue générale du ksar de Metlili (Photo. Remini, 2019)

Il est à préciser que ces quantités énormes d'eau drainées par les crues représentent l'une des sources d'eau de l'oasis puisqu'elle permet de réalimenter la nappe phréatique de la région de Metlili. Cependant, le volume infiltré n'arrivait pas à recharger l'ensemble de l'aquifère ; le volume évaporé étant plus important au vu des conditions climatiques hyperarides de la vallée de M'Zab. Alors résoudre ce double problème qui consiste à minimiser les inondations et à augmenter le volume de la recharge de la nappe. Sans oublier également de tirer profit de l'apport en sédiments et des éléments nutritifs drainés par les crues. Cette irrigation temporaire engendrée par l'arrivée d'une à deux crues par année est nécessaire pour le développement des plantes et pour le lessivage de la palmeraie afin de minimiser la salinisation des sols.

A cet effet, les oasiens ont évoqué un aménagement de génie afin de régulariser les crues et de partager l'eau chargée entre les différents jardins. Ce système hydraulique ancestral ressemble bien à celui réalisé dans la vallée de M'Zab et plus particulièrement dans l'oasis de Ghardaïa. Le système hydraulique inventé donne la priorité d'abord à la recharge artificielle, en deuxième lieu l'irrigation temporaire par les inondations des jardins par les crues et en dernier lieu, la sécurité c'est-à-dire l'évacuation des eaux vers l'oued

Metlili. On préfère l'appeler le système IRS (Irrigation de la palmeraie- Recharge de la nappe-Sécurité).

L'aménagement hydraulique ancestral de l'oasis de Metlili est un réseau maillé de seguias de telle sorte que l'eau de crues inonde tous les jardins de la palmeraie d'une superficie égale de 50 ha. Evidement chaque propriétaire reçoit sa quantité d'eau qui est en relation avec le nombre de palmiers et de sa contribution dans l'entretien du système hydraulique. Le génie oasien se situe au niveau du choix du site. La recherche de l'assiette reste le problème majeur d'un projet pareil. Celui de Metlili a été bien choisi puisqu'il est situé dans une zone drainant le maximum d'apports liquides (fig. III6 et III7). En plus de l'oued Metlili, il existe 6 chaabat (cours d'eau) qui alimentent la zone. Presque au niveau de chaque cours d'eau secondaire (Chaabat) qui mène vers l'oued Metlili, on trouve un Ahbas à l'amont pour régulariser les crues.

REMINE B, OULED BELKHIR C.(Larhyss Journal,2019)

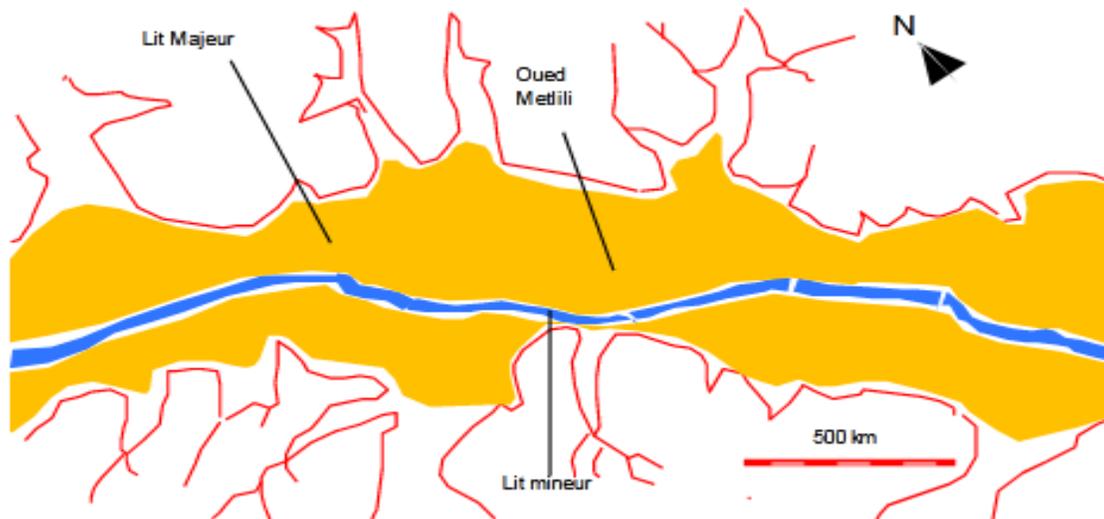


Figure III.6. Le site avant son aménagement (Schéma Remini, 2019)



Figure III.7. Après l'exécution du projet d'aménagement hydraulique de Metlili (Schéma Remini, 2019)

L'aménagement hydraulique de Metlili se compose de plusieurs ouvrages hydrauliques à savoir :

Le Grand barrage de partage des eaux : Ahabas Si Lekhel

Définition

Les barrage :

Un barrage est un ouvrage d'art construit en travers d'un cours d'eau et destiné à en réguler le débit et/ou à stocker de l'eau¹, notamment pour le contrôle des crues, l'irrigation, l'industrie, l'hydroélectricité, la pisciculture, une réserve d'eau potable, etc.². Dans la nature, il existe aussi des barrages de castors.

Le grand barrage de régularisation des crues et de partage des eaux est appelé Ahabas Lekhel. Il se compose :

CHAPITRE III : L'aspect hydrologique

- D'une digue de longueur de 150 m de forme zigzag construite par la roche et le gypse pour mieux résister aux forces de pression (fig. III8, III9, III10 et III11).

- D'une retenue de capacité de plus 110000 m³ à la cote normale et 150 000 m³ à la cote maximale.

- Du déversoir Hadika 1 qui évacue l'eau vers les seguias : Cherkia, El Haddour et Lihoude.

- Du déversoir Hadika 2 qui évacue l'eau vers la seguia Gharbia (Oued Metlili).

- Du déversoir 1 qui déverse directement l'eau dans la Ghabet Si Lekhel

(palmeraie Si Lekhel). Une fois inondée (Ghabat Si Lekhel), le surplus d'eau est évacué par le déversoir 2 vers l'oued Metlili.

- D'une galerie munie d'une porte métallique pivotante qui joue le rôle d'une vanne de fond du barrage Si Lekhel.

REMINI B, OULED BELKHIR C.(Larhyss Journal,2019



**Figure III.8 Schéma de la partie amont de la digue du Grand barrage Si Lekhel
(Schéma Remini, 2019)**



Figure III.9. Une vue de la digue du grand barrage Si Lekhel (Photo. Remini, 2019)

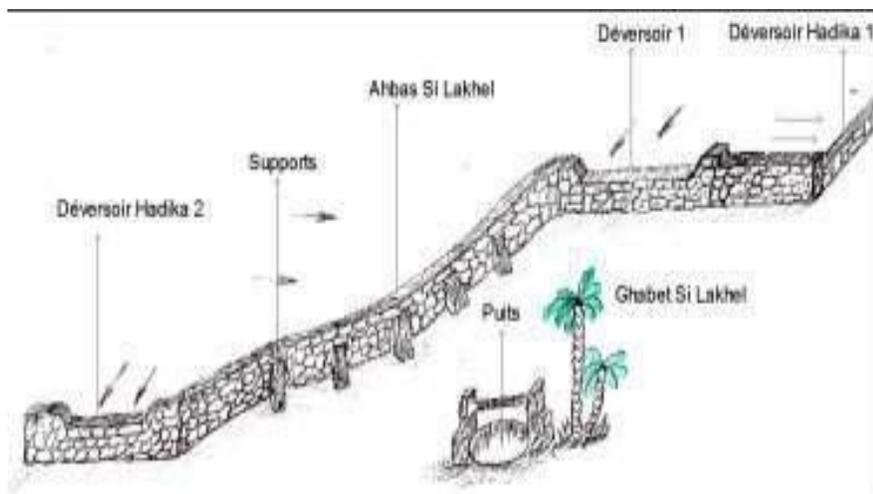


Figure III.10. Schéma de la partie avale de la digue du grand barrage Si Lekhel (Schéma Remini, 2019)



Figure III.11. Partie avale du Grand barrage Si Lekhel (Photo. Remini, 2019)

- **Les Ahbas de Metlili**

Sur un tronçon d'oued Metlili de 45 km à l'intérieur du bassin versant d'une superficie de 41000 ha, 24 Ahbas ont été réalisés dans le réseau hydrographique (fig. III 13 et III 14). L'ancienne palmeraie a été développée le long d'un tronçon de 1,8 km d'oued Metlili occupant ainsi une superficie de 50 ha (fig. III 15). Quatre (4) Ahbas (Si Lekhel, Boudjrada, Amirate et Arch) ont été construits à l'intérieur de l'ancienne palmeraie (fig. III15).

Aujourd'hui, de nouvelles terres ont été valorisées. C'est le lit majeur d'un tronçon d'oued Metlili égal à 20 km qui a été aménagé pour agrandir la palmeraie pour occuper une superficie de 1100 ha (fig. III 16). Douze (12) Sur les 24 Ahbas ont été bâtis sur un tronçon de 20 km (fig. III 16). Les 12 restants ont été réalisés à l'amont des chaabat (oueds secondaires)

CHAPITRE III : L'aspect hydrologique

dont le rôle est de régulariser les crues. Les 24 Ahbas sont bien repartis sur l'ensemble de la palmeraie dont le but de régulariser les crues et surtout de réalimenter la nappe phréatique sur toute la superficie de la palmeraie. A chaque crue, le niveau piézométrique de la nappe monte. Cette élévation se répercute directement sur l'irrigation qui puise son eau des puits à traction animale.

REMINI B, OULED BELKHIR C.(Larhyss Journal,2019



Figure III.12. Bassin versant d'Oued Metlili (Google Earth-Schéma Remini, 2019)



Figure III.13. Oued Metlili sur lequel ont été bâti les Ahbas (Photo. Remini, 2019)

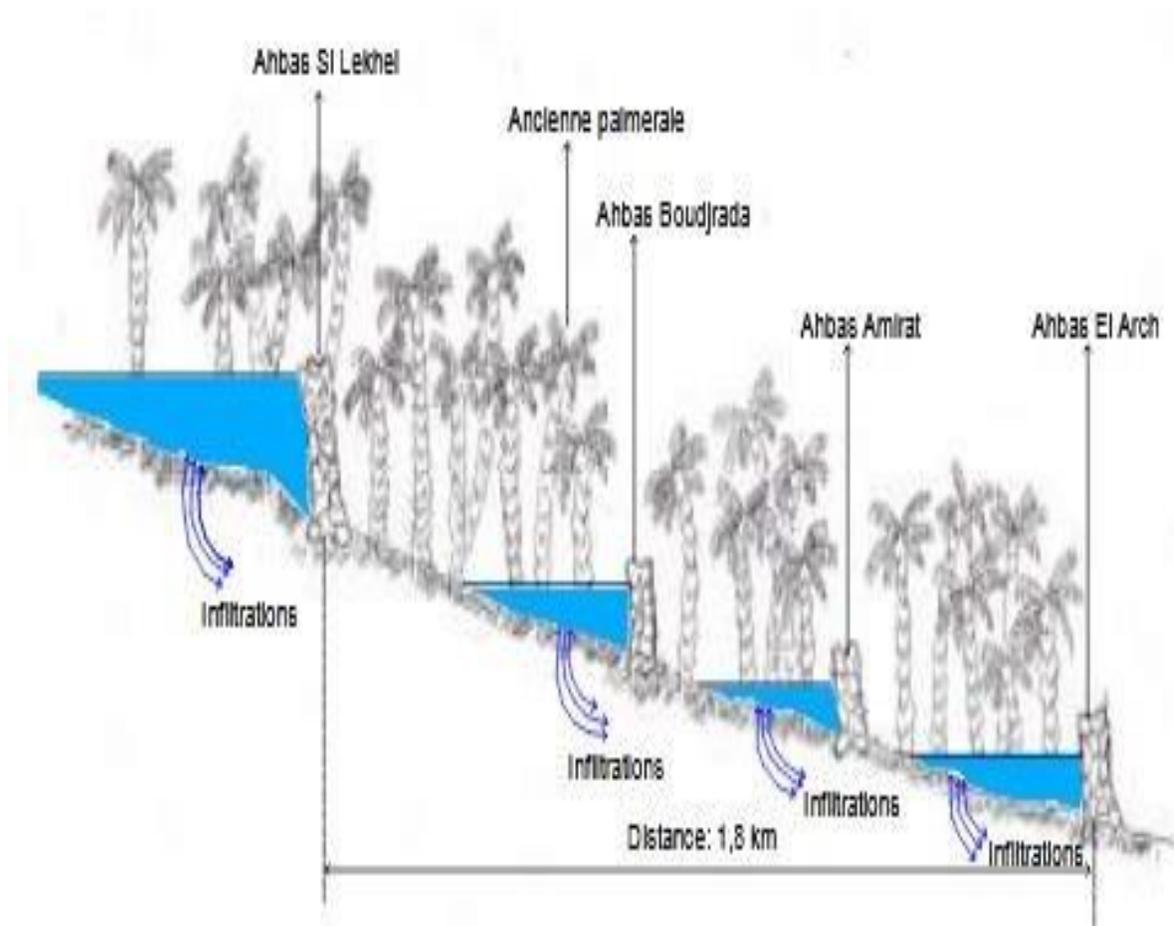


Figure III.14. Schéma approximatif des Ahbas sur le tronçon de l'oued Metlili dans l'ancienne palmeraie et leurs rôles dans la réalimentation de la nappe (Schéma Remini, 2019)

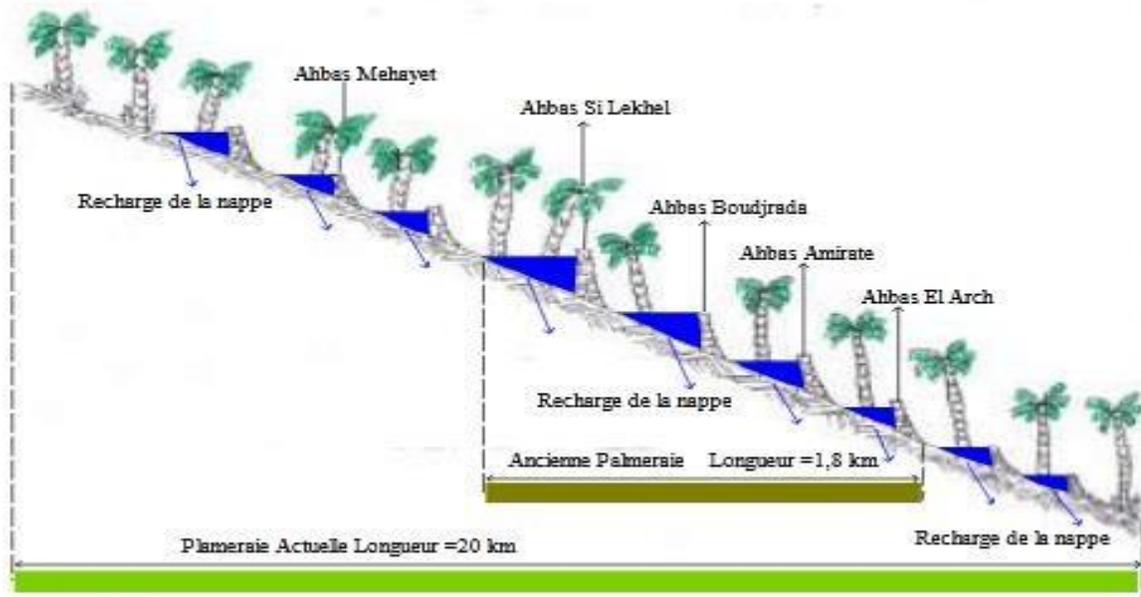


Figure III.15. Schéma approximatif des Ahbas le long de l'oued Metlili (Schéma Remini, 2019)

Les Ahbas (petits barrages) sont répartis de l'amont à l'aval du Grand barrage Si Lekhel pour permettre une réalimentation homogène de la nappe. Le rôle de ces ouvrages est de capter les eaux de crues qui sont rares dans la vallée de M'zab mais qui peuvent drainer des volumes d'eau très importants en période de crue qui peuvent dépasser les 750 m³/s. (fig. III 16, III 17, III 18 et III 19).

Le ralentissement de ces écoulements favorise la recharge de la nappe. D'une hauteur moyenne de 1,5 m, les Ahbas réalisés avec la roche et le gypse, accumulent les particules argileuses et sableuses qui sont bénéfiques pour le renouvellement de la couche de terre salée et aussi pour les réutiliser dans la construction (habitations et ouvrages hydrauliques). Malheureusement aujourd'hui il reste une dizaine d'Ahbas dans un état dégradé et sont envasés et demandent un entretien.



Figure III.16. Ahbas Amirate sur l'oued Metlili en période de crues (Crue de 20/04/2018)(Photo. Ouled Cheikh, 2018)



Figure III.17. Ahbas Boudjrada sur l'oued Metlili (Crue de 20/04/2018) (Photo. Ouled Cheikh, 2018)



Figure III.18. Ahbas El Arch bâti sur l'oued Metlili (Crue de 20/04/2018) (Photo. Ouled Cheikh, 2018)



Figure III.19. Ahbas El Arch sur l'oued Metlili (Crue de 20/04/2018) (Photo. Ouled Cheikh, 2018)

- Les seguias

Définition

Une seguia (de l'arabe الساقية) est un canal d'irrigation à ciel ouvert, en Afrique du Nord, que l'on rencontre souvent dans les oasis. Compte tenu des climats des régions concernées, ces systèmes rudimentaires impliquent d'importantes pertes d'eau par évaporation.

Les seguias principales sont généralement construites en terre mais les ramifications secondaires peuvent être de simples rigoles en métal voire creusées à même la terre

Environ 7 km est la longueur totale des seguias–ruelles (principale et secondaire) d'une largeur moyenne de 3 m. Ces ouvrages jouent un double rôle ; une ruelle qui permet à la population de se déplacer entre les 4 coins de la palmeraie (fig. III 20 et III 21).

En période de crues, les ruelles deviennent des canaux à ciel ouvert qui permettent à l'eau de s'écouler (fig. III22).



**Figure III.20. Une seguia principale (canal à ciel ouvert) qui joue le rôle d'une ruelle
(Photo. Remini, 32019)**



Figure III.21. Une Seguia secondaire dans le réseau de Metlili (Photo. Remini, 32019)



Figure III.22. La ruelle devient une seguia en période de crues (Crue de 20/04/2018)

(Photo. Ouled Belkhir, 2018)

- **La Koua**

Des ouvertures rectangulaires aménagées tangentiellement en bas du mur des jardins dans le sens opposé à l'écoulement (fig. III 24). De dimensions différentes, ces orifices permettent à l'eau de pénétrer dans le jardin (fig. III 25, III 26, III 27 et III 28).

A travers un réseau de seguias en terre, l'eau atteint les quatre coins du jardin. Ces ouvertures sont appelées Koua.

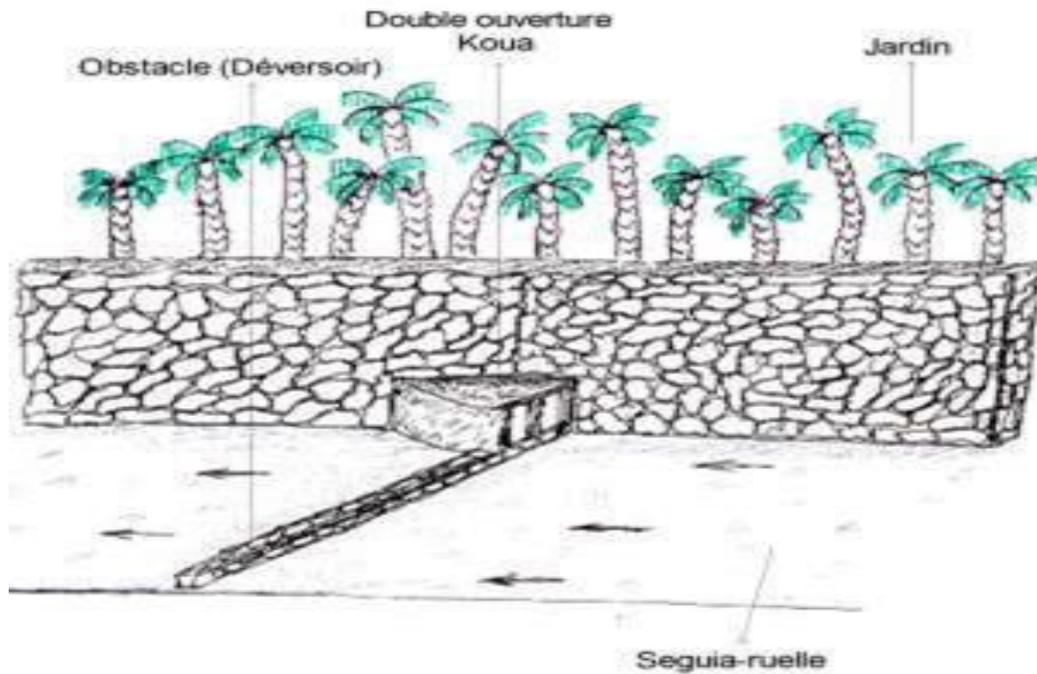


Figure III.23. Schéma approximatif d'une koua au niveau d'un jardin de Metlili (Schéma Remini, 2019)



Figure III.24. Double koua (alimentant deux jardins consécutifs) située dans une seguia secondaire très dégradée et non entretenue (Photo. Remini, 2019)



Figure III.25. Une seule koua (alimentant un seul jardin) située dans une sequia très dégradée et non entretenue (Photo. Remini, 2019)



Figure III.26. Double koua bouchée par des débris lors de la dernière crue (Photo. Remini, 2019)

CHAPITRE III : L'aspect hydrologique

Malheureusement aujourd'hui, plus de 85% de ces koua se trouvent dans un état dégradé très avancé. Plusieurs Koua sont complètement disparus. Des propriétaires de jardins ont même fermé ces ouvertures par des roches (fig. III 27 et III28).



Figure III.27. Une koua bouchée par des blocs (Photo. Remini, 2019)



Figure III.28. Une koua fermée par des roches représente un danger pour l'oasis en période de crues (Photo. Remini, 2019)

CHAPITRE III : L'aspect hydrologique

Les dimensions de la koua définissent la part d'eau attribuée à chaque propriétaire qui est une fonction de la grandeur du jardin et la contribution du propriétaire dans les travaux de l'entretien du réseau de distribution des eaux pluviales. En absence, des crues, la seguia joue le rôle d'une ruelle dans la palmeraie, mais les koua doivent rester ouvertes pour de raisons de sécurité (fig. III29). Le bouchage ou la fermeture d'une ou plusieurs koua peuvent engendrer une montée rapide d'eau dans le réseau de distribution au moment de la crue et par conséquent l'inondation peut être dévastatrice.

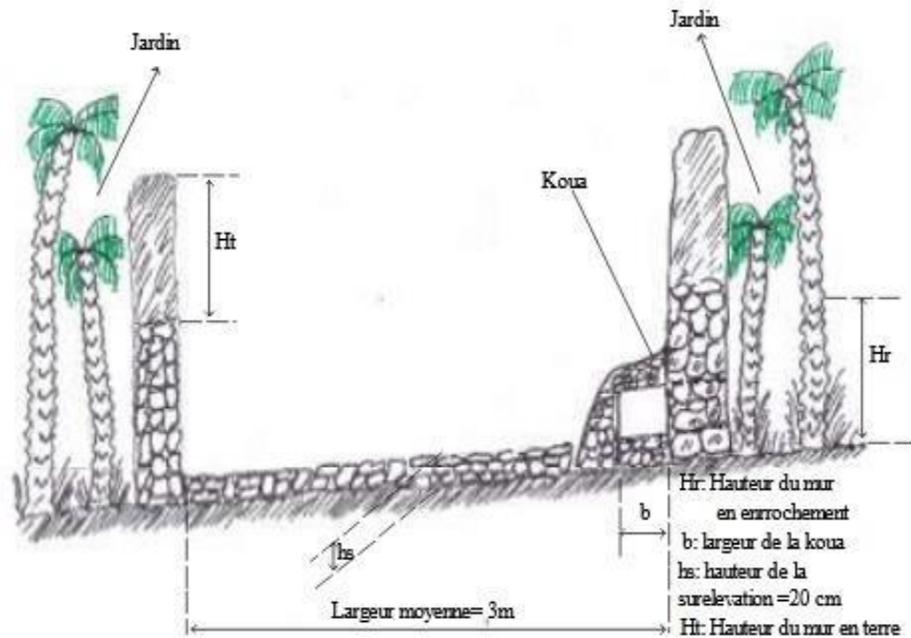


Figure III.29. Schéma probable d'une seguia-ruelle (Schéma Remini, 2019)

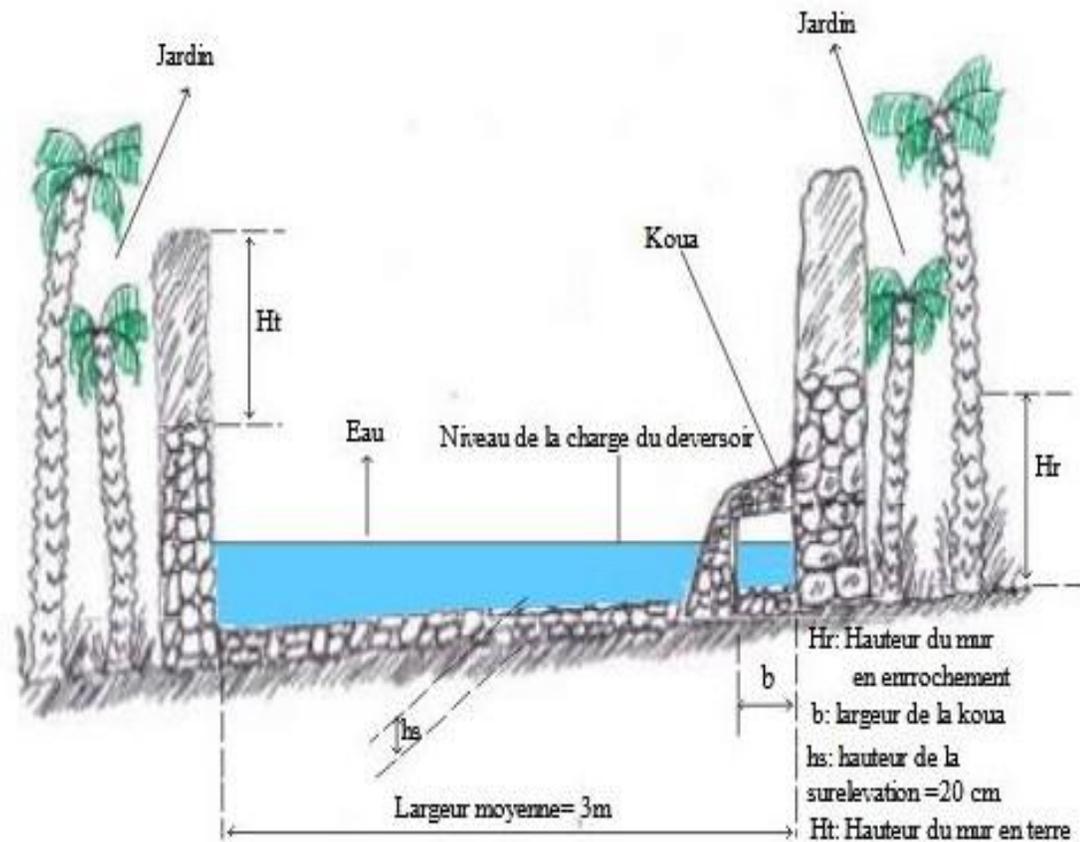
Au niveau de chaque orifice, il existe une arrête (bâti avec des roches et le mortier de gypse) de longueur égale à la largeur de la seguia et d'une épaisseur égale en moyenne à 20 cm. Au moment de l'écoulement cet obstacle joue le rôle d'un déversoir. Donc le débit rentrant par la koua est quantifié par la formule du débit d'écoulement sur les déversoirs rectangulaires (fig. III30)

$$Q = \frac{2}{3} b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

Q: Débit (m^3/s)

b: largeur d'ouverture du déversoir (largeur de la koua) (m)

H: Charge du déversoir (m)



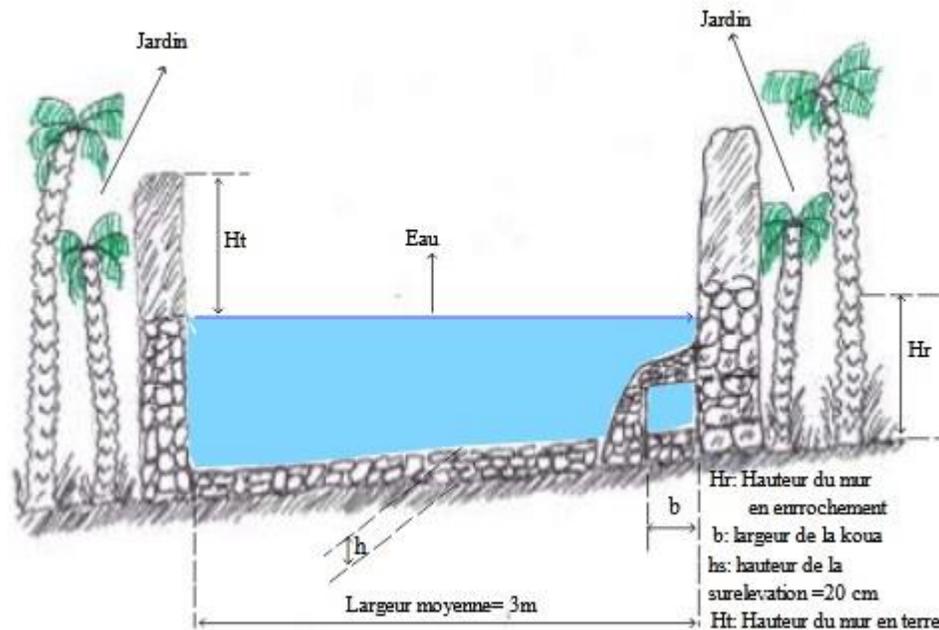


Figure III.31. Segouia ou moment de l'arrivée d'une crue moyenne (hauteur d'eau supérieur à la hauteur de la koua). L'écoulement dans la koua est un écoulement par orifice (Schéma Remini, 2019)

Mais dès que la hauteur d'eau dans la segouia dépasse la hauteur de la koua, l'écoulement à travers la koua devient un écoulement à travers un orifice et par conséquent, le débit à travers la koua est déterminé par la formule (fig. III 32): $Q = Cd \cdot S \cdot \sqrt{gh}$: Débit (m³/s) Cd: Coefficient de débit S: section de la koua (m²) h: hauteur d'eau (m) Dans le cas, où la hauteur d'eau dépasse la hauteur de la partie du mur inférieure (en enrochement), dans ce cas, on est dans un état d'inondation extrême, le mur supérieur en terre en contact avec l'eau sera emporté par l'écoulement (fig. III 33).

Dans ce cas on est dans la phase de sécurité, tous les jardins seront submergés par l'eau et ensuite il se déverse directement dans l'oued Metlil

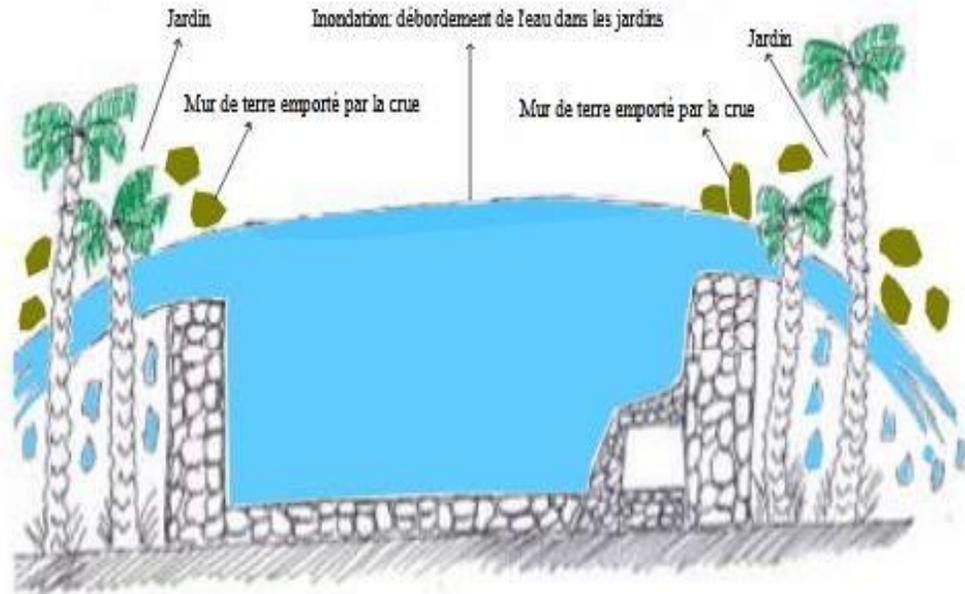


Figure III.32. Seguia ou moment de l'arrivée d'une crue importante (hauteur d'eau supérieur à la hauteur du mur rocheux). Débordement de l'eau sur dans les jardins; Le mur en terre (supérieur) cède à la force de l'eau. (Schéma Remini, 2019)

- **Le Trop plein**

Des déversoirs qui jouent le rôle de trop plein qui sont destinés pour l'évacuation du surplus d'eau vers l'oued Metlili. Une fois les jardins inondés, l'eau de la crue s'écoule sur les déversoirs vers l'oued Metlili (Seguia Gharbia).

Chaque jardin est équipé à l'amont d'une ouverture (koua) pour réceptionner sa part d'eau de crues. A l'aval, le jardin est muni d'un déversoir qui joue le rôle d'un trop plein qui permet d'évacuer le surplus vers l'oued Metlili (fig. III 33,III 34 et III 35).



Figure III.33. Dispositif de 4 ouvertures d'évacuation du surplus d'eau vers l'oued Metlili (Photo. Remini, 2019)

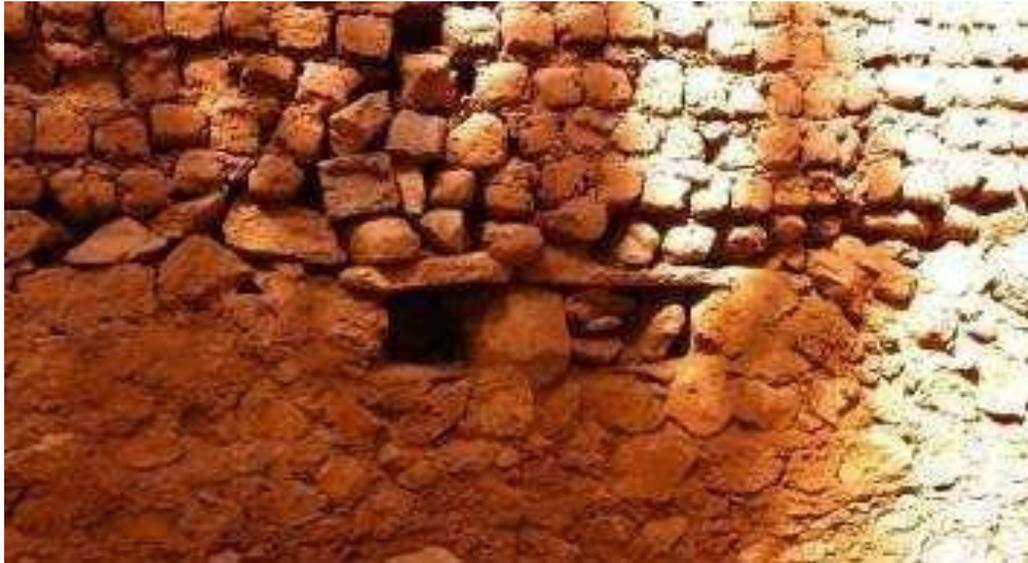


Figure III.34. Dispositif d'évacuation à 2 ouvertures du surplus d'eau vers l'oued Metlili (Photo. Remini, 2019)



Figure III.35: Dispositif d'évacuation à 1 ouverture du surplus d'eau vers l'oued Metlili (Photo. Remini, 2019)

Puits à traction animale

Dans chaque jardin, il existe au moins un puits. Au total, il existe 2090 puits à traction animale dans la palmeraie répartis sur toute la superficie de la palmeraie (fig. 36). C'est grâce à ces ouvrages de puisage d'eau que l'irrigation permanente s'effectue. Cinq puits à traction animale existent au niveau du ksar pour l'alimentation en eau potable de la population (fig. 37).



Figure .III.36. Un puits à traction animale au centre d'un jardin de la palmeraie de Metlili (Photo. Remini, 2019)



Figure III.37. Un des puits qui alimente le ksar de Metlili(Photo. Remini, 2019)

Fonctionnement de l'aménagement hydraulique

L'arrivée d'une crue sur l'oued Metlili au niveau du lieu El Haddour d'une superficie de 75 ha qui représente la retenue d'Ahbas Lekhel (Barrage) ou tout simplement le lieu de partage des eaux de crues constitue un évènement majeur. Toute la population de Metlili assiste à cette fête particulière. La zone d'El Haddour représente le lieu de partage des eaux de crues entre les jardins de la palmeraie (fig. III 38,III 39,III 40 et III 41).

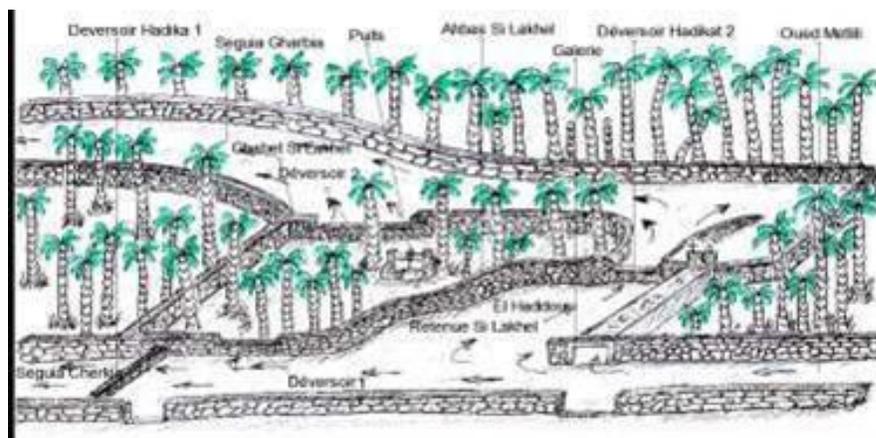


Figure III.38. Schéma général du le lieu de partage des eaux de crues de Metlili (Schéma Remini, 2019)

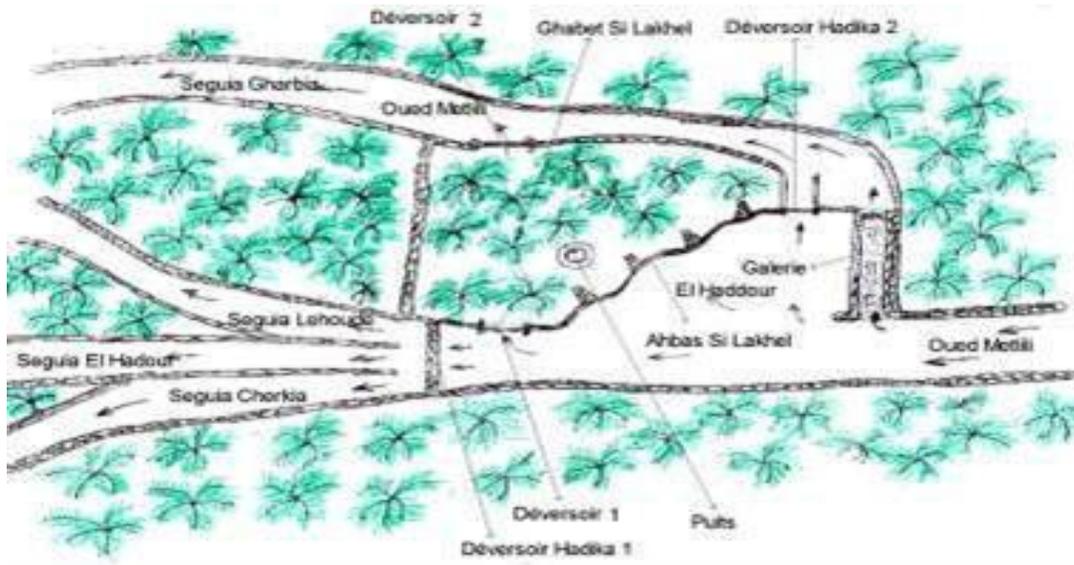


Figure III.39.Schéma de la vue en plan du la zone El Haddour (Schéma Remini, 2019)

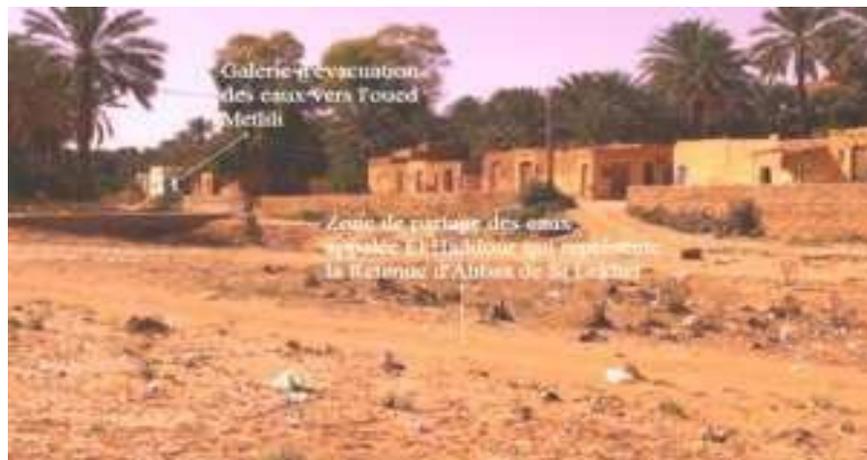


Figure III .40.Une vue de la zone EL Haddour : le lieu du partage des eaux de crues (photo .Remini,2019)

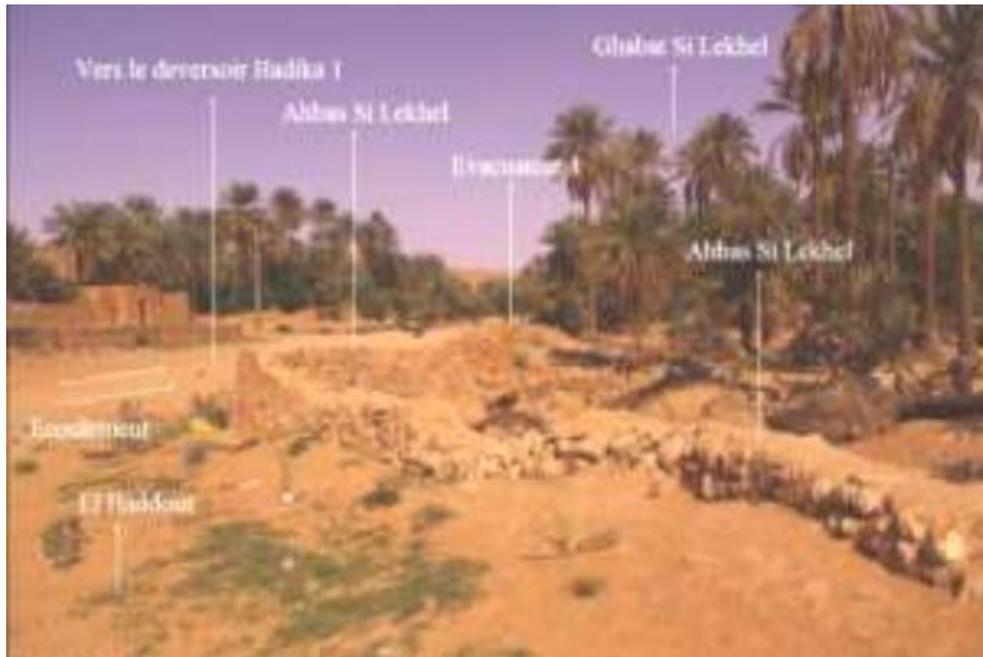


Figure III .41. Une vue de la zone EL Haddour et de la digue Si Lekhel (photo .Remini,2019)

Dès que le niveau d'eau dépasse le seuil du déversoir 1, l'eau s'écoule dans les 3 seguias : Cherkia, El Haddour et Lihoude (fig. III 43,III 44 et III 45).

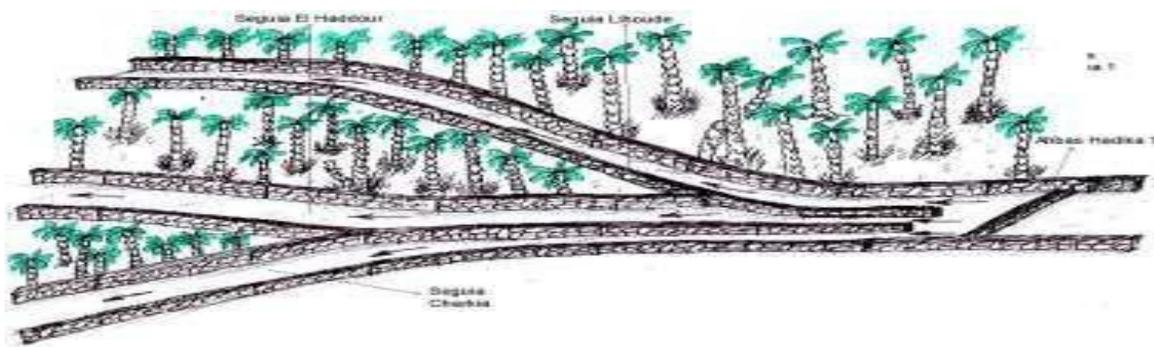


Figure III.42. Les seguias : Cherkia, El Haddour et Lihoude destinées à drainer l'eau de la crue vers les jardins (Schéma Remini, 2019)

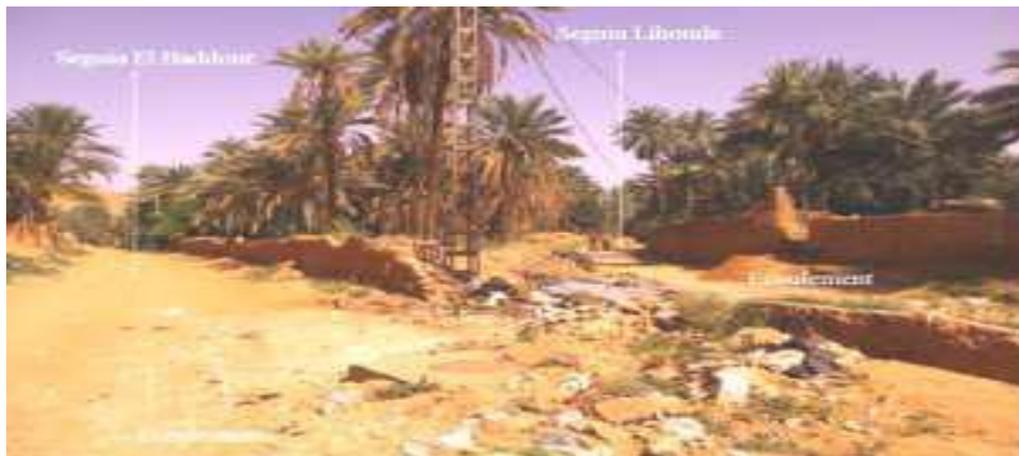


Figure III.43. Les seguias Lihoude et El Haddour (Photo. Remini, 2019)



Figure III.44. La seguia El Haddour (Photo. Remini, 2019)

Grace à des seguias secondaires, le réseau de partage des eaux se trouve rempli d'eau. Par l'intermédiaire des koua qui sont situées tangentielle le long des parois des seguias, l'eau pénètre dans tous les jardins de la palmeraie (fige .III 46 et III 47).

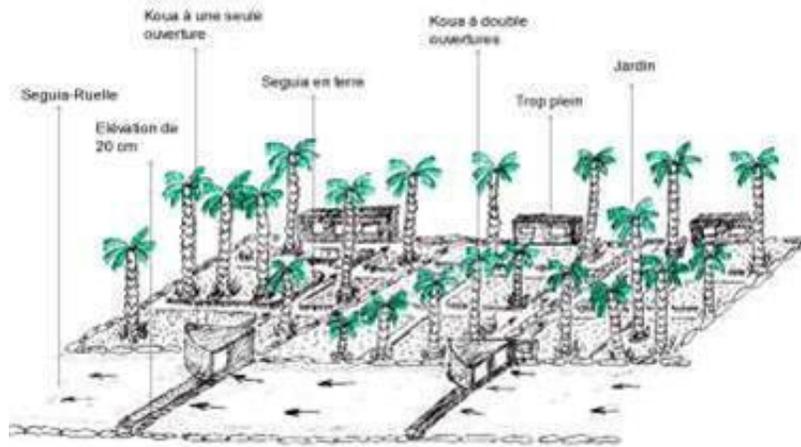


Figure III.45. Schéma d'un écoulement de la seguia vers les jardins par l'intermédiaire des koua (Schéma Remini, 2019)

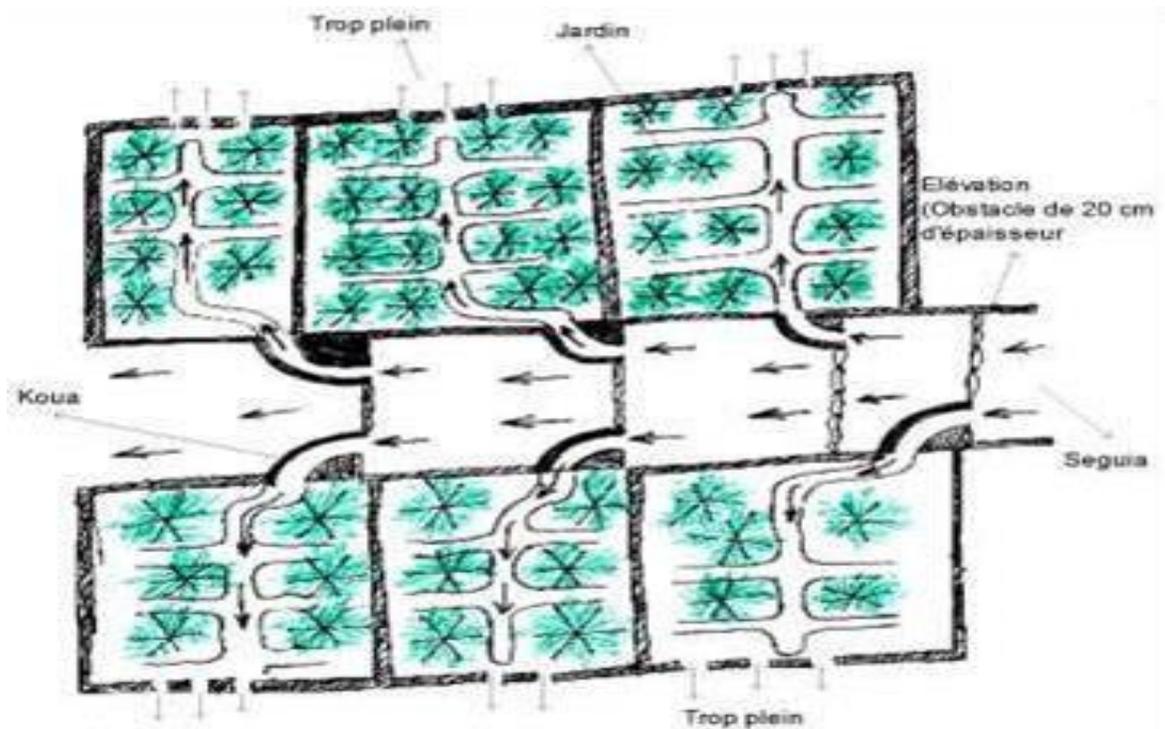


Figure III.46. Schéma simplifié d'une partie du réseau de Metlili (Schéma Remini, 2019)

Si maintenant, la crue continue toujours à se déverser dans la retenue El Haddour et que le niveau d'eau dans la retenue d'El Haddour monte, l'eau s'écoule sur le déversoir 1 pour inonder directement les jardins de Ghabat El Haddour (fig. III 47 et III 48).



Figure III.47. Déversoir 3 pour déverser l'eau dans les jardins de Ghaba El Haddour (Photo. Remini, 2019)



Figure III.48. Ghabat El Haddour (Photo. Remini, 2019)

Une fois inondée, le surplus se déverse sur le déversoir 3 (qui joue le rôle d'un trop plein) vers la seguia Gharbia qui est l'oued Metlili (fige .III 50). En parallèle, l'eau qui a emprunté les 3 seguias, continue toujours à s'écouler à travers les koua dans tous les jardins. C'est l'objectif de cet aménagement ingénieux. Cette irrigation temporaire qui correspond à une ou à deux inondations par année donne à la palmeraie une seconde vie. Les eaux de crues très riches en poussières et en

CHAPITRE III : L'aspect hydrologique

éléments nutritifs permettent aux palmiers de se développer grâce à ces eaux chargées. Ces quantités importantes d'eau provoquent un lessivage généralisé des sels accumulés le long de l'année sur l'ensemble de la palmeraie.

Une fois l'eau atteint le seuil du trop-plein, les eaux s'écoulent directement dans l'oued Metlili. C'est la phase de la sécurité. Dans le cas où la crue continue toujours et le niveau d'eau monte, l'eau s'écoule sur le déversoir 3 pour prendre l'itinéraire de l'oued Metlili qui provoque un ralentissement de l'écoulement, l'eau s'infiltré pour recharger la nappe phréatique. Grâce à cet aménagement hydraulique, la nappe se réalimente une à deux fois par année et permet ainsi au niveau piézométrique (qui se situe entre 2 à 30 m) des puits d'augmenter pour atteindre le maximum. L'irrigation permanente dans la palmeraie s'effectue par les eaux puisées dans les puits à traction animale qui sont au nombre de 2090 dans toute la palmeraie.



Figure III.49. Déversoir 3 pour évacuer le surplus vers l'oued Metlili (Photo. Remini, 2019)

Dans le cas extrême, où la crue est importante, et que tous les déversoirs n'arrivent plus à évacuer la crue, et pour éviter des dégâts matériels et même humaines, les portes de tunnel de sécurité seront ouvertes (fige. III 51, III 52 et III 53). Ahbas Si Lekhel est un barrage composé d'une digue de longueur de 150 m et de 2 m de hauteur. Il équipé de 3 évacuateurs de crues (les déversoirs Hadika 1, Hadika 2 et le déversoir 1) et une vanne de fond avec une porte coulissante (une galerie). D'une superficie égale à 75 h, le volume normal de la retenue est de 1100 m³. C'est un barrage qui est destiné au partage de l'eau et à la recharge artificielle de la nappe.



Figure III.50. Une vue de la galerie d'évacuation des eaux pluviales vers l'oued Metlili (Photo. Remini, 2019)

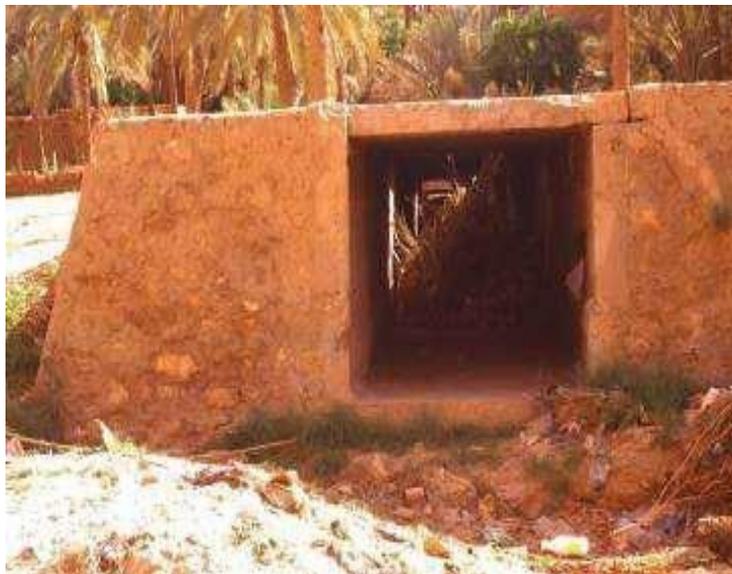


Figure III.51. L'entrée de la galerie d'évacuation des eaux pluviales (Photo. Remini, 2019)

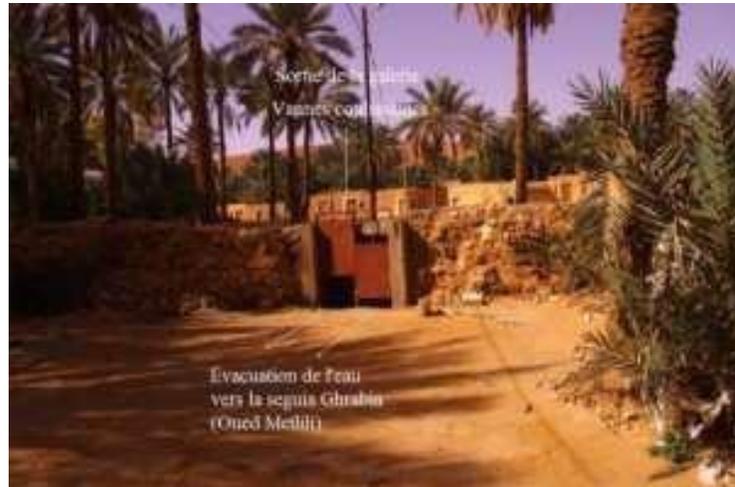


Figure III.52. La sortie de la galerie d'évacuation des eaux pluviales Par de portes coulissantes (Photo. Remini, 2019)

DISCUSSION

«C'est dans les milieux secs, que l'eau trouve sa vraie valeur» (Remini, 2017). Habiter en hauteur et cultiver les terres situées en bas (Oued), c'est le principe appliqué par les oasiens du Sahara. Le ksar; la cité des fermiers est épargné par les inondations. Seulement les terres agricoles sont gâtées par les eaux chargées des crues. Il est à signaler que les inondations n'ont jamais été un drame pour la population. Au contraire, elles sont considérées comme un don du ciel. La preuve, l'arrivée d'une crue dans l'oued Metlili fait sortir la population pour célébrer cet événement particulier. Les Chaambi connaissent le bien des inondations pour la plante et plus particulièrement pour le palmier.

L'inondation de la palmeraie une fois par année est indispensable pour le développement du palmier. Les crues charrient avec elles des éléments nutritifs et des sédiments qui sont nécessaires pour une plante. En plus ces crues réduisent le phénomène de salinité des sols par lessivage.

Valoriser et aménager le lit majeur de l'oued pour instaurer les palmeraies. C'est la politique adoptée dans la vallée de M'Zab et les régions avoisinantes.

Cela n'a pas échappé au Chaambi de développer les jardins sur le lit majeur d'un tronçon de 1,8 km d'oued Metlili pour occuper une superficie de 50 ha (fig. 54 et 55). Quel génie?

Depuis plus de 7 siècles, afin de profiter des eaux pluviales, les Chaambi ont inventé un aménagement original qui consiste dans une première étape à récupérer une partie des eaux brutes des crues.

Une autre partie mais plutôt potable a été récupérée du sous-sol après infiltration par l'intermédiaire des puits.

A cet effet, un réseau maillé de seguia de 7 km a été aménagé dans la palmeraie (fig. III 55).

Il permet de récupérer et de partager les eaux de crues entre les agriculteurs. La part d'eau est une fonction du nombre de palmiers et la contribution de chaque propriétaire à l'entretien du réseau.

Dans une deuxième étape, l'aménagement hydraulique est complété par 24 Ahbas (digue) réalisés sur le réseau hydrographique dont 12 sont bâtis sur un tronçon de 20 km d'oued Metlili pour assurer la recharge artificielle de la nappe lors de l'arrivée d'une crue. Pour récupérer ces eaux de bonne qualité, 2090 puits à traction animale (khottara) ont été réalisés dans toute la palmeraie pour assurer l'irrigation permanente des jardins.

Dans la troisième étape, chaque jardin est muni d'un déversoir qui joue le rôle de trop plein pour permettre d'évacuer le surplus d'eau vers l'oued Metlili en période de crues. *Cet aménagement original assure trois fonctions à la fois: Irrigation, Recharge et Sécurité (IRS)*

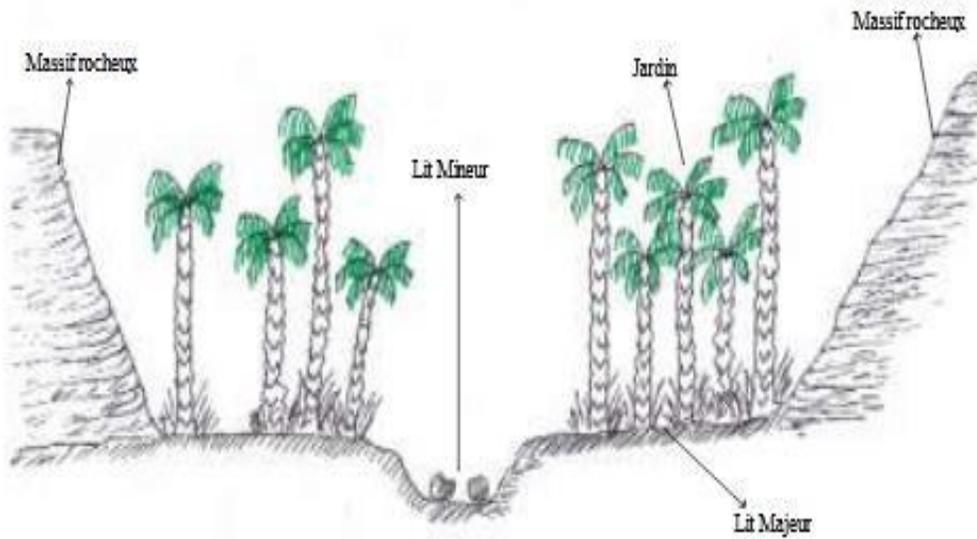


Figure III.53. Schéma d'une coupe d'oued Metlili avant l'inondation (schéma Remini, 2019)

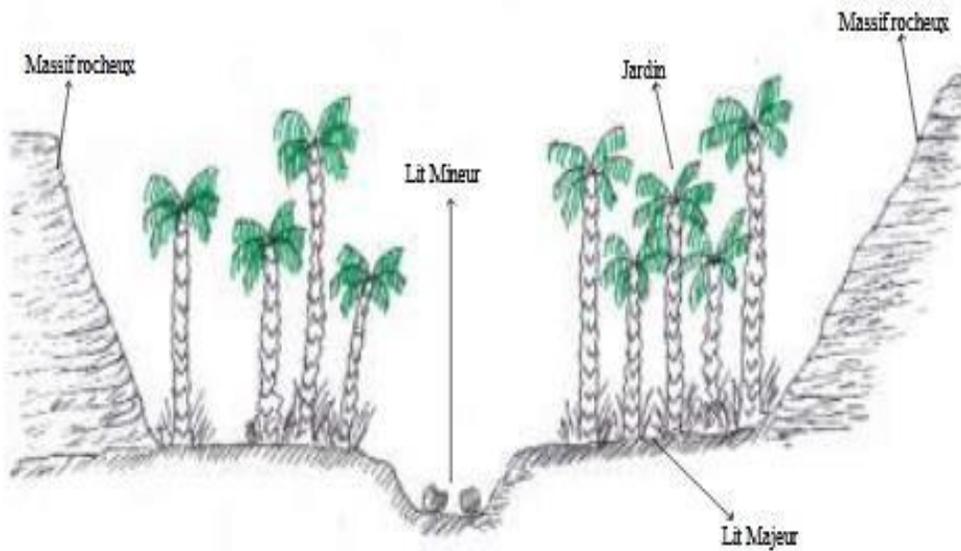


Figure III.54. Schéma d'une coupe d'oued Metlili avant l'inondation (schéma Remini, 2019)



Figure III.55. Système de partage des eaux brutes des crues dans la palmeraie de Metlili (Google Earth, Ouled Belkhir, 2019)

REMERCIEMENTS

Le présent article est l'œuvre de toute la population de Metlili. Qu'elle trouve ici mes sincères remerciements.

CONCLUSION

Comme nous l'avons mentionné au début de cet article, que l'oasis de Metlili détient un système hydraulique ancestral de partage des eaux de crues. Daté de plus de 7 siècles, l'aménagement de Metlili a été mis en œuvre pour bénéficier des eaux de crues et de minimiser les inondations. Ce méga-aménagement est composé de 24 Ahbas (barrages), de 2090 puits à traction animale, de 7km de seguia-ruelle équipées par plusieurs Koua de dimensions différentes. Un tel projet hydraulique n'est que l'œuvre d'un génie puisqu'il donne la priorité en premier lieu à l'irrigation. En deuxième lieu à la recharge artificielle de la nappe phréatique et en fin à la sécurité (vers l'oued Metlili). On a préféré lui donner le nom système IRS (Système Irrigation de la palmeraie, Recharge de la nappe et sécurité de la population). Malheureusement cet aménagement a été délaissé et se trouve aujourd'hui dans un état très dégradé.

IV.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous effectuerons la modélisation pour l'étude théorique de la configuration hydraulique, les risques et les vulnérabilités, en utilisant le programme HEC-Ras qui simule les inondations de différentes fréquences sur une vallée d'édition de gouttière et déduire les zones d'inondation et leur hauteur et vitesse d'écoulement.

IV.2. Aperçu sur le logiciel HEC-RAS

(Hydrologic Engineering Center 's River Analysis System) est un logiciel intégré pour l'analyse hydraulique qui permet de simuler les écoulements à surface libre. Il a été conçu par le Hydrologic Engineering Centre de l'U.S. Army Corps of Engineers USACE (2010a et 2010b). Il est utilisé dans plusieurs formes d'ingénierie et organismes gouvernementaux. HEC-RAS est doté d'interfaces conviviales d'édition et de paramétrage des simulations. Il peut traiter des cas complexes, et il est disponible en freeware.(Cherif & Sliman, 2015)

IV.3. Les solutions que propose HEC-RAS

Les problèmes des écoulements à surface libre permanent ou non-permanent de calcul de ligne d'eau en graduellement varié. Il résout l'équation de l'énergie unidimensionnelle, les pertes étant évaluées par la formule de frottement au fond de Manning-Strickler et par des formules de contraction/expansion de l'écoulement. Pour les situations rapidement variées telles que les ressauts hydrauliques, les écoulements à proximité des ponts, et les confluences de rivière, l'équation de l'énergie est remplacée par l'équation de quantité de mouvement. Pour les écoulements débordants, la section totale est divisée en sous-sections homogènes en termes de forme et de rugosité, et chaque débit partiel est calculé selon la «Divided Channel Method »à l'aide de la formule de Manning-Strickler

IV.4. Interface de HEC-RAS L'interface

HEC-RAS contient différentes commande et fonction, nous allons présenter ce qu'on va utiliser:

CHAPITER IV :Etude de risque

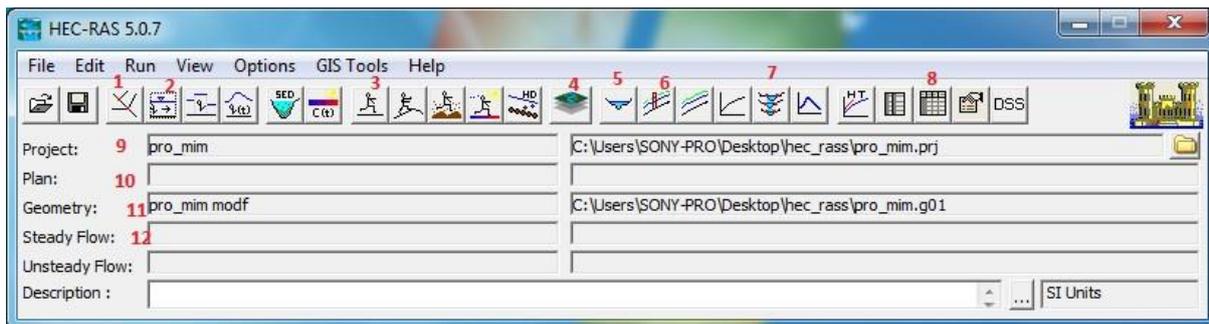


Figure IV.1 Interface de HEC-RAS 5.0.7

- **View/edit geometric Data (1):** c'est là où on visualise et faisant tous nos dessins géométriques: rivière, section en travers; les digues, ponts...etc.

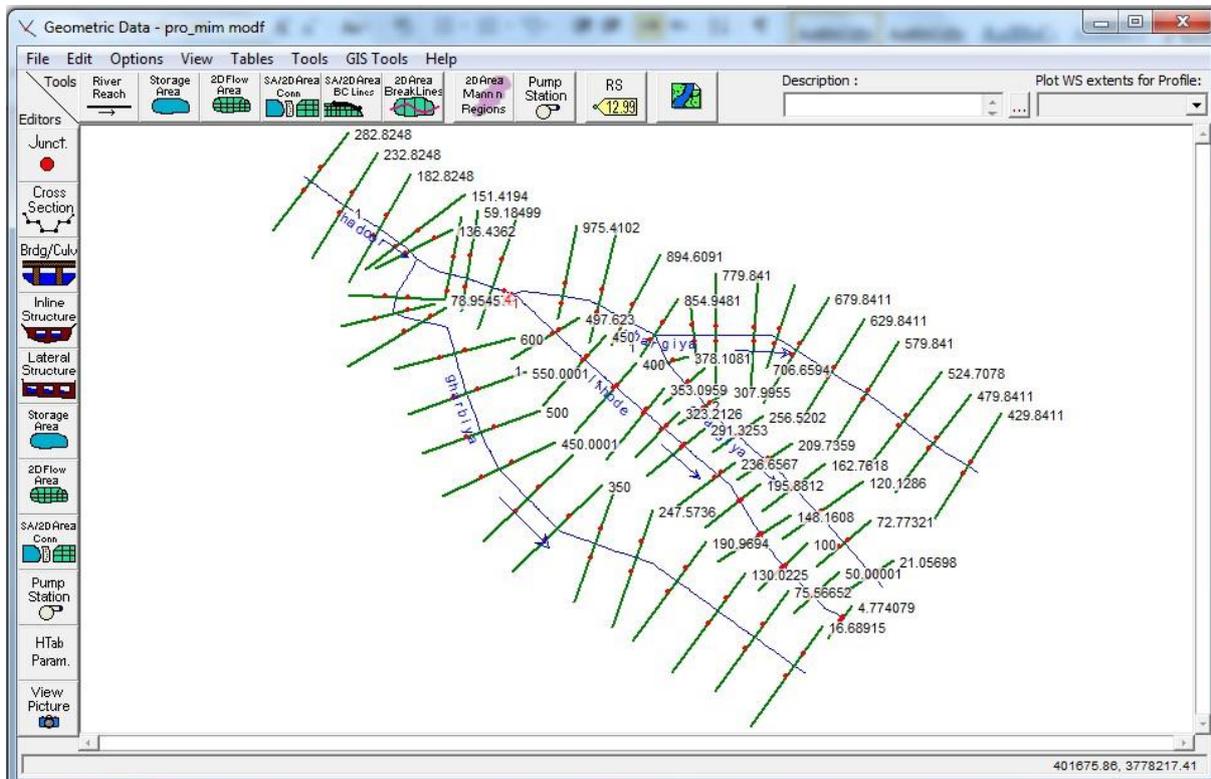


Figure IV.2 Geometric datasur HECRAS

- **view/edit steady flow data (2):**elle nous permet d'introduire les donnée hydraulique les débits et les conditions au limites.
- **Performe à steady flow analyse (3):** cette commande nous permet de lancer une simulation hydraulique d'un écoulement permanent après, bien sûr, avoir introduit les données nécessaires pour cela.
- **Ras Mapper (4):** on peut y visualiser le résultat de la simulation.
- **Cross Section (5):** Affiche toutes les sections on travers de notre projet une à une.

- **Profil (6):** montre les différents profile en long de l'oued.
- **Dmultiple cross section (7):** Visualisation des profils en 3 Dimension.
- **Summary output table (8):** il contient tout le résultat de notre simulation: débit, vitesse, surface pente, Nombre de Froude, pour chaque profil.
- **Project (9):** un ensemble de fichier permettant de simuler le comportement hydraulique d'un cours d'eau pour diverses conditions, en bref c'est le fichier général.
- **Plan (10):** c'est le fichier qui contient les plans des résultats de simulation.
- **Geometry (11):** le fichier géométrique.
- **Steady Flow (12):** fichier de l'écoulement permanent.

IV.5. Numérisation sur Google Earth

En utilisant Google Earth on n'a pu délimiter les berges de l'oued pour avoir leur position la plus précise et leur la rgeurmais en estime une marge d'erreur de $\pm 5m$. Ensuite en enregistre le travail sous l'extension .kml (Keyhole Markup Language).

IV.6. Exportation vers Arc-GIS

En convertie l'extension «.kml» en Layer grâce à l'outil que fourni Arc-GIS de conversion, puis en installe une extension de HEC-RAS sur Arc-GIS qui est HEC-Géo-RAS.



Figure IV.3 L'extension HEC-Géo-RAS sur Arc-GIS

HEC-Géo-RAS nous permet de créer des sections en travers automatiquement et de faire un traitement préliminaire des données introduit sur notre carte pour qu'à la fin en puisse importer notre travail d'Arc-GIS à HEC-RAS facilement.

IV.7. Importation de HEC-RASQ

Quand on n'a terminé d'introduire toutes les données nécessaires dans ArcGIS, en export le travail grâce à l'extension HEC-Géo-RAS

IV.7.1. Les profils en travers (Cross Section):

Les profile en travers nous permette d'avoir une vue sur la géométrie de l'Oued, mais aussi de le modifier et visualiser les résultats sur chaque section de l'Oued. Pour dessiner ou exécuter

CHAPITER IV :Etude de risque

automatiquement les profils en travers, en doit respecter six règles pour l'exécution d'une simulation:

- Il doivent être perpendiculaires aux écoulements.
- Ne jamais se croiser-Considérer toute la largeur du lit majeur.
- Décrire le profil en long-Permettre la modélisation des ouvrages hydrauliques.
- Prendre en compte les contractions et les élargissements des écoulements Dans notre cas on n'a du modifié la hauteur et la forme du Canales en conséquent en n'a fait des sorties sur terrain pour compléter les informations qu'en avait déjà acquis grâce au document fournie par l'ANRH.

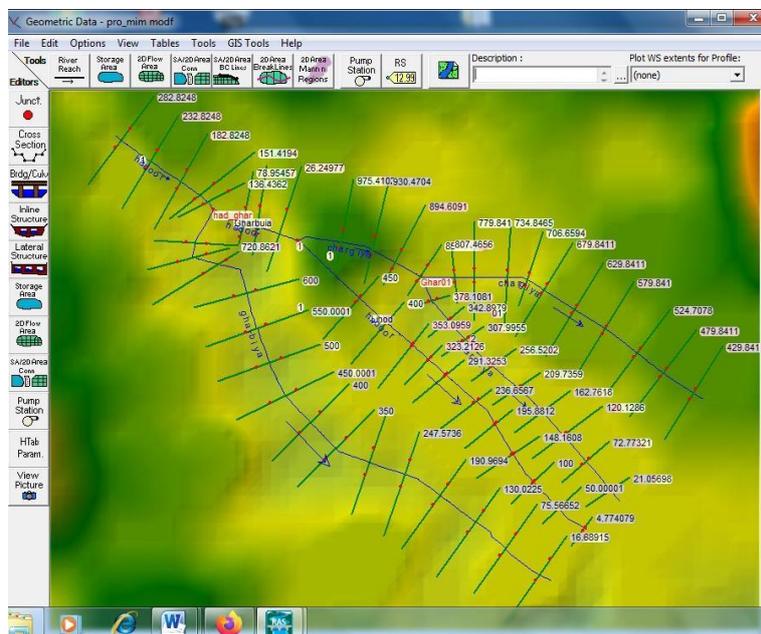


Figure IV.4 Géometric Data Préparation

IV.7.2. Géometric data préparation :

Un modèle hydraulique d'un système fluvial dépend du développement de données géométriques qui représentent avec précision la surface terrestre à modéliser. Le SIG fournit les outils pour stocker et manipuler une représentation tridimensionnelle de la surface terrestre en tant que MNT, et plus spécifiquement à HEC-Géo-RAS, en tant que TIN. À condition qu'un TIN du chenal et de la zone de plaine inondable adjacente, des ensembles de données linéaires (couvertures de ligne) peuvent être créés en fonction des caractéristiques du terrain et utilisés pour développer les composants de données HEC-RAS requis

CHAPTER IV :Etude de risque

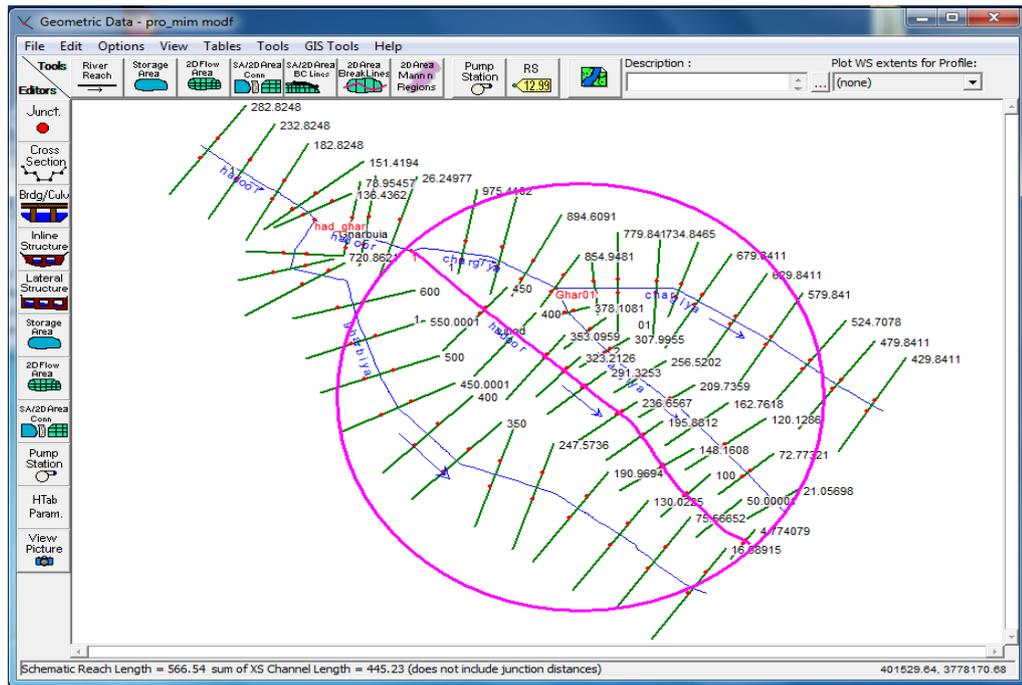


Figure IV.5 Géometric Data Preparation

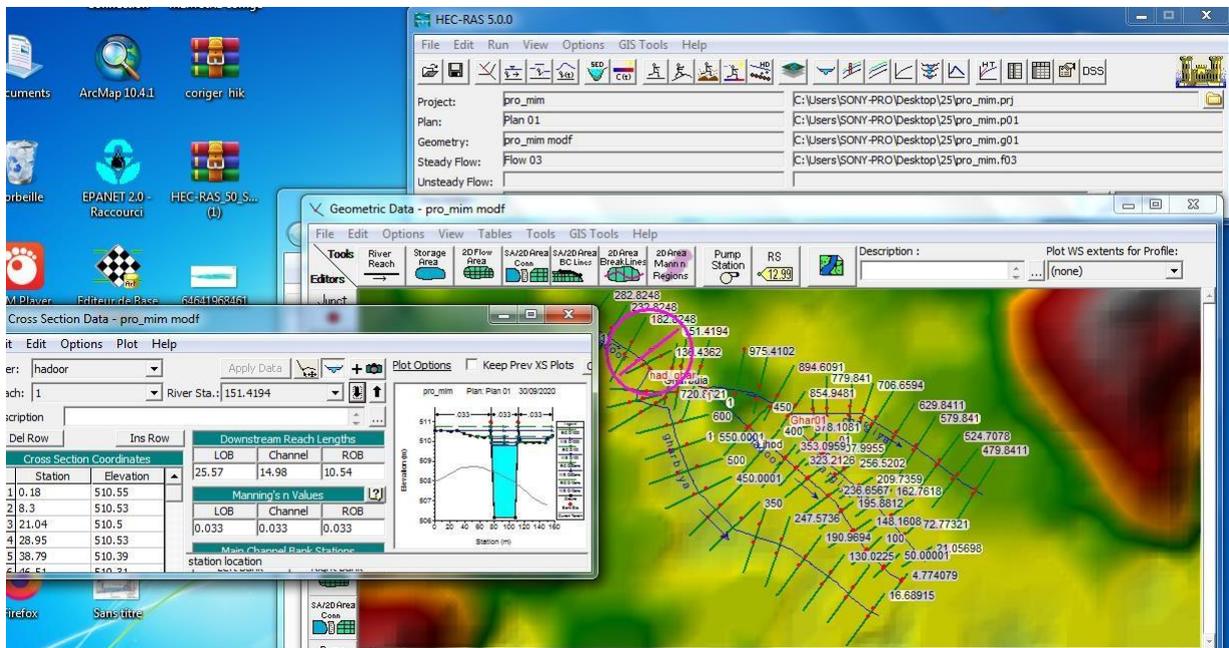


Figure IV.6 Cross Section Data

IV.7.3. Croos section :

Les données de section transversale du chenal sont utilisées dans HEC-RAS pour caractériser la capacité de charge de la rivière et de la plaine inondable adjacente. Les données de section transversale comprennent les données d'élévation de station, les stations de banc de canal principal, les longueurs de portée en aval, les coefficients de rugosité et les coefficients de contraction et d'expansion.

IV.7.3.1. Les données topographiques

Pour les données topographiques en n'a pas pu trouver de levée récente pour l'oued metlili, ni chez les bureaux d'étude priver ni publique, donc on n'a adopté une autre méthode qui est celle de la pente moyenne

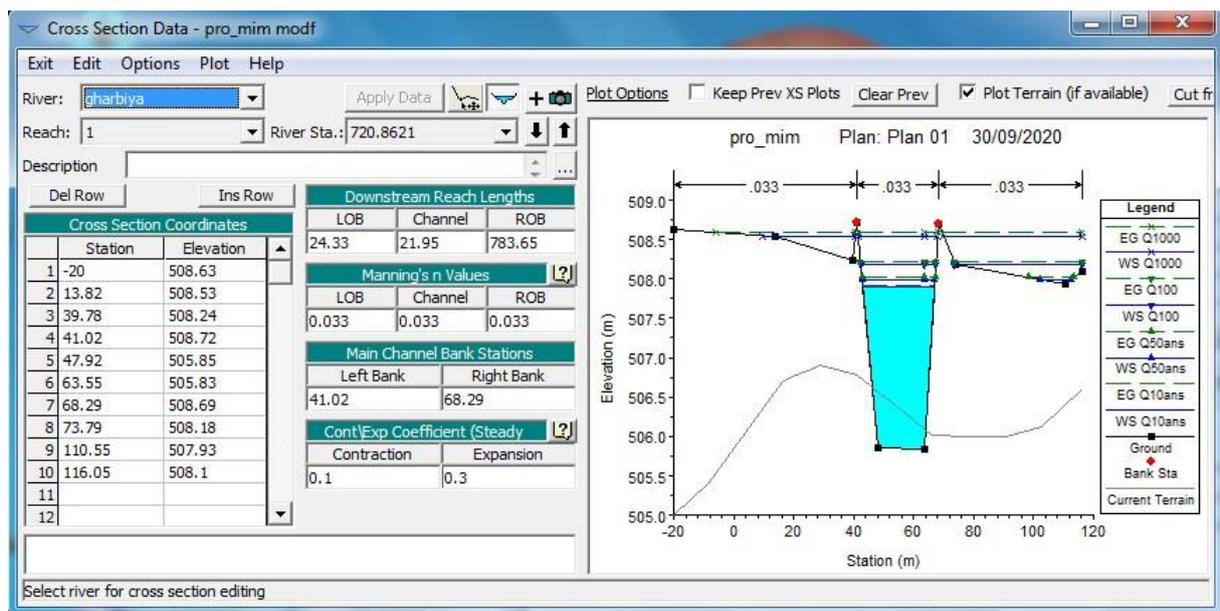


Figure IV. 7 Altitude d'un point dans le lit d'oued

Si on suppose que A est le point d'altitude de la première section et que B et un point de l'oued, la distance entre les deux est dH la différence d'altitude, donc on n'a:

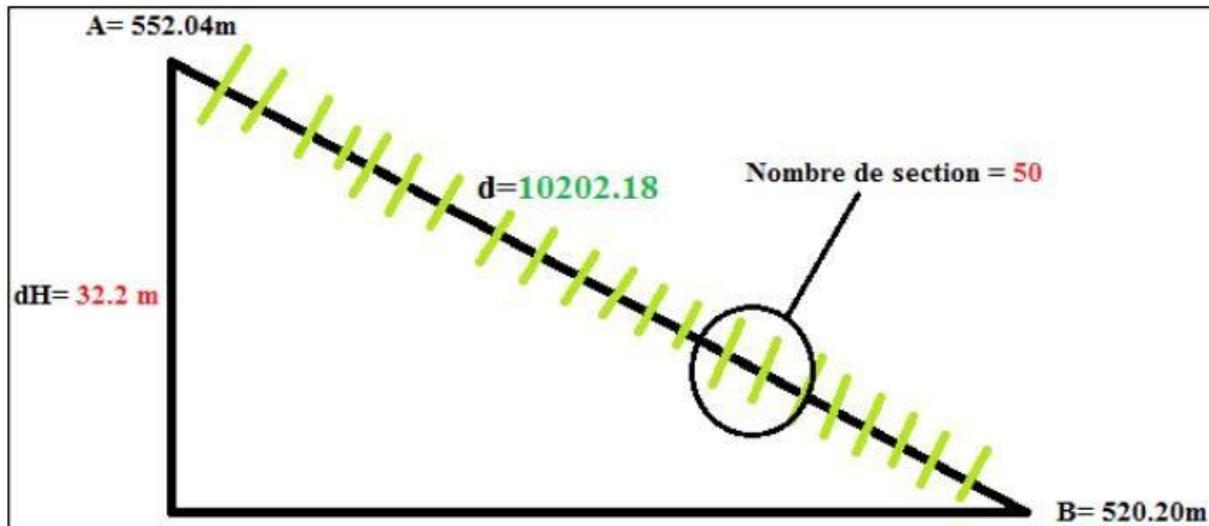


Figure IV. 8 Schéma pour le calcul de la pente

IV.7.3.2.La pente totale:

On calcule la pente totale entre les deux points:

$$I_{tot} = \frac{d}{dH} \times 100$$

IV.7.4. Paramètres hydrauliques

Après avoir configuré les paramètres géométriques et importer notre travail sur HEC-RAS, on peut maintenant introduire les données hydrauliques:

IV.7.4.1 Régime hydraulique

Le régime hydraulique est déterminant sur les résultats d'une simulation. Le choix du régime hydraulique dépend surtout de l'usage des résultats et des applications des simulations.

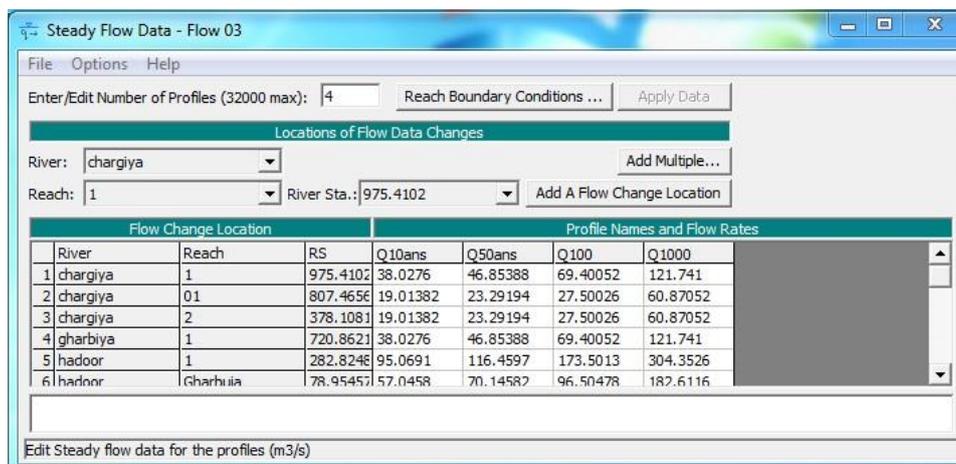
Il existe deux grands types de simulations :

les simulations en régime permanent et celles en régime transitoire. Le régime permanent ne dépend pas du temps, c'est-à-dire que les différentes variables hydrauliques sont constantes (hauteur d'eau, vitesse...). Par contre, le régime **transitoire** dépend du temps. A chaque pas de temps, un calcul hydraulique est effectué pour simuler un écoulement. Ce type de régime est très intéressant pour observer les phénomènes d'écrêtement des crues. Mais l'utilisation du régime transitoire est assez lourde et instable ce qui limite son utilisation à des modèles de petite taille ou de résolution peu précise (Cherif & Sliman, 2015). Donc nous allons, pour notre projet, choisir d'utiliser le régime **permanent** qui se justifie parfaitement pour répondre aux

objectifs de la modélisation hydrodynamique dans l'Oued metlili. Le débit utilisé dans les simulations sera le débit centennal, observé sur le tronçon étudié. L'injection de ce débit constant permettra de simuler la pointe de la crue et de produire ainsi des cartes d'inondation. Dans le modèle HEC-RAS.

IV.7.4.2 Les débits

Pour le débit, on n'a choisi d'introduire les quatre (04) périodes de retour ,1/10,1/100,1/1000,.Grace au calcul dans le chapitre précédent (Tableau III.14), on connait le débit de chaque affluent ,mais le logiciel HEC-RAS demande aussi le débit des tronçons, car quand deux affluent se rencontre ils créent un nouveau tronçon, donc pour satisfaire cette demande on fait le cumule, donc le débit de chaque tronçons est égale au cumule de ce qui lui précédent multiplier par un pourcentage de 20% (OuladBelkhir, 2015), pour tenir compte des infiltration au cour du ruissellement



Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates			
River	Reach	RS	Q10ans	Q50ans	Q100	Q1000
1 chargiya	1	975.4102	38.0276	46.85388	69.40052	121.741
2 chargiya	01	807.4656	19.01382	23.29194	27.50026	60.87052
3 chargiya	2	378.1081	19.01382	23.29194	27.50026	60.87052
4 gharbiya	1	720.8621	38.0276	46.85388	69.40052	121.741
5 hadoor	1	282.8246	95.0691	116.4597	173.5013	304.3526
6 hadoor	gharbiya	78.95457	57.0458	70.14587	96.50478	182.6116

Figure IV.9 Steady Flow Data

IV.7.5. Steady Flow data :

Les données de débit sont saisies directement dans le tableau. Utilisez le pointeur de la souris pour sélectionner la case dans laquelle entrer le flux puis saisissez la valeur souhaitée. Les données de débit sont saisies d'amont en aval pour chaque tronçon. Au moins une valeur de débit doit être saisie pour chaque tronçon du réseau fluvial.

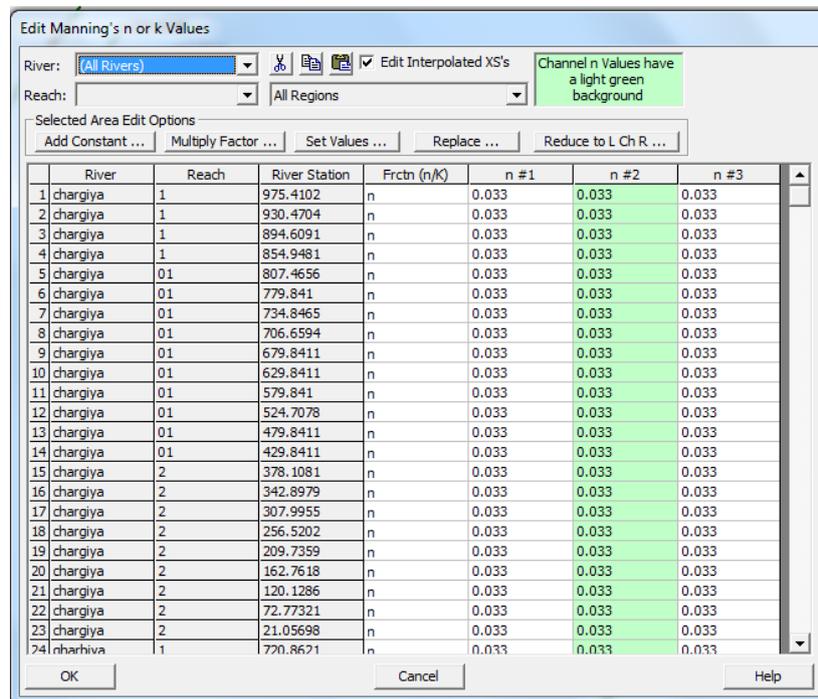


Figure IV.10 Edite Manning

IV.8.Simulation Hydraulique :

La dernière étape nécessaire le calage du plan topographique utilisé. Cliquant sur le bouton Performe a Steady Flow Simulation pour obtenir la fenêtre présentée plus bas. Le Geometry File et Steady Flow File que nous avons créés y sont indiqués. Dans le menu File, en choisissons New Plan. Lorsque requis, en entrons le titre et l'identificateur indiqué sur la figure ci-dessous. Ce premier Plan sera sauvegardé dans le fichier rivduloup.p01, Choisissez le régime d'écoulement infra critique (Subcritical) et appuyez sur Comput. Pour débiter la simulation, une fenêtre montrant la progression de la simulation s'ouvrira et les calculs s'effectueront. Lorsque le programme a terminé, nous pouvons fermer la fenêtre Hydraulique Computation, ainsi que la fenêtre Steady Flow Analysais. Nous sommes maintenant de retour à la fenêtre principale de HEC-RAS. Pour visualiser les résultats obtenus

CHAPTER IV :Etude de risque

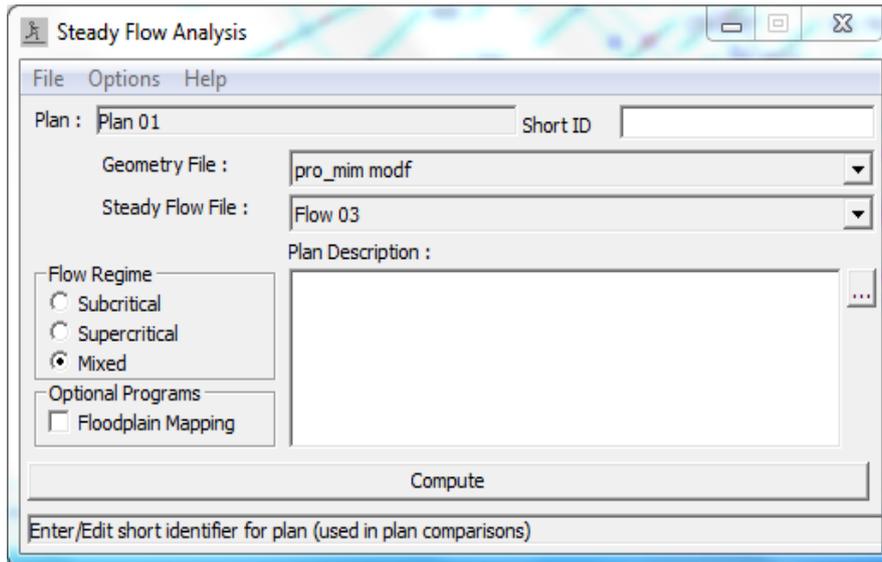


Figure IV.11 Steady Flow Analysis

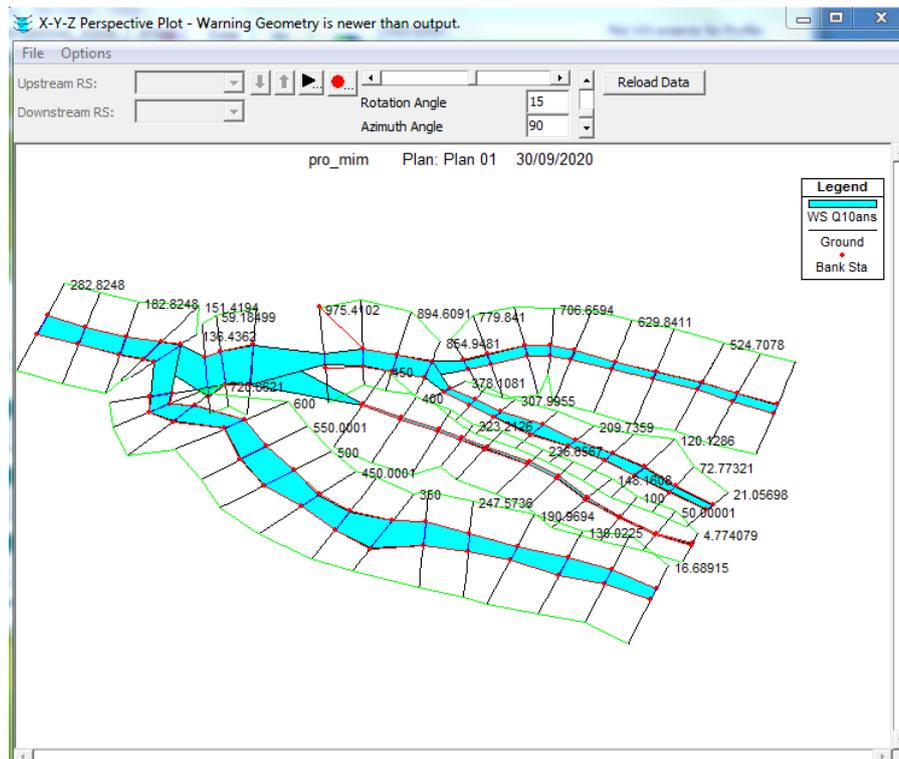


Figure IV.12 Perspectiv Plot (Q10ans)

CHAPTER IV :Etude de risque

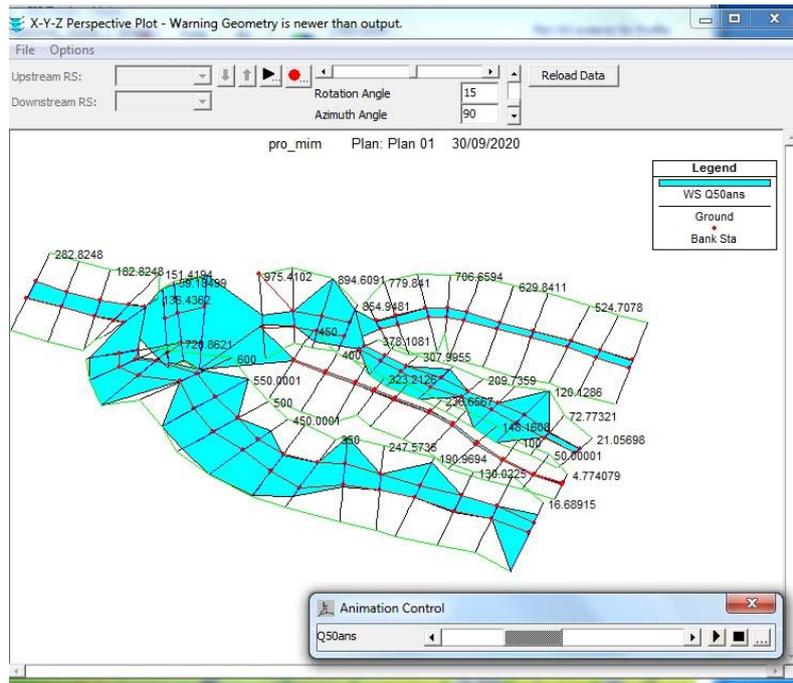


Figure IV.13 Perspectiv Plot (Q50 ans)

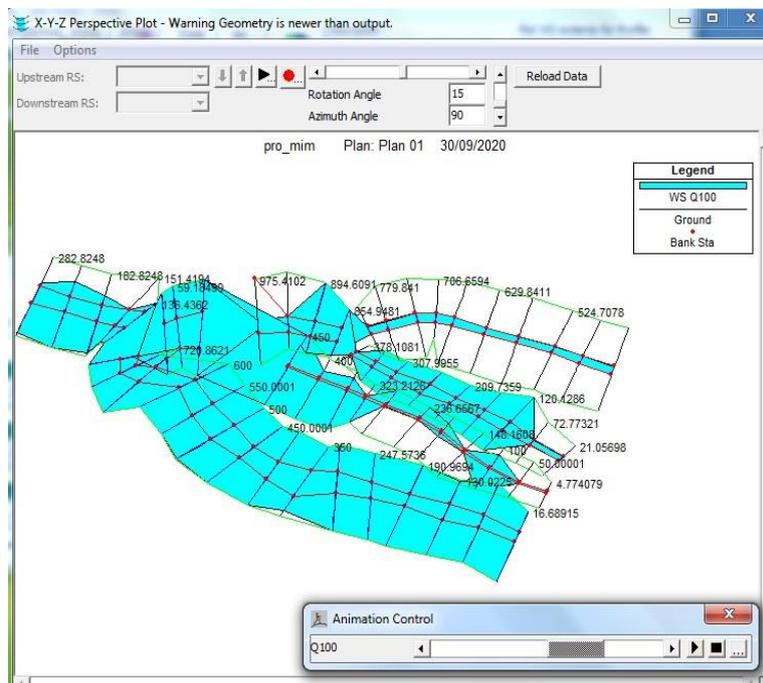


Figure IV.14 Perspectiv Plot (Q100 ans)

CHAPTER IV :Etude de risque

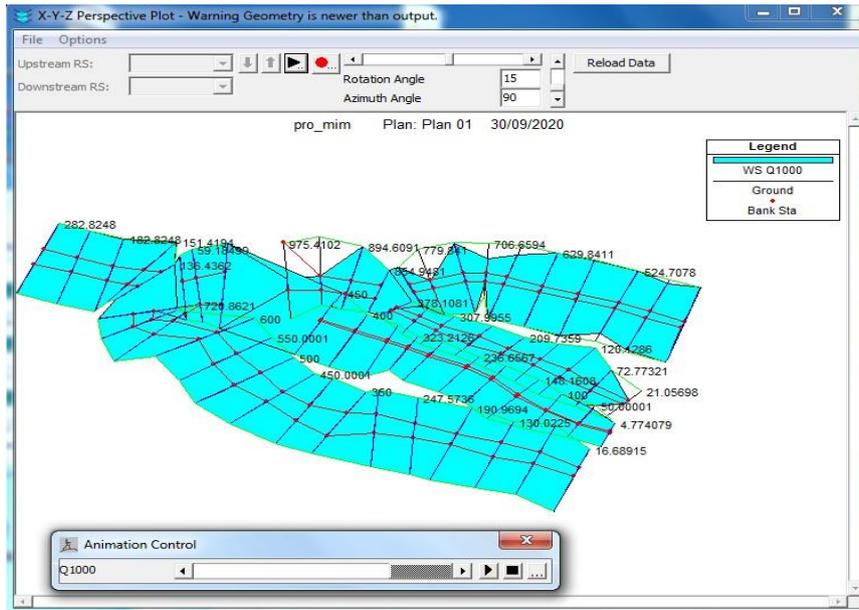


Figure IV.15 Perspectiv Plot (Q1000 ans)

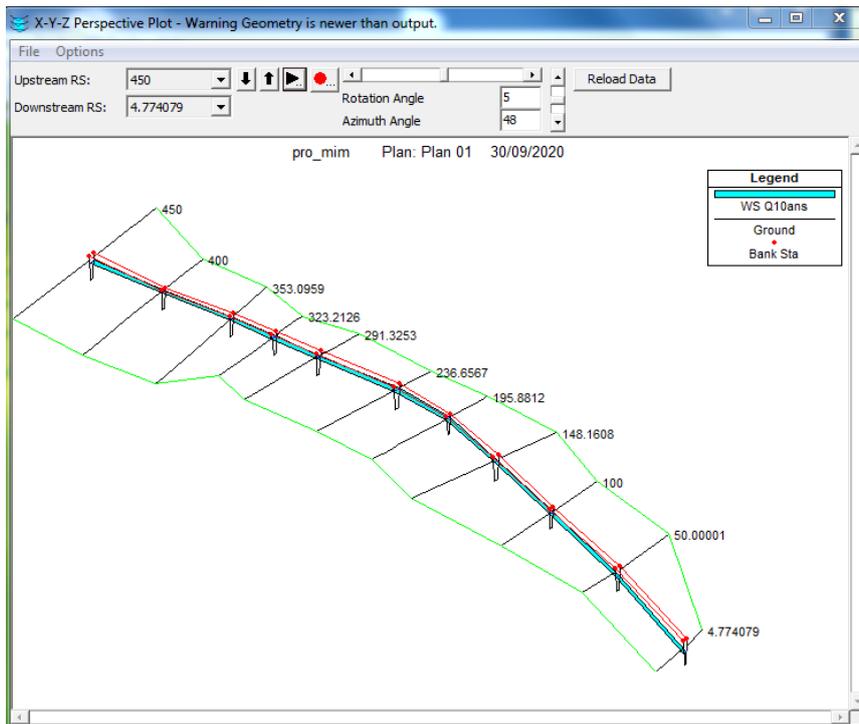


Figure IV.16 Perspectiv Plot De La zone Lihode (Q10 ans)

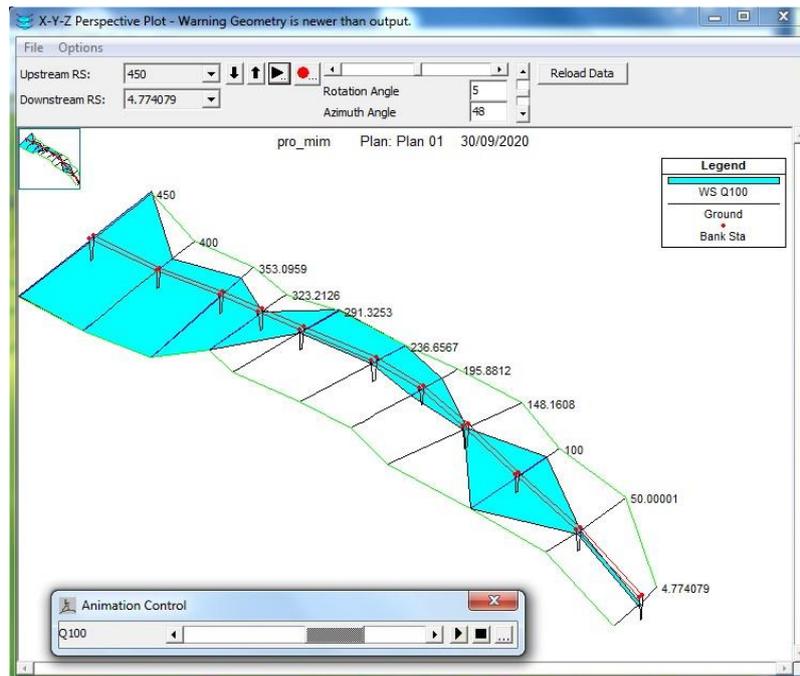


Figure IV.17 Perspectiv Plot (Q100 ans)

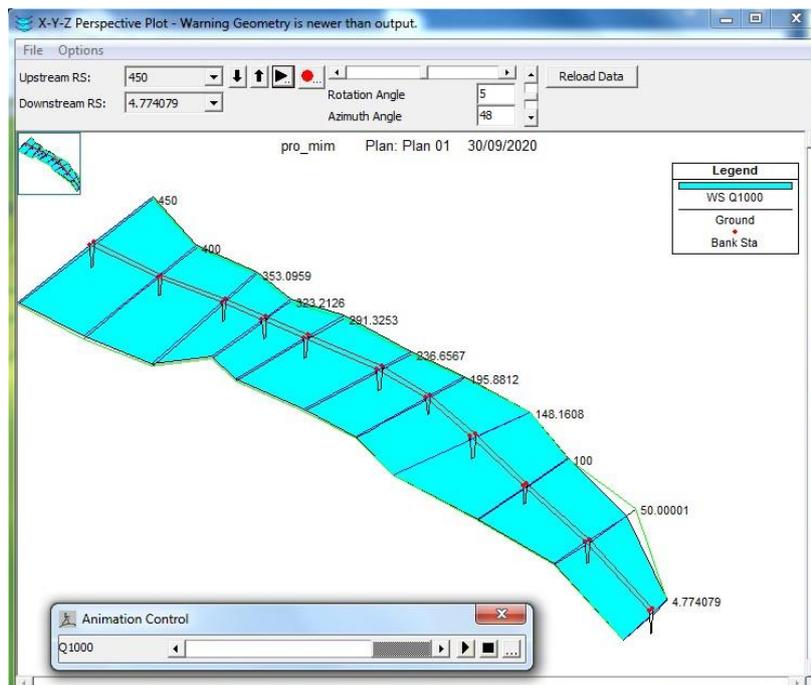


Figure IV.18 Perspectiv Plot (Q1000 ans)

IV.9.Finalisation de la carte

La dernière étape passe par l'utilisation d'un logiciel dessinateur Pour avoir la carte finale, nous avons utilisé la carte du levé topographique des deux sites à l'échelle convenable. Les fréquences des crues modélisées sont : décennales, centennale et millénaire.

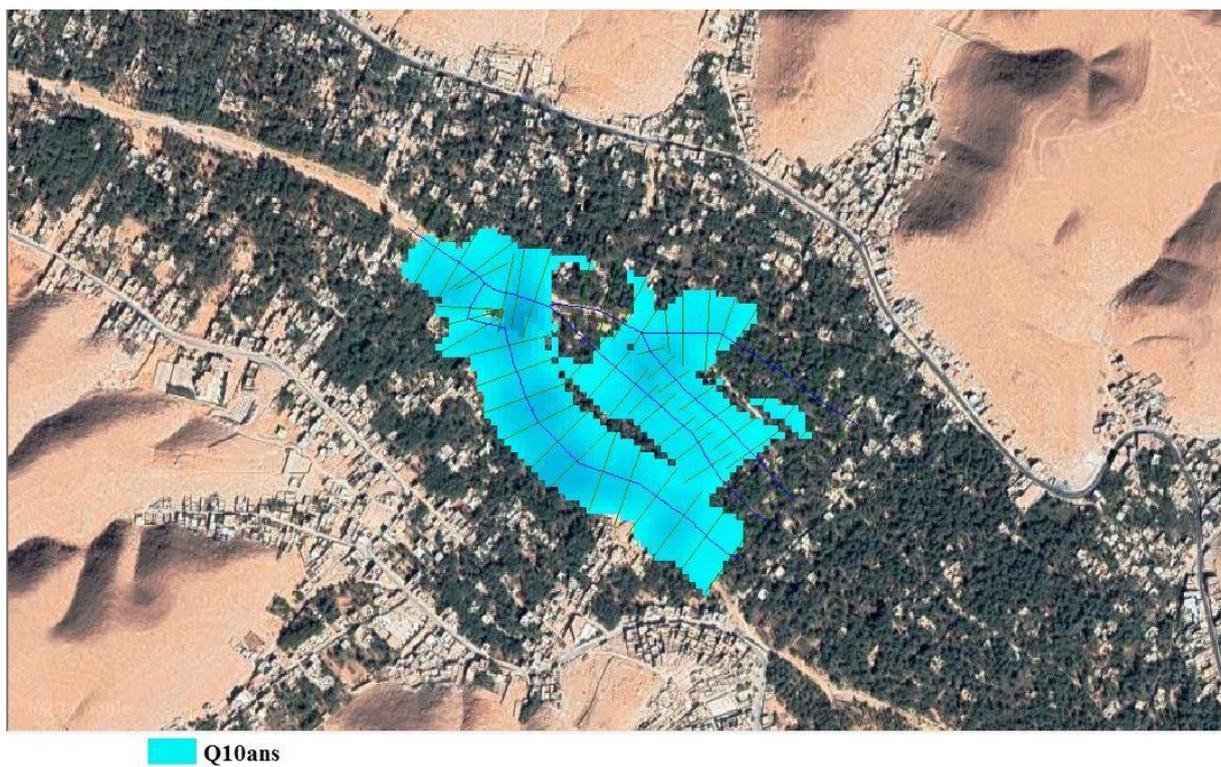


Figure IV.19 Zone inondable de Q fréquence décennale



Figure IV.20 Zone inondable de Q fréquence centennale

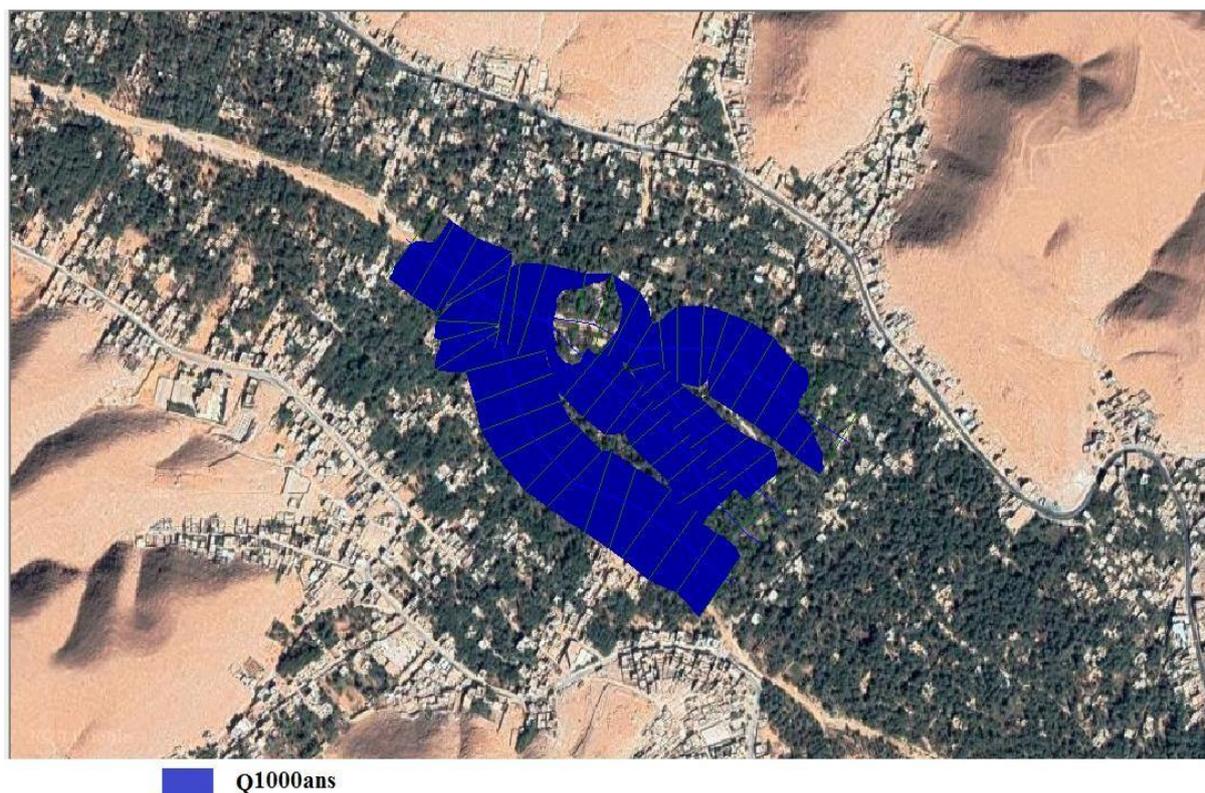


Figure IV.21 Zone inondable de Q fréquence milléniale

IV.10. Conclusion

À la fin de ce chapitre, il conclut que la vallée de Mitili dans la région de Haddour peut généralement protéger l'oasis et l'urbanisation adjacentes aux inondations grâce à un système de partage des inondations hydrauliques grands-parents et nous avons cherché dans ce chapitre grâce au programme HEC - Ras pour simuler Les débits dans zone l'étude afin de créer système hydraulique ancestral de partage des eaux de crues idéal afin de se protéger contre les dangers des inondations sur l'oasis de Metelli et l'urbanisation adjacente à elle dans la zone de la priorité Haddour principalement d'irriguer idéalement pour la deuxième oasis pour la recharge de la deuxième recharge artificielle des eaux souterraines.

Conclusion générale

L'objectif principal de cette étude consistait à approfondir les connaissances sur le régime hydrologique du metlili et déterminer l'impact des ouvrages amont sur ce régime.

L'étude climatologique a permis de conclure que la période pluvieuse sur le metlili va d'octobre à avril, avec quelques pluies d'intensité supérieure à 5 mm/24h qui sont favorables de déclencher des ruissellements.

Les pluies journalières de hauteurs supérieures ou égales respectivement à 5 mm, 10 mm et 25 mm représentent respectivement 62 %, 39 % et 14 % du total annuel. Les hauteurs de pluies journalières du Metlili de fréquence décennale, centennale et millénaire ont été évaluées respectivement à 54.8mm, 70mm et 120mm.

L'étude hydrologique descriptive pour l'ensemble de sous- bassins du metlili, a permis de déciller les valeurs caractéristiques conduisant aux grandeurs de crue de différentes fréquences l'étude hydrologique du metlili a permis d'établir des lois reliant les temps de montée et de base de la crue centennale à la superficie et à la classe de relief.

Elle a également fixé des relations entre le coefficient de ruissellement, la perméabilité du bassin et la classe de relief pour différentes pluies. Ces relations ont permis d'établir pour les bassins versants du metlili des hydro grammes de crue de diverses fréquences.

Les crues importantes se produisent le plus fréquemment de mars à mai et de septembre à décembre, disons au printemps et à l'automne. Ainsi, elles peuvent intervenir en tout mois de l'année.

Bibliographies

Bibliographies

D.P.A.T .,2009., Direction planning d'aménagement territoire

ACHOUR M.et OUISSI SEKOUTI, B.2003,«Etude hydrologique de la nappe phréatique de la vallée de Metlili -Ghardaïa».

BAHAZ H, 2013.,La cartographie piézométrique et hydro chimique de la nappe phréatique de la vallée de Metlili. Mémoire Mastr. Hydro. Université Ghardaïa.

B.N.D.R, 2013.,Etude de faisabilité technico économique de mise en valeur des terres par la concession: Périmètre oued Metlili(52 ha) dans la commune da Metlili.

Ben semaoune, 2007.,les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatial: contribution à l'étude à la mise en place d'un schéma d'aménagement de gestion de l'espace (S.A.G.E) cas de la région de Ghardaïa ,Ouargla 96p.

A.N.R.H., 2007. Rapport sur l'hydrologie de Ghardaïa 22p.

O.N.M. (2018). Données climatique de 1997-2016.Ghardaia: Office National de la Météorologie. Ghardaïa.

Dubief, J. 1953, « Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara ». Edition : service des études scientifiques, Alger.

Monchalín, P. (2016). La mesure du vent. Récupéré sur Derivoile.fr:
<http://derivoile.fr/theorie-meteo-mesureduvent.htm>.

OuladBelkhir. (2015). Aspect hydro climatique du M'Zab. Ghardaïa: Oulad Belkhir Chiek.

D.S.A, 2005, rapport sur oued Metlili wilaya de Ghardaïa.

SARL NILS : etude aménagement des abbas a oued metlili quartier si lakehal commune de metlili.

REMINI B, OULED BELKHIR C.(Larhyss Journal,2019) : the ancestral water sharing system of the oasis of metlili.

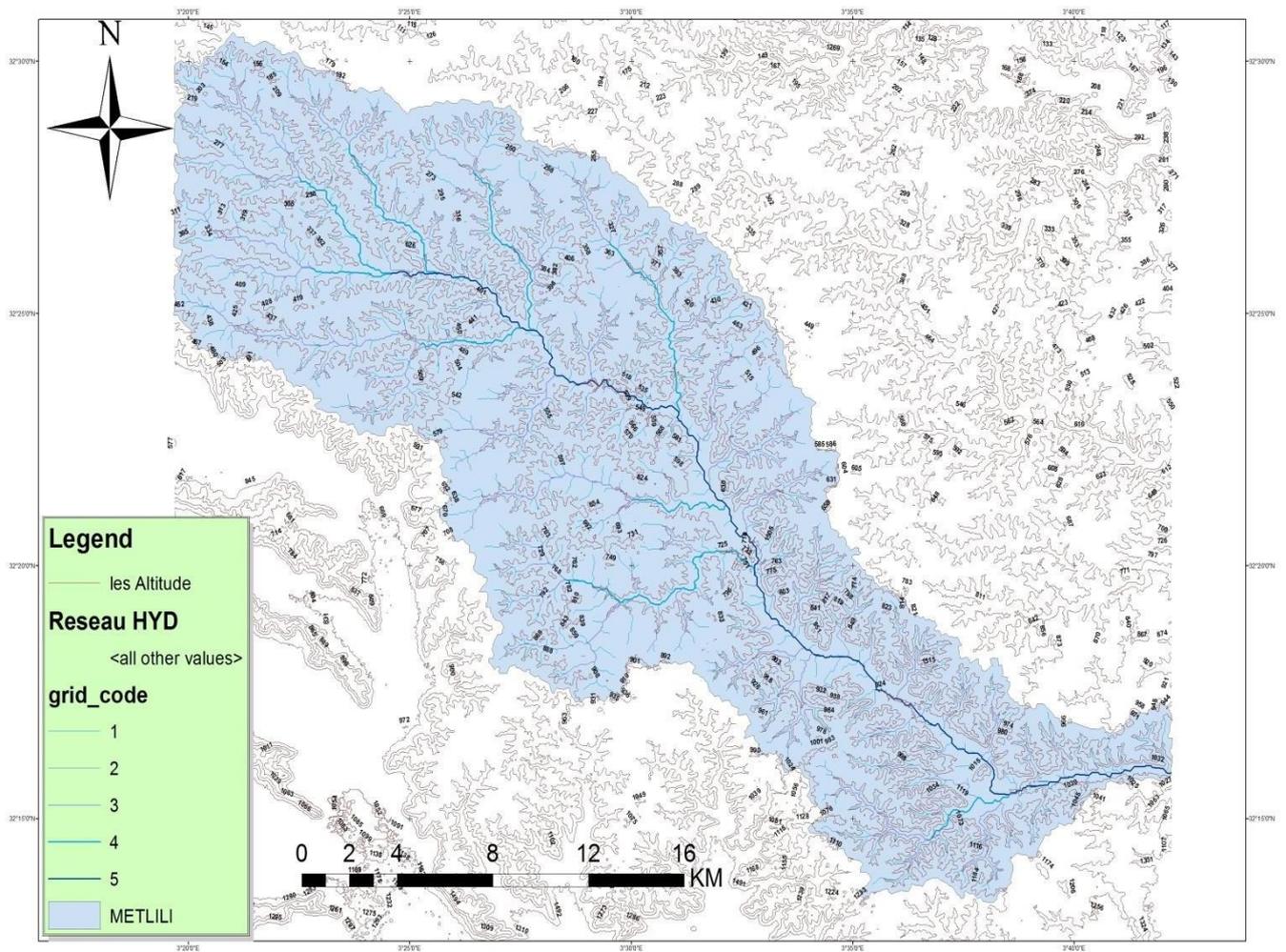
Cherif, M., & Sliman, T. (2015). Analyse statistique des pluies et synthèse cartographique des zones inondable d'une zone aride (cas de la région de Ghardaïa).

ANNAXE

ANNAXE

ANNAXE

ANNAXE A

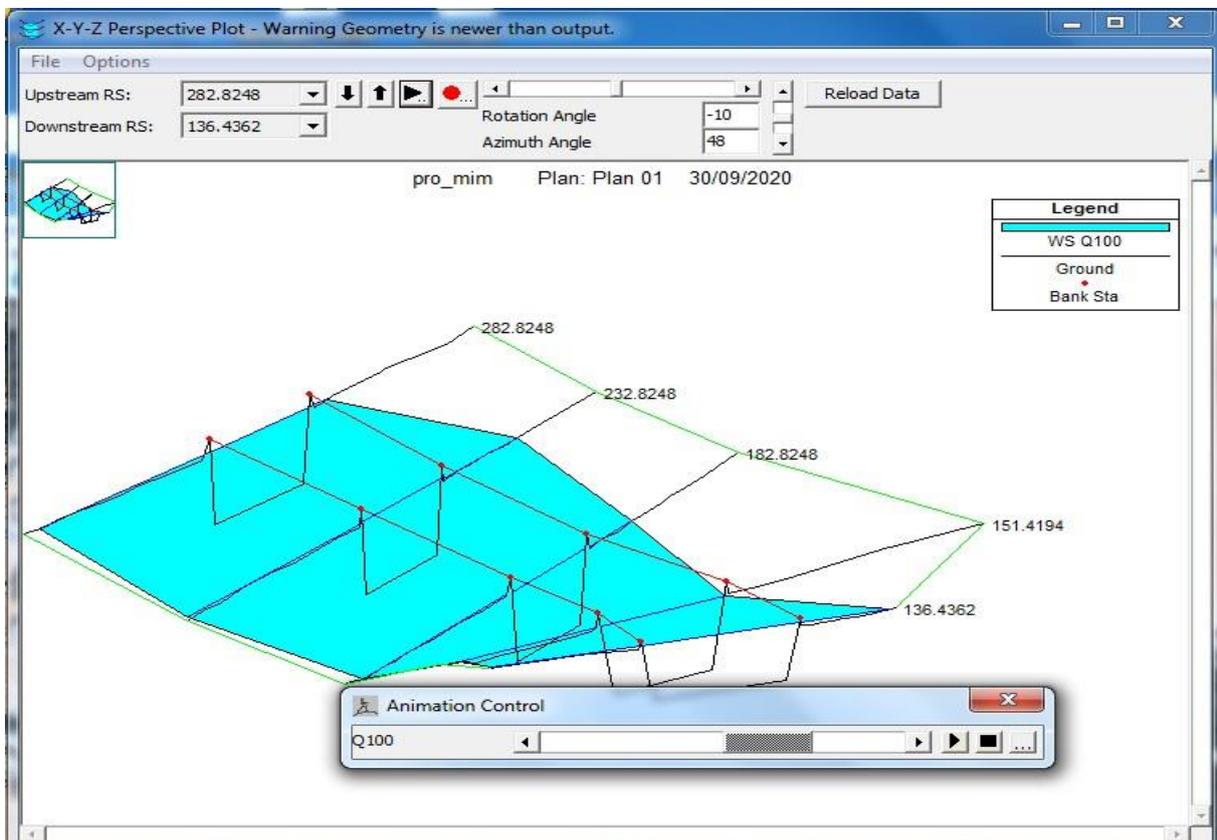
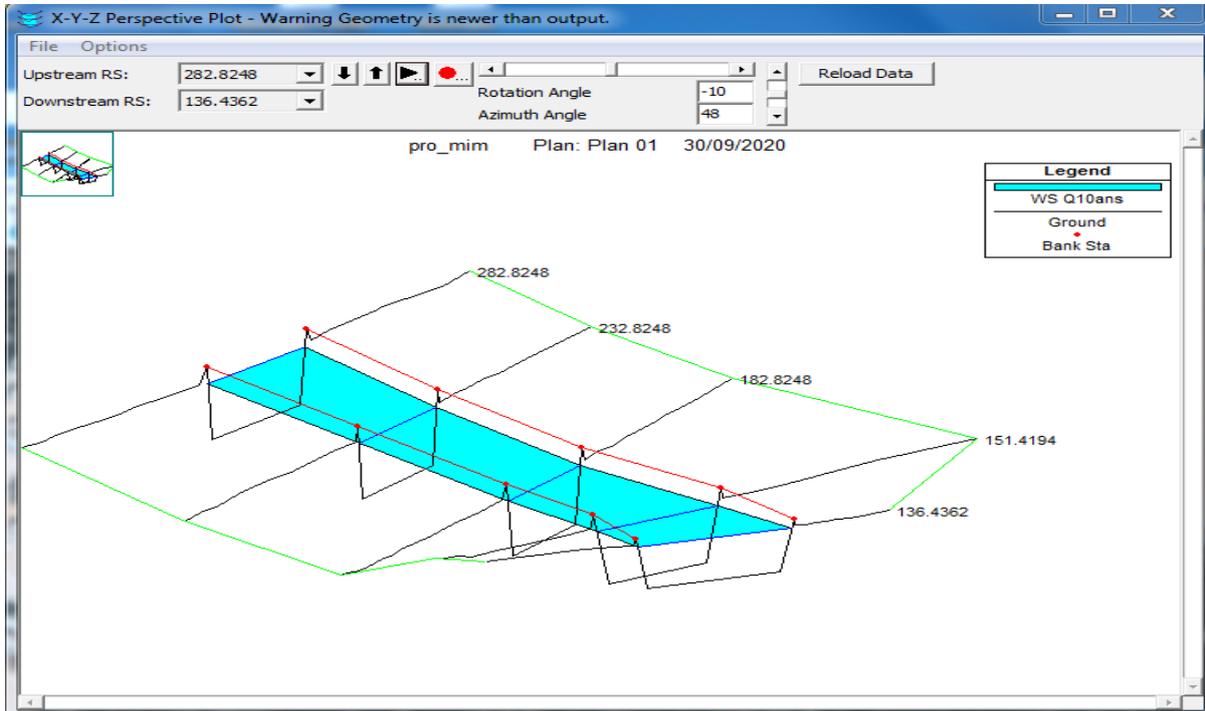


Carte des pentes du bassin versant de Oued Metlili

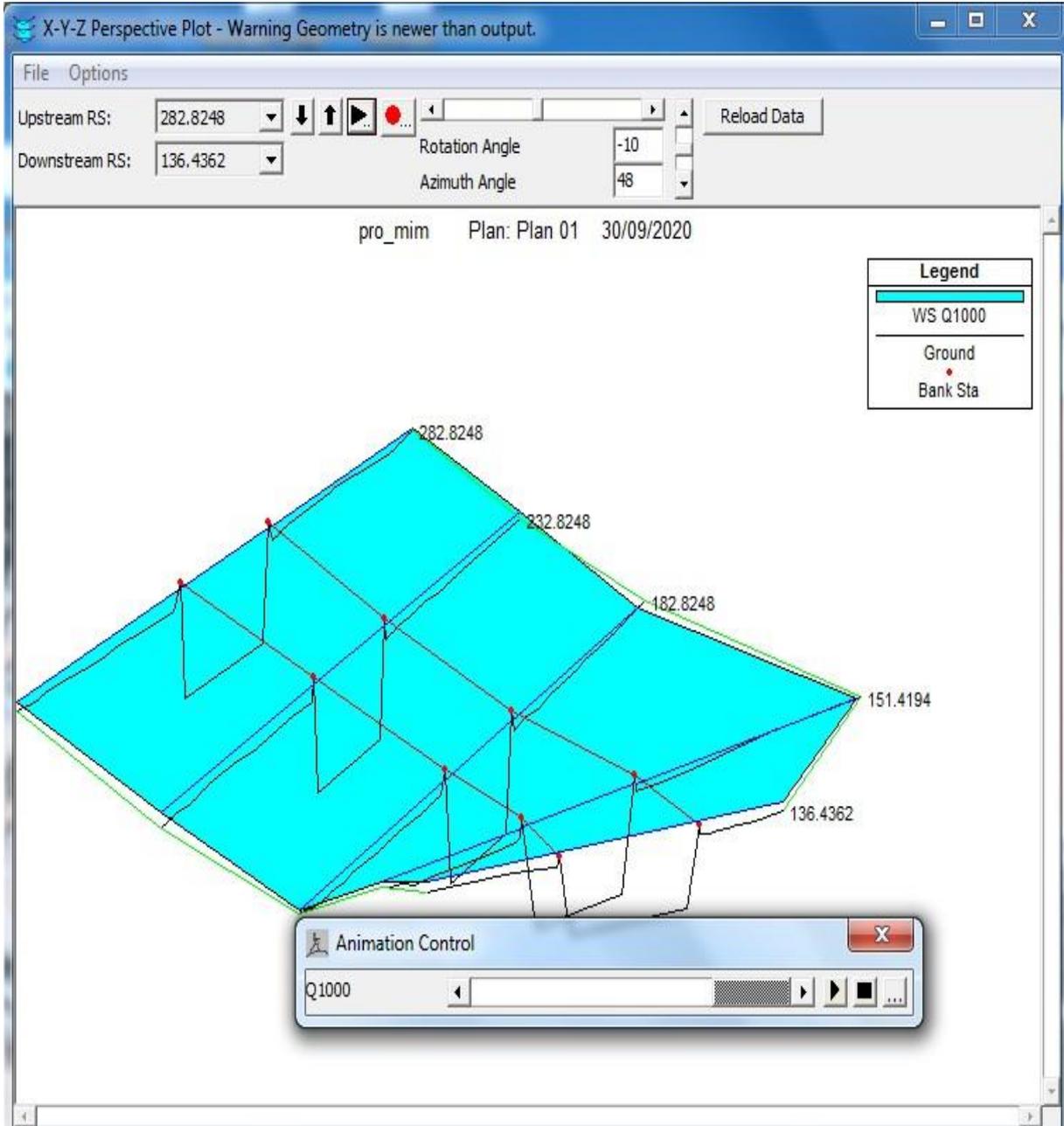
ANNAXE

ANNAXE C

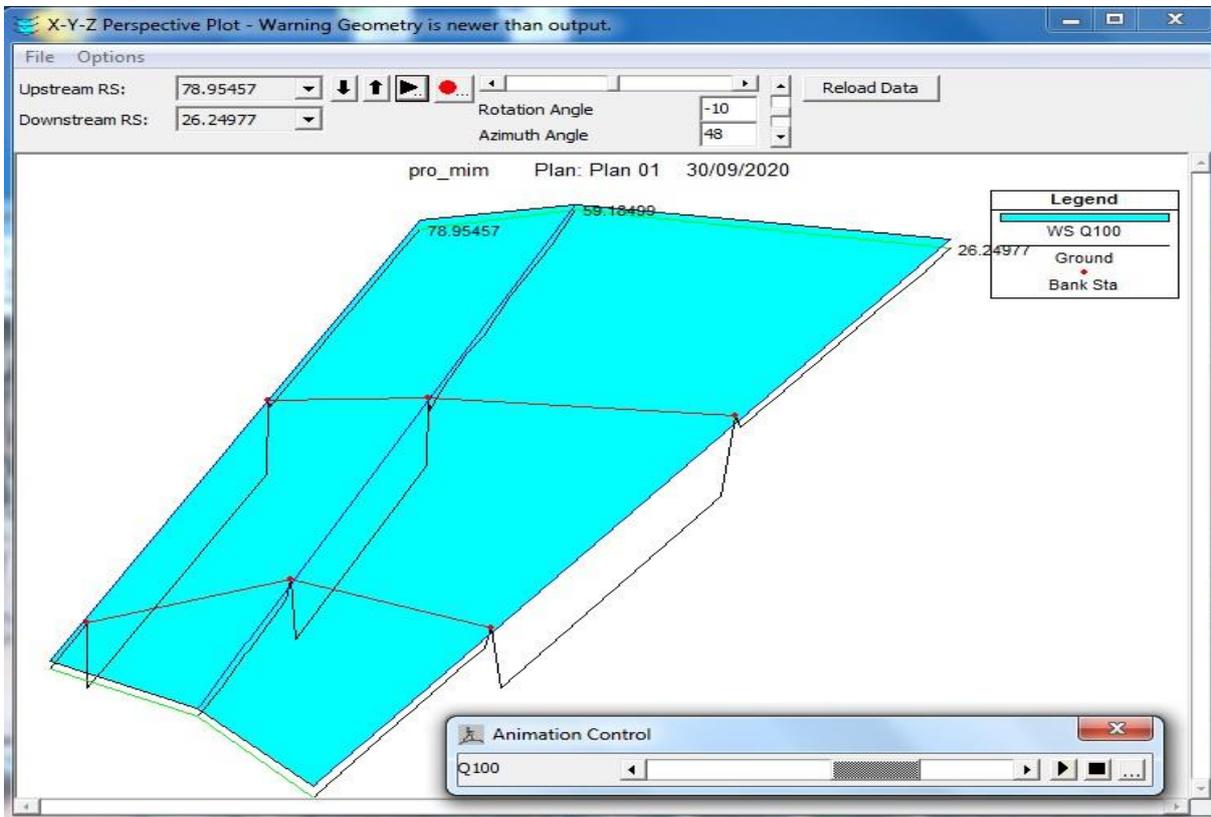
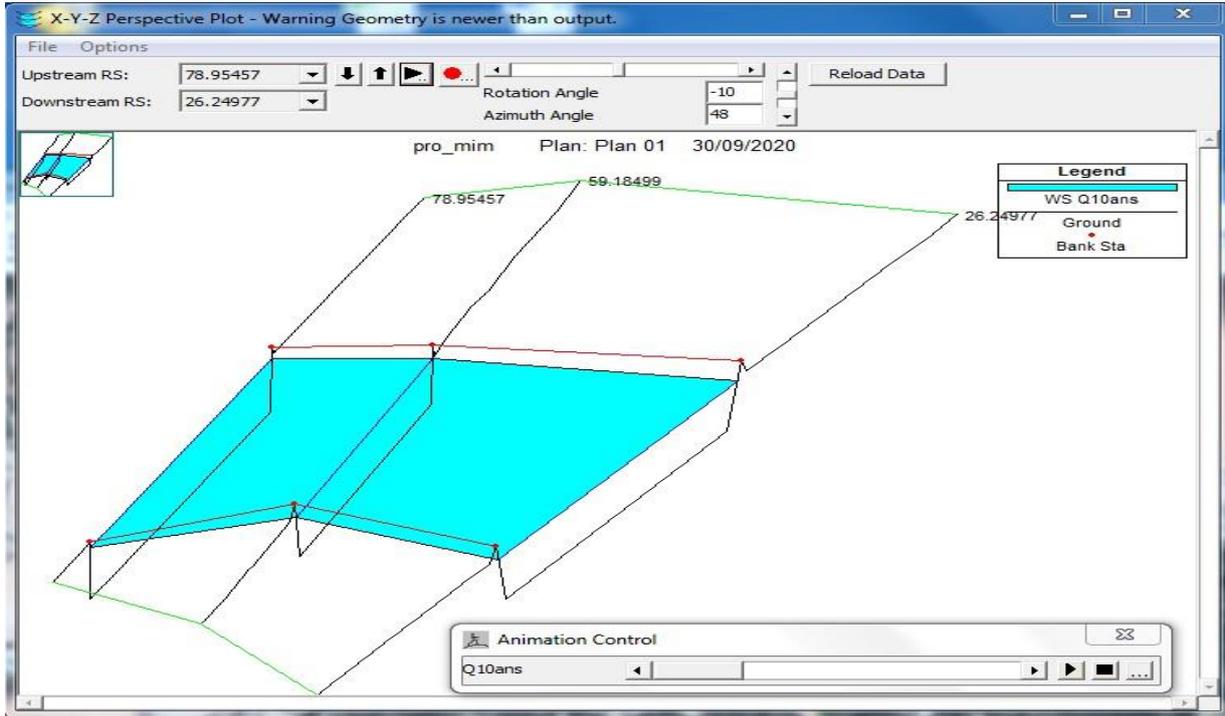
Perspectiv Plot De digue centrale contournant le palmier de Si Lakehal.



ANNAXE



ANNAXE



ANNAXE

