



République algérienne démocratique et populaire
Université Akli Mohand Oulhadj
BOUIRA



Institut de Technologies
Rapport de soutenance
En vue de l'obtention du diplôme
de Licence professionnalisant en :
Génie de l'Eau

THÈME :

**Adduction (gravitaire et par refoulement)
des commune côtières à partir du piquage
Dellys, Wilaya de Tizi-Ouzou.**

Réalisé par

- MAACHE Nouh

Encadré par

- Mr. DAHMANI Saad

Année : 2017 / 2018

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Notre sincère remerciement s'adresse à mon encadreur Mr.DAHMANI Saad, pour son précieuse aide, son orientation et le temps qu'il nous a accordés.

Nous remercions profondément tous les enseignements qui ont contribué à notre formation, en particulier les enseignants de département d'hydraulique.

Nous vif remerciement le groupe AMENHYD SPA (génie civil et hydro mécanique) et mon tuteur Mr. Mouloud. N pour tout le soutien qui m'a donné.

A la fin nous tenons à remercier les membres de jury d'avoir accepté de juger et de critiquer notre travail.

ملخص:

في هذا العمل، سنقدم مشروع توفير مياه الشرب للبلديات الخمس (05) في شمال ولاية تيزي وزو (مزرنة، تيقزيرت، إقليسن، ازفون، أيت شفعة). يبدأ مسار الإمداد من نقطة الربط (1) في بلدية دلس ولاية بومرداس ويستمر باتجاه البلديات الخمس. يتم توفير الإمداد الرئيسي من محطة التحلية لمياه البحر لكاب جنات (ولاية بومرداس). يقتصر هذا العمل على دراسة التصميم للأقسام الأربعة (04) الأولى لشبكة الإمداد والتي هي كما الاتي:

- **القسم الأول:** الإمداد الانحداري، من نقطة الربط الواقعة ببلدية دلس ولاية بومرداس (1) إلى محطة الضخ (1).
- **القسم الثاني:** الإمداد بالضخ من محطة الضخ (1) إلى محطة الضخ (2).
- **القسم الثالث:** الإمداد بالضخ محطة الضخ (2) إلى محطة الضخ (3).
- **القسم الرابع:** الإمداد بالضخ محطة الضخ (3) إلى محطة الضخ (4).

وبعد تقدير متطلبات المياه المستقبلية، شرعنا في تحديد أبعاد خطوط الإمداد المياه واخترنا المضخات المناسبة لنظام الضخ وحساب الضغط الزائد والضغط المنخفض للأنابيب.

Résumé :

Dans ce travail, nous présentons le projet d'alimentation en eau potable des cinq (05) communes du nord de la wilaya de Tizi-Ouzou (Mizrana, Tigzirt, Iflissen, Azzefoun et Ait-Chafââ). Le tracé de l'adduction commence à partir de point de piquage (A) au niveau de la commune de Dellys (W. Boumerdès) et continue vers les cinq communes. L'alimentation principale est approvisionnée de la station de dessalement de Cap-Djinet (W. Boumerdès).

Ce travail est limité à l'étude de dimensionnement des quatre (04) premiers tronçons de l'adduction, qui sont :

- **Le premier :** Adduction gravitaire, du point de piquage (A) vers SP₁.
- **Le deuxième tronçon :** Adduction par refoulement (SP₁ vers SP₂).
- **Le troisième tronçon :** Adduction par refoulement (SP₂ vers SP₃).
- **Le quatrième tronçon :** Adduction par refoulement (SP₃ vers SP₄).

Après avoir estimé les besoins en eau futurs, nous avons procédé au dimensionnement des conduites d'adduction et les bâches à eau d'aspiration. Par la suite, nous avons choisi les pompes adéquates au système étudié et calculé les surpressions et les dépressions au niveau des conduites.

Sommaire

Introduction générale.....	1
Présentation de l'entreprise.....	2
1 Introduction :.....	2
2 Groupe AMENHYD :.....	2
2.1 AMENHYD SPA (Aménagement Environnement et Hydraulique) :	2
2.2 ALCAHYD (Algérienne des Canalisations Hydrauliques) :.....	2
2.3 AZROU (Concassage et d'exploitation de Carrière) :.....	2
2.4 BECATA (Bureau d'Engineering de Consulting et d'Assistance Technique) :...	3
2.5 CHT (CHELGHOUM Transport) :.....	3
2.6 Logos des filières du groupe d'AMENHYD :.....	3
2.7 Présentation AMENHYD SPA et leurs activités :.....	3
2.8 Localisation géographique de siège d'AMENHYD SPA :	3
2.9 Capitale social :.....	3
2.10 Capital humain :.....	4
2.11 Organigramme :.....	4
2.12 Quelques projets réalisés par l'entreprise :.....	4
3 Conclusion :	4
Présentation du site et estimation des besoins en eau.....	5
1 Introduction :.....	5
2 Présentation du site (zone d'étude):	5
3 Estimation des besoins :	6
3.1 Situation démographique :.....	6
3.2 Estimation de la population future :.....	6
3.3 Choix de la norme de consommation (dotation) :.....	7
3.4 Consommation moyenne journalière :	7
3.5 Evaluation de la demande en eau brute :.....	8
4 Conclusion :	9
Adduction gravitaire et par refoulement.....	10
1 Introduction :.....	10
2 Choix du tracé :.....	10
3 Choix du type de conduites :.....	10
4 Organes et accessoires de l'adduction :	11

4.1	Organes de sectionnement :	11
4.2	Organes de protection :	11
4.3	Organes de régulation :	11
4.4	Organes de raccordement :	12
5	Description du schéma d'adduction projeté :	12
5.1	Tronçon N°1 (du point de piquage A – vers – SP ₁) :	14
5.2	Tronçon N°2 (SP ₁ – vers – SP ₂) :	14
5.3	Tronçon N°3 (SP ₂ – vers – SP ₃):	14
5.4	Tronçon N°4 (SP ₃ – vers – SP ₄):	14
6	Dimensionnement des quatre tronçons :	15
6.1	Adduction gravitaire :	15
6.1.4	Les calculs hydrauliques de ce tronçon.....	16
6.2	Adduction par refoulement :	16
6.3	Aspiration :	21
6.4	Résultats de calcul de surpressions et de dépressions :	24
7	Récapitulation des résultats de l'adduction gravitaire et par refoulement :	24
8	Conclusion :	25
Choix de pompes		26
1	Introduction :	26
2	Classification des pompes :	26
2.1	Les turbopompes (centrifuges) :	26
2.2	Les pompes volumétriques :	26
3	Choix de la pompe :	26
4	Calcul des caractéristiques principales des pompes :	27
4.1	La courbe caractéristique d'une conduite ($H_c=f(Q)$) :	27
4.2	La hauteur manométrique totale d'élévation (HMT) :	28
4.3	La puissance hydraulique ou la puissance utile (P_u) :	28
4.4	La puissance absorbée par la pompe (P_a) :	28
4.5	Rendement de la pompe (η %) :	28
4.6	Dimensionnement de la bêche a eau d'aspiration :	29
5	Courbes caractéristiques de pompe :	29
6	Le point de fonctionnement de la pompe :	30
7	Les modes de couplage des pompes :	30
8	L'Etude de l'NPSH:	30

9	Calcul des caractéristiques principales des pompes :.....	32
9.1	Pour la station de pompage SP ₁ :	32
9.2	Pour la station de pompage SP ₂ :	35
9.3	Pour la station de pompage SP ₃ :	38
9.4	Puissances utiles et absorbées pour les (03) stations de pompage (SP) :	41
10	Vérification de la l’NPSH des pompes :	41
11	Récapitulation des résultats choix de pompe et dimensionnement des bâches d’aspirations :	42
12	Conclusion :.....	43
Conclusion générale:		44
Bibliographie.....		46

Liste des Tableaux

Tableau 1: La situation démographique des (05) communes aux années précédentes.	6
Tableau 2: Les valeurs de (α) pour les (05) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou.	6
Tableau 3: Le nombre de population des 5 communes à l'horizon de 22 (ans).	7
Tableau 4: Les besoins en eau domestique des (05) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou.	8
Tableau 5: Les besoins saisonnière des (04) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou consternée au tourisme.	8
Tableau 6: La demande nette max des (05) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou.	9
Tableau 7: La variation des coefficients (β , k' , m) avec le type de conduite.	15
Tableau 8: Les données de base de tronçons (piquage---SP ₁) pour les calculs hydrauliques.	16
Tableau 9: Les calculs hydrauliques de tronçon (Piquage---SP ₁).	16
Tableau 10: Variation de la viscosité d'eau en fonction de température.	18
Tableau 11: Variation du coefficient de la rugosité de la paroi en fonction de nature du tuyau. ...	18
Tableau 12: La valeur du Coefficient de frottement linéaire (λ) pour (SP ₁ ---SP ₂) et (SP ₂ ---SP ₃).	18
Tableau 13: La valeur du Coefficient de frottement linéaire (λ) pour tronçons (SP ₃ ---SP ₄).	18
Tableau 14: La valeur du Coefficient de frottement (λ) linéaire pour les deux premiers SP.	19
Tableau 15: La valeur du Coefficient de frottement linéaire (λ) pour la SP ₃	19
Tableau 16: Les valeurs de rugosité de la paroi de conduite avec les singularités.	20
Tableau 17: Les données de base des (03) tronçons de refoulement pour leurs calculs hydrauliques.	20
Tableau 18: Les calculs hydrauliques de troisième tronçon (refoulement).	21
Tableau 19: Les calculs hydrauliques de troisième tronçon (refoulement).	21
Tableau 20: Les calcule hydraulique de quatrième tronçon (refoulement).	21
Tableau 21: Donnée de base pour la détermination des pertes de charge d'aspiration.	22
Tableau 22: Les calculs de perte de charge singulière entre la bache N°1--SP ₁ et la bache N°2--SP ₂	22
Tableau 23: Les calculs de perte de charge linéaires entre la bache N°1--SP ₁ et la bache N°2--SP ₂	22
Tableau 24: Les calculs de perte de charge singulière entre la bache N°3 et SP ₃	22
Tableau 25: Les calculs de perte de charge linéaires entre la bache N°3 et SP ₃	23
Tableau 26: Les calculs de perte de charge d'aspiration totale pour les 3 SP.	23
Tableau 27 : Les données de base des deux grandeurs surpression et dépression et leur calculs. ...	24

Tableau 28: Le résumé de calculs hydrauliques des (04) tronçons d'adduction.....	24
Tableau 29: Le résumé des calculs hydrauliques, cas d'aspiration pour les 3 SP.	24
Tableau 30: Les valeurs de tension de vapeur d'eau en fonction de la température.....	31
Tableau 31: Les données de base pour détermination des valeurs caractéristiques des pompes....	32
Tableau 32: Les valeurs de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) et les courbes caractéristiques de la pompe pour (SP_1).	32
Tableau 33: Les valeurs caractéristiques de la station de pompage SP_1	33
Tableau 34: La détermination du volume de la bache d'eau N°1 de (SP_1).	34
Tableau 35: Les valeurs de courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) et les courbes caractéristiques de la pompe pour (SP_2).	35
Tableau 36: Les valeurs du point de fonctionnement de la pompe SP_2	36
Tableau 37: La détermination du volume de la bache d'eau N°2 de (SP_2).	37
Tableau 38: Les valeurs de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) de la conduite et les courbes caractéristiques de la pompe pour (SP_3).	38
Tableau 39: Les valeurs du point de fonctionnement de la pompe et leur fonction.	39
Tableau 40: La détermination du volume de la bache d'eau N°3 de (SP_3).	40
Tableau 41: Les valeurs des puissances utiles et absorbées des (03) pompes choisies pour les 03 SP.	41
Tableau 42: Les données de base et les calculs pour la détermination de ($NPSH_d$).	42
Tableau 43 : Comparaison entre les valeurs ($NPSH_d$) et ($NPSH_r$) pour les (03) stations de pompage.	42
Tableau 44: Dimensionnement des (03) bâches à eau.....	42
Tableau 45: Dimensionnement des (03) stations de pompages.	43

Liste des Figures

Figure 1: Les logos des filières du groupe AMENHYD.	3
Figure 2 : Localisation de la direction d'AMENHYD SPA (Bab-Ezzouar, Alger).	3
Figure 3: Carte de (Google Earth) représente les 05 communes de la wilaya de Tizi-Ouzou concernées par le projet et le tracé des 04 premiers tronçons.	5
Figure 4: Localisation de site des 4 tronçons.	12
Figure 5: Le tracé en plan des (04) premiers tronçons qu'on a étudié.	13
Figure 6: Schéma descriptif pour le profil en long des (04) premiers tronçons et les sites d'installation des (04) stations de pompage.	13
Figure 7: Les courbes caractéristiques de la pompe.	29
Figure 8: La détermination du point de fonctionnement.	30
Figure 9: Effets de la cavitation sur les roues des pompes.	30
Figure 10: Ces (04) graphes représentent les courbes caractéristiques de la pompe et la courbes caractéristiques de la conduite (H_c-Q) pour détermination de point de fonctionnement de l'SP ₁	33
Figure 11: Ces (04) graphes représentent les courbes caractéristiques de la pompe et de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) pour détermination de point de fonctionnement pour SP ₂	36
Figure 12 : Ces (04) graphes représentent les courbes caractéristiques de la pompe et de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) pour détermination de point de fonctionnement pour SP ₃	39

Introduction générale

Depuis leurs origines, les êtres humains ont été très sensibles à la qualité et quantité de l'eau, c'est l'un des besoins les plus fondamentaux de notre physiologie. Tant que l'humanité ne s'est pas sédentarisée, le problème de l'eau se limitait à la recherche d'un endroit d'approvisionnement facile d'accès (rivière) cependant, avec l'apparition de collectivités de plus en plus importantes, la naissance des cités, l'urbanisation éloignait la population du milieu naturel et restreignait la diversité des sources d'approvisionnement. L'alimentation en eau potable est l'un des axes les plus importants de l'hydraulique urbaine.

Dans le cadre de préparation du projet de fin d'études, j'ai effectué un stage au niveau de l'entreprise AMENHYD SPA (Bab Ezzouar, W. Alger), où j'ai choisi d'étudier une partie d'un grand projet d'alimentation en eau potable des (05) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou (Mizrana, Tizirt, Iflissen, Azzefoun et Ait-Chafaâ). Le projet commence à partir de point de piquage (A) au niveau de la commune de Dellys (W. Boumerdès) et continue vers les cinq communes. L'alimentation principale est approvisionnée de la station de dessalement de Cap-Djinet (W. Boumerdès).

Le travail est limité à l'étude de dimensionnement des quatre (04) premiers tronçons de l'adduction de ce projet. Le départ c'est le point de piquage (A) au niveau de Dellys (W. boumerdès) jusque à station de pompage (SP₄).

Afin d'aboutir aux objectifs, notre travail sera articulé sur les parties suivantes :

- Première partie : idée générale sur l'entreprise -lieu du stage-, le site du projet, l'estimation des besoins en eau de la population, et cela, dans le but de faire un bilan des besoins à satisfaire à l'horizon future (22 ans).
- Deuxième partie : dimensionnement des conduites d'adduction gravitaire et par refoulement, en se basant sur l'influence des paramètres technico- économiques.
- Troisième partie : choix de pompes et dimensionnement des bâches à eau d'aspiration des stations de pompage.

Présentation de l'entreprise

1 Introduction :

Dans le cadre de préparation du projet de fin de cycle, l'étudiant doit chercher un lieu du stage qui pourra être un établissement, un organisme ou une entreprise publique ou privée. Ce stage permet à l'étudiant de découvrir le milieu professionnel de près et même de préparer son projet de fin d'études. Tant qu'étudiant en 3ème année « Génie de l'eau », j'ai choisi l'entreprise AMENHYD SPA pour réaliser cette étape dans la formation.

Dans la suite, l'entreprise –lieu du stage- est présentée.

2 Groupe AMENHYD :

Le Groupe AMENHYD constitue un outil de production majeur pour le pays dans la réalisation des grandes infrastructures, particulièrement dans les secteurs de l'eau, l'environnement, les travaux publics, la construction et l'agriculture.

Ce groupe investit dans l'engineering, la construction et les équipements des grands ouvrages entrant dans la mobilisation des ressources en eau, et également investit dans le traitement des déchets solides et la réhabilitation de décharges (dans lesquels le groupe est devenu un leader en Algérie), le traitement de sites pollués et l'épuration des eaux usées, et dans l'agriculture et ambitionne de développer son savoir-faire dans un projet en agroalimentaire.

Le Groupe AMENHYD se compose principalement des filiales suivantes :

2.1 AMENHYD SPA (Aménagement Environnement et Hydraulique) :

Société par actions spécialisée dans la réalisation des travaux d'aménagement hydraulique et d'environnement.

2.2 ALCAHYD (Algérienne des Canalisations Hydrauliques) :

Société spécialisée dans la production de canalisations en béton et d'une gamme d'éléments préfabriqués en béton destinés au secteur du BTPH (Bâtiments, Travaux Publics et Hydrauliques).

2.3 AZROU (Concassage et d'exploitation de Carrière) :

Société spécialisée dans l'extraction et la production d'agrégats destinés au secteur du BTPH.

2.4 BECATA (Bureau d'Engineering de Consulting et d'Assistance Technique) :

Bureau d'Etudes spécialisé dans l'élaboration, le contrôle et le suivi des études techniques et d'exécution relative à la réalisation des ouvrages hydrauliques, génie civil et d'environnement.

2.5 CHT (CHELGHOUM Transport) :

Société spécialisée dans le transport de tout type de matériaux et de matériel sur toute distance sur le territoire national.

2.6 Logos des filières du groupe d'AMENHYD :



Figure 1: Les logos des filières du groupe AMENHYD.

2.7 Présentation AMENHYD SPA et leurs activités :

Filiale spécialisée dans la réalisation de grands travaux d'aménagement, de l'hydraulique et de l'environnement. Amenhyd est la locomotive du Groupe.

2.8 Localisation géographique de siège d'AMENHYD SPA :



Figure 2 : Localisation de la direction d'AMENHYD SPA (Bab-Ezzouar, Alger).

2.9 Capitale social :

AMENHYD SPA affiche un capital de 3.654.724.000,00(DA).

2.10 Capital humain :

AMENHYD SPA emploie environ 3241 employés répartis à travers les directions centrales, opérationnelles ainsi que les chantiers de réalisation.

2.11 Organigramme :

L'organigramme de l'entreprise AMENHYD SPA est présenté dans l'Annexe [A].

2.12 Quelques projets réalisés par l'entreprise :

2.12.1 Traitement des eaux :

- Station de traitement de Berriane (W. Ghardaïa), en 2013.
- Station de traitement de Guerrara (W. Ghardaïa), en 2014.

2.12.2 Station de déminéralisation :

- Station Touggourt (W. Ouargla) (capacité de production de 34000 m³/j)
- Station Meghayer (W. d'El Oued) (capacité de production de 12000 m³/j)

2.12.3 Stations d'épuration (STEP) des eaux usées par lagunage :

- STEP Tamanrasset, STEP Ghardaïa, STEP Beni Messous (W. Alger).

2.12.4 Assainissement:

- Les travaux d'aménagement d'Oued Ouchayah (W. Alger), en 2016.
- Collecteur monolithe Beni Messous (W. Alger), en 2015.
- Assainissement de la vallée du Mzab Ghardaïa, 2012.

3 Conclusion :

Durant le stage, j'ai découvert le milieu professionnel (travail de groupe, gestion du temps, la communication professionnelle,...). Au même temps, j'ai réalisé mes tâches pour arriver à préparer mon rapport de fin de cycle avec l'utilisation des méthodes professionnelles telles que l'utilisation des logiciels comme Autocad et Covadis pour réalisation des profils en long des adductions, Microsoft Excel pour les calculs et, Snagit-Editor pour la modification des images, et Google Earth pour visualiser les cartes géographiques, et Microsoft Word pour la rédaction du rapport, et j'espère dans un proche avenir sera un avantage à moi dans le milieu professionnel.

Présentation du site et estimation des besoins en eau

1 Introduction :

Avant tout projet d'alimentation en eau potable, l'étude du site est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques du lieu et les facteurs qui influent sur la conception du projet et les besoins en eau qui varient en fonction des types de consommateurs (domestique, sanitaire,...etc.), et il est nécessaire de procéder au recensement et ainsi d'avoir leurs normes de consommation unitaire, dans le but d'estimer les besoins de la population à long terme.

2 Présentation du site (zone d'étude):

L'objectif de ce projet est d'alimenter les 5 communes de la wilaya de Tizi-Ouzou (Mizrana, Tizirt, Iflissen, Azzefoun et Ait-Chafaâ) qui sont situées au nord de la wilaya. Cette alimentation se fait à partir de la station de dessalement de l'eau de mer de Cap-Djinet (W. Boumerdès) et le point de commencement de l'alimentation se situe au point de piquage qui se trouve au niveau de la commune de Dellys (W. Boumerdès).

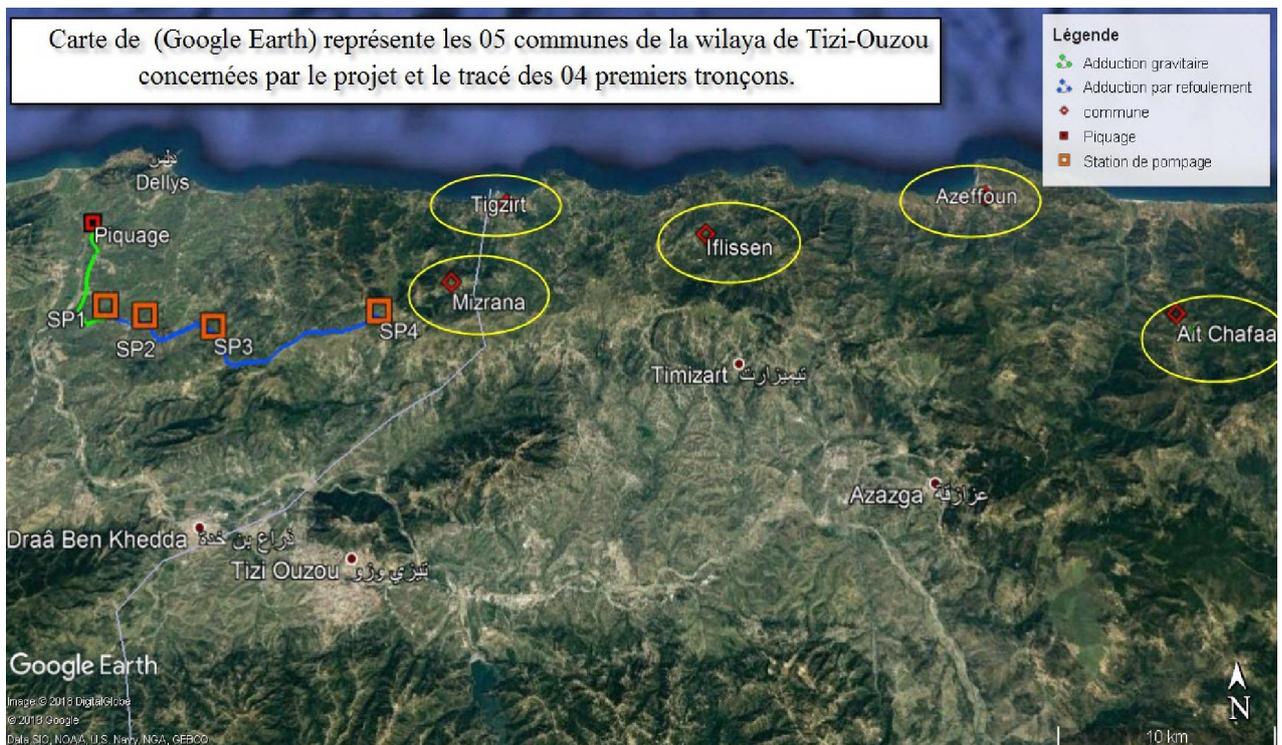


Figure 3: Carte de (Google Earth) représente les 05 communes de la wilaya de Tizi-Ouzou concernées par le projet et le tracé des 04 premiers tronçons.

3 Estimation des besoins :

3.1 Situation démographique :

Le tableau suivant montre l'évolution démographique des cinq (05) communes [1].

Tableau 1: La situation démographique des (05) communes aux années précédentes.

Année		1977	1987	1998	2008
Communes	Mizrana	5500	8438	9586	9469
	Tigzirt	7387	9069	10414	11962
	Iflissen	8918	12686	14641	14311
	Azzefoun	9366	14008	16096	16847
	Ait-Chafaâ	2837	3543	3865	3775
TOTAL (nombre d'habitants)		34008	47744	54602	56364

3.2 Estimation de la population future :

Le nombre d'habitants estimé pour un horizon donné peut être calculé par la loi suivante [1] :

$$P = P_0(1 + \alpha)^n$$

Avec :

- **P**: Population à l'horizon de 2040 (habitants).
- **P₀** : Population actuelle, l'année 2018 (habitants).
- **α** : Taux d'accroissement annuel de la population en pourcentage (%).
- **n** : Nombre d'année séparant l'année de référence et l'horizon considéré (ans)
n = 22 ans.

La variation de nombre de population est donnée dans le tableau N°3.

3.2.1 Détermination du taux de croissance (α):

Pour déterminer le taux de croissance (α) des différentes communes, la formule suivante est utilisée :

$$\alpha = \left(\frac{P}{p_0}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

On trouve :

Tableau 2: Les valeurs de (α) pour les (05) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Communes	α1 (%)	α2 (%)	α3 (%)	moyen de (α)	α (%)
Mizrana	0,043728838	0,011663714	-0,001227286	0,018055089	1,8
Tigzirt	0,02072589	0,012651088	0,013954863	0,01577728	1,6
Iflissen	0,035871117	0,013114965	-0,002277137	0,015569648	1,6
Azzefoun	0,041075432	0,012711218	0,004570594	0,019452415	2,0
Ait-Chafaâ	0,02247143	0,007939338	-0,002353356	0,00935247	0,9

3.2.2 Evaluation de la population actuelle et future (P) :

Les résultats de calcul de nombre de population à différents horizons sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3: Le nombre de population des 5 communes à l'horizon de 22 (ans).

Communes	Taux (α)	Années							
		2008	2010	2015	2018	2020	2025	2030	2040
Mizrana	1,8	9469	9813	10729	11319	11730	12824	14021	16759
Tigzirt	1,6	11962	12348	13368	140120	14472	15668	16962	19880
Iflissen	1,6	14311	14773	15993	16773	17314	18745	20293	23784
Azzefoun	2	16847	17528	19352	20537	21367	23590	26046	31749
Ait-Chafaâ	0,9	3775	3844	4020	4129	4204	4397	4598	5029
TOTAL	////	56364	58305	63461	66777	69085	75222	81917	97201

3.3 Choix de la norme de consommation (dotation) :

Avant toute étude de dimensionnement d'un réseau d'AEP, il y a lieu de déterminer la quantité d'eau à apporter à la zone d'étude. Pour cela, il faut choisir une norme de consommation qui représente une moyenne pondérée des consommations journalières obtenue après une campagne de recensement ou à partir des lois statistiques.

En distribution rurale, les besoins pouvant être évalués à 150 (l/j/hab), ce qui est le cas de cette étude. [2]

3.4 Consommation moyenne journalière :

La consommation moyenne journalière se détermine en tenant compte des différents types de consommation (domestique, saisonnière, sanitaire, administrative, ... etc).

La consommation moyenne journalière est donnée par la formule suivante :

$$Q_{moyj} = P \times Dotation$$

Avec :

- Q_{moyj} : débit moyen journalisée consommé (m³/j).
- P : Nombre de population à l'horizon de l'année 2040.
- **Dotation** : volume d'eau consommé par jour par habitant (150 l/j/hab).

Pour l'estimation des besoins en eaux des cinq (05) communes on calcule la consommation domestique et on ajoute la consommation saisonnière pour les communes touristiques.

3.5 Evaluation de la demande en eau brute :

3.5.1 Les besoins en eau domestique :

Ce tableau nous permettons la détermination les besoin en eau domestique des (05) communes à l'aide de leurs nombres d'habitants et leurs dotations.

Tableau 4: Les besoins en eau domestique des (05) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou.

communes	Nbr d'habitants en 2040	dotation (l/j)	besoins domestique (m ³ /j)
Mizrana	16 759	150	2514
Tigzirt	19880	150	2982
Iflissen	23784	150	3568
Azzefoun	31749	150	4763
Ait Chafaâ	5029	150	755
TOTAL	97 201	////	14581

3.5.2 Evaluation des besoins saisonniers :

Les besoins saisonniers ont été estimés en tenant compte des Zones d'Expansion Touristiques (ZET) et de la superficie des plages, en considérant que toute cette superficie est occupée par les estivants. La capacité d'accueil des plages dans plusieurs pays est calculée en attribuant une surface en (m²) à chaque estivant.

Pour le calcul des capacités des plages de Tizi-Ouzou, nous avons supposé que celles-ci accueilleraient un maximum d'estivants et que chacun occuperait 08 (m²).

- La norme retenue : 1 estivant /8.00 (m²).
- La dotation prise égale à 320 (l/j/estivant).

Tableau 5: Les besoins saisonnière des (04) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou consternée au tourisme.

Communes	Zone d'Expansion Touristique	Superficie Constructible (HA)	L de Plage (m)	l de Plage (m)	S de plage (HA)	Nombre d'estivants (unité)	Demande en eau (m ³ /j)
Ait-Chafaâ	Sidi Khalifa	48.08	700	80	5.6	7000,00	2240,00
Azzefoun	Azzefoun	17.26	700	70	4.9	6 125,00	1960,00
	Blerouna	40,00	600	15	0.9	1125,00	360,00
	Djemâa N'rbat	10,00	400	20	0.8	1000,00	320,00
Iflissen	Abéchar	8,00	300	20	0.6	750,00	240,00
Tigzirt	Ferraoun	20,00	500	30	1.5	1875,00	600,00
	Tigzirt/Ouest	22,00	900	40	3.6	4500,00	1440,00
////	TOTAL	////	////	////	22.85	28 563,00	7160,00

Source : APD [1]

Avec :

(L): Largueur de la plage, **(l):** largueur de la plage, **(S):** surface de la plage.

La demande en eau pour les besoins saisonniers est de 7160,00 (m³/j).

3.5.3 Détermination de la demande Nette max :

Pour la demande nette max on utilise la formule suivante :

$$Q_{maxj} = Q_{moyj} \times K_{maxj}$$

Avec :

- Q_{moyj} : débit moyen journalier (m³/j).
- Q_{maxj} : débit max journalier (m³/j).
- K_{maxj} : coefficient de régularité maximale journalier on le prend $k_{maxj} = 1,1$. [2].

Tableau 6: La demande nette max des (05) communes de la wilaya de Tizi-Ouzou.

communes	besoins d'habitants (m ³ /j)	besoins saisonniers (m ³ /j)	Demande Nette moyenne (m ³ /j)	K _{max}
Mizrana	2514	00	2514	1,1
Tigzirt	2982	2040	5022	1,1
Iflissen	3568	240	3808	1,1
Azzefoun	4763	2640	7403	1,1
Ait Chafaâ	755	2240	2995	1,1
TOTAL	14581	7160	21741	
demande nette max sans-perte (m ³ /j)	η (%)	perte (m ³ /j)	demande nette max avec perte (m ³ /j)	demande nette max (m ³ /j)
2765,235	0,75	691,31	3456,54	3400
5524,2	0,75	1381,05	6905,25	6950
4188,36	0,75	1047,09	5235,45	5250
8142,585	0,75	2035,65	10178,23	10200
3293,785	0,75	823,45	4117,23	4200
23914,165	//////	5978,54	29892,71	30000

4 Conclusion :

Dans ce chapitre on a abordé une analyse sur le développement démographique de la zone d'étude où on a aperçu une population totale de 97201 habitants et besoin saisonnier de 7160 (m³/j) et besoin brut de 23914,165 (m³/j) à l'horizon 2040 et on a déterminé le débit max journalier alimentant les (05) communes qui est de l'ordre de 30000 (m³/j).

Dans la partie suivante, l'adduction gravitaire et par refoulement sont abordées.

Adduction gravitaire et par refoulement

1 Introduction :

L'adduction est le transport des eaux depuis les zones de captage vers les réservoirs de stockage ou de distribution [3]. Cette adduction présente deux modes, qui sont :

- Adduction gravitaire : quand la source est située à un niveau supérieur à celui du réservoir d'accumulation, ce mode d'adduction utilise la gravité.
- Adduction par refoulement : quand la source est située à un niveau inférieur du réservoir d'accumulation. Ici on fait appelle à une source d'énergie.
- Parfois on utilise les deux modes d'adduction, gravitaire et refoulement (mixte).

Dans cette étude, nous allons dimensionner quatre (04) tronçons d'adduction qui suivent :

- Le premier : Adduction gravitaire, du point de piquage (A) à Dellys (W. Boumerdès) vers SP₁.
- Le deuxième tronçon : Adduction par refoulement (SP₁ vers SP₂).
- Le troisième tronçon : Adduction par refoulement (SP₂ vers SP₃).
- Le quatrième tronçon : Adduction par refoulement (SP₃ vers SP₄).

2 Choix du tracé :

Pour le choix de tracé de conduite d'adduction, on se base sur les critères suivants [2]:

- Eviter la multiplication des traversées (traversées de route, rivières chemin de fer, ...).
- Eviter dans la mesure du possible la traversée des massifs boisés (forets).
- Eviter les HMT importantes pour économiser l'énergie au niveau des stations de pompage.
- Le choix du tracé suivra les limites physiques (bordure de la route, piste, chaâba, oued,.....).
- Le profil de la conduite doit être optimisé avec des pentes régulières afin de réduire les frais de réalisation et les charges d'exploitations.

3 Choix du type de conduites :

Les critères à respecter pour faire le choix du type de conduites sont [1]: (Prix d'achat, pression à supporter, disponibilité sur le marché, durée de vie prouvée par l'expérience et les tests de vieillissement, nature du terrain, longueur des conduites, résistance aux attaques chimiques, les conditions de pose et de transport).

Dans ce projet, l'étude est basée sur l'utilisation d'une seule variante de matériaux qui est la fonte ductile, vu les avantages qu'elle présente. Parmi ces avantages, on cite :

- Résiste à des pressions élevées (de 25 bars jusqu'à 100 bars), résistant aux chocs extérieurs, gamme de pièces spéciales variée, sa durée de vie est importante, la résistance à la corrosion [1].

4 Organes et accessoires de l'adduction :

4.1 Organes de sectionnement :

Ils permettent l'isolement d'une partie de l'adduction en cas des travaux de réparation, ainsi que le réglage du débit. Nous citons :

- **Robinet vanne** : est une sorte de lentille épaisse qui s'abaisse ou s'élève verticalement à l'aide d'une vis tournant dans un écran fixé à la vanne. Ce type de vannes est à fermeture lente, implanté pour sectionner les adductions.
- **Robinet vanne papillon** : est un élément de conduite traversé par un axe déporté entraînant, en rotation, un disque obturateur appelé papillon. Ce type de vanne est de fermeture rapide, implanté à la sorties des réservoirs généralement.

4.2 Organes de protection :

Ils permettent la protection des conduites de divers phénomènes qui se traduisent au niveau des canalisations.

- **Ventouse** : sert à évacuer l'air contenu dans les conduites. Se place aux points hauts des canalisations.
- **Vanne de vidange** : pour vidange des conduites en cas de pannes.

4.3 Organes de régulation :

Ils permettent la régulation du débit et de la pression en amont ou en aval. On cite :

- **Vanne de régulation du débit** : limite et stabilise le débit d'une valeur de consigne constante quelles que soient les variations de pression amont et aval.
- **Vanne de régulation de la pression amont** : maintient la pression amont à une valeur de consigne, quelles que soient les variations de pression et de débit à l'aval. La vanne règle en fait le débit pour assurer qu'à l'amont la pression reste suffisante. En réduisant le débit, on diminue la perte de charge et on augmente la pression. on obtient ainsi un compromis entre un minimum de pression à l'amont et un minimum de débit à l'aval.
- **Vanne de régulation de la pression aval** : son but est de fixer une pression à l'aval constant.

4.4 Organes de raccordement :

Ce sont des pièces qui permettent de réaliser toutes les dispositions, on distingue :

- **Les coudes** : destinés pour le changement de direction.
- **Les tés** : raccordent la canalisation secondaire sur la canalisation principale.
- **Les cônes** : joignent des conduites de diamètres différentes.

❖ Quelques images montrant ces organes :

Voire l'ANNEXE [B]

5 Description du schéma d'adduction projeté :

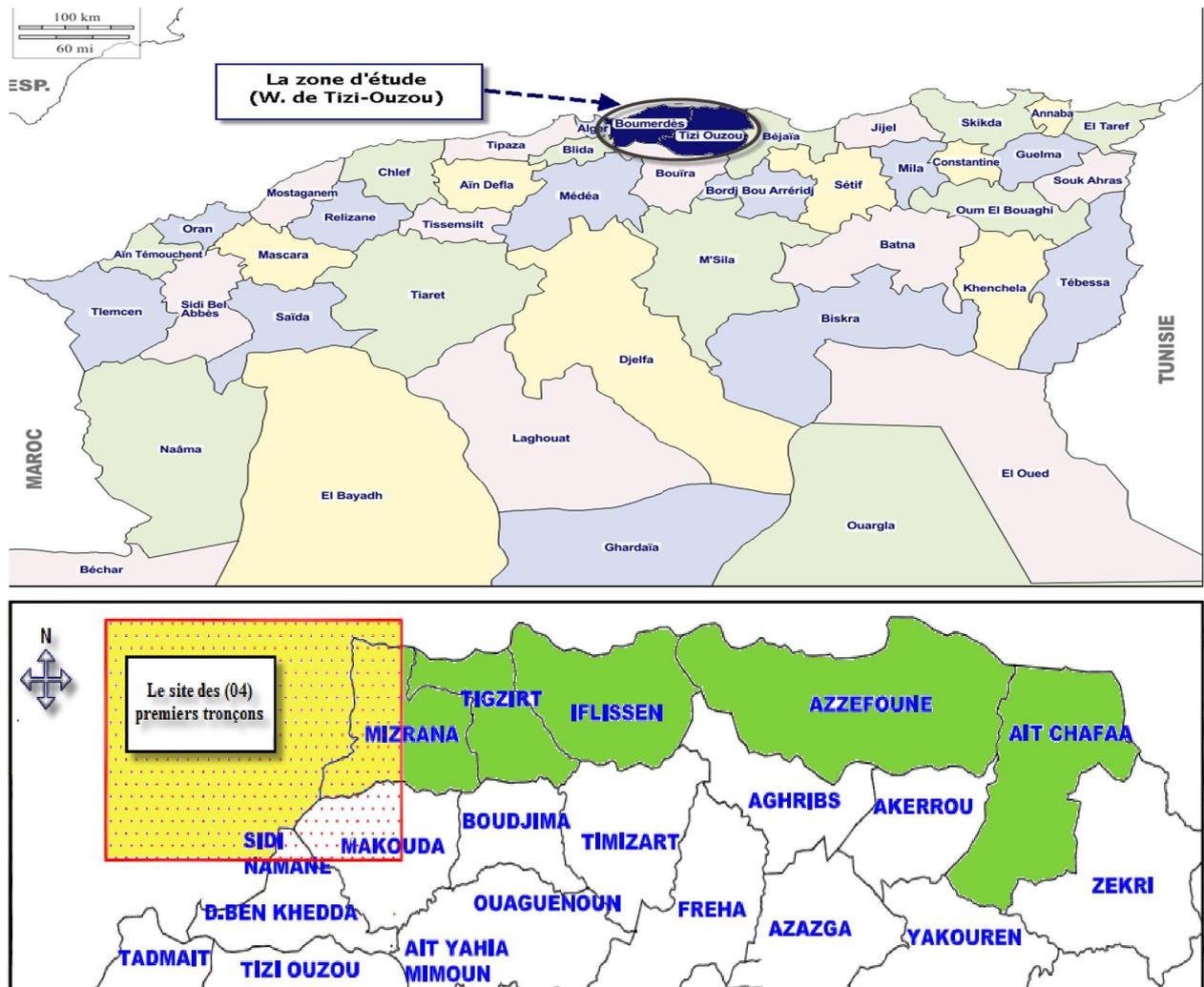


Figure 4: Localisation de site des 4 tronçons.

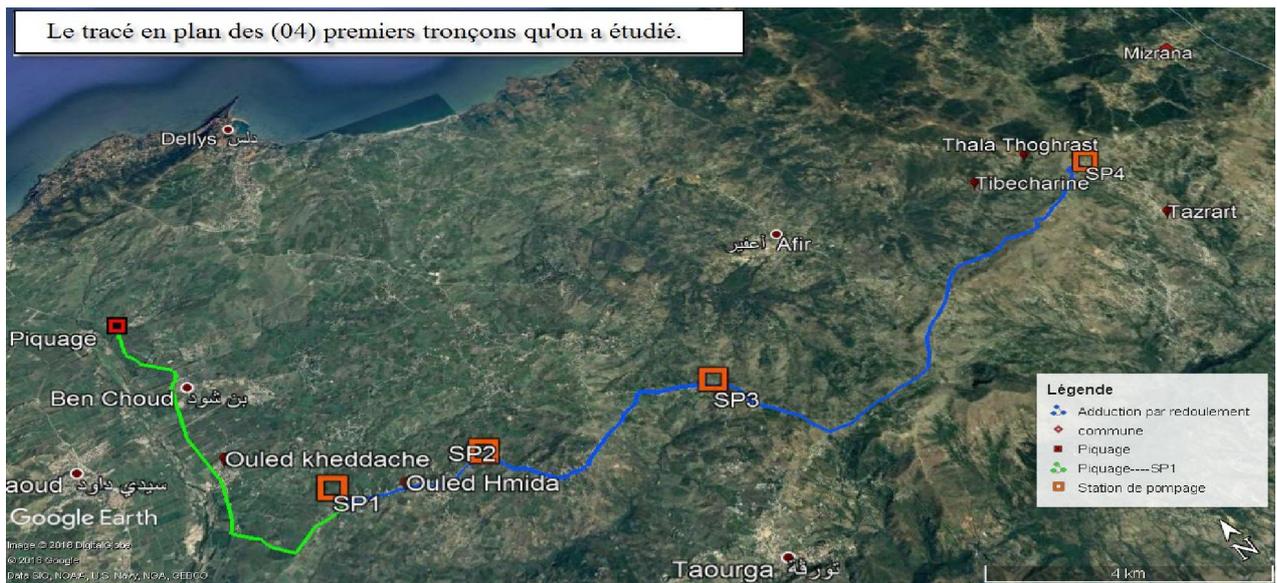


Figure 5: Le tracé en plan des (04) premiers tronçons qu'on a étudié.

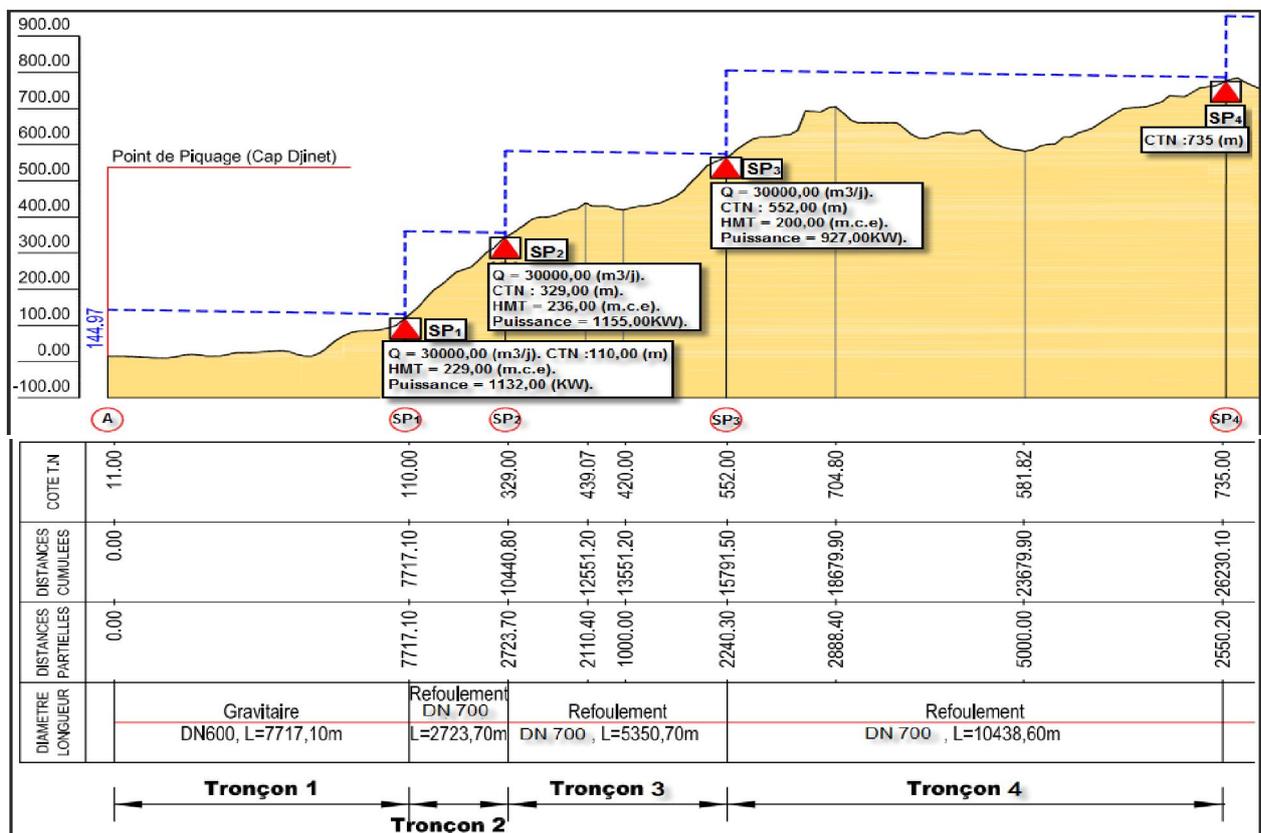


Figure 6: Schéma descriptif pour le profil en long des (04) premiers tronçons et les sites d'installation des (04) stations de pompage.

Le projet tel qu'il est réalisé sur terrain est constitué par les tronçons suivants :

5.1 Tronçon N°1 (du point de piquage A – vers – SP₁) :

A partir du point de piquage (A) à Dellys (W. Boumerdès), le tracé de la conduite gravitaire projeté en DN600 – fonte ductile, longe la rive droite de la route nationale RN25 jusqu'au PK 05+041 (m), où elle rejoint la rive droite de la route d'Ouled H'Mida jusqu'au PK 07+191 (m). A partir de ce point, la conduite longe la piste existante jusqu'à la bache de reprise de la station de pompage SP₁ implantée à la côte 110,00 (mNGA). Le linéaire total du tracé est 7 717,00 (m).

5.2 Tronçon N°2 (SP₁ – vers – SP₂) :

La conduite de refoulement DN700 en fonte ductile prévue entre la station de pompage SP₁ et SP₂ totalise un linéaire de 2 723,50 (m).

Le tracé de la conduite longe la rive gauche depuis la station de pompage SP₁ (implantée à la côte de 110 (mNGA)) au lieu-dit Ouled H'Mida), puis une piste jusqu'au PK00+431(m) pour rejoindre la rive droite du chemin communal reliant la CW154 en passant par les douars d'Azib El Atoube jusqu'au PK 01+982 (m).

A partir du PK 01+982 (m), le tracé traverse le chemin de wilaya CW154 pour passer vers la rive droite jusqu'au PK 02+580 (m), puis traverse la route une deuxième fois en rejoignant la rive droite de la piste jusqu'à la station de pompage SP₂ implantée à la côte 329,00 (mNGA).

5.3 Tronçon N°3 (SP₂– vers – SP₃):

La conduite de refoulement DN700 en fonte ductile prévue entre la station de pompage SP₂ et SP₃ totalise un linéaire de 5 350,80 (m).

Le tracé de la conduite suivra depuis la station de pompage SP₂ (implantée à la côte de 329,00 (mNGA)) un chemin communal, en passant par les villages Mechtal Allal et Cherraba jusqu'au PK02+328.40 (m) pour rejoindre une piste agricole jusqu'à la CW154.

A partir de ce point, le tracé longe la rive droite de la CW154 jusqu'au PK 04+477 (m). Puis, la conduite rejoint la piste jusqu'à la station de pompage SP₃ (implantée à la côte 552,00 (m NGA)).

5.4 Tronçon N°4 (SP₃ – vers – SP₄):

La conduite de refoulement DN700 en fonte ductile prévue entre la station de pompage SP₃ et SP₄ totalise un linéaire de 10 438,60 (m).

Le tracé de la conduite suivra depuis la station de pompage SP₃ (implantée à la côte de 552,00 (mNGA)) un chemin de piste sur un linéaire de 1838 (m) pour traverser le chemin de Wilaya CW52 et rejoint la piste parallèle à la route communale qui mène vers le Douar d'Ain Melikech jusqu'à la route communale de Draa Tchit, où elle longe la rive gauche pour arriver à la RN71.

A partir de ce point le tracé longe la rive droite de la route jusqu'à la station de pompage SP₄ implantée à la côte 735,00 (mNGA).

6 Dimensionnement des quatre tronçons :

6.1 Adduction gravitaire :

La formule de calcul de perte de charge est à la base de dimensionnement des conduites d'adduction gravitaire.

6.1.1 Perte de charge :

$$\Delta H = \frac{K' \times L \times Q^\beta}{(D^m)}$$

Avec :

- Q : débit max journalier (m³/j).
- ΔH : pertes de charge (m.c.e).
- K', β, m : Coefficient en fonction de matériau, avec ($K'=0.00179$), ($\beta=2$), ($m=5.3$).
- L : Longueur de la conduite (m).
- D : diamètre réelle de la conduite (m).

Tableau 7: La variation des coefficients (β , k' , m) avec le type de conduite.

conduite	Acier	Fonte ductile
β	1.9 à 2.00	1.9 à 2.00
m	5,1 à 5,3	5,1 à 5,3
K'	0.00179 à 0.001735	0.00179 à 0.001735

Source : livre cours AEP [2].

6.1.2 Diamètre de la conduite :

On utilise la formule de « Lechapt et Calmon » [2] :

$$D = \left(\frac{K' \times L \times Q^\beta}{\Delta H} \right)^{\frac{1}{m}}$$

Le diamètre D trouvé doit être normalisé.

6.1.3 La vitesse d'écoulement :

$$Q_{moyj} = S_{réelle} \times V_{moy}$$

Avec :

- Q_{moyj} : Débit moyen d'écoulement journalier (m³/j)
- $S_{réelle}$: surface réelle de la conduite normalisée (m²).
- V_{moy} : vitesse moyenne d'écoulement (m/s).

6.1.4 Les calculs hydrauliques de ce tronçon :

Les données de base pour le premier tronçon (piquage ---SP₁):

Tableau 8: Les données de base de tronçons (piquage---SP₁) pour les calculs hydrauliques.

tronçons	CTN _d (m)	CTN _a (m)	CDC (m)	NSP (m)	H (m)	L (m)	Q (m ³ /s)	PN (Bar)
Piquage ---SP ₁	11,00	110,00	114,00	-2,00	103,00	7711.1	0,347	25,00

Avec :

H : la charge hydraulique.

$$H = CTN \text{ d'arrivé} - CTN \text{ départ} + \text{niveau d'installation de la SP} \\ + \text{hauteur de la b\^ache a eau}$$

- **CTN_a**: Cote terrain Natural d'arrivée (l'arrivé c'est la b\^ache a eau).
- **CTN_a** : Cote terrain Natural de départ.
- **CDC** : Cote d'arrivée de la conduite à la b\^ache.
- **NSP** : niveau d'installation de la SP par apport la CTN.

Tableau 9: Les calculs hydrauliques de tronçon (Piquage---SP₁).

Q (m ³ /j)	Q (m ³ /s)	L (m)	D _c calculé (m)	DN normalisé (m)	V (m/s)	ΔH (m.c.e)
30000	0,347	7717,1	0,576	0,6	1,228	30,97

6.2 Adduction par refoulement :

6.2.1 Calcul de diamètre économique :

Pour le calcul de diamètre économique on utilise la formule de Jacques BONNIN [2] :

$$D = \sqrt{Q}$$

Avec :

$$Q = Q_{maxj} \times \frac{24}{T_p}$$

Avec :

- **D** : diamètre calculé de la conduite en (m).
- **Q** : débit transité par la conduite (m³/s).
- **Q_{maxj}** : Débit max journalier (m³/s).
- **T_p** : temps de pompage, dans cet étude (T_p =20 heures).

Le diamètre calculé par la formule doit être normalisé.

6.2.2 Calcul de la vitesse d'écoulement :

La vitesse d'écoulement de l'eau dans les tuyaux se calcule par la formule suivante :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

Avec :

- V : vitesse moyenne d'écoulement (m/s).
- Q : Débit transporté par la conduite (m³/s).
- D : Diamètre normalisé (intérieur) de la conduite (m).

6.2.3 Les pertes de charge (ΔH):

6.2.3.1 Pertes de charge linéaires (ΔH_L):

Les pertes de charge linéaires sont dues aux frottements entre les particules de fluide entre elles et aux frottements des particules contre les parois de canalisations. Elles peuvent être tirées d'abaques ou calculées par plusieurs formules. Dans cette étude, la formule de DARCY-WEISBACH est utilisée [2] :

$$\Delta H_L = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = \left(\frac{8 \times \lambda \times L}{\pi^2 \times D^5 \times g} \right) \times Q^2.$$

Avec :

- ΔH_L : pertes de charge linéaires en (m.c.e).
- L : Longueur de la conduite en (m).
- D : Diamètre intérieur de la conduite en (m).
- V : Vitesse moyenne de l'écoulement (m/s).
- g : Accélération de la pesanteur ($g=9,81$ m/s²).
- λ : Coefficient de frottement linéaire, qui dépend de la rugosité relative et du régime d'écoulement (sans unité).

6.2.3.2 Détermination de Coefficient de frottement linéaire (λ) :

On utilise la formule de COLEBROOK - WHITE [2]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\left(\frac{\varepsilon}{3.71 \times D} \right) + \left(\frac{2.52}{Re \times \sqrt{\lambda 0}} \right) \right).$$

Avec :

- D : diamètre de la conduite (m).
- Re : Nombre de Reynolds (sans unité) qui est obtenu par la formule : $Re = \frac{V \times D}{\nu}$.
 - La viscosité cinématique (ν) de l'eau qui varie :

Tableau 10: Variation de la viscosité d'eau en fonction de température.

Température °c	0	5	10	15	20
ν en ($10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)	1.80	1.50	1.29	1.12	0.99

Source : technique de l'ingénieur [4].

La valeur $0.99 \times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)}$ de viscosité cinématique pour les calculs hydrauliques.

▪ **(ϵ) Coefficient de rugosité équivalente de la paroi :**

Tableau 11: Variation du coefficient de la rugosité de la paroi en fonction de nature du tuyau.

Nature de tuyau	ϵ (en 10^{-4} m)
Fonte vieille	20,00
Fonte neuve sans revêtement	10,00
Fonte revêtue de ciment	5,00
Béton coulé	5,00
Fonte revêtue de ciment centrifugé	2,50
Béton centrifugé	2,50
Acier ou béton lisse.	1,00
Fonte revêtue de ciment lisse	0,50
Béton précontraint	0,50
Amiante-ciment	0,25

Source : technique de l'ingénieur [4].

Dans notre cas on utilise la formule de COLEBROOK à cause de nombre de Reynolds $Re > 10^5$. (Tableau 12, 13, 14,15).

Pour le calcul de coefficient (λ), on estime la première valeur (λ_0) avec la formule de NIKURADSE, puis on utilise la formule de COLBROOK pour estimation de (λ) itérativement. On arrête l'opération du calcul quand l'erreur arrive : $> 10^{-5}$ et ($Erreur = \lambda - \lambda_0$).

❖ **Pour le tronçon (SP₁---SP₂) et le troisième tronçon (SP₂---SP₃) :**

Tableau 12: La valeur du Coefficient de frottement linéaire (λ) pour (SP₁---SP₂) et (SP₂---SP₃).

λ_0	λ	ϵ (mm)	D (mm)	Re	Erreur
0,000142857	0,012828003	0,1	700	884642,6044	0,012685145
0,012828003	0,012828622	0,1	700	884642,6044	$6,1949 e^{-07}$
0,012828622	0,012828622	0,1	700	884642,6044	$1,7647 e^{-12}$
0,012828622	0,012828622	0,1	700	884642,6044	0

❖ **Pour le quatrième tronçon (SP₃----SP₄) :**

Tableau 13: La valeur du Coefficient de frottement linéaire (λ) pour tronçons (SP₃---SP₄).

λ_0	λ	ϵ (mm)	D (mm)	Re	Erreur
0,012828611	0,012828603	0,1	700	702097,3051	$-7,6742 e^{-09}$
0,012828603	0,012828603	0,1	700	702097,3051	$-2,7548 e^{-14}$

❖ Pour l'aspiration de SP₁ et SP₂ (les mêmes valeurs du calcul pour les deux SP) :Tableau 14: La valeur du Coefficient de frottement (λ) linéaire pour les deux premiers SP.

λ_0	λ	ε (mm)	D (mm)	Re	Erreur
6,940816	0,012498163	0,1	800	670183,8	-6,92832
0,012498	0,012498073	0,1	800	670183,8	$-9 e^{-8}$
0,012498	0,012498073	0,1	800	670183,8	$-3,4 e^{-13}$
0,012498	0,012498073	0,1	800	670183,8	0

❖ Pour le cas d'aspiration de SP₃ :Tableau 15: La valeur du Coefficient de frottement linéaire (λ) pour la SP₃.

λ_0	λ	ε (mm)	D (mm)	Re	Erreur
17,77875	0,012498164	0,1	800	614335,1	-17,7663
0,012498	0,012498064	0,1	800	614335,1	$-1 e^{-07}$
0,012498	0,012498064	0,1	800	614335,1	$-4,1 e^{-13}$
0,012498	0,012498064	0,1	800	614335,1	0

6.2.3.3 Les pertes de charge singulières (ΔH_S) :

Les pertes de charge singulières sont celles qui apparaissent dans les singularités (coudes, clapets, vannes, branchement...). Elles sont estimées à 10% jusqu'à 15% des pertes de charge linéaires selon le chemin de la conduite.

$$\Delta H_S = 1.15 \times \Delta H_L$$

Ou

$$\Delta H_S = 1.1 \times \Delta H_L$$

Avec :

- ΔH_S : Pertes de charge singulières en (m.c.e).
- ΔH_L : Pertes de charge linéaires en (m.c.e).

Dans le cas d'aspiration, les pertes de charge singulières sont calculées comme suit :

$$\Delta H_S = \frac{\varepsilon \times v^2}{2 \times g}$$

Avec :

- ΔH_S : pertes de charge singulière en (m.c.e).
- ρ : la masse volumique de fluide et dans notre cas c'est l'eau (kg/m³).
- V : Vitesse moyenne de l'écoulement (m/s).
- ε : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi d'après la formule WEISBACH :

$$\varepsilon = \left(0.131 + 1.847 \times \left(\frac{d}{2 \times r} \right)^{3.5} \right) \times \frac{\theta}{90^\circ}$$

Avec :

- d : diamètre de la conduite (m).
- r : rayon de la conduite (m).
- θ : déviation en degré.
- ε : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi.

Tableau 16: Les valeurs de rugosité de la paroi de conduite avec les singularités.

$\frac{r/d}{\theta^\circ}$	1	1.5	2	2.5
11°25	0.037	0.021	0.018	0.017
22°5	0.074	0.043	0.036	0.034
30°	0.098	0.057	0.048	0.046
45°	0.147	0.085	0.073	0.069
90°	0.294	0.170	0.145	0.138
180°	0.588	0.341	0.291	0.275

Source : Delwaulle [5].

6.2.3.4 Pertes de charge totales (ΔH_T) :

Elles représentent la somme des pertes de charge linéaires et singulières. Pour chaque conduite on aura :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S$$

Avec :

- ΔH_S : Pertes de charge singulières en (m.c.e).
- ΔH_L : Pertes de charge linéaires en (m.c.e).
- ΔH_T : Pertes de charge totales (m.c.e).

6.2.4 Données de base des trois tronçons de refoulement :

Tableau 17: Les données de base des (03) tronçons de refoulement pour leurs calculs hydrauliques.

Tronçons	CTN _a (m)	CTN _d (m)	CDC (m)	NSP (m)	H _g (m)	L (m)	Q (m ³ /s)	PN (bar)	H _p (h)
SP ₁ —SP ₂	110,00	329,00	333,00	-2,00	225,00	2723,7	0,417	40,00	20,00
SP ₂ —SP ₃	329,00	552,00	556,00	-2,00	229,00	5350,7	0,417	40,00	20,00
SP ₃ —SP ₄	552,00	735,00	739,00	-2,00	189,00	10438,6	0,381	40,00	20,00

Avec :

$$H_g = CTN_{d'arrivée} - CTN_{départ} + \text{niveau d'installation de la SP} \\ + \text{la hauteur de la b\^ache a eau}$$

- CTN_d: Cote terrain Natural d'arrivée (l'arrivé c'est la b\^ache a eau).

- **CTN_a**: Cote terrain Natural de départ.
- **CDC**: Cote d'arrivée de la conduite à la bête.
- **NSP**: niveau d'installation de SP par apport la CTN.
- **H_p**: heures de pompage.

6.2.5 Résultat de calcul :

6.2.5.1 Pour le deuxième tronçon (SP₁ ----SP₂) :

Tableau 18: Les calculs hydrauliques de troisième tronçon (refoulement).

Q (m ³ /j)	Q (m ³ /s)	L (m)	Dc (m)	DN (m)	V (m/s)
30000	0,417	2723,700	0,645	0,700	1,083
ν à 20°C	Re	λ	ΔH_L (m.c.e)	ΔH_s (m.c.e)	ΔH_T (m.c.e)
0,00000099	765924,33	0,0128286	2,985	0,299	3,284
Avec 20 heures de Pompage					

6.2.5.2 Pour le troisième tronçon (SP₂ ----SP₃) :

Tableau 19: Les calculs hydrauliques de troisième tronçon (refoulement).

Q (m ³ /j)	Q (m ³ /s)	L (m)	Dc (m)	DN (m)	V (m/s)
30000	0,416	5350,7	0,645	0,700	1,083
ν à 20°C	Re	λ	ΔH_L (m.c.e)	ΔH_s (m.c.e)	ΔH (m.c.e)
0,00000099	765924,33	0,0128286	5,864	0,5864	6,451
Avec 20 heures de pompage					

6.2.5.3 Pour le quatrième tronçon (SP₃ ----SP₄) :

Tableau 20: Les calculs hydrauliques de quatrième tronçon (refoulement).

Q (m ³ /j)	Q (m ³ /s)	L (m)	Dc (m)	DN (m)	V (m/s)
27500	0,381	10438,6	0,618	0,700	0,992
ν à 20°C	Re	λ	ΔH_L (m.c.e)	ΔH_s (m.c.e)	ΔH_T (m.c.e)
0,00000099	702097,305	0,0128286	9,613	0,9613	10,575
Avec 20 heures de pompage					

6.3 Aspiration :

Dans cette étude on a une aspiration en charge pour les trois (03) stations de pompes
 Pour l'estimation des pertes de charge d'aspiration, on utilise les données de base suivantes :

Tableau 21: Donnée de base pour la détermination des pertes de charge d'aspiration.

Tronçon	L (m)	Déniveler (m)	Singularité	DN (m)	Q (m ³ /j)
Bâche N°1—SP ₁	20,00	1,5	2 coudes de 90°.	0.8	30000,00
Bâche N°2—SP ₂	20,00	1,5	2 coudes de 90°.	0.8	30000,00
Bâche N°3—SP ₃	20,00	1,5	2 coudes de 90°.	0.8	30000,00

6.3.1 Pour SP₁ (bâche N°1----SP₁) et SP₂ (la bâche N°2 ----SP₂) :

❖ Les pertes de charge singulières :

Tableau 22: Les calculs de perte de charge singulière entre la bâche N°1--SP₁ et la bâche N°2--SP₂.

Q (m ³ /j)	Q (m ³ /s)	DN (m)	S (m ²)
30000	0,417	0.800	0,5024
v (m/s)	ε (mm)	ΔH _s (m.c.e)	ΔH _s (m.c.e) pour 2 coudes de 90°
0,83	0,294	0,010	0,021
Avec 20 heures de pompage			

❖ Les pertes de charge linéaires :

Tableau 23: Les calculs de perte de charge linéaires entre la bâche N°1--SP₁ et la bâche N°2--SP₂.

Q (m ³ /j)	Q (m ³ /s)	DN (m)	V (m/s)	L (m)	v à 20°C
30000	0,417	0.800	0,83	20,00	0,00000099
Re	λ ₀	λ	ΔH _l (m.c.e)	ΔH _l (m.c.e) 2 coude de 90°	ΔH _{Asp} (m.c.e)
670183,8	6,94	0,012498073	0,012	0,021	0,032
Avec 20 heures de pompage					

6.3.2 Pour SP₃ (la bâche N°3----SP₃) :

❖ Les pertes de charge pour les singularités :

Tableau 24: Les calculs de perte de charge singulière entre la bâche N°3 et SP₃.

Q (m ³ /j)	Q (m ³ /s)	DN (m)	S (m ²)
27500	0,381944	0.800	0,5024
V (m/s)	ε (mm)	ΔH _s (m.c.e)	ΔH _s (m.c.e) pour 2 coudes de 90°
0,76	0,294	0,0087	0,017
Avec 20 heures de pompage			

❖ **Les pertes de charge linéaires :**Tableau 25: Les calculs de perte de charge linéaires entre la bache N°3 et SP₃.

Q (m ³ /j)	Q (m ³ /s)	D (m)	V (m/s)	L (m)	v à 20°C
27500	0,382	0.800	0,76	20,00	0,00000099
Re	λ ₀	λ	ΔH _l (m.c.e)	ΔH _s (m.c.e) pour 2 coudes (90°)	ΔH _{TAsp} (m.c.e)
614335,14	17,79	0,012498064	0,0092	0,017	0,027
Avec 20 heures de pompage					

❖ **Pour les pertes de charge totale de l'aspiration :**

Tableau 26: Les calculs de perte de charge d'aspiration totale pour les 3 SP.

Tronçons d'Aspiration	Pertes de charge totale d'aspiration ΔH _{TAsp} (m.c.e)
(La bache 01-----SP ₁)	0.032
(La bache 02-----SP ₂)	0.032
(La bache 03-----SP ₃)	0.027

6.3.3 Calcul de surpressions et de dépressions :**6.3.3.1 Pour surpression (P_{max}):**

Au niveau des SR, la pression effective maximale susceptible de s'établir dans la conduite à la sortie de la pompe, au moment du retour de l'onde de surpression, atteint la valeur :

$$P_{max} = H_g + B$$

Avec :

- P_{max} : valeur de la surpression (m.c.e).
- H_g : la hauteur géométrique (m).
- B : Valeur maximale du coup de bélier (m.c.e). $B = \frac{a \times v_0}{g}$.

Avec :

- a : célérité de propagation d'onde (m/s).

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{DN}{e}}}$$

- v : vitesse d'écoulement (m/s).
- g : accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

6.3.3.2 Pour la dépression (P_{min}):

Une dépression maximale (P_{min}) peut atteindre la valeur :

$$P_{min} = H_g - B$$

Avec :

- P_{min} : dépression.

La méthode de calcul de B est la même avec la surpression.

6.4 Résultats de calcul de surpressions et de dépressions :

Avec le tableau suivant présente les données de base et les calculs pour déterminer les valeurs de surpressions et dépression :

Tableau 27 : Les données de base des deux grandeurs surpression et dépression et leur calculs.

Tronçons	H_g (m)	e (mm)	k	DN (mm)	a (m/s)	g (m/s ²)	V (m/s)	B (m.c.e)	P_{max} (m)	P_{min} (m)
SP ₁ ---SP ₂	225	0,0103	1	0,7	918,16	9,81	1,083	101,39	326,39	123,62
SP ₂ ---SP ₃	229	0,0103	1	0,7	918,16	9,81	1,083	101,39	330,39	127,62
SP ₃ ---SP ₄	189	0,0103	1	0,7	918,16	9,81	0,993	92,94	281,94	96,062

Pour plus d'information sur la variation de l'épaisseur (e) en fonction de diamètre nominale (DN) de la conduite de la fonte ductile voire ANNEXE [D].

7 Récapitulation des résultats de l'adduction gravitaire et par refoulement :

Tableau 28: Le résumé de calculs hydrauliques des (04) tronçons d'adduction.

Tronçons	Q (m ³ /j)	DN (mm)	V (m/s)	ΔH_T (m.c.e)	Type de matériau	PN (Bar)	PMA (Bar)
Piquage--SP ₁	30000	600.00	1,29	30.97	Fonte ductile	25	20% de PN
SP ₁ ---SP ₂	30000	700.00	1,08	3,284	Fonte ductile	40	20% de PN
SP ₂ ---SP ₃	30000	700.00	1,08	6,451	Fonte ductile	40	20% de PN
SP ₃ ---SP ₄	27500	700.00	0,99	10,575	Fonte ductile	40	20% de PN

Tableau 29: Le résumé des calculs hydrauliques, cas d'aspiration pour les 3 SP.

Tronçons d'Aspiration	Q (m ³ /j)	DN (m)	V (m/s)	Type de matériau	ΔH_{TAsp} (m.c.e)
(La bache N°1-----SP ₁)	30000	800	0,83	Fonte ductile	0.032
(La bache N°2-----SP ₂)	30000	800	0,83	Fonte ductile	0.032
(La bache N°3-----SP ₃)	27500	800	0.76	Fonte ductile	0.027

8 **Conclusion :**

A travers ce chapitre nous avons déterminé les diamètres économiques et les pertes de charge pour le refoulement et l'aspiration, la vitesse moyenne de l'écoulement, les diamètres,... pour les 4 tronçons constituant le réseau d'adduction et les cotes de l'installation des trois stations des pompes.

Pour les tronçons d'adduction gravitaire et par refoulement, on récapitule les résultats de dimensionnement tableau N°28, et Pour les conduites d'aspiration des stations de pompage tableau N°29.

Choix de pompes

1 Introduction :

Les pompes sont des machines hydrauliques qui fournissent de l'énergie au fluide, cette énergie permet au fluide de couler dans une conduite et déplacer au niveau plus élevé.

D'après cette définition, on peut dire que le rôle principal d'une pompe consiste à augmenter la pression du fluide qui se traduit par la transformation de l'énergie mécanique fournie par un moteur, en énergie hydraulique.

2 Classification des pompes :

2.1 Les turbopompes (centrifuges) :

Suivant le type de la roue (turbine) et son mode d'action On distingue dans la catégorie des turbopompes [6]:

- Pompes centrifuges.
- Pompes à hélices.
- Pompes hélico-centrifuges.

Cette classification est basée sur la forme de la trajectoire à l'intérieur du rotor de la pompe (Roues radiales, semi-radiales, axiales).

2.2 Les pompes volumétriques :

Elles sont caractérisées par un déplacement du liquide du point de l'aspiration vers le point de refoulement qui se fait par un mouvement de [6] :

- Translation.
- Rotation.
- ou mixte (translation et rotation)

3 Choix de la pompe :

Le choix de la pompe se fait en respectant les critères suivants [6] :

- Le débit à refoulé (Q).
- La hauteur manométrique totale (HMT).
- Le rendement de la pompe.

Ce sont généralement les paramètres les plus importants du choix. Et, on peut compléter le choix d'une pompe d'après les paramètres suivants :

- La puissance de la pompe.
- La vitesse de rotation de la roue N.
- Le coût.
- Type de la pompe.

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'étages minimal. Puissance absorbée minimale.

Dans notre étude, on s'intéressera à la marque des pompes KSB (les fiches techniques sont dans l'annexe [C]).

4 Calcul des caractéristiques principales des pompes :

4.1 La courbe caractéristique d'une conduite ($H_c=f(Q)$) :

Connaissant les caractéristiques d'une canalisation (longueur, diamètre, rugosité des parois) et des accessoires qui s'y trouvent intercalés, il est possible de calculer pour différents débits possibles qui la traversent, la perte de charge totale [6].

La courbe caractéristique de la conduite est trouvée conformément à la relation suivante :

$$H_c = H_g + \Delta H_T$$

Avec :

- H_c : valeurs de courbe caractéristique de la conduite (m).
- H_g : hauteur géométrique (m.c.e).
- ΔH_T : Perte de charge totale dans la conduite de refoulement (m.c.e).

En suite :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_s = (1.1 \times \Delta H_L)$$

On prend la perte de charge singulière (ΔH_s) égale de 10% de celle linéaire (ΔH_L) :

$$\Delta H_L = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = \left(\frac{8 \times \lambda \times L}{\pi^2 \times D^5 \times g} \right) \times Q^2$$

$$\Delta H_T = 1.1 \times \left(\frac{8 \times \lambda \times L}{\pi^2 \times D^5 \times g} \right) \times Q^2$$

Ensuite, on pose :

$$R = 1.1 \left(\frac{8 \times \lambda \times L}{\pi^2 \times D^5 \times g} \right)$$

Alors :

$$\Delta H_T = R \times Q^2$$

La détermination de la variation de (H_c) en fonction de (Q) s'appelle la courbe caractéristique de la conduite (H_c).

$$H_c = H_g + (R \times Q^2)$$

4.2 La hauteur manométrique totale d'élévation (HMT) :

Elle représente la somme de la hauteur géométrique (H_g) et les pertes de charge de refoulement. Elle se détermine par la formule suivante :

$$HMT = H_g + \Delta H_T$$

Avec :

- **HMT** : Hauteur manométrique totale en (m.c.e).
- **H_g** : Hauteur géométrique (m).
- **ΔH_T** : Les pertes de charge Total (m.c.e).

4.3 La puissance hydraulique ou la puissance utile (P_u) :

Elle traduit la puissance transmise au fluide par la pompe, notée **P_u** [7] :

$$P_u = g \times HMT \times Q_{ref}$$

Avec :

- **P_u** : puissance utile par la pompe (KW).
- **Q_{ref}** : Débit refoulé (m³/s).
- **HMT** : hauteur manométrique totale (m.c.e).
- **g** : Accélération de la pesanteur (g= 9,81 m/s²).

4.4 La puissance absorbée par la pompe (P_a) :

C'est la puissance disponible ou bien en d'autres termes la puissance absorbée au niveau de l'arbre d'entraînement de la pompe, calculable par la formule suivante [7] :

$$P_a = \left(\frac{Q_{ref} \times g \times HMT}{\eta} \right)$$

Avec :

- **P_a** : puissance absorbée par la pompe (KW).
- **Q_{ref}** : Débit refoulé (m³/s).
- **η** : Rendement de la pompe (%).
- **HMT** : hauteur manométrique totale (m.c.e).
- **g** : Accélération de la pesanteur (g= 9,81 m/s²).

4.5 Rendement de la pompe (η %) :

C'est le rapport entre la puissance utile (**P_u**) et la puissance absorbée par la pompe (**P_a**).

$$\eta = \left(\frac{P_u}{P_a} \right)$$

4.6 Dimensionnement de la bache a eau d'aspiration :

Le volume maximal de stockage de la bache, est déterminé par la formule suivante [2] :

$$\text{Volume de la bache} = \frac{|P_{Max}| + |P_{Min}|}{100} \times Q_{maxj}$$

Avec :

- *Volume de la bache* : Volume de stockage pour refoulement (m³).
- Q_{maxj} : consommation maximale journalière (m³/j)
- P_{max} : résidu maximal dans le réservoir (%).
- P_{min} : résidu minimal dans le réservoir (%).

On peut utiliser la méthode directe avec les volumes, elle est basée sur la relation suivante :

$$\text{Volume de la bache} = |\text{volume}_{Max}| + |\text{volume}_{Min}|$$

Cette méthode est utilisée pour le calcul du volume de la bache N°3 de la station SP₃.

5 Courbes caractéristiques de pompe :

Les performances d'une pompe sont représentées par les trois courbes suivantes [6] :

- La courbe débit-hauteur (Q-H_c) : Exprime les variations des différentes hauteurs d'élévation en fonction des débits refoulés.
- les variations des différentes puissances absorbées en fonction des débits refoulés (Q-P).
- La courbe débit-rendement (Q-η) : Exprime les variations du rendement en fonction des débits refoulés.

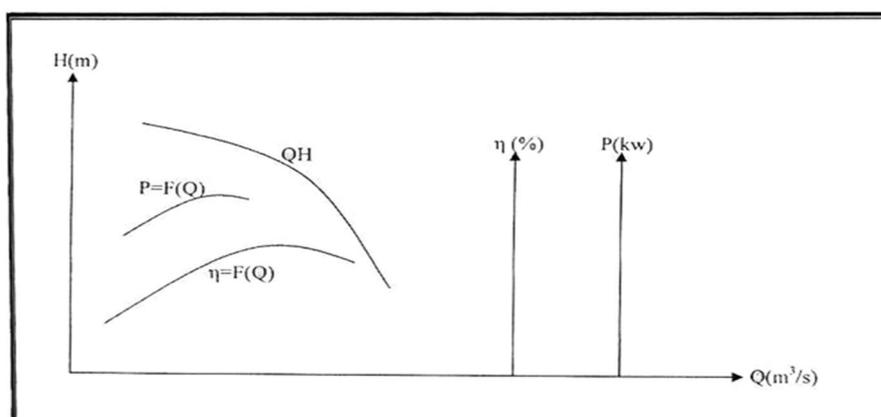


Figure 7: Les courbes caractéristiques de la pompe.

6 Le point de fonctionnement de la pompe :

Le point de fonctionnement d'une pompe débitant dans une conduite est représenté par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe ($Q-H_c$) dite caractéristique débitante et la courbe caractéristique de la conduite, dite caractéristique résistante, c'est la courbe ($Q-H_c$).

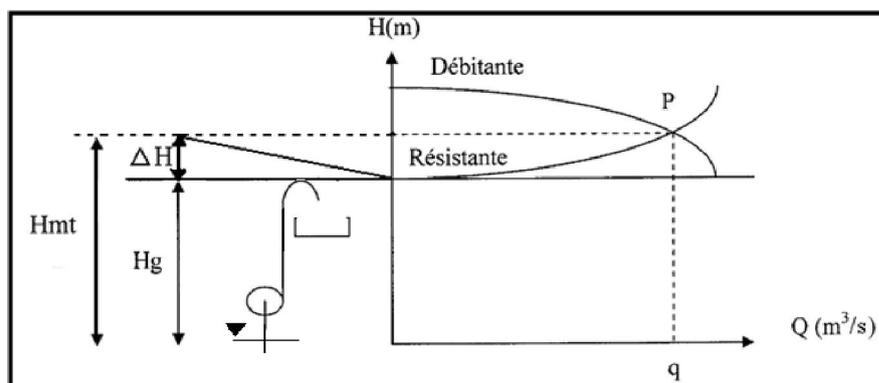


Figure 8: La détermination du point de fonctionnement.

7 Les modes de couplage des pompes :

- **Couplage en série :** dans ce cas, 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. Ce type de couplage est utilisé pour refouler un débit sensiblement constant à une hauteur importante.
- **Couplage en parallèle :** chaque conduite de refoulement aboutit à un collecteur général commun. Le débit du collecteur commun sera composé de la somme des débits de chaque pompe. Ce type de couplage est utilisé pour refouler un débit variable à une hauteur constante.

8 L'Etude de l'NPSH:

La cavitation est un phénomène physique très complexe, qui se manifeste lorsque la pression absolue du liquide descend au-dessous de la tension de vapeur du liquide. Il se forme des bulles d'air, qui, dans les zones de pression les plus élevées, provoquent d'importantes perturbations, bruits dans l'écoulement, des vibrations, ce qui entraîne la détérioration des caractéristiques hydrauliques (le rendement, l'HMT de refoulement,...etc.) et l'érosion des matériaux au niveau de la pompe [7].



Figure 9: Effets de la cavitation sur les roues des pompes.

Pour éviter ce phénomène, on doit assurer à l'aspiration une certaine pression dite « Charge nette minimale disponible à l'aspiration « Net Positive Suction Head » ($NPSH_d$) » (donnée par l'utilisateur pendant l'installation), qui sera supérieure à la charge nette minimale requise à l'aspiration ($NPSH_r$) (donnée par le constructeur de la pompe). Donc, pour un bon fonctionnement de la pompe, il faut que :

$$NPSH_d > NPSH_r$$

- **$NPSH_d$** : La charge nette d'aspiration disponible, est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe.
- **$NPSH_r$** : La charge d'aspiration requise par le constructeur. C'est la hauteur minimale de liquide, supposée à sa température d'ébullition, nécessaire au-dessus de l'aspiration pour empêcher la cavitation. Elle dépend de :
 - Type de la pompe.
 - Point de fonctionnement.

Les valeurs de $NPSH_r$ sont données par le fabricant sous la forme d'une courbe donnant le NPSH requis (en mètre de liquide) en fonction du débit.

- Aspiration en charge : $NPSH_d = \left(\frac{P_0}{\rho \times g}\right) + H_a - (\Delta H_{Asp} + h_v)$.
- Aspiration en dépression : $NPSH_d = \left(\frac{P_0}{\rho \times g}\right) - H_a - (\Delta H_{Asp} + h_v)$.

Avec :

- H_a : Hauteur d'aspiration en (m).
- ΔH_{Asp} : Les pertes de charges d'aspiration (m.c.e).
- h_v : Tension de vapeur d'eau pompée en (m) tableau N°30.
- $\left(\frac{P_0}{\rho \times g}\right)$: Pression du plan d'aspiration en (m.c.e).

Tableau 30: Les valeurs de tension de vapeur d'eau en fonction de la température.

T °c	0	4	10	20	30	40	50	60	70	80	100
H_v (m)	0.06	0.083	0.125	0.24	0.43	0.75	1.26	2.03	4.10	4.80	10.30

La valeur de $H_v = 0.24$ (m) pour détermination de la valeur de NPSH disponible.

9 Calcul des caractéristiques principales des pompes :

Les données de base des (03) stations de pompage :

Tableau 31: Les données de base pour détermination des valeurs caractéristiques des pompes.

Station de pompage	CTN _d (m)	CTN _a (m)	CDC (m)	NSP (m)	H _g (m)	Q (m ³ /h)	H _p (h)
SP ₁	110,00	329,00	329,00+4	-2,00	225,00	1500,00	20,00
SP ₂	329,00	552,00	552,00+4	-2,00	229,00	1500,00	20,00
SP ₃	552,00	735,00	735,00+4	-2,00	189,00	1375	20,00

Avec :

- **CTN_d** : Cote terrain Natural d'arrivée (l'arrivée c'est la bêche a eau).
- **CTN_a** : Cote terrain Natural de départ.
- **H_g** : hauteur géométrique
- **CDC** : Cote d'arrivée de la conduite à la bêche.
- **NSP** : niveau d'installation de la SP par rapport la CTN.
- **H_p** : heures de pompage.

9.1 Pour la station de pompage SP₁ :

Le tableau suivant représente la variation de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) de la conduite, la HMT, le rendement et la puissance de la pompe en fonction de débit (Q) de la fiche technique de marque de pompe KSB (fournisseur) de station de pompage SP₁. Ces données sont utilisées pour la détermination du point de fonctionnement de la pompe. Le mode de couplage est trois pompes parallèles « n = 3 » un temps de pompage égale « T=20 heures » de pompage.

Tableau 32: Les valeurs de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) et les courbes caractéristiques de la pompe pour (SP₁).

ΔH _L (m.c.e)	ΔH _S (m.c.e)	ΔH _T (m.c.e)	H _c (m)	Q d'une pompe (m ³ /h)	HMT (m.c.e)	Q de 3 pompes (m ³ /h)	η (%)	P _{Abs} d'une pompe (KW)	P _{Abs} de 3 pompes	NPSH (m.c.e)
0	0,000	0,000	225,000	0	276,00	0	0	215	645	3
0,119	0,012	0,131	225,131	100	270,00	300	30	245	735	3
0,478	0,048	0,525	225,525	200	261,00	600	52	275	825	3
1,075	0,107	1,182	226,182	300	251,00	900	65	310	930	3
1,911	0,191	2,102	227,102	400	240,00	1200	76	348	1044	3,1
2,985	0,299	3,284	228,284	500	229,00	1500	82,5	377,23	1131,69	3,56
4,299	0,430	4,729	229,729	600	210,00	1800	83,4	410	1230	4,1
5,851	0,585	6,436	231,436	700	185,00	2100	82	428	1284	5,4
7,642	0,764	8,407	233,4066	800	156,00	2400	74	445	1335	7,1
9,672	0,967	10,640	235,6396	900	117	2700	63	442	1326	9,7

9.1.1 Les courbes caractéristiques de la station de pompage SP₁ :

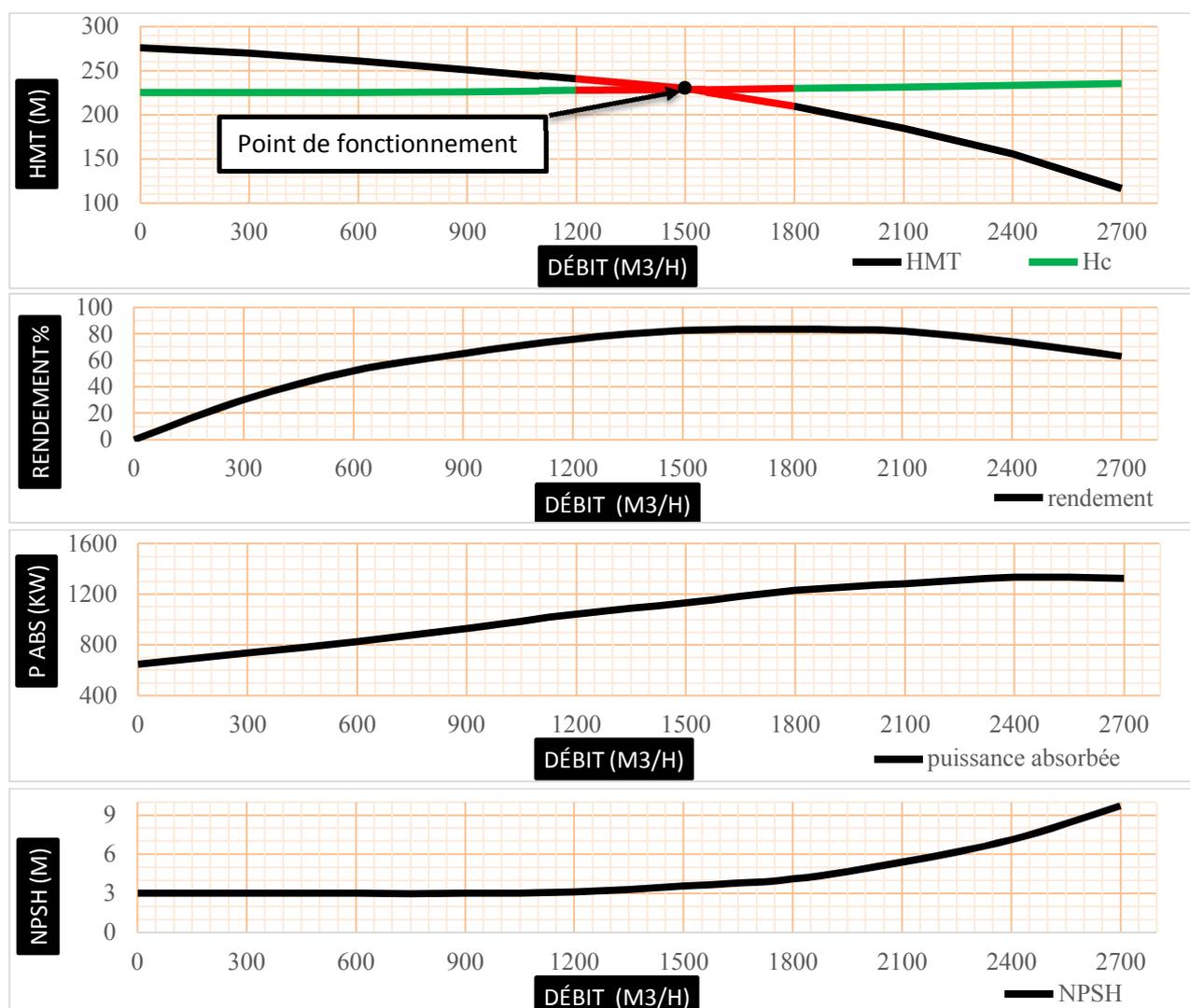


Figure 10: Ces (04) graphes représentent les courbes caractéristiques de la pompe et les courbes caractéristiques de la conduite (H_c-Q) pour la détermination du point de fonctionnement de l'SP₁

A l'aide du tableau N°(32), et des courbes caractéristiques de la pompe de la figure N°(10), on détermine les caractéristiques de la pompe d'après leur point de fonctionnement, les valeurs sont dans le tableau suivant:

Tableau 33: Les valeurs caractéristiques de la station de pompage SP₁

Les caractéristiques	Les valeurs
Débit Q (m ³ /h)	1500,00
HMT (m.c.e)	229,00
Rendement η (%)	82,5%
Puissance P _{Abs} (KW)	1131,69
NPSH _f (m.c.e)	3,56

9.1.2 Le dimensionnement de la bache d'aspiration N°1 de SP1 :

Tableau 34: La détermination du volume de la bache d'eau N°1 de (SP₁).

Heures	Apport (%)	Apport (m ³ /h)	Refolement (%)	Refolement (m ³ /h) (20/24)	surplus (%)	déficit (%)	////
0---1	4,17	1250	0	0	4,17	0,00	4,17
1---2	4,17	1250	0	0	4,17	0,00	0,00
2---3	4,17	1250	0	0	4,17	0,00	4,17
3---4	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	3,33
4---5	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	2,50
5---6	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	1,67
6---7	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	0,83
7---8	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	0,00
8---9	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-0,83
9---10	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-1,67
10---11	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-2,50
11---12	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-3,33
12---13	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-4,17
13---14	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-5,00
14---15	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-5,83
15---16	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-6,67
16---17	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-7,50
17---18	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-8,33
18---19	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-9,17
19---20	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-10,00
20---21	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-10,83
21---22	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-11,67
22---23	4,17	1250	5	1500	0,00	0,83	-12,50
23---00	4,17	1250	0	0	4,17	0,00	-8,33
TOTAL	100	30000	100	30000	////	////	////

D'après le tableau précédent, on trouve :

- $P_{max} = 8,33$ (%). $P_{min} = -8,33$ (%). $Q_{maxj} = 30000,00$ (m³/j).

$$\text{volume de la bache} = \frac{|-8,33| + |8,33|}{100,00} \times 30000,00$$

$$\text{volume de la bache} = 5000,00 \text{ (m}^3\text{)}.$$

La forme de la bache est carrée, alors, on peut déterminer le volume occupé par l'eau et le volume d'aération et les dimensions finales de la bache.

- Volume de la bache = 5000,00 (m³).
- La hauteur d'eau dans la bache arrive à 4,00 (m).

❖ **Détermination de la surface :**

$$\text{La surface occupé par la bache} = \left(\frac{\text{volume de la bache}}{\text{la hauteur d'eau}} \right).$$

$$\text{La surface occupé par la bache} = \left(\frac{5000,00}{4,00} \right).$$

$$\text{La surface occupé par la bache} = 1250,00 \text{ (m}^2\text{)}.$$

❖ **Détermination de la longueur et la largeur et le volume d'air dans la bache :**

$$\text{Longueur et la largeur de la bache} = \sqrt{\text{surface}}.$$

$$\text{Longueur et la largeur de la bache} = \sqrt{1250,00} = 35,4 \text{ (m)}.$$

$$\text{Volume d'air} = \text{La surface occupé par la bache} \times 1,00 \text{ (m)}.$$

$$\text{Volume d'air} = 1250,00 \text{ (m}^3\text{)}.$$

9.2 Pour la station de pompage SP₂ :

Le tableau suivant représente la variation de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) de la conduite, la HMT, le rendement et la puissance de la pompe en fonction de débit (Q) de la fiche technique de marque de pompe KSB (fournisseur) de station de pompage SP₂. Ces données sont utilisées pour la détermination du point de fonctionnement de la pompe. Le mode de couplage est trois pompes parallèles « **n = 3** » un temps de pompage égale « **T=20 heures** » de pompage.

Tableau 35: Les valeurs de courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) et les courbes caractéristiques de la pompe pour (SP₂).

ΔH_L (m.c.e)	ΔH_S (m.c.e)	ΔH_T (m.c.e)	H _c (m)	Q d'une pompe (m ³ /h)	Q de 3 pompe (m ³ /h)	HMT (m.c.e)	η (%)	P _{Abs} d'une pompe (KW)	P _{Abs} de 3 pompes (KW)	NPSH (m.c.e)
0,00	0,00	0,00	229,00	0,00	0	280	0	225	675	////
0,23	0,02	0,26	229,26	100,00	300	277	30	252	756	3
0,94	0,09	1,03	230,03	200,00	600	267	51	285	855	3
2,11	0,21	2,32	231,32	300,00	900	258	65	320	960	3
3,75	0,38	4,13	233,13	400,00	1200	247	75	352	1056	3,1
5,86	0,59	6,45	235,45	500,00	1500	236	82,5	385	1155	3,52
8,45	0,84	9,29	238,29	600,00	1800	218	83,4	420	1260	4,2
11,49	1,15	12,64	241,64	700,00	2100	192	82	448	1344	5,2
15,01	1,50	16,51	245,51	800,00	2400	160	76	455	1365	6,95
19,00	1,90	20,90	249,90	900,00	2700	122	65	457	1371	9,2

9.2.1 Les courbes caractéristiques de la station de pompage SP₂ :

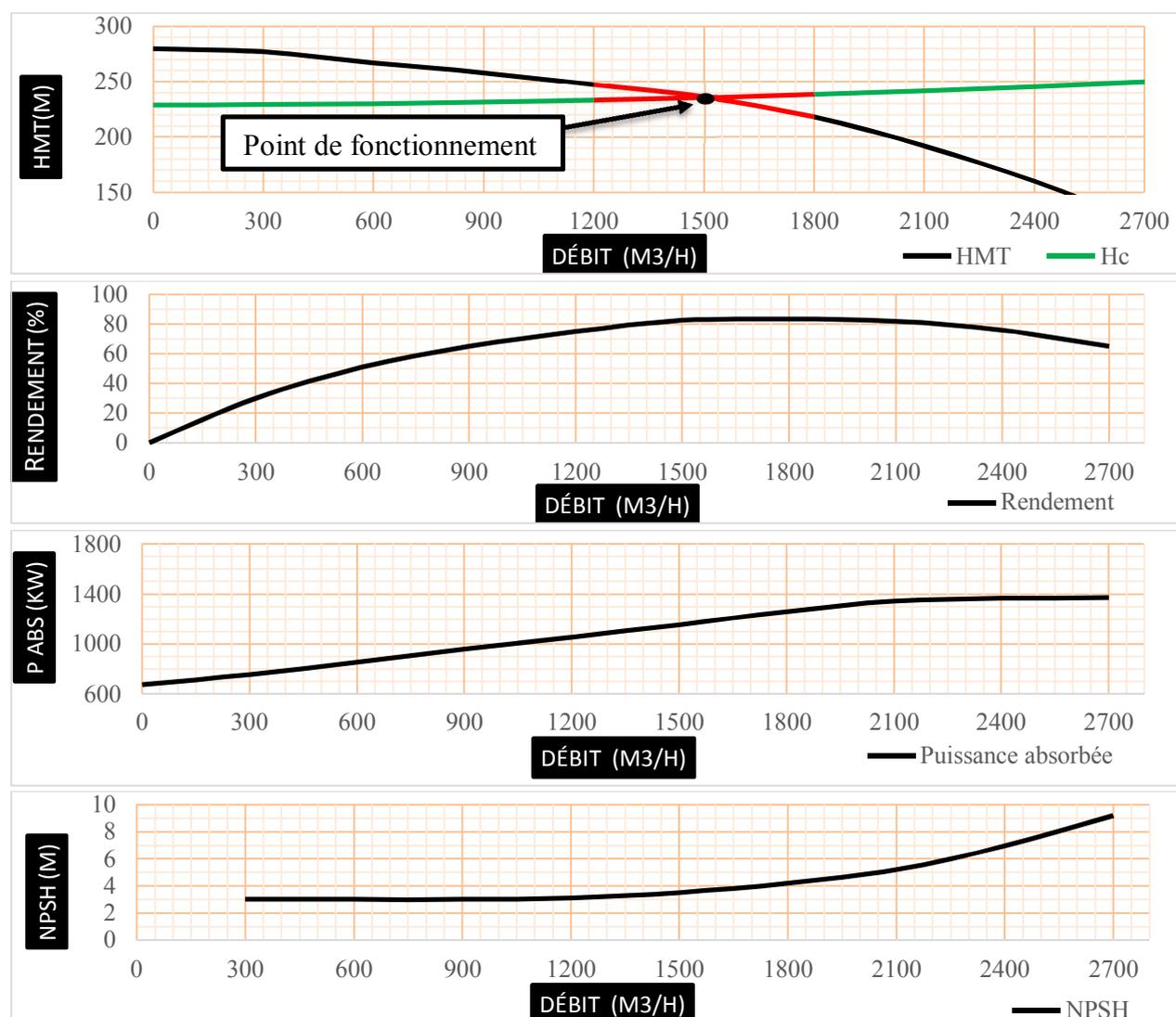


Figure 11: Ces (04) graphes représentent les courbes caractéristiques de la pompe et de la courbe caractéristique de la conduite (H_c - Q) pour détermination de point de fonctionnement pour SP₂.

A l'aide de tableau N°(35), et les courbes caractéristiques de la pompe figure N°(11), on détermine les caractéristique de la pompe d'après leur point de fonctionnement, les valeurs sont dans le tableau suivant :

Tableau 36: Les valeurs du point de fonctionnement de la pompe SP₂.

Les caractéristiques	Les valeurs
Débit Q (m ³ /h)	1500,00
HMT (m.c.e)	236,00
Rendement η (%)	82,5
Puissance P_{Abs} (KW)	1155,00
NPSH _r (m.c.e)	3,52

9.2.2 Le dimensionnement de la bache d'aspiration N°2 de SP₂:

Tableau 37: La détermination du volume de la bache d'eau N°2 de (SP₂).

Heures	Apport (%)	Apport (m ³ /h)	Refolement (%)	Refolement (m ³ /h) 20/24	surplus (%)	déficit (%)	////
0---1	0	0	5	1500	0,00	5,00	5,00
1---2	0	0	5	1500	0,00	5,00	0,00
2---3	0	0	5	1500	0,00	5,00	-5,00
3---4	5	1500	0	0	5,00	0,00	0,00
4---5	5	1500	0	0	5,00	0,00	5,00
5---6	5	1500	0	0	5,00	0,00	10,00
6---7	5	1500	0	0	5,00	0,00	15,00
7---8	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
8---9	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
9---10	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
10---11	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
11---12	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
12---13	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
13---14	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
14---15	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
15---16	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
16---17	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
17---18	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
18---19	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
19---20	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
20---21	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
21---22	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
22---23	5	1500	5	1500	0,00	0,00	15,00
23---00	0	0	5	1500	0,00	5,00	10,00
TOTAL	100	30000	100	30000	////	////	////

D'après le tableau précédent, on trouve :

- $P_{max} = 15.00$ (%). $P_{min} = -5.00$ (%). $Q_{maxj} = 30000$ (m³/j).

$$\text{Le volume de la bache} = \frac{|-5,00| + |15,00|}{100,00} \times 30000,00$$

$$\text{volume de la bache} = 6000,00 \text{ (m}^3\text{)}.$$

La forme de la bache est carrée, alors, on peut déterminer le volume occupé par l'eau et le volume d'aération et les dimensions finales de la bache.

- Volume de la bache = 6000,00 (m³).
- La hauteur d'eau dans la bache arrive à 4,00 (m).

❖ **Détermination de la surface :**

$$\text{La surface occupé par bache} = \left(\frac{\text{volume de bache}}{\text{la hauteur de l'eau}} \right)$$

$$\text{La surface occupé par la bache} = \left(\frac{6000,00}{4,00} \right)$$

$$\text{La surface occupé par la bacher} = 1500.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

❖ **Détermination de la Longueur et la largeur et le volume d'air dans la bache :**

$$\text{Longueur et la largeur de la bache} = \sqrt{\text{surface}}$$

$$\text{Longueur et la largeur de la bache} = \sqrt{1500.0} = 38.8 \text{ (m)}$$

$$\text{Volume d'air} = \text{La surface occupé par la bache} \times 1,00 \text{ (m)}$$

$$\text{Volume d'air} = 1500.00 \text{ (m}^3\text{)}$$

9.3 Pour la station de pompage SP₃ :

Le débit arrivé à la bache d'aspiration N°3 de la station de pompage SP₃ est de 30000,00 (m³/j). Un débit de 2500 (m³/j) écoule vers le réservoir R2500 (m³) de la ville Azrou (W. Tizi-Ouzou). Le reste (débit de 27500 m³/j) sera refoulé vers l'SP₄ à partir de l'SP₃.

Le tableau suivant représente la variation de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) de la conduite, la HMT, le rendement et la puissance de la pompe en fonction de débit (Q) de la fiche technique de marque de pompe KSB (fournisseur) de station de pompage SP₃. Ces données sont utilisées pour la détermination du point de fonctionnement de la pompe. Le mode de couplage est trois pompes parallèles « **n = 3** » un temps de pompage égale « **T=20 heures** » de pompage.

Tableau 38: Les valeurs de la courbe caractéristique de la conduite (H_c-Q) de la conduite et les courbes caractéristiques de la pompe pour (SP₃).

ΔH_L (m.c.e)	ΔH_S (m.c.e)	ΔH_T (m.c.e)	H _c (m)	Q (m ³ /h) d'une pompe	Q (m ³ /h) de 3 pompes	HMT (m.c.e)	η (%)	P _{Abs} d'une pompe (KW)	P _{Abs} de 3 pompes (KW)	NPSH (m.c.e)
0	0	0,00	189,00	0	0	240	0	190	570	////
0,46	0,045	0,50	189,5	100	300	235	30	208	624	3
1,83	0,18	2,01	191,01	200	600	225	52	236	708	3
4,12	0,41	4,53	193,53	300	900	218	67	263	789	3
7,32	0,73	8,05	197,05	400	1200	208	78	294	882	3,1
9,61	0,96	10,58	199,58	458,33	1375	200	80,8	308,97	926,91	3,56
11,44	1,14	12,59	201,59	500	1500	194	82	320	960	3,9
16,48	1,65	18,12	207,12	600	1800	173	83	340	1020	4,9
22,42	2,24	24,67	213,68	700	2100	144	79	345	1035	6,3
29,29	2,93	32,22	221,22	800	2400	110	69,7	342	1026	8,9

9.3.1 Les courbes caractéristiques de la station de pompage SP₃:

A l'aide de tableau N°(38), et les courbes caractéristiques de la pompe figure N°(12), on détermine les caractéristiques de la pompe d'après leur point de fonctionnement, les valeurs sont dans le tableau suivant :

Tableau 39: Les valeurs du point de fonctionnement de la pompe et leur fonction.

Les caractéristiques	Les valeurs
Débit Q (m ³ /h)	1375,00
HMT (m)	200,00
Rendement η (%)	80,80
Puissance P _{Abs} (KW)	1020,00
NPSH _r (m.c.e)	3,56

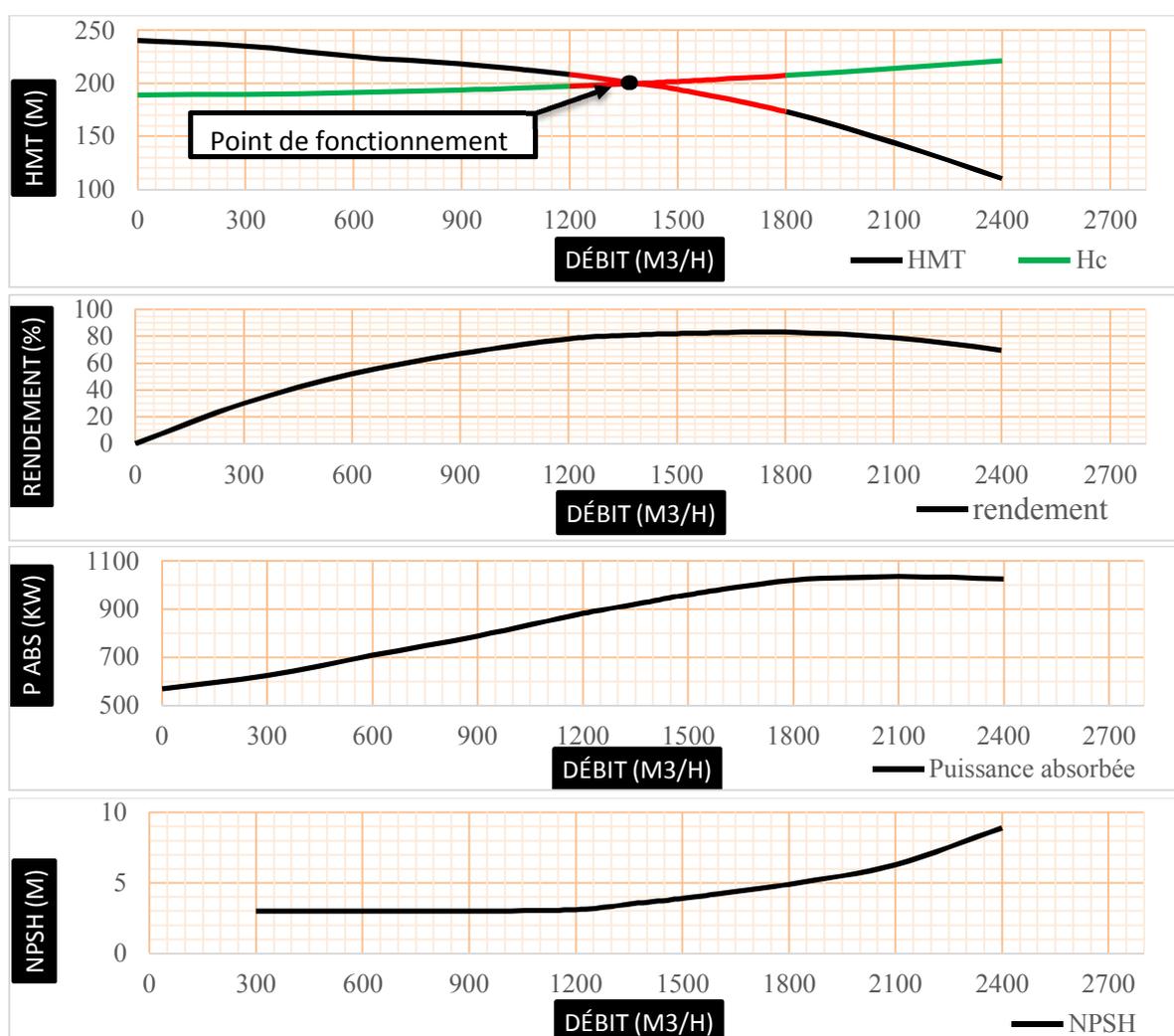


Figure 12 : Ces (04) graphes représentent les courbes caractéristiques de la pompe et de la courbe caractéristique de la conduite ((H_c-Q) pour détermination de point de fonctionnement pour SP₃.

9.3.2 Le dimensionnement de la bache d'aspiration N°3 de SP₃ :

Tableau 40: La détermination du volume de la bache d'eau N°3 de (SP₃).

Heures	Apport (m ³ /h)	Refoulement (m ³ /h) (20/24)	partie gravitaire	volume sortant	surplus (m ³)	déficit (m ³)	////
0---1	1500	0	104,17	104,17	1395,83	0,00	-1395,83
1---2	1500	0	104,17	104,17	1395,83	0,00	0,00
2---3	1500	0	104,17	104,17	1395,83	0,00	1395,83
3---4	0	1375	104,17	1479,17	0,00	1479,17	-83,33
4---5	0	1375	104,17	1479,17	0,00	1479,17	-1562,50
5---6	0	1375	104,17	1479,17	0,00	1479,17	-3041,67
6---7	0	1375	104,17	1479,17	0,00	1479,17	-4520,83
7---8	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4500,00
8---9	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4479,17
9---10	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4458,33
10---11	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4437,50
11---12	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4416,67
12---13	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4395,83
13---14	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4375,00
14---15	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4354,17
15---16	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4333,33
16---17	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4312,50
17---18	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4291,67
18---19	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4270,83
19---20	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4250,00
20---21	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4229,17
21---22	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4208,33
22---23	1500	1375	104,17	1479,17	20,83	0,00	-4187,50
23---00	1500	0	104,17	104,17	1395,83	0,00	-2791,67
TOTAL	30000	27500	2500	30000	////	////	////

D'après le tableau précédent, on trouve :

- **Volume max** = 1395,83 (m³) **Volume min** = -4520,83 (m³).

$$\text{Le volume de la bache} = |\text{volume}_{Max}| + |\text{volume}_{Min}|$$

$$\text{Le volume de la bache} = |1395,83| + |-4520,83| = 5916,67 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Le volume de la bache} = 6000,00 \text{ (m}^3\text{)}$$

La forme de la bache est carrée, alors, on peut déterminer le volume occupé par l'eau et le volume d'aération et les dimensions finales de la bache.

- Volume de la bache = 6000,00 (m³).
- La hauteur d'eau dans la bache arrive à (4,00 m).

❖ **Détermination de la surface :**

$$\text{La surface occupé par la bache} = \left(\frac{\text{volume de la bache}}{\text{la hauteur de l'eau}} \right).$$

$$\text{La surface occupé par la bache} = \left(\frac{6000.00}{4.00} \right).$$

$$\text{La surface occupé par la bache} = 1500.00 \text{ (m}^2\text{)}.$$

❖ **Détermination de la Longueur et la largeur et le volume d'air dans la bache :**

$$\text{Longueur et la largeur de la bache} = \sqrt{\text{surface}}$$

$$\text{Longueur et la largeur de la bache} = \sqrt{1500.00} = 38,73 \text{ (m)}.$$

$$\text{Volume d'air} = \text{La surface occupé par la bache} \times 1,00 \text{ (m)}.$$

$$\text{Volume d'air} = 1500.00 \text{ (m}^3\text{)}.$$

9.4 Puissances utiles et absorbées pour les (03) stations de pompage (SP) :

Ce tableau nous permet de visualiser les puissances utiles (P_u) et absorbées (P_{Abs}) calculées et les puissances absorbées données par les fiches techniques des 3 pompes KSB. Les résultats sont les suivants :

Tableau 41: Les valeurs des puissances utiles et absorbées des (03) pompes choisies pour les 03 SP.

Stations	Q (m ³ /s)	g (m/s ²)	HMT (m.c.e)	P _u (KW)	η (%)	P _{Abs} calculé (KW)	Pa de point de fonctionnement KW	Erreur	erreur (%)
SP ₁	0,417	9,81	228,6	934,403	0,825	1132,61	1132	0,00054	0,05
SP ₂	0,417	9,81	235,4	962,198	0,825	1166,3	1155	0,00969	0,9
SP ₃	0,382	9,81	200	749,375	0,808	927,44	927	0,00048	0,04
Avec 20 heures de pompage									

Remarque :

Pour chaque station de pompage (SP₁, SP₂ et SP₃), on a choisi un modèle de pompe adapté. Ces pompes fonctionnent en parallèles avec une pompe du secours de même modèle pour les 3 SP.

10 Vérification de la l'NPSH des pompes :

On détermine le (NPSH_r) à l'aide de la courbe caractéristique (Q-NPSH_r) de la pompe avec un débit de 500 (m³/h) pour les deux premières stations (SP₁ et SP₂) et 459 (m³/h) avec SP₃. Sachant que les 3 stations de pompage sont installées en charge, on peut déterminer les valeurs de (NPSH_d) au moyen de loi de calcul citée auparavant. Les valeurs calculées sont les suivantes :

Tableau 42: Les données de base et les calculs pour la détermination de (NPSH_d).

Station de pompage	P ₀ (pa.s)	ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	H _a (m)	ΔH _{Asp} (m.c.e)	H _v (m)	NPSH _d (m.c.e)
SP ₁	101 325	1000	9,81	1,5	0.032	0,24	11,55674618
SP ₂	101 325	1000	9,81	1,5	0.032	0,24	11,55674618
SP ₃	101 325	1000	9,81	1,5	0.027	0,24	11,56174618

Le tableau suivant représente les résultats pour déterminer est ce que les pompes cavité ou pas :

Tableau 43 : Comparaison entre les valeurs (NPSH_d) et (NPSH_r) pour les (03) stations de pompage.

Stations de pompages	SP ₁	SP ₂	SP ₃
NPSH _r (m.c.e)	3.56	3.52	3.56
NPSH _d (m.c.e)	11,556	11,556	11,561
Commentaire	La pompe ne cavite pas	La pompe cavite pas	La pompe ne cavite pas

11 Récapitulation des résultats choix de pompe et dimensionnement des bâches d'aspirations :

❖ Pour les 3 bâches a eau :

Tableau 44: Dimensionnement des (03) bâches à eau.

Dimensionnement	Bâche N°1 de SP ₁	Bâche N°2 de SP ₂	Bâche N°3 de SP ₃
Capacité (m ³)	5000,00	6000,00	5500,00
Surface occupé par la bâche dans le sol (m ²)	1250,00	1500,00	1375,00
Volume d'air à l'intérieur de la bâche (m ³)	1250,00	1500,00	1375,00
Hauteur d'eau max dans la bâche (m)	4,00	4,00	4,00
Hauteur de volume d'air dans la bâche (m)	1,00	1,00	1,00
La longueur et la largeur de la bâche carrée (m)	35.40	38.80	37.10

❖ **Pour les 3 stations de pompage :**

Tableau 45: Dimensionnement des (03) stations de pompages.

Dimensionnement	SP₁	SP₂	SP₃
Débit Q (m ³ /j)	30000,00	30000,00	27500,00
Q (m ³ /h)	1500,00	1500,00	1375,00
HMT (m.c.e)	229,00	236,00	200,00
Rendement η (%)	82,5	82,5	80,8
La puissance Absorbée P _{Abs} (KW)	1132,00	1155,00	927,00
NPSH _r (m.c.e)	3,56	3,52	3,56
NPSH _d (m.c.e)	11,557	11,557	12,562

12 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons calculé les capacités des bâches à eau d'aspiration des stations de pompage SP₁ et SP₂ et SP₃ et leurs dimensionnements (surface occupée par la bêche dans le sol et sa hauteur, ainsi le volume occupé par l'eau et l'air). Le dimensionnement de ces bâches est basé sur le régime de pompage (arrivée et départ).

Concernant les pompes, nous avons déterminé ses caractéristiques (débits refoulés, HMT, puissances, rendements,...). Pour le nombre, nous avons opté pour (03) pompes fonctionnant en parallèles avec une de secours. L'étude de la cavitation des pompes est effectuée, dont nous avons calculé l'NPSH disponible pour chaque station et le comparé avec l'NPSH requis par le constructeur (KSB) et nous avons assuré une marge importante de sécurité.

Conclusion générale:

Dans ce travail, on a étudié une partie d'un grand projet d'alimentation en eau potable des cinq (05) communes du Nord de wilaya de Tizi-Ouzou (Mizrana, Tizirt, Iflissen, Azzefoun et Ait-Chafaâ) à partir de la station de dessalement de l'eau de mer de Cap-Djinet.

La partie étudiée est limité aux quatre (04) premiers tronçons qui sont :

- Le premier tronçon : Adduction gravitaire, du point de piquage à Dellys (W. Boumerdès) vers SP₁.
- Le deuxième tronçon : Adduction par refoulement (SP₁ vers SP₂).
- Le troisième tronçon : Adduction par refoulement (SP₂ vers SP₃).
- Le quatrième tronçon : Adduction par refoulement (SP₃ vers SP₄).

Ensuite, une estimation des besoins pour les horizons futurs (22 ans), où nous avons constaté que les besoins à long terme (Horizon 2040) atteindront 30 000.00 (m³/j).

Pour assurer l'alimentation en eau potable des (05) communes de (W. Tizi-Ouzou), on a choisi une variante d'adduction qui comporte (04) tronçons avec (03) stations de pompage et (03) bâches d'aspiration, la SP₁ et SP₂ (projetées) avec une capacité de pompage de 30 000.00 (m³/j), et la SP₃ (projetée) avec une capacité de pompage de 27 500,00 (m³/j) et (03) bâches d'aspiration, la bache N°01 de capacité de 5 000 (m³) et la bache N°02 de capacité de 6 000 (m³) et la bache N°03 de 6 000 (m³).

Concernant le dimensionnement des conduites d'adduction des (04) tronçons, nous avons porté notre choix sur les diamètres les plus économiques avec des vitesses acceptables, à savoir :

- Pour premier tronçon gravitaire avec diamètre nominal DN600.
- Pour le 2^{ème}, le 3^{ème} et le 4^{ème} tronçon de refoulement avec le diamètre nominal DN700.

Le type de matériau choisi est la fonte ductile.

Par la suite, on a passé à la détermination des surpressions et des dépressions pour la détermination des pressions nominales (PN) des conduites qui sont :

- Pour premier tronçon (adduction gravitaire), la conduite choisie est de pression nominale PN 25.
- Pour 2^{ème} et le 3^{ème} et le 4^{ème} tronçon de refoulement, les conduites choisies sont de pression nominale PN 40.

Pour finir, cette étude nous a permis de mettre en pratique les connaissances acquises durant notre formation en Génie de l'eau. Nous espérons que ce modeste travail servira pour les futurs étudiants comme référence du travail.

Bibliographie

- [1] ADE, APD DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES COMMUNES COTIERES DE TIZI-OUZOU A PARTIR DE LA STATION DE DESSALEMENT DE CAP DJINET, Alger: ADE, 2010.
- [2] S. BOUALEM, Cours AEP, Blida: E.N.S.H, 1993.
- [3] GUIDE DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS D'ADDUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU, FRANCE: PAM, Saint Gobain.
- [4] H. GODART, Adduction et distribution d'eau, technique de l'ingénieur, 2008.
- [5] Delwaille, Les pertes de charge, 2012.
- [6] M. H. Kaddour, Les pompes et les stations de pompages, INPE, INSTITUT NATIONAL DE PERFECTIONNEMENT DE L'EQUIPEMENT, 2010.
- [7] P. Y. AJDOR, Machines Hydrauliques.