

UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA 1

Faculté de Technologie

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE L'EAU ET ENVORONNEMENT



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention

Du diplôme de Master en Hydraulique

Spécialité : Ressource Hydraulique

Thème

**ETUDE D'ADDUCTION A PARTIR DE (AFTOUT ESSAHELI) POUR
L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE NOUAKCHOTT**

Présenté par :

SIDI BABE DAHY

BOUCHEIBA MAHY

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M.		Président
M.		Examineur
M ^{me} BENZINEB.KH	MCB	Promotrice

Promotion 2020/2021

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة التقريبية هو إمداد مدينة نواكشوط بمياه الشرب من محطة PK17 التي تتولى المنبع الصالحلي المنفذ على الأنبوب المؤدي إلى برج المياه المركزي.

بعد تقديم منطقة دراستنا وتقدير احتياجاتها من المياه، سنقوم بفحص الظروف التي يجب أن يتم بموجبها توفير إمداداتنا من وجهة نظر فنية واقتصادية. تم تطوير أبعاد هياكل التخزين لتلبية الطلب المستقبلي على مياه الشرب.

في أنابيب التفريغ، يتم جمع المياه عن طريق محطات الضخ، ثم ندرس شروط إنشاء محطات استعادة سلسلة التوريد.

Résumé :

L'objectif de la présente étude d'adduction est l'approvisionnement en eau potable de la ville de Nouakchott à partir de la station PK17 qui reprend de la source Aftout Essahli effectué sur la conduite d'amener vers le château d'eau central.

Nous examinerons, après la présentation de notre zone d'étude et l'estimation de ses besoins en eau, les conditions dont lesquelles devra être établir notre adduction refoulement du point de vue technico-économique. Un dimensionnement des ouvrages de stockage a été élaboré pour combler la demande future en eau potable.

Dans les conduites de refoulement, les eaux sont relevées par des stations de pompage, nous étudierons alors les conditions d'établissement des stations de reprise de la chaine d'adduction.

Abstract:

The objective of this adduction study is to supply the city of Nouakchott with drinking water from station PK17 which takes over from the Aftout Essahli source carried out on the pipe leading to the central water tower.

233After presenting our study area and estimating its water needs, we will examine the conditions under which our delivery supply should be established from a technical and economic point of view. A dimensioning of the storage structures has been developed to meet the future demand for drinking water.

In the discharge pipes, the water is collected by pumping stations. We will then study the conditions for establishing the supply chain recovery stations.

Dédicace

À chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pensée pour se rappeler de ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans qu'on leur demande, soutenus sans réserve, aimé sans compter, ces personnes qui en cru en nous et que grâce à qui notre bonheur et joie reviennent de droit, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur. Que le tout puissant nous garde ces personnes très chères à nos cœurs.

Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en premier lieu à :

Ma très chère mère () à qui je dois beaucoup pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien.

Mon père () qui m'a soutenu et a su me donner courage à chaque instant.

La mémoire de ma grand-mère et mon grand père.

Tous mes frères et mes sœurs, mes neveux et mes nièces sans exception.

Tous (tes) mes collègues.

En un mot, à tous ceux qui me sont chers.

Remerciement

Avant tout, nous remercions le bon Dieu qui a illuminé notre chemin et qui nous a armés de force et de sagesse, ainsi que de bonne volonté pour achever ce modeste travail.

Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer à sa juste valeur notre reconnaissance à l'égard de notre promotrice Mme Dr. Khadidja BENZINEB, pour l'aide qu'elle nous a offert durant la période de réalisation de ce travail et encore plus sa confiance et ses encouragements.

Toute la gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont guidés au cours de la formation d'ingénieur, et nos respects aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.

Le dernier remerciement, mais non le moindre s'adressent à tous mes amis de la promotion 2021, pour avoir eu beaucoup de sollicitudes et de chaleur humaine dont nous avions tant besoin.

Grands mercis à vous tous.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
I.1 Introduction	2
I.2 Périmètre d'étude et situation géographique	2
I.3 Situation topographique	3
I.4 Situation lithologique	5
I.5 Situations climatique	5
I.5.1 Le vent.....	5
I.5.2 Pluviométrie	6
I.5.3 Température.....	6
I.6 Situation démographique.....	6
I.7 Conclusion.....	8
Chapitre II : Estimation des besoins en eau	
II.1 Introduction.....	10
II.2 Evolution de la population	10
II.3 Estimation des besoins de consommation.....	11
II.3.1 Evolution de besoin totale nette	14
II.3.2 Calcul des débits moyen journalier à l'horizon (2050).....	18
II.3.3 Calcul des débits de pointe journalier à l'horizon (2050).....	18
II.3.4 Calcul des débits moyen horaire à l'horizon (2050).....	18
II.3.5 Calcul des débits de pointe horaire à l'horizon (2050)	19
II.4 Evolution de la Production.....	21
II.4.1 Evolution du champ captant Idini	21
II.4.2 Evolution du champ captant Aftout Assahli :	23
II.5 Calcul de déficit de la consommation.....	24
II.6 Conclusion :	24

Chapitre III : Description du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de NOUAKCHOTT

III.1 Introduction	26
III.2 Schéma du réseau existant	26
III.2.1 Le réseau de répartition	26
III.3 Conduites d'adduction et de répartition.....	31
III.3.1 Evolution de la consommation de la ville de Nouakchott	31
III.3.2 Débits d'équipements	31
III.3.2.1 Le schéma retenu a prévu de réaliser des piquages directs sur la conduite principale d'amenée d'eau du PK 17 vers le château d'eau au niveau de	31
III.3.2.2 Les débits d'équipement des ouvrages sont.....	32
III.3.3 Nature et diamètre des conduites	33
III.3.4 Corrosivité des sols.....	33
III.3.5 Pression.....	33
III.4 Les équipements	33
III.4.1 Vannes de sectionnement	33
III.4.2 Ventouses.....	34
III.4.3 Vidanges	34
III.5 stations de surpressions	34
III.6 Dimensionnement des capacités des réserves.....	36
III.7 Conclusion	36

Chapitre IV : Etude d'adduction

IV.1 Introduction	36
IV.2 Définition et types d'adductions.....	36
IV.3 Type d'écoulement	36
IV.4 Critères de choix de tracé	37
IV.5 Proposition de la variante	37
IV.6 Choix du matériau des conduites.....	38

IV.7 Dimensionnements des conduites	39
IV.7.1 Conduite adduction.....	39
IV.7.2 Calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement	39
IV.7.3 Calcul des pertes de charge	39
IV.7.4 Calcul de la hauteur manométrique totale :.....	40
IV.7.5 calcul Puissance absorbée par la pompe.....	40
IV.7.6 Energie consommée par la pompe.....	41
IV.7.7 Frais d'exploitation	41
IV.7.8 Frais d'amortissement	41
IV.8 Conduite de répartition.....	43
IV.9 Dimensionnements des réservoirs	45
IV.9.1 Rôle des réservoirs	45
IV.9.2 Fonction générale des réservoirs	45
IV.9.3 Classifications des réservoirs	46
IV.9.4 Principe de calcul des capacités des réservoirs	46
IV.9.4.1 La capacité des réservoirs est calculée par la formule suivante :.....	47
IV.10 les stations de pompage.....	49
IV.10.1 Choix du type de pompe.....	49
IV.10.2 Couplage des pompes.....	49
IV.10.3 Choix du nombre de pompes.....	50
IV.11 Conclusion.....	51
IV.11.1 L'adduction a une longueur totale de 19130 m avec des diamètres variables, à savoir 1200 et 1400 mm.	51
Conclusion générale	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 Evolution de précipitation et humidité de ville de Nouakchott.....	6
Tableau I.2 : Evolution de température de la ville Nouakchott.....	6
Tableau I.3 : Surface, population et densité des Moughataas de Nouakchott... (2000).....	7
Tableau I.4 : répartition de la population de 2007 par Moughataa	8
Tableau II.1 : Les prévisions de l'évolution démographique future, jusqu'à... l'horizon 2050.....	10
Tableau II.2 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2007).	11
Tableau II.3 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2010).	12
Tableau II.4 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2020)	12
Tableau II.5 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2030).....	13
Tableau II.6 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2040).....	13
Tableau II.7 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2050).....	14
Tableau II.8 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2007).	15
Tableau II.9 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2010).....	15
Tableau II.10 : Besoin totale nette en eau par Moughataa en (2020).....	16
Tableau II.11 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2030)	16
Tableau II.12 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2040).....	17
Tableau II.13 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2050).....	17
Tableau II.14 : Evolution de besoin globale en eau potable	18
Tableau II.15 : calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2007.....	19
Tableau II.16 : calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2010	19
Tableau II.17: calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2020.....	20
Tableau II.18: calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2030.....	20
Tableau II.19 : calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2040	20
Tableau II.20 : calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2050.....	21
Tableau II.21 : Objectifs de production du projet Aftout (m ³ /j).....	24
Tableau II.22: Calcul de déficit de la consommation	24

Tableau III.1 : Evolution des besoins en eau de la ville de Nouakchott.....	31
Tableau III.2 : conduites d'adduction (2030).	32
Tableau III.3 : conduites de répartition horizon (2030).	33
Tableau III.4 : Caractéristiques des stations de surpression	35
Tableau III.5: Capacités des réserves	36
Tableau IV.1 : Conduites d'adduction	42
Tableau IV.2 : Calcul de la HMT de la conduite d'adduction principal	42
Tableau IV.3: Calcul des frais d'amortissement de la conduite d'adduction ..	42
Tableau IV.4 : Calcul des frais d'exploitation de la conduite d'adduction ..	43
Tableau IV.5 : Conduites de répartition	43
Tableau IV.6 : Calcul de la HMT de la conduite de répartition	44
Tableau IV.7 : Calcul des frais d'amortissement de la conduite d'adduction ..	44
Tableau IV.8 : Calcul des frais d'exploitation de la conduite de répartition ..	44
Tableau IV.9 : Capacités totale des réserves	48
Tableau IV.10 : volume des réserves projeté	48
Tableau IV.11 : Station de surpression.....	51

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Situation géographique de la ville de Nouakchott	3
Figure I.2: Conditions topographiques de Nouakchott	4
Figure I.3 : d'évolution de la population de Nouakchott.....	7
Figure I.4 : répartition de la population de 2007 par Moughataa.....	8
Figure III.1: Réseau adduction et de réparation de la ville de la Nouakchott...	28
Figure III.2: Acheminement de l'eau potable du PK17 au château d'eau cent..	30

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP

P

Hm

La République Islamique de Mauritanie (RIM),
Schéma Directeur d'Aménagement Urbain (SDAU),

ONS

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

L'existence de la vie est tributaire de la disponibilité des ressources en eau, c'est pourquoi on disait que "L'eau, c'est la vie".

Les réserves en eau douce disponibles pour l'homme s'épuisent alors que les besoins en eau sont de plus en plus grands.

La ville de Nouakchott accuse un déficit important en eau au moyen terme, parce que les ressources actuelles (Idini + Aftout essaheli) ne permettent pas de satisfaire les besoins en eau de la ville de Nouakchott, dans ce cadre nous proposons d'assurer ces besoins à partir d'une conduite supplémentaire qui raccorde la station PK17 avec le château d'eau central.

Afin de pouvoir acheminer les eaux vers Nouakchott dans des bonnes conditions, une étude économique de l'adduction doit être faite avec la projection des réservoirs pour pouvoir stocker les débits de renforcement.

Pour cela, nous divisons notre travail en quatre chapitres principaux :

- Le premier chapitre : une présentation de la zone d'étude
- Le deuxième chapitre : une estimation des besoins en eau futur et variation des débits de la consommation.
- Le troisième chapitre : Description du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de NOUAKCHOTT
- Le quatrième chapitre : Une étude d'adduction des eaux potable vers la ville de NOUAKCHOTT

CHAPITRE I
PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDE

I.1 Introduction

Pour comprendre toutes les caractéristiques de la zone d'étude et les facteurs qui influencent sur la conception de notre projet AEP, une étude de l'environnement physique doit être réalisée.

Dans ce chapitre, nous étudions les différents facteurs impliqués dans la conception dimensionnelle du réseau de distribution d'eau potable à notre région, les données recueillies portent sur la localisation géographique, la topographique, lithologique, climatique et démographique.

I.2 Périmètre d'étude et situation géographique

La République Islamique de Mauritanie (RIM), située sur la côte nord-ouest africaine, est limitée :

- Au Nord, par le Sahara occidental et l'Algérie,
- A l'Est, par le Mali,
- Au Sud par le Mali et le Sénégal,
- A l'Ouest par l'océan Atlantique sur plus de 700 km.

Nouakchott, la capitale, se situe à 18°7' nord et 15°05' ouest. La ville se situe sur la bordure océanique du Sahara. Cette position en façade maritime, conjuguée à la présence d'un courant marin froid (courant des Canaries), lui confère les caractères d'un désert côtier, soit des conditions contraignantes pour un développement urbain.

Plus concrètement, Nouakchott se situe à l'extrémité occidentale d'un ensemble dunaire continental ogolien, d'une altitude inférieure à 20 mètres et comportant des dépressions allongées nord-est sud-est. La ville est construite sur un plateau dunaire, à environ 5 km de l'océan, dont elle est séparée par un mince cordon littoral dunaire et une dépression (Sebkha).

Le périmètre de l'étude englobe: l'ensemble de l'agglomération de Nouakchott, laquelle est composée de neuf Moughataas : Teyarett, Ksar, TevraghZeina, Toujounine, Sebkha, El Mina, Dar Naim, Arafat et Riyad. Ces Moughataas couvrent le périmètre administratif du District Urbain de Nouakchott délimité par décret n° 80189 du 1^{er} Avril 1980.

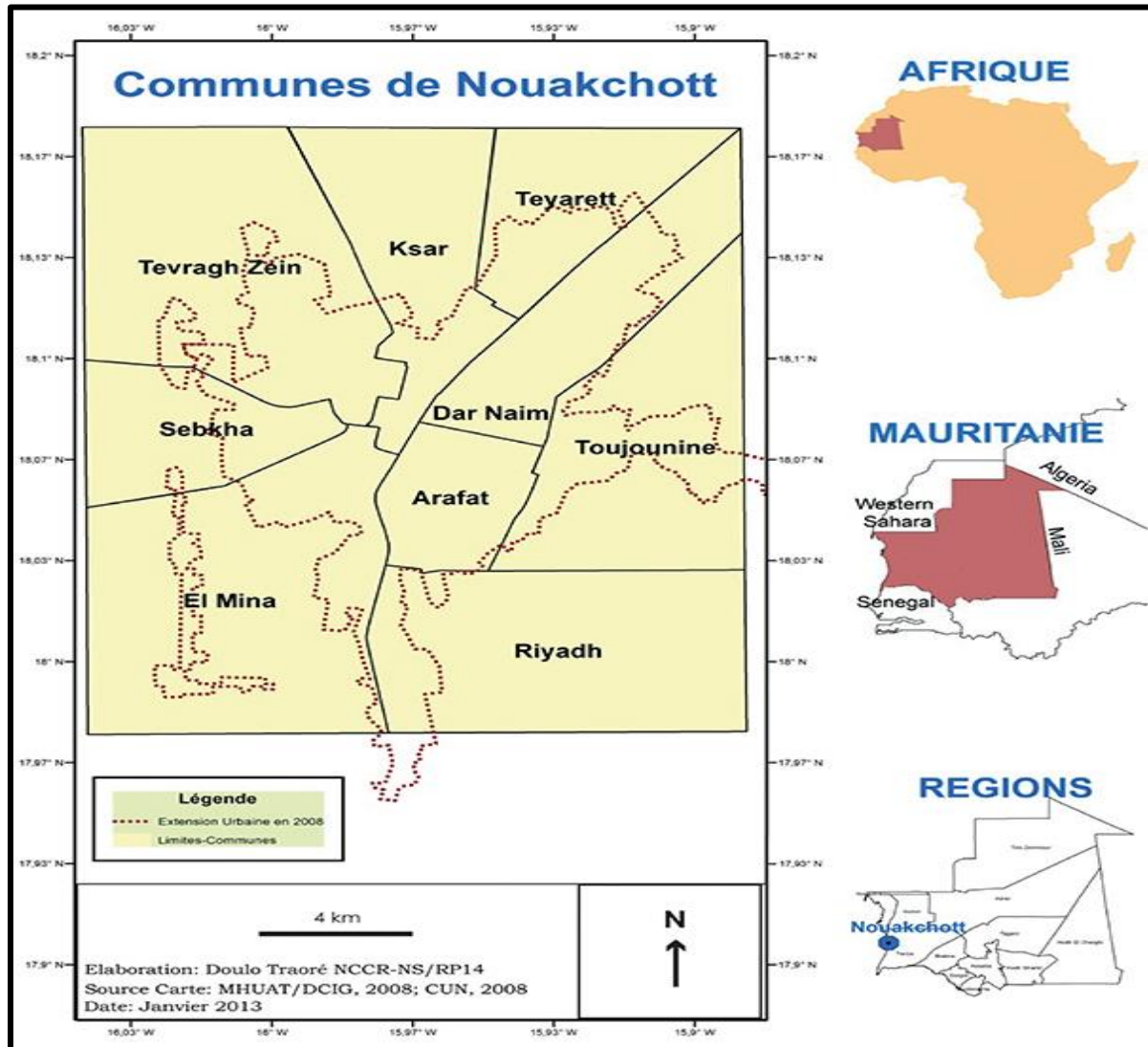


Figure I.1 : Situation géographique de la ville de Nouakchott [5]

I.3 Situation topographique

La ville de Nouakchott présente une topographie quasiment plane. Elle est délimitée par un cordon littoral à l'ouest ainsi que par une succession de cordons dunaires allongés nord-est, sud-ouest. Ces cordons dunaires sont séparés par des dépressions qui constituent le site sur lequel est bâti Nouakchott.

Chapitre I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La ville a été construite initialement sur un plateau dunaire d'une altitude moyenne de 7 à 8 mètres. La zone la plus élevée est située vers le nord (site du château d'eau), se situe entre 12 et 14 mètres. L'essentiel du noyau urbain s'est développé sur des terrains d'une altitude ne dépassant pas 2 mètres par rapport au niveau de la mer, de nombreux secteurs d'habitations se trouvant même sous le niveau de la mer.

Les caractéristiques topographiques décrites ci-dessus influencent le développement et la gestion de la ville. Le caractère plat de la ville facilite techniquement la réalisation de nouveaux lotissements mais rend son assainissement et son drainage très problématiques. [9]

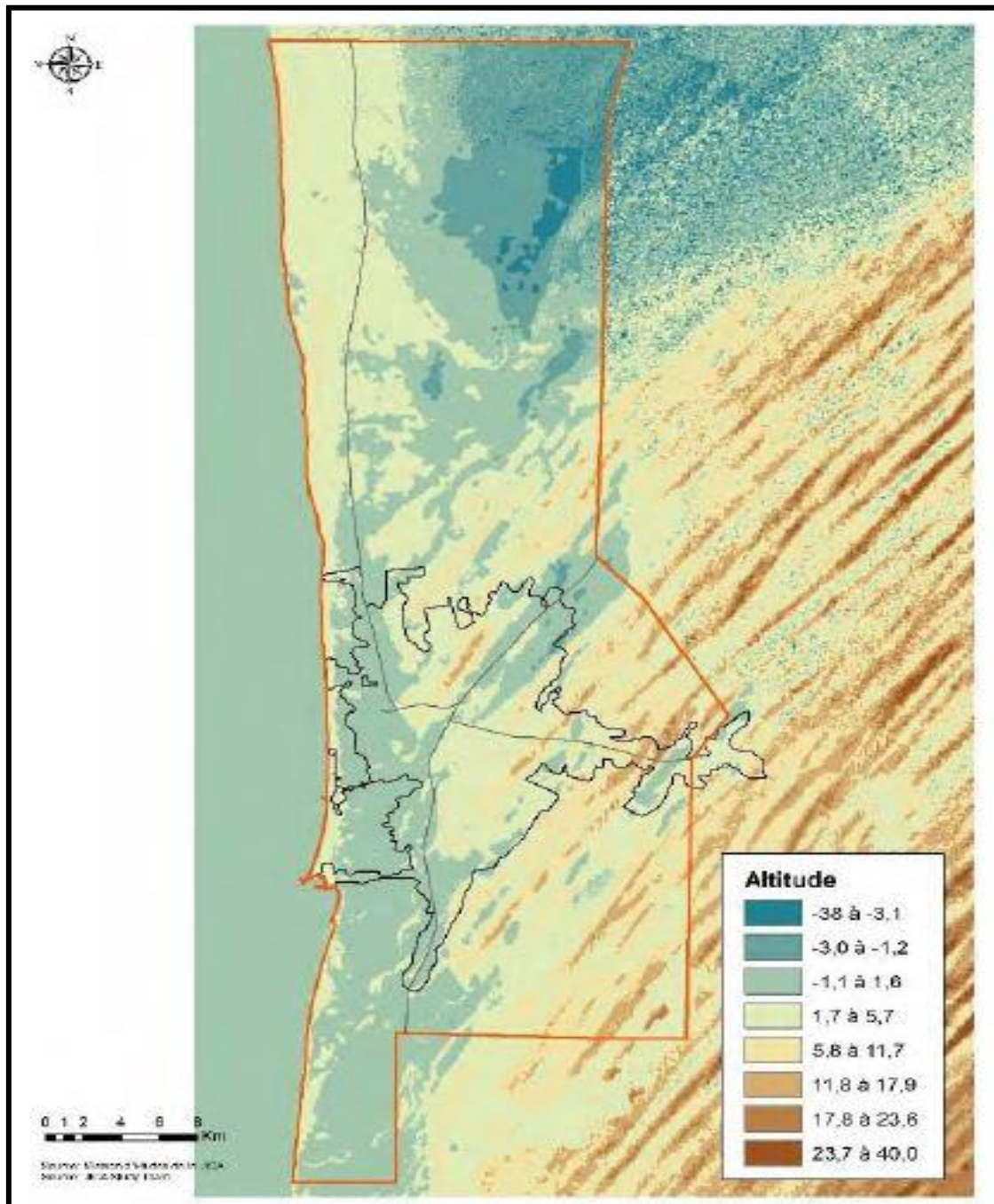


Figure I.2: Conditions topographiques de Nouakchott [9]

I.4 Situation lithologique

Les sols de Nouakchott se composent en surface soit de strates de faluns coquilliers fossilisés, soit de sables fins, en dehors des dépressions (Sebkha).

Dans les dépressions le sol est constitué d'un plateau gréseux enfoui sous une mince couche de sable argileux.

A titre illustratif, la coupe géologique effectuée sur l'une des carrières situées en bordure de la route de Rosso (sud de Nouakchott) a révélé les différentes couches suivantes :

- 0,0 à 0,2 m : sables argileux (sol),
- 0,2 à 0,3 m : coquilles,
- 0,3 à 0,7 m : sable blanc fin renfermant de nombreux débris coquilliers,
- 0,7 à 1,30 m : falun à « *Arca senelis* » de grande taille et autres coquilles,
- 1,30 à 2,35 m : sable blanc et jaune fin,
- 2,35 à 2,80 m : « beach-rock » dur, massif et mélange de gros grains de quartz et coquilles cassées.

Le contexte physique de Nouakchott se caractérise aussi par la présence d'ensembles dunaires encore mobiles sur lesquels se développent pourtant des fronts d'urbanisations (quartiers de Toujounine, lotissements situés sur la liaison Arafat-Riyad,..).

I.5 Situations climatique

I.5.1 Le vent

Nouakchott présente les caractères d'un désert côtier. Le climat de la capitale résulte de l'influence de trois vents provenant de trois centres d'action distincts : l'alizé maritime, l'alizé continental et les vents de mousson.

L'alizé maritime est un vent frais de secteur nord à nord-ouest qui a pour origine la zone des hautes pressions de l'anticyclone des Açores. Il souffle toute l'année sur l'ensemble du littoral et ne donne que peu de précipitations.

L'alizé continental (ou Harmattan) est un vent chaud et sec de secteur nord à nord-est. Il provient de la zone des hautes pressions thermiques (anticyclone du Sahara) qui règne sur le Maghreb en hiver et sur la Méditerranée en été. Ces vents sont à l'origine des faibles pluies en hiver mais surtout des fréquentes et violentes tempêtes de sables qui s'abattent sur Nouakchott. Les vents de mousson quant à eux proviennent des hautes pressions de l'anticyclone de Sainte-Hélène, situé dans l'Atlantique sud. Ces vents sont responsables de l'essentiel des précipitations enregistrées à Nouakchott et dans la région ouest-africaine. Ainsi, la combinaison de facteurs

Chapitre I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

géographiques et thermiques explique la relative clémence du climat de Nouakchott, comparativement aux autres régions du pays. [1]

I.5.2 Pluviométrie

A l'image de la côte mauritanienne, Nouakchott connaît une pluviométrie très faible et irrégulière, puisque la moyenne annuelle est inférieure à 100 mm. La faiblesse des précipitations fait que la ville se trouve en situation de stress hydrique. [4]

Tableau I.1 Evolution de la précipitation et l'humidité de la ville de Nouakchott [6]

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	2	1	0	0	0	0	1	13	19	6	1	4
Hum (%)	31%	32%	35%	42%	42%	49%	68%	72%	63%	46%	37%	33%

I.5.3 Température

L'action des masses d'air polaires et la situation sur le littoral atlantique atténuent les températures et leurs variations. Celles-ci oscillent entre 28,4°C et 36,4°C pour les maxima et entre 14,6°C et 25,7°C pour les minima. [1]

I.6 Situation démographique

L'évolution démographique de Nouakchott est fort étonnante, une trentaine d'années semblent en effet lui avoir suffi pour se forger une citadinité propre.

Prévue pour accueillir une population peu nombreuse et connaître une croissance modérée, la ville de Nouakchott a dérouté tous les planificateurs par sa croissance fulgurante.

La population a passé d'environ 2.000 habitants en 1955 à 134.700 en 1977. Cela représente en moyenne plus de 23% de croissance annuelle pendant près de 15 ans. A partir de 1977, et malgré le ralentissement du taux de croissance annuel, la ville a continué de subir les effets d'un exode rural massif.

Le dernier recensement général de la population effectué par l'ONS en 2007 constitue la base pour l'estimation de la population de Nouakchott pour les différents horizons de l'étude. Ce recensement a permis d'identifier une population totale à Nouakchott estimée à 722.275 habitants.

• Répartition démographique par Moughataa

De par ces conséquences spatiales, la croissance démographique décrite ci-dessus a amené les autorités à modifier les limites administratives de la ville. La superficie administrative de cette dernière est ainsi passée de 6.600 hectares en 1950 à 38.580 hectares en 1980 (d'après SDAU-2002).

Le découpage interne a également connu des modifications. Ainsi, cinq arrondissements urbains ont été créés en 1974, devenus neuf Moughataas en 1989. Ce découpage est toujours en vigueur.

Le tableau ci-dessous donne la répartition de la population selon les neufs Moughataas de la ville (Recensement de la Population 2000). [3]

Tableau I.3 : Surface, population et densité des Moughataas de Nouakchott (2000) [3]

Moughataas	Superficie totale (ha)	Superficie urbanisée (ha)	Part urbanisée (%)	Population (habit.)	Densité (hab/sup.urb)
1. Teyarett	2.500	556	22%	50.748	91
2. Ksar	3.300	612	19%	40.274	66
3. Tevragh Zeina	2.966	1.067	36%	42.043	39
4. Toujounine	7.434	874	12%	72.121	83
5. Sebkha	1.386	546	39%	100.161	183
6. El Mina	9.023	718	8%	82.483	115
7. Dar Naim	2.647	1.059	40%	64.666	61
8. Arafat	1.224	1.014	83%	88.104	87
9. Riyad	8.101	460	6%	71.286	155
Total	38.581	6.906	18%	611.883	89

Chapitre I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

- La répartition de la population en 2007 (Recensement de la Population 2007) selon les neufs Moughataas de la ville est donnée par le tableau (I.4) et le graphe (I.4) ci-après :
- Tableau I.4 : répartition de la population de 2007 par Moughataa

Moughataas	Teyarett	Ksar	TevraghZeina	Toujounine	Sebkha	El Mina	Dar Naim	Arafat	Riadh	TOTAL
2007	59 976	56 327	62 230	72 544	82 132	122 939	79 046	132 201	54 880	722 275
	8%	8%	9%	10%	11%	17%	11%	18%	8%	100%

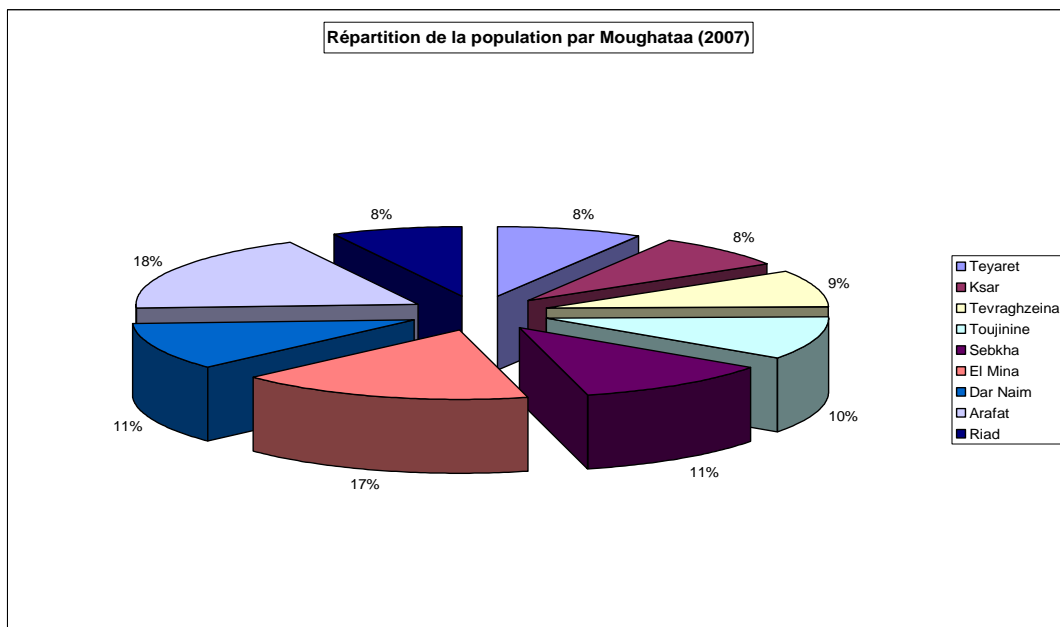


Figure I.4 : répartition de la population de 2007 par Moughataa [3]

Les Moughataas les plus peuplés sont Arafat (18% de la population de Nouakchott) et El Mina (17% de la population) qui abritent 35% de la population total de la ville.

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini les données nécessaires concernant notre région d'étude. Ces données nous serviront pour entamer notre étude du projet .

CHAPITRE II
ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

II.1 Introduction

Une bonne conception du projet commence tout d'abord par une bonne estimation des besoins que peut exiger l'agglomération en question. Dans ce présent chapitre on essaiera d'évaluer ces besoins à fin d'estimer le déficit à combler

II.2 Evolution de la population

La ville Nouakchott a une population qui est en plein croissance. Pour avoir une idée sur la population future, nous utiliserons la formule suivante :

$$P_n = P_0 * (1 + T)^n \dots\dots\dots II.1$$

- P_n : population à l'horizon de calcul (2050).
- P_0 : population à l'année du dernier recensement (2007).
- T : Taux de croissance de 3,75% jusqu'au 2010, Taux de croissance de 3,5% à partir de 2010 et 3,0% à partir de 2020 jusqu'au 2040, et 2,5% % à partir de 2050
- n : nombre d'années séparant l'année du dernier recensement et l'horizon de calcul, dans notre cas $n = 43$ ans.

Les prévisions de l'évolution démographique future, jusqu'à l'horizon du projet 2050, s'appuient

Essentiellement sur les tendances du Schéma Directeur de l'Aménagement Urbain.

La projection de la population totale de la zone de l'étude pour l'hypothèse retenue est présentée dans le tableau qui suit :

Tableau II.1 : Les prévisions de l'évolution démographique future, jusqu'à l'horizon 2050

Moughataas	Teyarett	Ksar	Tevragh zeina	Toujounine	Sebkha	EL Mina	Dar Naim	Arafat	Riadh	Total
2007	59976	56327	62230	72544	82132	122939	79046	132201	54880	722275
2010	66 979	62904	69496	81045	91 723	137295	88276	147639	61289	806616
2020	94 481	88 733	98 032	114 280	129384	193668	124522	208259	86 454	1137812
2030	126974	119249	131746	153 582	173881	260274	167348	279883	116187	1529124
2040	170642	160261	177056	206401	233682	349786	224902	376139	156146	2055015
2050	218437	205147	226646	264211	299132	447756	287893	481490	199880	2630593

II.3 Estimation des besoins de consommation

➤ **Besoins domestiques:**

C'est la quantité d'eau consommée par les personnes connectées au réseau ou non connectées au réseau mais utilisant des colonnes montantes pour l'eau. De plus, il y a de la consommation dans les petits commerces (cafés, stations-service, etc.).

$$Q_{moy,j}^{dom} = \frac{POP * DOT}{1000}$$

- ($Q_{moy,j}^{dom}$) : Débit moyen domestique journalier (m³/j)
- **POP** : la population estimé
- **DOT** : Dotations (dotation varié)
- $\frac{1}{1000}$: terme de convertissions de (L) en (m³)

Tableau II.2 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2007). [2]

Horizon	2007							
	Branché Dot : 74L/hab./j				Non Branché Dot : 25L/hab./j			Besoins domestiques en m ³ /j
Désignation	Popul. Total	Taux de branch.	Popul. Branchée	Besoins en eau m ³ /j	% Popul. Non branché	Popul. Non branchée	Besoins en eau m ³ /j	
Teyaret	59,976	45	26989	1970	55	32987	726	2696
Ksar	56,327	90	50694	3701	10	5633	124	3825
TevraghZeina	62,230	92	57251	4179	8	4978	110	4289
Toujounine	72,544	21	15234	1112	79	57310	1261	2373
Sebkha	82,132	34	27925	2039	66	54207	1193	3231
El Mina	122,939	26	31964	2333	74	90975	2001	4335
Dar Naim	79,046	20	15809	1154	80	63237	1391	2545
Arafat	132,201	36	47592	3474	64	84609	1861	5336
Riyad	54,880	32	17562	1282	68	37319	821	2103
Total	722,275	40	291021		60	431254		30732

Chapitre II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Tableau II.3 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2010). [2]

Horizon	2010							
Type de ménage	Branché 73L/hab/j				Non Branché 22L/hab/j			Besoins domestiques en m ³ /j
Désignation	Popul. Total	Taux de branch.	Popul. Branchée	Besoins en eau m ³ /j	% Popul. Non branché	Popul. Non branchée	Besoins en eau m ³ /j	
Teyarett	66979	70	46885	3470	30	20094	502	3972
Ksar	62904	100	62904	4655	0	0	0	4655
TevraghZeina	69496	100	69496	5143	0	0	0	5143
Toujounine	81015	63	51039	3777	37	29976	749	4526
Sebkha	91723	75	68792	5091	25	22931	573	5664
El Mina	137295	35	48053	3556	65	89242	20231	5787
Dar Naim	88276	35	30897	2286	65	57380	1434	3721
Arafat	147639	55	81201	6009	45	66437	16661	7670
Riyad	61289	45	27580	2041	55	33709	843	2884
Total	806616	60	486849		40	319768		44081

Tableau II.4 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2020). [2]

Horizon	2020							
Type de ménage	Branché Dot : 80L/hab/j				Non Branché Dot : 30L/hab/j			Besoins domestiques en m ³ /j
Désignation	Popul. Total	Taux de branch.	Popul. Branchée	Besoins en eau m ³ /j	% Popul. Non branché	Popul. Non branchée	Besoins en eau m ³ /j	
Teyarett	94481	95	89757	7181	5	4724	142	7322
Ksar	88773	100	88733	7099	0	0	0	7099
TevraghZeina	98032	100	98032	7843	0	0	0	7843
Toujounine	114280	100	114280	9142	0	0	0	9142
Sebkha	129384	100	129384	10351	0	0	0	10351
El Mina	193668	75	145251	11620	25	48417	1453	13073
Dar Naim	124522	70	87166	6973	30	37357	1121	8094
Arafat	208259	72	149946	11996	28	58313	1749	13745
Riyad	86454	70	60518	4841	30	25936	778	5619
Total	1137812	80	963066		15	174746		82288

Chapitre II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Tableau II.5 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2030). [2]

Horizon	2030							
Type de ménage	Branché Dot : 85L/hab/j				Non Branché Dot : 30L/hab/j			Besoins domestiques en m ³ /j
Désignation	Popul. Total	Taux de branch.	Popul. Branchée	Besoins en eau m ³ /j	% Popul. Non branché	Popul. Non branchée	Besoins en eau m ³ /j	
Teyarett	126974	100%	126974	10793	0	0	0	10793
Ksar	119249	100%	119249	10136	0	0	0	10136
TevraghZeina	131746	100%	131746	11198	0	0	0	11198
Toujounine	153582	100%	153582	13054	0	0	0	13054
Sebkha	173881	100%	173881	14780	0	0	0	14780
El Mina	260274	95%	247260	21017	5	13014	390	21408
Dar Naim	167348	90%	150613	12802	10	16735	502	13304
Arafat	279883	90%	251894	21411	10	27988	840	22251
Riyad	116187	85%	98759	80394	15	17428	523	8917
Total	1529124	95%	1453959		5	75165		125841

Tableau II.6 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2040).

Horizon	2040							
Type de ménage	Branché Dot : 85L/hab/j				Non Branché Dot : 30L/hab/j			Besoins domestiques en m ³ /j
Désignation	Popul. Total	Taux de branch.	Popul. Branchée	Besoins en eau m ³ /j	% Popul. Non branché	Popul. Non branchée	Besoins en eau m ³ /j	
Teyarett	170642	100%	170642	10793	0	0	0	14505
Ksar	160261	100%	160261	10136	0	0	0	13622
TevraghZeina	177056	100%	177056	11198	0	0	0	15505
Toujounine	206401	100%	206401	13054	0	0	0	17544
Sebkha	233682	100%	233682	14780	0	0	0	19863
El Mina	349786	100%	349786	21017	0	0	0	29732
Dar Naim	224902	95%	213657	12802	5	11245	337	18498
Arafat	376139	95%	357332	21411	5	18807	564	30937
Riyad	156146	90%	140531	80394	10	15615	468	12414
Total	2055015	98%	2009348		2	45667		172165

Tableau II.7 : Evolution Besoins domestiques en eau potable(2050).

Horizon	2050							
Type de ménage	Branché Dot : 85L/hab/j				Non Branché Dot : 30L/hab/j			Besoins domestiques en m ³ /j
Désignation	Popul. Total	Taux de branch.	Popul. Branchée	Besoins en eau m ³ /j	% Popul. Non branché	Popul. Non branchée	Besoins en eau m ³ /j	
Teyarett	218437	100%	218437	18567	0	0	0	18567
Ksar	205147	100%	205147	17438	0	0	0	17438
TevraghZeina	226646	100%	226646	19265	0	0	0	19265
Toujounine	264211	100%	264211	22458	0	0	0	22458
Sebkha	299132	100%	299132	25426	0	0	0	25426
El Mina	447756	100%	447756	38059	0	0	0	38059
Dar Naim	287893	100%	287893	24471	0	0	0	24471
Arafat	481490	100%	481490	40927	0	0	0	40927
Riyad	199880	95%	189886	16140	5	9994	300	16440
Total	2630593	100%	2620599		0	9994		223051

➤ **Besoins non domestiques non agricoles:** $Q_{non Agr}^{non Dom}$

Tous les besoins suivant sont inclus (Besoins touristiques ; Besoins administratifs et communaux ; Besoins administratifs et communaux.)

➤ **Besoin agricoles :** Q_{Agr}

C'est la quantité d'eau censée à couvrir le besoin des zones contenant des travaux d'agriculture et les divers jardins.

II.3.1 Evolution de besoin totale nette : Q_{tot}^{net}

La quantité d'eau potable à garantir est en fonction de besoin total nette. Le besoin total nette est la somme des besoins suivants :

$$Q_{tot}^{net} = Q_{moyj}^{dom} + Q_{non Agr}^{non Dom} + Q_{Agr}$$

Tableau II.8 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2007).

Horizon	2007			
Désignation	besoin domestique m ³ /j	besoin non domestique et non agricole m ³ /j	besoin en eau d'irrigation m ³ /j	Besoin totale nette en eau potable m ³ /j
Teyarett	2825	674	0	3370
Ksar	3825	956	140	4921
TevraghZeina	4289	1072	105	5466
Toujounine	2373	593	2450	5416
Sebkha	3231	808	1285	5334
El Mina	4335	1084	490	5909
Dar Naim	2545	636	1470	4652
Arafat	5336	1334	0	6670
Riyad	2103	526	0	2629
TOTAL	30723	7683	5950	44365

Tableau II.9 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2010).

Horizon	2010			
Désignation	besoin domestique m ³ /j	besoin non domestique et non agricole m ³ /j	besoin en eau d'irrigation m ³ /j	Besoin totale nette en eau potable m ³ /j
Teyarett	3972	993	70	5035
Ksar	4655	1164	140	5959
TevraghZeina	5143	1286	140	6568
Toujounine	4526	1132	3605	9263
Sebkha	5664	1416	1330	8410
El Mina	5787	1447	525	7759
Dar Naim	3721	930	1540	6191
Arafat	7670	1917	0	9587
Riyad	2884	721	1400	5005
TOTAL	44081	11005	8750	63776

Chapitre II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Tableau II.10 : Besoin totale nette en eau par Moughataa en (2020).

Horizon	2020			
Désignation	besoin domestique m ³ /j	besoin non domestique et non agricole m ³ /j	besoin en eau d'irrigation m ³ /j	Besoin totale nette en eau potable m ³ /j
Teyarett	14505	1831	350	9503
Ksar	13622	1775	210	9083
TevraghZeina	15505	1961	175	9978
Toujounine	17544	2286	6300	17728
Sebkha	19863	2588	1400	14338
El Mina	29732	3268	700	17041
Dar Naim	18498	2023	1750	11867
Arafat	30937	3436	0	17181
Riyad	12414	1405	4865	11889
TOTAL	172165	20572	15750	118610

Tableau II.11 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2030)

Horizon	2030			
Désignation	besoin domestique m ³ /j	besoin non domestique et non agricole m ³ /j	besoin en eau d'irrigation m ³ /j	Besoin totale nette en eau potable m ³ /j
Teyarett	10793	26698	350	13841
Ksar	10136	2534	210	12880
TevraghZeina	11198	2800	175	14173
Toujounine	13054	3264	6300	22618
Sebkha	14780	3695	1400	19875
El Mina	21408	5352	700	27459
Dar Naim	13304	3326	1750	18380
Arafat	22251	5563	0	27813
Riyad	8917	2229	4865	16012
TOTAL	125841	33460	15750	173052

Chapitre II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Tableau II.12 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2040).

Horizon	2040			
Désignation	besoin domestique m ³ /j	besoin non domestique et non agricole m ³ /j	besoin en eau d'irrigation m ³ /j	Besoin totale nette en eau potable m ³ /j
Teyarett	14505	3777	420	18702
Ksar	13622	3548	245	17415
TevraghZeina	15505	3919	210	19179
Toujounine	17544	4569	7875	29988
Sebkha	19863	5173	1470	26506
El Mina	29732	7493	840	38064
Dar Naim	18498	4656	1820	24975
Arafat	30937	7788	0	38725
Riyad	12414	3121	6370	21905
TOTAL	172165	44045	19250	235459

Tableau II.13 : besoin totale nette en eau par Moughataa en (2050).

Horizon	2050			
Désignation	besoin domestique (m3/j)	besoin non domestique et non agricole (m3/j)	besoin en eau d'irrigation (m3/j)	Besoin totale nette en eau potable (m3/j)
Teyarett	18567	5288	420	24276
Ksar	17438	4967	245	22649
TevraghZeina	19265	5487	210	24962
Toujounine	22458	6397	7875	36730
Sebkha	25426	7242	1470	34138
El Mina	38059	10490	840	49389
Dar Naim	24471	6519	1820	32810
Arafat	40927	10903	0	51829
Riyad	16440	4369	6370	27180
TOTAL	223051	61662	19250	303963

Tableau II.14 : Evolution de besoin globale en eau potable

Horizons	2007	2010	2020	2030	2040	2050
besoin domestique m ³ /j	30 732	44 021	82 288	125 841	172165	223051
besoin non domestique et non agricole m ³ /j	7 683	11 005	20 572	31 460	44045	61662
besoin en eau d'irrigation m ³ /j	5 950	8 750	15 750	15 750	19250	19250
besoin totale nette en eau potable m ³ /j	44 365	63 776	118 610	173 052	235459	303963

II.3.2 Calcul des besoins moyen journalier à l'horizon (2050)

$$Q_{moy}^j = \frac{Q_{tot}^{net}}{R_g} \dots\dots\dots [2]$$

- Q_{moy}^j : Débit moyen journalier m³/J
- Q_{tot}^{net} : Débit total nette journalier m³/J
- R_g : Rendement global

II.3.3 Calcul des besoins de pointe journalier à l'horizon (2050)

$$Q_p^j = Q_{moy}^j \times K_p^j \dots\dots\dots [2]$$

- Q_p^j : Débit de pointe journalier m³/J
- Q_{moy}^j : Débit moyen journalier m³/J
- K_p^j : Coefficient de pointe journalier SU

Remarque :

En appliquant le coefficient de pointe journalière de 1.1, adopté pour la ville, nous déterminons les besoins de distribution d'eau pour la journée de pointe.

II.3.4 Calcul des besoins de moyen horaire à l'horizon (2050)

$$Q_{moy}^h = \frac{Q_p^j}{24} \dots\dots\dots [2]$$

- Q_{moy}^h : Débit moyen horaire

- Q_p^j : Débit de pointe journalière m^3/j
- $\frac{1}{24}$: Terme de conversions de (J) en (h)

II.3.5 Calcul des besoins de pointe horaire à l'horizon (2050)

$$Q_p^h = K_p^h \times Q_{moy}^h \dots \dots \dots [2]$$

- Q_p^h : débit de pointe horaire m^3/h
- K_p^h : coefficient de pointe horaire = 1,5
- Q_{moy}^h : débit moyen horaire m^3/h

Tableau II.15 : calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2007

Les débits	Q_{Tot}^{net} m^3/j	Q_{moy}^j m^3/j	Q_p^j m^3/j	Q_{moy}^h m^3/h	Q_p^h l/s
Teyarett	3370	5266	5792	241	83
Ksar	4921	7689	8458	352	121
TevraghZeina	5466	8541	9395	391	134
Toujounine	5416	8463	9309	388	133
Sebkha	5334	8334	9168	382	131
El Mina	5909	9233	10156	423	145
Dar Naim	4652	7269	7996	333	114
Arafat	6670	10422	11464	478	163
Riyad	2629	4108	4519	188	64
TOTAL	44365	69323	76256	3177	1087

Tableau II.16 : calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2010

Les débits	Q_{Tot}^{net} m^3/j	Q_{moy}^j m^3/j	Q_p^j m^3/j	Q_{moy}^h m^3/h	Q_p^h l/s
Teyarett	5035	6713	7385	308	105
Ksar	5959	7945	8740	364	125
TevraghZeina	6568	8757	9633	401	137
Toujounine	9263	12351	13586	566	194
Sebkha	8410	11213	12335	514	176
El Mina	7759	10345	11380	474	162
Dar Naim	6191	8255	9080	378	129

Chapitre II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Arafat	9587	12783	14061	586	200
Riyad	5005	6673	7341	306	105
TOTAL	63776	85036	93540	3897	1333

Tableau II.17: calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2020

Les débits	Q_{Tot}^{net} m ³ /j	Q_{moy}^j m ³ /j	Q_P^j m ³ /j	Q_{moy}^h m ³ /h	Q_P^h l/s
Teyarett	9503	11180	12298	512	175
Ksar	9083	10686	11754	490	168
TevraghZeina	9978	11739	12913	538	184
Toujounine	17728	20856	22942	956	327
Sebkha	14338	16868	18555	773	264
El Mina	17041	20048	22053	919	314
Dar Naim	11867	13961	15357	640	219
Arafat	17181	20213	22234	926	317
Riyad	11889	13987	15386	641	219
TOTAL	118608	139539	153493	6396	2187

Tableau II.18: calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2030

Les débits	Q_{Tot}^{net} m ³ /j	Q_{moy}^j m ³ /j	Q_P^j m ³ /j	Q_{moy}^h m ³ /h	Q_P^h l/s
Teyarett	13841	16283	17911	746	311
Ksar	12880	15152	16668	694	289
TevraghZeina	14173	16674	18341	764	318
Toujounine	22618	26609	29270	1219	508
Sebkha	19875	23382	25720	1071	446
El Mina	27459	32304	35535	1480	617
Dar Naim	18380	21623	23785	991	413
Arafat	27813	32721	35993	1499	625
Riyad	16012	18837	20721	863	360
TOTAL	173052	203590	223949	9331	3891

Tableau II.19 : calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2040

Les débits	Q_{Tot}^{net} m ³ /j	Q_{moy}^j m ³ /j	Q_P^j m ³ /j	Q_{moy}^h m ³ /h	Q_P^h l/s
Teyarett	18702	22002	24203	1008	345
Ksar	17415	20488	22537	939	321
TevraghZeina	19179	22564	24820	1034	354
Toujounine	29988	35280	38808	1617	553
Sebkha	26506	31184	34302	1429	489
El Mina	38064	44781	49259	2052	702
Dar Naim	24975	29382	32321	1347	461
Arafat	38725	45559	50115	2088	714
Riyad	21905	25771	28348	1181	404
TOTAL	235459	277011	304712	12696	4342

Tableau II.20 : calcul les débits par Moughataa à l'horizon 2050

Les débits	Q_{Tot}^{net} m ³ /j	Q_{moy}^j m ³ /j	Q_P^j m ³ /j	Q_{moy}^h m ³ /h	Q_P^h l/s
Teyarett	24276	28560	31416	1309	448
Ksar	22649	26646	29310	1221	418
TevraghZeina	24962	29367	32304	1346	460
Toujounine	36730	43212	47533	1981	677
Sebkha	34138	40162	44179	1841	630
El Mina	49389	58105	63915	2663	911
Dar Naim	32810	38600	42460	1769	605
Arafat	51829	60975	67073	2795	956
Riyad	27180	31976	35174	1466	501
TOTAL	303963	357604	393364	16390	5605

II.4 Evolution Production

II.4.1 Evolution du champ captant champ captant Idini :

Site d'Idini, qui alimente en eau potable la capitale Nouakchott, est la zone la plus étudiée de la nappe de Trarza. Le choix du site s'explique par la nécessité de placer la station de captage suffisamment loin de la frange côtière où la nappe est salée. L'exploitation du champ captant d'Idini a débuté en 1958 par l'implantation de deux forages distants de 500 m et débitant 900

Chapitre II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

m³/j. Ce dispositif a été renforcé, en 1968, par la réalisation d'un troisième forage, ce qui a permis de porter la capacité de production à 1 200 m³/j.

Au début de l'année 1969, une usine de dessalement de l'eau de mer a été mise en service pour compléter l'alimentation en eau de la ville de Nouakchott. Sa capacité de 2 000 m³/j a eu pour conséquence de limiter à 1 000 m³/j la production de la station d'Idini. L'exploitation de cette usine a été arrêtée début 1974 pour des questions de coût.

En 1973, un champ captant, comportant 18 forages d'exploitation distants en moyenne d'un kilomètre complété par un dispositif de surveillance de 11 piézomètres. Les ouvrages d'exploitation captent la nappe subphréatique et ils sont répartis sur 4 espaces inter-dunaires. Leur capacité journalière de production est de l'ordre de 24 000 m³/j mais l'exploitation réelle est limitée à 12 500 m³/j.

Les forages de 1973 s'étant ensablés en fond d'ouvrage, de nouveaux forages ont été réalisés en 1978 à proximité des anciens et équipés de crépines mieux adaptées à la lithologie de l'aquifère.

Six forages d'exploitation ont été réalisés en 1991 au Sud du champ de captage permettant de faire passer la production de 25 000 m³/j à 30 000 m³/j malgré l'arrêt des 3 forages les plus l'Ouest dont la salinité avait augmenté.

En 1997, pour répondre à l'accroissement de la demande et faire passer la productivité à 38.000 m³/j, quatre nouveaux forages d'exploitation ont été réalisés dans la cinquième vallée à l'Est du champ captant d'Idini.

En 2002 : réalisation de 3 nouveaux forages et un piézomètre F34, et faire passer la productivité à 40.000 m³/j.

En 2004: réalisation de 4 forages et deux piézomètres, et faire passer la production à 46.000 m³/j.

En 2008 : réalisation de 10 nouveaux forages, et faire passer la production à 62000 m³/j. **[4]**

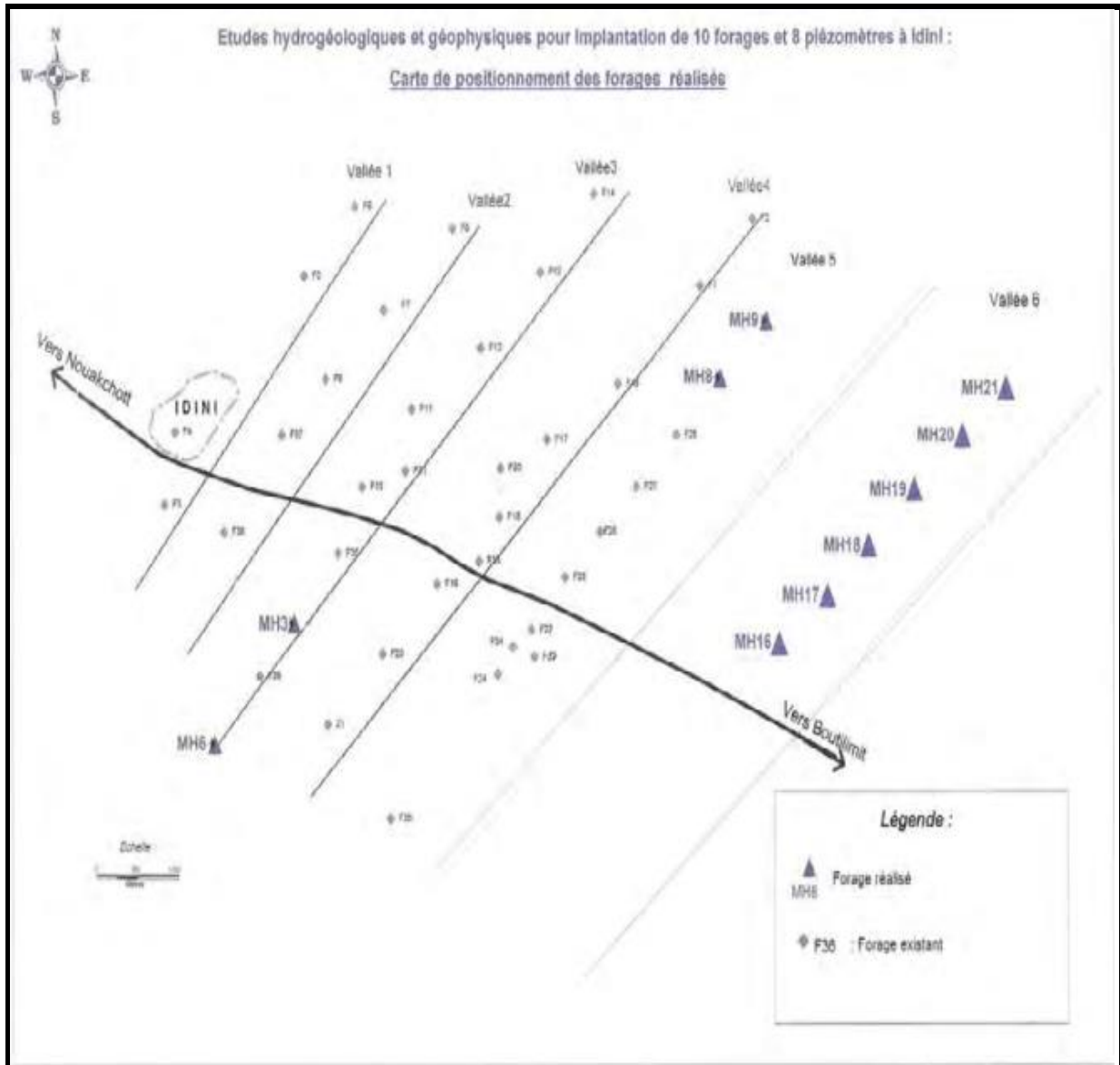


Figure II.1 : Localisation des forages et piézomètres du champ captant d'idini. [4]

II.4.2 Evolution du champ captant aftout essahli :

Ce projet a été conçu afin de remédier au problème de pénurie d'eau dont souffre la ville de Nouakchott et ses environs et qui handicape le développement des activités industrielles et commerciales affectant la vie et l'état de santé des populations. Les besoins de cette dernière en eau sont en augmentation constante. Ils sont estimés à plus de 100 000 m³/j en 2010, 170 000 m³/j en 2020 et 226 000 m³/j 2030. Ces besoins ne peuvent plus être couverts par la production de la seule nappe disponible de Trarza estimé à 62 000 m³/jour.

Le projet Aftout Essahli est la solution d'ensemble pour l'approvisionnement en eau potable de la capitale Nouakchott, à partir du fleuve Sénégal situé à près de 200 km au sud. En effet, son dimensionnement a été réalisé pour produire 170.000 mètres cubes par jour permettant la satisfaction de la demande à l'horizon 2020. Des dispositions sont prévues pour porter cette

Chapitre II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

production à 226.000 mètres cubes de façon à satisfaire la demande des populations de la ville jusqu'à 2030.

Le projet est divisé en cinq lots. Un premier qui concernait les ouvrages de prétraitement et de traitement ; un deuxième, les stations de pompage et les lignes électriques associées ; un troisième, la réserve d'eau prétraitée de Nouakchott ; un quatrième, de très loin le plus important, portant sur les conduites de transfert d'eau des stations de pompage au bord du fleuve Sénégal aux usines de prétraitement, puis de traitement ; et le dernier, la conduite de raccordement de l'usine de traitement située au PK 17 au réseau de distribution de la ville de Nouakchott.

Tableau II.21 : Objectifs de production du projet Aftout (m³/j). [1]

Production	Adduction idini	adduction Aftout	
		Total	Dont Nouakchott
2030	36.000	226.000	192.000

II.5 Calcul de déficit de la consommation

Le déficit de la consommation représente la différence entre les besoins calculés à l'horizon d'étude (2050) et le débit d'exploitation des ressources existante (dans notre cas, 32 forages et une source), le résultat de calcul est donné dans le tableau suivant :

Tableau II.22: Calcul de déficit de la consommation

Besoins (m ³ /j)	Production (m ³ /j)		Déficit (m ³ /j)
	Idini	Aftout Essahli	
393364	36 000	192 100	-165264

II.6 Conclusion :

Dans ce chapitre on a essayé de calculer le déficit qui est estimé à 165264 m³/j c'est-à-dire 1912.7 l/s. A fin de transférer cette quantité vers la ville de Nouakchott, il est indispensable de dimensionner les conduites d'adduction pouvant transmettre ce débit jusqu'au les réservoirs de Nouakchott

CHAPITRE III :
DESCRIPTION DU RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DE LA VILLE DE NOUAKCHOTT

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

III.1 Introduction

Dans cette partie de l'étude nous allons décrire le mode d'adduction et de répartition ainsi que les ouvrages de stockages dans notre réseau.

III.2 Schéma du réseau existant

La ville de Nouakchott est alimentée à partir de 4 pôles de distribution :

- Pôle du PK 17 de la route de Rosso
- Pôle du château d'eau central
- Pôle de Toujounine
- Pôle Sebkha [1]

III.2.1 Le réseau de répartition

Le réseau de répartition est constitué :

- D'un axe principal qui longe la route de Rosso depuis le PK17 jusqu'au site du Château d'eau. Sur ce site est projeté un troisième réservoir au sol de 5000 m³, en parallèle aux deux réservoirs de 5000 m³ existants.

A partir de ces réservoirs, l'eau est relevée par la station de pompage existante dans le réservoir sur tour existant de 1000 m³, pour être distribuée à la zone 1 formée par le Ksar et Capitale. Des stations de surpression à vitesse variable alimentent d'autre part la zone 2 de Teyarett et la zone 6 de TevraghZeina. Et des axes secondaires suivants:

- Axe secondaire N°1 d'alimentation de Riadh, issu d'un piquage direct sur l'axe principal,
- Axe secondaire N°2 d'alimentation d'Arafat, issu d'un piquage direct sur l'axe principal,
- Axe secondaire N°3 d'alimentation du pôle de Sebkha, issu d'un piquage direct sur l'axe principal, au niveau du carrefour de Warf. Sur le nouveau site de Sebkha, seront construits deux réservoirs au sol de 5000 m³. L'eau sera mise en pression par une station de surpression à vitesse variable pour alimenter le réseau de distribution de la zone 5 de Sebkha et la partie Nord d'El Mina.
- Axe secondaire N°4 d'alimentation du pôle de Toujounine, issu d'un piquage direct sur l'axe principal au droit du carrefour de Madrid Sur ce site seront construits deux réservoirs au sol de 5000 m³ dont un dans le cadre du projet de la phase urgente. Ces réservoirs seront raccordés également à l'adduction d'Idini. L'eau sera mise en

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

pression par une station de surpression à vitesse variable pour alimenter le réseau de distribution de la zone 3 de Toujounine. Ce nouveau pôle comprend aussi une station de désinfection réalisée dans le cadre de la phase urgente.

- Axe secondaire N°5 partant du château d'eau central vers le centre de distribution de Teyarett - DarNaim.

- Axe secondaire N°6 partant du château d'eau central vers le centre de distribution de TevraghZeina. L'acheminement de l'eau potable depuis le site de traitement du PK17 jusqu'au château d'eau central est présenté sur les schémas joints ci-après. Ce schéma trouve sa justification dans la mesure où il permet:
 - d'alimenter toute la ville à partir de l'eau traitée du PK17 dès la mise en service du projet d'Aftout et préserver la nappe d'idini considérée comme une ressource stratégique pour les situations d'urgence.

 - L'alimentation des quartiers situés au sud de la ville par des piquages directs sur la nouvelle conduite d'adduction et bénéficier de leur proximité du pôle de distribution du PK 17. Rappelons qu'actuellement, ces quartiers sont alimentés par des conduites de distribution longues de plus de 11 km.

 - L'alimentation des quartiers situés à l'Est de la capitale par les eaux provenant du PK 17,

 - de desservir les quartiers cités au nord de la ville (TevraghZeina et Teyarett) par des stations de surpression à vitesse variable permettant de moduler la pression de service à volonté. [1]

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

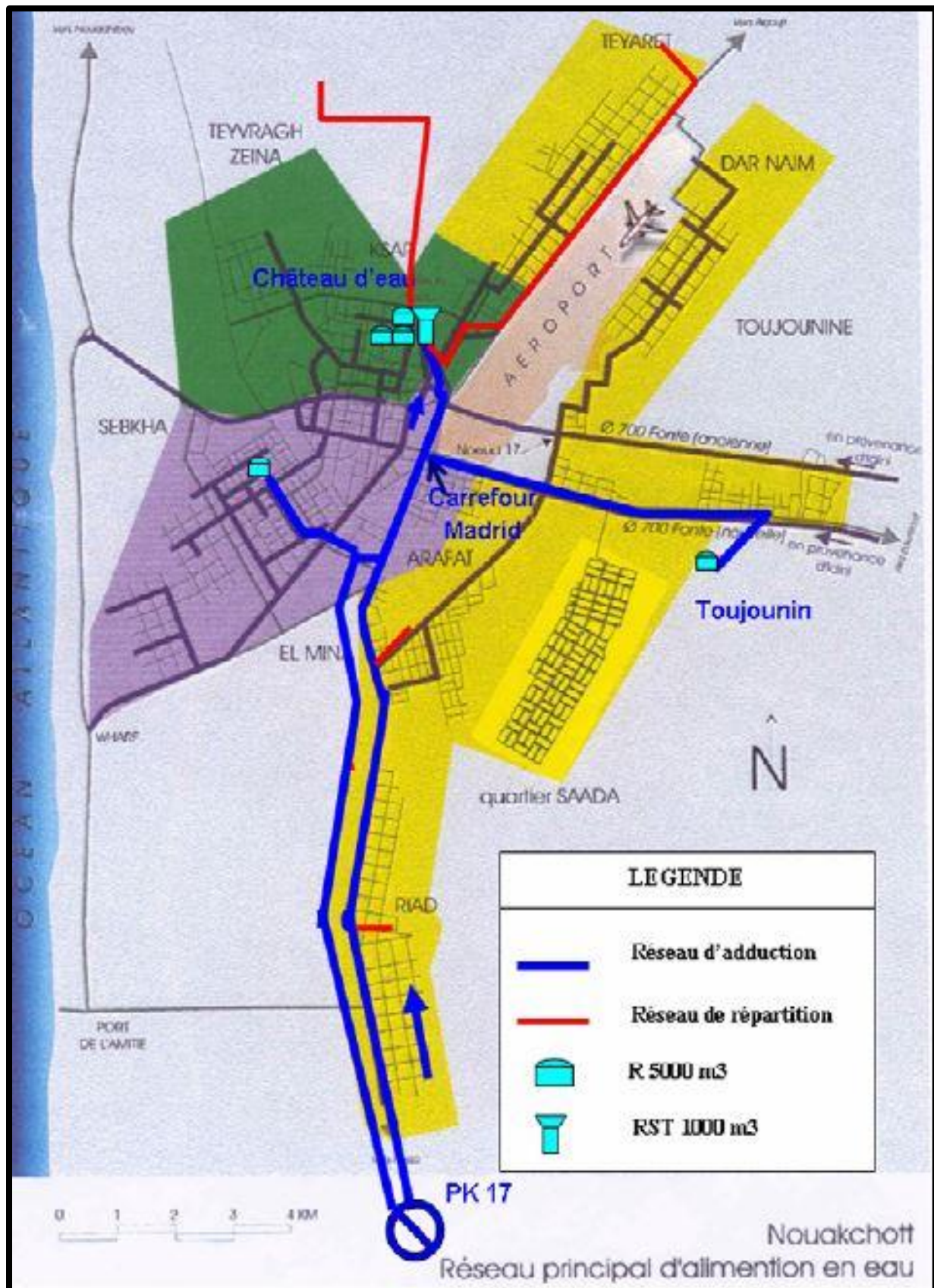


Figure III.1: Réseau adduction et de répartition de la ville de la Nouakchott [1]

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

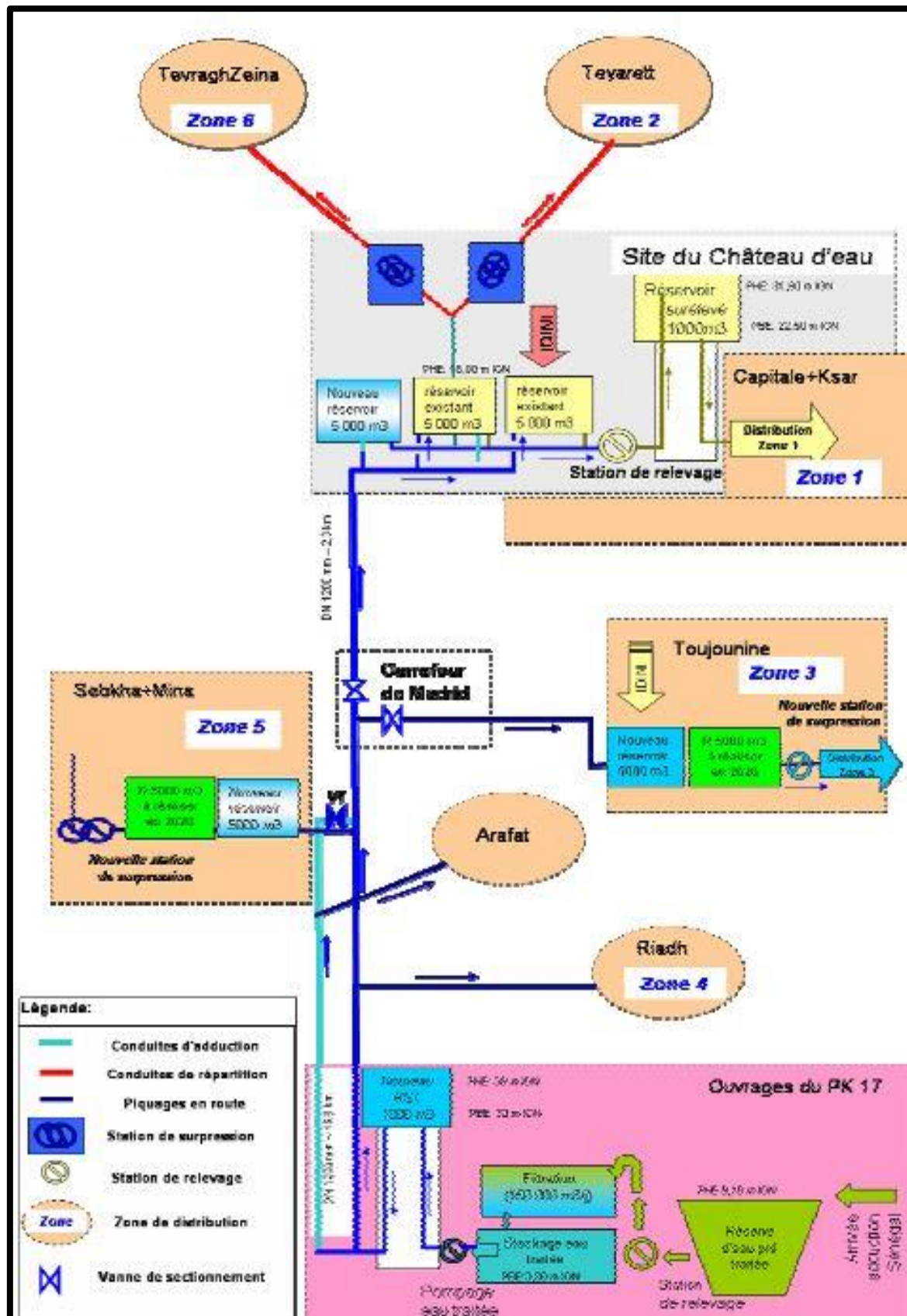


Figure III.2: Acheminement de l'eau potable du PK17 au château d'eau central [1]

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

III.3 Conduites d'adduction et de répartition

Pour la description des conduites d'adduction et de répartition nous sommes prié de passer par les critères suivant :

III.3.1 Evolution de la consommation de la ville de Nouakchott

L'évolution des besoins de la ville de Nouakchott est présentée dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : Evolution des besoins en eau de la ville de Nouakchott

Demande nette (m ³ /j)	Demande pointe jour (m ³ /j)	Débit de pointe jour (l/s)	Débit de pointe horaire (l/s)
173 052	220 247	2 554	3 831

III.3.2 Débits d'équipements

-Les conduites d'adduction alimentant le château d'eau central, les réservoirs de Sebkhia et Toujounine sont dimensionnées pour véhiculer le débit de jour de pointe.

-Les conduites de répartition alimentant Riadh, Arafat, Teyarett et TevraghZeina sont dimensionnées pour véhiculer le débit de l'heure de pointe.

-Les réservoirs existants et projetés dans les sites du château d'eau central et dans les nouveaux pôles de distribution de Toujounine et de Sebkhia assureront un rôle de régulation entre les débits constants apportés par les adductions et de les débits variables appelés par les réseaux de distribution.

-C'est à partir des réservoirs au sol que l'eau est mise en pression par la station de pompage existante au château d'eau et des stations de surpression projetées à vitesse variable pour assurer une charge suffisante au départ des réseaux de distribution, pour garantir une pression résiduelle satisfaisante pendant la journée de pointe au bout du réseau à l'échéance de saturation. [1]

III.3.2.1 Le schéma retenu a prévu de réaliser des piquages directs sur la conduite principale d'amenée d'eau du PK 17 vers le château d'eau au niveau de :

- Riadh pour desservir la zone 4 formée par la Moughataa de Riadh et la partie sud d'El Mina,
- Carrefour de la centrale thermique pour alimenter les secteurs 1, 2, 3 et 4 d'Arafat,
- Carrefour de Warf pour acheminer l'eau du PK 17 au nouveau pôle de distribution projeté de Sebkhia pour desservir la zone 5 composée de la partie nord d'El Mina et de Sebkhia,
- Carrefour Madrid pour alimenter le pôle de distribution de Toujounine (Zone 3).

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

Enfin, le reliquat d'eau est acheminé vers le château d'eau central. La zone 1 (Capitale + Ksar) sera desservie par le réservoir sur tour existant R 1000 m³, alors que des stations de surpression à vitesse variable alimenteront les zones de distribution 2 (Teyarett) et 6 (TevraghZeina). [1]

III.3.2.2 Les débits d'équipement des ouvrages sont

- Débit d'équipement de la station de pompage du PK17 vers le RST R1000 m³ projeté au PK17 :

$$Q=2,750 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- Débit d'équipement de l'axe principal d'adduction vers le château d'eau :

$$Q=2, \text{ m}^3/\text{s}.$$

Le complément des besoins de la zone 1 du Ksar- Capitale, de la zone 2 de Teyarett et la zone 6 de TevraghZeina est assuré par l'adduction d'Idini.

- Débit d'équipement du piquage de Riadh pour alimenter la zone 4 et la partie sud d'El Mina:

$$Q= 0,677 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- Débit d'équipement du piquage vers Arafat :

$$Q= 0,419 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- Débit d'équipement du piquage vers Sebkha :

$$Q= 0,484 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- Débit d'équipement de l'axe secondaire de l'adduction vers Toujounine :

$$Q= 0,441 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Le complément des besoins de la zone de Toujounine est assuré par l'adduction d'Idini

- Débit d'équipement de l'axe secondaire d'adduction vers le château d'eau central :

$$Q=0,624 \text{ m}^3/\text{s}$$

A l'arrivée aux différents réservoirs (château d'eau central, Toujounine et Sebkha), des systèmes composés d'une vanne motorisée asservie à une consigne de débit et d'un débitmètre électromagnétique permettront la régulation des débits entre les trois pôles de distribution. [1]

Tableau III.2 : conduites d'adduction (2030). [1]

DU	PK17	Carrefour Madrid
AU	Château d'eau central	Zone3 /Toujounine

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

DN (mm)	1 200	1 200	700
Longueur (m)	19 130	14 120	6025

Tableau III.3 : conduites de répartition horizon (2030). [1]

Du Vers	Château d'eau vers				
	Teyarett	Arafat	Riadh	Sebkha	T.Z
DN (mm)	700	700	800	700	600
Longueur(m)	6184	200	1000	4000	3200

III.3.3 Nature et diamètre des conduites

Les conduites à poser, qui sont de diamètre supérieur ou égal à 500 mm seront en fonte ductile. Elles sont caractérisées par leur résistance mécanique, l'étanchéité de leurs joints, la facilité des interventions et leur longue durée de vie.

III.3.4 Corrosivité des sols

Les données relatives à la corrosivité des sols déterminent la nature du revêtement extérieur des canalisations. Dans les sols où la résistivité est inférieure à 5 ohms, il sera prévu un revêtement en polyuréthane. Dans les autres endroits, un revêtement en zinc métallique, suivi d'une couche de protection à base de bitume sera suffisante.

III.3.5 Pression

La Pression Maximale de Service (PMS) ne dépasse guère 6 bars dans tout le réseau de répartition projeté.

Aussi, la Pression Maximale de Fonctionnement (PMF) des conduites et équipements du réseau sera prise par sécurité égale à 10 bars.

La Pression Maximale Admissible (PMA) de ces mêmes équipements sera de 12 bars.

La Pression d'Épreuve en Tranchée (PET) des conduites, des pièces de raccord et de ses équipements sera prise égale à 10 bars, vu que la PMS est inférieure à 6 bars.

III.4 Les équipements

III.4.1 Vannes de sectionnement

Les ouvrages de sectionnement prévus sur l'axe principal d'adduction entre les ouvrages de traitement et de pompage en tête au PK17 et le carrefour de Madrid, se présentent comme suit:

PK 8.4 : ouvrage de sectionnement avec :

- Une vanne DN 1200 au départ de l'axe vers le site du Château d'eau,

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

- Une vanne DN 800 au départ de l'axe de Riadh.

PK 12 : ouvrage du carrefour de la centrale thermique, avec :

- Une vanne DN 1200 au départ de l'axe vers le site du Château d'eau,
- Une vanne DN 800 au départ de l'axe d'Arafat.

PK 14.2 : ouvrage du carrefour de Warf, avec :

- Une vanne DN 1200 au départ de l'axe vers le site du Château d'eau,
- Une vanne DN 700 au départ de l'axe de Sebkha.

PK 16.6 : ouvrage du carrefour de Madrid, avec :

- Une vanne DN 1200 au départ de la branche vers le site du Château d'eau,
- Une vanne DN 700 au départ de l'axe de Toujounine.

Soit un total de quatre ouvrages de sectionnement dont l'implantation est précisée sur les plans du tracé et dont les équipements définis par les plans joints au présent dossier.

Les vannes de sectionnement seront du type papillon avec joint sur le corps ou à double excentricité avec joint sur le papillon. Les grandes vannes DN 1200 mm seront équipées de by-pass avec robinet vanne de diamètre 250 mm.

Des vannes motorisées de sectionnement sont prévues par ailleurs à l'arrivée aux réservoirs.

III.4.2 Ventouses

Les fonctions et principes des ventouses ont été définis et fixés dans le lot 5 du projet Aftout, relatif à l'axe principal d'adduction du PK 17 vers le château d'eau central.

En ce qui concerne les antennes secondaires reliant l'axe principal d'adduction aux réservoirs d'eau projetés et aux centres de distribution, les caractéristiques techniques seront étayées au niveau de l'APD, mais on retient que les ventouses projetées serviront:

- Pendant le remplissage à évacuer l'air à grand débit,
- Pendant le fonctionnement normal à assurer le dégazage,
- Pendant la vidange, à assurer l'entrée d'air dès que la pression devienne négative,

III.4.3 Vidanges

Les vidanges sont du type indirect secondaire, avec diamètre 250 mm.

III.5 stations de surpressions

La variante retenue prévoit l'installation d'une station de pompage au château d'eau et de quatre stations de surpression à vitesse variable qui vont assurer la mise en charge des eaux à distribuer.

Les débits de ses stations sont définis à partir des besoins de l'heure de pointe de la population alors que les hauteurs manométriques sont définis pour assurer une pression de 35 m en tête du réseau de distribution afin de satisfaire les critères de conception à savoir 2 bars de

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

pression au centre ville et 1,5 bars dans les quartiers périphériques pendant l'heure de pointe du jour de pointe à l'échéance de saturation.

Les caractéristiques des stations de surpression sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : Caractéristiques des stations de surpression

Station de pompage /surpression	Débit (l/s)	HMT (m)	Pa (KW)	Pm (KW)	Transformateur (KVA)
Château d'eau central (*)	163	20	43	51	160
Teyarett	548	31	222	267	400
Toujounine	809	35	371	445	600
Sebkha – El Mina	726	27	256	308	600
TevraghZeina	490	30	192	231	400

-Le château d'eau central est alimentée à partir d'une station de pompage équipée des électropompes à un débit unitaire de 163 l/s à une hmt de 20 m.

-Arafat et Riadh sont alimentées à partir des piquages directs en DN 800 sur la branche principale d'adduction du PK 17 vers le château en DN 1200 mm.

Les stations de surpression de Teyarett, Sebkha et TevraghZeina sont équipées de variateurs de vitesse, et le débit pompé sera asservi aux besoins. Un système à vitesse fixe avec réglage du débit par vannage n'est pas en mesure d'assurer une hauteur manométrique constante à cause des variations importantes entre les débits de l'heure de pointe et le débit de l'heure moyenne ou celui des heures de nuit.

L'entraînement à vitesse variable assurera une pression quasiment constante chez l'abonné et se traduira par une économie d'énergie pour le distributeur d'eau les deux conduites d'adduction projetées pour acheminer l'eau du projet d'Aftout vers les divers Moughataas de la ville de DN 1200 mm en fonte ductile fonctionneront en parallèle, sous les mêmes conditions hydrauliques. La deuxième conduite en DN 1200 mm projetée pour la deuxième phase prend fin au carrefour Warf.

DESCRIPTION DU RESEAU D'ADDUCTION [Tapez le titre du document]

III.6 Dimensionnement des capacités des réserves

D'après les hypothèses retenues pour le calcul des réserves, les volumes des réserves doivent correspondre au ¼ des volumes distribués du jour de pointe (et 120 m³ de réserve incendie par zone de distribution).

Tableau III.5: Capacités des réserves

Pôles	Château d'eau	Toujounine	PK 17	Sebkha
Q _j ^p (m ³ /j)	69 000	46 523	63 003	41 721
Réserves	17 250	11 631	15 751	10 430

Les sites potentiels identifiés pour la construction de ces réserves sont :

- 1- Le château d'eau,
- 2- Le site projeté de Toujounine,
- 3- Le PK17,
- 4- Ainsi que le site identifier pour la construction des réserves de Sebkha El Mina.

III.7 Conclusion

D'après la représentation de ce chapitre nous pouvons conclure premièrement que notre réseau est caractérisé par un sol salé ce qui influence directement sur le type des conduites à choisir avec des ouvrages hydraulique qui fonctionnent durablement et qui servent à l'arriver des eaux pour chaque pole de distribution.

CHAPITRE IV
ETUDE D'ADDUCTION DES EAUX A
L'HORIZON (2050)

IV.1 Introduction

Le transport de d'eau entre le point de captage et le point d'accumulation nécessite un investissement considérable, on doit alors examiner dans chaque cas particulier toutes les options possible, sur le plan technique et économique, pour pouvoir retenir le choix optimal.

IV.2 Définition et types d'adductions

L'adduction est l'ensemble des installations reliant la prise d'eau (source, forage ou retenue) au point d'utilisation ou au réservoir de stockage. Elle peut être de type : gravitaire, adduction par refoulement ou mixte.

➤ Adduction gravitaire

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitairement. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

➤ Adduction par refoulement

C'est une adduction où l'écoulement se fait sous pression à l'aide des machines hydro-électriques. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte inférieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

➤ Adduction mixte

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon.

Dans notre cas, nous avons une adduction mixte, une chaîne par refoulement et une autre gravitaire. [8]

IV.3 Type d'écoulement

On distingue deux types d'écoulement :

- Ecoulement à surface libre
- Ecoulement en charge.

➤ Ecoulement à surface libre

L'écoulement à surface libre sur un tronçon d'adduction est un cas fréquent, la conduite fonctionne comme un canal ouvert, l'eau n'atteint pas la partie supérieure des tuyaux. Cet écoulement est conditionné par la pente.

➤ Ecoulement en charge

Un écoulement en charge correspond au fonctionnement d'une adduction sous pression. Ce dernier peut se faire gravitairement ou par refoulement, selon la position de la source par rapport à l'agglomération à alimenter. [8]

IV.4 Critères de choix de tracé

Le choix du tracé se base sur les conditions économiques, techniques et topographiques, elles se résument comme suit :

- Le tracé doit être le plus court possible et avec un profil en long aussi régulier que possible ;
- Pour faciliter l'exécution des travaux ainsi que l'acheminement de matériels lors de la réalisation, il est recommandé de suivre les chemins existants (route, piste...etc.) ;
- Eviter les pentes trop fortes (difficulté d'ancrage des tuyaux);
- Eviter les contre pentes susceptibles de créer des cantonnements qui sont plus au moins difficiles à évacuer ;
- Eviter les zones rocheuses, une tranchée devra être creusée ;
- Les coudes doivent être largement ouverts afin d'éviter les butées implantées et de minimiser les pertes de charge. [8]

IV.5 Proposition de la variante

Le tracé débute à partir d'un nouveau raccordement entre la station PK17 et le château d'eau central en effectuant sur la nouvelle conduite DN 1400mm un té DN 700mm.

Des piquages ont été réalisés destinés à alimenter les zones de distribution suivantes :

- Le pôle du château d'eau central de Nouakchott assure la distribution de l'eau pour la **zone1**: Ksar, Teyarett et TevraghZeina,

- Le pôle de Toujounine assure la distribution de l'eau pour la **zone 2** : Moughataa de Toujounine et les quartiers sud de Dar Naim.

- Le pôle de distribution du PK17, sur la route de Rosso, assure la distribution pour la **zone 3** : Arafat, Riadh, Sebkha et Sud El Mina.

- Le pôle de distribution de Sebkha pour la **zone 4** formée de la Moughataa de Sebkha et la partie Nord d'El Mina.

La construction des nouveaux ouvrages de stockages étaient essentielle pour accueillir les débits venant de la station PK17 pour couvrir le déficit avec un dimensionnement bien précis.

Cette nouvelle étude nous a mené à reconstruire de nouveau les stations de surpression et leur pompes pour bien véhiculer les eaux vers les zones cible. [8]

IV.6 Choix du matériau des conduites

De nombreux types de tuyaux sont disponibles pour constituer une conduite d'alimentation en eau potable. Ils sont classés en fonction des matériaux avec lesquels ils sont fabriqués soit : métallique, à base de ciment ou en matière thermoplastique.

Le choix des matériaux utilisés doit répondre à certaines exigences, par exemple :

- disponibilité du produit sur le marché ;
- facilité d'entretien et d'exploitation ;
- facilité de la mise en œuvre ;
- pression de service supportée par la conduite ;
- durée de vie de la canalisation.

➤ Conduites en acier

L'acier est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est très sensible à la corrosion surtout qu'il s'agit de sol agressif, mais cela dit il est adéquat à tout type de terrains vu qu'il absorbe les efforts de pressions.

➤ Conduites en fonte

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge de grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte.

Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite

➤ Conduites en PEHD

Le PEHD est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est incorrodable, sa pose par soudeur électrique se fait sans grande contrainte. Néanmoins les grands diamètres supérieurs à $\Phi 300$ mm sont commercialisés à l'heure Actuelle, ils nécessitent beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

➤ Conduites en amiante ciment

L'amiante ciment reste déconseillé pour l'alimentation en eaux potables. Il nécessite beaucoup de pièces spéciales dont la disponibilité reste aléatoire. [8]

Remarque :

Les conduites à poser, qui sont de diamètre supérieur ou égal à 500 mm seront en fonte ductile. Elles sont caractérisées par leur résistance mécanique, l'étanchéité de leurs joints, la facilité des interventions et leur longue durée de vie.

IV.7 Dimensionnements des conduites

IV.7.1 Conduite adduction

Les conduites d'adduction sont les conduites qui assurent l'interconnexion entre le PK 17 avec le château d'eau central et le nouveau pôle de distribution de Toujounine.

Ces conduites en fonte ductile serviront à transférer les eaux du fleuve du Sénégal traitées au niveau du PK17 vers le château d'eau central.

Les conduites d'adduction ont été calculées à partir des besoins de pointe de la ville de Nouakchott à l'échéance de saturation du projet (2050). [8]

IV.7.2 Calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement

Le choix de la gamme des diamètres sur laquelle portera notre étude sera donnée par les formules de BRESSE ou BONNIN :

➤ **Formule de BRESSE :**

$$D = 1,5 * \sqrt{Q} \dots \dots \dots (III.1)$$

➤ **Formule de BONNIN :**

$$D = \sqrt{Q} \dots \dots \dots (III.2)$$

D : diamètre en mètre (m) ;

Q: débit à élever en m³/s.

Dans notre cas la formule de BONNIN a été retenue, parce qu'elle donne des vitesses acceptables, ne permettant pas les dépôts dans les conduites. Puisque le débit reste constant pour tous les tronçons (Q = 1.9127 m³/s), donc le diamètre donné par BONNIN est:

D = 1400 mm.

IV.7.3 Calcul des pertes de charge

Les pertes de charges présentent une portion de l'énergie mécanique de l'eau qui se transforme en chaleur sous l'effet du frottement entre les particules de l'eau et les parois de la canalisation, elles se présentent sous deux formes : linéaires et singulières.

➤ **pertes de charge linéaire**

Pour un tronçon donné, les pertes de charge linéaires dépendent de:

- Diamètre D de la conduite en (m);
- Débit Q en (m³/s);
- La rugosité absolue E exprimée en mm;

-La longueur du tronçon L en (m).

Elles sont déterminées à partir de la formule de DARCY –WEISBECH :

$$\Delta H_l = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \dots\dots\dots(III.3)$$

Le coefficient de frottement (λ) est obtenu par la formule de NIKURADZE:

$$\frac{1}{\lambda} = 1,74 + 2 \text{LOG}\left(\frac{D}{2E}\right) \dots\dots\dots(III.4)$$

La rugosité absolue (E) est déterminée en mesurant l'épaisseur de la rugosité des parois du tuyau et en tenant compte du temps de mise en service du tuyau.

Dans notre cas : **E=0.1mm**

➤ **pertes de charge singulières :**

On appelle pertes de charge singulières, celles occasionnées par les accessoires placés sur la conduite (coudes, vannes, clapets, etc.). Ces pertes sont estimées à 15 % des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_s = 0,15 * \Delta H_l \dots\dots\dots(III.5)$$

➤ **pertes de charge totales**

Les pertes de charge totales (ΔH_t) à considérer, représentent la somme des pertes de charge linéaires et singulières, alors:

$$\begin{aligned} \Delta H_t &= \Delta H_l + \Delta H_s \Leftrightarrow \Delta H_t = \Delta H_l + 0,15 * \Delta H_l \\ \Rightarrow \Delta H_t &= 1,15 * \Delta H_l \dots\dots\dots(III.6) \end{aligned}$$

IV.7.4 Calcul de la hauteur manométrique totale :

$$HMT = Hg + \Delta H_t \dots\dots\dots(III.7)$$

Hg: la hauteur géométrique (m). [8]

IV.7.5 calcul Puissance absorbée par la pompe

C'est la puissance fournie à la pompe, définie comme suit:

$$P = \frac{g * Q * HMT}{\eta} \dots\dots\dots(III.8)$$

η: rendement de la pompe en (%)(η=75%)

Q: débit refoulé par la pompe en (m³/s)

g: Accélération de pesanteur (10 m/s²). [8]

IV.7.6 Energie consommée par la pompe

$$E = P * t * 365 \dots\dots\dots(III.9)$$

t: c'est le temps de pompage par jour en (heure); dans notre cas t =24 h

P: puissance de la pompe en (KW). [8]

IV.7.7 Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont définis par :

$$F_{ex} = E * e \dots\dots\dots(III.10)$$

E: énergie consommée par la pompe en (KW) ;

e: prix unitaire d'un KW H imposé par la SOMELEC. (e=2.3 UM/kWh). [8]

IV.7.8 Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont donnés par :

$$F_{am} = P_{rc} * A \dots\dots\dots (III.11)$$

P_{rc}: prix de la conduite en (DA)

A: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante:

$$A = \frac{i}{(i + 1)^n - 1} + i \dots\dots\dots(III.12)$$

i: Taux d'annuité annuel, i = 8 %

n: nombre d'années d'amortissement, n = 15 ans

$$A = \frac{0,08}{(0,08 + 1)^{15} - 1} + 0,08 = 0,1168 = 11,683 \%. [8]$$

ETUDE D'ADDUCTION A L'HORIZON 2050

Tableau IV.1 : Conduites d'adduction

DU	PK17			Carrefour Madrid	
AU	Château d'eau central			Zone 3/Toujounine	
	Existante	Existante	Proposée		
DN (mm)	1 200	1 200	1400	700	700
Longueur (m)	19 130	14 120	19 130	6 025	6 025

On signale qu'on prévoit la réalisation d'une conduite d'adduction en DN 1400 FD qui sera associé avec une autre conduite DN 700 dirigée vers Toujounine de longueur 6025 m.

Tableau IV.2 : Calcul de la HMT de la conduite d'adduction principal

- $Q = 1.9127 \text{ m}^3/\text{s}$
- $L = 19130 \text{ m}$
- $H_g = 21-7, H_g = 14\text{m}$

Dn(mm)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Λ	L(m)	ΔH_t	Hg(m)	HMT (m)
1400	1.9127	1.24	0.011	19130	13.58	14	27.58
700	0.38	0.98	0.0128	6025	6.10	8	14.10

Tableau IV.3: Calcul des frais d'amortissement de la conduite d'adduction

Diamètre en (mm)	Prix du ml (DA)	L (m)	F _{amort} (UM)
1400	43209.2	19130	3836.976
700	13070.7	6025	1160.616

Tableau IV.4 : Calcul des frais d'exploitation de la conduite d'adduction

Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	F_{explo} (DA)
1400	703.36	6153861.97	14153882.5
700	71.43	625759.006	1439245.71

IV.8 Conduite de répartition

Les conduites de répartition sont les conduites qui relient :

- * le château d'eau central de la ville de Nouakchott aux centres des zones de distribution.
- * les points de raccordement sur la nouvelle conduite principale aux centres des zones de distribution.

Les conduites de répartition ont été calculées à partir des besoins en eau de pointe de chaque zone de distribution à l'horizon (2050).

Les dimensions de ces conduites ont été calculées pour l'horizon (2050) à partir des besoins en eau de jour de pointe

Les diamètres des conduites proposées se situent entre 300 et 700 mm.

Tableau IV.5 : Conduites de répartition

Conduites proposées					
DU	CDE	Arafat	Riadh	Sebkha	CDE
AU	Teyarett	Arafat	Riadh	Sebkha	T.Z
DN (mm)	300	700	600	700	400
Longueur (m)	6184	2000	1000	4000	3200

ETUDE D'ADDUCTION A L'HORIZON 2050

Tableau IV.6 : Calcul de la HMT de la conduite de répartition

Situé à alimente	CDE Teyarett	Arafat Arafat	Riadh Riadh	Sebkha Sebkha	CDE TZ
D (mm)	300	700	600	700	400
V (m/s)	1.27	1.07	1.03	1.17	0.88
Q (m³/s)	0.09	0.41	0.29	0.45	0.11
L(m)	6184	2000	1000	4000	3200
Λ	0.0153	0.0128	0.0132	0.0128	0.0144
ΔH_t	114.86	8.01	4.58	19.29	18.71
Hg(m)	4	8	8	8	4
HMT (m)	33.37	10.39	9.34	13.77	9.07

Tableau IV.7 : Calcul des frais d'amortissement de la conduite d'adduction

Zone	Diamètre en (mm)	Prix du ml (DA)	L (m)	F _{amort} (UM)
Teyarett	300	3878.5	6184	344.41
Arafat	700	13070.07	2000	1160.67
Riyad	600	1001.77	1000	88.95
Sebkha	700	13070.07	4000	1160.67
Tevragh Zeina	400	5502.5	3200	488.62

Tableau IV.8 : Calcul des frais d'exploitation de la conduite de répartition

ETUDE D'ADDUCTION A L'HORIZON 2050

Zone	Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	E _{exploit} (DA)
Teyarett	300	40.05	350814.923	806874.324
Arafat	700	56.83	497793.775	1144925.68
Riyad	600	36.10	316197.568	727254.406
Sebkha	700	82.62	723757.833	1664643.02
Tevragh Zeina	400	13.30	116532.762	268025.352

IV.9 Dimensionnements des réservoirs

IV.9.1 Rôle des réservoirs

Les réservoirs constituant une réserve qui permet d'assurer aux heures de pointe les débits maximaux demandés de plus, ils permettent de combattre efficacement les incendies, en plus les réservoirs offrant notamment les avantages suivants :

- Régularisation le fonctionnement de la station de pompage.
- Simplification de l'exploitation.
- Assurer la pression nécessaire en tout point du réseau.
- Coordination du régime d'adduction d'eau au régime de distribution.
- Maintenir l'eau d'une température constante et préserver des contaminations.
- Jouer le rôle de brise charge dans le cas d'une distribution étagée.
- Jouer le rôle de relais. [8]

IV.9.2 Fonction générale des réservoirs

Les fonctions générales assurées par les réservoirs d'eau potable sont multiples et de nature à la fois technique et économique.

➤ Fonctions techniques :

- régularisation des débits (demande et apport) ;
- sécurité d'approvisionnement ;
- régulation de la pression ;
- simplification de l'exploitation ;
- réacteur participant au traitement ;
- la distribution de l'eau vers les abonnés

➤ Fonctions économiques :

- Réduction des investissements sur les ouvrages de production ;

- Réduction des investissements sur le réseau de distribution ;
- Réduction des dépenses d'énergie. [8]

IV.9.3 Classifications des réservoirs

Les réservoirs peuvent être classés de diverses façons selon les critères prisent en considération :

➤ Classification selon le matériau de construction

Cette classification est basée sur la nature des matériaux de construction des réservoirs :

- Réservoir métallique.
- Réservoir en maçonnerie.
- Réservoir en béton armé.

➤ Classification selon la situation des lieux

Les réservoirs peuvent être classés selon leur position par rapport à la surface du sol :

- Réservoir enterré.
- Réservoir semi enterré.
- Réservoir sur élevé ou sur tour.

➤ Classification selon l'usage

Vu les multi usages des réservoirs on peut les classer suit :

- Réservoir principal d'accumulation et de stockage.
- Réservoir d'équilibre (réservoir tampon).
- Réservoir de traitement.

➤ Classification selon la forme géométrique

Généralement on retrouve dans la pratique trois formes usuelles :

- Réservoir cylindrique.
- Réservoir rectangulaire ou carré.
- Réservoir conique. [8]

IV.9.4 Principe de calcul des capacités des réservoirs

La capacité des réserves projetées à l'horizon de l'étude (saturation du plan d'aménagement) tiendra compte d'un volume de régulation et de sécurité.

Pour le calcul des réserves, il s'agit de comparer la capacité des réserves existantes aux volumes nécessaires à la régulation (marnage des réservoirs), à la sécurité (volume minimum stocké) et à la réserve incendie.

➤ Volume de régulation

La régulation des réservoirs tient compte:

- Du régime d'alimentation du réservoir,
- De la modulation du débit sortant du réservoir,

Généralement, l'alimentation d'un réservoir est prise égale au débit moyen journalier et est considérée comme constante dans le temps.

La modulation de la sortie est le résultat de trois types de consommations à savoir :

- Consommateurs domestiques
- Consommateurs non domestiques
- Alimentation d'un autre réservoir [8]

IV.9.4.1 La capacité des réservoirs est calculée par la formule suivante :

$$V (m^3) = Q \times CM$$

Avec :

Q : volume distribué en jour de pointe (m³/j),

CM : coefficient de marnage qui dépend des modes d'alimentation et de distribution du réservoir,

Faute de production d'eau suffisante, les courbes de modulation horaire des réservoirs de Nouakchott ne correspondent qu'à la répartition des quantités d'eau disponibles et ne permettent pas de déterminer le coefficient de marnage réel.

Aussi, et par référence aux valeurs admises pour les villes semblables en Afrique du Nord, le Coefficient de marnage adopté est de 11,5 %.

➤ Volume de sécurité

Le volume de sécurité correspond au volume de stockage minimum maintenu en permanence. Ce Volume permet d'assurer une autonomie minimale en cas de défaillance du réseau d'alimentation du réservoir.

Les cas probables de défaillance du réseau d'alimentation sont:

- Casse sur une conduite d'adduction alimentant le réservoir,
- Panne d'alimentation électrique dans les stations de pompage alimentant le réservoir: L'autonomie minimale nécessaire prise en considération est de 3 heures (soit 12,5 % du débit total journalier).

Ainsi, pour le dimensionnement des réserves projetées on a adopté une autonomie de sécurité de 3heures.

➤ Réserve incendie

ETUDE D'ADDUCTION A L'HORIZON 2050

La réserve incendie réglementaire est de 120 m³ par sinistre (le réseau doit pouvoir assurer au niveau de chaque borne d'incendie, un débit de 60 m³/h durant 2 heures).

Nous avons considéré, suivant la zone d'influence de chaque réservoir, l'occurrence d'un ou 2 Incendies simultanément (120 ou 240 m³).

➤ Volume total nécessaire

Il s'agit de la somme des volumes de régulation, de sécurité et de la réserve incendie. [8]

Tableau IV.9 : Capacités totale des réserves

	Unité	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
	Situé à/au	CDE	Toujounine	PK17	Sebkha
Besoins jour de pointe l/s Par Zone de distribution	l/s	361	388	705	457
	m ³ /j	31293	33539	60928	39501
Capacité de régulation (11,5% des besoins)	m ³	3598	3856	7006	4542
Réserves de sécurité (12,5% des besoins)	m ³	3911	4192	7616	4937
Réserve incendie (120 m ³ par sinistre)	m ³	240	120	240	120
Capacités totale des réserves	m ³	7749	8168	14862	9599

Tableau IV.10 : Le volume des réserves projeté est présenté comme suit :

Volume [m ³]						
Situé à alimente	CDE Zone1	CDE Teyarett/T. Z.*	Toujounine Toujounine	CDE Riadh	CDE Sebkha	CDE Arafat
l/s	161	200	388	295	457	450
m ³ /j	13910	17280	33539	25488	39501	35424

ETUDE D'ADDUCTION A L'HORIZON 2050

Capacité totale des réserves	3457	4267	8166	6237	9599	8621
Volume des réservoirs	2*R2000m ³	2*R2000m ³	2*R5000 m ³	R5000m ³ R1000m ³	2*R5000m ³	2*R5000m ³

IV.10 les stations de pompage

Les conditions de choix de variantes pour la station de pompage sont telles :

- Qu'il est préférable de situer la prise d'eau le plus proche possible de la station de pompage, et si c'est possible proche de l'agglomération pour diminuer les coûts de projet.

- Qu'il ne faut jamais construire la prise d'eau, la station de pompage, dans les zones sismiques et les zones non stables, respectez les normes : distance minimale entre la station de pompage un aéroport et une prise d'eau doit être 30 km.

- Que le site de la prise d'eau doit être approuvé par les services de la santé publique et l'environnement.

- Que les différents ouvrages des stations de pompage ne doivent pas se trouver dans les lieux libres du tracé en cas de crue.

- Situer les ouvrages de sorte que la prise soit réparée sans interruption de l'adduction d'eau.

[8]

IV.10.1 Choix du type de pompe

Les critères de choix du type de pompe sont :

- Assurer le débit appelé Q_{nominal} et la hauteur HMT avec le meilleur rendement;

- Vérifier la condition de non cavitation ;

- Encombrement et poids les plus faibles ;

- Vitesse de rotation la plus élevée ;

- Puissance absorbée minimale ;

- Être fabriquée en série. [8]

IV.10.2 Couplage des pompes

Le couplage des pompes se fait dans le cas où une pompe placée ne permet pas de fournir la charge ou le débit nécessaire pour l'élévation d'eau au point voulu. Le couplage des pompes se fait comme suit :

Débit fourni par une seule pompe insuffisant → couplage en parallèle.

Charge fournie par une seule pompe insuffisante → couplage en série.

➤ Couplage en parallèle:

Chaque conduite de refoulement aboutit à une conduite générale commune.

- Cette dernière sera composée de la somme des débits de chaque pompe.
- La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée H les débits abscisses de chaque groupe.

➤ **Couplage en série**

Le refoulement de la première pompe débouche dans l'aspiration de la seconde. Le même débit traverse les deux pompes et les hauteurs d'élévation produites par chaque groupe s'ajoutent. [8]

IV.10.3 Choix du nombre de pompes

Les critères de choix du nombre de pompes sont :

- Nombre de pompes n minimal ;
- Meilleur rendement ;
- Charge nette d'aspiration requise (NPSH)_r minimale ;
- Nombre d'étage minimal ;
- Puissance absorbée minimale. [8]

Remarque :

Les stations de surpression à vitesse variable installées en tête du réseau de répartition au niveau du château central, sont destinées à mettre en charge la totalité des eaux issues du château d'eau central elles sont prévues pour chaque zone de distribution.

Les pompes sont dimensionnées pour le débit nominal et la hauteur de refoulement maximale. Cette hauteur de refoulement est égale à la somme de la hauteur géométrique maximale (réservoirs vides) et la perte de charge dans la conduite de refoulement.

La pression de fonctionnement en tête du réseau (consigne) sera choisie par l'opérateur. La vitesse de rotation et le choix du nombre de pompes en fonctionnement seront déterminés par l'automate pour assurer le débit demandé. La consigne pourra être variable et ajustée en fonction des tranches horaires.

ETUDE D'ADDUCTION A L'HORIZON 2050

Tableau IV.11 : Station de surpression

Situé A Alimente	N	Q appelé (l/s)	HMT appelé (m)	Type de Pompe	η %	Vitesse (tr/min)	N ^{bre} d'étage	P _{abs} (Kw)	(NPSH) _r (m)	Ø roue (mm)
CDE Zone1	3	53.67	6.01	mec-a1/125	65.4	1420	4	14.5	4.34	150
CDE Teyarett/T.Z.*	3	71.71	47.8	mec-azrbh2/125	75.8	2900	2	133	3.62	150
Toujounine Toujounine	4	96.97	14.4	mec-a2/125	54.8	3000	2	99.8	4.6	150
CDE Riadh	4	72.5	9.34	mec-a2/125	60.8	1422	4	43.7	4.06	150
CDE Sebkh	5	93.02	14.2	mec-a1/125	55.4	2920	2	116	4.32	150
CDE Arafat	5	83.09	10.4	mec-a2/125	55.8	1420	4	76	5.19	150

Remarque :

D'après le tableau précédent le nombre de pompes à choisir varient entre 3 et 5, car elle est meilleure de point de vue rendement, vitesse de rotation, (NPSH)_r, nombre d'étages et puissance absorbée, cependant une pompe de secours doit être prévue.

IV.11 Conclusion

L'étude techno-économique de notre étude d'adduction nous a permis de choisir un nouveau tracé composé d'un axe principal DN 1400mm qui servira à transmettre les eaux au long d'un trajet de 19130 m avec un débit 165264 m³/j accordé d'un té DN 700 et des piquages qu'ils ont des diamètres qui différencie entre 300mm et 700mm dimensionnés selon le besoin de chaque zone de distribution renforcer par 6 station de surpression pour véhiculé les débits.

CONCLUSION

GENERAL

Conclusion Générale

Au cours de ce présent travail, nous pensons avoir cerné les différentes phases de réalisation d'un projet d'adduction d'eau potable, ceci dans le but d'atteindre certains objectifs à savoir:

L'alimentation en eau potable répondant aux besoins de la population.

- ✓ La répartition rationnelle de l'eau et son acheminement vers zone concernée.

Cette étude d'approvisionnement en eau potable est faite pour l'horizon 2050, dont la population de toute la zone d'étude atteindra 2630593 habitants.

L'importance des besoins en eau estimés pour les zones concernées par l'étude, par rapport aux sources existantes, a donné la nécessité d'augmenter la capacité de production de la station PK17 qui tient ces eaux de Aftout Essahli (rivière).

L'adduction a une longueur totale de 19130 m avec des diamètres variables, à savoir 1200 et 1400 mm.

L'emplacement du réservoir tampon est choisi de tel sort à assurer une alimentation gravitaire de sur l'axe principal.

La différence d'altitude entre les points des piquages et les réservoirs a exigé l'implantation de six stations de pompage en série pour élever l'eau jusqu'à ce dernier.

En fin nous souhaitons avoir fait un travail qui peut servir d'avant projet à une étude détaillée afin de garantir une alimentation en eau potable sans aucune interruption, et qu'il soit un guide bibliographique pour les promotions à venir.

LISTES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Lahmayer. S (2010).Tache B besoins en eau de la ville Nouakchott page (42).

[2] Lahmayer. S (2010). Etude mission du rapport de dimensionnements de la ville Nouakchott (page 150).

[3] ONS. (2001).URBAPLAN.

[4] Mint sidi. Z (2010) contribution à l'étude des potentialités hydrogéologique du champ captant d'idini (page 75).

[5] MHUAT/DCIG.(2013).ville de Nouakchott.

[6] <https://en.climate-data.org/africa/mauritania/nouakchott/nouakchott-2941/>

[8] Flici .k (2012) Etude d'adduction à partir d'un piquage pour l'alimentation en eau potable de la commune d'Arris Batna (page 157).

[9] JICA. (2018). Le projet d'élaboration du Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la ville de Nouakchott.