

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE(JICA)

DIRECTION GÉNÉRALE
DU GÉNIE RURAL
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
RÉPUBLIQUE TUNISIENNE

**ÉTUDE DE CONCEPTION DÉTAILLÉE
POUR
LE PROJET D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DES
ZONES RURALES
EN RÉPUBLIQUE TUNISIENNE**

**RAPPORT FINAL
VOLUME III RAPPORT DE CONCEPTION DÉTAILLÉE**

PARTIE 1 RAPPORT DE SOUS-PROJET

**GOUVERNORAT GAFSA
RAPPORT SUR THLEIJA**

MARS 2001

**NIPPON KOEI CO.,LTD.
TAIYO CONSULTANTS CO.,LTD.**

S S S
C R (5)
01 - 46

SOMMAIRE

Pages

1. INTRODUCTION.....	1
2. RESUME DU PROJET.....	2
2.1. Composantes principales du projet.....	2
2.1.1. Point d'eau.....	2
2.1.2. Réservoir.....	2
2.1.3. Canalisations.....	3
2.1.4. Equipement et travaux électriques.....	3
2.2. Besoin en personnel de gestion.....	4
2.3. Répartition des travaux.....	4
3. DONNEES DE BASE POUR L'ETABLISSEMENT DU PROJET.....	7
3.1. Situation géographique.....	7
3.2. La ressource en eau du projet.....	7
3.2.1. Ressource en eau.....	7
3.2.2. Qualité de l'eau du forage affecté à l'eau potable.....	7
3.3. Démographie et besoins en eau.....	9
3.3.1. Démographie.....	9
3.3.2. Cheptel.....	10
3.3.3. Besoins en eau domestiques (m ³ /jour).....	10
3.3.4. Besoins en eau du cheptel (m ³ /jour).....	11
3.3.5. Besoins en eau totaux (domestique et cheptel).....	11
3.3.6. Bilan Ressources / Besoins.....	14
4. CONCEPTION TECHNIQUE DES ELEMENTS AEP.....	15
4.1. Généralités.....	15
4.2. Equipement du forage.....	15
4.2.1. Pompe immergée.....	15
4.2.2. Local de pompage.....	16
4.3. Le refoulement.....	16
4.3.1. Débit d'équipement de la station de pompage.....	16
4.3.2. Conduite de refoulement.....	16
4.3.3. Calcul de la hauteur manométrique totale « HMT ».....	17
4.3.4. Protection contre le coup de bélier.....	18
4.4. Dimensionnement du réseau de distribution.....	18
4.4.1. Paramètres de dimensionnement.....	18
4.4.2. Optimisation du réseau de distribution.....	19
4.4.3. Conduites de distribution.....	20
4.5. Points de distribution.....	22
4.6. Réservoir de stockage.....	23
4.7. Equipements et installations électriques.....	24
4.7.1. Calcul de la puissance du GEP.....	24
4.7.2. Alimentation électrique.....	25
4.7.3. Transformateur.....	26
5. MEMOIRE DESCRIPTIF.....	27
5.1. Généralité.....	27
5.2. Point d'eau.....	27
5.2.1. Local du GIC, de commande et de chloration.....	27
5.2.2. Equipement hydraulique.....	28
5.2.3. Equipement électromécanique et de commande du point d'eau.....	28
5.2.4. Désinfection.....	29
5.2.5. Alimentation électrique.....	30

5.2.6. Armoire de commande et fonctionnement	31
5.3. Stockage de l'eau (réservoir)	31
5.4. Conduite de refoulement et réseau de distribution	32
5.4.1. Tracé et pose des conduites	32
5.4.2. Nature des conduites et raccords	33
5.4.3. Robinetterie et accessoires	33
5.4.4. Ouvrages de distribution	33
5.5. Station de pompage	34
5.6. Réservoir de stockage	35
5.7. Récapitulation	35
5.8. Mode d'exploitation	35
5.9. Gestion GIC	37
ANNEXE 1 : CALCULS ET ANALYSE	40
ANNEXE 1.1 : Calculs hydrauliques	41
ANNEXE 1.2 : Courbes caractéristiques des pompes	47
ANNEXE 1.3 : Analyse de la fluctuation du niveau d'eau de réservoir	50
ANNEXE 1.4 : Analyse détaillée de la qualité d'eau	57
ANNEXE 1.5 : Régime transitoire	64
ANNEXE 2 : METRE	71
2.1. Fourniture et transport de tuyaux, pièces spéciales et raccords	72
2.2. Terrassements	73
2.3. Pose et essai de conduites	73
2.4. Exécution des ouvrages courants, pose et essai des pièces spéciales et de robinetteries	74
2.5. Construction d'ouvrages de distribution et travaux divers	74
2.6. Construction d'un réservoir sur piliers de hauteur 15 m et volume 50 m ³ et fourniture, pose et essai des pièces spéciales et de robinetteries	75
2.7. Aménagement station de pompage existante et construction et équipement d'un local GIC	77
2.8. Equipement hydromécanique de la station de pompage et de la chambre de chloration	78

1. INTRODUCTION

En réponse de la requête du Gouvernement de la République Tunisienne, le Gouvernement du Japon s'est décidé à effectuer l'étude de conception détaillée pour le projet d'alimentation en eau potable rurale en République Tunisienne conformément aux lois et règlements japonais en vigueur. C'est ainsi que la JICA (The Japanese International of Coopération Agency : agence officielle chargée de la réalisation de toute coopération technique initiée par le gouvernement du Japon) procède à la mise en œuvre de la dite étude en étroite coopération avec les autorités concernées du Gouvernement Tunisien (Ministère de l'Agriculture) représentées par :

- la Direction Générale du Génie Rural (DG/GR),
- le Commissariat Régional au Développement Agricole de Gafsa.

Cette étude entre dans le cadre de la Coopération Japonaise et financée par la JICA.

Le Bureau d'Ingénieurs Conseils en Hydraulique et Environnement « **BICHE** », a été chargé par l'équipe d'étude JICA «The JICA Study Team» d'élaborer les études de faisabilité et techniques nécessaires pour l'alimentation en eau potable de la zone rurale de Thleijia qui appartient administrativement aux deux imadats de Abdessadok et Jadida, de la délégation de Sened du gouvernorat de Gafsa.

Ces études se déroulent en deux phases :

- Etude de faisabilité
- Etude détaillée et dossiers d'appel d'offres.

Le présent dossier constitue l'étude détaillée d'alimentation en eau potable de la zone sus mentionnée.

2. RESUME DU PROJET

2.1. Composantes principales du projet

Le projet d'alimentation en eau potable rurale de la zone de Thleijia concerne au total environ 273 familles et 1492 habitants.

Il s'agit des localités suivantes : Ouled Othman (Bettaieb), Ouled Othman (El Ourabi), El Ghmaïmia 1 et 2, Thleijia (Ouled Mohamed Ben Ahmed, Ecole, Ouled Laâter et Ouled Fraj), Ouled Nasr, Ouled Ahmed, Ouled Massaoud, Ouled Mahmoud et Ouled Ammar.

2.1.1. Point d'eau

L'alimentation en eau du projet sera effectuée à partir de l'ancien forage de Henchir Lafrah.

Ce forage sert actuellement à l'irrigation d'un périmètre irrigué d'une superficie d'environ 28 ha.

Le nouveau projet d'AEP de Thleijia sera alimenté à partir de l'ancien forage de Henchir Lafrah exécuté en 1968. Etant donné qu'un nouveau forage de remplacement a été programmé pour l'irrigation du périmètre irrigué, le forage existant sera affecté en totalité au nouveau projet d'AEP de Thleijia.

L'actuel équipement au niveau du forage sera délaissé et remplacé par un équipement adéquat ; la station de pompage au forage sera équipée par un nouveau GEP immergé de débit 2.50 l/s et HMT = 82 m pour le refoulement des eaux vers un nouveau réservoir sur piliers (de hauteur 15 m) de stockage, de mise en charge et de régulation de capacité 50 m³.

La station de pompage au forage est formée d'un abri à aménager en deux chambres : une première chambre réservée à l'installation du tableau de commande, des pièces de rechange et pour le gardien pompiste et la deuxième chambre pour la chloration. Une troisième chambre sera construite (à côté du local de commande ou de l'école primaire de Henchir Lafrah) pour servir comme local du nouveau GIC de Thleijia qui aura à gérer toute l'infrastructure projetée.

2.1.2. Réservoir

a) Génie civil

Il s'agit d'un réservoir sur tour de hauteur 15 m, calé à la côte TN = 386.33 m et composé de :

- une cuve circulaire de hauteur 3.00 m, de capacité 50 m³ calée à la côte 401.83 m,
- les accessoires hydrauliques sont situés dans la chambre de vannes au niveau du TN entre les 4 poteaux supportant la cuve.

b) Accessoires hydrauliques

Ils sont constitués essentiellement des éléments suivants :

Arrivée

- 1 robinet vanne : DN 80
- 1 compteur à brides : DN 40
- 1 robinet flotteur : DN 80
- les différentes pièces de démontage et de raccordement. : Ens

Départ

- 1 crépine : DN 150
- 1 robinet vanne avec volant : DN 150
- 1 by-pass avec clapet et robinet vanne reliant la conduite d'arrivée et la distribution : DN 60
- les différentes pièces de démontage et de raccordement. : Ens

2.1.3. Canalisations

a) Canalisations

Le projet est constitué de la fourniture et le transport de 18232 ml de tuyaux en polyéthylène haute densité PN 10 répartis comme suit :

Désignation des fournitures de conduites	Refoulement	Distribution	Total
DE 63 en PEhd, PN 10		6200.00	6200.00
DE 75 en PEhd, PN 10		3600.00	3600.00
DE 90 en PEhd, PN 10	2600.00	1000.00	3600.00
DE 110 en PEhd, PN 10		1100.00	1100.00
DE 160 en PEhd, PN 10		3732.00	3732.00
Total	2600.00	15632.00	18232.00

b)Ouvrages

Bornes fontaines	14
Branchements collectifs (2 écoles + 1 mosquée)	3
Points hauts	7
Points bas	3
Ouvrage de sectionnement	2
Local GIC et aménagement de chambre de commande existante	1

2.1.4. Equipement et travaux électriques

a) Equipement

Type de GEP	Immergé
Q (l/s)	2.50
HMT (m)	82.00
P (kW)	3.90
Electrification	MT triphasé
Intensité courant (A)	20
Puissance transformateur (KVA)	25

b) Génie civil

Un abri station en très bon état est construit au dessus de la tête du forage. Il a les dimensions suivantes : longueur = 5 m, largeur = 3 m.

Avant l'électrification de la station de pompage, cette chambre abritait un groupe électrogène.

Cet abri sera aménagé par son partage en deux chambres :

- une première chambre de commande,
- une deuxième chambre de chloration.

L'opération d'aménagement de la chambre existante consiste à construire un mur de séparation qui fait cloison entre les deux chambres en plus de la prévision d'une porte d'entrée indépendante pour la nouvelle station de javellisation.

Un local sera construit à côté de cette chambre pour le GIC.

c) Accessoires hydrauliques

Ils sont constitués essentiellement des éléments suivants :

- GEP : 1
- Robinet vanne avec volant : DN 80
- Compteur à brides DN : DN 60

- Manomètre à 2 seuils réglables (manostat) avec robinet vanne à 3 voies : 1
- les différentes pièces de démontage et de raccordement. : Ens

d) Electrification

- MT triphasé : branchement STEG moyenne triphasé 20 A avec transformateur de 25 kVA en amont.

2.2. Besoin en personnel de gestion

Un GIC sera créé pour la gestion de toute l'infrastructure hydraulique d'eau potable projetée au niveau de toute la zone de Thleijia : station de pompage, conduites de refoulement, d'adduction et de distribution, le réservoir 50 m³, les points de distribution d'eau (bornes fontaines, ouvrages courants, etc...).

Un gardien du système d'eau sera recruté pour les besoins de la gestion du système d'AEP.

2.3. Répartition des travaux

Les travaux pour l'ensemble du projet peuvent être répartis en 2 lots comme suit :

Lot 1 : Fourniture et pose de canalisation et accessoires et travaux de génie civil

* Fourniture et transport de 18232 ml de tuyaux en polyéthylène haute densité PN 10 répartis comme suit :

Désignation des fournitures de conduites	Refoulement	Distribution	Total
DE 63 en PEhd, PN 10		6200.00	6200.00
DE 75 en PEhd, PN 10		3600.00	3600.00
DE 90 en PEhd, PN 10	2600.00	1000.00	3600.00
DE 110 en PEhd, PN 10		1100.00	1100.00
DE 160 en PEhd, PN 10		3732.00	3732.00
Total	2600.00	15632.00	18232.00

* Pose de 17378 ml de tuyaux en polyéthylène haute densité PN 10 répartis comme suit :

Désignation des fournitures de conduites	Refoulement	Distribution	Total
DE 63 en PEhd, PN 10		5891.16	5891.16
DE 75 en PEhd, PN 10		3401.76	3401.76
DE 90 en PEhd, PN 10	2516.40	980.58	3496.98
DE 110 en PEhd, PN 10		1034.62	1034.62
DE 160 en PEhd, PN 10		3553.56	3553.56
Total	2516.40	14861.68	17378.08

* Construction et équipement de : un château d'eau de hauteur 15 m et volume 50 m³, un local pour le GIC et les regards et ouvrages de distribution (14 bornes fontaines, 3 branchements collectifs, 2 sectionnements, 7 ventouses et 3 vidanges).

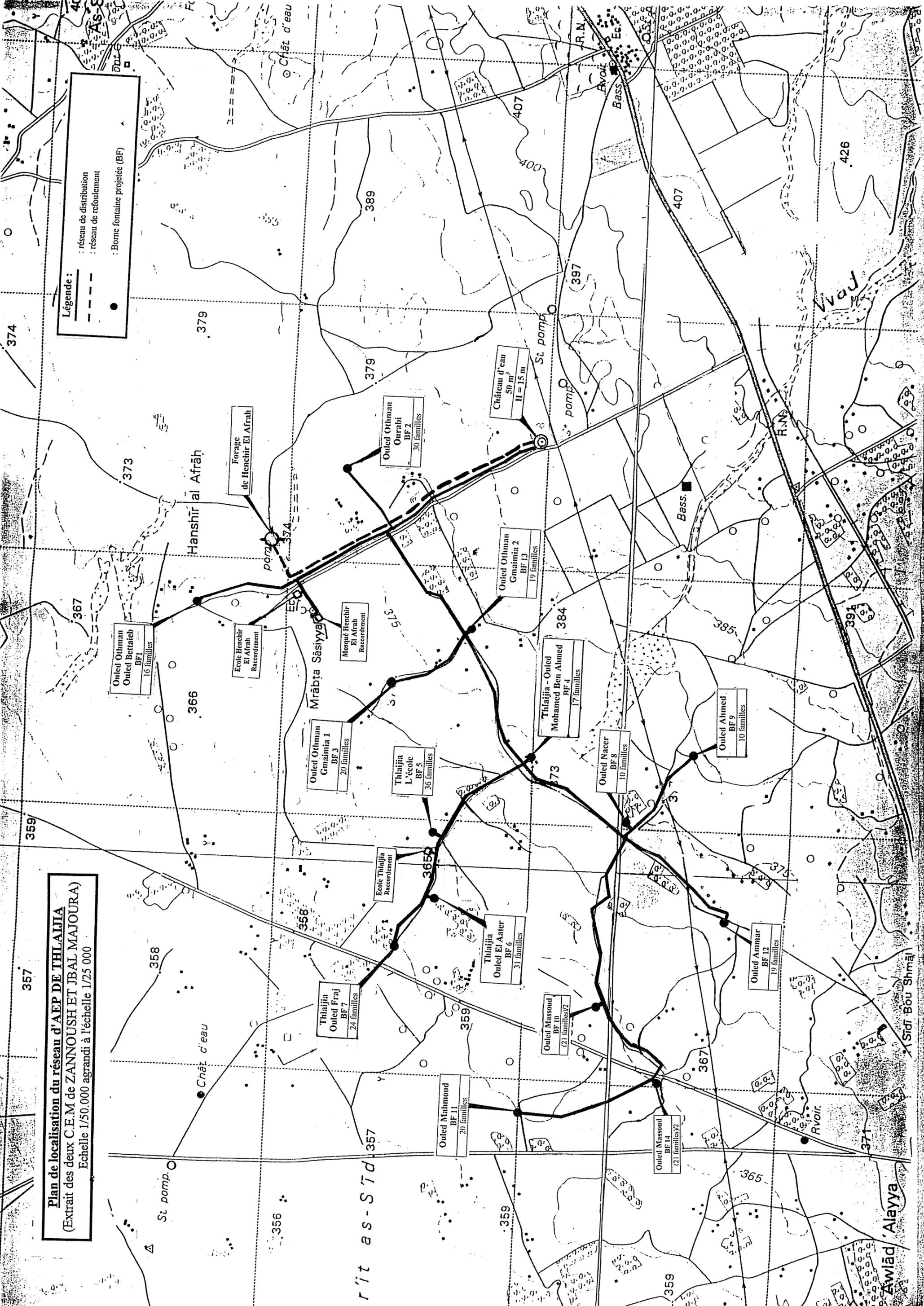
Lot 2 : Equipement électromécanique et électrique

* Equipement de la station de pompage :

- Acquisition et montage du groupe électropompe type immergé
Q = 2.50 l/s, HMT = 82.00 m.
- Ligne hydraulique et réseau d'eau de service
- Poste de chloration électrique

Plan de localisation du réseau d'AEP DE THLAJIA
 (Extrait des deux C.E.M de ZANNOUSH ET JBAL MAJOURA)
 Echelle 1/50.000 agrandi à l'échelle 1/25.000

Légende :
 - - - - - : réseau de distribution
 - - - - - : réseau de refoulement
 ● : Borne fontaine projetée (BF)

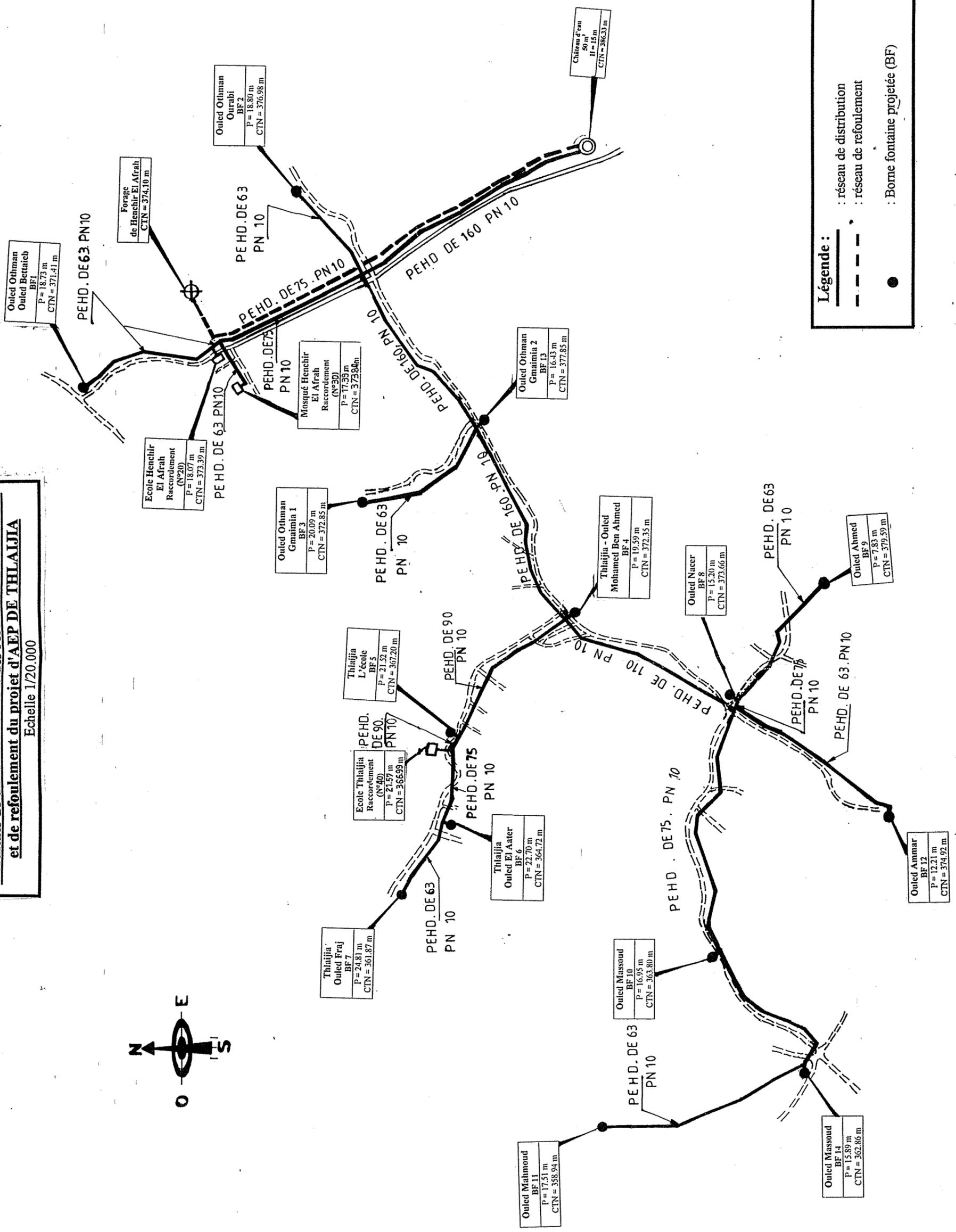
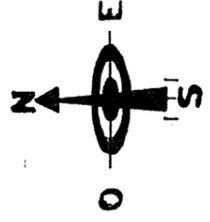


irrit as-Sid

Awlad Alaya

Sidr Bou Shma

**Résultats de dimensionnement des réseaux de distribution
et de refoulement du projet d'AEP DE THLAJIA**
Echelle 1/20.000



Légende:

- : réseau de distribution
- - - : réseau de refoulement
- : Borne fontaine projetée (BF)

3. DONNEES DE BASE POUR L'ETABLISSEMENT DU PROJET

3.1. Situation géographique

La zone du projet de Thleijia appartient administrativement aux deux imadats de Abdessadok et Jadida de la délégation de Sened du gouvernorat de Gafsa.

la zone du projet est située à 3 km au Nord de la route n°14 reliant Gafsa à Sfax en passant par Sened et Meknassy. Elle s'étend sur 4 km du Sud Ouest vers le Nord Est et sur 3 km du Nord au Sud.

L'accès à la zone du projet se fait à partir de la même route n° 14 à partir de Zannouch (du côté Sud Ouest) ou à 3 km de Abdessadok (du côté Sud).

3.2. La ressource en eau du projet

3.2.1. Ressource en eau

Au cours de la réunion tenue le 13/06/2000 au siège du CRDA de Gafsa, il a été convenu que le nouveau projet de Thleijia sera alimenté en eau à partir de l'ancien forage de Henchir Lafrah, exécuté en 1968. Ce forage sert actuellement à l'irrigation d'un périmètre irrigué d'une superficie d'environ 28 ha.

Etant donné qu'un nouveau forage de remplacement a été programmé pour l'irrigation du périmètre irrigué, le forage existant sera totalement affecté au nouveau projet d'AEP de Thleijia.

D'après la DRE de Gafsa le forage a les caractéristiques suivantes :

N°IRH	9624/5
Côte TN (m)	374.10
Profondeur de reconnaissance en 8"1/2	71.00 m
Diamètre du tubage en 9"5/8	+0.50 à - 52.83 m
Tube lanterné 9"5/8	- 52.83 à - 68.09 m
Tube de décantation 9"5/8	- 68.09 à - 71.09 m
Niveau statistique à la réception (m)	- 26.55
Niveau statistique actuel (m)	- 27.50
Caractéristiques d'exploitation	
Débit de réception (l/s)	9.60
Rabattement correspondant (m)	16.23

Le forage sera exploité à un débit de 2.5 l/s (besoins en eau du projet en pointe pour une durée journalière de pompage de 16 heures. La pompe sera alors immergée à la côte - 42.00 m par rapport au TN.

Etant très vétuste (1968), le rapport d'endoscopie conseille d'intervenir sur ce forage avec beaucoup de précautions (pour ne pas abîmer sa colonne montante certainement très corrodées) pour entreprendre les travaux suivants :

- faire un léger brossage mécanique de toute la colonne montante,
- dégager les décantations issues de ce brossage,
- faire un développement au compresseur jusqu'à l'obtention d'une eau claire.

3.2.2. Qualité de l'eau du forage affecté à l'eau potable

Les essais effectués in situ le 2 juin 2000 à 16 heures ont donné les résultats suivants :

Désignation	Valeur
Conductivité électrique (mS/cm)	2.34
PH	7.40
Température de l'eau (°C)	24.5

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées du 7 au 19 juin 2000 ont donné les résultats suivants :

Résultats des analyses physico-chimiques

Eléments	Unité	valeur	Concentration limite admissible (INNORPI 1991)
Couleur		Non	
Odeur		Non	
Dureté totale DH°	(mg CaCO ₃ /l)	478	1000
Turbidité (N.T.U)	(N.T.U)	1	25 unités
pH à 20°C		7.4	6.5 à 8.5
Total Dissolved Solid TDS	(mg/l) à 25 °C	1098	2000 à 2500
Anions			
Sodium Na ⁺	(mg/l)	233	
Calcium Ca ²⁺	(mg/l)	228	300
Magnésium Mg ²⁺	(mg/l)	95	150
Ammonium NH ₄ ⁺	(µg/l)	ND	
Potassium K ⁺	(mg/l)		
At (mmol H ⁺ / l)		278	
Cations			
		21	
Chloride Cl ⁻	(mg/l)	ND	600
Nitrate NO ₃ ⁻	(mg/l)	546	
Nitrite NO ₂ ⁻	(mg/l)	173	
Sulfate SO ₄ ²⁻	(mg/l)	ND	600
At (mg HCO ₃ ⁻ / l)			
At (mg CO ₃ ²⁻ / l)		ND	
Métaux rares			
		ND	
Arsenic As	(mg/l)		0.05
Cyanide CN	(mg/l)	ND	
Métaux lourds			
		ND	
Chrome VI hexavalent (Cr)	(mg/l)	ND	
Cadmium Cd	(mg/l)	ND	0.005
Plomb Pb	(mg/l)	ND	0.05
Manganèse Mn	(mg/l)	ND	0.50
fer Fe	(mg/l)	0.030	0.5 à 1.0
Cuivre Cu	(mg/l)		1.00
Zinc Zn	(mg/l)	ND	5.0
Autres éléments			
		1.4	
Sulfide H ₂ S	(mg/l)	ND	
Fluorures (F) (mg/l)	(mg/l)	2.04	1.50
Mercure Hg	(mg/l)	Inf 0.001	0.001

D'après cette analyse, l'eau titre 1.098 g/l de sels totaux. Elle est jugée de qualité acceptable..

b) Résultats des analyses bactériologiques

Coliformes totaux / 100 ml	40
Coliformes fécaux – Esherichia - coli / 100 ml	< 3
Streptocoques fécaux	23

3.3. Démographie et besoins en eau

3.3.1. Démographie

L'enquête socio-économique menée au mois de mai 2000 par l'équipe d'étude du BICHE, indique que la population des localités sous mentionnées et concernées par le projet d'AEP de Thleijia s'élève à 1472 habitants et 273 familles, répartie en 13 localités et ce comme suit :

Localités	Nombre de familles	Effectif population
Ouled Othman (Bettaieb)	16	90
Ouled Othman (El Ourabi)	30	159
El Ghmaïmia 1	20	114
El Ghmaïmia 2	19	105
Thleijia (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	17	99
Thleijia (Ecole)	36	206
Thleijia (Ouled Laâter)	31	155
Thleijia (Ouled Fraj)	24	142
Ouled Nasr	10	52
Ouled Ahmed	10	56
Ouled Massaoud	21	107
Ouled Mahmoud	20	98
Ouled Ammar	19	109
Total	273	1492

Le taux d'accroissement annuel de la population enregistré ces dernières années dans le gouvernorat de Gafsa est de 0.5 %.

La projection de la population depuis l'année de mise en eau (2002) à l'année horizon du projet se présente comme suit :

Localités	Année 2000	Nombre d'habitants (horizon année)			
		2002	2007	2012	2017
Ouled Othman (Bettaieb)	90	91	93	96	98
Ouled Othman (El Ourabi)	159	161	165	169	173
El Ghmaïmia 1	114	115	118	121	124
El Ghmaïmia 2	105	106	109	111	114
Thleijia (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	99	100	103	105	108
Thleijia (Ecole)	206	208	213	219	224
Thleijia (Ouled Laâter)	155	157	161	165	169
Thleijia (Ouled Fraj)	142	143	147	151	155
Ouled Nasr	52	53	54	55	57
Ouled Ahmed	56	57	58	59	61
Ouled Massaoud	107	108	111	114	116
Ouled Mahmoud	98	99	101	104	107
Ouled Ammar	109	110	113	116	119
Total 1	1492	1507	1545	1584	1624

3.3.2. Cheptel

La répartition du cheptel par localité se présente comme suit :

Localités	Ovins et caprins	Bovins et équidés
Ouled Othman (Bettaieb)	137	27
Ouled Othman (El Ourabi)	236	40
El Ghmaïmia 1	148	23
El Ghmaïmia 2	80	21
Thleijia (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	309	43
Thleijia (Ecole)	448	76
Thleijia (Ouled Laâter)	314	73
Thleijia (Ouled Fraj)	285	50
Ouled Nasr	96	1
Ouled Ahmed	100	9
Ouled Massaoud	136	0
Ouled Mahmoud	65	0
Ouled Ammar	162	0
Total	2516	363

Il est supposé que ces valeurs ne subissent pas d'évolution dans le futur

3.3.3. Besoins en eau domestiques (m³/jour)

La population de la zone du projet est caractérisée par son groupement par localité. Pour ce faire, on adopte la consommation de la population groupée pour le calcul des besoins en eau domestiques soit 25 l/j/hab en 2002.

Un accroissement annuel de 2.5 % sera appliqué pour tenir compte de l'évolution escomptée du niveau de vie. La consommation individuelle (en l/j/hab) entre les années 2002 et 2017 se présente alors comme suit :

Consommations spécifiques	Population groupée (l/j/hab)
2002	25
2007	28
2012	32
2017	36

Les besoins en eau domestiques (m³/jour) se présentent comme suit :

Localités	2002	2007	2012	2017
Ouled Othman (Bettaieb)	2.27	2.64	3.06	3.55
Ouled Othman (El Ourabi)	4.01	4.66	5.40	6.27
El Ghmaïmia 1	2.88	3.34	3.87	4.49
El Ghmaïmia 2	2.65	3.08	3.57	4.14
Thleijia (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	2.50	2.90	3.36	3.90
Thleijia (Ecole)	5.20	6.03	7.00	8.12
Thleijia (Ouled Laâter)	3.91	4.54	5.27	6.11
Thleijia (Ouled Fraj)	3.59	4.16	4.82	5.60
Ouled Nasr	1.31	1.52	1.77	2.05
Ouled Ahmed	1.41	1.64	1.90	2.21
Ouled Massaoud	2.70	3.13	3.64	4.22
Ouled Mahmoud	2.47	2.87	3.33	3.86
Ouled Ammar	2.75	3.19	3.70	4.30
Total	37.67	43.70	50.69	58.80

3.3.4. Besoins en eau du cheptel (m³/jour)

Les consommations spécifiques qui seront adoptées sont :

Ovins et caprins = 5 l/j/tête

Bovins, équidés et camélidés = 30 l/j/ tête

Ces consommations spécifiques ne subiront pas d'évolution dans le futur.

Les besoins globaux de l'ensemble du cheptel sont estimés à 23.47 m³/jour. Ce chiffre est retenu étant donné l'absence de source alternative pour l'abreuvement du bétail.

Localités	Consommation (m ³ /jour)		
	Calculée	40 % (*)	adoptée
Ouled Othman (Bettaieb)	1.50	1.42	1.50
Ouled Othman (El Ourabi)	2.38	2.51	2.38
El Ghmaïmia 1	1.43	1.80	1.43
El Ghmaïmia 2	1.03	1.66	1.03
Thleijja (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	2.84	1.56	2.84
Thleijja (Ecole)	4.52	3.25	4.52
Thleijja (Ouled Laâter)	3.76	2.44	3.76
Thleijja (Ouled Fraj)	2.93	2.24	2.93
Ouled Nasr	0.51	0.82	0.51
Ouled Ahmed	0.77	0.88	0.77
Ouled Massaoud	0.68	1.69	0.68
Ouled Mahmoud	0.33	1.54	0.33
Ouled Ammar	0.81	1.72	0.81
Total	23.47	23.52	23.47

(*) : 40% de la consommation domestique de l'année horizon.

3.3.5. Besoins en eau totaux (domestique et cheptel)

Les besoins en eau domestiques et du cheptel se présentent comme suit :

a) Consommation moyenne journalière totale sans pertes (m³/jour)

Localités	2002	2007	2012	2017
Ouled Othman (Bettaieb)	3.77	4.13	4.55	5.04
Ouled Othman (El Ourabi)	6.39	7.04	7.78	8.65
El Ghmaïmia 1	4.31	4.77	5.30	5.92
El Ghmaïmia 2	3.68	4.11	4.60	5.17
Thleijja (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	5.33	5.73	6.20	6.74
Thleijja (Ecole)	5.20	6.03	7.00	8.12
Thleijja (Ouled Laâter)	7.67	8.30	9.03	9.87
Thleijja (Ouled Fraj)	6.51	7.08	7.75	8.52
Ouled Nasr	1.82	2.03	2.28	2.56
Ouled Ahmed	2.18	2.41	2.67	2.98
Ouled Massaoud	3.38	3.81	4.32	4.90
Ouled Mahmoud	2.80	3.20	3.65	4.19
Ouled Ammar	3.56	4.00	4.51	5.11
Total	56.62	62.65	69.64	77.75

b) Consommation moyenne journalière totale avec pertes (Vjm)

Les pertes sont estimées à 15 % du volume consommé.

La consommation moyenne journalière totale avec pertes (Vjm) (m³/jour) est présentée dans le tableau suivant :

Localités	2002	2007	2012	2017
Ouled Othman (Bettaieb)	4.33	4.75	5.24	5.80
Ouled Othman (El Ourabi)	7.35	8.09	8.95	9.94
El Ghmaïmia 1	4.95	5.48	6.10	6.81
El Ghmaïmia 2	4.23	4.72	5.29	5.94
Thleijja (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	6.14	6.59	7.13	7.75
Thleijja (Ecole)	5.98	6.94	8.05	9.34
Thleijja (Ouled Laâter)	8.82	9.54	10.38	11.35
Thleijja (Ouled Fraj)	7.49	8.15	8.91	9.80
Ouled Nasr	2.10	2.34	2.62	2.94
Ouled Ahmed	2.51	2.77	3.07	3.42
Ouled Massaoud	3.89	4.39	4.96	5.63
Ouled Mahmoud	3.22	3.67	4.20	4.82
Ouled Ammar	4.10	4.60	5.19	5.87
Total	65.12	72.05	80.09	89.41

c) Consommation totale annuelle avec pertes

La consommation totale annuelle avec pertes (m³/an) est présentée dans le tableau suivant :

Localités	2002	2007	2012	2017
Ouled Othman (Bettaieb)	1581	1734	1911	2116
Ouled Othman (El Ourabi)	2684	2954	3267	3629
El Ghmaïmia 1	1809	2002	2226	2486
El Ghmaïmia 2	1545	1723	1930	2169
Thleijja (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	2239	2407	2602	2828
Thleijja (Ecole)	2183	2533	2938	3408
Thleijja (Ouled Laâter)	3221	3484	3789	4142
Thleijja (Ouled Fraj)	2733	2974	3253	3577
Ouled Nasr	765	853	956	1074
Ouled Ahmed	917	1012	1122	1250
Ouled Massaoud	1420	1601	1811	2056
Ouled Mahmoud	1175	1341	1534	1758
Ouled Ammar	1495	1680	1894	2143
Total	23768	26298	29232	32636

Il ressort du tableau précédent que la consommation moyenne annuelle avec pertes au niveau de la zone du projet de Thleijja (domestique + cheptel) évolue de 23768 m³/an en 2002 à 32636 m³/an en 2017. La consommation par famille se présente comme suit :

Désignation	2002	2007	2012	2017
Consommation annuelle (m ³)	23768	26298	29232	32636
Nombre de familles	276	283	290	297
Mètre cube / famille / an	86	93	101	110
Litres / famille / jour	236	255	276	301

d) Consommation de pointe journalière

Le coefficient de pointe journalier sera égal à 1,50. Ceci correspond à une pointe de consommation journalière de + 50 % de la consommation journalière avec pertes.

Si

Vj : Volume consommé journalier sans pertes
Vjm : Volume consommé moyen avec pertes
Vjp : Volume consommé de pointe journalière

alors

Vjm : 1,15 Vj
Vjp : 1,50 Vjm
Vjp : 1,50 x 1,15 Vj = 1,725 Vj

La consommation de pointe journalière (m³) est présentée dans le tableau suivant :

Localités	2002	2007	2012	2017
Ouled Othman (Bettaieb)	6.50	7.13	7.85	8.70
Ouled Othman (El Ourabi)	11.03	12.14	13.42	14.92
El Ghmaïmia 1	7.43	8.23	9.15	10.22
El Ghmaïmia 2	6.35	7.08	7.93	8.92
Thleijia (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	9.20	9.89	10.69	11.62
Thleijia (Ecole)	8.97	10.41	12.07	14.00
Thleijia (Ouled Laâter)	13.24	14.32	15.57	17.02
Thleijia (Ouled Fraj)	11.23	12.22	13.37	14.70
Ouled Nasr	3.14	3.51	3.93	4.41
Ouled Ahmed	3.77	4.16	4.61	5.14
Ouled Massaoud	5.83	6.58	7.44	8.45
Ouled Mahmoud	4.83	5.51	6.30	7.22
Ouled Ammar	6.14	6.90	7.79	8.81
Total	97.68	108.07	120.13	134.12

e) Consommation de pointe horaire

Le coefficient de pointe horaire sera égal à 1,8.

Qph : débit de pointe horaire
Qhm : débit moyen horaire pendant la journée de pointe

alors

Qhm : Vjp / 24
Qph : 1,8 Qhm = 1,8 Vjp / 24

Le débit de pointe horaire (l/s) est présenté dans le tableau suivant :

Localités	2002	2007	2012	2017
Ouled Othman (Bettaieb)	0.14	0.15	0.16	0.18
Ouled Othman (El Ourabi)	0.23	0.25	0.28	0.31
El Ghmaïmia 1	0.15	0.17	0.19	0.21
El Ghmaïmia 2	0.13	0.15	0.17	0.19
Thleijia (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	0.19	0.21	0.22	0.24
Thleijia (Ecole)	0.19	0.22	0.25	0.29
Thleijia (Ouled Laâter)	0.28	0.30	0.32	0.35
Thleijia (Ouled Fraj)	0.23	0.25	0.28	0.31
Ouled Nasr	0.07	0.07	0.08	0.09
Ouled Ahmed	0.08	0.09	0.10	0.11
Ouled Massaoud	0.12	0.14	0.16	0.18
Ouled Mahmoud	0.10	0.11	0.13	0.15
Ouled Ammar	0.13	0.14	0.16	0.18
Total	2.03	2.25	2.50	2.79

3.3.6. Bilan Ressources / Besoins

La consommation moyenne annuelle avec pertes au niveau du projet d'AEP de Thleijia (domestique + cheptel) est estimée à environ 32600 m³/an en 2017. Les besoins moyens journaliers et de pointe journalière de l'année de l'horizon 2017 sont estimés respectivement à environ 89 et 134 m³/jour.

Pour 16 heures de pompage par jour, les besoins de pointe journalière de l'année de l'horizon 2017 sont satisfaits par un débit d'équipement du forage de 2.33 l/s ; le forage est actuellement exploité à un débit de 7 l/s. Pour les besoins d'alimentation du nouveau projet, l'ancien forage de Henchir Lafrah sera équipé d'un débit de 2.5 l/s.

Les besoins de pointe journalière du nouveau projet en 2002 (année de démarrage du projet), estimés à 97.68 m³/jour peuvent être satisfaits pendant une durée de pompage de :

$97.68 \text{ (m}^3\text{)}/3.6/2.5 \text{ (l/s)} = 10 \text{ heures } 51 \text{ min.}$

Le forage satisfait donc largement les besoins en eau du nouveau projet d'alimentation en eau potable de Thleijia.

4. CONCEPTION TECHNIQUE DES ELEMENTS AEP

4.1. Généralités

Les éléments décrits dans le présent chapitre concernent l'ensemble de la conception des systèmes d'AEP du projet. Ils définissent les situations, le dimensionnement, les modes de fonctionnement, les matériaux de construction ainsi que les différents équipements prévus pour sa réalisation.

a) Définition du projet

L'alimentation en eau du projet d'AEP de Thleijia sera effectuée à partir l'ancien forage de Henchir Lafrah, exploité actuellement à un débit de 7 l/s.

b) Conception du projet et schéma d'alimentation en eau

La zone du projet, située dans une plaine, est relativement plate. La pente du terrain naturel de 0.7 % est ascendante du Sud Est vers le Nord Ouest.

Les côtes des différents points d'eau varient de 361.87 m (BF7 au Nord Ouest) à 379.59 m (BF9 au Sud Ouest) alors que le forage est situé au Nord Est de la zone à la côte 374.10 m.

La mise en charge du réseau et la satisfaction d'une pression minimale de 10 m au niveau de totalité des points d'eau de distribution nécessite la prévision d'un réservoir sur tour (château d'eau) situé à une côte suffisante.

Pour cette raison, la conception suivante été prévue :

- à partir de la station de pompage au forage part une conduite de refoulement (du Nord Ouest vers le Sud Est) sur une longueur de 2516.4 m (en suivant la route goudronnée qui relie la zone Henchir Lafrah à la route n°14 reliant Gafsa à Sfax.) pour rejoindre le château projeté et qui sera calé à la côte TN 386.33 m.
- du château d'eau projeté part une conduite de distribution pour alimenter tous les points d'eau.

4.2. Equipement du forage

L'équipement hydraulique du forage se compose d'une pompe immergée, d'une colonne montante, de la tête de forage, de la robinetterie et de la conduite de refoulement.

4.2.1. Pompe immergée

Etant donné la disponibilité de l'électricité de la STEG triphasé, la pompe immergée sera dimensionnée pour couvrir les besoins en eau potable du jour de pointe de l'horizon du projet 2017. Avec un débit de refoulement de 2.5 l/s soit 9.0 m³/h, les durées théoriques de pompage quotidien en jour de pointe sont comme suit :

Année	Consommation de pointe journalière (m ³)	Durée journalière de pompage (h)
2002	97.68	10 h 51 min
2007	108.07	12 h 00 min
2012	120.13	13 h 21 min
2017	134.12	14 h 54 min

Le niveau statique de la nappe est au 27.5 m. Le rabattement de la nappe est de 4.23 m pour un débit de 2.5 l/s.

En raison des fortes variations du niveau dynamique des nappes en fonction des modes d'exploitation et des caractéristiques de la nappe, la pompe sera immergée à 42 m comme prévu dans la fiche de réception du forage (soit une sécurité de 10 m).

La pompe sera en matière inoxydable, elle aura plusieurs étages et en tête un clapet de non retour. Les caractéristiques les plus importantes de la pompe immergée et des tubes d'exhaure (colonne montante) sont présentés dans le tableau suivant :

Forage (IRH)	TN (m)	Niveau statique (m)	Niveau dynamique (m)	DN tubage (pouce)	Rabattement (m)	Qexp (l/s)	HMT (m)	Puissance moteur (kw)	Immersion Pompe (m)	Tube exhaure (m)
9624/5	374.10	27.5	31.73	9 5/8	4.23	2.50	82.00	3.90	42.00	40

Equipement hydraulique

La colonne montante sera en éléments de 3 m, en acier galvanisé à bride gabarit de perçage GN10. Pour assurer une charge et une vitesse suffisante la colonne montante aura un diamètre DN 60. Le diamètre du tubage de 9 5/8 laisse aisément passer les brides du tubage de 6 pouces.

4.2.2. Local de pompage

Un abri station en très bon état est construit au dessus de la tête du forage. Il a les dimensions suivantes : longueur = 5.10 m, largeur = 4.0 m.

Avant l'électrification de la station de pompage, cette chambre abritait un groupe électrogène.

Cet abri sera être aménagé par son partage en deux chambres :

- une première chambre de commande,
- une deuxième chambre de chloration.

L'opération d'aménagement de la chambre existante consiste à construire un mur de séparation qui fait cloison entre les deux chambres en plus de la prévision d'une porte d'entrée indépendante pour la nouvelle station de javellisation.

Le local de pompage existant doit abriter les appareils de contrôle et de comptage des équipements hydrauliques, l'armoire de commande du forage et un dispositif de chloration avec une aire de stockage d'eau de javel.

Un nouveau local sera construit pour le GIC qui aura à gérer le projet.

4.3. Le refoulement

4.3.1. Débit d'équipement de la station de pompage

La consommations de pointe journalière en 2017 est de 128.94 m³/jour. La consommation annuelle moyenne est égale à 31374 m³/an.

Etant donné que la station de pompage sera électrifiée et équipée par un groupe électropompe immergé, le débit de refoulement est pris égal à 1,5 fois le débit fictif continu (pour 16 heures de pompage).

Le débit fictif aux mois de pointe (juillet et août) pour 16 heures de pompage par jour est calculé cf. tableau suivant :

- Besoin de pointe journalière (m³) : 134.12
- Débit fictif continu pour 24 heures de pompage (l/s) : 1.55
- Débit d'équipement pour 16 heures de pompage (l/s) : 2.33
- Débit d'équipement retenu (l/s) : 2.50

4.3.2. Conduite de refoulement

Le choix du diamètre économique de la conduite de refoulement est déterminé par la formule de Bresse qui s'écrit $D = 47,23 \times Q^{1/2}$

avec :

- Q en l/s
- D en mm

Les calculs donnent un diamètre de 74.68 mm. Le diamètre le plus proche et qui sera adopté pour la conduite de refoulement est le 90/76.8. La vitesse d'écoulement dans la conduite de diamètre 90 est de 0.54 m/s.

La conduite de refoulement a les caractéristiques suivantes :

- Nature : PEhd
- Diamètre (mm) : 90
- Longueur (m) : 2516.4
- Classe de pression (bar) : 10

4.3.3. Calcul de la hauteur manométrique totale « HMT »

$$\text{HMT} = \text{CA}_R - \text{CTN}_{\text{SP}} + \text{NS} + \text{R} + \Delta\text{H1} + \Delta\text{H2}$$

Avec :

- CA_R (m) : Côte arrivée au réservoir = Côte TN réservoir + 15 m (hauteur) + 3 m
- CTN_{SP} (m) : Côte TN station de pompage au forage
- NS (m) : Niveau statique
- R (m) : Rabattement
- ΔH1 (m) : Perte de charge dans la conduite de refoulement
- ΔH2 (m) : Perte de charge dans la station (fixée à 3 m)

La conduite de refoulement a une longueur totale de **2516.4 m**.

a) Calcul des pertes de charge

Désignation	Valeur
Nature	PEhd
Diamètre de la conduite (mm)	90
Classe de la conduite (bar)	PN 10
Débit de refoulement (l/s)	2.50
Vitesse dans la conduite (m/s)	6.78
Pertes de charges linéaires (m/km)	0.54
Longueur de la conduite (m)	2.52
Perte de charge refoulement ΔH1 (m)	17.05

b) Calcul de la HMT

Désignation	Unité	DE90 PN 10
Débit d'exploitation	l/s	2.50
Niveau statique	m	-27.50
Rabattement correspondant	m	4.23
Côte du forage	m	374.10
Côte TN réservoir	m	386.33
Côte arrivée au réservoir	m	404.33
Hauteur géométrique de refoulement	m	30.23
Pertes de charge refoulement	m	17.05
Autres pertes de charge	m	3.00
HMT	m	82.01
HMT retenue	m	82.00
Côte piézométrique /TN forage	m	40.01

4.3.4. Protection contre le coup de bélier

Les enveloppes des surpressions et des dépressions résultant d'un arrêt ou d'un démarrage du groupe électropompe au niveau de la station de pompage sont présentées en annexe. Les tests de simulation montrent qu'aucune protection anti bélier n'est nécessaire.

4.4. Dimensionnement du réseau de distribution

4.4.1. Paramètres de dimensionnement

a) Vitesse, rugosité, pression résiduelle

- Vitesse : $0,4 \leq v \leq 1,2$ m/s
- Rugosité : $k = 0,5$ mm
- Pression résiduelle minimale au point de distribution : 1 bar

b) Pertes de charge dans les conduites

Les pertes de charges linéaires sont calculées par la formule de Colebrook, avec $k = 0.4$ (logiciel OPTIMI) et $C = 120$ par la formule de Hazen Williams (logiciel LOOP). Les pertes de charges singulières sont incluses dans les pertes de charges linéaires.

c) Débits à distribuer

Pour le calcul hydraulique du réseau de distribution on adoptera les débits unitaires suivants :

- Borne fontaine : 0,5 l/s
- Potence : 2,0 l/s
- Branchement particulier pour école, centre de santé de base, mosquée. : 0,5 l/s

Les débits à distribuer se présentent comme suit :

Localités	Besoin de pointe (l/s) (2017)	Débit affecté (l/s)	N° point d'eau
1. Population et cheptel			
Ouled Othman (Bettaieb)	0.18	0.50	BF1
Ouled Othman (El Ourabi)	0.31	0.50	BF2
El Ghmaïmia 1	0.21	0.50	BF3
El Ghmaïmia 2	0.22	0.50	BF13
Thleijja (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	0.20	0.50	BF4
Thleijja (Ecole)	0.27	0.50	BF5
Thleijja (Ouled Laâter)	0.31	0.50	BF6
Thleijja (Ouled Fraj)	0.28	0.50	BF7
Ouled Nasr	0.09	0.50	BF8
Ouled Ahmed	0.11	0.50	BF9
Ouled Massaoud	0.18	0.50	BF10 et BF 14
Ouled Mahmoud	0.15	0.50	BF11
Ouled Ammar	0.18	0.50	BF12
Sous Total 1	2.69	7.00	14 BF

Localités	Besoin de pointe (l/s) (2017)	Débit affecté (l/s)	N° point d'eau
2. Etablissements collectifs			
Ecole Henchir Lafrah			Raccord
Ecole Thleijia			Raccord
Mosquée Henchir Lafrah			Raccord
Sous Total 2		1.50	1 Pot
Total	2.69	8.50	14 BF + 3 Racd

4.4.2. Optimisation du réseau de distribution

Des réseaux de conduites sous pression serviront à délivrer l'eau au niveau des points d'eau. Les conduites seront en polyéthylène haute densité (PEhd) de la classe 10 bars pour l'ensemble des diamètres extérieurs compris entre 63 et 200 mm.

L'optimisation de dimensionnement des réseaux de distribution a été faite au moyen du logiciel "OPTIMI" de LEBDI. F, basé sur la méthode discontinue de Labye pour l'optimisation des réseaux ramifiés. Les diamètres des conduites obtenus ont été ensuite recalculés au moyen du logiciel LOOP.

4.4.2.1. Formules de dimensionnement

Le dimensionnement du réseau a été fait sur la base de formules suivantes :

a) Formule de Colebrook utilisée par le logiciel « OPTIMI »

Elle s'écrit sous la forme :

$$J = \lambda V^2 / 2 g D$$

avec :

- J : perte de charge par mètre de conduite
- V : vitesse de l'eau en mètre par seconde
- g : accélération de la pesanteur = 9.81 m/s²
- D : diamètre de la conduite en mètre
- λ : coefficient tiré de l'expression suivante :

$$1/\lambda = -2 \log (K/3.7 D) + 2.5/VD\lambda/\mu$$

avec :

- K : épaisseur de la paroi en mètre = 0,4 mm
- μ : viscosité cinématique de l'eau en m²/s (1.24 * 10⁻⁶ à 12°C)
- λ : Coefficient de perte de charge

b) Formule de Williams et Hazen utilisée par le logiciel « LOOP »

Elle s'écrit :

$$J = 6.815 (V/C_{wh})^{1.852} D^{-1.167}$$

avec :

- J : perte de charge par mètre de conduite
- V : vitesse de l'eau en mètre par seconde
- C_{wh}: Coefficient de Williams et Hazen =120
- D : diamètre de la conduite en mètre

Les données de base qui ont servi au dimensionnement des réseaux sont :

4.4.2.2. Diamètres adoptés

Les conduites en polyéthylène haute densité (pour eau potable) adoptées sont de la classe PN 10. Elles ont les dimensions suivantes :

Conduites de la classe PN 10

Diamètre extérieur (mm)	63	75	90	110	125	160	200
Diamètre intérieur (mm)	53.6	64.0	76.8	93.8	106.6	136.4	170.6

4.4.2.3. Charge en tête du réseau

Le réseau de distribution est alimenté à partir du château d'eau projeté de 50 m³. La numérotation a été faite pour l'ensemble des nœuds comme suit :

Points d'eau	N° du nœud
château d'eau	9999
BF1	1
BF2	2
BF3	3
BF4	4
BF5	5
BF6	6
BF7	7
BF8	8
BF9	9
BF10	10
BF11	11
BF12	12
BF13	13
BF14	14
Ecole Henchir Lafrah	20
Mosquée Henchir Lafrah	30
Ecole Thlejija	40

Les numéros suivants ont été donnés aux nœuds d'intersection : 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 et 800.

Le schémas de numérotation des nœuds et des tronçons et les résultats d'optimisation du réseau de distribution sont donnés dans les pages suivantes.

Sur le tracé en plan du réseau, sont indiqués les nœuds, les diamètres et longueurs des tronçons et les pressions résiduelles aux points de distribution.

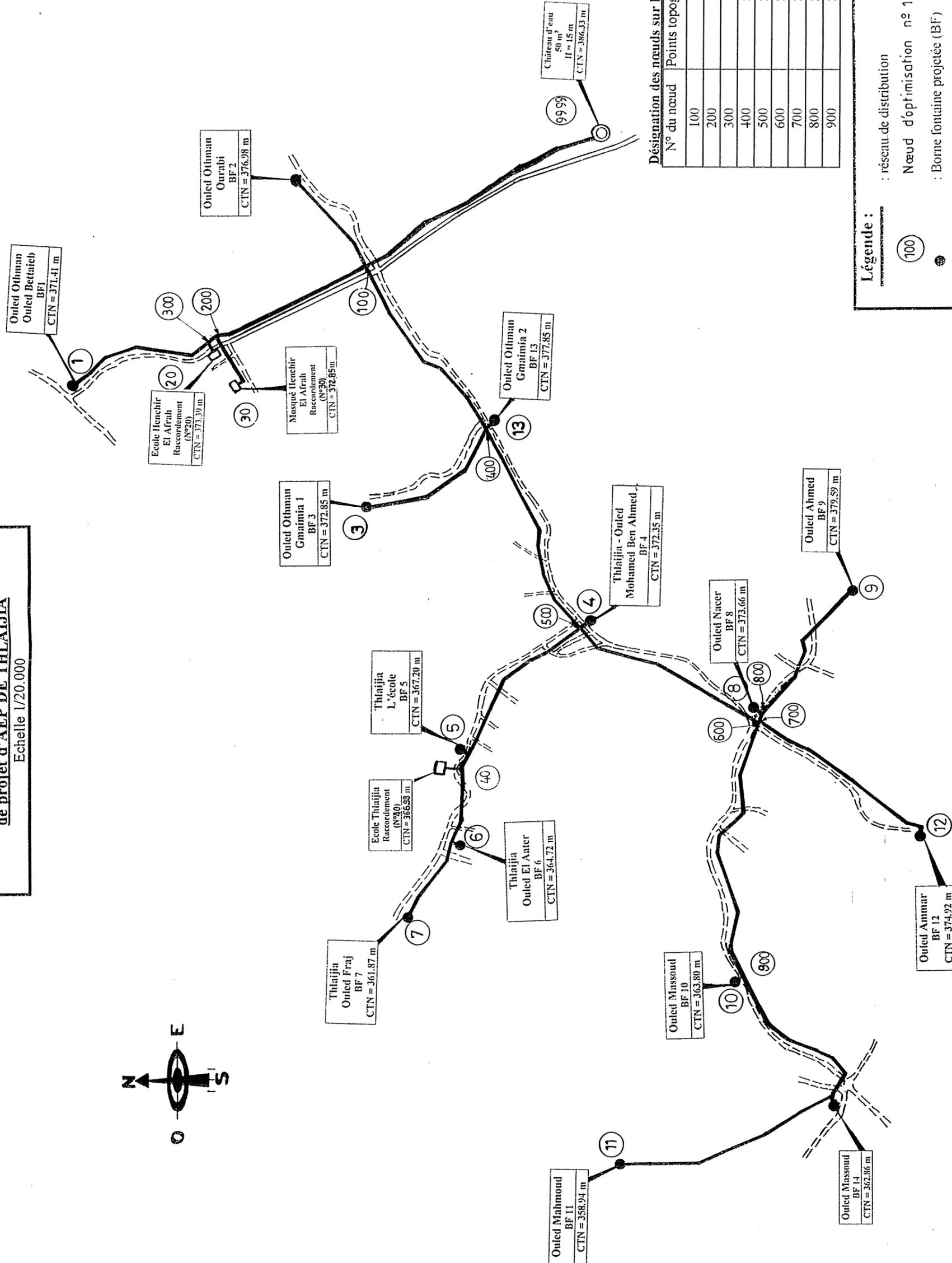
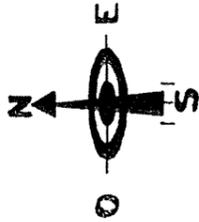
4.4.3. Conduites de distribution

Les calculs d'optimisation des réseaux de distribution sont donnés en annexe 1.

4.4.3.1. Récapitulatif des diamètres des réseaux de distribution

Désignation des fournitures de conduites	Total
DE 63 en PEhd, PN 10	6579.45
DE 75 en PEhd, PN 10	2690.11
DE 90 en PEhd, PN 10	980.58
DE 110 en PEhd, PN 10	1034.62
DE 160 en PEhd, PN 10	3553.56
Total	14838.32

**Schéma d'optimisation du réseau de distribution
de projet d'AEP DE THLAJJA**
Echelle 1/20.000



Désignation des nœuds sur les profils en long

N° du nœud	Points topographiques
100	S4
200	S2
300	S1
400	S23
500	S31
600	S34
700	S62
800	S63
900	S+1

Légende :

- : réseau de distribution
- : Nœud d'optimisation n° 100
- : Borne fontaine projetée (BF)

Château d'eau
50 m³
H = 15 m
CTN = 386,33 m

Ouled Othman
Ourabi
BF 2
CTN = 376,98 m

Ouled Othman
Ouled Bettateh
BF 1
CTN = 371,41 m

Ecole Henchir
El Afrach
Raccordement
(N°24)
CTN = 373,39 m

Mosquée Henchir
El Afrach
Raccordement
(N°30)
CTN = 372,85 m

Ouled Othman
Gmatimia 2
BF 13
CTN = 377,85 m

Ouled Othman
Gmatimia 1
BF 3
CTN = 372,85 m

Thlajja - Ouled
Mohamed Ben Ahmed
BF 4
CTN = 372,35 m

Ouled Ahmed
BF 9
CTN = 379,59 m

Thlajja
L'école
BF 5
CTN = 367,20 m

Ouled Nacer
BF 8
CTN = 373,66 m

Ecole Thlajja
Raccordement
(N°24)
CTN = 366,58 m

Thlajja
Ouled El Aater
BF 6
CTN = 364,72 m

Ouled Ammar
BF 12
CTN = 374,92 m

Thlajja
Ouled Fraj
BF 7
CTN = 361,87 m

Ouled Massoud
BF 10
CTN = 363,80 m

Ouled Mahmoud
BF 11
CTN = 358,94 m

Ouled Massoud
BF 14
CTN = 362,86 m

Les vitesses dans les canalisations sont comprises entre 0.22 et 0.55 m/s. Les vitesses inférieures à la vitesse minimale de 0,4 m/s, imposée pour le calcul du diamètre des conduites, sont dues au diamètre minimal imposé DE 63 mm au niveau de tous les points de distribution.

4.4.3.2. Pressions garanties aux points d'eau

En heure de pointe, les pressions garanties au niveau des différents points d'eau sont données dans le tableau suivant :

Localités	N° point d'eau	Pression garantie (m)
1. Population et cheptel		
Ouled Othman (Bettaieb)	BF1	18.73
Ouled Othman (El Ourabi)	BF2	18.80
El Ghmaïmia 1	BF3	20.09
El Ghmaïmia 2	BF13	16.43
Thleijja (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	BF4	19.59
Thleijja (Ecole)	BF5	21.52
Thleijja (Ouled Laâter)	BF6	22.70
Thleijja (Ouled Fraj)	BF7	24.81
Ouled Nasr	BF8	15.20
Ouled Ahmed	BF9	7.83
Ouled Massaoud 1	BF10	16.95
Ouled Massaoud 2	BF14	12.21
Ouled Mahmoud	BF11	15.89
Ouled Ammar	BF12	17.51
2. Etablissements collectifs		
Ecole Henchir Lafrah	Raccord	18.07
Ecole Thleijja	Raccord	21.57
Mosquée Henchir Lafrah	Raccord	17.39

4.5. Points de distribution

Suite aux enquêtes socio - économiques, à la sensibilisation et à la concertation avec la population, les points de distribution d'eau ont été localisés en tenant compte des critères sociologiques et techniques suivants :

- l'aspect d'appartenance à des groupes de parenté,
- l'aspect de voisinage des familles,
- l'état de dispersion de l'habitat,
- le choix de la population,
- les rapports intergroupes (conflits, entraide et solidarité),
- facilité d'accès,
- éloignement par rapport à l'antenne principale,
- éloignement des différentes habitations par rapport au point d'eau, qui peut aller de 500 m (pour le BF) à 1000 m (pour les potences) au maximum des usagers.

Les points d'eau ont été réparties de la manière suivante :

Localités	Nombre de familles	Effectif population	N° point d'eau
1. Population et cheptel			
Ouled Othman (Bettaieb)	16	90	BF1
Ouled Othman (El Ourabi)	30	159	BF2
El Ghmaïmia 1	20	114	BF3
El Ghmaïmia 2	19	105	BF13
Thleijja (Ouled Mohamed Ben Ahmed)	17	99	BF4
Thleijja (Ecole)	36	206	BF5
Thleijja (Ouled Laâter)	31	155	BF6
Thleijja (Ouled Fraj)	24	142	BF7
Ouled Nasr	10	52	BF8
Ouled Ahmed	10	56	BF9
Ouled Massaoud	21	107	BF10 et BF14
Ouled Mahmoud	20	98	BF11
Ouled Ammar	19	109	BF12
Sous Total 1	273	1492	14
2. Etablissements collectifs			
Ecole Henchir Lafrah			Raccord
Ecole Thleijja			Raccord
Mosquée Henchir Lafrah			Raccord
Sous Total 2			3
Total			17

Cette affectation des points d'eau a été discutée au cours de l'opération de sensibilisation et de concertation avec la population (premier et deuxième passage de sensibilisation effectués en présence des deux omdats de Abdessadok et Jadida).

La conception du tracé du réseau de distribution et l'affectation des points d'eau (après ces deux passages de sensibilisation) ont été discutées avec les techniciens du CRDA de Gafsa et l'équipe d'étude JICA et acceptée par tous les assistants.

4.6. Réservoir de stockage

a) Volume du réservoir de stockage

Le volume de stockage du réservoir projeté sera déterminé de la manière suivante :

- 50 % des besoins moyens journaliers de l'année de l'horizon 2017
- 25 % des besoins de pointe journalière de l'année de l'horizon 2017

Les besoins moyens journaliers et de la pointe journalière de l'an 2017 se présentent comme suit :

- Moyens journaliers (m³) : 89.41
- De pointe journalière (m³) : 134.12

En appliquant les critères de choix du volume du réservoir, on aura :

- 50 % des besoins moyens journaliers (m³) : 44.71
- 25 % des besoins de pointe journalière (m³) : 33.53
- Volume de stockage du réservoir retenu (m³) : 50.00

Le nouveau réservoir projeté doit avoir un volume au moins égal à 44.71 \cong 50 m³.

b) Type du réservoir

Le nouveau réservoir de Thleijia sera sur tour de forme circulaire et ayant une tranche d'eau d'environ 2.5 m.

c) Implantation et calage du réservoir

Pour assurer une desserte gravitaire de l'ensemble des points d'eau, tout en maintenant une charge minimale de 10 m sur l'ensemble des points de distribution, le nouveau château d'eau est calé à la côte TN 386.33 m à côté de la route goudronnée reliant Henchir Lafrah à la route n°14 (Gafsa – Sened).

Les caractéristiques de calage du réservoir se présentent comme suit :

Désignation	Réservoir 50 m ³
Type	Château d'eau
Hauteur (m)	15.00
Côte terrain naturel (m NGT)	386.33
Côte radier (m NGT)	401.33
Côte axe départ distribution (m NGT)	401.63
PHE (m NGT)	403.83
Côte arrivée (m NGT)	404.33

4.7. Equipements et installations électriques

4.7.1. Calcul de la puissance du GEP

Pour les besoins de sécurité de pompage, la station de pompage sera équipée par un groupe électro-pompe immergé qui présente les avantages suivants :

- une sécurité élevée de fonctionnement économique du fait de son bon rendement général
- aucune difficulté d'aspiration (puisque installé au-dessous du niveau d'eau)

La puissance absorbée est donnée par la formule suivante :

$$P_{abs} = Q \times HMT / (102 \times 3.6 \times \eta_p \times \eta_m)$$

- P_{abs} : Puissance absorbée en kW
 Q : Débit en m³/h
 HMT : Hauteur manométrique totale en m
 η_p : Rendement de la pompe (67%)
 η_m : Rendement du moteur (77%)

Le calcul de la puissance du GEP à installer (en fonction du diamètre à adopter) donne les résultats suivants :

Désignation	Unité	DE 90 PN 10
Débit de refoulement	l/s	2.50
HMT retenue	m	82.00
Puissance	kw	3.90
Puissance calculée du transformateur	kva	7.8
Puissance retenue du transformateur	kva	16
Type de pompe		immergée
Volume annuel de pompage	m ³	14261
Durée annuelle de pompage	heures	1585
Energie annuelle de pompage	kwh	6173
Prix moyen du kwh	Dinars	0.044
Frais annuels d'énergie de pompage	Dinars	273.214
Prix de revient du m ³ d'eau	Dinars	0.0192

Les calculs de puissances et l'examen des catalogues des fournisseurs de pompes de mêmes caractéristiques montrent qu'il faut du courant triphasé pour le fonctionnement de la pompe.

4.7.2. Alimentation électrique

La station de pompage au forage déjà raccordée au réseau électrique de la STEG à travers un transformateur de $25 \times 3 = 75$ KVA et sera équipée par un nouveau groupe électropompe de caractéristiques ($Q = 2.50$ l/s et $HMT = 82.00$ m)

Courant nominal

Courant nominal calculé en triphasé 380 V, avec $\cos \varphi = 0,80$

$$I(A) = 1000 * P (kW) / (380 \text{ v} \times 0,80 \times \text{racine}3)$$

Désignation	Valeur
Débit (l/s)	2.50
HMT (m)	82.00
P(kW)	3.90
U (v)	380
Cos phi	0.80
I (A)	7.40

Correction de la puissance

Désignation	Valeur
Débit (l/s)	2.50
HMT (m)	82.00
Puissance électropompe (kW)	3.90
Performances de pompe proche à ce projet livrées par une électropompe immergée de	NF95-DA/24
Puissance (kW)	4.00
Courant nominal (A)	9.80
Intensité courant à adopter (A)	9.80

4.7.3. Transformateur

Puissance apparente de l'électropompe : S₁

$$S_1 \text{ (VA)} = I \text{ (A)} \times U \text{ (380V)} \times 1.732$$

$$S_1' \text{ (VA)} = P \text{ (w)} / \cos \phi$$

Puissance apparente à adopter = Sup S₁ et S₁'.

Désignation	Valeur
I (A)	9.80
U (V)	380
S ₁ (kvA)	6.45
P (kW)	3.90
Cos phi = 0,88	0.88
S ₁ ' (kvA)	4.43
Puissance apparente à adopter (kvA)	6.45
Puissance apparente arrondie à adopter (kvA)	10.00

Puissance totale :

- Puissance de l'électropompe : S₁

- Puissance de l'éclairage et des prises

$$S_2 = 10 \text{ A} \times 220 \text{ V} = 2200 \text{ VA} = 2.2 \text{ kvA}$$

Désignation	Valeur
Puissance de l'électropompe : S ₁ (kvA)	10.00
Puissance de l'éclairage et des prises de la station : S ₂ (kvA)	2.20
U (V)	220
I (A)	10

Puissance totale à installer

$$S = S_1 + S_2 = 10 + 2,2 = 12.2 \text{ kvA}$$

Désignation	Valeur
Puissance de l'électropompe : S ₁ (kvA)	10.00
Puissance de l'éclairage et des prises de la station : S ₂ (kvA)	2.20
Puissance totale à installer S = S ₁ + S ₂ (kvA)	12.20

Alimentation énergétique

Le raccordement de la station au réseau de la STEG triphasé est programmé dans le cadre du projet.

Désignation	Valeur
Courant absorbé par l'électropompe (A)	9.80
Courant pour l'éclairage (et prises) (A)	10.00
Courant total (A)	19.80
Intensité courant à adopter (A)	20

Transformateur à installer

On opte pour un branchement STEG MT triphasé à partir d'un transformateur.

La puissance apparente totale installée est égale à S (kvA) x 1.2.

Désignation	Valeur
Puissance apparente totale installée (kvA)	14.64
Puissance du transformateur à installer (kvA)	25

La puissance nécessaire du transformateur serait de 25 kvA

5. MEMOIRE DESCRIPTIF

5.1. Généralité

Les travaux pour l'ensemble du projet peuvent être répartis en 2 lots comme suit :

Lot 1 : Fourniture et pose de canalisation et accessoires et travaux de génie civil

* Fourniture et transport de 18232 ml de tuyaux en polyéthylène haute densité PN 10 répartis comme suit :

Désignation des fournitures de conduites	Refoulement	Distribution	Total
DE 63 en PEhd, PN 10		6200.00	6200.00
DE 75 en PEhd, PN 10		3600.00	3600.00
DE 90 en PEhd, PN 10	2600.00	1000.00	3600.00
DE 110 en PEhd, PN 10		1100.00	1100.00
DE 160 en PEhd, PN 10		3732.00	3732.00
Total	2600.00	15632.00	18232.00

* Pose de 17378 ml de tuyaux en polyéthylène haute densité PN 10 répartis comme suit :

Désignation des fournitures de conduites	Refoulement	Distribution	Total
DE 63 en PEhd, PN 10		5891.16	5891.16
DE 75 en PEhd, PN 10		3401.76	3401.76
DE 90 en PEhd, PN 10	2516.40	980.58	3496.98
DE 110 en PEhd, PN 10		1034.62	1034.62
DE 160 en PEhd, PN 10		3553.56	3553.56
Total	2516.40	14861.68	17378.08

* Construction et équipement de : un château d'eau de hauteur 15 m et volume 50 m³, un local pour le GIC et les regards et ouvrages de distribution (14 bornes fontaines, 3 branchements collectifs, 2 sectionnements, 7 ventouses et 3 vidanges).

Lot 2 : Equipement électromécanique et électrique

* Equipement de la station de pompage :

- Acquisition et montage du groupe électropompe type immergé
Q = 2.50 l/s, HMT = 82.00 m.
- Ligne hydraulique et réseau d'eau de service
- Poste de chloration électrique

5.2. Point d'eau

5.2.1. Local du GIC, de commande et de chloration

Le local de pompage existant sera divisé en deux chambres : une pour le tableau de commande et les pièces de rechange et la deuxième pour l'installation de la pompe doseuse.

Un nouveau local pour les réunions du GIC sera construit ou bien à côté du local de pompage existant soit dans le village de Henchir Lafrah à côté de l'école primaire.

Le local sera constitué d'une fondation filante, un radier isolé en béton armé, des murs extérieurs en briques creuses de 20 cm avec ossature en béton armé, revêtu d'enduit.

Le sol sera revêtu d'une chape en ciment bouchardée. La porte sera en acier galvanisé de 90 cm x 210 cm et la fenêtre sera de dimensions 90 x 120 cm.

La toiture en béton armé avec forme de pente sera couverte d'une étanchéité multicouche avec feuille de couverture en aluminium.

L'installation électrique d'éclairage comprendra :

Désignation	Nombre
Lampe fluorescente de 60 W au plafond	1
Prise électrique	1
Hublot étanche de 60 W (à installer à l'extérieur et en face d'entrée au local) commandé par une prise située à l'intérieur	1

5.2.2. Equipement hydraulique

L'équipement hydraulique est composé des pièces suivantes (énumération en direction de l'écoulement : compteur d'eau avec possibilité de démontage, clapet de non retour, ventouse, manomètre, pièces de prise d'eau de service, injection de l'eau de Javel, vidange, robinet vanne. La longueur totale des pièces ne dépasse pas l'espace du local.

Les conduites placées à l'intérieur des bâtiments ainsi que leurs connexions aux conduites enterrées seront en fonte ductile bridée.

Le diamètre de toute la ligne de refoulement est le même que celui de la colonne montante (DN 60 mm). Un cône bridé DN 60/80 sera installé à la fin de la ligne de refoulement pour le raccordement à la conduite de refoulement en PEhd de diamètre DE 90.

5.2.3. Equipement électromécanique et de commande du point d'eau

a) Equipement électromécanique

Le forage sera équipé par un GEP immergé conformément à la normalisation du CRDA. Les équipements hydromécaniques nécessaires sont donnés en annexe 2 relatif au métré.

Les caractéristiques du GEP sont comme suit :

Désignation	Station de pompage
Débit (l/s)	2.50
HMT (m)	82.00

Le groupe immergé sera en bronze sans zinc ou en inox, avec axe et roues en inox et doté d'un clapet de tête.

b) Commande du point d'eau

Deux modes de fonctionnement de la pompe seront prévus au niveau de la station de pompage : le mode manuel et le mode automatique. En mode automatique, l'enclenchement de la pompe est commandé à partir du niveau des plus basses eaux (PBE) au réservoir alors que son déclenchement est commandé à partir du réservoir plein (PHE).

La distance entre la station de pompage et le réservoir de stockage est 2516 ml. Cette distance est jugée assez longue et la régulation manostatique est la mieux appropriée pour la régulation du fonctionnement de la station. Cette régulation manostatique est assurée par le contrôle de la pression dans la conduite de refoulement.

Station de pompage sur forage

Le démarrage du groupe électropompe sur forage sera réalisé par un interrupteur horaire réglable installé dans la station de pompage sur forage.

L'arrêt du groupe électropompe sur forage sera effectué automatiquement par un manostat (Φ 16 cm à 2 seuils réglables), installé au niveau de la ligne de refoulement dans la station de pompage sur forage. Quand le niveau d'eau atteint le niveau des plus hautes eaux PHE au réservoir, le robinet à flotteur se ferme. L'augmentation de pression dans la conduite de refoulement (due à la fermeture du robinet à flotteur) est alors détectée par le manostat qui entraîne l'arrêt automatique de la pompe. Le manostat doit arrêter la pompe même en marche manuelle (dans le cas où le réservoir est plein).

Le manostat doit arrêter la pompe quand la pression atteint la pression au niveau du point de fonctionnement de la pompe + 5 m.

L'installation d'une horloge à démarrage horaire au niveau de la station de pompage permettra de faire fonctionner la station de pompage automatiquement toutes les heures afin d'éliminer tous risques de vidange du réservoir si le système de régulation par manostat tombe en panne.

Les protections de la station de pompage contre les défauts de tension, les surcharges thermiques, les défauts d'isolement et contre la marche à sec de la pompe seront assurés en mode manuel et automatique.

La régulation doit tenir compte du fait que le moteur électrique est du type "régime continu" et non intermittent. Il faut, par conséquent, que le nombre de démarrages ne dépasse pas 15 fois par heure.

Les états de fonctionnement normal ou d'avarie seront contrôlés et signalés à l'armoire électrique par signalisation visuelle et sonore. L'alarme sonore n'interviendra qu'en cas de défaut.

Réservoir de stockage

Il sera équipé d'un robinet à flotteur et d'un by-pass de retour entre les deux conduites de :

- refoulement station de pompage – réservoir
- conduite de distribution à partir du réservoir.

Le contrôle du niveau d'eau dans le réservoir sera assuré par un pressostat et un interrupteur horaire réglable.

Pendant le jour de pointe, la durée théorique de pompage quotidien sera égale à : Consommation de pointe journalière (m³) / Débit d'équipement (m³/h)

Les calculs pour une pompe de débit 2.5 l/s donne les résultats suivants :

	Année de démarrage (2002)	Année horizon (2017)
Consommation de pointe journalière (m ³)	97.68	134.12
Débit d'équipement		
(l/s)	2.50	
(m ³ /h)	9.00	
Durée théorique de pompage quotidien (h)	10 h 51 min	14 h 54 min

Pour un meilleur suivi de l'exploitation, des compteurs seront installés :

- sur la conduite de refoulement à la sortie de la station de pompage,
- à la sortie du réservoir,
- aux points de distribution.

Ces dispositifs de comptage vont permettre de :

- déterminer les volumes consommés aux différents points de distribution,
- déceler les éventuelles avaries (grandes pertes dues à des fuites dans les réseaux).

5.2.4. Désinfection

Une pompe doseuse électrique doit injecter une solution de chlore dans la conduite de refoulement sous pression, liée dans son fonctionnement à celui du groupe de pompage d'eau.

La pompe doseuse sera réglée sur un débit permettant de désinfecter le débit d'équipement à concurrence de 0,8 mg par litre de chlore libre. Ce débit d'équipement est égal à :

Débit d'équipement	Valeur
(l/s)	2.50
(m ³ /h)	9.00
(m ³ /jour)	144.00

Un bac de préparation avec une solution 1/15 d'eau de Javel 12° (dosé à 38,52 g/l) et un pompage de pointe permettra une autonomie du poste de chloration. Les détails de calculs relatifs au volume du bac de préparation, à la durée d'autonomie du poste de chloration ainsi qu'au débit de la pompe doseuse sont donnés dans le tableau suivant :

Désignation	Valeur	
Consommation moyenne journalière en pointe	(m ³ /jour)	97.68
	(m ³ /heure)	6.11
Débit de pompage en pointe	(l/s)	2.5
	(m ³ /h)	9.0
	(m ³ /jour)	144.0
Nombre d'heures moyennes de pompage en pointe (h)	10.85	
Volume bac de préparation avec solution eau 1/15 d'eau de Javel 12 ° dosé à 38.32 g/l (litres)	60	
Nombre de litres d'eau de Javel	4.0	
Volume désinfecté (m ³)	193	
Autonomie du poste de chloration (jours)	1.97	
Débit pompe doseuse (l/h)	2.80	

La pompe doseuse aura les caractéristiques suivantes :

- Débit (l/h) : 3.0
- Pression maximale (bar) : 15

Le poste de chloration doit comprendre principalement un bac de préparation de la solution de chlore et les accessoires de raccordement et de protection (tuyaux d'aspiration et de refoulement, filtre, sonde, marche à sec, ...) et le coffret de commande et de protection.

Le poste de chloration électrique sera composé principalement de :

- une pompe doseuse à piston et membrane pour une pression maximale de 15 bars, débit réglable entre 0-100%, avec moteur électrique pour 220/380 v, 50 Hz et une protection IP54. - 1 dispositif anti-pulsatoire
- une valve de décharge
- un bac de préparation en matière plastique rigide et translucide de 60 litres (3 x 20 litres) résistant aux chocs et aux effets de chlore, muni d'un couvercle, d'un orifice d'aspiration, d'une graduation volumétrique, d'un mélangeur et d'un robinet de vidange. Ce dernier doit être suffisamment grand pour faire passer les résidus décantés de la solution. Il doit être également situé au point le plus bas du bac.
- l'ensemble de la tuyauterie de dosage et d'aspiration en matière plastique, à joints démontables, avec crépine d'aspiration et sonde de niveau, robinetterie et raccords jusqu'au point d'injection.
- canne d'injection démontable avec clapet anti-retour à bille et anti-siphon
- tuyauterie et robinetterie d'alimentation en eau, raccordés au réseau interne
- les câbles électriques entre la pompe (force), le bac de préparation (protection marche à sec) et l'armoire de commande
- toute pièce de fixation de la pompe du bac, de la tuyauterie et des câbles

5.2.5. Alimentation électrique

La station de pompage au forage est actuellement équipée à partir de la ligne MT STEG par 3 unités de transformateur de 3 x 25 = 75 kva installés sur 2 pylônes. En supposant que ce transformateur servira à la nouvelle station de pompage d'irrigation à installer au nouveau forage, il va falloir

acquérir un nouveau transformateur de 25 kva pour le fonctionnement de la station de pompage pour eau potable.

L'alimentation en électricité devra satisfaire les besoins nominaux ainsi que ceux pour le démarrage de la pompe, sans perturber le fonctionnement des autres appareils électriques. Une chute de tension de 15 % maximum est admise lors du démarrage.

Désignation	Station au forage
Puissance du transformateur installé (kva)	25
Intensité courant à adopter (A)	20

5.2.6. Armoire de commande et fonctionnement

Le forage sera équipé par un nouveau GEP adéquat. Des départs sont prévus pour :

- la pompe immergée,
- l'éclairage et les prises de courant.

En outre, l'armoire de commande sera équipée de compteur horaire pour la pompe, d'une horloge et d'une prise de force.

L'armoire sera reliée à une prise de terre en barre ou en piquet, à exécuter à l'extérieur du bâtiment ou par ceinture sous les fondations.

Commande

Au niveau de la station, le fonctionnement de la pompe et des autres appareils est commandé à partir de l'armoire de commande selon le schéma suivant :

* Pompe immergée

- choix marche manuel / automatique : .par commutateur à 3 positions (M – O – A)
- marche / arrêt manuel : .par boutons poussoirs
- marche / arrêt manuel : .par manostat et horloge
- arrêt de protection : .par sonde de niveau en cas de marche à sec de la pompe
.par relais thermique en cas de surtension
.par appareil de contrôle de tension

* Signalisation

Les états de fonctionnement de la pompe, ainsi que les défauts susceptibles d'apparaître et la présence de tension seront signalés par voyant lumineux sur l'armoire de commande.

5.3. Stockage de l'eau (réservoir)

Pour assurer une desserte gravitaire de l'ensemble des points d'eau, tout en maintenant une charge minimale de 10 m sur l'ensemble des points de distribution, le nouveau château d'eau est calé à la côte TN 386.33 m à côté de la route goudronnée reliant Henchir Lafrah à la route n°14 (Gafsa – Sened).

Les caractéristiques de calage du réservoir se présentent comme suit :

Désignation	Réservoir
Type	Château d'eau
Hauteur (m)	15.00
Côte terrain naturel (m)	386.33
Côte trop plein (m)	403.83
Volume utile (m ³)	50
Conduite d'arrivée, robinet vanne et robinet à flotteur	DN 80
Conduite de départ avec crépine, robinet vanne	DN 150
Compteur	DN 80
Trop plein	DN 150
By-pass	DN 60
Vidange	DN 80

Le réservoir sera équipé par un by-pass entre arrivée et départ un clapet bridé (sens de l'écoulement vers l'arrivée) et robinet de sectionnement. Le clapet doit être ouvert avant son montage et son battant sera percé d'un trou de ϕ 5 mm.

Le by-pass sera en outre muni d'une ventouse entre le robinet vanne et le clapet de non-retour; cette ventouse (située en un point haut par rapport aux réseaux de refoulement et de distribution) est nécessaire pour l'évacuation de l'air susceptible de s'accumuler dans le by-pass dans le cas où l'on aurait besoin de court-circuiter le réservoir sur piliers (pour des besoins d'entretien ou de réparation). Cette opération de refoulement – distribution, nécessite l'enlèvement du battant du clapet pour le rendre en manchette. Après les opérations d'entretien, le battant est remis à sa place.

L'évacuation des eaux de la conduite de trop plein et de vidange doit déboucher dans l'exutoire le plus proche de façon à ce que le terrain ne soit pas endommagé par ces eaux à évacuer. L'extrémité de la conduite de vidange sera fermée d'un clapet anti - bestioles.

Une échelle en aluminium sera installée à l'intérieure de la cuve.

5.4. Conduite de refoulement et réseau de distribution

5.4.1. Tracé et pose des conduites

Les canalisations sont posées le long des voies existantes bien repérables de sorte que, lors d'un aménagement, les conduites ne soient pas détruites. La distance par rapport à l'axe des pistes ou des routes, doit être en conformité avec les prescriptions du Ministère de l'Équipement, à savoir :

- 7.5 m pour les pistes classées
- 15 m pour les routes.

Le tracé des réseaux de distribution est fourni au plan relatif au tracé en plan du réseau hydraulique.

Au cours de la pose des conduites seront créées des pentes minimales de :

- 2 mm par mètre dans les parties ascendantes
- 4 mm par mètre dans les parties descendantes

Ces pentes permettront :

- la remontée des bulles d'air jusqu'aux points hauts pour être évacuées par des ventouses
- la vidange du réseau en cas de nécessité à l'aide de vannes de vidange installées aux points bas du réseau.

La profondeur de pose des conduites variera entre 0,8 et 1,2 m (niveau de la génératrice supérieure) par rapport à la surface du sol.

Aux départs de branchements, les coudes pièces à tubulures et tous appareils intercalés sur les conduites et soumis à des efforts tenant à déboîter les tuyaux ou à déformer les canalisations seront

contrebutées par des massifs capables des résister à ces efforts ; le calage est constitué par des massifs de béton.

Pour les tronçons de canalisations, dont refoulement et distribution sont en parallèles, les conduites seront posées dans la même tranchée.

5.4.2. Nature des conduites et raccords

5.4.2.1. Nature des conduites

Les conduites de diamètre inférieur ou égal à 160 mm seront en polyéthylène haute densité pour eau potable PN 10.

Les tuyaux en PE doivent avoir des surfaces extérieures et intérieures propres, lisses et être exemptes de défauts d'importance ou de fréquence tels qu'ils soient nuisibles à sa qualité comme les rayures marquées, les piqûres formées par des bulles, les grains, les criques et les soufflures, les parois doivent être opaques.

5.4.2.2. Raccordement des conduites

L'assemblage des tuyaux en polyéthylène sera fait par assemblages non démontables : il s'agit d'assemblages par soudure bout à bout (soudure par manchons électrosoudables type longs). Le raccordement des pièces spéciales bridées en fonte aux tuyaux en PE se fait au moyen de collet bridé à souder.

5.4.2.3. Classe des conduites

a) Réseau de distribution

Le réseau d'adduction - distribution est alimenté à partir du château d'eau calé à la côte 386.33 m et PHE = 403.83 m. Les calculs à l'état statique (donnés en annexe 1) montrent que toutes les conduites à adopter au niveau des réseaux d'adduction et de distribution seront en PEhd de la classe PN10.

b) Conduite de refoulement

Les calculs du régime transitoire montrent que la conduite de refoulement sera aussi en PEhd de la classe PN10.

5.4.3. Robinetterie et accessoires

L'équipement hydraulique du réseau (vidange, ventouse, borne fontaine, potence et ouvrages de sectionnement) figure sur les profils en long.

Le réseau sera équipé de la robinetterie et accessoires nécessaires au bon fonctionnement et permettant un entretien du réseau

5.4.4. Ouvrages de distribution

Suite aux enquêtes socio - économiques, à la sensibilisation et à la concertation avec la population, les points de distribution d'eau ont été localisés en tenant compte des critères sociologiques et techniques suivants :

- l'aspect d'appartenance à des groupes de parenté,
- l'aspect de voisinage des familles,
- l'aspect du niveau de dispersion de l'habitat,
- le choix de la population,
- les rapports intergroupes (conflits, entraide et solidarité),
- facilité d'accès,
- éloignement par rapport à l'antenne principale,

- éloignement des différentes habitations par rapport au point d'eau, qui peut aller de 500 à 1000 m au maximum des usagers.

Les campagnes de sensibilisation et de concertation avec les familles bénéficiaires du projet a permis l'affectation de 14 bornes fontaines en plus du raccordement de 2 écoles + 1 mosquée.

5.5. Station de pompage

a) Equipement de station de pompage

Désignation	Station au forage
Type de GEP	immergé
Q (l/s)	2.50
HMT (m)	82.00
P (kW)	3.90
Régulation	par manostat

b) Génie civil

Un abri station en très bon état est construit au dessus de la tête du forage. Il a les dimensions suivantes : longueur = 5 m, largeur = 3 m.

Avant l'électrification de la station de pompage, cette chambre abritait un groupe électrogène.

Cet abri sera aménagé par son partage en deux chambres :

- une première chambre de commande,
- une deuxième chambre de chloration.

L'opération d'aménagement de la chambre existante consiste à construire un mur de séparation qui fait cloison entre les deux chambres en plus de la prévision d'une porte d'entrée indépendante pour la nouvelle station de javellisation.

c) Accessoires hydrauliques

Ils sont constitués essentiellement des éléments suivants :

- GEP : 1
- Robinet vanne avec volant : DN 80
- Compteur à brides DN : DN 60
- Manomètre à 2 seuils réglables (manostat) avec robinet vanne à 3 voies : 1
- les différentes pièces de démontage et de raccordement. : Ens

d) Electrification

Type de GEP	Immergé
Q (l/s)	2.50
HMT (m)	82.00
P (kW)	3.90
Electrification	MT triphasé
Intensité courant (A)	20
Puissance transformateur (KVA)	25

La station de pompage au forage sera équipée par transformateur de 25 kva pour l'alimentation en eau potable.

5.6. Réservoir de stockage

a) Génie civil

Il s'agit d'un réservoir sur tour de hauteur 15 m, calé à la côte TN = 386.33 m et composé de :

- une cuve circulaire de hauteur 3.00 m, de capacité 50 m³ calée à la côte 401.83 m,
- les accessoires hydrauliques sont situés dans la chambre de vannes au niveau du TN entre les 4 poteaux supportant la cuve.

b) Accessoires hydrauliques

Ils sont constitués essentiellement des éléments suivants :

Arrivée

- 1 robinet vanne : DN 80
- 1 compteur à brides : DN 60
- 1 robinet flotteur : DN 80
- les différentes pièces de démontage et de raccordement. : Ens

Départ

- 1 crépine : DN 150
- 1 robinet vanne avec volant : DN 150
- 1 by-pass avec clapet et robinet vanne reliant la conduite d'arrivée et la distribution : DN 60

5.7. Récapitulation

Le projet est constitué de la fourniture, le transport et la pose de 18232 ml de tuyaux en polyéthylène haute densité PN 10 répartis comme suit :

Désignation des fournitures de conduites	Refoulement	Distribution	Total
DE 63 en PEhd, PN 10		6200.00	6200.00
DE 75 en PEhd, PN 10		3600.00	3600.00
DE 90 en PEhd, PN 10	2600.00	1000.00	3600.00
DE 110 en PEhd, PN 10		1100.00	1100.00
DE 160 en PEhd, PN 10		3732.00	3732.00
Total	2600.00	15632.00	18232.00

Le réseau est doté de :

- 14 Bornes fontaines
- 3 Branchements collectifs (2 écoles + 1 mosquée)
- 9 Points hauts
- 2 Points bas
- 7 Ouvrages de sectionnement
- 1 Local GIC et aménagement de chambre de commande existante

5.8. Mode d'exploitation

Système hydraulique

La pompe immergée a les caractéristiques suivantes :

- Débit d'exploitation (l/s) : 2.50
- HMT (m) : 82.00

Elle refoule l'eau dans une conduite en PEhd DE 90 de longueur totale 2516 m en PN10. La dénivelée géométrique est de 30.23 m.

Le niveau statique de la nappe au forage est estimé à 27.5 m et le débit dynamique pour le débit susmentionné est de 31.73 m.

Sur la conduite de refoulement n'est pas prévu de prises d'eau. Au niveau de la station de pompage est prévu un réseau d'eau de service.

La pression à la station durant le pompage se calcule à 40.1 m (valeur à ajuster lors des essais de mise en service).

Fonctionnement de pompage et de distribution

La demande d'eau journalière la première année d'exploitation est de 65.12 m³/jour y compris pertes forfaitaires de 15 %. La demande varie entre 38.3 m³/jour en hiver et 84.3 m³/jour en été.

La consommation annuelle moyenne en 2002 est égale à 65.15 m³/jour = 23768 m³/an

Cette consommation annuelle pourrait être répartie selon les mois comme suit :

Mois	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Consommation mensuelle (%)	6%	7%	7%	8%	9%	10%	11%	11%	10%	9%	7%	5%	100%
Consommation (m3/mois)	1426	1664	1664	1901	2139	2377	2614	2614	2377	2139	1664	1188	23768
Consommation (m3/jour)	46.0	59.4	53.7	63.4	69.0	79.2	84.3	84.3	79.2	69.0	55.5	38.3	

Les heures de pompage pendant la première année pourront être situées comme suit :

Mois	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Volume pompé (m3/mois)	1426	1664	1664	1901	2139	2377	2614	2614	2377	2139	1664	1188	23768
Heures de pompage par jour (h)	5.3	6.2	6.2	7.0	7.9	8.8	9.7	9.7	8.8	7.9	6.2	4.4	2641

Le temps sera augmenté chaque année selon besoin, estimé à environ 5 %, tant que la population et sa consommation évoluent selon la croissance prévisionnelle.

Le réservoir peut contenir le besoin journalier pendant les mois de janvier et décembre.

Les heures de pompage pour satisfaire la demande de 38.3 à 84.3 m³/jour pour la première année varient entre 4.4 et 9.7 heures.

Tant que le besoin journalier peut être stocké par le réservoir ($\leq 50 \text{ m}^3$) le choix des heures de pompage est libre.

Quand la demande dépasse 50 m³/jour les heures de pompage doivent être de telle sorte que la pompe crée une réserve d'eau pour le matin et continue à fonctionner durant la journée pendant les heures de consommation.

En évitant les heures de consommation de la STEG de 19 à 23 h, le démarrage le plus tard de la pompe le matin doit être calculé de façon à refouler la demande journalière jusqu'à 19 h .

Pour éviter la vidange journalière du réseau il est conseillé de commencer le pompage à 23 heures après les heures de pointe STEG pour remplir le réservoir de 50 m³ pendant une période de :

50 m³/9.0 m³/h = 5 h 17 min. Le matin à 23 h + 5 h 17 min = 4 h 17 min, le réservoir est plein et la pompe s'arrête.

Avec l'automatisme installé, le démarrage se fait par une horloge à 23 heures et s'arrête par manostat quand le réservoir est plein.

Le manostat redémarre la pompe quand le niveau au réservoir descend plus de 2.0 m.

L'horloge est réglée pour mettre hors service la pompe entre 19 et 23 heures.

Exploitation du système d'AEP

Un GIC sera créé pour la gestion de toute l'infrastructure hydraulique d'eau potable projetée au niveau de toute la zone de Thleijia : station de pompage, conduites de refoulement, d'adduction et

de distribution, le réservoir 50 m³, les points de distribution d'eau (bornes fontaines, ouvrages courants, etc...).

Un gardien du système d'eau sera recruté pour les besoins de la gestion du système d'AEP. Le gardien du système d'eau n'a qu'une fonction de contrôleur. Pour l'exploitation du système d'AEP, il a comme tâches :

Journalièrement :

1. Contrôle fonctionnement normal de la pompe (débit, pression, absorption du courant),
2. Contrôle fonctionnement des appareils de contrôle et des voyants lumineux à l'armoire de commande (voltmètre, ampèremètre, compteur horaire),
3. Ecriture des relevés journaliers au carnet de bord : lecture compteur, heures de fonctionnement, consommation eau de Javel, observations particulières.

Périodiquement :

4. Contrôle du niveau statique et dynamique une fois par mois; le niveau dynamique après plusieurs heures de pompage (le matin par exemple) et le niveau statique après plusieurs heures de repos (avant 23 h par exemple).
5. Contrôle des fuites à la station et au réseau une fois par mois.
6. Contrôle de teneur en chlore résiduel aux points de distribution à l'extrémité du réseau une fois par semaine.
7. Pour entretenir le réseau, chaque regard et point de distribution sont inspectés une fois par mois, les vannes et ventouses manipulées, les regards nettoyés, les joints des robinets fontaines remplacés quand les fuites se manifestent.
8. Le réservoir sera selon le degré de son envasement, nettoyé et désinfecté une fois par mois
9. Contrôle bain d'huile de la pompe de chloration et fonctionnement valves une fois par mois.
10. Approvisionnement eau de Javel selon besoin, (eau de Javel 1 litre pour 48 m³ d'eau).

5.9. Gestion GIC

Données de base

Désignation	2002
Nombre total de familles	273
Demande prévisionnelle maximale d'eau (nette) (pour toutes les familles) (m ³ /j)	56.62
Frais d'énergie (DT/m ³)	0.0192
Frais de gestion GIC (DT)	200.00
Frais d'entretien fixe (DT/m ³)	2921.784
Javel (DT/m ³)	0.020
Gardien du système d'eau (DT)	1440.000

Désignation	2002
Nombre de familles adhérentes à l'année de mise en eau (60 %)	164
Demande prévisionnelle maximale d'eau nette (m ³ /j)	33.97
Demande prévisionnelle maximale d'eau brute (m ³ /j)	39.07
Budget GIC (DT)	5120

La gestion du GIC doit s'orienter sur les données suivantes :

Désignation	2002
Nombre de familles	164
Demande prévisionnelle maximale (moyenne de l'année) (m ³ /j)	33.97
Demande minimum considérée à 80 % (moyenne de l'année) (m ³ /j)	27.12

Désignation	Max (100 %)	Min (80 %)
Demande en été 125 % (m ³ /j)	42	34
Demande en hiver 75 % (m ³ /j)	25	20

Impayés prévisionnels 15 %

Distribution

par :

- 13 Bornes fontaines
- 3 Branchements collectifs.

Désignation	Max (100 %)	Min (80 %)
Production annuelle (m ³)	12400	9920
Total (m³)	12400	9920

Coûts prévisionnels de production

	Max (100 %)	Min (80 %)
- Electricité (DT)	273	219
- Eau de Javel (DT)	285	228
- Personnel de gestion (DT)	1440	1440
- Fonctionnement GIC forfait (DT)	200	200
- Entretien et imprévus (DT)	2922	2922
Total (DT)	5120	5008

Désignation	Max (100 %)	Min (80 %)
Prix du m ³ d'eau (paiement à 100 %) (DT)	0.413	0.505
Prix du m ³ d'eau (en cas de 15 % d'impayés) (DT)	0.475	0.581

Recettes théoriques

(Avec 100 % des consommateurs et 100 % de payés)

Désignation	2002
Nombre familles adhérentes	164
Coût de vente du m ³ d'eau (DT)	0.413
Vente d'eau à la population (DT)	5120
Total (DT)	5120

(Avec 100 % des consommateurs et 15 % d'impayés)

Désignation	2002
Nombre familles adhérentes	139
Coût de vente du m ³ d'eau (DT)	0.475
Vente d'eau à la population (DT)	5120
Total (DT)	5120

(Avec 80 % des consommateurs et 100 % de payé)

Désignation	2002
Nombre familles adhérentes	131
Coût de vente du m3 d'eau (DT)	0.505
Vente d'eau à la population (DT)	5008
Total (DT)	5008

(Avec 80 % des consommateurs et 15 % d'impayés)

Désignation	2002
Nombre familles adhérentes	111
Coût de vente du m3 d'eau (DT)	0.581
Vente d'eau à la population (DT)	5008
Total (DT)	5008

Avant la mise en eau du projet, un fonds de roulement sera constitué pour le démarrage du GIC. Ce fonds sera collecté auprès d'au moins 80 % des familles adhérentes. Sa valeur est fixée à 4 mois de consommation moyenne de la famille.