

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



École Nationale Polytechnique

Laboratoire de Recherches Sciences de l'Eau

Département Hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Thème :

**Étude d'exécution de la variante d'Implantation
de deux bassins stockage en vue de la protection
de la zone d'Hussein Dey contre les inondations**

Réalisé et présenté par :

Mlle. BOUKEBOUCHE Ilham

Soutenu devant le jury composé de :

Président: Mme S.BENMAMAR

Pr ENP

Examineur: Mr NAKIB Maamar

MCB ENP

Mr BOUKHARI Abdelkrim

SEAAL

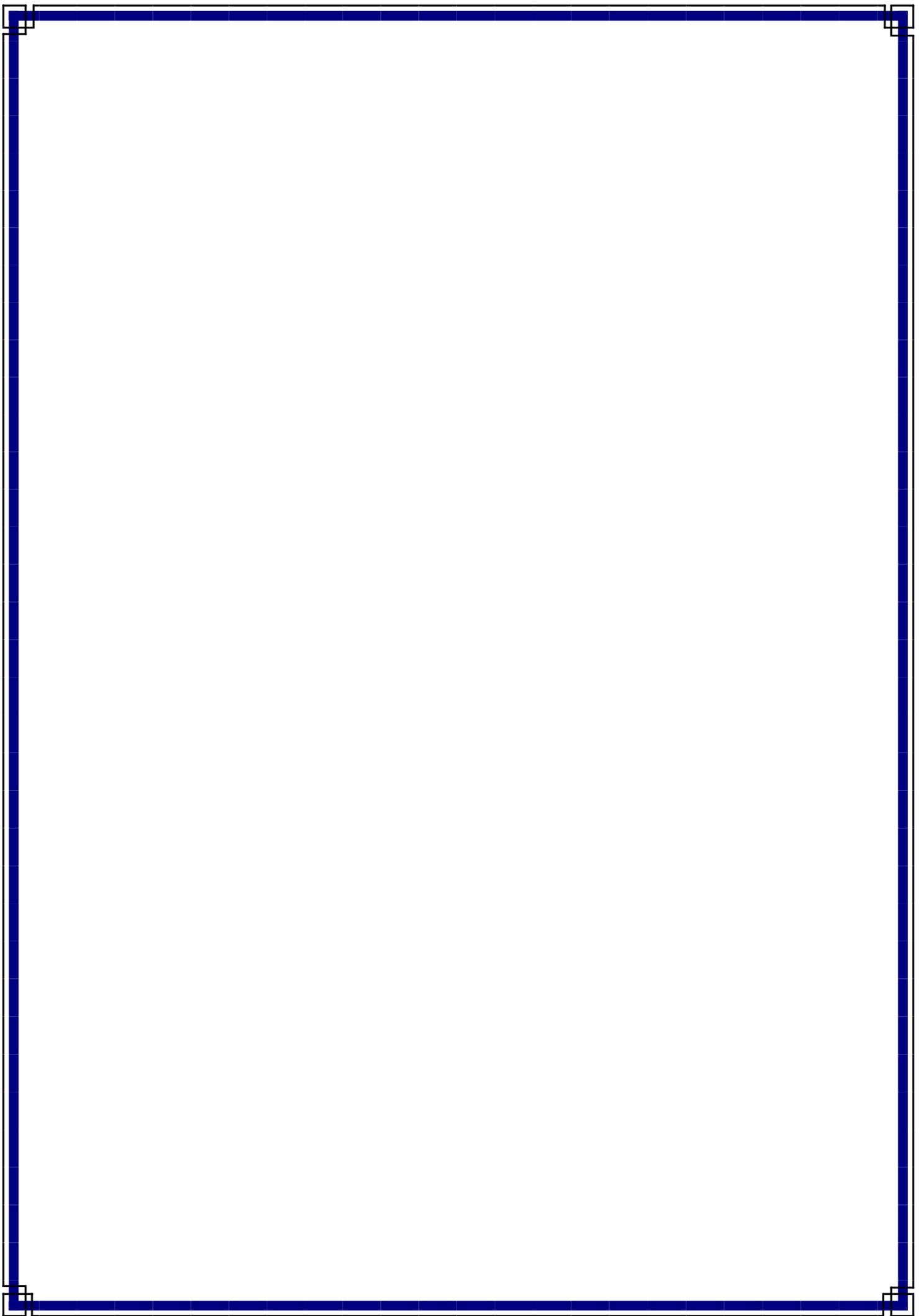
Promoteur: Mr BENZIADA Salim

MAA

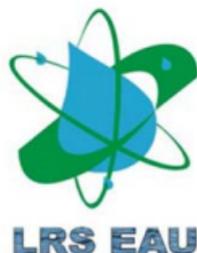
Co-promoteur: Mr KOUIDER Khaled ENP

Promotion 2016

ENP, 10 Avenue HassenBadi, BP.186 EL HARRACH, ALGER



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



École Nationale Polytechnique

Laboratoire de Recherches Sciences de l'Eau

Département Hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Thème :

**Étude d'exécution de la variante d'Implantation
de deux bassins stockage en vue de la protection
de la zone d'Hussein Dey contre les inondations**

Réalisé et présenté par :

Mlle. BOUKEBOUCHE Ilham

Soutenu devant le jury composé de :

Président: Mme S.BENMAMAR

Pr ENP

Examineur:Mr NAKIB Maamar

MCB ENP

Mr BOUKHARI Abdelkrim

SEAAL

Promoteur:Mr BENZIADA Salim

MAA

Co-promoteur:Mr KOUIDER KhaledENP

Promotion 2016

ENP, 10 Avenue HassenBadi, BP.186 EL HARRACH, ALGER

Remerciements

Merci à notre bon Dieu, notre guide, notre force, notre bonheur, et la raison de notre existence. C'est lui qui nous a fait comprendre le but de cette vie, et qui nous a donné le pouvoir d'aimer les gens et d'apprécier les choses. Merci d'être là dans les moments les plus difficiles.

Nos sincères remerciements s'adressent à la Direction Etudes et Projets de la SEAAL qui nous a ouvert un terrain de stage pour concrétiser notre formation d'ingénieur d'état et de master en hydraulique, à nos enseignants qui nous ont accompagnés durant tout notre cursus et ont été plus que généreux dans l'enseignement qu'ils nous ont dispensés.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Mr KOUIDER Khaled de nous avoir fait l'honneur de nous encadrer et pour sa disponibilité au cours de toute la période de notre travail durant laquelle il nous a orienté avec ses conseils judicieux et ses critiques constructives.

Nous remerciant Mr BENZIADA Salim qui nous a encadrés pour ce travail, et n'as ménagé aucun effort avec ses conseils pertinents.

Nous remercions également les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Enfin, nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont contribué par leurs conseils et leurs encouragements à l'aboutissement de ce travail.

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance...

***A** la prunelle de mes yeux, celle qui m'a soutenu jour et nuit pour qu'elle me voit toujours au sommet, comme une étoile filante : **À** toi ma chère **MAMA**. La langue française n'est pas assez riche pour me permettre de t'exprimer toute ma gratitude.*

***A** la personne la plus chère à mon cœur, mon **PAPA** qui m'a soutenu tout au long de mon cursus avec ses précieux conseils, ses encouragements et ses sacrifices. Que dieu vous garde parmi nous.*

***A** ma très chère sœur, **BOCHRA**. Merci pour le soutien que tu m'as apporté, pour ta patience et pour ton aide.*

***A** ma petite sœur **SELSABIL** mon cœur.*

*A mes très chers frères **ABDOU, SALAH, OUALEED, CHOUAIB** Merci pour votre aide.*

***À** Mon binôme **Asma** avec qui j'ai partagé des moments difficile ;*

***À Soumia** ma troisième sœur, qui m'a été très utile le long de ce travail ;*

***ASelma** et **Nadjwa, Souad**, qui ont toujours été mon point d'appui et qui m'a bien supporté durant les moments de détresse.*

*A la fille la plus chaleureuse, la plus ravissante, **Laali**, Merci pour ton aide.*

***A** ma petite **Nesrine**, mon meilleure amie, la fleur d'Alger*

***À** mes puces : **Sonia, Mimi, Nawel, Nardjes, Zahra, Hadjer** ;*

*Sans oublier la **Directrice** de la résidence d'El ALIA ;*

***Ames** très chère amie : **Mima, Fati, Sara, Rania, Manel, Nessrin, Abeer** ;*

*A tous mes frères de la promotion Hydraulique 2015-2016, plus
précisément : **Housseem, Oussama, Amine, Tarik, Abdou, Nabil,
Kahina, Meriem, Chaïma, Toufik,***

*A tous mes collègues de l'Ecole Nationale Polytechnique d'El Harrach
plus précisément la promotion **2013-2016.***

BOUKEBOUCHE ILHAM

ملخص

منطقة حسين داي تعاني من الفيضانات المتكررة كل عام، يتمحور مشروعنا على دراسة تنفيذ البديل رقم 5

مجال حسين داي يواجه فيضانات متكررة في كل عام، يركز مشروعنا على دراسة تنفيذ البديل رقم 5 (تركيب اثنين من برك التخزين).

العمل الحالي هو دراسة جدوى هذا البديل المقترح في الدراسة النهائية للمشروع لدينا بعنوان "نمذجة الصرف الصحي حوض الصرف من حسين داي في حماية المنطقة السفلى (شارع طرابلس) ضد الفيضانات". والهدف من ذلك هو تحديد المعوقات تنفيذ هذا البديل، وكذلك التحقق من الشروط لتنفيذ أعمال مختلفة.

كلمات مفتاحية: الفيضانات، البديل، برك التخزين، المعوقات.

Abstract

The area of Hussein Dey undergoes frequent floods each year, our project carries on the study of the network of cleansing this city.

The area of Hussein Dey experiences frequent floods every year, our project focuses on the study of implementation of Variant N°5 (installation of two storage ponds).

The present work is to study the feasibility of this alternative proposed in our final project study entitled "Modelling sewerage draining the watershed of Hussein Dey in the protection of the lower area (Rue Tripoli) against flooding". The objective is to identify implementation constraints of this variant as well as the verification of conditions for carrying out various works.

Keywords : floods, variant, two storage ponds, constraints.

Résumé

La zone d'Hussein Dey subit des inondations fréquentes chaque année, Notre projet porte sur l'étude d'exécution de la variante N°5 (implantation des deux bassins de stockage).

Le présent travail consiste à étudier la faisabilité de cette variante proposée dans notre projet de fin d'étude intitulé « Modélisation du réseau d'assainissement drainant le bassin versant d'Hussein Dey en vue de la protection de la zone basse (Rue Tripoli) contre les inondations ». L'objectif est de pouvoir identifier les contraintes de mise en œuvre de cette variante ainsi que la vérification des conditions de réalisation des différents ouvrages.

Mots Clé : les inondations, variante, bassins de stockage, les contraintes.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements

Dédicace

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Présentation de la zone d'étude

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....10

1. Description de la variante retenue.....11

1.1 Tracé des aménagements proposés11

1.2 Rappel des principaux résultats de simulation.....13

a. Résultats de simulation du réseau existant.....13

b. Résultats de simulation après l'implantation des bassins.....15

2. Contraintes de mise en œuvre.....19

a. Faible dénivelée.....19

b. Traversée du Tramway.....19

c. Nature du sol.....19

2.1 Prise en charge des contraintes.....19

2.1.1 Étude géotechnique.....19

i. Les essais d'identification.....20

ii. Analyse des données.....21

iii. Résultats des essais.....23

2.1.2 Augmentation de l'hydraulicité des canalisations (Utilisation du PRV
(Polyester Renforcé de fibres de Verre,)25

3. Phases d'exécution.....27

3.1 Reconnaissance du terrain (identification des réseaux
divers).....27

3.2 Fonçage.....28

3.3 Renouvellement du collecteur Boudjmaa
Moghni.....29

3.4 Réalisation des bassins.....31

4. Devis estimatif et quantitatif.....32

4.1 Renouvellement du collecteur BoudjmaaMoghni.....32

4.2 Détermination des différents volumes.....32

4.3 Estimation du coût total du projet.....35

CONCLUSION GÉNÉRALE.....35

Bibliographie36

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : tracé de la variante des deux bassins de stockage.....	12
Figure 1.2 : tracé de la variante des deux bassins de stockages.....	12
Figure 1.3 : tracé de la variante des deux bassins de stockage sur MIKE URBAIN..	13
Figure 1.4 : Niveau d'eau max dans les collecteurs Tripoli et Bounafaa T=2 ans....	14
Figure 1.5 : Niveau d'eau max dans le collecteur Boujamaa Moghni T=2 ans.....	15
Figure 1.6 : Niveau d'eau max dans le premier bassin projeté (T=10 ans).....	16
Figure 1.7 : Niveau d'eau max dans le collecteur Tripoli (T=10ans).....	16
Figure 1.8 : Niveau d'eau max dans le deuxième bassin projeté (T=10ans).....	17
Figure 1.9 : Niveau d'eau max dans le collecteur Tripoli (T=10 ans).....	17
Figure 1.10 : Niveau d'eau max dans le premier bassin projeté (T=20 ans).....	18
Figure 2.1 : les positions des sondages carottés et les SPT effectués.....	21
Figure 2.2 : Coupe géotechnique de la région d'Hussein Dey.....	23
Figure 2.3 : Canalisations en PRV.....	26
Figure 3.1 : Profil en long du premier bassin.....	27
Figure 3.2 : Profil en long du deuxième bassin.....	28
Figure 3.3 : technique de fonçage.....	28
Figure 3.4 : redimensionnement du collecteur Boujamaa Moghni.....	30
Figure 3.5 : niveau d'eau max au niveau de collecteur Boujamaa moghni avant renouvellement.....	30
Figure 3.6 : niveau d'eau max au niveau de collecteur Boujamaa moghni après renouvellement.....	31
Figure 3.7 : vu d'un bassin de stockage.....	31
Figure 4.1 : Coupe transversale d'une tranchée avec la mise en place de la conduite.....	33

LISTE DES TABLEAUX

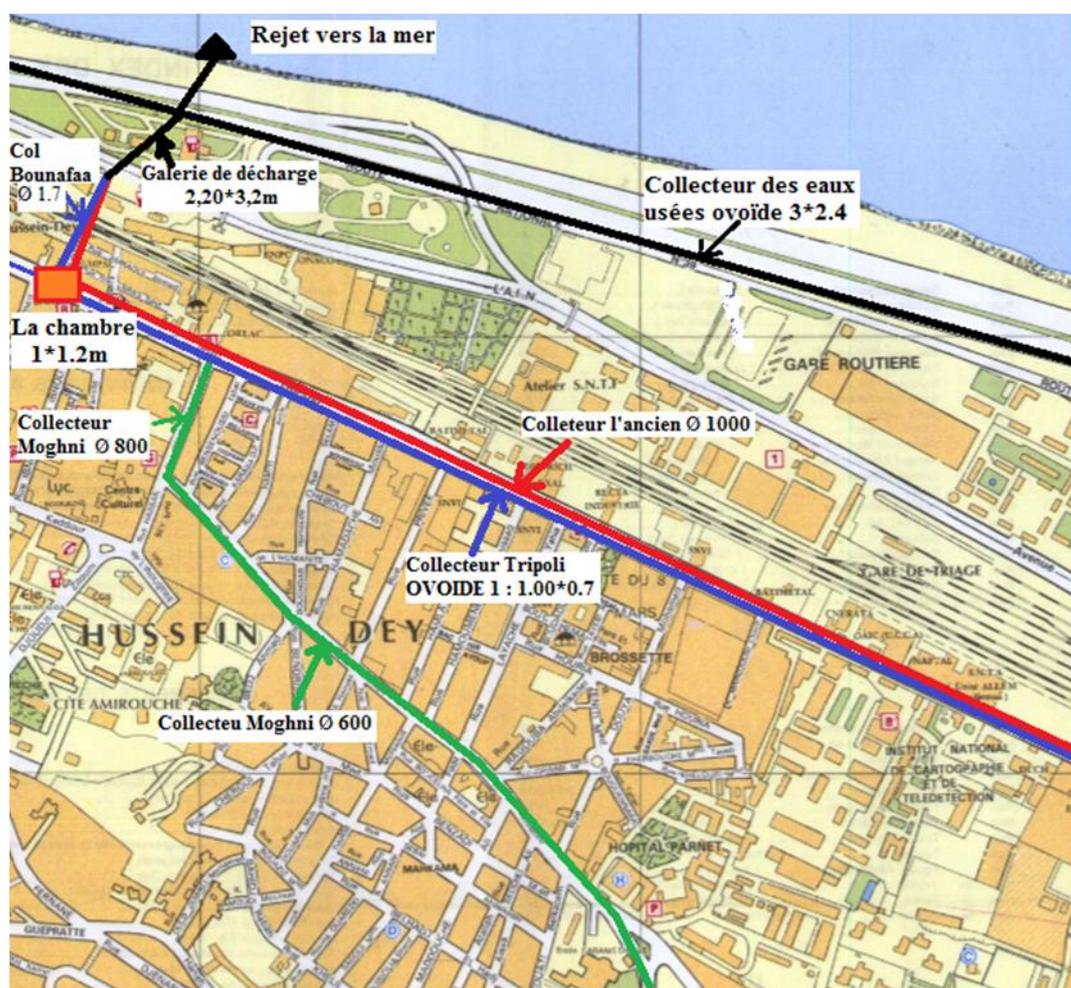
Tableau 1.1 : Caractéristiques géométriques du collecteur Boudjema Moghni.....	11
Tableau 1.2 : Caractéristiques géométriques des collecteurs Tripoli.....	11
Tableau 2.1 : les différentes formations du sol.....	22
Tableau 2.2 : résultats des essais de SPT.....	23
Tableau 2.3 : Récapitulatif des essais d'indentification naturels.....	24
Tableau 2.4 : Récapitulatif des limites d'Atterberg.....	24
Tableau 2.5 : Récapitulatif des essais de cisaillement.....	25
Tableau 4.1 : Volumes des travaux de réalisation du collecteur Boudjmaa Moghni..	34
Tableau 4.2 : devis quantitatif et estimatif du collecteur Boudjmaa Moghni.....	34
Tableau 4.3 : devis quantitatif et estimatif du 1 ^{er} bassin.....	35
Tableau 4.4 : devis quantitatif et estimatif du 2 ^{ème} bassin.....	35
Tableau 4.5 : Estimation du coût totale du projet.....	35

Présentation de la zone d'étude

La zone basse d'Hussein Dey est connue depuis longtemps par sa sensibilité (vulnérabilité) aux risques d'inondations. Cette situation s'est aggravée avec les extensions urbanistiques ainsi que l'aménagement de la rue Tripoli. Il demeure nécessaire de prendre en charge cette problématique en tenant compte de l'ensemble de ces contraintes.

Cette prise en charge doit passer impérativement par une vérification hydraulique du système d'assainissement existant afin de pouvoir préconiser des aménagements pouvant remédier à la situation.

La modélisation constitue un outil efficace avec lequel il est possible de simuler le fonctionnement du système existant ainsi que l'utilité des aménagements à réaliser. En effet, la mise en œuvre de la modélisation nécessite la disposition de données fiables ainsi qu'une connaissance approfondie du système existant ainsi que la disposition de données fiables caractérisant le bassin versant et le réseau.



INTRODUCTION GÉNÉRALE

Limiter les incidences des projets d'aménagement urbain sur le cycle de l'eau nécessite de plus en plus fréquemment de réaliser des ouvrages de stockage temporaire des eaux pluviales. L'eau stockée est ensuite restituée au milieu naturel par infiltration dans le sol support ou bien à débit maîtrisé vers un milieu aquatique superficiel, ou encore en cas d'impossibilité vers un réseau de collecte superficiel ou enterré.

Les ouvrages de recueil, stockage temporaire puis restitution des eaux pluviales, nécessitent des études de sol. Étayant l'analyse de l'état initial du site et de son environnement, ces études ont plus spécifiquement pour objectif de fournir les données nécessaires à l'analyse de la faisabilité des ouvrages, notamment d'infiltration, à leur conception et dimensionnement, et à la définition de prescriptions pour leur réalisation et leur exploitation.

Le présent travail consiste à étudier la faisabilité de la variante proposée dans notre projet de fin d'étude intitulé « Modélisation du réseau d'assainissement drainant le bassin versant d'Hussein Dey en vue de la protection de la zone basse (Rue Tripoli) contre les inondations ».

L'objectif est de pouvoir identifier les contraintes de mise en œuvre de cette variante ainsi que la vérification des conditions de réalisation des différents ouvrages.

Le travail comporte 4 parties :

La première sera consacrée à la description de la variante retenue.

La deuxième présente les contraintes de la mise en œuvre.

La troisième partie c'est la phase d'exécution.

La dernière comporte une estimation de devis totale du projet.

1. Description de la variante retenue

La ville d'Alger est classée parmi les zones qui présentent de hauts risques d'inondations. Dans ce contexte, Hussein Dey est une commune de la wilaya d'Alger située dans la proche banlieue Est d'Alger.

La zone basse d'Hussein Dey est connue depuis longtemps par sa sensibilité (vulnérabilité) aux risques d'inondations. Cette situation s'est aggravée avec les extensions urbanistiques ainsi l'aménagement de la rue Tripoli. Il demeure nécessaire de prendre en charge cette problématique en tenant compte de l'ensemble de ces contraintes.

Étant donné la faible dénivelée conduisant à des dimensions réduites il sera judicieux d'étudier la possibilité d'implémenter des bassins de stockage, afin de décharger les collecteurs existants et augmenter entre autre leur capacité d'évacuation en temps de pluie.

Notre visite nous a permis d'identifier des terrains libres à proximité du point de raccordement du collecteur Boudjmaa Moghni au collecteur Tripoli. Nous proposons la mise en place de deux bassins pour décharger ces derniers, le premier bassin qui se raccorde avec le collecteur Moghni au biais d'un déversoir d'orage, et le deuxième qui se raccorde avec le collecteur Tripoli à l'aide d'un déversoir d'orage

1.1 Tracé des aménagements proposés

La solution que nous proposons pour collecteur Boudjmaa Moghni qui se trouve en amont du bassin est de redimensionner le collecteur de la manière suivante :

Linéaire	Forme	Dimension	Linéaire	Matériau
136	Circulaire	1000 mm	163m	Béton
413	Circulaire	1200mm	413m	Béton
542	Rectangulaire	1000 x 2000mm	542m	Béton

Tableau 1.1 : Les caractéristiques géométriques de collecteur projeté Boudjmaa Moghni

De plus le renforcement de collecteur Moghni projeté avec un bassin de stockage de dimension (50m*50m*8m) engendrant un volume de 20000m³, ce raccordement est fait par le biais d'un déversoir d'orage (niveau de crête = 3,24m, Hauteur = 8m).

En plus, de réaliser un deuxième bassin de dimension (38*37*8) engendre un volume de 11248 m³ avec un fonçage au-dessous de tramway.

	Hauteur(m)	Cote TN (m)	Niveau radier	Volume m ³
Bassin 1	8	4,5	-3,5	20000
Bassin 2	8	5,1	-2,9	11248

Tableau 1.2 : Caractéristiques géométriques des bassins de stockage

✚ Tracé de la variante



Figure 1.1 : tracé de la variante des deux bassins de stockages

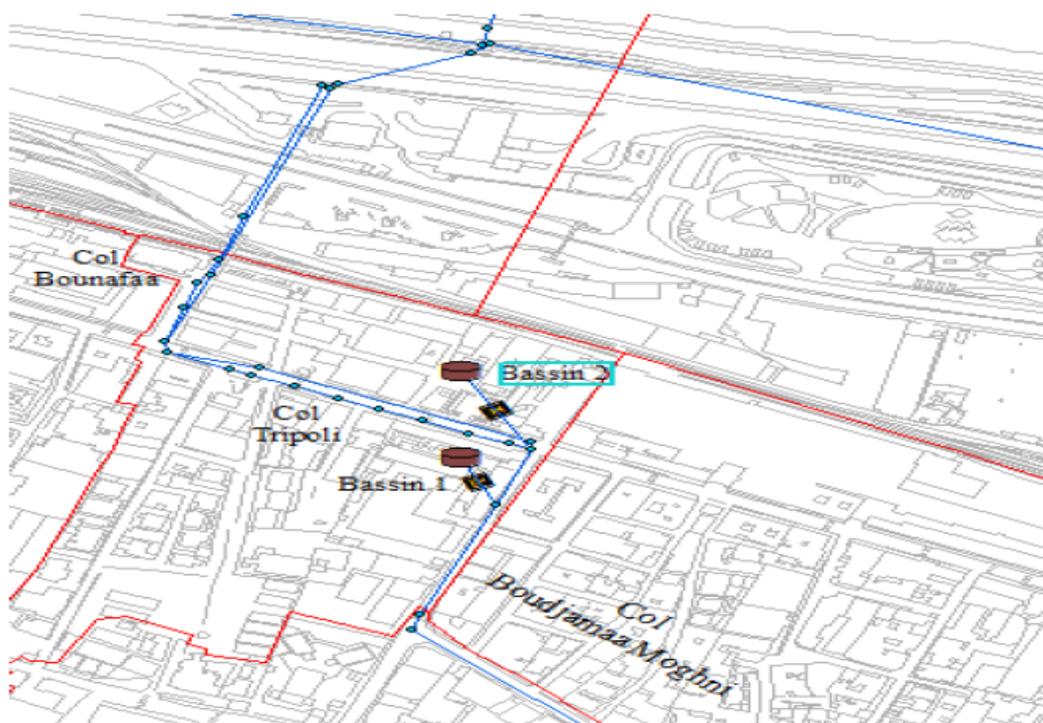


Figure 1.2 : tracé de la variante des deux bassins de stockage sur MIKE URBAIN

1.2 Rappel des principaux résultats de simulation

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

a. Résultats de simulation du réseau existant :

Les résultats de simulation du fonctionnement du réseau existant sont présentés sous forme de profil en long montrant le niveau d'eau max dans chaque collecteur

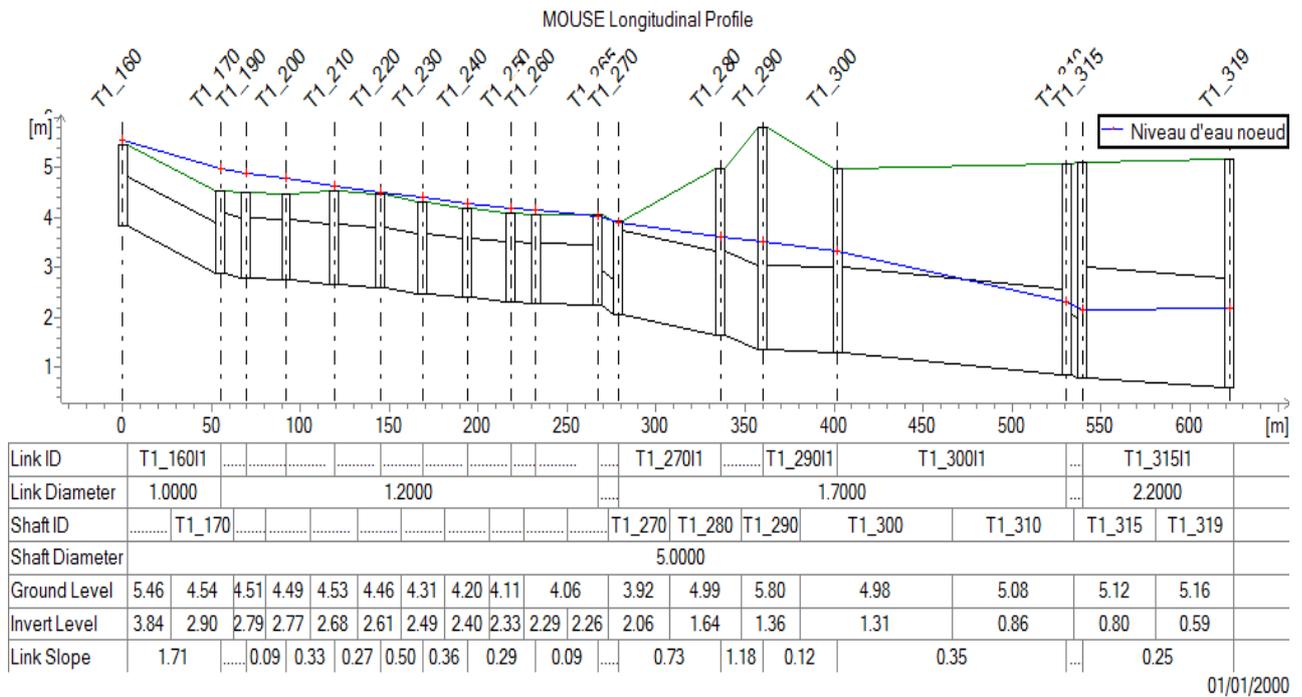
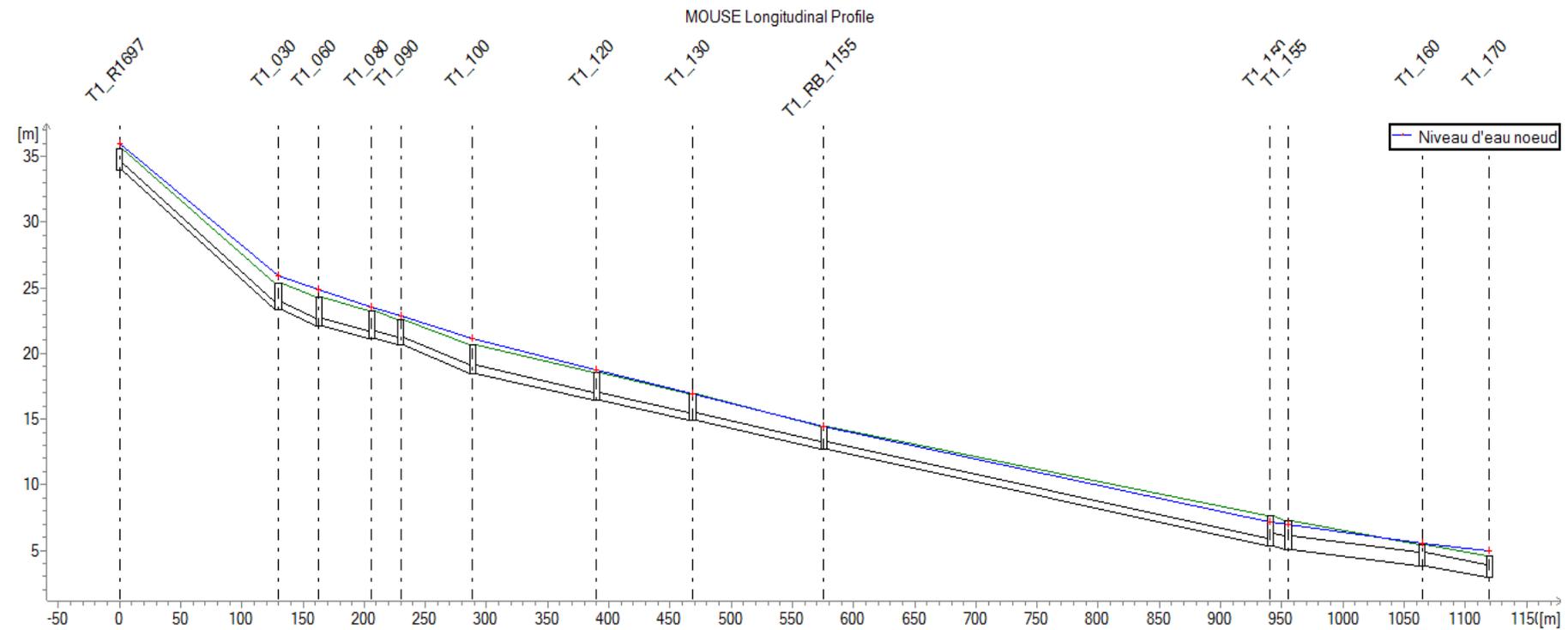


Figure I.3 : Niveau d'eau max dans les collecteurs Tripoli et Bounafaa T=2ans

Nous constatons l'existence d'un débordement le long du collecteur Tripoli et une faible mise en charge sur la partie amont du collecteur Bounafaa.



Link ID	T1_R1697		.....		T1_090		T1_100	T1_120	T1_130	T1_RB_1155		.....	T1_155	T1_160	.....
Link Diameter	0.6000										1.0000					
Shaft ID	T1_R1697	T1_030	.....	.....	.....	T1_100	T1_120	T1_130	T1_RB_1155		T1_150		T1_155	T1_160	.....
Shaft Diameter	5.0000															
Ground Level	35.61	25.34	24.30	23.22	22.61	20.62	18.58	16.92	14.46		7.62		7.25	5.46	4.54	
Invert Level	33.93	23.32	22.10	21.14	20.66	18.50	16.42	14.90	12.73		5.34		5.06	3.84	2.90	
Link Slope	8.17		3.70	2.22	2.03	3.68	2.05		1.94	2.02		2.03		1.12	1.71

01/01/2000

Figure 1.4 : Niveau d'eau max dans le collecteur Boujamaa Moghni T=2 ans

Nous remarquons un débordement le long du collecteur Boudjmaa Moghni.

Interprétation des résultats :

Les résultats de simulation de l'état actuel du réseau, nous ont permis de constater une insuffisance en termes de capacité d'évacuation des deux collecteurs qui se trouvent en amont et en aval du bassin d'Hussein Dey (Moghni et Tripoli) et ceci est pour une période décennale voir même une période de de 2 ans.

Cette insuffisance peut être expliquée par les apports importants du bassin, aussi par le sous-dimensionnement du réseau et ces faibles pentes provoquées par la faible dénivelée qui présente la zone d'étude.

Les simulations réalisées nous ont permis d'identifier les points sensibles du réseau. De plus, localiser l'insuffisance de la capacité d'évacuation du réseau.

b. Résultats de simulation après l'implantation des bassins :

Les résultats de simulation de l'état actuel du réseau existant et drainant le bassin d'Hussein Dey, montrent une insuffisance flagrante en termes de capacité d'évacuation, ce qui confirme l'origine des inondations constatées provoquées par le sous-dimensionnement du réseau en question.

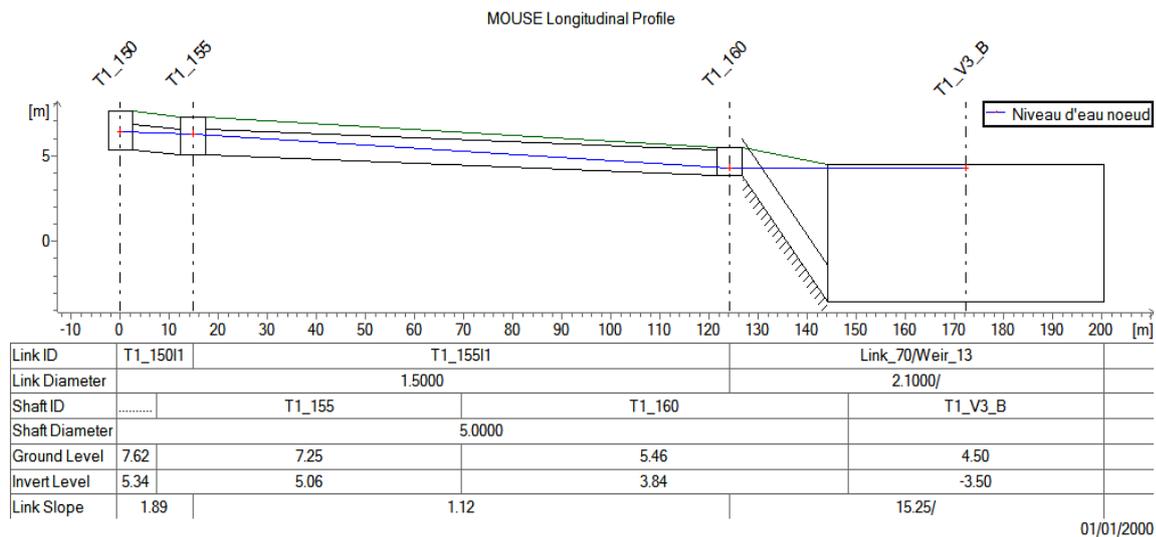


Figure 1.5 : Niveau d'eau max dans le premier bassin projeté (T=10 ans)

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

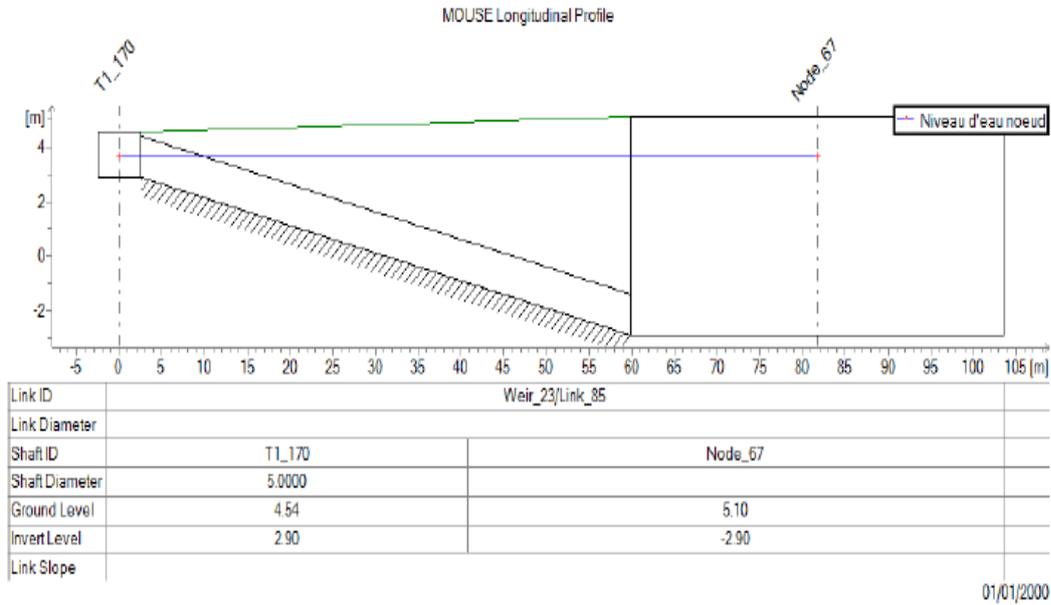


Figure 1.6 : Niveau d'eau max dans le deuxième bassin projeté (T=10 ans)

Nous remarquons que la ligne d'eau est dans son niveau admissible pour une période de retour décennale.

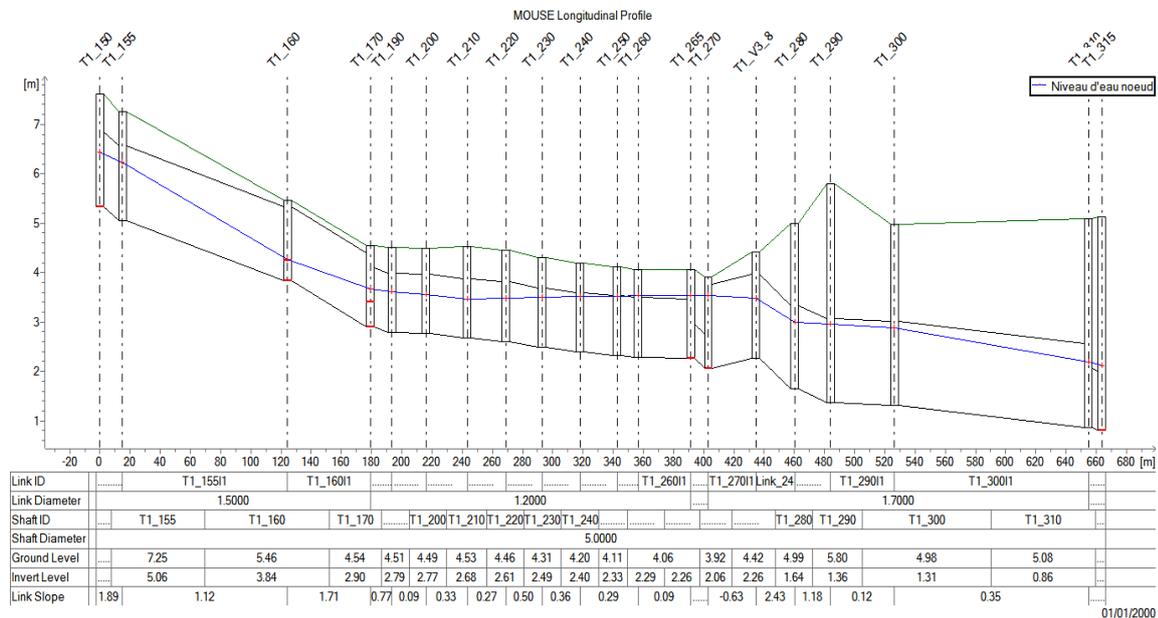


Figure 1.7 : Niveau d'eau max dans le collecteur Tripoli (T=10ans)

Nous remarquons que le collecteur Tripoli se met en charge sur sa partie aval.

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

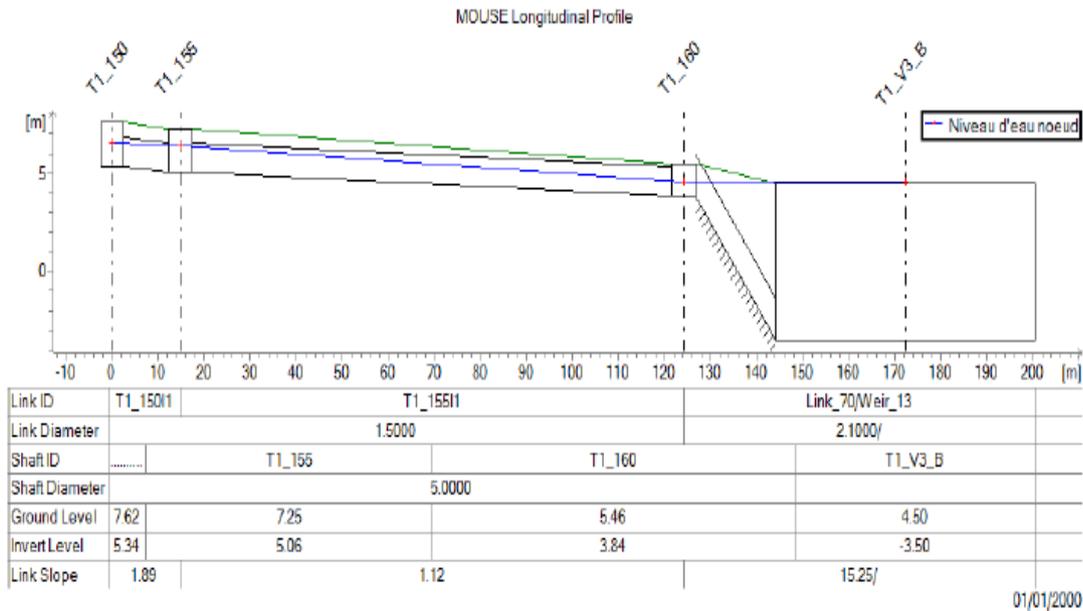


Figure 1.8 : Niveau d'eau max dans le premier bassin projeté (T=20 ans)

Nous observons un débordement au niveau du bassin projeté pour une période de retour de 20 ans.

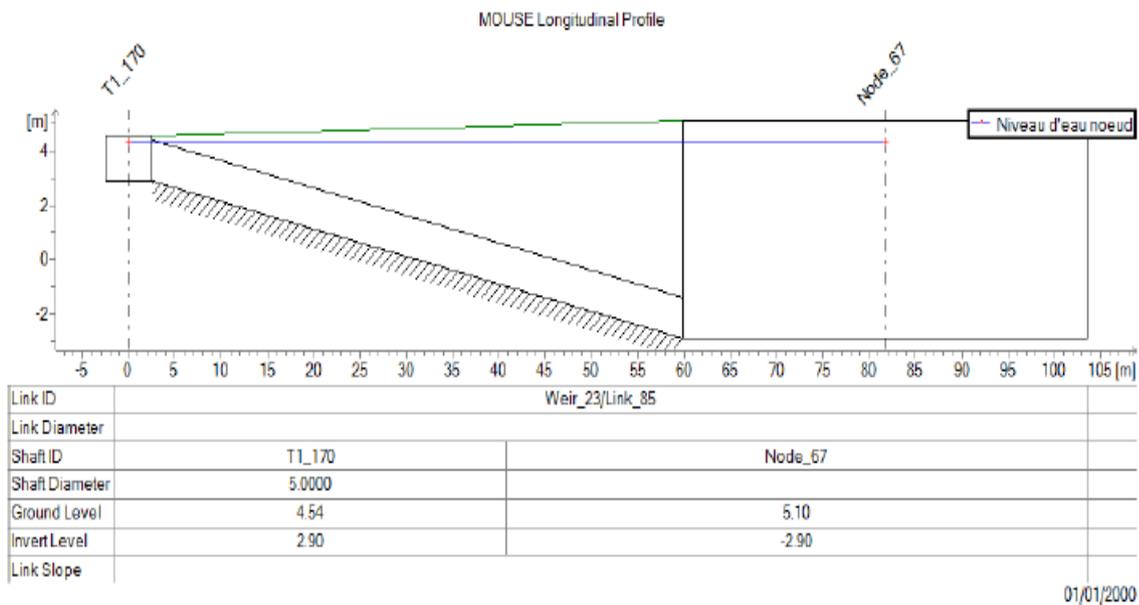


Figure 1.9 : Niveau d'eau max dans le deuxième bassin projeté (T=20 ans)

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

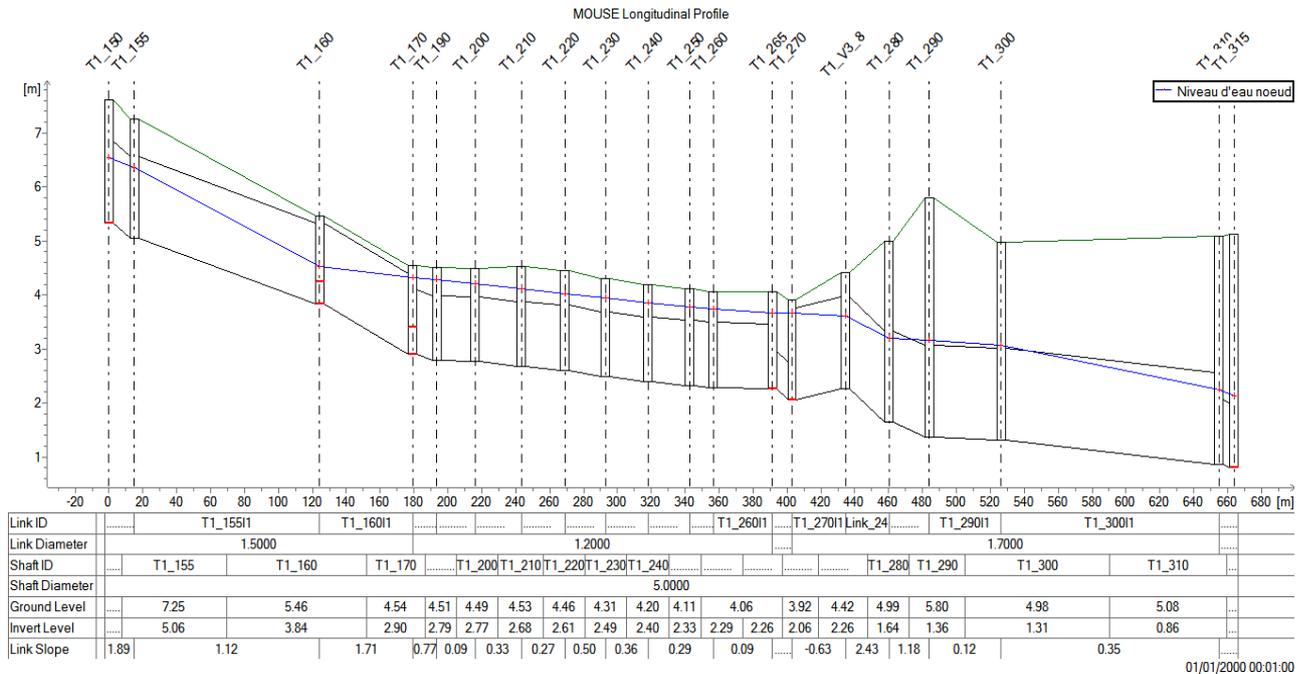


Figure 1.10 : Niveau d'eau max dans le collecteur Tripoli (T=20 ans)

Pour une période de retour de 20ans, nous constatons une mise en charge le long du collecteur Tripoli ainsi pour le collecteur Bounafaa.

Discussion des résultats

L'implémentation de bassin a permis de soulager les collecteurs Moghni et Tripoli pour une période de retour décennale. Cette préconisation ne peut pas faire face à des périodes de retour plus élevées étant donné la simulation du comportement de la variante a montré des mises en charge au niveau de la rue Tripoli.

La simulation du fonctionnement de chaque variante a permis de vérifier leurs efficacités hydrauliques. Cette variante semble être réaliste. L'étude d'exécution sera développée ci-dessous.

2. Contrainte de la mise en œuvre

La ville d'Alger est classée parmi les zones qui présentent de hauts risques d'inondations. Dans ce contexte, Hussein Dey est une commune de la wilaya d'Alger située dans la proche banlieue Est d'Alger, elle se trouve en aval d'un bassin versant fortement urbanisé, qui se caractérise par une topographie favorable en amont et défavorable à l'exutoire (rue Tripoli), ce qui rend cette zone plus vulnérable au risque d'inondation. Le réseau de collecte et d'évacuation des eaux de cette zone a montré ces limites en termes de capacité, cette situation est aggravée par l'aménagement de la rue Tripoli (réalisation du Tramway), ce qui complique davantage le renforcement du système d'évacuation existant.

a. Faible dénivelée

Une évacuation gravitaire des eaux pluviales nécessite une pente naturelle favorable. Le bassin versant d'Hussein dey se caractérise par une pente naturelle très faible au niveau de son exutoire. En effet, La partie aval du bassin en question se trouvant entre l'exutoire (mer) et la rue Tripoli (zone basse du bassin) ont une faible dénivelée, de l'ordre de 06 mètres. Cette faible différence d'altitude limite les possibilités d'entreprendre des travaux à grande échelle pouvant augmenter la capacité d'évacuation du réseau existant.

b. Traversée du Tramway

En plus de la faible dénivelée de la partie aval du bassin versant d'Hussein Dey, la réalisation de la ligne du Tramway le long du boulevard Tripoli a aggravé la situation rendant impossible d'augmenter la capacité des collecteurs longeant ce boulevard. De plus, les solutions qui consistent à renforcer les collecteurs de la partie aval du bassin nécessitent des traversées de la ligne du Tramway. De telles traversées doivent respecter une servitude dépassant 1,5 mètre au-dessous de la plate-forme du Tramway. Cela complique davantage la situation en diminuant la dénivelée de 6 mètres à 4,5 mètres.

c. Nature du sol

La variante étudiée consiste à mettre en place deux bassins de stockage à proximité de la rue Tripoli. Étant donnée la forte urbanisation du bassin versant et l'étroitesse de la zone d'implantation de ces deux bassins, il sera question d'augmenter la profondeur de ces ouvrages pour attendre le volume à stocker. D'où la nécessité d'identifier la nature du sol (étude géotechnique) pour pouvoir s'adapter aux différentes contraintes.

2.1 Prise en charge des contraintes

2.1.1 Étude géotechnique

La reconnaissance géotechnique servira, en premier lieu, à caractériser la qualité du sol, afin de bien cerner les problèmes posés sur le terrain. Elle est utilisée, également, pour dimensionner convenablement les fondations et pour la prise des précautions ou des traitements spéciaux à envisager au cours de l'exécution du projet.

Origines des sols

Les sols ont deux origines principales :

- La **désagrégation des roches** par altération mécanique et physicochimique sous l'effet des agents naturels en l'occurrence : la fissuration consécutive à la décompression, les effets des chocs thermiques ou du gel, attaque mécanique (chocs et frottements) dans un processus naturel de transport gravitaire glaciaire, fluvial, marin, éolien, attaque chimique sous l'effet des circulations d'eaux agressives (acides ou basiques) ;
- La **décomposition d'organismes vivants** : végétaux (tourbes) ou animaux.

On distingue également :

- les **sols résiduels** résultant de l'altération sur place des roches ;
- les **sols transportés** provenant du dépôt des produits d'altération préalablement repris par un agent physique de transport. Ce sont les sols transportés qui posent au concepteur d'ouvrages les problèmes les plus délicats.

Composition d'un sol

Un sol est un mélange de trois phases en proportions variables :

- La **phase solide** ou squelette solide est constitué par les grains minéraux de l'agrégat ;
- La **phase liquide** (w), constituée par l'eau occupe les vides de l'agrégat. Si tous les vides sont remplis par l'eau, le sol est dit saturé; sinon, il est partiellement saturé ;
- La **phase gazeuse** (a) : dans un sol partiellement saturé une partie des vides de l'agrégat est remplie par du gaz, essentiellement de l'air.

i. Les essais d'identification

« Identifier » un sol en géotechnique consiste classiquement à exécuter la série d'essais suivante :

- Teneur en eau ;
- Poids volumique apparent, poids volumique des grains ;
- Granulométrie, avec ou sans analyse des fines par sédimentométrie ;
- Limites d'Atterberge : limite de liquidité W_L , limite de plasticité W_P .

Les **essais d'identification** permettent en principe de classer les sols rencontrés au cours d'une campagne de reconnaissance géotechnique en familles pour lesquelles les propriétés mécaniques sont voisines. Ils permettent également d'avoir une première estimation de l'ordre de grandeur des propriétés mécaniques en se reportant aux résultats publiés pour des familles de sols semblables à celles étudiées.

On a aussi **les essais au pénétromètre dynamique** (SPT Standard Penetration Test), qui sont des sondages géotechniques fournissant les caractéristiques d'un sol. Ce test consiste à faire pénétrer dans le sol un échantillonneur standard (échantillonneur

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

Raymond) sous les coups d'un marteau-pilon d'un poids de 63,5 kg et d'une hauteur de 76 cm. Soit ce marteau, tombant en chute libre sur l'outil échantillonneur, trois mesures sont effectuées en comptant le nombre de coups nécessaire à chaque fois pour l'obtention d'une pénétration de l'outil de 15 cm.

La résistance à la pénétration du sol est définie comme la somme des coups de la deuxième et de la troisième pénétration.

Le test est effectué au fond d'un puits (éventuellement en modifiant le sol aussi peu que possible), creusé à la profondeur désirée.

Dans le cadre de notre étude, 6 sondages carottés ont été, ce qui permet de caractériser la nature du sol pour éviter tout incident pouvant entraver la réalisation du projet.

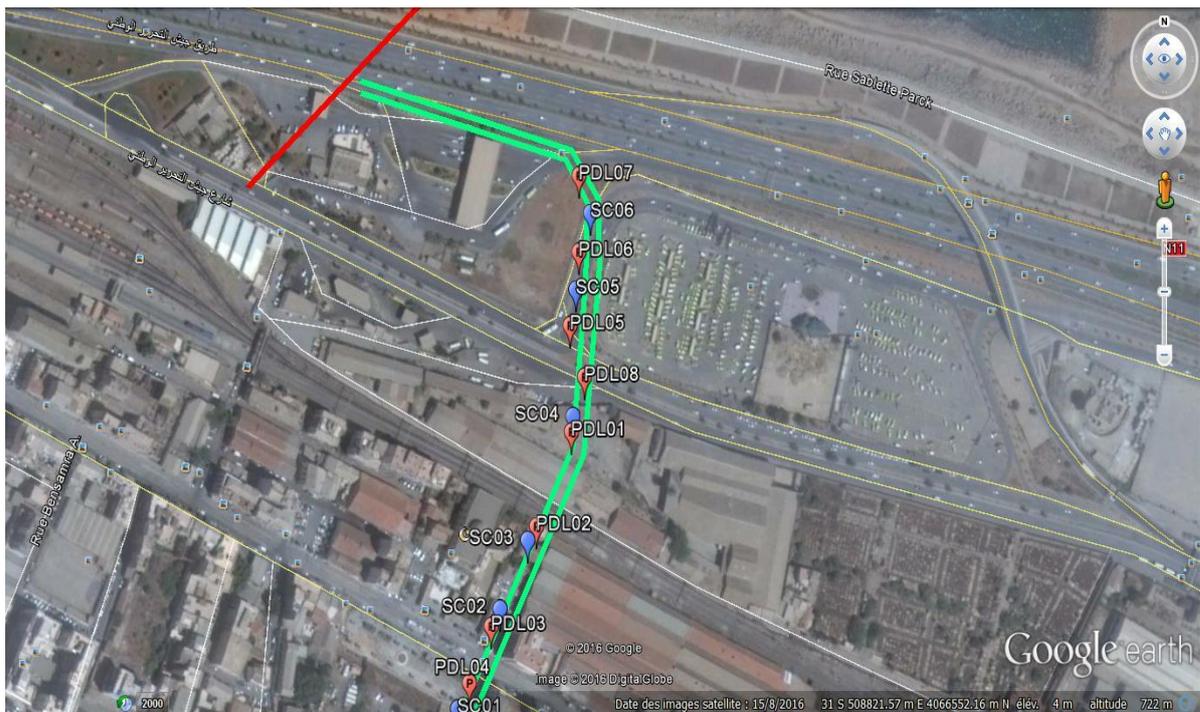


Figure 2.1: les positions des sondages carottés et les SPT effectués.

ii. Analyse des données :

L'analyse des logs de sondages carottés et leur corrélation fait ressortir distinctement sous l'assiette du projet jusqu'à une profondeur de 10 m (fin des sondages) les formations suivantes :

	Profondeur	Description
SC 01	0 ⇒ 0,4	Corps de chaussée
	0,4 ⇒ 10	Sable fin jaunâtre parfois graveleux et caillouteux avec des passages gréseux et une variation de couleurs

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue
de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

SC 02	0	⇒	0,3	Corps de chaussée
	0,3	⇒	1,5	Sable argileux noirâtre caillouteux à quelques graves
	1,5	⇒	2,9	Sable fins jaunâtre graveleux
	2,9	⇒	4,5	Limons rougeâtre graveleux
	4,5	⇒	10	Sable fin jaunâtre à quelques graves et cailloux
SC 03	0	⇒	0,2	Corps de chaussée
	0,2	⇒	4	Sable grossier graveleux parfois caillouteux
	4	⇒	4,5	Limon rougeâtre graveleux caillouteux
	4,5	⇒	5,9	Sable limoneux graveleux
	5,9	⇒	7,5	Limon rougeâtre graveleux caillouteux
	7,5	⇒	9,2	Sable grossier graveleux parfois caillouteux
	9,2	⇒	10	Argiles sableuses jaunâtre à quelque graves et cailloux
SC 04	0	⇒	2,5	Sable grossier à quelque graves parfois caillouteux
	2,5	⇒	3	Limons rougeâtres parfois graveleux et caillouteux
	3	⇒	9,8	Sable fins graveleux caillouteux avec un passage limoneux entre 4,4 et 4,5 m
	9,8	⇒	10	Grès jaunâtre dure
SC 05	0	⇒	0,3	Corps de chaussée
	0,3	⇒	9,7	Sable fin parfois grossier brunâtre Graveleux et parfois caillouteux
	9,7	⇒	10	Grès jaunâtre
SC 06	0	⇒	0,2	Corps de chaussée
	0,2	⇒	6	Alluvions constitués par des sables graveleux parfois caillouteux peu limoneux et parfois argileux
	6	⇒	10	Sable grossier argileux à quelque graves

Tableau 2.1 : les différentes formations du sol

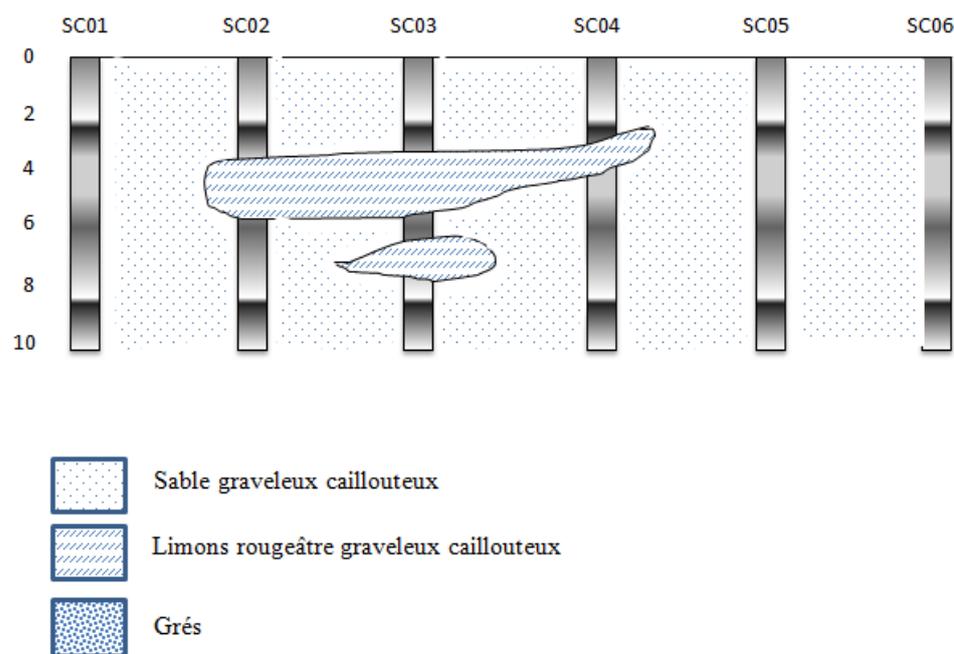


Figure 2.2 : Coupe géotechnique de la région d'Hussein Dey

Les SPT sont effectués dans le SC03 et SC05 dont les résultats :

	Profondeur	
SC 03	4,5 \Rightarrow 4,95	5-7-6
SC 05	6,2 \Rightarrow 6,65	7-6-5
	8,65 \Rightarrow 9,1	8-7-8

Tableau 2.2 : résultats des essais de SPT

iii. Résultats des essais :

Les mesures des paramètres naturels permettent d'identifier la composition physique et chimique du sol, les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	Ech N°	Profondeur (m)	Lithologie	γ_d (t/m^3)	γ_h (t/m^3)	W_{nat} (%)	S_r (%)
SC 02	Ech01	3,4 – 3,55	Limons rougeâtre graveleux	1,81	2,05	13,14	75,03
SC 03	Ech01	4,25 – 4,40	Limon rougeâtre graveleux	1,73	2,04	17,7	88,18

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

			caillouteux				
	Ech02	7,35- 7,5	Limon rougeâtre graveleux caillouteux	1,70	2,07	18,17	93,60
	Ech03	9,70 – 9,85	Argiles sableuses jaunâtre à quelque graves et cailloux	1,79	2,12	17,94	98,92
SC 04	Ech01	2,65 – 2,80	Limons rougeâtres parfois graveleux et caillouteux	1,66	2,17	1,66	82,83
SC 05	Ech01	4,80 – 5,00	Sable fin parfois grossier brunâtre	1,90	2,22	13,14	98,91

Tableau 2 3: Récapitulatif des essais d'indentification naturels.

Ces résultats reflètent des faciès ayant :

- Une densité sèche élevée (Sol très dense) ;
- Une densité humide élevée (Sol dense) ;
- Une teneur en eau moyenne.

Limites d'Atterberg

Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action des variations de teneur en eau. Il consiste à faire varier la teneur en eau d'une fraction de sol en observant sa consistance. Il existe deux limites dites d'Atterberg : la limite de liquidité et la limite de plasticité.

Les échantillons du sol prélevés des sondages ont été soumis à des essais des limites d'Atterberg. Les résultats de ces essais sont insérés dans le tableau suivant :

Sondage	Ech N°	Lithologie	WL	WP	Ip
SC 02	3,4 – 3,55	Limons rougeâtre graveleux	30	17	13
SC 03	4,25 – 4,40	Limon rougeâtre graveleux caillouteux	39	23	15
	7,35 – 7,50	Limon rougeâtre graveleux caillouteux	45	27	18
SC 04	2,65 – 2,80	Limons rougeâtres parfois graveleux et caillouteux	23	15	8

Tableau 2.4 : Récapitulatif des limites d'Atterberg.

Le sol présente les caractéristiques suivantes :

Les limites de liquidité dans la couche de sont en général, inférieures à 50 % (une liquidité moyenne et les indices de plasticité oscillent en général entre 5 et 15 ($5 < I_p < 15$) indiquant un sol de modérément plastique.

Les essais mécaniques :

Les échantillons du sol prélevés des sondages ont été soumis à des essais de cisaillement rectiligne à la boîte, Les résultats de ces essais sont insérés dans le tableau ci-dessous :

C_U : Cohésion en bar

φ_u : Angle de frottement en degré

PK	Profondeur m	C_U (bar)	φ_u (°)
SC 03	4.25 – 4.40	0.8	32.11

Tableau 2.5: Récapitulatif des essais de cisaillement.

Les essais de cisaillement de type UU, non consolidé et non drainé présente un sol à cohésion ferme et moyennement dense.

2.1.2 Augmentation de l'hydraulicité des canalisations (Utilisation du PRV ((Polyester Renforcé de fibres de Verre),

Le Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) est un matériau composite composé au moins de deux matériaux différents. Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester (thermodurcissable) comme le polyester insaturé ou la résine vinylester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement. La structure de leurs parois met à profit chaque matériau qui apporte sa contribution au produit final.

Les tuyaux PRV ont d'excellentes caractéristiques hydrauliques et génèrent moins de pertes de charges que d'autres produits de mêmes dimensions. Les propriétés hydrauliques ne constituent pas le seul avantage: le liner interne fait de résine pure fournit une protection contre les effluents corrosifs et la surface interne n'est pas sujette aux incrustations et dépôts, en plus, une excellente alternative pour le secteur de l'eau et de l'assainissement, en particulier lorsqu'il s'agit de canalisations à faible débit.

La rugosité est une propriété hydraulique qui a un impact majeur sur les pertes d'énergie sur toute la longueur de la canalisation. La rugosité est également un facteur important dans la détermination du profil optimale de conduite pour un projet. Le coefficient de rugosité du PRV est proche de 110.

Par conséquent, le transport de fluides à travers la canalisation requiert moins d'énergie. L'énergie économisée est un aspect important à prendre en considération et conditionne le rendement des ouvrages. Grâce à la couche de liner continue et lisse, les incrustations et dépôts de boue diminuent. De ce fait, la fréquence de maintenance et de nettoyage diminue, et la canalisation se montre efficace dès la mise en service.



Figure 2.3 : Canalisations en PRV

Étant donné la faible dénivellée que présente la zone d'étude, il sera judicieux d'utiliser un matériau avec une meilleure conductivité hydraulique. L'utilisation du PRV offre cette possibilité. De plus, cela permet d'optimiser la dimension des canalisations.

Avant de concevoir des systèmes d'aménagement il est souvent nécessaire de réaliser ou de s'appuyer sur une étude de diagnostic de la zone en question pour reconnaître les contraintes de la mise en œuvre pour les prendre en charge.

L'étude géotechnique permet d'identifier les caractéristiques des sols et ce, afin de pouvoir s'adapter à leurs nature.

L'utilisation du PRV permet d'augmenter la capacité d'évacuation des canalisations projetées.

3. Phase d'exécution

Après la présentation de la variante et les contraintes de la mise en œuvre dans ce chapitre nous avons procédé à la phase d'exécution qui nécessite une reconnaissance du terrain divers telle que le réseau d'électricité, gaz...

De plus, une appelle à une étude financière est indispensable pour avoir une idée sur le coût de réalisation de notre projet, ce calcul consiste à déterminé les quantités de toutes les opérations effectuer sur le terrain, on multipliée le volume des travaux par le prix unitaire.

3.1 Reconnaissance du terrain (identification des réseaux divers)

Le bassin d'Hussein Dey se caractérise par une forte urbanisation, la réalisation de travaux d'assainissement nécessite l'identification préalable des divers réseaux interférant la zone d'intervention en l'occurrence : électricité, gaz, AEP, ... Cela doit impérativement passer par une coordination étroite entre les différents intervenants (SEAAL, SONELGAZ, Algérie télécom...) à travers la disposition des plans correspondant à l'implantation de ces réseaux.

Déterminer le cheminement exact ainsi que la profondeur des divers réseaux nécessite des travaux de sondage.

Profil en long de la variante

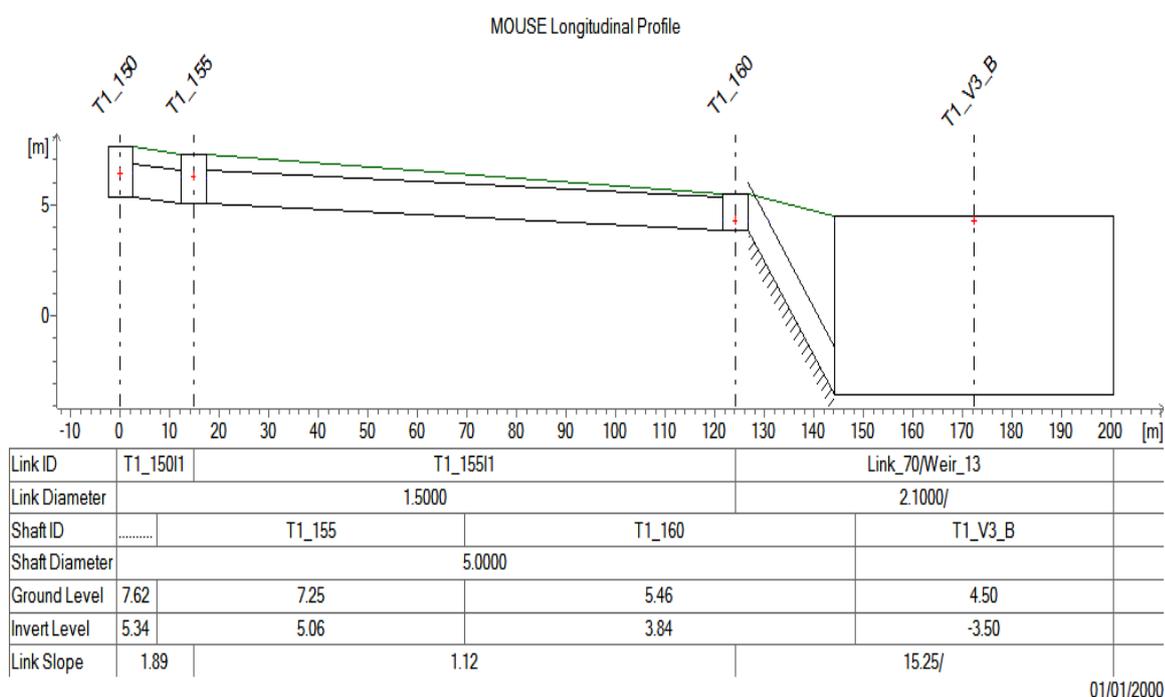


Figure 3.1 : Profil en long du premier bassin

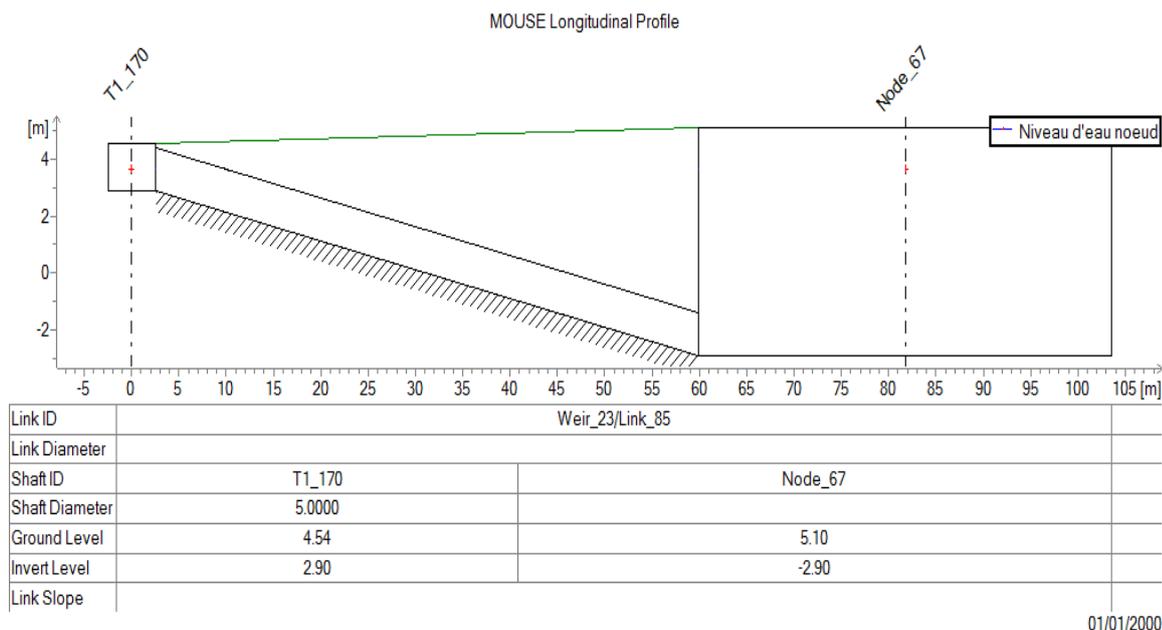


Figure 3.2 : Profil en long du deuxième bassin

3.2 Fonçage

Étant donnée les contraintes citées ci-dessus, la réalisation des différentes traversées doit se faire en utilisant une technique de pose de conduites sans ouverture de tranchées. En effet, le recours au fonçage demeure inévitable.

Le fonçage est une technique de forage rappelant le forage horizontal. Ce procédé est surtout utilisé pour éviter les perturbations en surface.

On utilise la technique de fonçage lorsque les perturbations liées au chantier doivent être évitées

- obstacles divers : habitations,
- voies de roulement, voies ferrées,
- équipement de surface, etc.

Il est ainsi possible de poser une canalisation sans creuser de tranchées.



Figure 3.3 : technique de fonçage

Les étapes du fonçage

La technique de fonçage oblige à plusieurs étapes de travail :

- On réalise un puits d'entrée et un puits de sortie au besoin.
- À l'aide d'une excavatrice on creuse le sol de chaque côté.
- On pousse ensuite le tuyau ou la canalisation par le puits d'entrée.
- La pénétration du tuyau est facilitée par un système soit hydraulique ou pneumatique.
- On extrait ensuite les déblais emprisonnés à l'intérieur du tuyau.

Le fonçage est une technique de plus en plus utilisée pour ses nombreux avantages.

Vous trouverez ci-dessous un récapitulatif des avantages et des inconvénients de la technique de fonçage.

Avantages

- Le fonçage est adapté aux profilés de dimensions importantes.
- Très peu d'ébranlement dans le terrain.
- Aucune gêne pour le trafic, même ferroviaire.

Inconvénients

- Le fonçage d'un terrain argileux avec présence d'eau peut entraîner un phénomène de colmatage.
- Le forage « courbe » est impossible avec cette technique.

3.3 Renouvellement du collecteur Boudjmaa Moghni (Profil en long)

La simulation du réseau existant nous a permis de remarquer l'insuffisance de sa capacité d'évacuation, en particulier le collecteur Boudjmaa Moghni qui se trouve en amont du bassin. C'est pourquoi, nous proposons de projeter un collecteur de diamètre 1000 mm sur un linéaire de 163 m. Ensuite, la partie intermédiaire totalise un linéaire de 413 m avec un diamètre de 1200 mm à partir de cet point, le collecteur continue son cheminement avec un diamètre de 1500 mm jusqu'au l'avenue Tripoli avec un linéaire de 542 m (**Figure 3.1**).

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

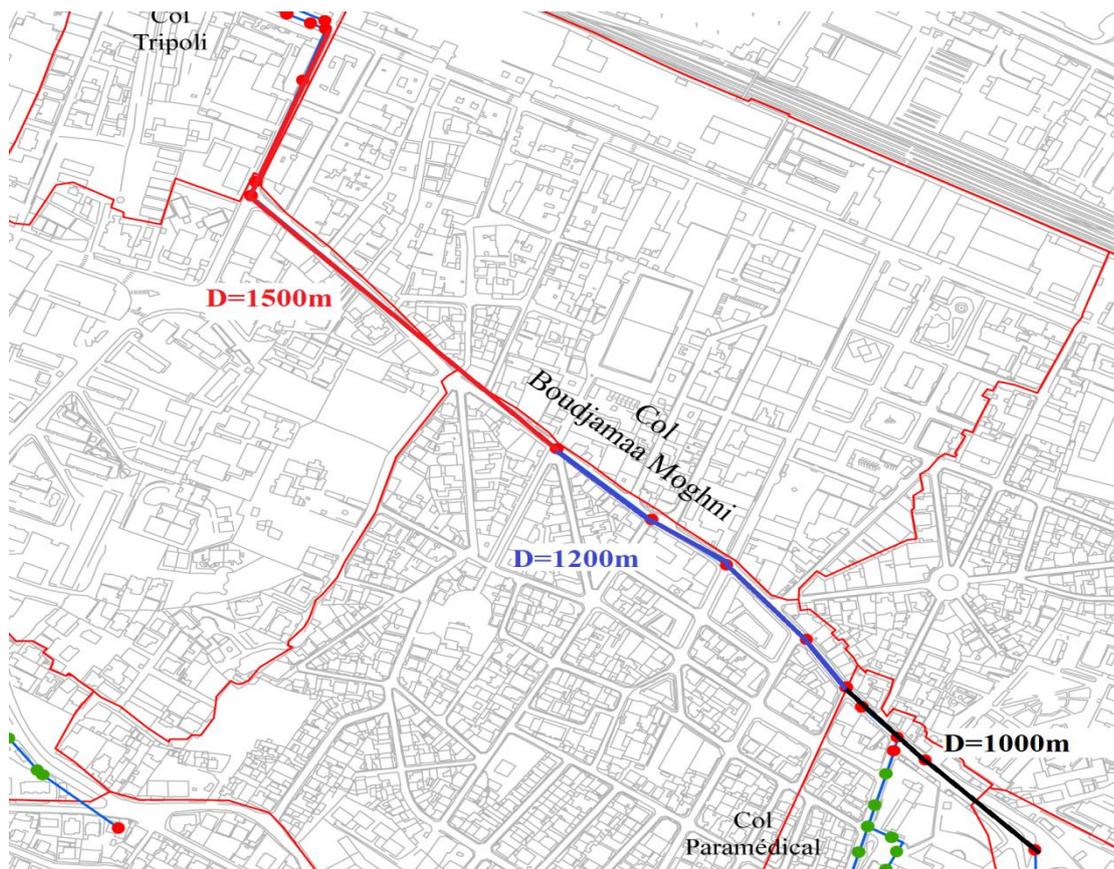


Figure 3.4 : redimensionnement du collecteur Boujamaa Moghni

Le niveau d'eau avant de l'état actuel montre un débordement voir la figure suivante :

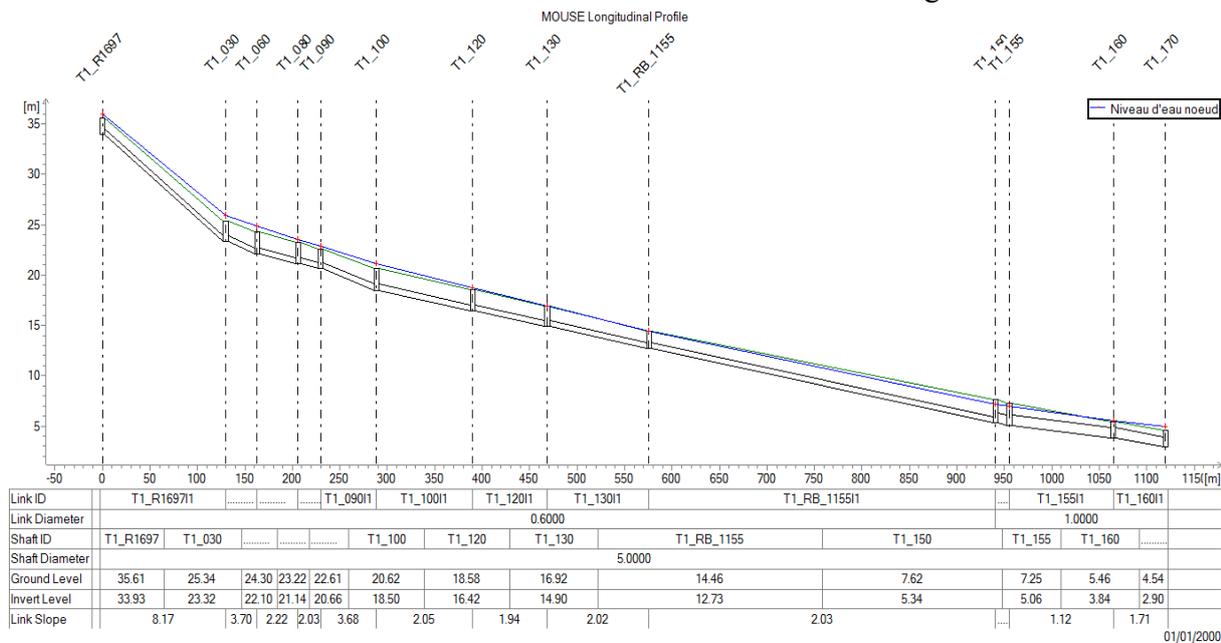


Figure 3.5 : niveau d'eau max au niveau de collecteur Boujamaa moghni avant renouvellement

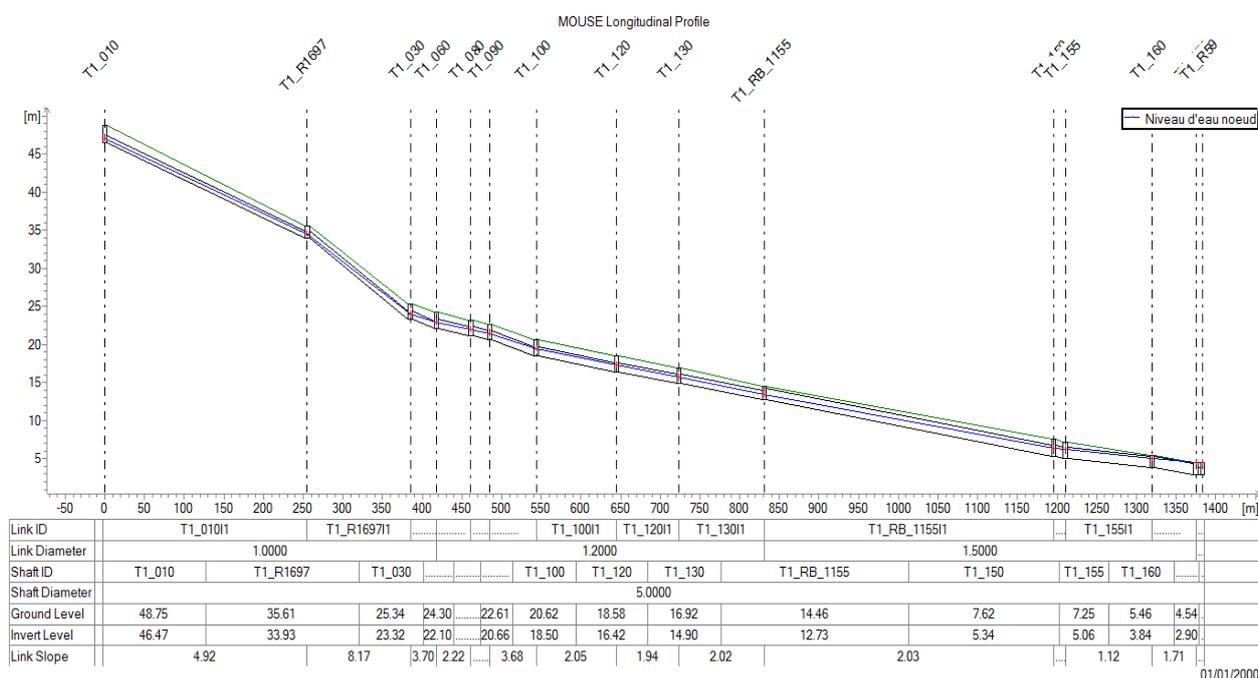


Figure 3.6 : niveau d'eau max au niveau de collecteur Boujamaa moghni après renouvellement

3.4 Réalisation des bassins

La réalisation des bassins de stockage à proximité de la rue Tripoli à des profondeurs assez importantes (côtes = -3,5 et -2,9 mètres) dépend fortement de la nature du sol. En effet, l'étude géotechnique a mis en évidence le caractère sableux du sol au niveau de la zone basse d'Hussein Dey. C'est pourquoi, la conception de l'ouvrage ainsi que le génie civil doivent être adaptés toute en prévoyant un système de drainage.



Figure 3.7 : vu d'un bassin de stockage

4 Devis estimatif et quantitatif

L'étude du devis estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation de notre projet, ce calcul consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations effectuées sur le terrain, on multiplie le volume des travaux par le prix unitaire.

- Pour notre projet on a les travaux suivants :
 - Le renouvellement du collecteur Boudjmaa Moghni
 - Implantation de deux bassins de stockages
 - Fonçage

Dans notre projet le volume totale du premier bassin est de $V = 20000 \text{ m}^3$ avec $B = 50 \text{ m}$, $L = 50 \text{ m}$ et $H = 8 \text{ m}$.

Le deuxième bassin a les caractéristiques suivantes $V = 11238 \text{ m}^3$ avec $B = 38 \text{ m}$, $L = 37 \text{ m}$ et $H = 8 \text{ m}$.

4.1. Renouvellement du collecteur Boudjmaa Moghni

Pour le collecteur Boudjmaa Moghni les différentes tâches à effectuées par ordre chronologique sont :

- ❖ Les travaux de décapage de la chaussée goudronnée.
- ❖ L'exécution des tranchées.
- ❖ La fourniture et la pose du lit de sable.
- ❖ La fourniture et la pose des collecteurs en béton armé.
- ❖ La construction des regards et des déversoirs d'orage en béton armé.
- ❖ Les travaux de remblaiement de la tranchée.
- ❖ Le transport des sols excédentaires.

4.2 Détermination des différents volumes

a. Volume de la chaussée goudronnée à démolir :

L'opération de Décapage de la couche de terre goudronnée se fait par un doser sur une couche de 10 cm, le volume de chaussée décapée est donné par la relation suivante :

$$V_{cg} = H_g \cdot L \cdot B$$

On prend : $H_g = 0,1 \text{ m}$

Avec : L : la longueur de la tranchée (m).

B : la largeur de la tranchée (m).

b. Volume des déblais des tranchées :

$$V_{deb} = B.L.H$$

Avec : H : la profondeur de la tranchée.

c. Volume du lit de sable :

Les conduites seront posées sur un lit de pose de sable d'épaisseur égale au moins à 10 cm. Ce dernier sera bien nivelé suivant les côtes du profil en long.

$$V_{ls} = e.L.B$$

Avec : e : épaisseur du lit de sable e=0,1m.

d. Volume occupé par les conduites (Dalot) :

$$V_{cod} = L.\pi.\frac{D^2}{4}$$

$$V_{dal} = L.L_{dal}.H_{dal}$$

Avec : L_{dal} : la largeur du dalot (m)

H_{dal} : la hauteur du dalot (m).

e. Volume du remblai :

$$V_r = V_{deb} - (V_{cond} + V_{Cg} + V_{Ls})$$

f. Volume excédentaire :

$$V_{exc} = V_f - V_{rem}$$

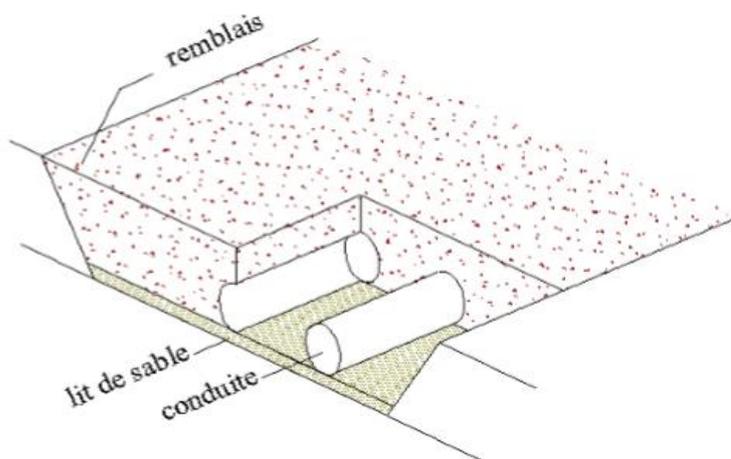


Figure 4.1 : Coupe transversale d'une tranchée avec la mise en place de la conduite

Diamètres (mm)	Linéaire (m)	Volume de la chaussée godronnée	Volume des déblais des tranchées	Volume du lit de sable	Volume occupé par les conduites	Volume du remblai	Volume excédentaire
----------------	--------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------	---------------------------------	-------------------	---------------------

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

		(m ³)	(m^{3})	(m^{3})	(m^{3})	(m^{3})	(m^{3})
1000	163	42,4	1262,9	42,4	327,6	850,6	208,2
1200	413	115,6	3307,3	115,6	1050,4	2025,6	795,6
1000x2000	552	198,7	5921,9	198,7	2296,3	3228,1	1919,0
Total	1128	356,7	10492,1	356,7	3674,3	6104,3	2922,8

Tableau 4.1 : Volumes des travaux de réalisation du collecteur Boudjmaa Moghni

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Décapage de la tranchée	m ³	356,7	150	53505
Déblai	m ³	10492,1	300	3147630
Pose du lit de sable	m ³	356,7	1000	356700
Remblai de la tranchée	m ³	6104,3	350	2136505
Evacuation des déblaies excédentaires	m ³	2922,8	160	467648
1000	M	163	2900	472700
1200	M	413	3100	1280300
1000x2000	M	552	3900	2152800
Construction des regards en béton armé	Unité	15	16000	240000
		THT		10307788
			TTC	12266267

Tableau 4.2 : devis quantitatif et estimatif du collecteur Boudjmaa Moghni

Les volumes sont calculés de la même manière (paragraphe 6.1.1). La phase de réalisation du bassin comporte des travaux de terrassement, du bétonnage ainsi que des opérations de pompage. Le devis estimatif quantitatif est donné dans le tableau suivant.

Désignation des travaux	Quantité	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Décapage de la tranchée		m ³	276,6	150	41490
Déblai		m ³	24177,5	300	7253250
Pose du béton de propreté		m ³	256	8500	2176000
Remblai de la tranchée		m ³	2625,7	350	918995
Évacuation des déblaies excédentaires		m ³	28594,4	160	4575104
Fourniture et mise en œuvre de béton armé dosé à 400 kg/m ³		M ³	2019,1	20000	40382000
Exécution de déversoir d'orage		Unité	1	16000	16000
Fourniture et pose de pompe FLYGT N3400 submersibles		Unité	1	6500000	6500000

Étude d'exécution de la variante d'Implantation de deux bassins stockage en vue de la protection de la zone d'Hussein dey contre les inondations

	THT	61862839
	TTC	73616778

Tableau 4.3 : devis quantitatif et estimatif du 1^{er} bassin

La réalisation du deuxième bassin doit se faire par fonçage au-dessous de tramway.

Pour le deuxième bassin

Désignation des travaux	Quantité	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Décapage de la tranchée		m ³	160.776	150	24116.4
Déblai		m ³	14630.6 16	300	4389184.8
Pose du béton de propreté		m ³	145.136	8500	1233656
Remblai de la tranchée		m ³	1843	350	645050
Évacuation des déblaies excédentaires		m ³	16299	160	2607840
Fourniture et mise en œuvre de béton armé dosé a 400 kg/m ³		m ³	1233.7	20000	24674000
Exécution de déversoir d'orage		Unité	1	16000	16000
			THT		40089847
			TTC		47706918

Tableau 4.4 : devis quantitatif et estimatif du 2^{ème} bassin.

4.3 Estimation du coût total du projet

Désignation des travaux	Montant (DA)
La réalisation du collecteur Boudjmaa Moghni	12266267
La réalisation du bassin de stockage	73616778
La réalisation de deuxième bassin de stockage	47706918
THC	133589964

Tableau 4.5 : Estimation du coût totale du projet

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'évaluation financière du projet avoisine les 13,3milliard centime.

Ce travail sera mis à la disposition de la SEAAL, le choix définitif de la variante nécessite une étude comparative entre les deux variantes retenues.

Références bibliographiques

VAZQUEZ, J. (2013). « Hydrologie et hydraulique Urbaine en réseau d'assainissement ».Ecole Nationale de Génie de l'Eau et de l'Environnement de STRASBOURG (ENGEES).

Mike urbain logiciel de modélisation de réseau d'assainissement.

DHI (Danish Hydraulic Institut). (1997). « User Manual and Tutorial Water Environ Hoersholm », Danemark.