

**Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention du
Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie rural**

**Analyse du fonctionnement hydraulique du
système Merja- Réseau d'assainissement de la
zone côtière du Gharb**

Présenté et soutenu publiquement par :

KACHA Anas

Devant le JURY composé de :

Pr. HAMMANI Ali	Président	IAV HASSAN II
Pr. KUPER Marcel	Rapporteur	IAV HASSAN II
Dr. TAKY Abdelilah	Co-rapporteur	ORMVAG
Pr. Tachallait	Examineur	IAV HASSAN II
MORCHID Abdelouahed	Examineur	ORMVAG

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à

Mes parents et ma famille,

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

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

Merci d'être toujours là pour moi, †◊|⊞ξ◊†

A ma chère sœur Kaoutar et mon cher frère Amine

En souvenir d'une enfance dont nous avons partagé les meilleurs et plus agréables moments. Pour toute la complicité et l'entente qui nous unissent,

A Ma chère grand-mère

Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que Dieu vous préserve santé et longue vie.

A mon cher oncle KACHA Lhou

Vous avez de près ou de loin contribué à ma formation, par votre présence et soutien permanents.

A Mes amis de toujours :

Walid, Amine, Adam, Sara, Kawtar, Mehdi. Oussama, Alae, Ouissal, Moumen, Khalifa, Abdelhay.

Ce bout de chemin avec vous était un véritable plaisir. En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

Remerciements

Au terme de ce travail, il m'est agréable d'adresser quelques expressions de remerciement et de reconnaissance à toute personne, dont l'intervention au cours de ce projet a favorisé son aboutissement.

Je profite de ce rapport pour remercier énormément Pr. KUPER Marcel professeur d'enseignement supérieur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II pour ses encouragements constants, ses conseils précieux, sa disponibilité sans bornes, ses idées toujours constructives et sa sensibilisation à l'importance de la communication scientifique et humaine. Je tiens aussi à le remercier chaleureusement pour la confiance qu'il m'a accordée en ma capacité à mener ce travail à terme.

Je tiens tout particulièrement à remercier Dr. TAKY Abdelilah mon Co-encadrant, d'avoir accepté d'encadrer et de diriger ce travail, d'avoir été disponible tout au long de ma période de stage et de m'avoir facilité la tâche pour entreprendre mon travail et le tout dans la bonne humeur. Aucun mot ne saurait exprimer ma très haute considération et ma grande admiration pour son ardeur au travail.

Je tiens également à remercier Pr. HAMMANI Ali, président du jury, ainsi que tous les membres, qui m'ont fait l'honneur d'accepter de juger mon travail et sans doute de l'améliorer.

Mes remerciements sont adressés à Monsieur le Directeur de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb ainsi que tout le personnel de l'ORMVAG.

Remerciements spéciaux à M. KABBASSI Chef d'Arrondissement de Gestion des Réseaux d'Allal Tazi.

Je dois aussi un profond remerciement à tout le corps professoral du Département Eau, Environnement et Infrastructures de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, pour la qualité de formation qu'il m'a prodigué, et à tout le personnel de ce département.

Je remercie également Mr. M. MORCHID Abdelouahed qui a accepté d'examiner et de porter son jugement sur ce travail.

Je remercie aussi les agriculteurs de la zone côtière du Gharb pour leur disponibilité, leur aide ainsi et leur accueil chaleureux ainsi que tous les agents de terrain qui m'ont offert de leurs temps pour mener ce travail dans de bonnes conditions.

Que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail trouvent l'expression de mes remerciements les plus chaleureux.

Résumé

La zone côtière du Gharb est caractérisée par une situation de contraste climatique de sécheresse et d'inondations. Cette zone n'a pas fait l'objet, à ce jour, d'un aménagement hydroagricole classique mais on peut parler d'un aménagement empirique, surtout d'un vaste réseau de drainage et d'assainissement. Ces aménagements ont concerné les réalisations des travaux de recalibrage et de rectifications des lits des Oueds afin de lutter contre le risque d'inondation, et de séchage des terres inondables ou Merjas au profit des exploitations agricoles. Les dernières crues de 2009/2010 ont constitué un tournant décisif dans la nécessité d'une meilleure compréhension du fonctionnement hydrologique des bassins versants de la zone d'étude.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail qui constitue un premier d'une analyse de données qui pourra aider à bâtir une fondation solide pour les aménagements à venir. D'une part, ce travail consiste à l'élaboration, à partir du traitement des modèles numériques de terrain, des données spatialisées permettant de déterminer la répartition spatiale des sous bassins versants de la zone côtière. D'autre part, il étudie le phénomène de pompage privé qui a lieu autour des canaux d'assainissement de la zone. Notre étude a pu dans un premier temps montrer que, la zone côtière est répartie en huit sous bassins versants. L'accent a été mis sur le premier sous bassin versant Mda-Madagh. Celui-ci présente les côtes les plus basses de la zone d'étude, draine une surface de 78.000 hectares et fait face au risque le plus élevé d'inondations. De plus, il a été l'objet d'une étude de pompage privé depuis les émissaires qui drainent ce bassin.

Ce phénomène -bien qu'informel- mérite une analyse approfondie, afin de comprendre la relation liant ces systèmes artificiels et les agriculteurs installés au niveau de ce sous bassin versant. L'étude de pompage privé a été effectuée à l'aide d'un travail d'enquêtes établies auprès des agriculteurs pompant depuis les canaux d'assainissement. La caractérisation de ces exploitations, du matériel de pompage, des prélèvements effectués et leurs fréquences, les risques et dégâts d'inondations présents, ont constitué la base de nos questionnaires. D'après ces enquêtes, il a été relevé que le comportement des agriculteurs diffère selon l'origine, la situation géographique du canal et le risque d'inondations qu'il présente.

Afin d'approfondir la compréhension du système dynamique Merjas-Réseau d'assainissement, ce travail peut servir de base pour le développement des modèles hydrologique des bassins versants de la zone côtière du Gharb et pour une meilleure connaissance du facteur humain.

Abstract

The coastal area of Gharb is characterized by a climate-contrasting situation of drought and floods, which necessitates water development that takes into account both irrigation and drainage-sanitation. This zone has not been the subject of conventional hydroagricultural development to date, but we can speak of an empirical development, especially of vast network of drainage and sanitation. These developments concerned the realization of the recalibration and rectification of the Oueds beds in order to fight against the risk of flooding, and drying of the flood lands or Merjas for the benefit of farms. The last floods of 2009/2010 were a decisive turning point in the need for a better understanding of the hydrological functioning of the watersheds in the study area.

It is in this context that the present work is part of, a data analysis that can help build a solid foundation for future development. On the one hand, this work involves the development, from the processing of digital terrain models, of spatialized data to determine the spatial distribution of sub-watersheds in the coastal zone. On the other hand, he studies the phenomenon of private pumping that takes place around the sanitation channels of the area. Our study was initially able to show that the coastal zone is divided into eight sub-watersheds. The focus was on the first watershed called Mda-Madagh. It has the lowest coastline in the study area, covers an area of 78,000 hectares and faces the highest risk of flooding. In addition, it has been the subject of a private pumping study since emissaries draining this basin.

This phenomenon - although informal - deserves an in-depth analysis, in order to understand the relationship between these artificial systems and the farmers installed in this sub-watershed. The private pumping study was conducted using survey work from pumping farmers from the sanitation channels. The characterization of these farms, the pumping equipment, the samples taken and their frequencies, the risks and damage of floods present, formed the basis of our surveys. According to these surveys, it has been noted that farmers behavior differs according to the origin of the channel, its geographical location and the risk of flooding.

In order to deepen the understanding of the Merjas-sanitation system, this work can serve as a basis for the development of hydrological models of watersheds in the coastal zone of Gharb and for a better knowledge of the human factor.

Sommaire

<i>Dédicaces</i>	1
<i>Remerciements</i>	3
Résumé	Erreur ! Signet non défini.
Acronymes	13
Introduction	14
Partie I REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	16
Chapitre 1. CADRE GENERAL	17
1.1 Présentation de la plaine du Gharb	17
1.2 Découpage administratif	18
1.3 Climat	18
1.4 Pluviométrie	18
1.5 Température	18
1.6 Pédologie	19
1.7 Cadre géomorphologique de la plaine du Gharb	20
1.7.1 Morpho-structure de la plaine	20
1.8 Présentation de la zone côtière	22
1.8.1 Localisation de la zone d'étude (zone côtière)	22
1.9 Découpage Administratif	23
1.10 Climat	23
1.10.1 Données climatologiques	23
1.11 Température	24
1.12 Précipitations	24
1.13 Les types de sols	25
Chapitre 2. L'AMENAGEMENT DA LA PLAINE DU GHARB	26

2.1	Plan Séjournet :	26
2.2	De 1940 à l'indépendance en 1956 : Les grands travaux	28
2.3	Projet Sebou	29
2.4	Assainissement et drainage	32
2.4.1	Dimensionnement du réseau d'assainissement interne	32
2.4.2	Ouvrages	33
2.5	Fonctionnement du système d'assainissement externe actuel	35
2.5.1	Le groupe de l'oued Mda.....	35
2.5.2	Le groupe de Madegh.....	35
2.5.3	Le groupe d'assainissement de la Merja Merktane (désigné par groupe CA-CECK) 36	
2.5.4	Le Groupe Daoura.....	37
2.5.5	Groupe Fakroune.....	38
2.5.6	Casier N10	39
2.5.7	Station d'exhaure Qabate.....	40
Chapitre 3. Entretien des émissaires d'assainissement.....		41
3.1	Le faucardement	41
3.1.1	Le faucardement annuel :.....	41
3.1.2	Le faucardement mécanique	41
3.1.3	Le faucardement chimique.....	42
3.1.4	L'enlèvement des obstacles à l'écoulement des eaux et la réfection des ouvrages 42	
3.2	Le curage.....	42
3.3	Cas du Gharb :.....	43
3.3.1	Entretien des réseaux d'assainissement au Gharb.....	43
3.3.2	Création et remise en état des ouvrages des réseaux d'assainissement :.....	44

Partie II	METHODES ET MATERIELS.....	45
Chapitre 1.	Démarche méthodologique.....	46
1.1	Revue bibliographique.....	46
1.2	Phase empirique.....	47
1.2.1	Observations.....	47
1.2.2	Enquêtes exploratoires.....	47
1.2.3	Choix de l'échantillon.....	47
1.2.4	Dénomination du document de dépistage.....	48
Chapitre 2.	QGIS - GRASS et extraction des modèles hydrologiques spatialisés.....	49
2.1	Introduction.....	49
2.2	Choix du logiciel utilisé.....	50
2.3	Les modèles numériques de terrain.....	50
2.3.1	MNT utilisés :.....	50
2.4	Démarche.....	51
2.5	Synopsis de la démarche :.....	51
2.6	Contraintes et limitations.....	53
Partie III	RESULTATS ET DISCUSSION.....	54
Chapitre 1.	Traitement semi-automatique des données MNT, extraction des Sous-bassins versants de la zone côtière du Gharb.....	55
1.1	Introduction :.....	55
1.2	Correction du réseau hydrographique.....	55
1.3	Procédure de schématisation des bassins.....	56
1.4	Résultats du traitement du M.N.T.....	59
1.4.1	Sous bassins versant Mda-Madegh :.....	60
1.4.2	Sous bassins versant Benmansour et Mnasra.....	61

1.4.3	Sous bassins versant 4, 5 et 6.....	62
1.5	Synthèse et interprétation des résultats de l'extraction des sous bassins versants :	63
Chapitre 2. Pompage privé des émissaires d'assainissement au Gharb		64
2.1	Introduction :.....	64
2.2	Synthèse des fiches d'entretiens du sous bassin Madegh.....	65
2.3	Synthèse des fiches d'entretiens du sous bassin versant Fakroune-Daoura	67
2.4	Synthèse des fiches d'entretiens du sous bassin versant du groupe d'assainissement de la Merja Merktane (désigné par groupe CA-CECK).....	69
Références		75

Listes des figures

Figure 1 : Localisation de la plaine Gharb (Source : Google Maps)	17
Figure 2 : Esquisse structurale du nord Maroc (Dresch J, Combe M, Joly F , Le Coz J, & Raynal , 1952)	20
Figure 3 : Délimitation de la zone d'étude (Source : Google Maps).....	22
Figure 4 : Le canal Fakroun, premier canal d'assainissement creusé en 1917.....	26
Figure 5 : Canaux d'assainissement creusés entre 1928 et 1935.....	27
Figure 6 : Carte des émissaires principaux constituant le réseau d'assainissement externe de la zone (ORMVA, 2011).....	34
Figure 7 : Le canal Mda (à gauche) et le canal Madegh (à droite) (Cliché par l'auteur).....	36
Figure 8 : Station d'exhaure Ouled Khelifa (Google Earth Pro 3D, 2019)	36
Figure 9 : Canal Daoura (Cliché par l'auteur)	37
Figure 10 : Canal Fakroune (Cliché par l'auteur).....	38
Figure 11 : Point d'étranglement du Segmet (Google Earth Pro 3D, 2019).....	39
Figure 12 : Station d'exhaure Qabate (Google Earth Pro 3D, 2019)	40
Figure 13 : Réalisations en matière de curage du réseau d'assainissement (ORMVA, 2016)	43
Figure 14 : Chantiers de curage des canaux d'assainissement (ORMVA, 2016)	44
Figure 15 : Schéma des opérations pour la délimitation d'un bassin versant à partir d'un MNT .	52
Figure 16 : Réseau hydrographique de la zone d'étude, tracé sur Google earth.....	55
Figure 17 : MNT de la zone côtière	56
Figure 18 : Les sous bassins versants de la zone côtière du Gharb	59
Figure 19 : Sous bassin versant Mda-Madegh.....	60
Figure 20 : Connexion des deux sous bassins BV-8 et Mdda-Madegh	60
Figure 21 : Sous bassin versant de Mnasra	61
Figure 22 : Sous bassin versant de Benmansour.....	61
Figure 23 : Connexion des sous bassins Benmensour, Mnasra et BV-7 par le canal Fakroune....	61
Figure 24 : Sous bassin versant 4.....	62
Figure 25 : Sous bassin versant 5.....	62
Figure 26 : Connexion des sous bassins BV-4, BV-5 et BV-6.....	62
Figure 27 : Carte représentative des sites diagnostiqués du Canal Madegh	65
Figure 28 : Carte représentative des sites diagnostiqués du Canal Fakroun et Daoura	67

Figure 29 : Carte représentative des sites diagnostiqués du groupe CA-CECK.....69

Figure 30 : Souk El Had (Ateliers de vente et réparation du matériel de pompage et d'irrigation)
.....70

Acronymes

AGR	Arrondissement de Gestion des Réseaux
DPE	Domaine Privé de l'Etat
FAO	Food and Agriculture Organization
HCEFLCD	Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la lutte Contre la Désertification
MNT	Modèle Numérique Terrain
ONI	Office National d'Irrigation
ORMVAG	Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb
PEI	Programme d'Extension de l'Irrigation
PMV	Plan Maroc Vert
PNEEI	Programme National d'Economie d'Eau d'Irrigation
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
STI	Seconde Tanche d'Irrigation
TTI	Troisième Tanche d'Irrigation
ABHS	Agence du Bassin Hydraulique de Sebou
APS	Avant-Projet Sommaire

Introduction

Les autorités responsables du développement agricole au Maroc ont porté une importance très particulière au bassin de Sebou qui présente des potentialités hydrauliques et climatiques uniques et incomparables.

En effet, la plaine du Gharb (ou la plaine de Oued Sebou) se caractérise par, la fertilité de ses terres, sa topographie plate, sa situation géographique, ainsi que l'importance de ses ressources hydrauliques. La plaine est caractérisée par une alternance saisonnière avec une période sèche et chaude de mai à septembre et une période humide d'octobre à avril. Par ailleurs, la variabilité climatique interannuelle est très forte. Ainsi, la plaine connaît de fréquentes inondations par les oueds qui la traversent. Ces inondations peuvent être catastrophiques, malgré d'énormes travaux d'aménagement hydraulique qui ont vu le jour. Ces travaux ont eu lieu en plusieurs périodes d'intervention, depuis 1912-1940, 1940-1956, 1956-1960, 1961-1966, 1968 à nos jours, en mobilisant d'énormes moyens matériels, financiers et humains.

Ces travaux ont complètement transformé la plaine de Gharb, connue auparavant par ses marécages et basses terres. Elle est devenue un modèle de mise en valeur et d'aménagement pour le reste des régions du Maroc. L'introduction de nouvelles cultures telles que la canne à sucre, le coton, le tournesol et des plantations fruitières, le développement du réseau routier, l'électrification d'unités agro-industrielles ont aussi transformés de nombreux centres ruraux en importantes agglomérations urbaines.

La zone côtière connaît un développement agricole très important, grâce à l'exploitation des ressources en eau souterraine. Elle n'a pas bénéficié des aménagements en irrigation, mais elle comprend (en dehors du cordon dunaire) des dispositifs de drainage et d'assainissement importants mais qui sont essentiellement destinés au contrôle et à l'évacuation des excédents d'eaux météoriques tombées sur la plaine elle-même. Cela met en question la capacité de ce réseau à évacuer les eaux de crues et sa connexion avec ces Merjas, surtout dans la mesure où certaines de ces zones humides ont fait objet d'aménagement alors qu'elles étaient des zones d'écrêtement et de laminage de crues. Par ailleurs, pendant nos premières enquêtes nous avons pu constater que le réseau d'assainissement est fortement exploité par certains agriculteurs pour l'irrigation. Ce réseau joue aujourd'hui donc une double fonction d'assainissement et d'irrigation.

Cette analyse est apparue surtout après les crues de 2009/2010, qui prouve l'existence de contraintes en matière de protection contre les inondations et la nécessité de bien comprendre le fonctionnement de ce système couplé Merjas-Réseau des canaux et émissaires d'assainissement, que cela soit à l'amont ou à l'aval de la plaine.

Dans le dessein de comprendre le fonctionnement hydraulique du système Merja-Réseau d'assainissement dans le Gharb, nous avons établi les objectifs suivants :

- Prendre connaissance des informations existantes sur les composantes du système Merja-Réseau d'assainissement au Gharb et identifier les points d'étranglement dans l'évacuation des eaux.
- Comprendre le fonctionnement hydraulique du point d'étranglement Segmet.
- Extraire les sous-bassins versants de la zone côtière.
- Effectuer des entretiens afin de mieux appréhender l'exploitation de l'eau par les agriculteurs du réseau d'assainissement.

Dans le but d'atteindre ces objectifs ; ce document est présenté comme suit :

- Une première partie qui se présente sous la forme d'une synthèse bibliographique en trois chapitres
 - Chapitre I : Cadre Naturel et présentation de la zone d'étude
 - Chapitre II : Historique de l'aménagement de la plaine en termes d'assainissement, de dimensionnement et, son fonctionnement actuel
 - Chapitre III : Entretien des émissaires à l'échelle internationale et expérience du Gharb
- Une deuxième partie des méthodes et matériels présentant les outils utilisés dans cette étude pour les traitements logiciels et les fiches d'entretiens établies.
- Une dernière partie dédiée aux résultats des extractions des bassins-versants, aux synthèses des entretiens avec les agriculteurs et enfin une discussion générale qui fait la connexion entre ses résultats.

Pour récapituler, la problématique traitée dans cette étude est l'analyse de la connexion et du fonctionnement hydraulique du système Merjas-Réseau de canaux et d'émissaires d'assainissement dans 'la zone côtière' du Gharb.

Partie I REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1. CADRE GENERAL

1.1 Présentation de la plaine du Gharb

Située au nord-ouest du Maroc sur les bords de l'océan Atlantique, la plaine du Gharb s'étend sur une superficie de l'ordre de 600.000 ha dont presque les deux tiers sont qualifiés utiles sur le plan agricole. Elle est située au nord-ouest du Maroc sur les bords de l'océan Atlantique.

La région peut être considérée comme une région deltaïque par son relief très plat, ses sols argileux, l'excès d'eau en hiver et les fréquentes inondations. Son climat est méditerranéen ce qui favorise le développement d'une large gamme de cultures.

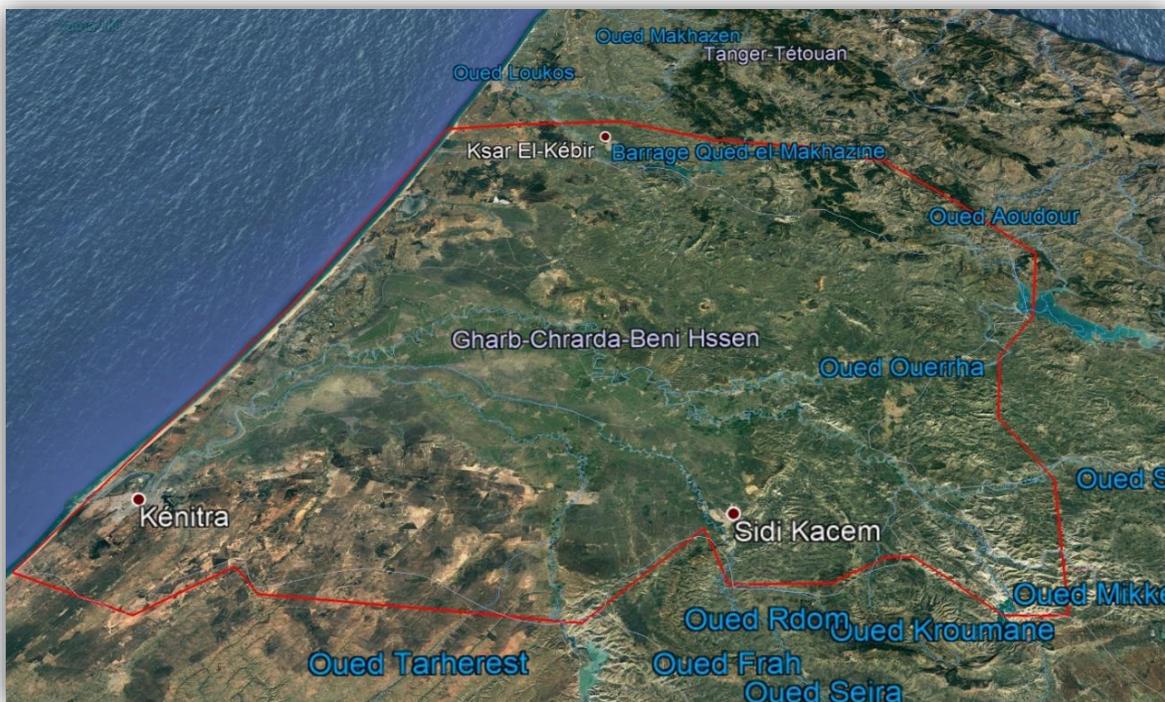


Figure 1 : Localisation de la plaine Gharb (Source : Google Maps)

La morphologie de l'ensemble du bassin correspond à une vaste cuvette dont les quatre cinquièmes sont à une altitude inférieure à 20 m, alors que les bordures présentent des reliefs doux. L'oued Sebou développe des méandres entre sa confluence avec l'Ouergha à l'Ouergha à l'entrée de la plaine et l'estuaire à l'aval de Kenitra (Taky, 2008).

1.2 Découpage administratif

Dans le cadre de la régionalisation avancée, la zone du Gharb est intégrée dans la nouvelle région de Rabat-Salé-Kenitra. Elle est située au Nord-Ouest du pays, sa superficie est de 8805 km² pour une population de 1 904 112 hab (HCP, 2014).

La plaine fait partie des trois provinces :

- La province de Kenitra ;
- La province de Sidi Kacem ;
- La province de Sidi Slimane (depuis 2009).

Ces trois provinces regroupent 61 communes rurales et 12 communes urbaines.

1.3 Climat

Le climat est contrasté avec des hivers humides et des étés très chauds. Il est de type méditerranéen avec une influence océanique favorable pour le développement d'une large gamme de cultures (HCP, 2013).

1.4 Pluviométrie

La pluviométrie annuelle est de 600 mm sur la zone côtière et descend à 470 mm dans le secteur de Sidi Kacem. Elle est caractérisée par une irrégularité dans le temps et dans l'espace. Le gradient de la pluviométrie décroît de la côte ouest vers l'intérieur de la plaine ; trois sous régions climatiques sont à distinguer :

- Zones côtières (Ouest) : 530 mm ;
- Zones centrales : 480 mm ;
- Zones intérieures (Est) : 400 mm. (HCP, 2013).

1.5 Température

Les températures moyennes oscillent entre 13°C pendant l'hiver et 27°C l'été. Pourtant, les températures minimales peuvent descendre légèrement en dessous de zéro : -1 à -4 °C pendant quelques heures de nuit et quelques jours par an. Les températures maximales extrêmes sont souvent inférieures à 40°C avec un maximum absolu de 32,7°C (Juillet 2003). (HCP, 2013).

1.6 Pédologie

Comme on l'a déjà signalé au début, le Sebou avec ses deux affluents, le Beht sur la rive gauche et l'Ouergha sur la rive droite sont les principaux cours d'eau de la plaine de Gharb. Leurs apports annuel sont importants, ils représentent environ 30 % du potentiel hydraulique national mobilisable, c'est ainsi que le bassin de Sebou est le bassin hydrographique le plus important du Maroc.

Signalons que les ressources souterraines d'eau sont constituées de nappes profondes. Elles sont de bonne qualité et elles alimentent les agglomérations et les industries. Mais le problème de durabilité reste posé par la menace de l'intrusion du biseau salin. (Bouya. 2006.)

Pour ce qui est des sols, ils sont formés sur des alluvions fines ayant des teneurs argileuses. Ils sont de deux types ;

- Les dehs qui sont situés aux bordures des oueds, ils sont bien drainés et ils forment les meilleures terres.
- Les tirs, ce sont des vertisols, d'âge plus ancien que les dehs et dont la mise en valeur nécessite un drainage souterrain et superficiel.

On peut dégager les caractéristiques suivantes de la région de Gharb :

- Les merjas représentent 15 % de la superficie de la plaine, elles ont été aménagées en partie pour la riziculture.
- Les sols sont plus ou moins hydro-morphes, ils sont utilisés pour la culture des céréales, de la betterave sucrière, du maraichage.
- Des zones de levées alluviales se caractérisent par des sols de moins argileuses, proches de berges.
- Les bords atlantiques sont formés de sols sablonneux (R'mel)
- Le zrar qui se lève vers le sud-est. (HCP, 2014)

flottantes du couloir sud rifain (Leblanc, 1978), mises en place par une tectonique très complexe des nappes de charriage au cours du Miocène moyen et supérieur.

Le bassin du Gharb a connu au cours de son évolution plusieurs fluctuations marines en relation avec les mouvements néotectoniques. Ces derniers se sont traduits dans la zone côtière par des failles et par un affaissement régulier consécutif à un rééquilibrage isostatique par rapport aux collines pré-rifaines et aux rides au Nord et à l'Est, et à la Meseta marocaine au sud (Cirac, 1985). Ce sont donc des éléments essentiels qui commandent l'hydrogéologie et l'hydrologie de la zone littorale du Gharb.

Ainsi l'évolution morphologique du Gharb a conduit à une diversité pédologique reflétant les formes et les formations de base et l'origine des transgressions (littorale, côtière), du Rmel se trouvant sur la zone côtière au Merja sur la zone centrale, en passant par le Tirs et le Dehs sur les zones intermédiaires, ce qui donne pour chaque zone son caractère hydraulique et de drainage.

Lors des débordements, les éléments les plus grossiers se disposent juste à côté des berges en les surélevant, et les éléments les plus fins se déposent plus loin dans le centre de la plaine, c'est ainsi que sont formés les Dehs légers à côté des berges du Sebou et du Beht, et les Dehs lourds et les sols Merjas dans le centre vers les zones basses. Le même phénomène peut expliquer la présence du Rmel sur la côte et les matériaux fins vers le littoral, les transgressions marine avaient tendance à déposer les matériaux grossiers à savoir le sable sur la côte.

1.8 Présentation de la zone côtière

1.8.1 Localisation de la zone d'étude (zone côtière)

La zone côtière de la plaine du Gharb est délimitée par Kénitra au Sud, Merja Zerga (Moulay Bousselham) au Nord et Sidi Allal Tazi à l'Est. Selon les dénominations de l'ORMVAG, l'aire de l'étude englobe les zones Z1 et Z2 de la Troisième tranche d'irrigation (TTI) et le secteur N10 qui était initialement rattaché à la Seconde Tranche d'Irrigation (STI).

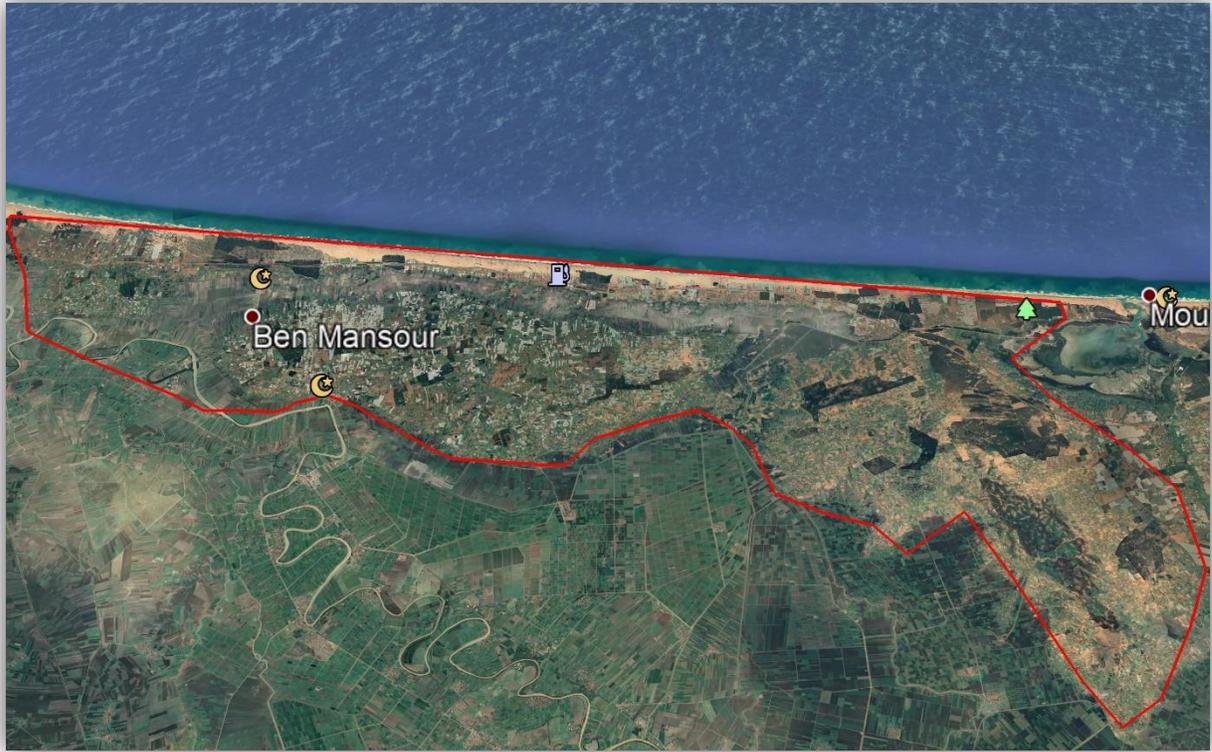


Figure 3 : Délimitation de la zone d'étude (Source : Google Maps)

Formant la continuité géographique de la plaine du Gharb le long de l'océan atlantique, l'aire de la zone du projet s'étend sur une superficie de 600 Km² entre la ville de Kenitra au sud, l'oued Sebou prolongé par la ligne parallèle passant par Sidi Allal Tazi à l'est, la Merja Zerga à proximité de Moulay Bousselham au Nord (ORMVA, 2011).

De forme allongée sur une longueur de 60 Km le long de la côte atlantique, la zone se rétrécit dans la partie méridionale en aval du barrage de garde avec une largeur de 7 Km en moyenne, elle s'évase dans sa partie septentrionale avec une largeur de 12 à 15 Km au niveau de Sidi Allal Tazi.

1.9 Découpage Administratif

Sur le plan administratif, la zone d'étude est subdivisée en quatre communes rurales : Mnasra, Benmansour, Bhara Oulad Ayad et Sidi Mohamed Lahmar.

La zone d'étude compte 108 agglomérations rurales, concentrant une population atteignant près de 144.800 habitants, selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2004, répartis comme suit :

- Mnasra : 29.354 habitants ;
- Ben Mansour & Sidi M'Hamed Ben Mansour : 51.874 habitants ;
- Bahara Oulad Ayad : 27.488 habitants ;
- Sidi Mohamed Lahmar : 36.125 habitants (ORMVA, 2011)

1.10 Climat

La zone côtière, bien marquée par l'influence océanique, appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré, avec une moyenne des précipitations annuelles de 551 mm, des humidités de l'air très élevées, des amplitudes thermiques moins marquées et des vents fréquents venant de l'Ouest. (ORMVA, 2011)

1.10.1 Données climatologiques

Les données climatiques telles que les précipitations, la température, l'humidité et l'évapotranspiration constituent les facteurs essentiels pour la détermination de la demande climatique et par la suite la détermination des besoins en eau et les plannings des irrigations.

Pour la caractérisation climatologique de la zone étudiée, les données climatiques relevées au niveau de la station Mnasra ont été retenues.

1.11 Température

- La moyenne des températures annuelles est de l'ordre de 17,3°C dans la zone côtière (Mnasra).
- Les températures mensuelles moyennes varient dans la station de Mnasra entre 11,6°C pour le mois le plus froid (Janvier), à 22,9°C pour le mois le plus chaud (Août).
- La moyenne mensuelle des maxima des températures du mois le plus chaud (Août) à Mnasra est de 28,4°C. Les températures maximales extrêmes sont souvent inférieures à 40°C avec un maximum absolu de 32,7 ° C (Juillet 2003).

- Les moyennes mensuelles des minima des températures du mois le plus froid (Janvier) à Mnasra est de l'ordre de 6 °C à Mnasra, les températures minimales extrêmes peuvent atteindre 2 à 3,6 °C enregistrées respectivement en janvier 2004 et 1979/80 à la station de Mnasra (ORMVA, 2011)

1.12 Précipitations

- La moyenne des précipitations annuelles est de 551 mm (station Mnasra) au centre de la zone étudiée.
- Au cours de l'année, la période pluvieuse dure du mois d'Octobre au mois d'Avril. Les mois de Juin, Juillet, Août, et Septembre sont pratiquement secs avec des moyennes mensuelles presque toujours inférieures à 15 mm.
- Au cours de la période pluvieuse, les précipitations sont réparties d'une manière irrégulière et aléatoire d'une année à l'autre.
- Le nombre moyen de jours de pluie est de l'ordre de 70 jours/an.
- Le mois le plus pluvieux est le mois de Décembre avec une moyenne de 110 mm.
- Les écarts inter-annuels des précipitations mensuelles pour un même mois sont très importants. Ainsi pour le mois le plus pluvieux (Décembre) les précipitations varient entre un maximum de 338 mm enregistré en 1997 et un minimum de 0 mm enregistré en 1974 pour la station de Mnasra. (ORMVA, 2011)

1.13 Les types de sols

Les sols de la zone étudiée peuvent être regroupés en 3 principaux types irrigables et un groupe de sols écartés de l'irrigation. Ces types sont :

- Les sols sableux (Rmel), sols impropres à l'irrigation gravitaire, destinés à l'irrigation par aspersion ou goutte à goutte. Ces sols se développent sur les formations sableuses ou grésosableuses dunaires d'origine marine à topographie plus ou moins tourmentée (sols sur dunes intérieures et sur cordon dunaire).
- Les sols apparentés aux sols hydromorphes (Toug), aptes à l'irrigation gravitaire et par aspersion, se présentant en association plus ou moins complexe avec les sols sableux dans le domaine des dunes intérieures.
- Les sols de la plaine alluviale : vertisols et sols peu évolués d'apport alluvial (Tirs et Dehss). Ces sols ont une texture argileuse, qui procure un stock d'eau important disponible pour les racines (réserve utile). ils peuvent être irrigués avec des doses unitaires par tour d'eau importantes, ces sols sont particulièrement adaptés aux techniques d'irrigation gravitaires ou par aspersion. Ils peuvent être également irrigués avec les techniques d'irrigation localisée, sachant cependant que les sols argileux ne sont pas adaptés pour les cultures maraîchères, les plantes à tubercules, les cultures pérennes sensibles à l'excès d'eau pendant la période hivernale. Ces sols correspondent aux sols classiques rencontrés dans les zones alluviales de la plaine du Gharb d'origine continental.
- Les sols écartés de l'irrigation : ce sont les sols des Merjas, les sols à affleurement rocheux abondants et les sables marins récents. (ORMVA, 2011)

Chapitre 2. L'AMENAGEMENT DA LA PLAINE DU GHARB

2.1 Plan Séjournet :

La première réflexion fut née dès 1912 sur les conditions d'irrigation de la plaine et de récupération des terres des merjas au profit de la colonisation.

En 1917, Plan Séjournet, nommé après l'ingénieur français qui l'a proposé, va permettre d'identifier les principaux travaux à entreprendre :

- Creusement de canaux afin de permettre l'écoulement des eaux du Beht et du R'dom ;
- Creusement d'un canal de dérivation pour lutter contre les inondations ;
- Creusement de canaux pour déverser les eaux des merjas secondaires dans les merjas principales ou dans le Sebou.

Il a conçu les premiers ouvrages hydrauliques de drainage des merjas centrales, enlèvement des sols et creusement des canaux reliant les zones humides au Sebou et Beht. Aucune contrepartie n'a été payée pour l'utilisation contemporaine des terres des tribus locales.

Cependant, malgré l'importance des travaux réalisés (canaux pour l'assainissement des merjas Merktane, Boujgarfan des Béni-Ahsen, creusement du canal du Foukroum sur 24 kms), les résultats restèrent faibles : assèchement des merjas de Fouarat et Bir-Rami près de Kenitra de même que le lotissement de la merja Kébira (GUEDDARI, 1998).

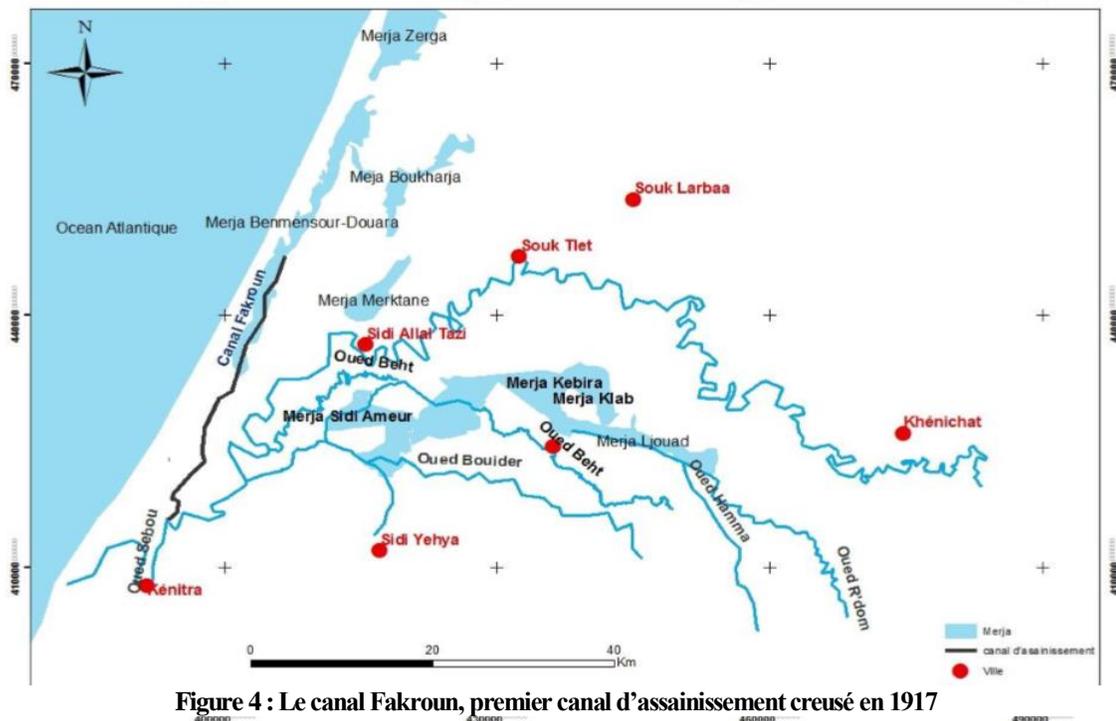


Figure 4 : Le canal Fakroum, premier canal d'assainissement creusé en 1917

Une grande inondation de 1927 a justifié la relance du plan et la construction du barrage d'El Kansera (1935), le premier à être installé dans le bassin du Sebou.

Les travaux consistaient au creusement d'une série de canaux destinés à assurer l'écoulement des eaux du bassin du Beht :

- Un canal central de 30 kms et des canaux latéraux reliant le R'dom au Hamma, au Tihili et au khart avant de rejoindre le Beht inférieur ;
- Une liaison entre le Delta intérieur du Beht et l'oued El Haidj ;
- Un exutoire de la merja Bokka vers l'oued Hebiri ;
- Le canal de Tiflet, élargi et approfondi fut relié à l'Oued Ziane ;
- Une liaison entre l'Oued Ziane et l'Ghoufeira, affluent du Sebou pour permettre l'écoulement des eaux au fleuve.

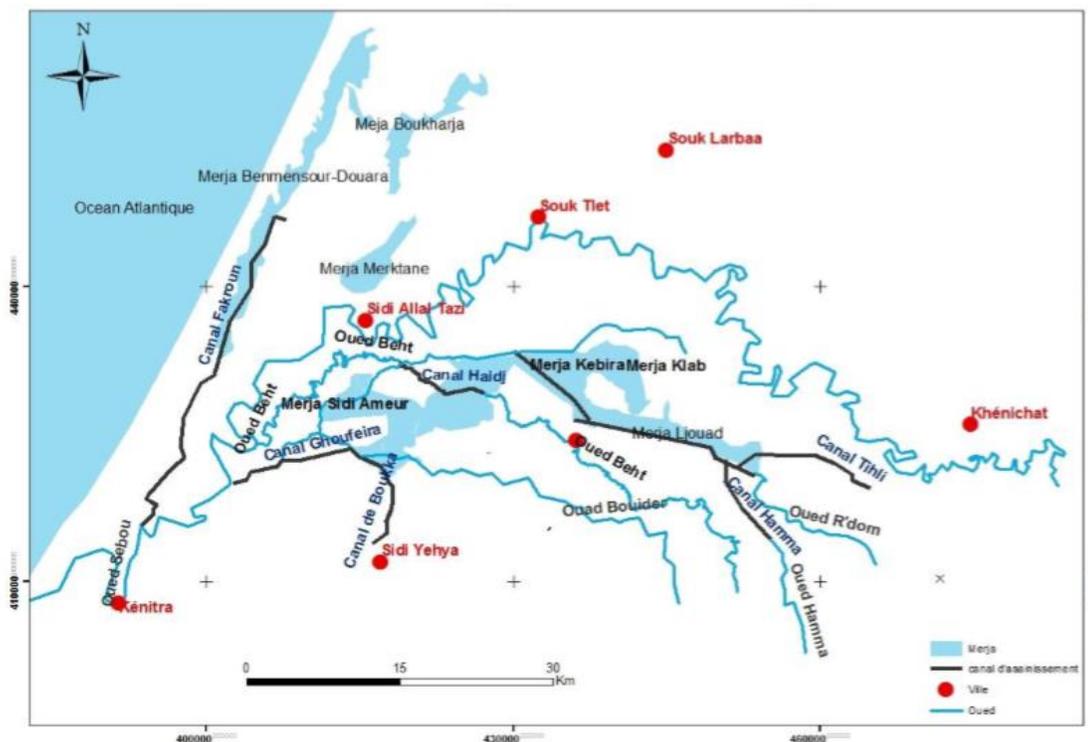


Figure 5 : Canaux d'assainissement creusés entre 1928 et 1935

Par ailleurs, la fréquence des inondations (1927, 1934, 1936) va inciter les colons, à travers deux A.S.A.P., (Associations Syndicales Agricoles Privilégiées créées en 1933) à militer en faveur de la mise en place d'un système d'évacuation de la Daoura qui consiste en le creusement du canal du Nador (long de 12 km, avec une section de 10 à 15 m et une profondeur de 3,60 m) séparant les merjas Daoura et Zerga.

Ces interventions techniques étaient de véritables facteurs de territorialisation. Les nouvelles infrastructures présentaient des manœuvres spatiales d'inondations d'eau, ces nouvelles technologies ont effacé les moyens de subsistance traditionnels et ont été accompagnés d'une réorganisation sociale répondant à la nouvelle conception spatiale qui a donné à la Plaine de nouvelles fonctions productives. Les premiers bénéficiaires de la nouvelle disponibilité des terres étaient les nouveaux colons, qui ont également introduit le pompage des rivières et considérablement modifié les techniques agricoles. Les schémas d'exploitation agricole, répondaient à la demande du marché européen à travers l'exploitation continue des merjas. (Minoia, 2012)

2.2 De 1940 à l'indépendance en 1956 : Les grands travaux

Les choses se préciseront après la Seconde Guerre mondiale par rapport à l'aménagement de la plaine. Les colons militeront longtemps en faveur de la création d'un Office du Gharb (idée avancée dès 1936 et renforcée depuis la création en 1941 de l'Office des Béni Amir et Béni Moussa dans le Tadla). Le débat continuera jusqu'en 1952, mais les réticences des techniciens de l'hydraulique et de l'autorité marocaine obligèrent les responsables à ne pas se rallier aux colons et à se contenter de poursuivre les travaux dans le cadre des institutions déjà existantes.

En 1948, la mise en place d'un vaste réseau de drainage superficiel fut entreprise. La rive droite fut divisée en deux parties à écoulement opposé : la zone Nord (60.000 ha environ) et la zone Sud (20.000 ha environ), ces deux zones étant séparées par un barrage établi au seuil de Sidi-El-Hachemi.

Dans la zone Nord, d'aval en amont, les grands travaux d'assainissement furent les suivants :

- Prolongement du Canal du Nador sur 8,7 kms (5,3 kms à l'amont vers la Daoura et 3,4 kms à l'aval vers la merja Zerga). Il fut approfondi de 2 à 5 m et élargi à 20 m pour permettre au débit de passer de 12 à 125 m³/s ;
- Creusement du canal du bas Segment » sur 6,4 kms ; le système auquel s'intégrait le Segment pouvait ainsi véhiculer un débit de pointe de 185 m³/s ;
- Creusement des canaux de M'da et de Maderh (200 et 50 m³/s respectivement) et du collecteur Boukharja-Merkthane sur 17 kms (débit pouvant atteindre 10 m³/s).
- Dans la zone Sud, le système de drainage plus simple consistait à élargir le canal du Fakroun pour lui permettre d'évacuer 7 m³/s dans le Sebou.

Pour la rive gauche, plus difficile à assainir en raison de l'impossibilité de raccorder le réseau d'évacuation à la mer, le principe retenu fut de conduire les eaux de la manière la plus directe possible vers les points les plus bas possible du Sebou. C'est ainsi qu'un canal jalonnant les points bas des merjas Jouad, Elouahad et Klab fut creusé.

Par ailleurs, le canal Ameer reliant en aval de Moghrane le Beht au Sebou fut réalisé ; deux dérivations (Canal Haut Rdom et Canal Bas Rdom) y furent reliées. Une partie du canal Beitha drainant la plaine des Mokhtar vers le canal Rdom-Tihili-Sebou fut renforcée.

Les travaux de la rive droite (80.000 ha) entamés dès 1948 vont s'achever en 1954, alors que ceux de la rive gauche (150.000 ha) vont se prolonger jusqu'en 1960. Ainsi, le bilan de l'ensemble des travaux d'assainissement (230.000 ha) complétés par l'adoption de la technique des ados portait sur une superficie équipée en réseaux primaires de 190,000 ha, en réseaux secondaires de 100.000 ha et en réseaux tertiaires de 30.000 ha.

Ces travaux exécutés avec des moyens mécaniques ont donné lieu à 7,8 millions de m³ de terrassement pour le réseau principal et à 7,6 millions de m³ pour les réseaux secondaires et tertiaires. Le financement de ces travaux était assuré par deux sources complémentaires :

- Le réseau primaire était entièrement à la charge de l'Etat (y compris entretien) ;
- Le réseau secondaire était supporté à 50 % par l'Etat et à 50 % par des groupements d'usagers tenus de leur côté à assurer l'entretien total des ouvrages ;
- Le réseau tertiaire était entièrement à la charge des groupements. (GUEDDARI, 1998)

2.3 Projet Sebou

Le contrôle de l'Etat centralisé et les grands développements d'infrastructures ont partiellement été influencés par des institutions étrangères. Au milieu des années 60, suivant les recommandations de la Banque Mondiale pour résoudre les problèmes financiers nationaux, une stratégie économique a été élaborée dans le but de renforcer le secteur primaire et en particulier les exportations. L'eau étant considérée comme une ressource stratégique mais incertaine, la planification hydraulique à grande échelle a commencé à devenir centrale. Basé sur une étude préliminaire appuyée par le PNUD et la FAO, le grand projet Sebou a été lancé en 1970 avec l'objectif de transformer la zone du bassin versant en une région économique forte (Royaume du Maroc 1970, Swearingen 1988).

Ce projet était conforme à l'approche de gestion de l'approvisionnement en eau, considérant l'eau comme une entrée transférable pour être stockée puis déplacée dans zones déficitaires. Les investissements publics massifs ont été coordonnés par le gouvernement central et soutenus par des bailleurs étrangers, principalement à travers la Banque Mondiale (Commission mondiale des barrages, 2000). Jusque-là, les infrastructures installées comprennent dix grands barrages, quarante-quatre petits barrages, un canal pour les transferts d'eau, des milliers de stations de pompage et de puits, et un large réseau de canaux d'irrigation et de drainage. D'autres interventions sont prévues pour les années à venir (ABH Sebou 2006).

La mise en œuvre de l'ensemble du plan était supposée être atteinte dans 24 ans, mais il est vite devenu évident que la cible était trop ambitieuse. Cependant, les conditions favorables des plaines du Gharb ont rendu cette zone la première à accueillir les nouvelles infrastructures. (Minoia, 2012).

L'inondation est la menace la plus grande qui plane sur la région. Les inondations de 1963 activèrent des études rentrant dans le cadre du projet Sebou qui commencèrent dès mai 1963. Vers la fin de 1968, les dossiers spécifiques contenant l'inventaire des ressources, programme d'aménagement et de mise en valeur et du financement furent établis. Le projet était d'une grande ampleur et avait comme grands axes la protection contre les inondations et l'accroissement de la production agricole à travers l'aménagement hydroagricole de 400 000 ha dont 250 000 ha dans le Gharb (Bouhamidi, 1980).

Plusieurs solutions ont ainsi été envisagées par le projet Sebou pour protéger la plaine à savoir :

- Les régulations des eaux à l'amont du confluent par la construction d'un certain nombre de barrages sur l'Oued Sebou, l'Oued Ouergha, et leurs affluents ;
- Endiguement du bas Sebou afin d'augmenter sa débitance ;
- Création des chenaux de déviation sur les deux rives de Sebou afin de dévier les eaux excédant du bas Sebou ;
- Stockage dans les dépressions centrales de la plaine (Merja) qui seront endiguées sur 13 700 ha et qui peuvent stocker 135 Mm³ (Bouhamidi, 1980).

Sur le plan de la mise en valeur agricole, la priorité était donnée aux zones riveraines du Sebou et de Beht où les sols sont les plus fertiles et les mieux drainés (Gilbert, 1993), puis à la colline côtière et aux zones basses, l'équipement complet devrait être réalisé en trois tranches :

- La PTI (Première Tranche d'Irrigation) aménagée entre 1972 et 1978 d'une superficie de 43 000 ha ;
- La STI (Seconde Tranche d'Irrigation) réalisée entre 1982 et 1997, d'une superficie de 65 500 ha ;
- La TTI (Troisième Tranche d'Irrigation) en cours de réalisation, d'une superficie de 95 030 ha (Daniane et al. 1994).

Chaque zone de la plaine se voit attribuer un programme spécifique en fonction de ses caractéristiques (Perennes, 1994). Les sols de Merja étaient destinés aux secteurs rizicoles, le Dehs se trouvant sur les bords de Beht consacré à l'agrumiculture, et la canne à sucre sur les sols alluvionnaires des bords du Sebou.

Pour atteindre les objectifs fixés par le projet Sebou, de grands ouvrages hydrauliques en plus du barrage El Kansera ont été mise en place :

- **Barrage d'Idriss 1er** : il est construit en 1973 sur l'oued Inaouène (un des affluents du Sebou), avec une capacité utile de 1 186 Mm³. Le complexe Barrage Idriss 1er –Allal Fassi via la galerie de Matmata assure actuellement l'irrigation de la PTI et les premiers secteurs de la STI.
- **Complexe Matmata-Allal Al Fassi** : Ce barrage a une capacité utile de 81 millions de m³ et permet à partir de 1991 d'améliorer le remplissage du barrage Idriss 1er par les eaux du Sebou et de renforcer sa capacité de production hydroélectrique.
- **Barrage de garde** : Ce barrage est construit sur Oued Sebou en 1991 d'un volume de stockage de 70 000 m³. Il permet d'éviter la remontée du biseau salé, de contrôler le niveau d'eau à l'amont pour 35 stations de pompage puisant dans l'oued Sebou, et de compléter la régularisation des eaux dans la plaine.
- **Barrage Al Wahda** : Avec les inondations de 1970, le problème de la protection de la plaine a été posé de nouveau et a été à l'origine de la décision de construire le barrage Al Wahda sur Oued Ouergha. Il a été mis en service en 1997 avec une capacité utile de 3 800 millions de m³, et constitue la plus grande réserve du royaume (Daniane et al., 1994). Il assure les fonctions suivantes. :

- ✓ La production d'énergie électrique ;
- ✓ L'écêtement des crues ;
- ✓ Réserve pour l'irrigation et l'AEP.

- **Barrage Bouhouda** : Mise en service en 1999 sur l'oued Sra, elle dispose d'une capacité utile de 55 Mm³ ;
- **Barrage Asfalou** : Mis en service en 2000 sur l'oued Asfalou, sur le bassin de l'oued Ouergha avec une capacité utile de 317 Mm³.

Cette politique des barrages va continuer dans les prochaines années par la réalisation du barrage de M'dez sur le haut Sebou, dont les travaux ont commencé. Puis du barrage Ouljet Soltane sur l'oued Beht en amont d'El Kansera et du barrage Bab Ouender sur le haut Ouergha.

2.4 Assainissement et drainage

La réalisation d'un périmètre irrigué s'accompagne de celle d'un système d'assainissement et de drainage qui se justifie pour les raisons suivantes :

- Les ruissellements extérieurs qui inondent périodiquement le périmètre avant aménagement doivent être maîtrisés dans la mesure où ils mettent en danger des équipements coûteux (stations de pompage, canaux adducteurs, réseaux) et des terres agricoles mises en valeur intensivement ;
- Les terres du périmètre doivent être assainies et drainées de manière satisfaisante afin d'en conserver une productivité justifiant les aménagements qui y ont été faits.

Ainsi, ce système est composé principalement de deux réseaux :

- ✓ Réseau d'assainissement externe et protection contre les crues permettant l'évacuation des eaux hors du périmètre ;
- ✓ Réseau d'assainissement interne et de drainage ayant pour but d'évacuer l'excès d'eau de pluie et de la remontée de la nappe. Il rejoint le réseau d'assainissement externe.

2.4.1 Dimensionnement du réseau d'assainissement interne

Pour le réseau d'assainissement interne, les méthodes de dimensionnement en usage dans le périmètre du Gharb, sont les suivantes :

- Pour les superficies assainies inférieures à 1.000 ha, le débit est de 2 l/s/ha ;
- Pour les superficies assainies supérieures à 1.000 ha, le débit est déterminé par application de la formule n°2 d'ELLIOT qui a été établie pour la plaine du Gharb et expérimentée depuis les années soixante du XX^{ème} siècle. Cette formule est la suivante :

$$Q = 0,49 \times (S)^{1/2} + 0,054 \times S$$

Q : Débit en m³/s ; S : Superficie assainie en Km².

Toutefois, pour les superficies inférieures à 30 ha, un module de 4 l/s/ha a été retenu. Ceci constitue une marge de sécurité par rapport au débit de 2 l/s/ha ; cette valeur ressort de l'étude d'aménagement de la zone côtière (1994) qui a utilisé un modèle de transformation pluie-débit pour aboutir à cette valeur. Elle précise en outre que le débit de 2 l/s/ha est suffisant et que le passage du débit de 2 à 4 l/s/ha conduit à une élévation de la ligne d'environ 15 cm à l'exutoire.

Pour le dimensionnement de toutes les colatures, les paramètres suivants ont été retenus :

- Une profondeur minimale de 0,5 m ;
- Un fruit des talus de 3/2 ;
- Une pente minimale de 0,5‰.

Lorsque les colatures secondaires assurent aussi la fonction de drainage, elles sont dimensionnées pour maintenir la ligne d'eau à 10 cm au-dessous des sorties des drains ou des collecteurs de drainage.

A la suite d'une forte pluie, il est admis que les drains et les collecteurs de drainage soient noyés ; ils ne commencent à fonctionner qu'après le ressuyage superficiel.

Les vitesses d'écoulement dans les colatures varient de sont prises égales ou inférieures à 0,8 m/s.

2.4.2 Ouvrages

Les divers ouvrages prévus sont les suivants :

a-Ouvrage de rejet

Ces ouvrages consistent à un simple revêtement en perré maçonné dans la zone de confluence des colatures tertiaires avec les colatures secondaires.

Au niveau des rejets des colatures dans l'oued, ces ouvrages seront réalisés en gabions.

b-Ouvrage de franchissement

Le passage busé est l'ouvrage le plus économique et le plus facile à exécuter mais il nécessite un recouvrement minimal au-dessus des buses de 0,80 m.

Quand ce recouvrement minimal n'est pas assuré, l'ouvrage le plus approprié est le dalot.

c-Ouvrage d'angle

Cet ouvrage consiste à un simple revêtement en perré maçonné à l'amont et à l'aval de changement de direction des colatures.

d-Ouvrage de chute

Pour éviter d'avoir des colatures entièrement en remblai et des écoulements avec des vitesses dépassant la valeur admise de 0,8 m/s, l'ouvrage de chute est prévu.

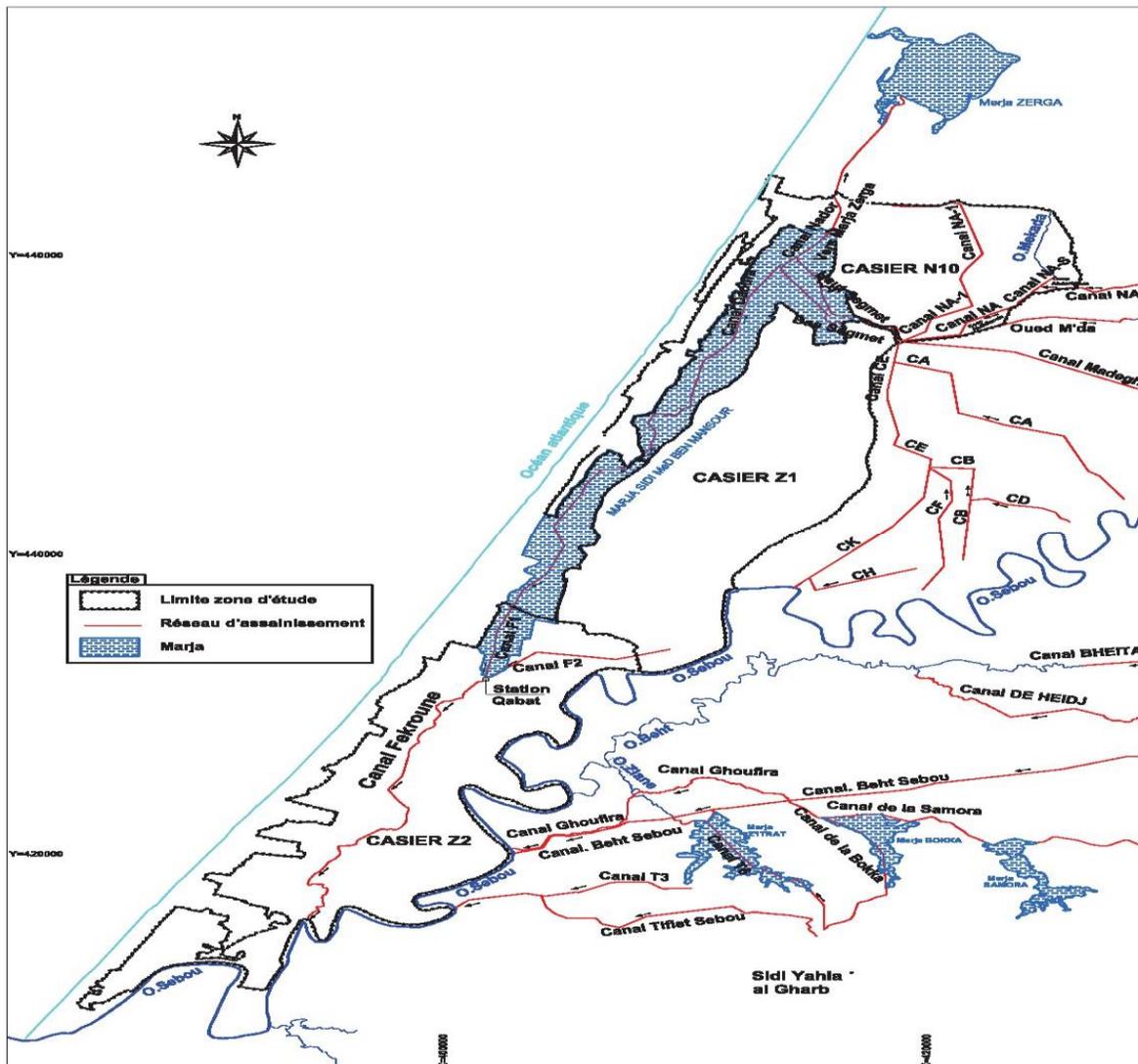


Figure 6 : Carte des émissaires principaux constituant le réseau d'assainissement externe de la zone (ORMVA, 2011)

2.5 Fonctionnement du système d'assainissement externe actuel

En rive droite du Sebou, on trouve les systèmes suivants qui évacuent les eaux vers trois exutoires :

- La Merja Zerga : le collecteur Merktane, le réseau Mda-Madagh avec, à la confluence des deux oueds canalisés, un aval d'inondation régulateur de crues. Le canal double du Segmet évacue les eaux des merjas Merktane et Boukharja vers la Daoura. Enfin, le canal Nador évacue les eaux de la Daoura vers la merja Zerga,
- Le Sebou à Ouled Khelifa par le canal CK et la station d'exhaure Ouled Khelifa,
- Le Sebou à Qabate par le canal Foukroune et la station d'exhaure Qabate.

L'exutoire de la plaine rive droite est la Merja Zerga débouchant dans l'Océan à Moulay Bouselham. Plusieurs groupes d'assainissement en rive droite du Sebou peuvent être distingués :

2.5.1 Le groupe de l'oued Mda

Prenant naissance dans les collines au Nord et Nord Est de Souk El Arba, il reçoit les eaux des oueds Kerouta et Kebir puis celle de l'oued Akehal. Après leur confluence en limite des secteurs N2 et N9, l'oued est recalibré et rectifié, il franchit le seuil du Segmet, prend la désignation de Segmet Haut et traverse les zones non équipées de la zone côtière, et rejoint ensuite le canal Nador assurant la jonction à la Merja Zerga.

2.5.2 Le groupe de Madegh

Il collecte les bassins versants des collines situées à l'Est d'une ligne Souk El Arba Mechra Belksiri. Cet oued est recalibré sur une partie de son tracé à l'intérieur des secteurs N5 et N4 sous la désignation de canal Harhar puis N3, N2 et N1 il est alors désigné par Canal Madegh. Il franchit le seuil du Segmet, prend la désignation de Segmet Haut et traverse les zones non équipées de la zone côtière, et rejoint ensuite le canal Nador assurant la jonction à la Merja Zerga.

Les canaux Segmet Haut et Segmet Bas sont deux émissaires parallèles mais décalés en altitude le Segmet bas assaini des zones plus basses que le Segmet Haut.



Figure 7 : Le canal Mda (à gauche) et le canal Madegh (à droite) (Cliché par l'auteur)

2.5.3 Le groupe d'assainissement de la Merja Merktane (désigné par groupe CA-CECK)

Constitué des fossés primaires d'assainissement des secteurs C1, C2, C3, et C4. Ce réseau a la particularité d'avoir deux exutoires : le premier est le canal du Segmet Bas où se déversent les eaux d'assainissement des secteurs C2, C3, et C4, le deuxième est un rejet à l'oued Sebou à 1,5 km en aval de Sidi Allal Tazi et dont l'exutoire nécessite un pompage : (Station d'exhaure Ouled Khlifa) située sur la berge RD du Sebou. Le canal CK assaini le secteur C1 et arrive à cette station de pompage.



Figure 8 : Station d'exhaure Ouled Khlifa (Google Earth Pro 3D, 2019)

Les canaux CE et CK forment un ouvrage continu permettant d'évacuer les inondations vers le Segmet et en régime normal (pas de crues, pas d'inondation) l'assèchement de la merja Mektane. On notera que plus de la moitié de cette zone est équipée en réseau rizicoles.

En ce qui concerne la zone côtière, on distingue deux groupes d'assainissement :

- **Le groupe Daoura,**
- **Le groupe Fakroune.**

Ils ont la particularité de former un long émissaire tracé pour assainir les merjas longeant la côte, entre le cordon dunaire et la plaine du Gharb.

Cet émissaire reçoit les apports locaux des eaux de ruissellement des plaines avoisinantes et les eaux souterraines des dunes qui sont de part et d'autre. Lors des crues, les volumes s'accumulent dans ces merjas qui sont les points les plus bas de la rive droite du Sebou. Ces groupes sont situés entièrement dans la zone côtière.

2.5.4 Le Groupe Daoura

C'est un émissaire de 15,4 km de long. Son origine est située au niveau de l'échangeur autoroutier de la route reliant Sidi Allal Tazi. L'émissaire rejoint le canal Bas Segmet et ensuite le canal Nador.



Figure 9 : Canal Daoura (Cliché par l'auteur)

2.5.5 Groupe Fakroune

Émissaire de 19,4 km de long. Son origine est située au même endroit que celle du canal Daoura mais il prend la direction opposée vers le sud et rejoint l'oued Sebou à 15 km au Nord de Kenitra. Il s'agit d'un canal artificiel rectiligne sauf dans les derniers km de son tracé où il rejoint le tracé de l'oued Fakroune. Une station de pompage de relevage est située à mi-parcours de son tracé (Station de Qabat), elle est indispensable pour terminer rapidement au printemps la vidange de la merja Sidi Mohamed ben Mansour.

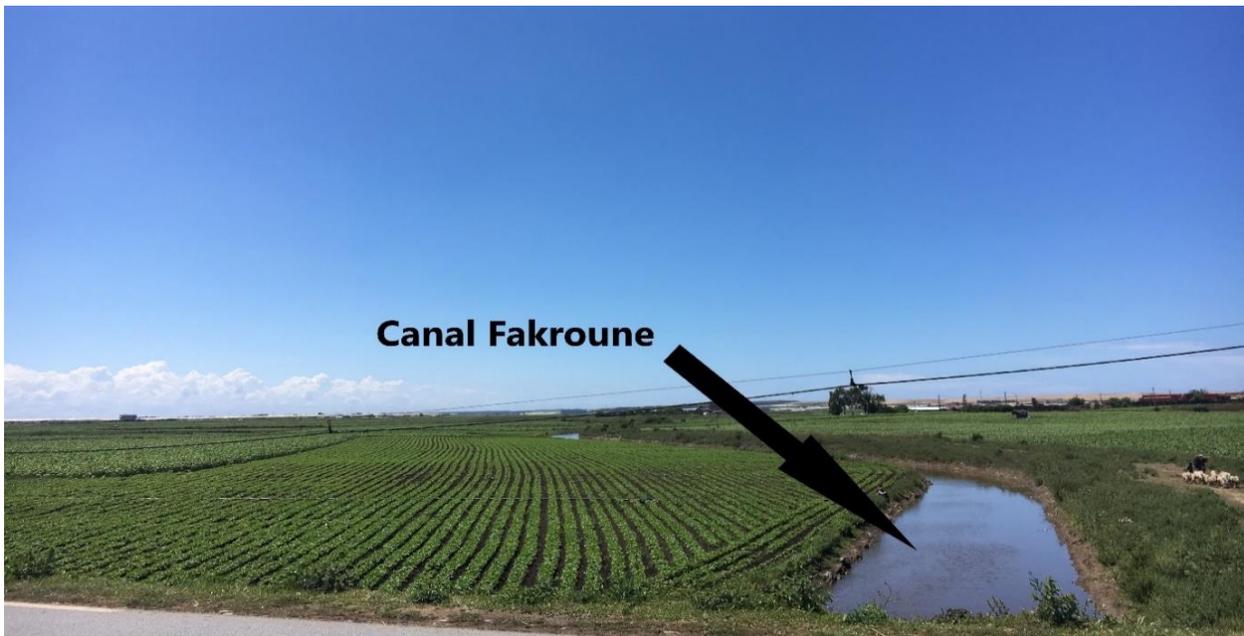


Figure 10 : Canal Fakroune (Cliché par l'auteur)

Remarque :

Le point d'étranglement se situe au niveau du Pont et de l'ouvrage de franchissement de Segmet sur la route tertiaire reliant la Commune de Sidi Mohamed Lahmar et la Commune Benmansour. Les eaux de crues provenant des oueds M'da et Madegh ne peuvent être transités par l'ouvrage de Segmet aggravé par la faible pente et l'envasement du canal Nador débouchant sur Merja-Zerga.

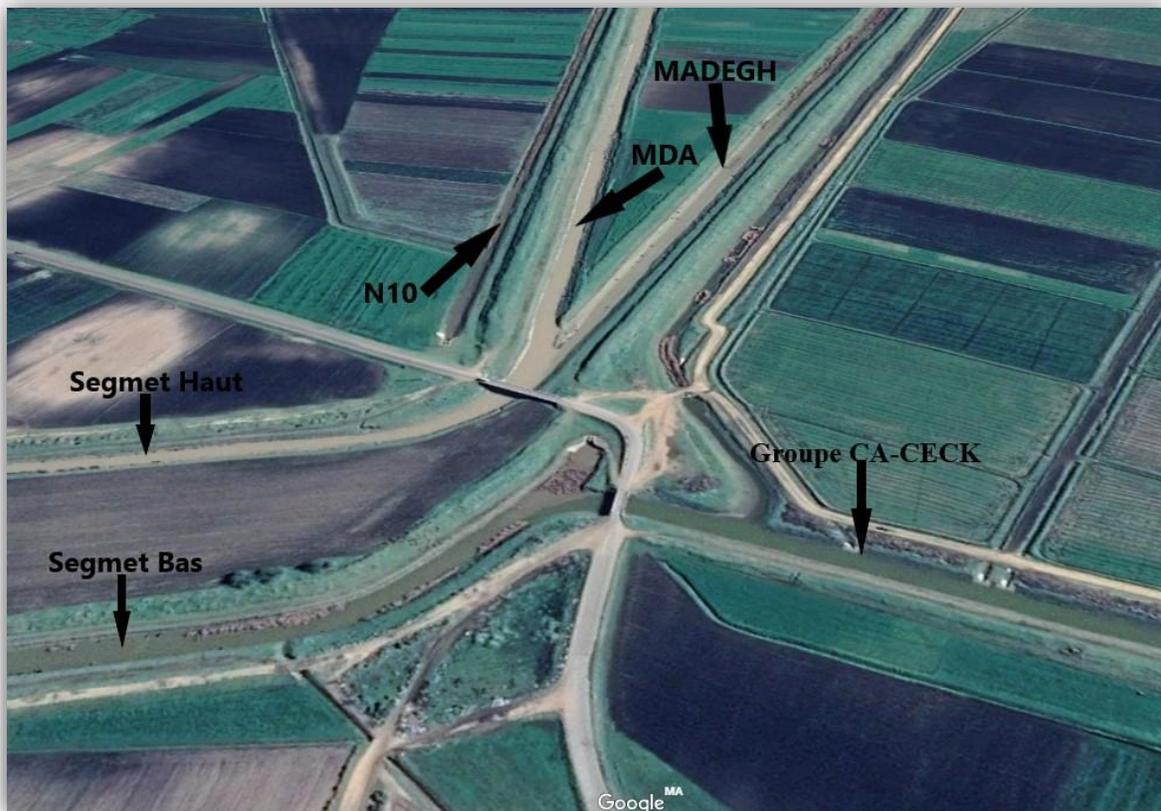


Figure 11 : Point d'étranglement du Segmet (Google Earth Pro 3D, 2019)

2.5.6 Casier N10

Le casier Nord 10, est assaini par le collecteur NA-1 et l'oued Mekada qui évacuent les eaux d'assainissement issues des deux bassins situés au nord de ce secteur.

L'émissaire naturel NA-1 prend origine à Ain Fefel et traverse tout le secteur N10-2 pour rejoindre le canal NA. Après la traversée de la route, son tracé est complètement perdu, ce qui engendre une inondation fréquente de ce secteur.

L'oued Mekada, constitue l'exutoire le plus important de son bassin versant. Il déverse ses eaux dans le secteur N10-1 et se perd à l'intérieur de ce secteur au niveau du Douar Ouled Daouia, et y crée une étendue de stagnation d'eau.

L'émissaire NA-1 et l'oued Mekada ont pour exutoire le canal Bas Segmet.

2.5.7 Station d'exhaure Qabate

La station d'exhaure Qabat a été construite en 1952. Elle est implantée dans le lit du canal Fakroune et relève le niveau d'eau entre son amont et son aval. Elle a été électrifiée en 2013 après avoir fonctionnée en gasoil. Elle comporte deux groupes motopompes dont le débit de chacun est de 1500l/s.

En période estivale, la station Qabat ne fonctionne pas. En année humide, si l'écoulement dans la digue de Sidi El Hachemi El Bahraoui est à surface libre, la station fonctionne et évacue les eaux du canal Fakroune (amont et aval) pour qu'elles soient finalement acheminées vers leur exutoire final dans Oued Sebou.

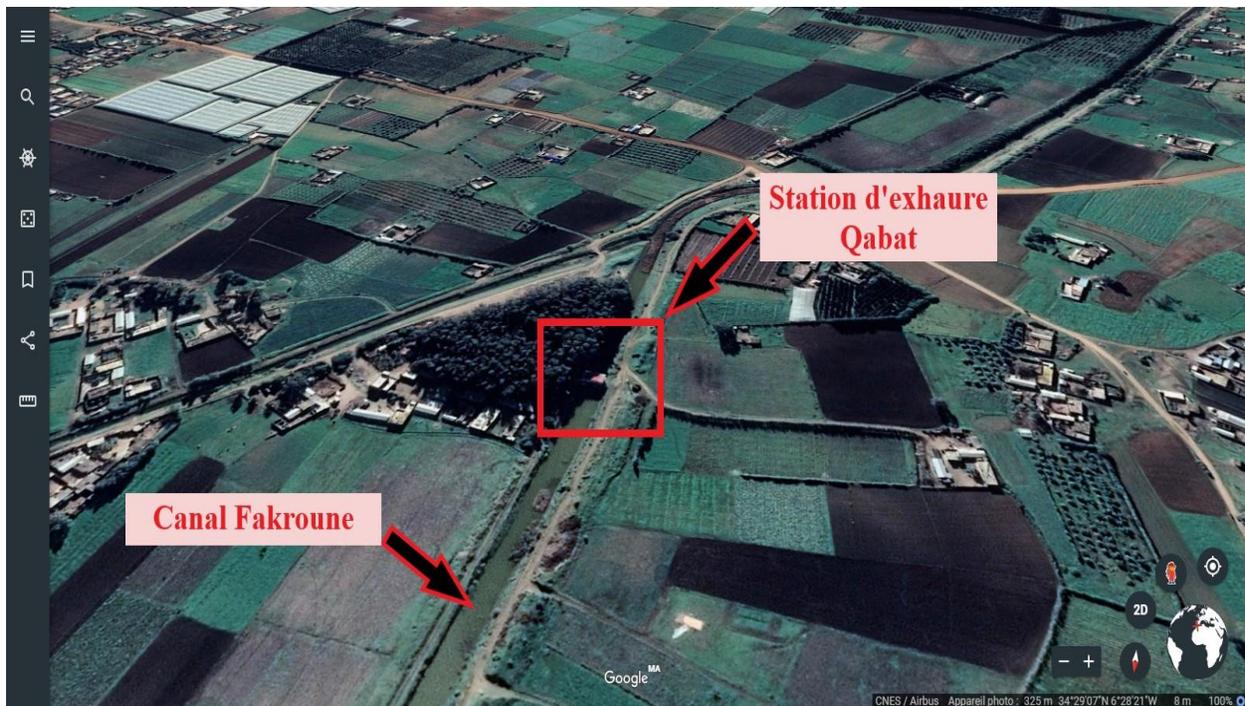


Figure 12 : Station d'exhaure Qabate (Google Earth Pro 3D, 2019)

Chapitre 3. Entretien des émissaires d'assainissement

L'entretien des émissaires revêt une importance fondamentale, au point de rendre inutile et illusoire tout l'investissement en matière d'assainissement agricole si les dispositions nécessaires à l'assurer d'une manière satisfaisante ne sont pas prises en temps utile. L'expérience démontre même qu'il est sage, voire nécessaire, de définir préalablement à la mise en œuvre des travaux de premier établissement ses modalités d'exécution, son coût et son financement. (POUBELLE, 1994)

3.1 Le faucardement

Le faucardement est l'opération qui consiste à faucher ou à détruire les plantes aquatiques et semi-aquatiques, la végétation ligneuse ou arbustive, les herbes susceptibles de gêner l'écoulement de l'eau, se développant dans le lit des fossés et sur les rives. Il ne doit cependant pas entraîner la destruction des herbes qui, recouvrant les talus et fonds des fossés, les protègent de l'érosion.

Les produits du faucardement doivent être rejetés sur les berges pour y être enlevés ou détruits. En aucun cas, ils ne doivent être rejetés dans les fossés où ils risquent de former, en raison de leur volume, de sérieux obstacles à l'écoulement des eaux, voire d'obstruer les ouvrages de franchissement de faible section.

Le faucardement est à faire en principe une fois par an, à l'approche de la saison des pluies. Il peut être effectué de trois manières :

3.1.1 Le faucardement annuel :

Le travail de coupe des herbes nuisibles est effectué à la faux à partir du fond du fossé. Cette manière de faire donne, en l'état actuel des choses, les résultats les plus satisfaisants. Mais elle exige une main d'œuvre telle qu'elle ne peut être appliquée que si elle ne s'oppose pas à des contraintes humaines, sociales et économiques trop pressantes. Aussi, est-elle aujourd'hui abandonnée dans nombre de pays. (POUBELLE, 1994)

3.1.2 Le faucardement mécanique

Il est généralement exécuté à l'aide d'une faucheuse, équipée ou non d'un panier qui ramasse la végétation coupée, ou par une débroussailleuse. Aucun de ces engins ne donne cependant l'entière

satisfaction. Il conviendrait, en effet, qu'en une seule passe l'herbe soit fauchée sur toute l'étendue du lit, pulvérisée et rejetée sur les rives ; une telle machine à notre connaissance n'existe pas encore.

3.1.3 Le faucardement chimique

Ce faucardement peut être efficace et est le moins onéreux, mais présente des dangers pour la santé publique et la pollution. Il est effectué à l'aide de produits désherbants qui doivent être choisis avec la plus grande attention car il est indispensable qu'ils ne soient pas dangereux à l'homme ou à la faune, et qu'ils n'endommagent pas les récoltes. Ces produits doivent être sélectifs afin qu'ils ne détruisent pas la végétation qui assure la stabilité des talus. Pour ces raisons, ce type de faucardement, dont les effets secondaires ne sont pas toujours perceptibles à brève, et même, moyenne échéance, doit être mis en œuvre avec les plus grandes précautions par des spécialistes. Il doit en règle générale être déconseillé.

3.1.4 L'enlèvement des obstacles à l'écoulement des eaux et la réfection des ouvrages

Cette opération a pour objet l'enlèvement des atterrissements et le comblement des affouillements, le dégagement du lit des branches, arbres et détritiques qui l'encombrent, la remise en état des talus érodés, le dégagement des ouvrages de franchissement, etc. Le travail doit impérativement être effectué une fois par an, de préférence avant la saison des pluies. (POUBELLE, 1994)

3.2 Le curage

Le curage a pour objet de débarrasser les fossés des vases dont ils sont envahis, et, s'il y a lieu, des herbes, détritiques et débris de toutes sortes dont l'amoncellement entrave l'écoulement des eaux. Il devient une opération de recalibrage lorsqu'il comprend une réfection des berges défectueuses. Sauf main d'œuvre abondante et peu coûteuse, il est généralement exécuté à la pelle mécanique. Dans certains cas, en particulier lorsque le volume des vases à extraire est peu important, le recours à une cureuse, voire à une suceuse si la teneur en eau des vases le permet, peut être préférable.

Les produits de curage sont déposés en cordon le long des rives des fossés. Riches en azote notamment, ils sont régaliés sur les terres riveraines après dessiccation. La périodicité du curage varie selon la nature des terres, la vitesse d'écoulement et le régime des eaux, le tracé des fossés. Il convient, pour qu'il soit efficace, qu'il soit exécuté sur des sections aussi longues que possible. Pour permettre l'exécution de ces différentes opérations dans des conditions satisfaisantes, il est

utile d'établir le long des rives une servitude de largeur suffisante pour le passage des engins mécaniques. (POUBELLE, 1994)

3.3 Cas du Gharb :

Le Gharb a connu à travers son historique d'aménagement plusieurs étapes voire types d'entretiens, les premiers traitements d'entretiens se faisaient chimiquement par des produits phytosanitaires de type herbicide telles que le Weedazol et le Gramoxone. Ce type de traitement a été mis à l'écart après avoir pris en considération ses risques sur l'environnement et précisément la nappe phréatique et le sol. La deuxième étape qui consistait en un traitement biologique par introduction et élevage des carpes, a montré plusieurs avantages cependant en année hydrologique sèche ces poissons se trouvaient mortes ou bloqués dans les petits ouvrages de franchissements. La dernière étape est celle qui se fait toujours dans la plaine, est le curage mécanique.

3.3.1 Entretien des réseaux d'assainissement au Gharb

En vue de préserver les acquis du programme de curage du réseau d'assainissement réalisé durant la période 2009-2013 ayant concerné un linéaire de 4 508 km pour un montant de 275 MDh, l'ORMVAG poursuit depuis 2013 la conclusion de marchés cadre tous les 3 ans pour un montant annuel de 21 MDh afin d'assurer l'entretien permanent de ce réseau. Les réalisations sont les suivantes :



Figure 13 : Réalisations en matière de curage du réseau d'assainissement (ORMVA, 2016)

Ces réalisations ont permis d'éviter efficacement les inondations au niveau du périmètre au cours des années 2013 et 2015 malgré les précipitations importantes enregistrées à l'amont et à l'aval du périmètre.



Figure 14 : Chantiers de curage des canaux d'assainissement (ORMVA, 2016)

3.3.2 Création et remise en état des ouvrages des réseaux d'assainissement :

Suite à la réalisation du curage des réseaux d'assainissement, un besoin important a été constaté en matière de création et d'entretien d'ouvrages de franchissement. Les réalisations sont comme suit :

- En 2013 : 2 dalots et 35 passages busés ;
- En 2014 : 11 dalots et 31 passages busés ;
- En 2015 : 1 dalot et 92 passages busés.
- En 2016 : 13 passages busés et 01 ouvrage d'irrigation. (ORMVA, 2016)

Partie II METHODES ET MATERIELS

Chapitre 1. Démarche méthodologique

1.1 Revue bibliographique

Cette partie est présentée sous la forme d'une synthèse bibliographique sur tous les concepts introduit dans la problématique de la recherche.

En se basant sur différents ouvrages et de thèses précédemment rédigé, on a pu décrire le cadre général de la recherche, en présentant la zone du Gharb ; son découpage administratif ; son climat, ainsi que sa pédologie. De là, on a traité la géomorphologie de la plaine du Gharb en étudiant sa morpho-structure. Enfin, on s'est intéressé à la zone côtière, tout particulièrement, ses attributs géographique, climatique et pédologique, avant de finir sur l'historique de l'aménagement de la plaine ainsi que ses attributs en termes de dimensionnement et d'ouvrage dans le but de poser les bases pour cerner le fonctionnement actuel du système d'assainissement.

Dans le dessein d'éviter toute ambiguïté en ce qui concerne les définitions des termes utilisés, l'on fait en sorte de fournir une définition exacte à chacun de ses derniers dans la partie bibliographique du document.

1.2 Phase empirique

1.2.1 Observations

Il est de connaissance commune que la manière la plus simple de recueillir des informations sur une zone géographique est d'en observer le paysage. Cela permet d'en délimiter les caractères principaux et, potentiellement, indiquer l'existence d'irrégularités dans le fonctionnement des systèmes en place, et/ou d'incohérence avec les données bibliographiques récoltés.

1.2.2 Enquêtes exploratoires

Les observations permettent de se faire une idée globale sur la situation réelle sur site, depuis laquelle l'on peut émettre des hypothèses sur le fonctionnement du système étudié. Ici, l'on a pu observer l'existence de pratiques de prélèvements d'eau pour l'irrigation au niveau des canaux d'assainissement, ce qui nous a poussés à vouloir étudier ces interactions avec le système. Pour cela et à cette fin, l'on a établi des fiches d'entretiens pour enquêter auprès des agriculteurs de la région afin de se faire une idée plus précise sur la nature de ses interactions et leurs motivations.

1.2.3 Choix de l'échantillon

Les agriculteurs enquêtés ont été choisis au fil de l'eau du réseau d'assainissement. En effet, la méthode choisie afin de déterminer qui sonder a été comme suit :

- 1- Se rendre sur le terrain et suivre les canaux étudiés afin relevé tout matériels ou activités de prélèvement le long de ces derniers
- 2- Prendre note de ces activités et/ou matériels et de leur géolocalisation
- 3- Remplir une fiche d'entretien avec le ou les agriculteur(s) concerné(s) par ces matériels/activités.

1.2.4 Dénomination du document de dépistage

Il est important de noter ; qu'étant donné la nature informelle des activités de prélèvement relevées au niveau des canaux, établir des fiches d'enquête se révélerai être un obstacle à la coopération des agriculteurs concernés. Par conséquent, on a choisi d'employer « des fiches d'entretien », plutôt que « des fiches d'enquêtes ». Ainsi, on s'est assuré d'avoir des informations fiables puisque les identités de leurs sources sont, dans ce cas-ci protégées (Voir Annexe II : Fiche d'entretien).

Chapitre 2. QGIS - GRASS et extraction des modèles hydrologiques spatialisés

2.1 Introduction

Un logiciel libre est un logiciel dont l'utilisation, l'étude, la modification et la duplication en vue de sa diffusion sont permises, techniquement et légalement. Ceci afin de garantir certaines libertés induites, dont le contrôle du programme par l'utilisateur et la possibilité de partage entre individus (Wikipédia, 2015). Les logiciels libres couvrent aujourd'hui un très large spectre de besoins fonctionnels et techniques. Il est désormais commun de considérer que tout système d'informations peut-être constitué en totalité ou en grande partie avec des logiciels libres.

Dans le domaine de la gestion de la donnée géographique, l'offre des logiciels libres propose plusieurs Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour répondre aux différents besoins liés à ce domaine. Les Modèles Numériques de Terrain (MNT) occupent une place importante comme couche d'information utilisée par ces logiciels pour l'étude des événements géographiques et environnementaux. En effet, les logiciels SIG libres disposent de plusieurs outils de production et d'exploitation des MNT. Ces outils permettent de produire à partir des données altimétriques de départ un MNT en considérant différentes méthodes d'interpolations. Ils permettent aussi d'extraire à partir d'un MNT un grand nombre de produits dérivés, notamment la pente, l'exposition, la carte d'inter-visibilité, l'ombrage, le réseau hydrographique, etc.

QGIS est un logiciel SIG libre multiplateforme dont le développement a débuté en mai 2002 par la fondation Open Source Géospatiale (OSGeo) comme logiciel de cartographie et s'est développé au fil des années pour s'imposer parmi les logiciels de SIG les plus performants. Ce logiciel est de plus en plus utilisé dans la modélisation numérique de terrain grâce aux différentes fonctionnalités dont il dispose.

Aussi, vu son niveau de maturité et ses avantages considérables allant de l'ouverture et la gratuité à la possibilité de participer au développement des codes source, plusieurs établissements publics et privés dans différents pays du globe ont décidé d'adopter ce logiciel de manière officielle.

2.2 Choix du logiciel utilisé

La solution logicielle libre choisie dans cette étude est le logiciel QGIS, pour les raisons suivantes :

- Un bon nombre de structures (publiques ou privées) se dotent de QGIS dans le cadre de leurs activités. Beaucoup d'entre elles délaissent même les produits des principaux éditeurs commerciaux de logiciels du marché pour se mettre à QGIS.
- QGIS est un logiciel libre (sources de développement de QGIS mises à disposition de chacun). Il bénéficie d'une ergonomie proche de logiciels propriétaires ; ArcGis ou SuperGIS.
- QGIS évolue et s'améliore en permanence grâce à la mise à disposition de plugins personnalisés (Python ou C++). En plus QGIS propose des centaines d'extensions développées par les utilisateurs pour étendre ses fonctionnalités.
- QGIS n'est pas un outil en soi, mais est également une passerelle vers des outils collaboratifs (OpenStreetMap, etc.). Il intègre également de nombreux outils issus des logiciels GRASS, SAGA, et la bibliothèque Orfeo spécialisée

2.3 Les modèles numériques de terrain

Un modèle numérique de terrain peut être défini comme un ensemble de données altimétriques décrivant la forme de la surface topographique, inscrites dans un fichier de valeurs numériques, enregistrées sur un support informatique exploitable par ordinateur). En principe, le terme MNT désigne un modèle de terrain global qui, en plus de l'altitude, peut inclure la description d'autres caractéristiques du terrain telles que la pente, exposition, etc. Ceci explique le fait que l'appellation « Modèle Numérique d'Altitude » (ou MNA) est préférée par certains auteurs pour désigner des modèles contenant uniquement des données altimétriques.

2.3.1 MNT utilisés :

L'élaboration de MNT à partir de couples stéréoscopiques d'images satellitaires se base sur les techniques de photogrammétrie de manière similaire à l'exploitation de couples stéréoscopiques de photographies aériennes. Elle s'effectue en deux étapes : d'abord, on effectue des prétraitements des images, correction radiométriques et géométriques des images, ensuite on établit une correspondance entre les pixels homologues des deux images stéréoscopiques pour pouvoir déduire les parallaxes et par la suite les altitudes.

Les corrections radiométriques sont des corrections des données visant à déterminer les luminances vraies et à réduire les bruits des systèmes d'acquisition et les effets de l'atmosphère.

Les corrections géométriques consistent à éliminer les distorsions dues au satellite, au capteur et à la terre (rotation, courbure et relief).

Le MNT utilisé est obtenu à partir des images satellitaires RASTER extraites à partir du modèle numérique de terrain global (ASTER GDEM), elles sont gratuites sur le site de l'institut d'études géologiques des États-Unis.

2.4 Démarche

Le présent travail consiste à utiliser les outils de production et d'exploitation des MNT disponibles sous QGIS. L'utilisation de ces outils englobe la réalisation de deux tâches importante :

- Production et correction des MNT : Cette étape consiste à évaluer et corriger la qualité géométrique des MNT produits à partir d'un semis de point par différentes méthodes d'interpolation disponibles dans le logiciel QGIS.
- Exploitation des MNT et extraction des sous-bassins versants : Cette étape consiste à produire plusieurs dérivés extraits par QGIS à partir d'un MNT donné, à savoir : Les bassins versants, les courbes de niveau, le réseau hydrographique, la carte de pente, la carte d'orientation et la carte d'ombrage.

2.5 Synopsis de la démarche :

La première étape consiste à paramétrer Grass en délimitant une zone de travail à partir de la base de données complète du réseau hydrographique marocain. Puis à modifier le MNT en supprimant les cuvettes et en le sur-creusant suivant le tracé des cours d'eau de la description vectorielle 3D (structurée en objets) des éléments du territoire et de ses infrastructures,

Les fichiers obtenus seront exportés de Grass au format vecteur pour être utilisés dans Qgis. Les étapes seront comme suit (voir annexe 1 : étapes détaillées du traitement) :

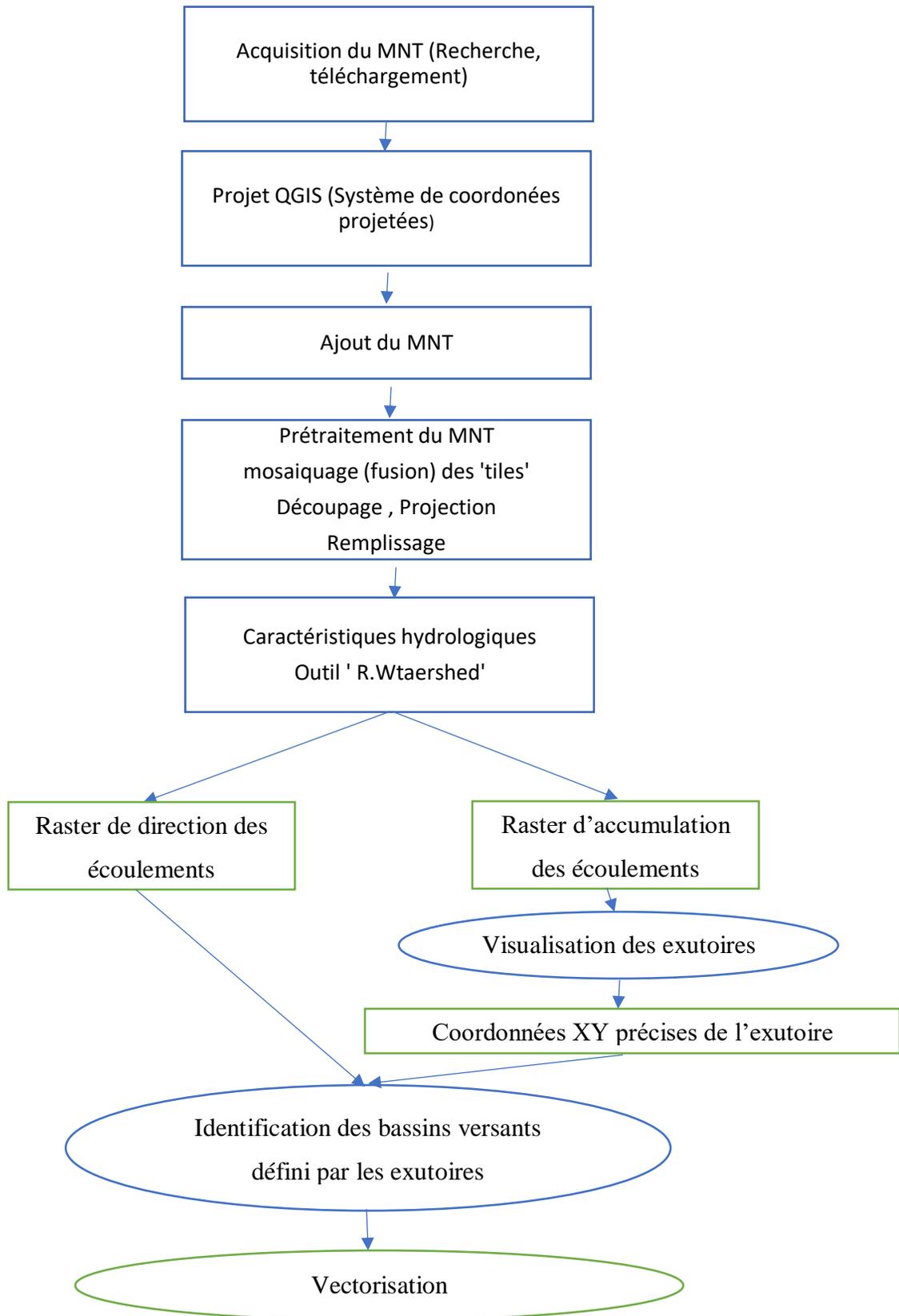


Figure 15 : Schéma des opérations pour la délimitation d'un bassin versant à partir d'un MNT

2.6 Contraintes et limitations

L'indisponibilité et le manque des bases de données complètes des différentes couches topographiques ou hydrographiques concernant le territoire géographique Marocain et son aménagement, crée une incertitude autour de l'origine et la précision de ces derniers. Néanmoins, le progrès technologique des extensions de Q-gis nous permet d'avoir en continu des outils d'évaluation afin de garder la précision nécessaire au bon fonctionnement du traitement.

Partie III RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre 1. Traitement semi-automatique des données MNT, extraction des Sous-bassins versants de la zone côtière du Gharb

1.1 Introduction :

Ce travail consiste en l'exploitation du MNT téléchargé sur internet, qui sera assujéti à un ensemble de traitements en se servant du logiciel Qgis-Grass pour aboutir à une discrétisation des bassins. Mais, avant de commencer l'analyse hydrologique à proprement parlé, en fonction du type de données d'altitude en format raster dont on dispose, quelques opérations (ou « prétraitements ») sont nécessaires.

1.2 Correction du réseau hydrographique

Le MNT 30m téléchargé ne donne pas un réseau hydrographique correct donc il était nécessaire de procéder à la correction des cours d'eau en utilisant Google Earth. Ces cours d'eau sont tracés manuellement.

Le réseau hydrographique obtenu par le traçage sur Google Earth est le suivant :

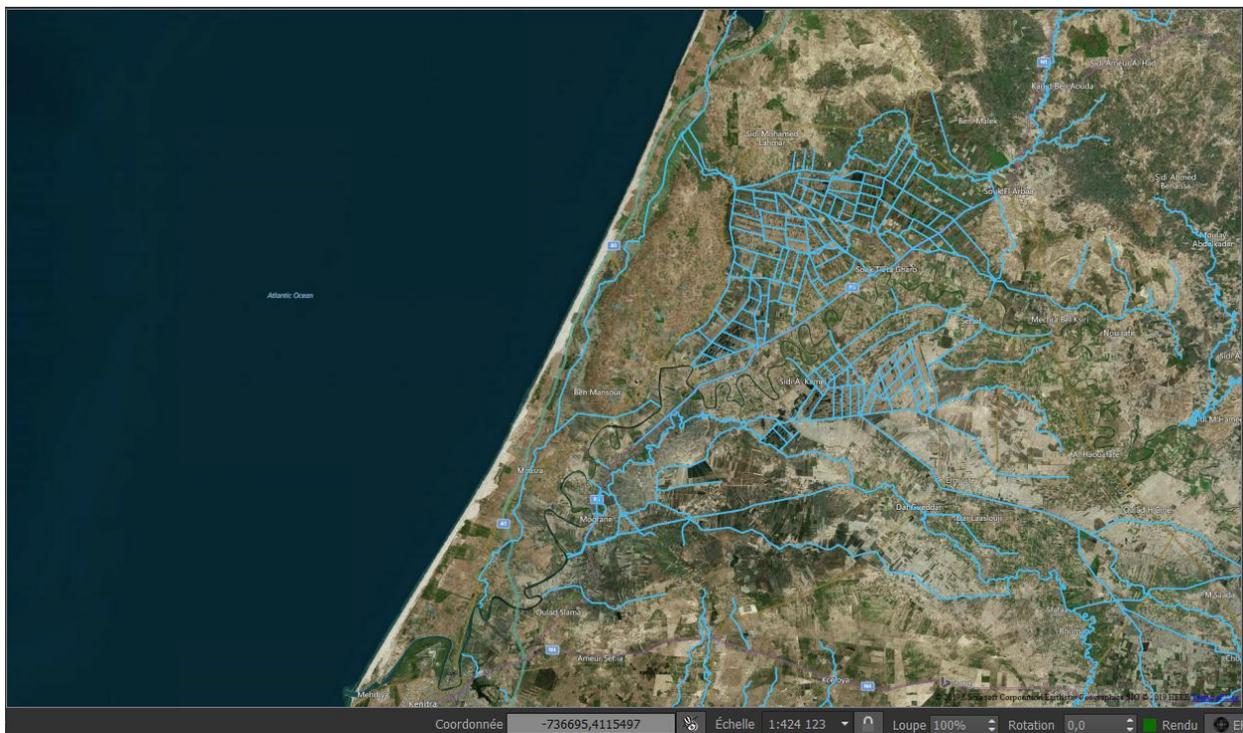


Figure 16 : Réseau hydrographique de la zone d'étude, tracé sur Google Earth

1.3 Procédure de schématisation des bassins

Cette procédure consiste en la réalisation d'un ensemble d'opérations sur le modèle numérique du terrain de la zone d'étude pour schématiser notre modèle de bassin (figure 17).

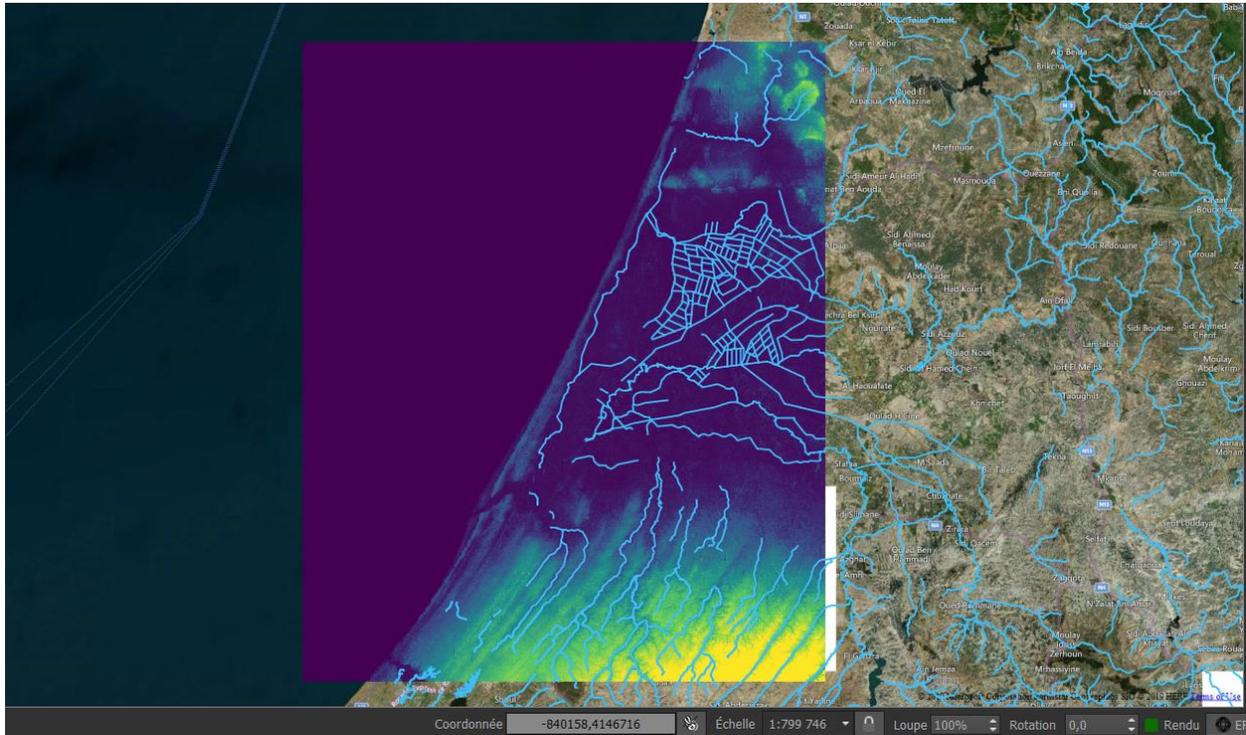


Figure 17 : MNT de la zone côtière

Toutes les étapes de prétraitement doivent être complétées avant l'utilisation des fonctions de traitement du bassin versant. Ces étapes sont :

- Correction du MNT par la superposition des principaux cours d'eaux avec le Module Numérique du Terrain (DEM Reconditioning) : Elle consiste à imposer au MNT les cours d'eau tracés sur Google earth.
- Correction du MNT (Fillsinks) : Elle consiste à corriger le MNT Brute dans le but d'assurer un remplissage de zones potentielles d'accumulation des eaux et de faciliter le ruissellement. L'application de ce processus est indispensable dans la chaîne d'extraction des paramètres hydrologiques, car il facilite la détermination du sens de coulement. Ce module utilise un algorithme proposé par Wang & Liu pour identifier et combler les dépressions de surface dans les modèles altimétriques numériques.

La méthode a été améliorée pour permettre la création de modèles de d'altitude du son hydrologique, c'est-à-dire non seulement pour remplir la ou les dépression (s), mais également pour préserver une pente descendante le long du chemin du flux. Ceci est réalisé en préservant un gradient de pente minimum (et donc une différence d'altitude) entre les cellules.

- Détermination du sens d'écoulement (Flow direction) : Elle a nécessité en entrée le MNT corrigé ci-dessus. Elle génère en sortie une grille de même pas que le MNT brute, tout en donnant pour chacun de ces éléments la direction que prendrait une goutte d'eau tombée dessus. Cet outil se sert d'une surface comme entrée et génère un raster représentant la direction du flux sortant de chaque cellule. Si l'option Output drop raster (Raster de suppression en sortie) est sélectionnée, un raster en sortie est créé ; il représente le rapport de la variation maximale d'altitude à partir de chaque cellule dans la direction du flux sur la distance du trajet entre le centre des cellules, exprimé en pourcentage. Si l'option Force all edge cells to flow outward (Forcer l'écoulement vers l'extérieur sur les quatre tronçons) est sélectionnée, toutes les cellules situées au bord du raster de surface s'écouleront vers l'extérieur. Il y a huit directions en sortie valides relatives aux huit cellules adjacentes dans lesquelles le flux peut circuler. Cette méthode est généralement appelée « modèle de flux à huit directions (D8)

- Détermination de l'accumulation des écoulements (Flow accumulation) : l'accumulation de l'écoulement détermine le nombre de cellules ascendantes s'écoulant dans une cellule donnée. Elle permet la définition du réseau hydrographique qui résulte de la classification de toutes les cellules dont l'accumulation est supérieure à un certain seuil. Naturellement, les cellules présentant des altitudes élevées ou celles situées au niveau de sources des cours d'eau possèdent des valeurs faibles. Par contre, celle situées dans les embouchures ou confluences ont des valeurs élevées puisqu'elles réceptionnent l'ensemble des eaux générées par les bassins.

- Définition du cours d'eau (Stream définition) : A partir de la grille de l'accumulation des flux, la fonction Stream Définition permet de sélectionner les cellules dont les valeurs sont supérieures à un certain seuil. Cette fonction nécessite donc en entrée la grille de l'accumulation des flux et le seuil minimal. Le résultat obtenu est un raster

binaire, dans lequel les valeurs 0 représentent les cellules dont l'accumulation des écoulements est inférieure au seuil, et 1 sinon.

- Segmentation du cours d'eau (Stream Segmentation) : Cette fonction nécessite en entrée le Flow direction et le Stream Définition. Elle va différencier les sections du réseau hydrographique généré précédemment. Toutes les cellules appartenant à un même tronçon hydrographique auront la même valeur numérique.
- Détermination des sous bassins versants (Catchment Grid delineation) : Cette fonction nécessite en entrée le Flow direction et le Stream Segmentation. Elle génère en sortie une grille qui met en exergue les limites des sous-bassins versants pour chaque segment du réseau hydrographique. la valeur de chaque bassin versant est extraite de la valeur de la source dans les données raster ou vecteur de points d'écoulement
- Vectorisation des sous bassins versants (Catchment Polygon Processing) : Cette étape permet convertir le raster précédemment obtenu en un fichier vecteur de type polygone représentant les sous bassins versant.
- Vectorisation du réseau hydrographique (Drainage line Processing) : Cette étape permet de transformer le stream segmentation en une représentation vectorielle de type ligne, dont l'ensemble constitue le réseau hydrographique.
- regroupement des sous-bassins (Adjoint Catchment Processing) : Cette fonction génère le regroupement des sous-bassins versants à l'amont à partir de la classe d'entités des sous-bassins versants (Catchment feature Class).
- la génération de points de drainage (Drainage Point Processing) : Cette fonction permet la génération de points de drainage associés aux sous-bassins. .

1.4 Résultats du traitement du M.N.T

La réalisation de toutes les opérations précitées débouché sur une discrétisation de la zone d'étude en huit sous bassins versants (figure18) et la création de deux fichiers : le fichier Map et le fichier bassin incluent les coordonnées de tout point des lignes de partage des sous bassins, les superficies de chacun d'entre eux et leurs connectivités. Cette extraction est la première à être effectuée dans la zone côtière. Les noms des sous bassins versants de grandes superficies ont été attribués par les lieux ou communes dont ils font partis. Les bassins versants de petites superficies ont été nommés par les codes : BV-4, BV-5, BV-6, BV-7, BV-8.

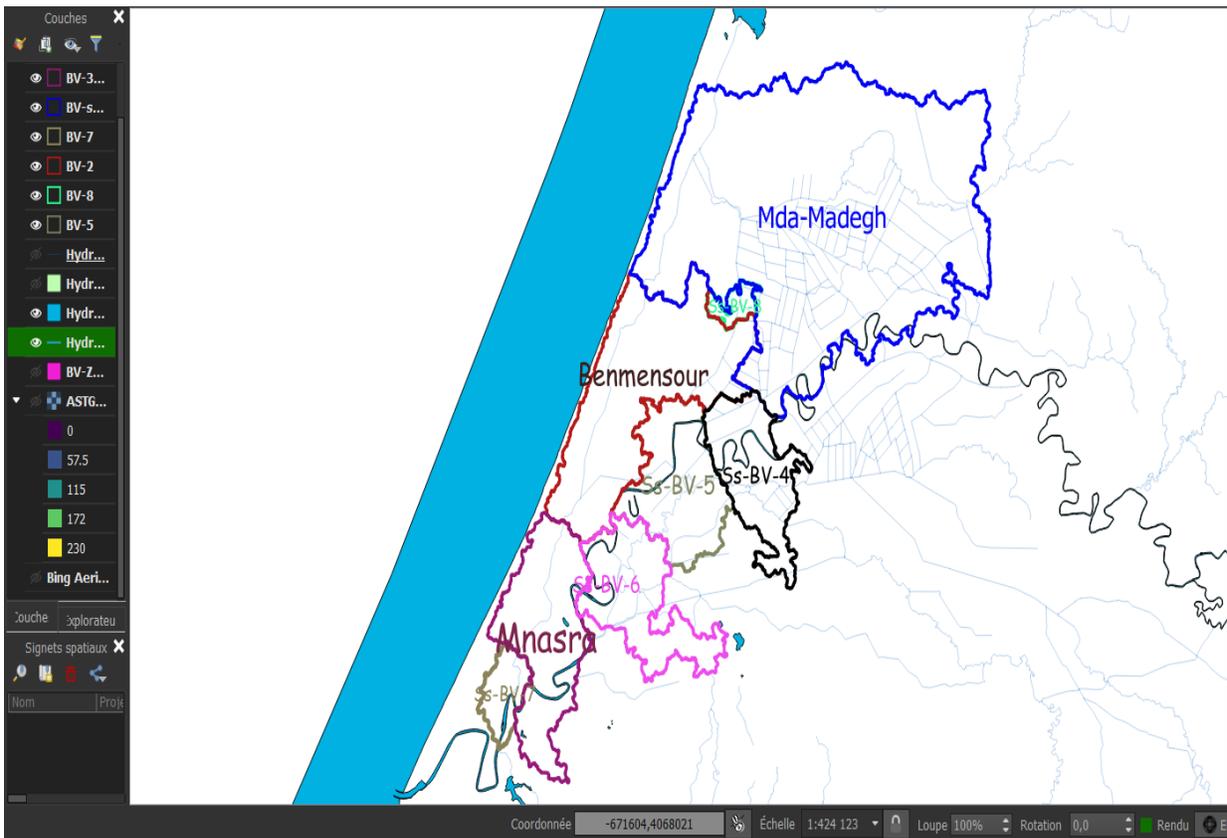


Figure 18 : Les sous bassins versants de la zone côtière du Gharb

1.4.1 Sous bassins versant Mda-Madegh :

Ce bassin versant revêt une grande importance car ce dernier présente le point d'étranglement Segmet, on remarque l'existence d'un sous bassin versant qu'on a nommé sous bassin BV-8 (figure 20). La superficie qui correspond à ce sous bassin est celle drainée par la station d'exhaure d'Ouled Khelifa qui évacue ces eaux vers l'Oued Sebou via le canal CK, et par le canal Segmet bas qui rejoint ensuite le canal Nador assurant la jonction à la Merja Zerga. On pourrait alors ajouter ce sous bassin versant à celui du Mda-Madegh sachant bien que ces derniers ont deux exutoires.

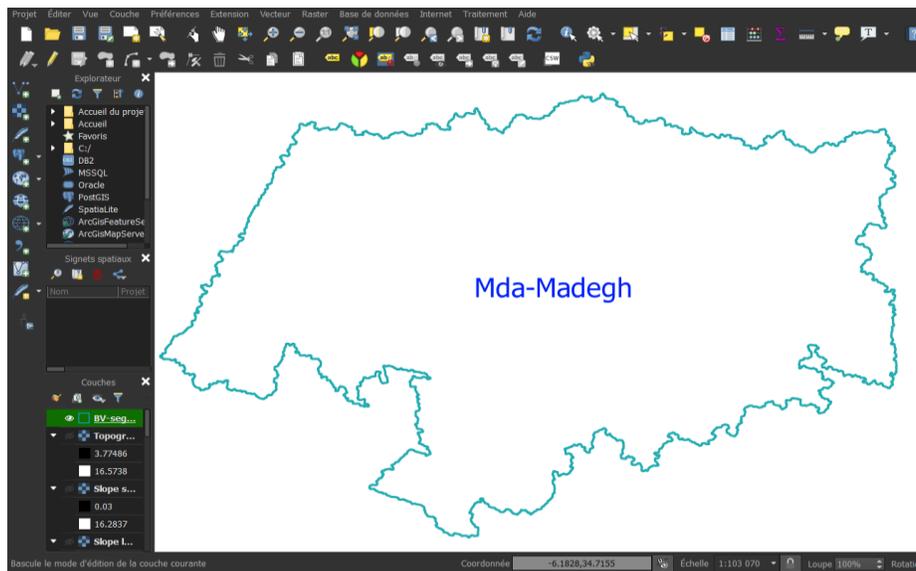


Figure 19 : Sous bassin versant Mda-Madegh

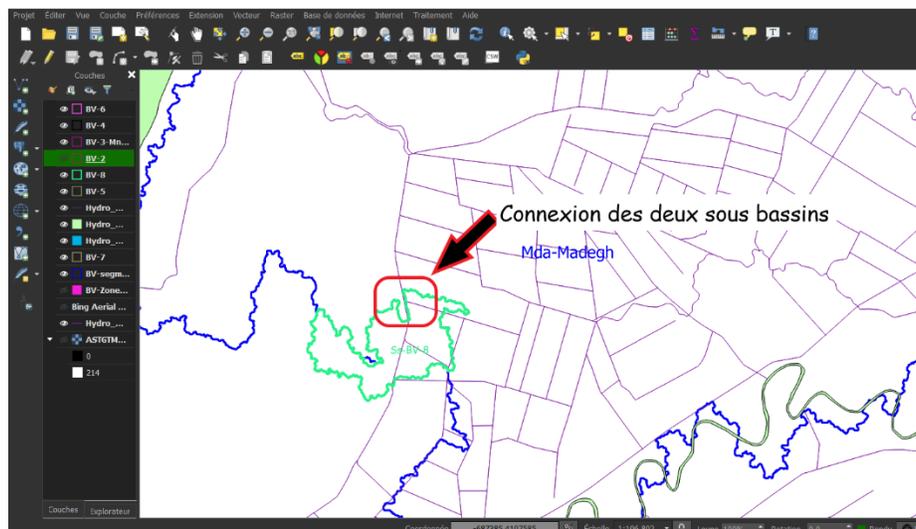


Figure 20 : Connexion des deux sous bassins BV-8 et Mda-Madegh

1.4.2 Sous bassins versant Benmansour et Mnasra

En ce qui concerne l'évacuation des eaux des bassins versants Benmansour et Mnasra, l'assainissement est assuré par le canal Fakroune et le canal F2 (Fakroune 2) jusqu'au bassin versant BV-7 vers l'exutoire à l'Oued Sebou.

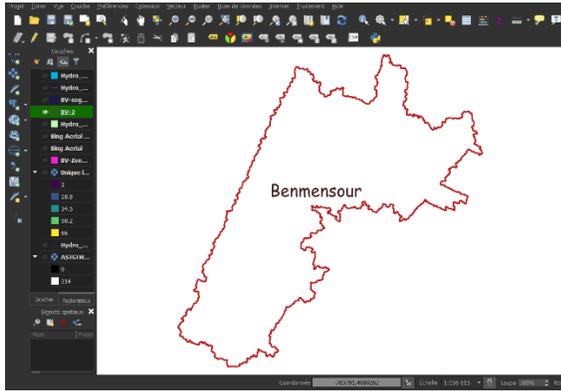


Figure 22 : Sous bassin versant de Benmansour

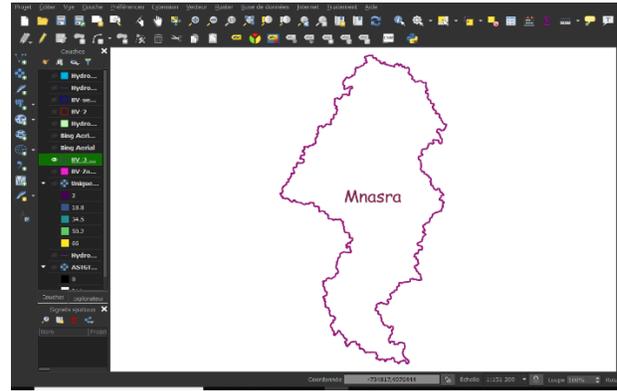


Figure 21 : Sous bassin versant de Mnasra

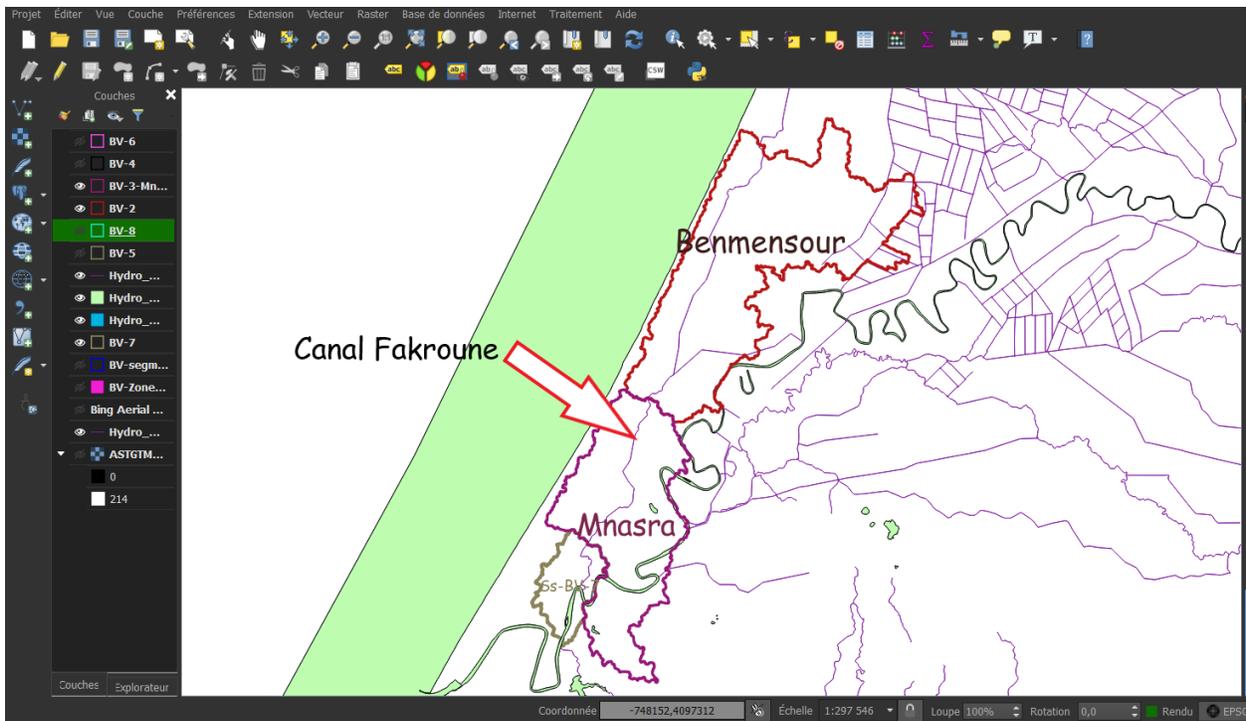


Figure 23 : Connexion des sous bassins Benmansour, Mnasra et BV-7 par le canal Fakroune

1.4.3 Sous bassins versant 4, 5 et 6

Ces trois sous bassins extraits ont la particularité d'être traversé par l'Oued Sebou ce qui veut dire qu'ils sont assainis à travers ce dernier via les canaux Ghoufira, Beht Sebou, T3 et les Oueds Beht et Ziane.

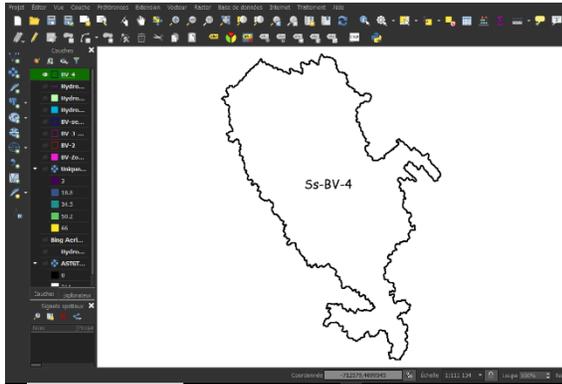


Figure 24 : Sous bassin versant 4

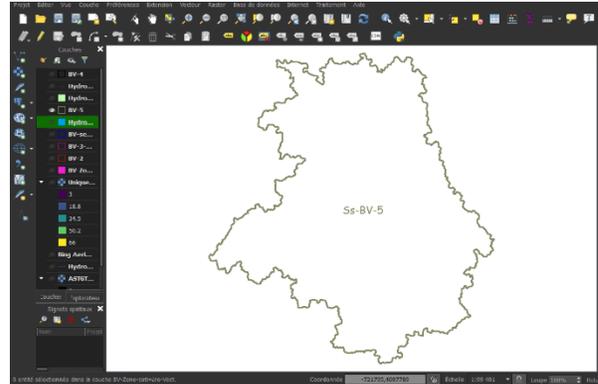


Figure 25 : Sous bassin versant 5

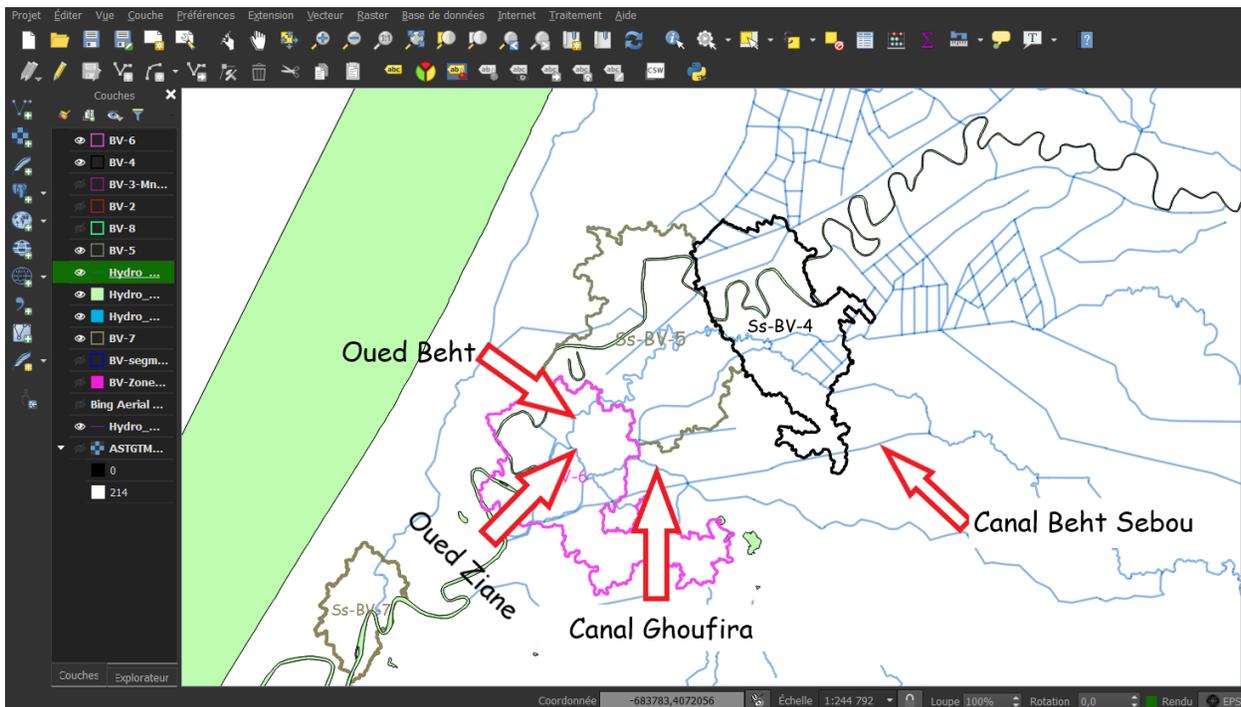


Figure 26 : Connexion des sous bassins BV-4, BV-5 et BV-6

1.5 Synthèse et interprétation des résultats de l'extraction des sous bassins versants :

L'objectif de ce chapitre est la détermination et l'extraction de la répartition spatiale des sous bassins versant de la zone côtière du Gharb, afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces derniers.

D'après ces résultats on peut clairement voir l'indépendance relative des bassins extraits.

Le premier cas était celui du Mda-Madagh qui avait les cotes les plus basses de la zone d'étude, drainant la plus grande surface qui est de 78.000 hectares et présentant le risque le plus élevé d'inondations à cause de tous ces canaux qu'il draine, précisément au point d'étranglement Segmat. Cette liaison des canaux/Oueds et zone humide fait de l'analyse du bassin versant Mda-Madagh un cas très intéressant dans le but de voir son fonctionnement comme étant indépendant des autres sous bassins adjacents.

Concernant les sous bassins Benmansour et Mnasra leurs superficies sont respectivement de 27.000 et 16.600 hectares.

L'extraction du bassin versant Benmansour s'impose comme évidente en raison des deux merjas Sidi Mohamed Benmansour et Daoura qu'il assainit. La superficie de ces deux merjas est estimée à 8000 hectares.

Les sous derniers bassins versants BV-4, BV-5, BV-6 présentent des superficies qui sont respectivement 10.000,13.000 et 12.000 hectares. Le dernier BV-7 faisant pas partie de la zone d'étude et couvrant une petite superficie de 6000 hectares n'a pas été pris en considération.

Chapitre 2. Pompage privé des émissaires d'assainissement au Gharb

2.1 Introduction :

Il est de pratique commune - bien que informelle - chez certains agriculteurs de mettre en place des systèmes de pompage privé aux niveaux des émissaires d'assainissement afin d'irriguer leurs parcelles. Souvent, et particulièrement en zone urbaine, ces derniers mettent en place ces systèmes au niveau de canaux d'assainissement des eaux usées ; pratique dangereuse qui menace la santé des consommateurs finaux de ces produits agricoles.

Ce phénomène est particulièrement intéressant à étudier dans le Gharb où les canaux exploités sont des émissaires d'assainissement où se mêlent eaux résultantes des drainages des parcelles en amont, à l'eau des Oueds.

Afin d'avoir une idée plus précise de ce qui se passe au niveau de ce pompage ; l'on a mené une enquête à l'aide de fiches d'entretien auprès de certains des agriculteurs concernés. Ces dernières révèlent un lien de cause à effet entre les inondations dans la zone et les pratiques en place en ce moment.

La compréhension de ce phénomène s'est avérée indispensable au diagnostic de la relation liant ces systèmes artificiels et les agriculteurs de la région, étant donné le grand nombre de ses pratiquants et l'inexistence de données à ce sujet. Pour ce faire, on a adopté un raisonnement d'analyse par micro-bassins versant – ou bien Oued – pour mettre au point la différence de cette pratique selon un critère spatial.

2.2 Synthèse des fiches d'entretiens du sous bassin Madegh

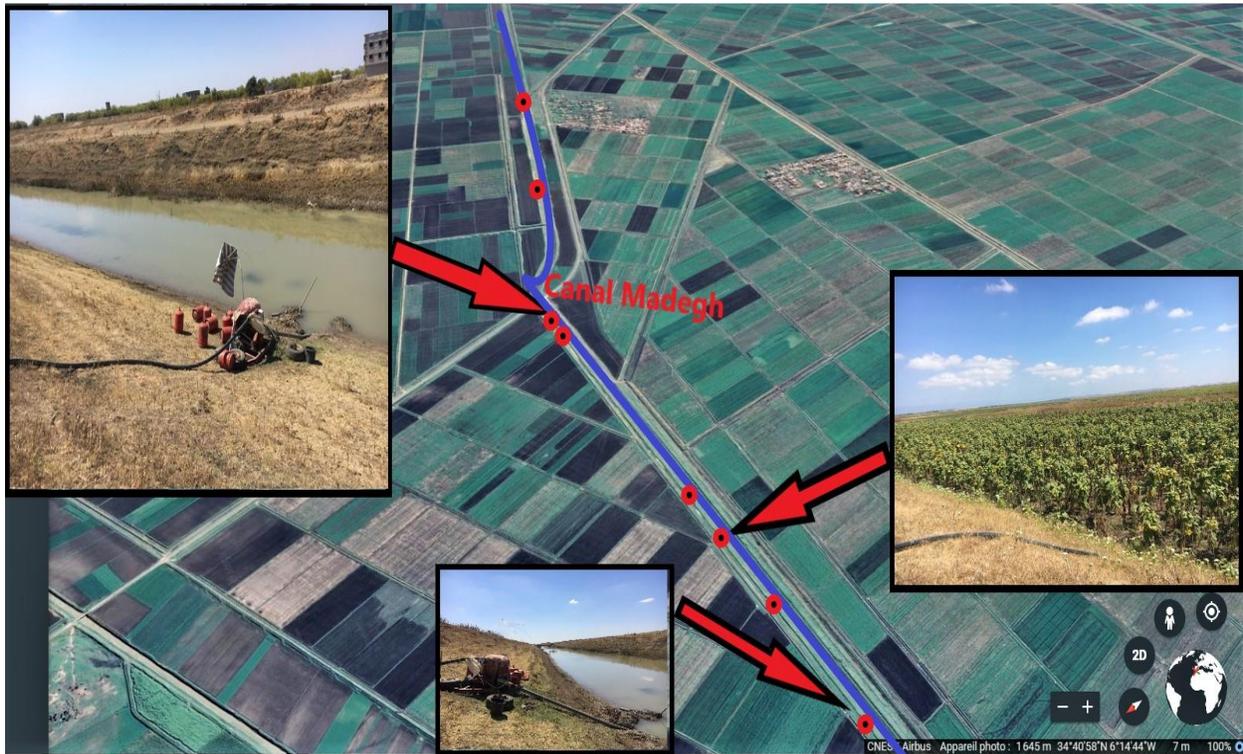


Figure 27 : Carte représentative des sites diagnostiqués du Canal Madegh

Afin de comprendre l'interaction entre les agriculteurs de la région et le sous bassin de Madegh-Mda, on a effectué des entretiens avec ces derniers. Il s'avère qu'il y a en effet utilisation de l'eau d'assainissement pour irrigation le long du canal de l'Oued Madegh. Cette irrigation se fait moyennant un système de pompe à moteur mis en place par les agriculteurs aux points du canal les plus proches de leurs parcelles. Cet intérêt pour ce canal vient de leur évaluation de la qualité de l'eau de ce dernier. En effet le canal comprend de l'eau venant du système de drainage des parcelles avoisinante, ainsi que de l'eau venant du barrage en amont résultant de ses lâchés.

En conséquence, la qualité de l'eau du canal dépend de son débit. Les lâchés de l'eau du barrage diluent la concentration en agents nocifs de l'eau de drainage donnant ainsi une eau de meilleure qualité (selon l'appréciation des agriculteurs), tandis qu'en débit plus faible, l'eau est perçue de bien moindre qualité étant donné sa provenance principale des systèmes de drainages des parcelles en amont. Cette distinction qualitative de l'eau du canal est la raison principale pour laquelle il n'y a, a priori, aucun agriculteur dans la région qui irrigue ses parcelles du canal de l'Oued Mda. En effet, son eau est perçue comme étant de moindre qualité toute l'année et, est donc considérée

impropre à l'irrigation. Il est de connaissance commune dans la région que Oued Mda est continuellement pollué par les déchets des presses à huile en amont d'où le désintérêt des agriculteurs en l'eau de ce canal-là.

Étant donné ce besoin en eau d'irrigation et l'investissement financier que représente la mise en place d'un système à pompe, on a voulu comprendre les raisons derrière ce choix au lieu de l'alternative de creuser un puits. Il s'est avéré que la nappe phréatique est trop profonde pour que les deux options se valent ; un puits reviendrait à un coût bien supérieur au système mis en place en ce moment. En plus de cela, la disponibilité du matériel et les différents ateliers de réparation dans la région - particulièrement à Souk El Had - qui est un centre d'ateliers de réparation, vente et transformation des moteurs gasoils en gaz butane, encouragent les agriculteurs à choisir des systèmes de pompage standardisés. En effet, les agriculteurs, munissent leurs moteurs diesel du système d'alimentation en gaz, sachant que cela revient beaucoup moins cher que le gasoil en termes de coût – minimisation d'à peu près 40% en tout.

L'adaptation des agriculteurs aux crues pour ce qui est des cultures les a poussés à choisir la luzerne et les tournesols, considérés étant les plus résistantes aux crues et à l'engorgement par l'eau. Pour la culture de tournesol la fréquence d'irrigation dépend du stade végétatif, avant la floraison les agriculteurs irriguent 2 à 3 fois par semaine, après la floraison les apports deviennent importants avec une fréquence de 4 à 5 fois par semaine. La durée du fonctionnement des motopompes des agriculteurs par irrigation d'eau est en général de l'ordre de 4 heures. Concernant la culture de luzerne, l'irrigation est faite presque chaque jour avant la floraison.

En ce qui concerne les inondations dans la région, les agriculteurs évaluent la hauteur de ces dernières à plus de 2m (entre 2 et 2.5m) du niveau de l'Oued/Canal Madegh.

2.3 Synthèse des fiches d'entretiens du sous bassin versant Fakroune-Daoura



Figure 28 : Carte représentative des sites diagnostiqués du Canal Fakroun et Daoura

Pour ce qui est de la digue Sidi El Hachemi reliant les deux canaux Fakroun et Daoura, le travail des entretiens a concerné seulement le canal Fakroun puisque en printemps son niveau d'eau est élevé, contrairement au canal Daoura qui d'après la figure ci-dessus est asséché, les points en rouge et noir montrent des traces et conduites déjà utilisées et laissées aux bordures du canal Daoura.

Les différents agriculteurs questionnés avaient un comportement spécial vis-à-vis du pompage en les comparant à ceux des premiers canaux Madegh et Mda. En fait, il s'est avéré que ces derniers pompent du canal en plus de leurs forages installés.

Le pompage du Fakroun était destiné aux parcelles à proximité de ce dernier tandis que les forages satisfaisaient les besoins des parcelles éloignées, le matériel de pompage peut être utilisé par plusieurs agriculteurs surtout pour les familles voisines.

L'introduction des carpes au canal a fait de sorte que les activités de pêche se sont introduites dans la région autour de ce dernier. Ces carpes dont le poids peut atteindre plus de 20 kg selon les pêcheurs aident toujours avec leur pouvoir épuratoire et résistance climatique à traiter ces eaux.

La plupart des agriculteurs ont signalé l'existence d'une nouvelle espèce qui ressemble à un crabe et qui s'enfonce dans le sol avec des profondeurs qui dépassent les 1,5 mètre. Cette espèce n'a encore montré ou causé aucun dégât ni pour le sol ou encore pour les cultures. On croit que son origine est Oued Sebou, à travers la jonction avec le canal Fakroune.

2.4 Synthèse des fiches d'entretiens du sous bassin versant du groupe d'assainissement de la Merja Merktane (désigné par groupe CA-CECK)

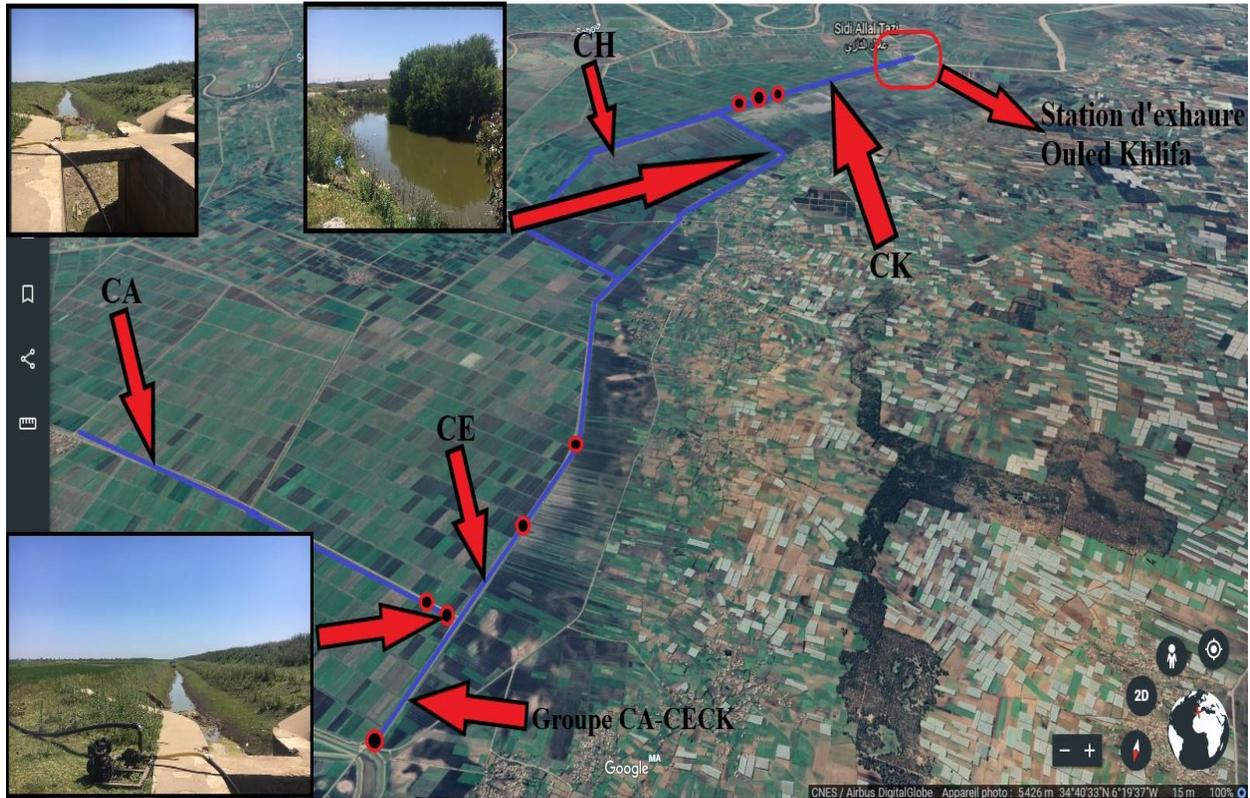


Figure 29 : Carte représentative des sites diagnostiqués du groupe CA-CECK

Le groupement CA-CECK qui assainit la merja de Merktane se caractérise par la diversité de ses canaux (les canaux d'assainissement des secteurs C1, C2, C3, et C4). En fait, les entretiens réalisés dans les canaux CA et CE présentent un pompage saisonnier et mobile selon les hauteurs d'eau remarquées tout au long du canal. Les agriculteurs qui appréciaient la qualité de ces eaux utilisaient le même matériel de pompage, que celui des autres canaux diagnostiqués préparés et vendus à Souk El Had. La grande quantité d'eau presque pérenne au niveau de ce groupement de canaux s'explique par la grande superficie des parcelles qu'il draine (les fossés primaires d'assainissement des secteurs Centre 1, Centre 2, Centre 3, et Centre 4). Pour ce qui est des cultures, les oléagineuses (Tournesol) et quelques légumineuses (haricot sec) sont pratiquées, ce qui diffère légèrement des autres canaux. La partie amont du canal est la plus touchée par les inondations à cause de son rapprochement du point Segmat. Les dégâts signalés étaient bien plus importants au point où cela mettait la vie de quelques agriculteurs en danger.

Le risque d'inondations que ces canaux présentent fait que le comportement des agriculteurs par rapport à ces derniers soit prudent.

Concernant les canaux CH et CK, la station d'exhaure de Ouled Khelifa qui ne fonctionne qu'à un certain seuil d'hauteurs d'eau garantie garantit à son tour un stock d'eau relativement disponible pour les agriculteurs. Les sites diagnostiqués pour ces canaux présentaient des traces du matériel et quelques conduites laissées au bord de ces cours d'eau.

Les petites superficies des parcelles remarquées qui ne dépassaient pas les 0,75 hectares s'expliquent par le fait que ces agriculteurs exploitent ces terres temporairement trouvées vierges.

Les produits de ces parcelles sont destinés au marché local de Sidi Allal Tazi.



Figure 30 : Souk El Had (Ateliers de vente et réparation du matériel de pompage et d'irrigation)

Conclusion générale et Recommendations

La zone côtière du Gharb est caractérisée par une situation de contraste climatique de sécheresse et d'inondations, ce qui demande un aménagement hydraulique prenant en compte à la fois l'irrigation et le drainage-assainissement.

Les Merjas côtières qui forment des zones basses humides dont on redécouvre aujourd'hui l'intérêt, ont été bien connues dans notre culture commune comme des étendues d'eau "plus ou moins stagnantes". A l'échelle internationale, on constate que des pays tels que la Guinée Bissau et l'Indonésie ont recouru au développement agricole de ces zones ou la France qui dispose d'un cadre juridique pour la protection de ces zones. A l'échelle nationale, pour le moment, ces zones n'attirent pas autant d'attention. Pourtant, leur fonctionnement hydraulique joue un rôle majeur dans la compréhension de la dynamique et de la connexion entre ces zones naturelles humides et les secteurs aménagés, en particulier à travers leurs réseaux d'émissaires.

Il existe au Gharb très peu de bassins versant naturellement créés. L'assèchement des merjas, l'aménagement des pentes, le recalibrage des ruisseaux et des rivières pour l'irrigation, et de multiples autres actions menées depuis plus d'un siècle, ont depuis longtemps fortement modifié la répartition spatiale et le comportement hydrologique desdits bassins.

La détermination des sous-bassins versants s'avère être indispensable en tant que première approche pour comprendre leur fonctionnement hydrologique.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail de fin d'études. L'étude a été menée dans le dessein d'élaborer pour la première fois un travail de description et d'analyse du fonctionnement hydraulique du système Merja, en lien avec le réseau de canaux et d'émissaires d'assainissement de la zone côtière du Gharb.

La méthodologie développée au cours de ce travail a été établie afin de rassembler les données spatialisées nécessaires et de cartographier les sous bassins versants de la zone d'étude. De plus, un travail d'enquêtes et des sorties sur terrain ont été menés dans le but de vérifier les données MNT et de faire des entretiens auprès des agriculteurs.

L'extraction faite par traitement des fichiers MNT à travers le logiciel libre Q-gis a permis de discrétiser la zone d'étude en 8 sous-bassins, dont la superficie diffère remarquablement de 6000 à 78.000 hectares, comme le résume le tableau 1.

Tableau 1 : tableau présentant les superficies des sous bassins versants extraits

Sous bassin-versant	Mda-Madegh + BV-8	Benmensour	Mnasra	BV-4	BV-5	BV-6	BV-7
Superficie (Hectares)	78.000	27.000	16.600	10.000	13.000	12.000	6000

Comme il a bien été mentionné, le sous bassin Mda-Madagh présente le cas le plus intéressant à étudier à cause de sa complexité en termes de fonctionnement de son réseau de canaux d'assainissement et le fait qu'il présente le point d'étranglement Segmat, touché le plus par les inondations. Ce sous bassin versant nécessite donc plusieurs études approfondies pour mieux comprendre l'origine du grand risque d'inondations qu'il présente, afin d'en trouver les solutions d'aménagements adéquates.

Les premières sorties de terrains ont pu dévoiler un pompage privé depuis ces émissaires, chose qui nous a poussés à étudier ce phénomène ainsi que la caractérisation de ces exploitations, du matériel de pompage et des prélèvements effectués. D'après nos enquêtes, le comportement des agriculteurs diffère selon l'origine, la situation géographique du canal et le risque d'inondations qu'il présente. En effet, il a été relevé une utilisation très fréquente pour les canaux présentant moins de risque d'inondations à l'instar du Canal Fakroune et Madegh et une utilisation saisonnière dépendant du niveau de l'eau pouvant présenter un risque lors de l'exploitation et pour le matériel de pompage comme c'est le cas pour le Canal Daoura. Certains agriculteurs, dont les parcelles ont une grande superficie, conjuguent à la fois l'eau en provenance des canaux d'assainissement irriguant les cultures à proximité de ces derniers, et l'eau en provenance de leurs forages utilisés pour l'irrigation des parcelles plus éloignées. D'autres exploitants jugent qu'il est plus rentable d'utiliser un matériel de pompage privé directement sur les canaux que de creuser un forage ou un puits.

Le choix d'exploiter et de pomper l'eau à partir d'un canal est fortement lié à la qualité de son eau. En effet, celle-ci est jugée exploitable selon l'origine des oueds/canaux. Quand la qualité de l'eau est fortement dégradée, l'utilisation du pompage à partir des canaux est évitée. C'est le cas du Oued Mda qui accueille les déchets des presses à huile en amont, ou pendant certaines périodes de l'année l'Oued Madagh qui présente une grande concentration en agents nocifs provenant du drainage des parcelles quand le débit est faible en absence des lâchés du barrage. Par contre, quand le niveau de l'eau est stable ou quand les lâchers sont en cours, le pompage privé est plus présent.

En ce qui concerne le matériel de pompage, les moteurs des pompes utilisés sont en réalité des moteurs fonctionnant initialement au gasoil et transformés pour fonctionner au gaz butane. Les agriculteurs s'en procurent facilement à Souk Al Had où ils sont localement transformés. Le tournesol et la luzerne sont les deux cultures qui occupent la majorité des parcelles diagnostiquées, cela revient à leur forte résistance aux cas d'excès ou d'engorgement d'eau.

Le présent travail d'extractions des bassins versants et la compréhension du pompage privé dans la zone a montré que le système Merja- Réseau de canaux et d'émissaires d'assainissement est un objet complexe, répondant à des fonctionnalités multiples, dont le fonctionnement est difficilement observable et qui est soumis à des sollicitations extrêmement diversifiées, spécialement lors des épisodes pluvieux dont les dernières crues reviennent à 2010.

Cette étude n'est qu'une première étape vers une série d'études à envisager à moyen ou à court terme complétant ainsi toutes composantes de ce système Merjas et canaux.

Pour connaître son fonctionnement il est donc en général indispensable que les gestionnaires de l'eau concernés disposent en préalable d'outils de simulation, et ceci quelle que soit sa taille. Disposer d'outils de simulation implique l'utilisation d'un logiciel de simulation du fonctionnement de réseau, de disposer des données décrivant ce réseau, et enfin de disposer de mesures en réseau qui permettent de caler le modèle.

Dans le cas de notre étude, le travail principal était l'acquisition, la structuration et la correction des données numériques ou autres. L'utilisation d'un logiciel, quel qu'il soit, implique en effet d'utiliser un certain nombre de données qui sont notamment le découpage de la surface étudiée en sous bassins versants, les caractéristiques de ces sous bassins versants (surface, pente, mode de

collecte des eaux, etc.), les relevés altimétriques et planimétriques des réseaux et des ouvrages annexes (déversoirs, siphons, ouvrages de stockage, etc.).

Or toutes ces données constituent des éléments de la connaissance du réseau d'assainissement qui sont indispensables pour assurer la gestion de ce dernier.

Un bénéfice important d'une telle étude est donc de disposer de ces données sous une forme informatique facile à stocker, à manipuler et à utiliser. A ce titre l'utilisation d'un système d'informations géographiques (SIG) pour conserver l'information associée au modèle constitue une solution pertinente et efficace.

Au terme de ce travail, plusieurs autres recommandations peuvent être formulées :

- Développer un modèle hydrologique qui permet de connaître à chaque point des bassins versants de la zone côtière du Gharb les débits et les apports d'eau tout en utilisant comme entrée un minimum de paramètres.
- Une modélisation hydrologique plus poussée à travers le calage des autres modèles et la prise en compte de l'écoulement souterrain.
- La mise en place d'un réseau de mesures plus fin pour renforcer la fiabilité des données.
- Des études impliquant l'impact des changements climatiques. En effet, ces changements ne font aujourd'hui plus aucun doute. Des périodes de crues plus fréquentes impliquent des inondations et des submersions plus fréquentes.

Références

Le Coz J., 1964. Le Rharb, Fellahs et Colons. Tome 1, p 90-100.

Belghiti. (2009). Les plan d'economie d'eau en irrigation (PNEEI): une réponse au défis de la rarefaction ds ressource en eau. 34-36.

HCP 2014. « Monographie de la Région du Gharb Chrarda- Beni Hssen (GCBH) ». Disponible sur : <http://www2.actoulouse.fr/mesoe/sommaire/projet/present/projet2/gharbhis.htm>.

Bouhamidi. (1980). Les inondations dans la plaine du Gharb.

Cirac. (1985). Le bassin sud-rifain occidental au Néogène supérieur. Évolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement. Thèse es Sciences, Université de Bordeaux I, France, 283.

GUEDDARI. (1998). L'impact de l'industrie agricole sur l'eau et l'environnement de la région du Gharb.

Étienne. (1993). L'eau et les hommes au Maghreb, contribution à une politique de l'eau en méditerrané.

Leblanc. (1978). Étude géologique du Rif externe oriental au nord de Taza (Maroc). Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc.

Mailhol. (2001). Contribution à l'amélioration des pratiques d'irrigation à la raie par une modélisation simplifiée à l'échelle de la parcelle et de la saison.

Minoia. (2012). Méga-irrigation et néolibéralisme dans les états postcoloniaux : évolution et crise dans la plaine du Gharb, Maroc.

ORMVA. (2011). Etude de faisabilité de l'aménagement hydro agricole de la zone côtière de la Troisième Tranche d'Irrigation du Gharb.

ORMVA. (2016). Rapport de gestion au titre de l'exercice .

Peyrusaube & El Jihad . (2014). Le Gharb : un territoire à l'épreuve du changement climatique

POUBELLE. (1994). Maintenance des réseaux d'assainissement agricole.

Taky. (2008). Maitrise des excès d'eau hivernaux et de l'irrigation et leurs conséquences sur la productivité de la betterave sucrière dans le périmètre irrigué du Gharb (Maroc) : Analyse expérimentale et modélisation Thèse de Doctorat de l'Agro Paris Tech, Paris.

Taky. (2017). Les aménagements hydro-agricoles au périmètre du Gharb.

Tiercelin. (2006). traité d'irrigation. Lavoisier / TECet DOC.

Bouya. 2006. Hydrogéologie et modélisation de l'écoulement souterrain de la nappe côtière des MNASRA. Mémoire des études supérieures approfondies en Géologie appliquée aux recherches hydrogéologiques de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

Agroconcept (1994-95). Etude de l'organisation d'une zone de production et de commercialisation agricoles dans la région du Gharb

Annexe I:

L'outil « r.water.outlet » qui permettra de délimiter les bassins versant particuliers à partir de leurs exutoires nécessite 2 choses :

Un raster de « directions des écoulements » (ou « direction des flux ») (En : « drainage/flow direction ») comme donnée d'entrée

Que l'exutoire soit positionné dans une zone d'accumulation d'eau (une dépression du relief). Ces zones sont identifiées par un raster d'« accumulation des écoulements » (En : accumulation flow).

Ces 2 rasters (« direction » et « accumulation ») sont calculables par l'outil « Boite à outils de traitements > r.watershed ».

- ✓ On utilise l'outil « Commandes GRASS > r.watershed » pour calculer ces 2 rasters (« direction » et « accumulation »).
- ✓ Une description précise de cet outil (en anglais) est disponible dans l'onglet « Help » de la fenêtre de cet outil (il faut être connecté à internet pour accéder à cette aide). Cet outil produit toute une série de rasters. Pour conserver les rasters produits, il faut définir pour chacun des rasters à conserver un répertoire et les nommer. Sinon ils seront temporaires, affichés dans QGIS mais seront effacés après un certain temps.

Le paramétrage nécessaire dans le cadre de ce traitement est :

- ✓ « Elevation » : sélectionnez le fichier MNT à utiliser
- ✓ « Minimum size of exterior basin » : cette valeur doit être supérieure à 0.
- ✓ « Number of cells that drain through each cell » : ceci correspond au raster d'accumulation des écoulements. Indiquez le répertoire et le nom de ce raster.
- ✓ « Drainage direction » : indiquez le répertoire et le nom du raster de direction des écoulements résultant
- ✓ Les autres paramètres peuvent garder leur valeur par défaut.
- ✓ Visualisez les fichiers résultants, en particulier :
 - Le raster de « directions des écoulements » : la couleur des cellules correspond à une direction d'écoulement

Le raster des zones d'« accumulation des écoulements ». L'affichage par défaut de ce raster ne permet en général pas de visualiser clairement les zones d'accumulations. Afin d'améliorer la visualisation de ce raster, on modifie sa symbologie via « Clic-droit sur la couche > Propriétés > Style > Rendu par bande » et ensuite, l'option « Moyenne +/- écart-type » de l'encadré « Charger les valeurs min/max » avec une valeur très faible comme 0.2, on fait l'«Amélioration du contraste » « Etirer jusqu'au MinMax », et on clique sur le bouton « Charger »

Annexe II:

Fiche d'entretien

Zone côtière

Localisation GPS:

A. Structure et fonctionnement de l'exploitation

1-1 Est-ce que l'utilisation de l'eau d'assainissement pour l'irrigation à lieu ?

1-1-1 En quelle période, quelle fréquence et le type de culture ou cette eau est utilisée ?

.....
.....

1-1-2 Description du matériel utilisé (moteur, pompe, système d'irrigation) et taille de la parcelle, heures d'irrigation, mobilisation transport, distribution.

.....
.....

1-1-3 Date d'installation des cultures (lesquelles) ? selon les années hydrologiques.

.....
.....

1-1-4 Les débouchés des produits.

.....

1-2 Quelles sont les parcelles concernées par les inondations ?

.....

1-3 Quelles sont les hauteurs et les étendues remarquées et en quelles année ?

.....

1-4 Les dégâts causés par la pluie et celles par les inondations ?

.....

B. Sous bassins (Assainissement) :

2-1 Quelle est l'origine de l'eau d'assainissement ?

.....

2-2 Régime hydraulique et sa variation pour les canaux et les grands émissaires.

.....

.....

2-3 Qualité de cette eau :

2-4 Le choix entre cette eau et l'option de creuser un puit ?

.....

.....

2-5 Activités autour des canaux d'irrigation et d'assainissement ? (pêche et autres).

.....

2-6 Noms vernaculaires des cours d'eau et des localités dans la région

.....

.....

.....

مشروع نهاية الدراسات لنيل دبلوم مهندس في الهندسة القروي

تحليل العملية الهيدروليكية لنظام الممرجات وشبكة الصرف

الصحي بالمنطقة الساحلية للغرب

المنجز والمقدم علنيا من طرف:

قشّي أنس

امام اللجنة المكونة من :

معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	رئيس	الأستاذ حماني علي
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	مقرّر	الأستاذ مرسل كوبر
المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي للغرب	مقرّر	الأستاذ تاقى عبد الإله
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	ممتحن	الأستاذ تشلّاية
المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي للغرب	ممتحن	الأستاذ عبد الواحد مرشيد