

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

Ecole Nationale Polytechnique  
Département d'Hydraulique

Projet de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du  
**Diplôme d'ingénieur d'état en Hydraulique**

**Thème :**

**Diagnostic et réhabilitation du réseau d'alimentation en l'eau potable  
de la commune de Hassi R'Mel**

**Soutenu le 15/06/2015**

*Dirigé par :*

**Pr. BENMAMAR S.**

*Etudié par :*

**Mr. CHIBANE Tariq  
Mr. LAGHA Karim**

**Promotion juin 2015**

Ecole Nationale Polytechnique (ENP)

10, Avenue des Frères Oudek, Hassen Badi, BP. 182, 16200 El Harrach, Alger, Algérie

# *Dédicace :*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ceux qui m'ont soutenu au long de mes études, qui m'ont toujours poussé vers le chemin du savoir, les deux êtres les plus chères au monde :*

*Mes Chers parents : Noureddine et Houria que Dieu le Tout Puissant les garde en bonne santé.*

*A mes frères : Kouki, Rahim et Ayoub.*

*A mes sœurs : Selma et Iman.*

*A mon Binôme : Karim.*

*A mes amis d'enfance : Salah, Sadam, Anis et Moha.*

*A mes amis de l'université : l'équipe ezzina de BoraBora (Farouk, Marouane, Brahim, Djalil et Hacem). L'ancienne équipe d'Annaba (Nasro, Djo, Moh Isasfour, Younes et Djamal).*

*A mes frères : Hocine, Oussama et toute la promotion Hydraulique 2015.*

*A tous ceux qui me sont cher(e)s.*

*TARIQ CHIBANE*

## *Dédicace :*

*Je dédie ce modeste travail aux deux personnes qui m'ont toujours fait confiance, qui n'ont jamais hésité à se sacrifier pour mon bien-être et qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours scolaire, mes parents, aucun mot ne peut décrire ma gratitude et la fierté que d'être votre fils représente pour moi.*

*A ma grande sœur, Sihem, à toi qui répond présente en toutes circonstances, tu as fait de l'intérêt des plus démunis, ton travail, et de leur bien être ton combat, pour cela je t'admire.*

*Au grand frère que je n'ai jamais eu, Hichem.*

*A mon oncle, mes grands-parents, qu'ils reposent en paix.*

*A ma seconde famille, mes amis : Rabah, Nabila, Narimane, Sabrina, Anis, Yasmine, Hocine, Oussama, Samir, Ghiles, Sabah, Sadek.*

*A mon binôme et ami Tariq.*

*Aux membres du CAP, à l'équipe SYENECO, ce que j'ai appris à vos côtés ne se trouve dans les pages d'aucun livre mais fera à jamais partie de mon histoire.*

*A ma famille, je vous aime.*

*LAGHA Karim*

## ***Remerciements***

*Nous remercions Dieu tout puissant qui nous a protégé le long de notre cursus d'étude.*

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance et notre infinie gratitude à celle qui nous a aidé pour faire ce travail, Melle. **BENMAMAR Saida**, d'avoir accepté l'encadrement de ce thème malgré ses empêchements et de toujours avoir répondu présente lors des moments de doutes.*

*Nous tenons à remercier infiniment notre promoteur Monsieur **CHEROUK Amine**, ingénieur au sein de l'entreprise SONATRACH, pour sa disponibilité, son esprit de partage, sa grande conscience professionnelle et la sympathie qui le caractérise.*

*Nous souhaiterions également remercier le chef de département Hydraulique le Pr. **BERMAD Malek**, ainsi que le président et les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre présent travail.*

*Pour finir nous remercions le personnel de l'Ecole Nationale Polytechnique ainsi que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.*

## **Résumé :**

L'objectif de la présente étude est d'établir un diagnostic précis du réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Hassi R'Mel.

Une étude du fonctionnement des installations du réseau est effectuée, aboutissant en particulier à la construction d'un modèle numérique du réseau sur le logiciel Epanet. Ce dernier permet d'identifier les insuffisances hydrauliques que l'on devra combler pour assurer la desserte en eau des abonnés de manière satisfaisante.

Le plan de réhabilitation proposée permettra d'assurer la quantité et la pression demandée dans les zones à difficultés et aussi augmenter la durée de vie du réseau après l'installation des différents dispositifs recommandés.

**Mots clés :** Diagnostic, réseau, pression, simulation.

## **Abstract:**

The objective of this study is to make a precise diagnosis of the water supply system of the town of Hassi R'Mel.

A study of the operation of system facilities is performed, leading in particular to the construction of a digital model of the system on the Epanet software. That helps to identify the hydraulic deficiencies which we have to make up to satisfy consumers.

The proposed rehabilitation plan will ensure the quantity and pressure required in areas with difficulties and increase the life span of drinking water supply system.

**Key words:** Diagnosis, system, pressure, simulation.

## **ملخص:**

الهدف من هذه الدراسة هو التسيير الامثل لشبكة تزويد المياه الصالحة للشرب لمدينة حاسي الرمل.

تم القيام بتشخيص سير عمل تجهيزات شبكة توزيع المياه, و الذي سمح ببناء نموذج رقمي للشبكة باستعمال البرنامج "Epanet". هذا الاخير سمح بمعرفة العيوب على مستوى الشبكة و التي وجب اصلاحها من اجل اصال المياه بكمية كافية الى جميع المستهلكين.

خطة إعادة التأهيل المقترحة ستضمن الكمية والضغط المطلوب في المناطق التي لا تصلها المياه, بالإضافة الى تمديد عمر الشبكة عن طريق تركيب مختلف التجهيزات المقترحة.

**كلمات مفتاحية:** تشخيص, شبكة, ضغط, نموذج.

## **Liste de figures :**

<i>Figure I. 1 : situation géographique de la ville de Hassi R'mel .....</i>	2
<i>Figure I. 2: situation géologique du champ de Hassi R'mel.....</i>	3
<i>Figure I. 3: colonne stratigraphique localisant les différents aquifères.....</i>	4
<i>Figure I. 4 : Réseau hydrographique de Hassi R'mel.....</i>	5
<i>Figure I. 5 : évolution des besoins et de la demande de la commune de Hassi R'mel aux horizons présent et futur selon le PNE.....</i>	12
<i>Figure II. 1 : les différentes zones de captage .....</i>	16
<i>Figure II. 2 : schématisation de la zone nord .....</i>	17
<i>Figure II. 3 : schématisation de la zone centre.....</i>	18
<i>Figure II. 4 : schématisation de la zone sud .....</i>	19
<i>Figure II. 5: carte en isopiezés de Hassi R'Mel.....</i>	20
<i>Figure II. 6 : schéma représentant la variation du niveau piézométrique de la zone centre.....</i>	24
<i>Figure II. 7 : schéma représentant la variation du niveau piézométrique de la zone sud .....</i>	25
<i>Figure II. 8 : schéma représentant la variation du niveau piézométrique de zone nord .....</i>	26
<i>Figure II. 9 : schématisation du réseau de production de l'eau BARREMIEN .....</i>	28
<i>Figure II. 10 : la variation de la production de l'eau BAREMIENNE à Hassi R'Mel. ....</i>	29
<i>Figure III. 1: la station de pompage nord SP127 .....</i>	32
<i>Figure III. 2 : la station de pompage sud SP122 .....</i>	34
<i>Figure III. 3 : station de pompage de la zone centre SP106.....</i>	36
<i>Figure III. 4 : le centre de stockage et de distribution.....</i>	40
<i>Figure III. 5 : le réseau de distribution de la zone centre.....</i>	41
<i>Figure IV. 1: schématisation de l'adduction de la zone Nord .....</i>	43
<i>Figure IV. 2 : profil de conduite régulièrement ascendant.....</i>	45
<i>Figure IV. 3: profil quelconque.....</i>	46
<i>Figure IV. 4 : profil topographique de la conduite reliant HRH145 à la SP 127.....</i>	47
<i>Figure IV. 5 : profil topographique de la conduite reliant HRH 151 à la SP 127.....</i>	47
<i>Figure IV. 6 : profil topographique de la conduite reliant HRH 126 à la SP 127.....</i>	48
<i>Figure IV. 7: profil topographique de la conduite reliant HRH 160 à la SP 127.....</i>	49
<i>Figure IV. 8 : profil topographique de la conduite reliant HRH 139 à la SP 127.....</i>	50
<i>Figure IV. 9 : Profil topographique de la conduite reliant HRH 161 à la SP 127 .....</i>	50
<i>Figure IV. 10: courbes caractéristiques des pompes Grundfoss de type SP60.....</i>	54
<i>Figure IV. 11 : courbe du rendement et du NPSH disponible des pompes Grundfoss SP-60.....</i>	55
<i>Figure IV. 12 : point de fonctionnement de la pompe Grundfoss SP6-22 .....</i>	56
<i>Figure IV. 13 : Profil topographique de la conduite reliant la SP127 à la SP 106.....</i>	57
<i>Figure IV. 14: simulation de la conduite d'adduction entre la SP127 et la SP106.....</i>	58
<i>Figure IV. 15 : principaux réservoirs de la zone centre .....</i>	60
<i>Figure IV. 16: Evolution du coefficient <math>\beta_{max}</math> en fonction de la population.....</i>	62
<i>Figure IV. 17: graphique de la variation de la consommation horaire horizon actuel.....</i>	69
<i>Figure IV. 18 : graphique de la variation de la consommation horaire à l'horizon futur.....</i>	71

<i>Figure IV. 19 : réseau d'AEP de la ville de Hassi R'Mel</i> .....	73
<i>Figure IV. 20: le tracé du réseau d'AEP de Hassi R'Mel</i> .....	74
<i>Figure IV. 21: simulation de l'écoulement dans le réseau à l'état actuel (2015)</i> .....	76
<i>Figure IV. 22: pompe immergée de marque [Lowara]</i> .....	80
<i>Figure IV. 23: les compteurs des conduites de refoulement de la station SP127</i> .....	80
<i>Figure IV. 24 : installation des vannes</i> .....	81
<i>Figure IV. 25 : les conduites de refoulement</i> .....	81
<i>Figure IV. 4 : profil topographique de la conduite reliant HRH145 à la SP 127</i> .....	120
<i>Figure IV. 5 : profil topographique de la conduite reliant HRH 151 à la SP 127</i> .....	121
<i>Figure IV. 6 : profil topographique de la conduite reliant HRH 126 à la SP 127</i> .....	122
<i>Figure IV. 7: profil topographique de la conduite reliant HRH 160 à la SP 127</i> .....	123
<i>Figure IV. 8 : profil topographique de la conduite reliant HRH 139 à la SP 127</i> .....	124
<i>Figure IV. 9 : Profil topographique de la conduite reliant HRH 161 à la SP 127</i> .....	125
<i>Figure IV. 13 : profil topographique de la conduite reliant la sp127 à la sp 106</i> .....	126
<i>Figure V. 1: simulation de l'adduction refoulant du HRH 145 en direction de la SP127</i> .....	84
<i>Figure V. 2: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 145</i> .....	86
<i>Figure V. 3: Simulation de l'adduction refoulant du HRH 151 en direction de la SP127</i> .....	87
<i>Figure V. 4: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 151</i> .....	88
<i>Figure V. 5: simulation de l'adduction refoulant du HRH 160 en direction de la SP127</i> .....	89
<i>Figure V. 6: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 160</i> .....	90
<i>Figure V. 7: simulation de l'adduction refoulant du HRH 139 en direction de la SP127</i> .....	91
<i>Figure V. 8: Abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 139</i> .....	92
<i>Figure V. 9: simulation de l'adduction refoulant du HRH 126 en direction de la SP127</i> .....	93
<i>Figure V. 10: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 126</i> .....	94
<i>Figure V. 11: simulation de l'adduction refoulant du HRH 161 en direction de la SP127</i> .....	95
<i>Figure V. 12: Abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 161</i> .....	96
<i>Figure V. 13: Simulation de l'adduction refoulant du HRH 127 en direction de la SP127</i> .....	97
<i>Figure V. 14: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 145</i> .....	99
<i>Figure V. 15: simulation de l'adduction de la ligne refoulant de la SP127 en direction de la SP106</i> .....	100
<i>Figure V. 16: Abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air de la nouvelle ligne.</i>	101
<i>Figure V. 17: réservoir d'air type CAR verticale</i> .....	102
<i>Figure V. 18 : schéma détaillé du château d'eau</i> .....	105
<i>Figure V. 19: simulation de l'écoulement via Epanet</i> .....	107
<i>Figure V. 20: Courbe de polarisation théorique</i> .....	112
<i>Figure V. 21: Protection cathodique par anodes sacrificielles</i> .....	113
<i>Figure V. 22: Système de protection cathodique par appoint solaire</i> .....	114

## **Liste des tableaux :**

<i>Tableau I. 1 : moyenne annuelle des précipitations pour les deux stations de Hassi R'mel et de Laghouat .....</i>	6
<i>Tableau I. 2: température moyenne annuelle pour les deux stations de Hassi R'mel et de Laghouat .....</i>	6
<i>Tableau I. 3 : population résidente des ménages ordinaires et collectifs de la commune de Hassi R'mel (O.N.S., 1998).....</i>	8
<i>Tableau I. 4: répartition de la population des ménages ordinaires et collectifs de la commune de Hassi R'mel (O.N.S., 2008).....</i>	8
<i>Tableau I. 5: tableau récapitulatif de l'évolution de la population de la commune de Hassi R'mel.</i>	9
<i>Tableau I. 6 : demande AEP, scenario Dotation tendancielle/Rendement tendanciel (DT/RT) (2015).....</i>	11
<i>Tableau I. 7: Demande AEP, scenario Dotation tendancielle/Rendement tendanciel (DT/RT) (2025) .....</i>	11
<i>Tableau I. 8: demande AEP, scenario Dotation tendancielle/Rendement tendanciel (DT/RT) (2030) .....</i>	11
<i>Tableau II. 1: la production annuelle de l'eau potable pour chaque puits de 1980 à 2009 :.....</i>	22
<i>Tableau II. 2: la production annuelle de l'eau BAREMIEN pour chaque puits de 2004 à 2009....</i>	29
<i>Tableau III. 1 : débit moyen pour chaque puits de la zone nord.....</i>	32
<i>Tableau III. 2 : diamètre et longueur des conduites refoulant en direction de la station de pompage nord.....</i>	33
<i>Tableau III. 3: caractéristiques hydrauliques de la SP127.....</i>	33
<i>Tableau III. 4 : les différentes unités alimentées par la SP127.....</i>	34
<i>Tableau III. 5: débit moyen pour chaque puits de la zone sud .....</i>	35
<i>Tableau III. 6 : diamètre et longueur des conduites de refoulement de la station de pompage sud</i>	35
<i>Tableau III. 7: caractéristiques hydrauliques de la SP122.....</i>	36
<i>Tableau III. 8 : les différentes unités alimentées par la SP122.....</i>	36
<i>Tableau III. 9 : débit moyen pour chaque puits de la zone centre .....</i>	37
<i>Tableau III. 10: Diamètre et longueur des conduites refoulant en direction de la station de pompage centre .....</i>	37
<i>Tableau III. 11 : caractéristiques hydrauliques de la SP106.....</i>	37
<i>Tableau III. 12 : les différentes unités alimentées par la SP127.....</i>	38
<i>Tableau III. 13 : équipements et différentes destinations de l'eau.....</i>	38
<i>Tableau III. 14 : Diamètres et longueurs des conduites de refoulement du BARREMIEN.....</i>	39
<i>Tableau IV. 1 : caractéristiques hydrauliques de l'adduction de la zone nord .....</i>	44
<i>Tableau IV. 2: diamètre des conduites de refoulements de la zone Nord .....</i>	51
<i>Tableau IV. 3: Caractéristiques hydrauliques des pompes de la zone nord.....</i>	53
<i>Tableau IV. 4: variation du coefficient <math>\beta_{max}</math> en fonction de la population .....</i>	62
<i>Tableau IV. 5: différents consommateurs de la ville de Hassi R'Mel (zone centre).....</i>	64
<i>Tableau IV. 6 : calcul de la capacité du réservoir à l'horizon actuel (2015).....</i>	68
<i>Tableau IV. 7: Calcul de la capacité du réservoir à l'horizon futur (2040).....</i>	70
<i>Tableau IV. 8: caractéristiques des conduites de distribution du réseau principal.....</i>	73



<i>Tableau IV. 9: les vitesses et les débits dans les conduites</i> .....	76
<i>Tableau IV. 10: les pressions dans les nœuds</i> .....	78
<i>Tableau V. 1: Caractéristiques des réservoirs d'air de la zone nord</i> .....	103
<i>Tableau V. 2 : les pressions dans les nœuds</i> .....	107
<i>Tableau V. 3: les vitesses et les débits dans les conduites</i> .....	109

## SOMMAIRE :

Introduction Générale .....	1
Chapitre I.....	2
Présentation de la zone d'étude .....	2
1. Situation géographique .....	2
2. Géologie .....	3
3. Hydrogéologie .....	4
4. Climat .....	6
5. Industrie.....	6
6. Evolution de la population.....	7
6.1. Population de Hassi R'mel en 2015 (année de référence).....	7
6.2. Calcul de la population à l'horizon projet (2040).....	9
7. Evaluation des besoins en eau de la commune de Hassi R'mel .....	9
7.1. Les besoins.....	10
7.2. La demande.....	10
7.3. Evaluation des besoins en eau à l'horizon actuel (2015) et à l'horizon projet (2040) .....	10
Conclusion.....	12
Chapitre II.....	13
Champs de captage de Hassi R'mel .....	13
Introduction .....	13
1. Captages .....	13
1.1. Captage des eaux de surface .....	13
1.2. Captage des eaux souterraines .....	13
1.2.1. Les Nappes libres .....	14
1.2.2. Nappe captive.....	14
2. Différentes zones de captage de Hassi R'mel .....	14
2.1. Nappe Suno-Turonien.....	15
2.1.1 Zone nord .....	17
2.1.2 Zone Centrale .....	17
2.1.3. Zone Sud .....	18
2.2 Alimentation de la nappe .....	19
2.3. Production d'eau potable a Hassi R'Mel .....	21
2.4. Piézométrie de la nappe TURONIENNE .....	24

2.4.1. Piézométrie de la zone centre .....	24
2.4.2 Piézométrie de la zone sud .....	24
2.4.3 Piézométrie de la zone nord .....	25
3. Nappe Albo-Baremien .....	26
3.1. Description lithologique du barrémien .....	26
3.2. Structure .....	26
3.3. Piézométrie .....	27
3.4. Alimentation de la nappe ALBO-BARREMIEN .....	27
3.5. Domaine d'utilisation de l'eau BAREMIEN .....	28
3.5. Production d'eau du barrémien de 2004 à 2009 .....	29
Conclusion .....	30
Chapitre III .....	31
Les réseaux hydrauliques de Hassi R'Mel .....	31
Introduction .....	31
1. Etat des lieux du réseau d'eau potable .....	32
1.1. Zone nord de Hassi R'Mel .....	32
1.1.1. La station de pompage SP127 .....	32
1.1.2. Caractéristiques hydrauliques de SP127 .....	33
1.1.3. Les réseaux de distribution et d'expédition de SP127 .....	33
1.2. Zone Sud de Hassi R'Mel .....	34
1.2.1. La station de pompage SP122 .....	34
1.2.2 Caractéristiques hydrauliques de la station de pompage SP122 .....	35
1.2.3. Les réseaux de distribution et d'expédition de SP122 .....	36
1.3. Zone centre de Hassi R'mel .....	36
1.3.1. La station de pompage SP106 .....	36
1.3.2. Caractéristiques hydrauliques de SP106 .....	37
1.3.3. Réseaux de distribution et d'expédition de la station de pompage SP106 .....	38
2. Etat des lieux du réseau d'eau d'irrigation et industrielle .....	38
3. Etat des lieux du centre de stockage et de distribution .....	40
Conclusion .....	41
Chapitre IV .....	42
Diagnostic du réseau d'AEP de la ville de Hassi R'mel .....	42
Introduction .....	42

1. Adduction .....	42
1.1. Etat des lieux de l’adduction de la zone Nord .....	43
1.2. Conditions d’établissement de la conduite de refoulement .....	45
1.2.1. Conditions techniques .....	45
1.2.2. Vérification de la condition technique .....	46
1.2.3. Vérification des diamètres des conduites de refoulement.....	51
1.3. Caractéristiques hydrauliques des pompes de la zone nord.....	52
1.4. Vérification du point de fonctionnement des pompes de la zone Nord.....	54
1.4.1. Point de fonctionnement d’une pompe.....	54
1.4.2. Pompe refoulant du HRH 126 en direction de la SP 127.....	54
1.5. Diagnostique de la nouvelle ligne refoulant de la SP127 en direction de la zone centre.....	56
1.5.1 Vérification de la condition technique de la nouvelle ligne reliant SP 127 et la SP106 .....	56
1.5.2. Simulation de l’écoulement via le modèle Epanet.....	57
2. Diagnostic des réservoirs de la ville de Hassi R’Mel.....	58
2.1. Fonctions.....	59
2.2. Etat des lieux des réservoirs de la zone centre.....	60
2.3. Calcul du réservoir de la zone centre.....	61
2.3.1. Etude de variation des débits.....	61
2.3.2. Estimation des coefficients d’irrégularité .....	61
2.4. Les pertes d’eau .....	63
2.5. Détermination des débits journaliers .....	63
2.5.1. Débit Moyen de consommation totale à l’horizon actuel (2015).....	63
2.5.2. Calcul du débit moyen des différents consommateurs de la ville de Hassi R’Mel .....	64
2.5.3. Consommation maximale journalière .....	66
2.5.4. Détermination des débits horaires .....	66
2.5.5. Débit moyen journalier de consommation totale à l’horizon projet (2040).....	66
2.5.6. Consommation maximale journalière $Q_{max, j}$ .....	67
2.5.7. Détermination des débits horaires .....	67
2.6. Calcul du réservoir par la méthode analytique .....	68
2.6.1. Horizon actuel (2015).....	68
2.6.2. Horizon futur (2040) .....	70

3. Diagnostic du réseau de distribution .....	73
3.1. Présentation du réseau.....	73
3.2. Simulation de l'écoulement du réseau de Hassi R'Mel .....	74
3.2.1. La collecte de toutes les données nécessaires à la modélisation .....	74
3.2.1. Tracé du réseau de distribution de la ville de Hassi R'Mel .....	74
3.2.2. Rugosité des conduites .....	75
3.2.3. Demandes aux nœuds.....	75
3.3. Simulation.....	75
4.3.1. Etat des Arcs du Réseau à 11:00 Heures.....	76
4.3.2. Etat des Nœuds de demande du Réseau à 11:00 Heures.....	78
4. Diagnostic des équipements .....	80
4.1. Les pompes .....	80
4.2. Les compteurs .....	80
4.3. Les vannes.....	81
4.4. Les conduites .....	81
Conclusion.....	82
Chapitre V : .....	83
Réhabilitation du réseau d'AEP de Hassi R'Mel .....	83
Introduction .....	83
1. Protection des conduites de la zone nord contre le coup de bélier .....	84
1.1. Calcul des réservoirs d'air de la zone nord.....	84
1.2. Nouvelle ligne refoulant de la SP 127 en direction de la zone centre .....	100
Conclusion .....	103
2. Réhabilitation des réservoirs de la ville de Hassi R'Mel.....	104
2.1. Le château d'eau .....	104
2.2. Fonctionnement et caractéristiques d'un château d'eau .....	104
2.2.1. Fiabilité.....	104
2.2.2. Capacité de stockage .....	104
2.2.3. Dimensionnement du château d'eau .....	105
3. Réhabilitation de la distribution .....	106
3.1. Simulation de la distribution via Epanet.....	106
3.2. Interprétation des résultats de simulation .....	111
4. Protection des équipements contre la corrosion .....	111

4.1 Principe de la protection cathodique.....	111
4.1.1. Protection par anodes sacrificielles .....	112
4.1.2. Protection par courant imposé (soutirage de courant).....	113
Conclusion : .....	114
Conclusion et recommandations.....	115
Conclusion générale .....	116
<i>Références bibliographiques</i> .....	118
<i>Annexes</i> .....	119

## **Introduction Générale**

L'eau est une denrée indispensable pour l'existence de l'humanité et son développement socio-économique. La ville de Hassi R'Mel repose sur un grand gisement de gaz qui représente le quart de la production gazière du pays ce qui en fait la plaque tournante de l'industrie Algérienne.

L'alimentation en eau de cette commune caractérisée par un climat saharien rude, joue un rôle déterminant dans le bon développement économique de cette région. Une coupure prolongée de son alimentation représenterait une perte économique évidente et handicaperait surtout sa population à tous les niveaux, car sans eau aucune activité humaine n'est possible.

Cette présente étude vise à diagnostiquer le réseau d'AEP de la ville de Hassi R'Mel dans le but de détecter ses dysfonctionnements et anomalies afin de donner un plan de réhabilitation pour mettre fin à tout ce qui perturbe son bon fonctionnement.

Dans le premier chapitre nous allons présenter notre zone d'étude avec les différentes caractéristiques reliées spécialement à cette région, aussi nous allons estimer l'évolution de la population afin de déterminer les besoins en eau à l'horizon future.

Dans le deuxième chapitre nous présenterons les différents champs de captages qui assurent l'approvisionnement en eau de la ville de Hassi R'Mel en donnant la capacité de production pour chaque puits ainsi que l'évolution du niveau piézométrique des nappes.

Dans le troisième chapitre nous montrons un état des lieux précis pour les réseaux hydrauliques présent dans notre zone.

Dans le quatrième chapitre nous procédons au diagnostic général du réseau d'eau potable ainsi que la modélisation du réseau de la ville via le logiciel Epanet.

Le cinquième chapitre sera consacré à la réhabilitation des différentes composantes du réseau.

Nous finirons enfin par une conclusion générale et des recommandations pour la gestion du réseau.

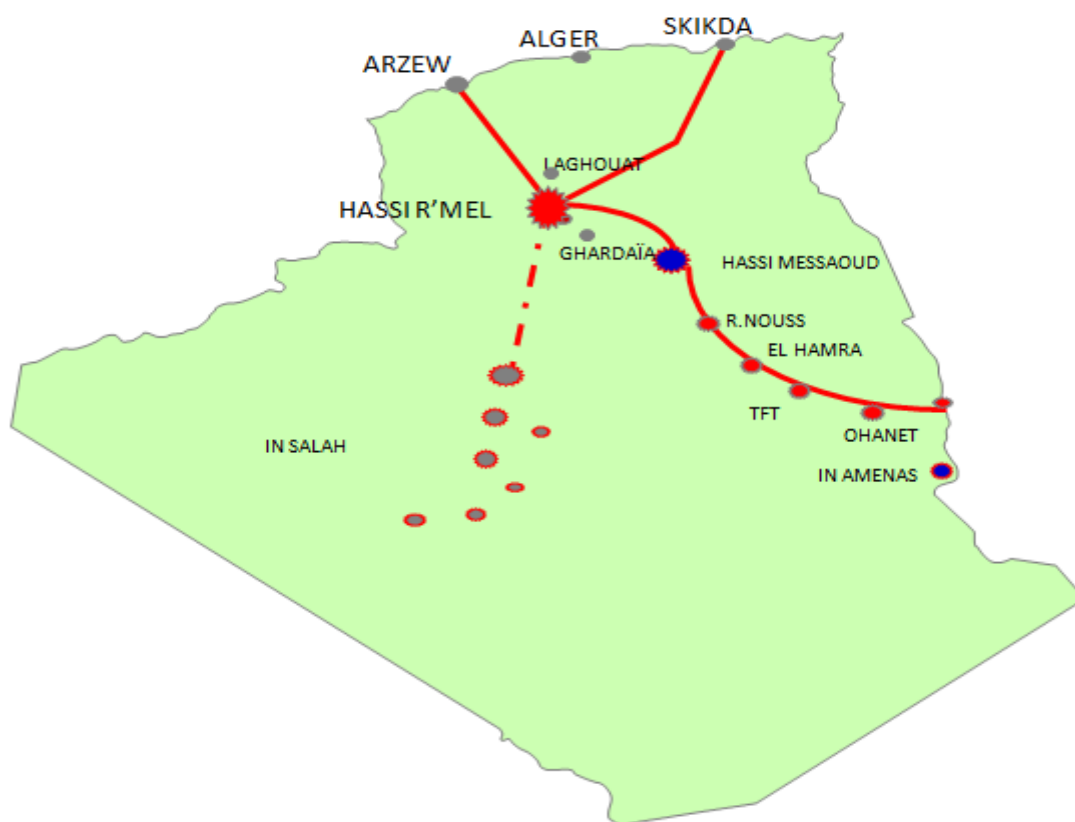
## Chapitre I

### Présentation de la zone d'étude

#### 1. Situation géographique

La ville de Hassi R'mel, porte du désert, est située dans la Wilaya de Laghouat à 550 km au sud d'Alger, à environ 70 Km à l'ouest de Berriane et à 120 Km au nord-ouest de Ghardaïa aux points méridiens  $2^{\circ}55'$  et  $3^{\circ}50'$  Est et les parallèles  $33^{\circ}15'$  et  $33^{\circ}45'$  Nord.

Géographiquement, cette région est limitée par le grand Erg occidental au Sud et à l'Ouest, l'Atlas Saharien au Nord et la région de Touggourt à l'Est. L'altitude moyenne de la zone est de l'ordre de 800m. Le champ de Hassi R'mel s'étend sur 80km x 60km. Il produit essentiellement du gaz à condensât (Figure I.1).

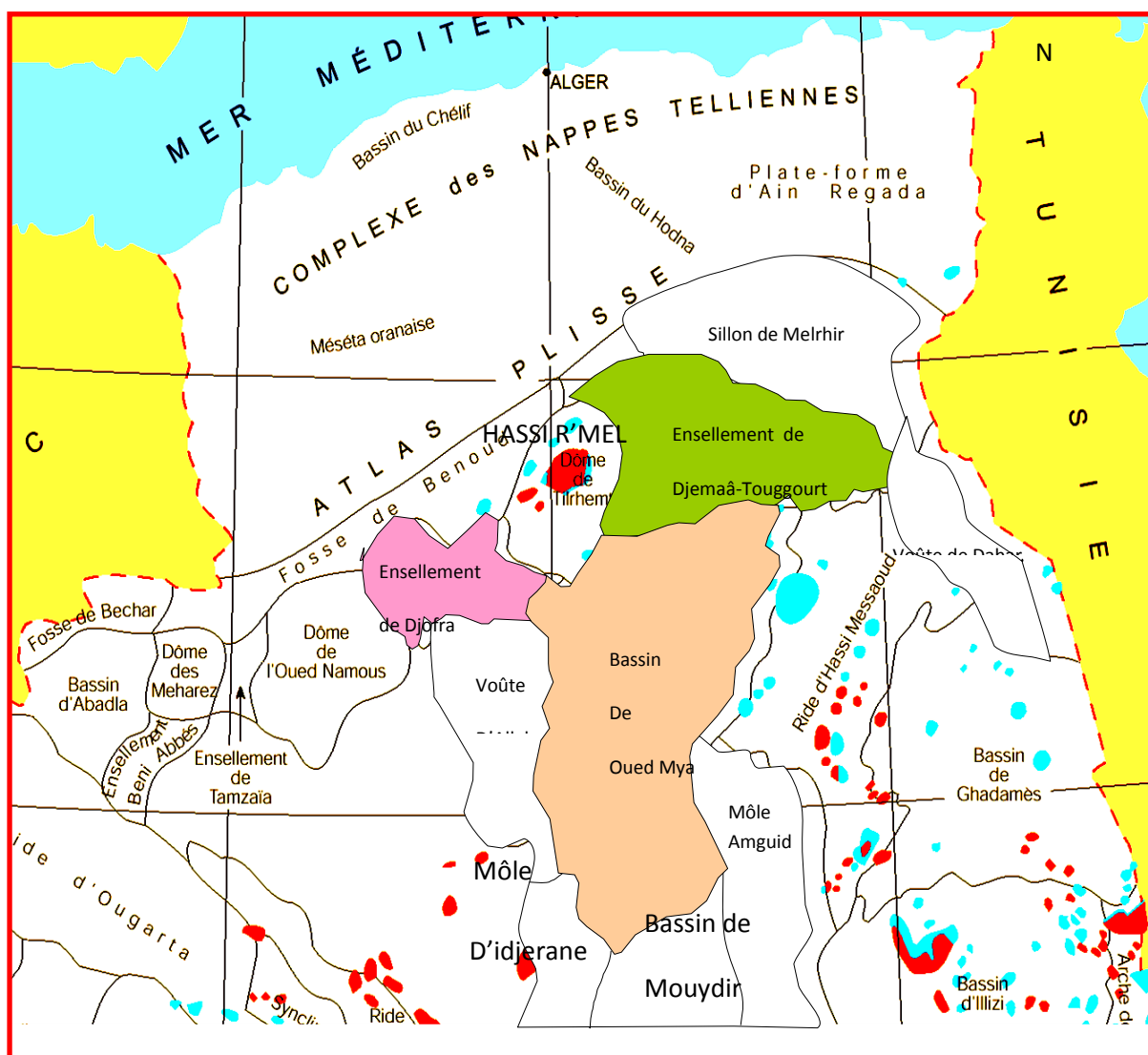


*Figure I. 1 : situation géographique de la ville de Hassi R'mel*


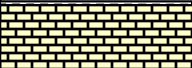
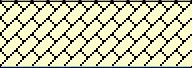
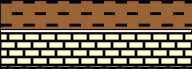
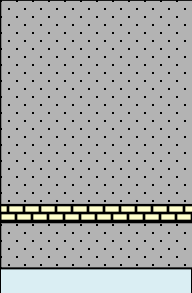


## 2. Géologie

Le champ de Hassi R'mel est situé sur la bordure nord-ouest de la dorsale Chebka du M'Zab, caractérisée par des affleurements calcréo-dolomitiques du crétacé supérieur, essentiellement turonien et sénonien. Les principaux oueds de la Chebka et notamment Oued El Abiod, dans la zone sud du champ érodent cette série jusqu'au cénoomanien. Sur la moitié occidentale de la concession, le crétacé supérieur est directement recouvert par une croûte Amadienne plio-quaternaire, tandis que dans les domaines situés au nord-ouest du champ, cette croûte repose sur le mio-pliocène continental (sable et calcaire), développé localement en discordance sur le sénio-turonien (Figures I.2 et I.3).



*Figure I. 2: situation géologique du champ de Hassi R'mel*

Age	Epaisseur moyenne(m)	Etages		Strates	Description Lithologique
Tertiaire	100 (moyenne)	MRO-PLIOCENE			Coute calcaire et
C R E T A C E	40	SENONIEN			Calcaire à silex
	40	TURONIEN			Dolomies vacuolaires
	100	CENOMANIEN			Calcaire et argile
	640		ALBIEN		Grès fins, friables à passés argile
			APTIEN		Marnes et grès
BARREMIEN			Grès fins a grossiers, ciment carbonaté		
NEOCOMIEN			Grès à passage d'argile et de calcaires		

*Figure I. 3: colonne stratigraphique localisant les différents aquifères*

### 3. Hydrogéologie

Il existe plusieurs complexes aquifères dans la séquence sédimentaire de la plate-forme saharienne. Les aquifères les plus importants se composent de séquences de calcaire et de grés du Mésozoïque.

Il existe d'autres couches aquifères dans des formations plus profondes, mais elles sont moins importantes en raison de leurs faibles volumes de stockage (couches isolées et peu épaisse de grés ou de calcaires fracturés) ou de la médiocre qualité de l'eau (particulièrement au voisinage des dépôts d'évaporite). Plusieurs unités perméables contiendraient des eaux saumâtres, il s'agit pour la plupart d'eaux contenant du chlorure de sodium et du chlorure de calcium.

Au niveau du site Hassi R'mel, deux Aquifères sont exploités par SONATRACH : l'aquifère Turonien et l'aquifère Barrémien (Figure I.4).

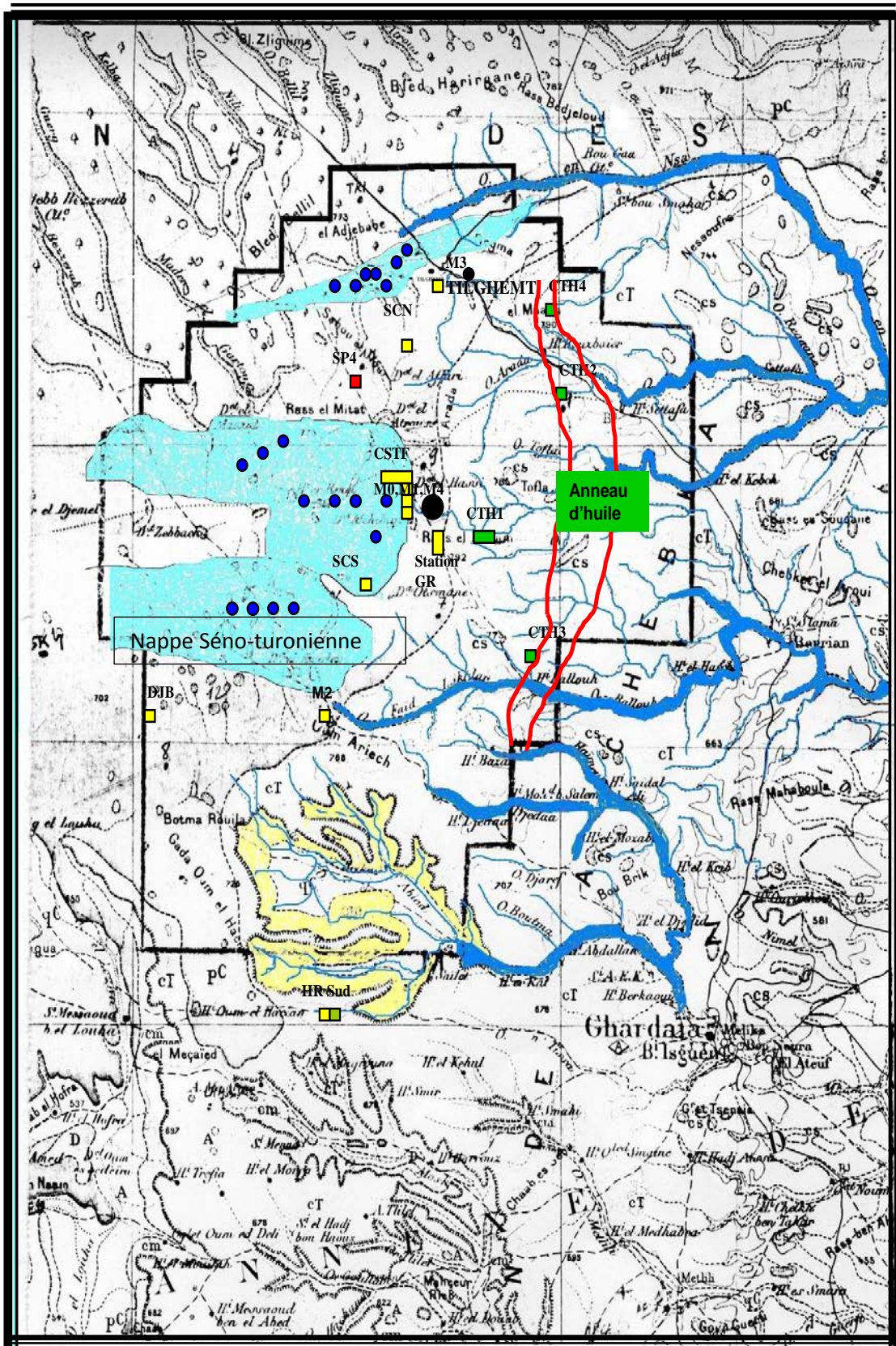


Figure I. 4 : Réseau hydrographique de Hassi R'mel

#### 4. Climat

Le champ gazier de Hassi R'mel est située en zone saharienne dont le climat désertique à une aridité bien exprimée. Il est caractérisé par des précipitations moyennes annuelles très irrégulières caractérisées par des écarts types et des coefficients de variation très élevées, une humidité relative moyenne de 19% en été et de 34% en hiver (O.N.M., 2002). Les températures varient de  $-5^{\circ}\text{C}$  à  $17^{\circ}\text{C}$  en hiver et  $32^{\circ}\text{C}$  à  $45^{\circ}\text{C}$  en été. Les vents dominants sont de direction Nord-Ouest pouvant atteindre des vitesses maximales de 3,9 m/s durant le mois d'avril (O.N.M., 2002).

La période pluvieuse correspond aux mois allant de septembre à avril, et la période de sécheresse s'étend sur le reste de l'année.

La moyenne annuelle des précipitations est relativement faible pour les deux stations de mesure de la commune de Hassi R'mel et de la wilaya de Laghouat (tableau I-1).

**Tableau I. 1 : moyenne annuelle des précipitations pour les deux stations de Hassi R'mel et de Laghouat**

Station	Station de Hassi R'mel	Station de Laghouat
Moyenne annuelle des précipitations (mm)	88	147,64

Les températures moyennes annuelles sont en moyennes élevées pour les deux stations.

**Tableau I. 2: température moyenne annuelle pour les deux stations de Hassi R'mel et de Laghouat**

Station	Station de Hassi R'mel	Station de Laghouat
Température moyenne annuelle ( $^{\circ}\text{C}$ )	19,65	18,24

Les deux régions sont caractérisées par une évaporation égale à la précipitation moyenne annuelle. Les précipitations n'interviennent presque pas dans l'alimentation directe des nappes, car seules les très rares pluies torrentielles peuvent engendrer une infiltration dans le sol.

#### 5. Industrie

Découvert en 1956 par la Compagnie française des pétroles Algérie, dans une formation Triasique, le gisement représente encore le quart de la production de gaz du pays. Environ

la moitié de ses réserves initiales (estimées à 2400 milliards de mètres cubes) seraient épuisées. Les installations construites autour de Hassi R'mel sont la plaque tournante de l'industrie gazière algérienne : en plus de la production du gisement lui-même, elles centralisent le gaz produit dans d'autres régions d'Algérie, comme le gaz associé d'Hassi Messaoud.

Depuis Hassi R'mel, différents gazoducs exportent le gaz : le transmed traverse la Tunisie pour livrer du gaz en Italie, le Maghreb-Europe prend lui le chemin du détroit de Gibraltar, tandis que trois autres se dirigent vers les grandes villes de la côte algérienne pour alimenter la consommation locale, la pétrochimie et les terminaux de gaz naturel liquéfié.

Le gaz naturel de Hassi R'mel est riche en condensats. Pour maximiser la récupération totale, une partie du gaz "sec" (après extraction des condensats) est réinjecté dans le gisement. Cette pratique se traduit sur le long terme par une diminution du ratio condensats/gaz. Du gaz de Hassi R'mel est également injecté dans des gisements de pétrole alentour, pour y améliorer la récupération du pétrole, une centrale hybride solaire/gaz de 150MW est également en construction [[www.wilayalaghouat.dz](http://www.wilayalaghouat.dz)]

## **6. Evolution de la population**

L'étude de l'évolution de la population est une étape indispensable de notre diagnostic sachant que toute planification d'aménagement devra tenir compte de l'évolution de la population, de ses mouvements dans le temps et dans l'espace et ses besoins en matière de logements et d'équipements.

L'étude d'évolution de la population consiste à analyser la situation démographique du périmètre de l'étude en tenant compte des différents indices et variables démographiques d'évolution telles que la natalité, la mortalité, l'accroissement naturel de la population, afin de pouvoir émettre un scénario futur réaliste.

### **6.1. Population de Hassi R'mel en 2015 (année de référence)**

#### ***a. Population de la commune de Hassi R'mel en 1998***

Selon l'office national des statistiques la commune de Hassi R'mel comptait un total de 16791 personnes répartis comme suit [**O.N.S, 1998**] :

**Tableau I. 3 : population résidente des ménages ordinaires et collectifs de la commune de Hassi R'mel (O.N.S., 1998)**

Commune	Homme	Femme	Total
Hassi R'mel	8610	8181	16791

**b. Population de la commune de Hassi R'mel en 2008**

Selon l'office national des statistiques la commune de Hassi R'mel comptait un total de 22133 personnes répartis comme suit (O.N.S., 2008).

**Tableau I. 4: répartition de la population des ménages ordinaires et collectifs de la commune de Hassi R'mel (O.N.S., 2008)**

Commune	Agglomération Chef-Lieu (ACL)	Agglomération Secondaire(AS)	Zone Eparse (ZE)	Taux d'accroissement %	Total
Hassi R'mel	16004	5192	936	2,9	22133

En dix années (10 ans) la population de la commune de Hassi R'mel est passée de 16791 à 22133 habitants au total. Rappelons que la zone d'étude est une zone à caractère industriel. Nous disposons des données sur l'évolution de la population émanant de l'office nationale des statistiques correspondant aux deux années de référence : 1998 et 2008, en supposant que la population de la commune a connu une évolution démographique suivant une loi géométrique de type :

$$P_n = P_0 * (1+i_1)^n$$

Tel que :  $P_n$  : Population à l'horizon de calcul (2008) et est égale à  $P_n = 22133$  personnes.

$P_0$  : Population de référence (1998) et est égale à  $P_0 = 16791$  personnes ;  $n$  : Nombre d'années d'écart = 2008 - 1998 = 10 années et  $i_1$  : taux d'accroissement moyen annuel de la population.

Nous obtenons un taux d'accroissement moyen annuel de :  $i_1 = 2,8 \%$

D'après l'office national des statistiques (ONS), le taux d'accroissement moyen annuel de la commune de Hassi R'mel était  $i_2 = 2,9 \%$  en 2008.

Nous remarquons que les deux taux d'accroissements sont pratiquement égaux ( $i_1 \approx i_2$ ), notre hypothèse de départ est donc correcte. L'évolution de la population de la commune

de Hassi R'mel suit bien une loi géométrique. Nous opérons dans la suite de nos calculs pour un taux d'accroissement de la population  $i = 2,9\%$ .

**c. Calcul de la population à l'horizon actuel (2015)**

$$P_n = P_o * (1+i)^n$$

$P_n$  : Population à l'horizon actuelle (2015) ;  $P_o$  : Population de référence (2008), elle est de :  $P_o = 22133$  personnes ;  $i$  : Taux d'accroissement moyen annuel de la population ;  $i = 2,9\%$  et

$n$  : Nombre d'années d'écart et est égal à :  $n = 2015 - 2008 = 7$  années

La population à l'horizon actuel (2015) est de :  $P_n = 27073$  personnes

**6.2. Calcul de la population à l'horizon projet (2040)**

La population à l'horizon projet est donnée par :

$$P_n = P_o * (1+i)^n$$

Où,  $P_n$  : Population à l'horizon projet (2040) ;  $P_o$  : Population à l'horizon actuel (2015), elle est de :  $P_o = 27037$  personnes ;  $i$  : Taux d'accroissement moyen annuel de la population ;  $i = 2,9\%$  et  $n$  : Nombre d'années d'écart entre 2040 et 2015 ;  $n = 2040 - 2015$  donc  $n = 25$  ans

D'où la population à l'horizon futur est :  $P_n = 55252$  personnes

Le tableau suivant résume l'évolution de la population de la commune de Hassi R'mel.

**Tableau I. 5: tableau récapitulatif de l'évolution de la population de la commune de Hassi R'mel**

Année	1998 (ONS)	2008 (ONS)	2015 Horizon actuel	2040 Horizon futur
Population	16791	22133	27073	55252

**7. Evaluation des besoins en eau de la commune de Hassi R'mel**

L'évaluation des besoins élémentaires ou unitaire est délicate car elle dépend de la façon dont on se sert de l'eau, le besoin est donc circonstanciel : il se rapproche du minimum technique si l'eau est rare ou chère, et s'en écarte beaucoup, si l'eau est peu couteuse ou gratuite.

### 7.1. Les besoins

Le besoin unitaire au niveau d'un usage particulier, est la quantité d'eau nécessaire pour une certaine utilisation, le besoin global par jour pour un usager est quant à lui défini comme étant la somme des besoins unitaires résultant de l'utilisation de l'eau [**Lyonnaise des eaux, 1994**].

Les besoins peuvent être classés suivant leurs usages comme suit :

- Les besoins des usages domestiques ;
- Les besoins des services publics ;
- Les besoins des commerces et des bureaux ;
- Les besoins des industries.

### 7.2. La demande

La demande en eau est la quantité d'eau qu'il faut mobiliser au niveau de la source pour faire face aux « besoins quantitatifs » entre « demande » et « besoins » s'intercalent les pertes de transfert et le gaspillage éventuel pour couvrir le besoin. L'écart entre ces deux quantités est fonction de l'efficacité de la chaîne de fourniture (pertes) et du bon réglage du dispositif interne de mise à disposition. La demande est une donnée complexe très sensible [**Lyonnaise des Eaux, 1994**].

### 7.3. Evaluation des besoins en eau à l'horizon actuel (2015) et à l'horizon projet (2040)

#### a. Calcul du débit moyen journalier à l'horizon actuel

On admet souvent une norme de 140 ou 150 l/jour/habitant. Il s'agit d'une consommation domestique moyenne annuelle.

La population de la commune de Hassi R'mel a été estimée à  $P_{2015} = 27073$  personnes.

L'estimation du débit moyen journalier est exprimée par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy}, j} = \frac{D_i \times N_i}{1000}$$

Où,  $Q_{\text{Moy}, j}$  : Consommation domestique moyenne journalière en  $\text{m}^3/\text{j}$  ;  $D_i$  : Consommation moyenne journalière l/J/habitant et  $N_i$  : Nombre de consommateurs (2015).

Le débit moyen journalier à l'horizon actuel est :

$$Q_{\text{moy}, j} = \frac{150 \times 27073}{1000} = 4060,95 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moy}, j} = 4060,95 \text{ m}^3/\text{j}$$



**b. Calcul du débit moyen journalier à l'horizon projet (2040)**

Le débit moyen journalier à l'horizon projet est donné par :

$$Q_{\text{moy},j} = \frac{D_i \times N_i}{1000}$$

Où,  $Q_{\text{moy},j}$  : Consommation domestique moyenne journalière en  $\text{m}^3/\text{j}$  ;  $D_i$  : Consommation moyenne journalière l/J/habitant et  $N_i$  : Nombre de consommateurs en 2040.

Il est égal à :  $Q_{\text{moy},j} = \frac{200 \times 55252}{1000} = 11050,4 \text{ m}^3/\text{j}$

$$Q_{\text{Moy},j} = 11050,4 \text{ m}^3/\text{j}$$

Selon l'étude d'actualisation du plan national de l'eau PNE réalisée dans le cadre du programme MEDA de l'union européenne l'évolution des besoins et de la demande de la commune de Hassi R'mel se fera comme suit [PNE, Aout 2010] :

**Tableau I. 6 : demande AEP, scenario Dotation tendancielle/Rendement tendanciel (DT/RT) (2015)**

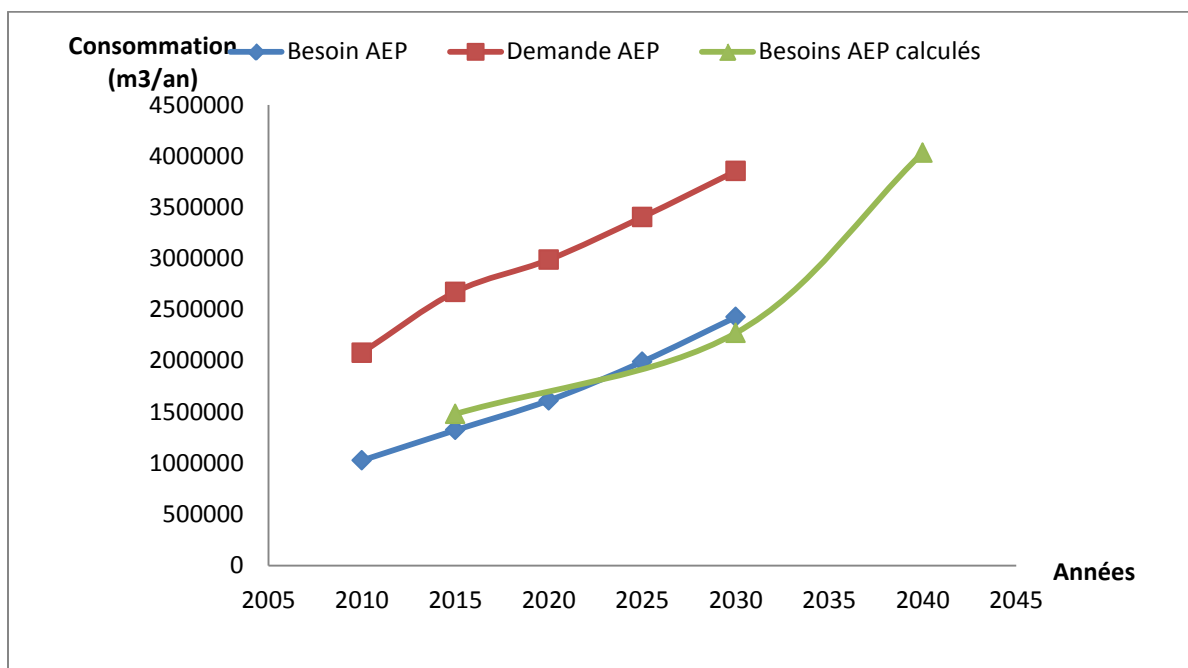
Commune	Horizon 2015			
	Pop agglo	Besoin AEP ( $\text{m}^3/\text{an}$ )	Rendement (%)	Demande AEP ( $\text{m}^3/\text{an}$ )
Hassi R'mel	27260	1323732	50	2674206

**Tableau I. 7: Demande AEP, scenario Dotation tendancielle/Rendement tendanciel (DT/RT) (2025)**

Commune	Horizon 2025			
	Pop agglo	Besoin AEP ( $\text{m}^3/\text{an}$ )	Rendement (%)	Demande AEP ( $\text{m}^3/\text{an}$ )
Hassi R'mel	35238	1991825	58	3404828

**Tableau I. 8: demande AEP, scenario Dotation tendancielle/Rendement tendanciel (DT/RT) (2030)**

Commune	Horizon 2030			
	Pop agglo	Besoin AEP ( $\text{m}^3/\text{an}$ )	Rendement (%)	Demande AEP ( $\text{m}^3/\text{an}$ )
Hassi R'mel	39004	2427992	63	3853956



*Figure I. 5 : évolution des besoins et de la demande de la commune de Hassi R'mel aux horizons présent et futur selon le PNE*

Nous remarquons que la demande en eau est supérieure aux besoins de la commune, ceci peut être expliqué par les pertes de transfert, le gaspillage éventuel ainsi que la performance générale du réseau. Nous remarquons également que nos prévisions sont semblables aux prévisions réalisées dans le cadre de l'étude de l'actualisation du plan nationale de l'eau PNE.

## Conclusion

La commune de Hassi R'mel a connu une augmentation constante de sa population ces dernières années. Le développement de notre zone d'étude dépend essentiellement de l'activité industrielle de la SONATRACH mais également de l'expansion de l'APC de la zone d'étude. L'augmentation future de la population entrainera une augmentation significative des besoins et de la demande en eau dans les années à venir, une augmentation de la demande que la commune devra impérativement satisfaire.

Le prochain chapitre portera sur l'origine de la ressource en eau de la commune de Hassi R'Mel ainsi que les différents champs de captage de la zone d'étude.

## Chapitre II

### Champs de captage de Hassi R'mel

#### Introduction

L'eau est un bien naturel et économique. Elle constitue un patrimoine qui doit être géré avec l'objectif de protéger l'intérêt de toute la collectivité. La conquête de l'eau a de tout temps été au centre des préoccupations de l'homme. Ce dernier a consenti des efforts pour inventer, puis améliorer des moyens pour amener l'eau aux consommateurs. Ces moyens d'amener l'eau sont les réseaux de distribution.

#### 1. Captages

Les captages sont les travaux effectués pour prélever les eaux naturelles en vue de l'alimentation, ils peuvent concerner soit l'eau présente dans le sous-sol, sous forme de nappes aquifère, soit celle qui surgit du sous-sol à la surface par des sources, soit encore celle que l'on trouve à la surface du sol, dans les rivières ou dans des étangs naturels ou artificiels [Bonnin, 1982].

##### 1.1. Captage des eaux de surface

Les eaux de surface sont les eaux des rivières et de fleuves (des eaux courantes), soient des eaux dormantes (étangs, lacs naturels ou artificiels), la prise d'eau ne doit être installée qu'après avoir pris connaissance du maximum d'informations relatives aux régimes d'écoulements des eaux, et aux débits (débits de crues et les débits d'étiage) par l'emplacement des ouvrages spécifiques [Gangbazo, 2006].

##### 1.2. Captage des eaux souterraines

- **L'aquifère** : Un aquifère est un corps de roche perméable comportant une zone saturée, suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre à l'eau l'écoulement significatif et l'exploitation d'une quantité d'eau appelée *Nappe souterraine*.

- **Nappe souterraine** : Une nappe souterraine est l'ensemble des eaux souterraines contenus dans l'aquifère dont toutes les parties sont en liaison hydraulique.

Ce type de réservoir peut être exploité et peut approvisionner les réseaux de distribution d'eau potable. Le rapport de la nappe avec l'aquifère est le même qu'entre le contenu et son contenant.

Les forages et les puits sont les moyens les plus répandus pour le captage des eaux souterraines en maintenant ces eaux à l'abri des contaminations notamment à l'approche de la surface du sol. Les eaux souterraines sont en général limpides, mais leurs caractéristiques physico-chimiques varient en fonction de site et on doit, dans chaque cas, faire une étude pour déterminer quel traitement sera nécessaire pour rendre l'eau potable [Blindu, 2004].

### 1.2.1. Les Nappes libres

Une nappe libre est toute nappe, ou partie de nappe, dont les eaux ne sont pas maintenues sous la pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient [Cyril, Henri, Marc, 1970].

### 1.2.2. Nappe captive

Une nappe captive ; est une nappe maintenue en pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient ; si ce toit est percé par un ouvrage (puits ou forage) - la nappe peut jaillir au-dessus du sol ; elle est alors dite artésienne [Cyril, Henri, Marc, 1970].

## 2. Différentes zones de captage de Hassi R'mel

A Hassi R'mel, l'eau est captée de deux horizons différents :

- Horizon **SENO-TURONIEN** (calcaires et dolomies) : ce complexe SENO-TURONIEN est moins profond, nécessite un équipement léger pour la production et présente une eau de bonne qualité pour la consommation
- Horizon **ALBO-BARREMIEN** (sables et grès argileux) : cette nappe est relativement plus profonde, demande un équipement onéreux quant à son exploitation et présente une eau d'une potabilité médiocre pour la consommation mais qui contribue à l'irrigation et l'approvisionnement des chantiers de génie-civil, forage, le dessalage des puits d'huile et des unités industrielles.

La nappe turonienne est de type phréatique, Karstique, tandis que la nappe albobarrémienne, surmontée d'une épaisse série d'argile du cénomanien (80m) donc captive et ne présente apparemment aucune communication avec la surface du sol et la nappe du turonien (**SONATRACH**).

## 2.1. Nappe Suno-Turonien

### Introduction

L'étendue de l'aquifère du SUNO-TERONIEN n'est pas continue. Elle présente des zones compartimentées (surtout au nord), hydrogéologiquement intéressantes quand il s'agit de creux et effondrements au niveau du toit du céno-manien et une forte épaisseur de dolomie et calcaire dolomitique du turonien.

Le réservoir calcaire-dolomitique, constituant la nappe phréatique du turonien, ne produit qu'à la faveur de karsts liés au développement d'une fissuration et la présence de grandes fractures, pouvant facilement atteindre la surface du sol. Les dolomies massives de ce niveau sont très peu perméables.

L'hétérogénéité de l'aquifère explique les variations importantes de transmissivité et de débit entre les puits productifs. Les trois grandes dépressions, contenant les nappes aquifères du turonien sont de direction est-ouest et situées sur la moitié ouest du champ de Hassi R'mel.

La géomorphologie de la partie Est du champ, représentée par un relief très accidenté et profondément raviné, constitue une zone de ruissellement intense. En absence donc de grandes dépressions, les eaux de pluie de ce secteur sont immédiatement drainées par un réseau hydrographique très développé, loin du champ dans la direction de Berriane et Guerrara.

Compte tenu des informations données par les puits d'eau producteurs et les puits d'observation (core drills, ou piézomètres), la nappe a été reconnue favorablement productrice dans trois zones) (Figure II.1).

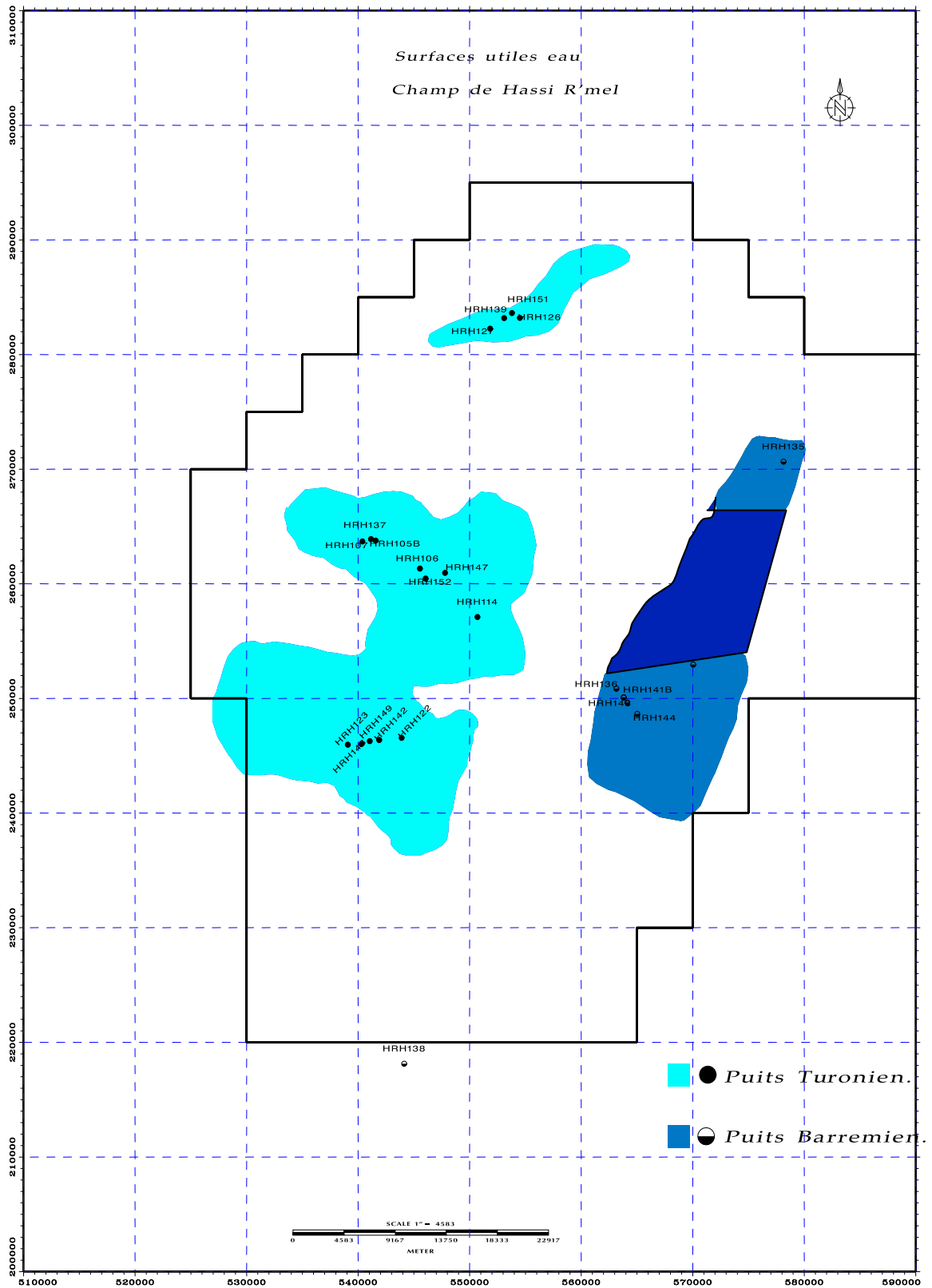


Figure II. 1 : les différentes zones de captage

### 2.1.1 Zone nord

C'est une zone à structure complexe, représentée par plusieurs blocs en grabens (Est-Ouest), dont le plus favorable est en production au niveau des puits HRH 126, HRH 127, HRH 139, HRH 145 et HRH 151 où la nappe est plus profonde et la hauteur d'eau la plus importante (100m). Le niveau piézométrique se trouve à la côte (+645m).

Cette zone Comprend (figure II.2) :

- Cinq (05) puits producteurs d'eau potable (tableau II-1).
- Une station de pompage, équipée de quatre (04) groupes de pompage centrifuges pour l'expédition.
- Deux (02) bacs de stockage de capacité 1000 m<sup>3</sup> chacun.
- Deux réseaux : Adduction et distribution.

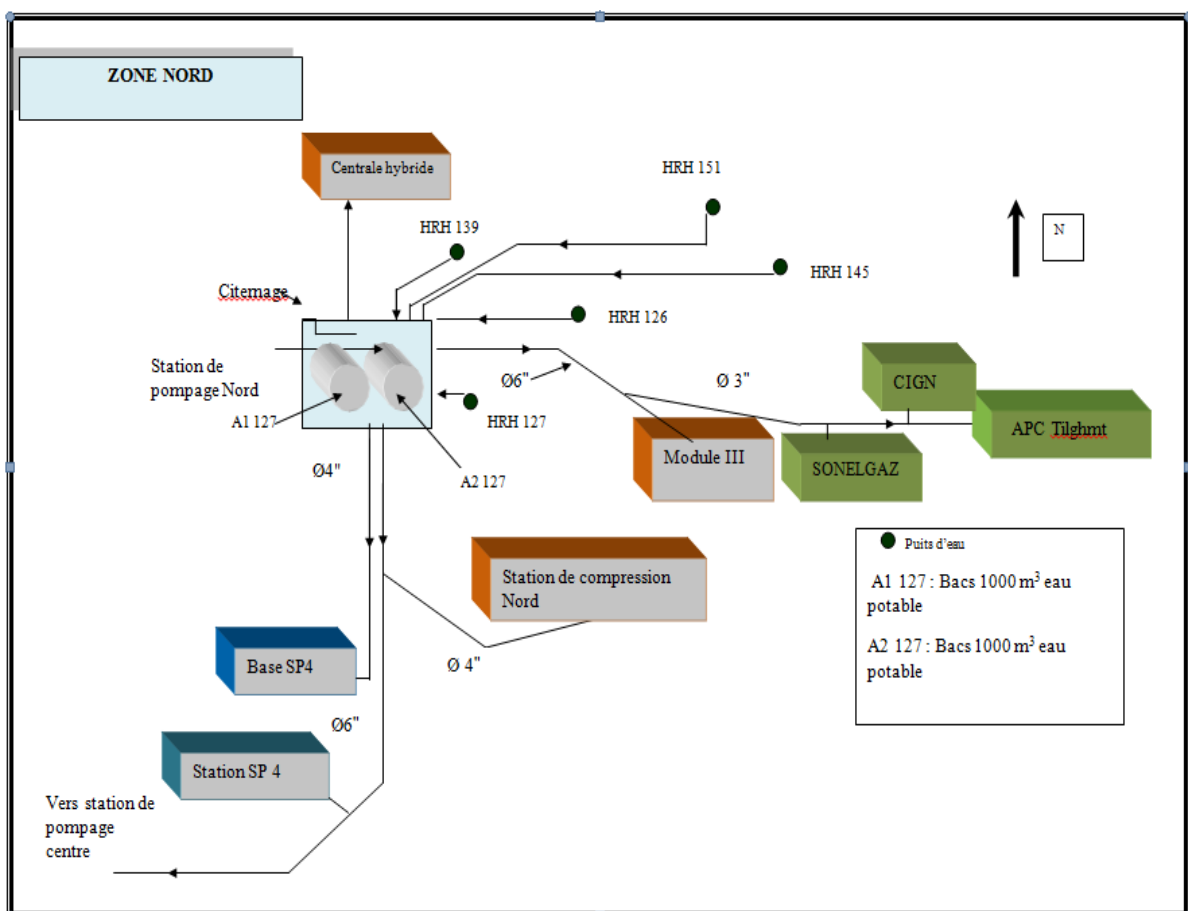


Figure II. 2 : schématisation de la zone nord

### 2.1.2 Zone Centrale

C'est la plus importante de la région; elle se présente sous forme de gouttière, s'étendant du puits nommé HRH114 au centre au puits HRH107 à l'ouest. La hauteur moyenne d'eau est de 50m et le niveau piézométrique est à la côte (+700m).

Cette zone comprend (Figure II.3) :

- Six (06) puits producteurs d'eau potable (HRH105 bis, HRH 106, HRH 107, HRH 114, HRH 137, et HRH 147)
- Une station de pompage, équipée de six (06) groupes de pompage centrifuges pour l'expédition
- Deux (02) bacs de stockage de capacité 1000 m<sup>3</sup> chacun + un Bac 3000 m<sup>3</sup>
- Deux réseaux : Adduction et distribution

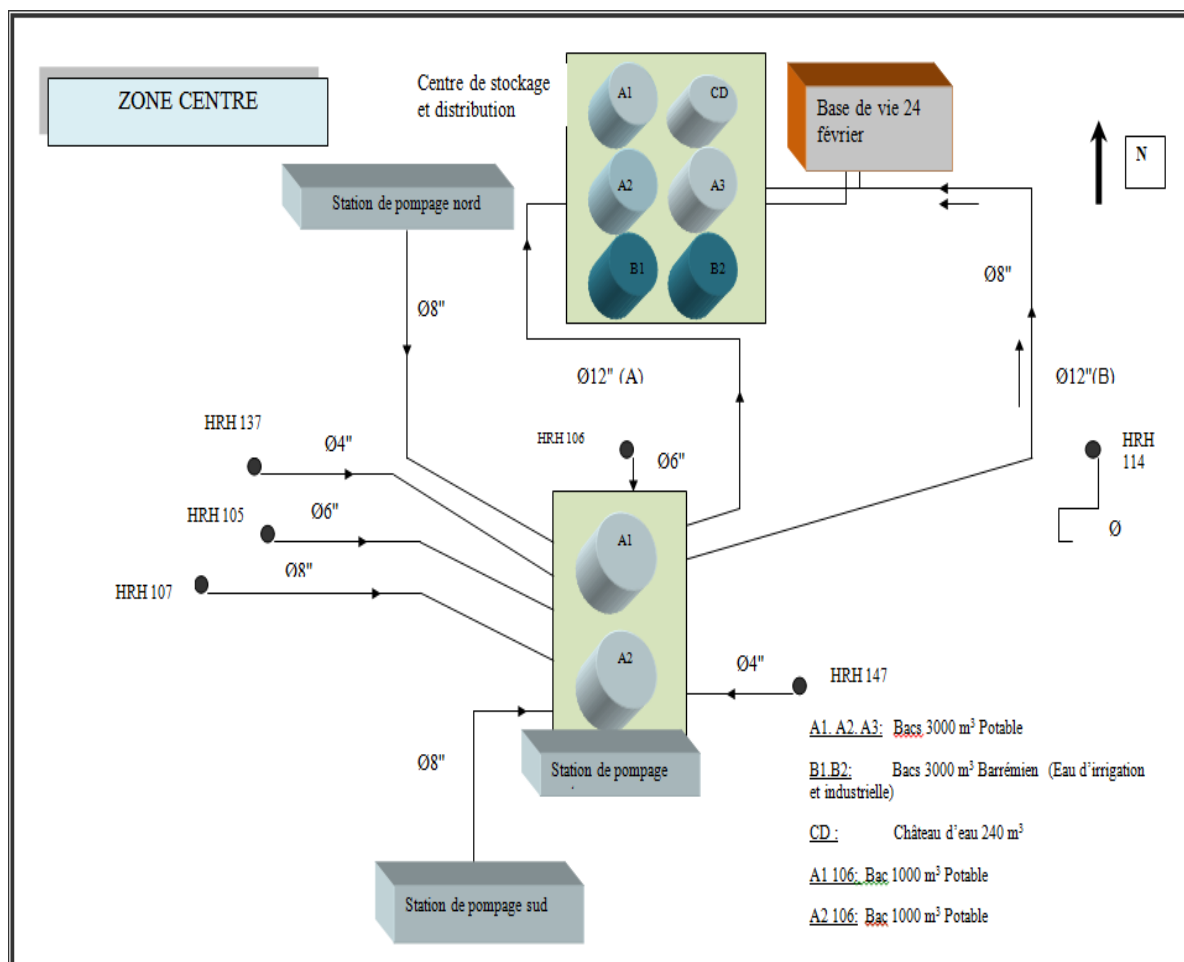


Figure II. 3 : schématisation de la zone centre

### 2.1.3. Zone Sud

Peu connue, cette zone est localisée dans l'axe F50- HRH 122- HRH123. La hauteur moyenne d'eau est de 50m, et le niveau piézométrique est à la côte (+700m).

La zone sud et la zone centrale, ayant les mêmes côtes piézométriques, ne semblent pas présenter une limite qui les sépare.

Cette zone comprend (Figure II.4) :

- Trois (03) puits producteurs d'eau potable (HRH122, HRH 142, et HRH 148) ;
- Une station de pompage, équipée de deux (02) groupes de pompage centrifuges pour l'expédition ;



- Deux (02) bacs de stockage de capacité 1000 m<sup>3</sup> chacun ;
- Deux réseaux : Adduction et distribution.

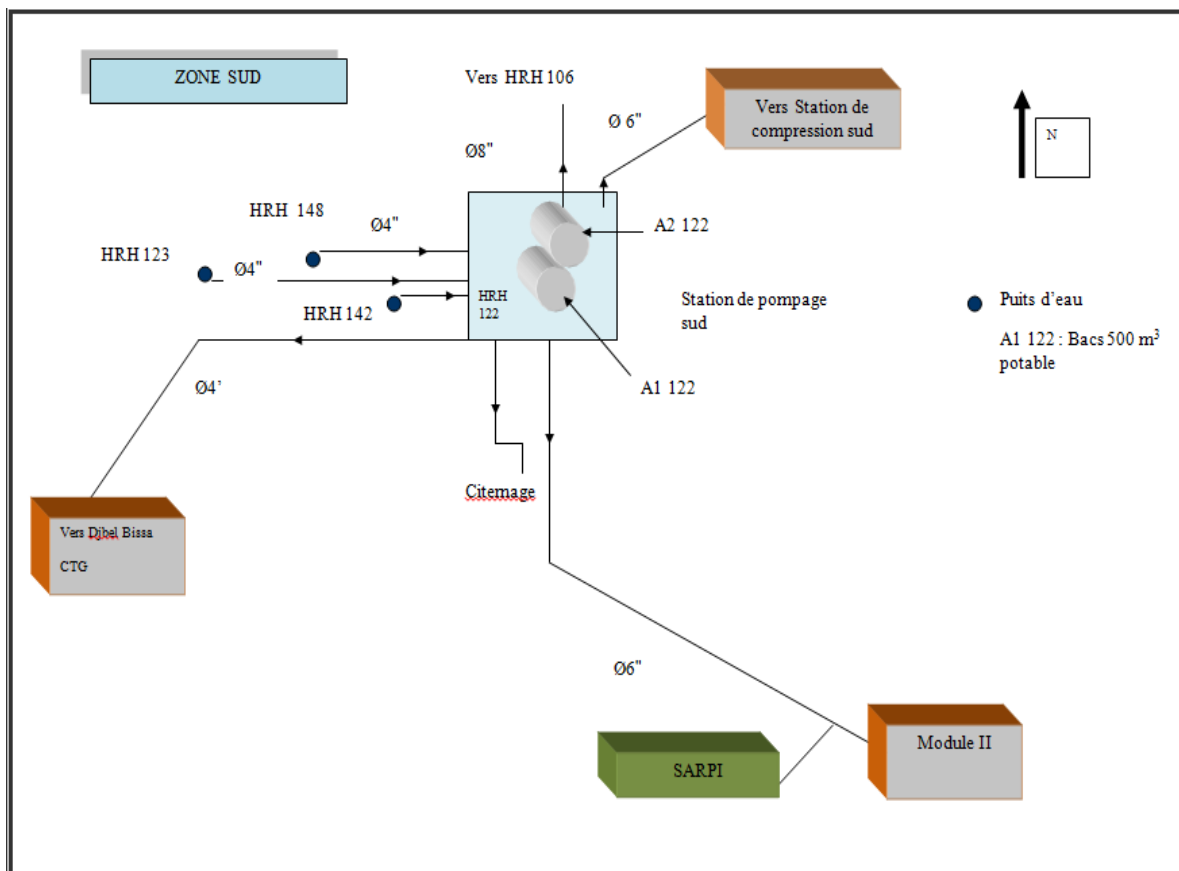


Figure II. 4 : schématisation de la zone sud

## 2.2 Alimentation de la nappe

L'absence de litage au toit des calcaires, l'absence du turonien dans certains endroits du champ et l'existence de fissures et grandes fractures en surface permettent à la nappe de se réalimenter par les eaux de précipitation locale.

Du point de vue structural, le crétacé supérieur épouse faiblement la forme anticlinale du gisement. La partie centrale, étant surélevée par rapport aux flancs, dirige la circulation des eaux du centre de la structure vers toutes ses limites. La nappe a donc une piézométrie à filet divergent (figure II. 5)

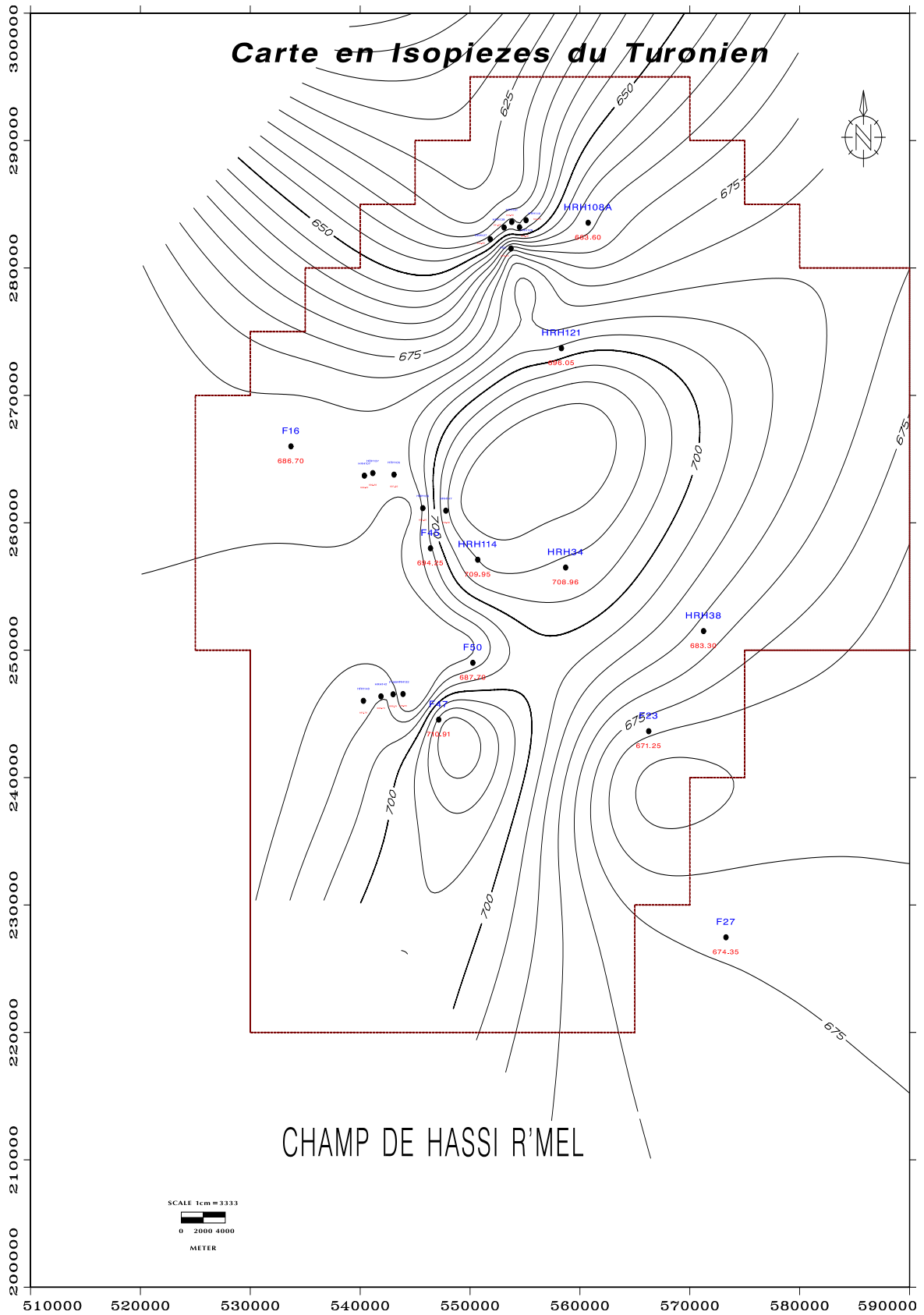


Figure II. 5: carte en isopiezies de Hassi R'Mel

Le niveau piézométrique enregistre des fluctuations selon les saisons ; il monte suite aux infiltrations des pluies en hiver et baisse en été et les périodes de sécheresse. Ceci confirme donc l'hypothèse de l'alimentation de la nappe par les eaux de précipitations locales.

### **2.3. Production d'eau potable a Hassi R'Mel**

Avec l'augmentation de la demande, le forage d'autres puits était nécessaire (HRH137, 147, 142, 148, 139, 145 et le HRH 151, de 1987 à 1998) en zone Sud et Nord afin de faire face, dorénavant et déjà, à la diminution du niveau de la nappe du secteur centre et d'augmenter la production de 700 000 m<sup>3</sup> /an par l'apport des zones nord et sud.

La production d'eau suivie depuis 1980 n'a cessé d'augmenter, un premier palier de 1980 à 1992 entre 1469827 m<sup>3</sup> et 2 254 048 m<sup>3</sup>. Elle croit pour atteindre les 2447876 m<sup>3</sup> en 1994. C'est en 2000 que la production a atteint son apogée, elle était de 3 744 013 m<sup>3</sup> (année exceptionnelle, éruption du puits de gaz HR164). Elle a décliné en 2005 à 3 023 205 m<sup>3</sup>. A noter, qu'elle décroît entre 2008 et 2009, surtout avec l'assèchement du HRH 107 (Tableau II.1).

Tableau II. 1: la production annuelle de l'eau potable pour chaque puits de 1980 à 2009 :

Zones	CENTRE						SUD				NORD					Total (m <sup>3</sup> )
Puits/ année	HRH 105	HRH 106	HRH 107	HRH 137	HRH 147	HRH 114	HRH 122	HRH 123	HRH 142	HRH 148	HRH 126	HRH 127	HRH 139	HRH 145	HRH 151	
1980	300000	55000	673000			11650	148677	96500			60000	125000				1469827
1981	371465	55083	673386			12560	146161	69116			85243	122527				1535541
1982	325896	300000	616520			10000	140000	65000			80000	120254				1657670
1983	261944	408141	541836			23036	111587	43219			56623	108932				1555318
1984	196241	350448	791056			59182	135460	58588			51712	88290				1730977
1985	234884	292238	805000			71337	154630	37406			58961	91349				1745805
1986	220000	310000	750295			20000	100000	30000			55000	90200				1575495
1987	293200	257669	752146			48692	193557	22191			56449	99408				1723312
1988	350000	367378	379583	18675		50672	69116	33000			65641	67990				1402055
1989	362560	275581	616416	112550		55532	148661	32000			67000	70000				1740300
1990	407672	480464	717732	119068		58652	70000	34200			65000	58220				2011008
1991	242959	211916	755230	114473		53184	59656	60694			68200	142239				1708551
1992	390900	445300	792379	217859		54834	77306	71682			89588	114200				2254048
1993	497410	427623	801350	215000		87275	109265	114200			165767	168105				2585995
1994	522800	364446	851060	212000		8029	96794	115000			152747	125000				2447876
1995	482870	269648	732130	205654		78231	126794	139779			133079	134000	107700			2409885
1996	454230	406481	560590	207408		75293	136693	120266	74303		84488	169076	123000			2411828
1997	496636	717940	633447	273228		62218	192449	102109	174049		116706	173798	132200			3074780
1998	471060	693158	728734	239470		58264	133272	105087	128336		124692	179519	146879			3008471
1999	471453	560373	841563	164393	115137	82407	123428	540	232491		136847	168853	157849			3055334
2000	373537	436486	772149	197612	281407	93500	286280	6798	244663	223826	149320	196431	183060	134321	164623	3744013

**Chapitre II****Champs de captage de Hassi R'Mel**

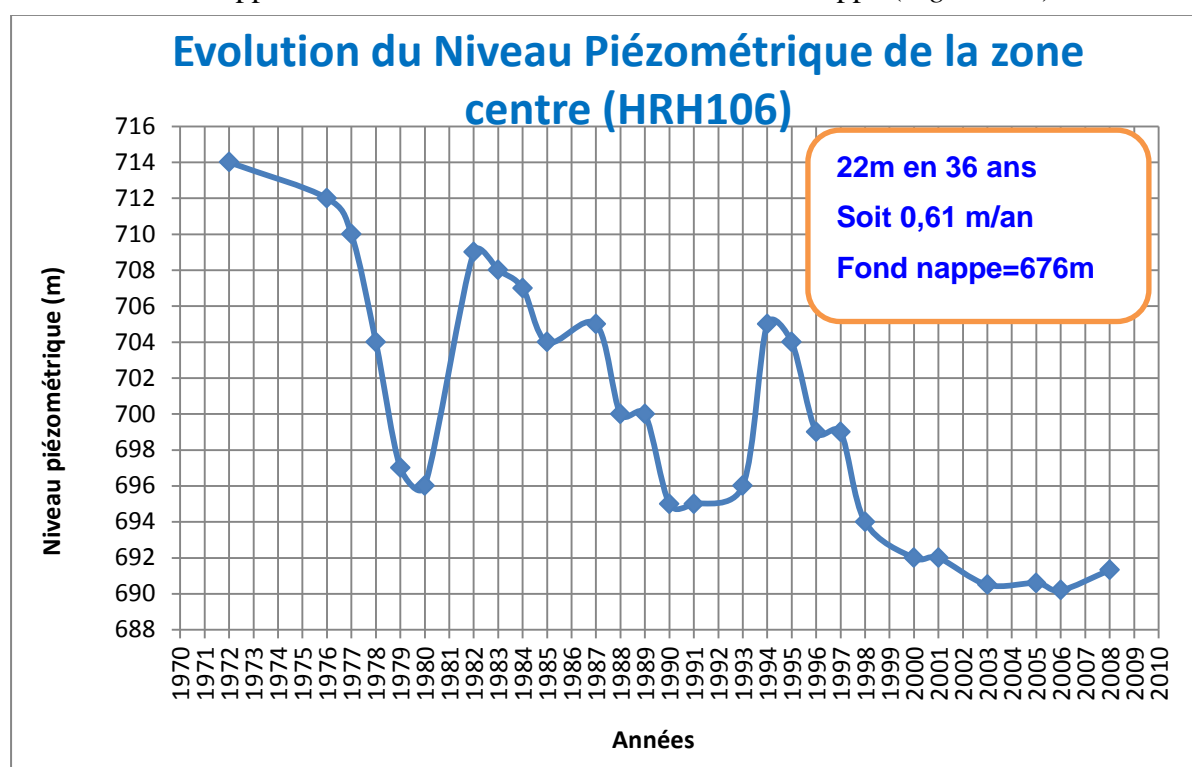
<b>2001</b>	399710	497676	806290	231323	145723	95063	230900	0	244606	284204	149682	179585	147294	99524	149261	3660841
<b>2002</b>	210461	505583	667504	243593	269774	73357	215740	0	233800	288249	157808	279433	150504	78810	105718	3480334
<b>2003</b>	314150	465734	751355	176575	261543	49120	204923	0	170970	251332	129737	190658	140359	42682	221529	3370667
<b>2004</b>	430120	399071	776104	183336	116171	21684	180500	0	55991	199677	135440	194047	180213	16107	273031	3161492
<b>2005</b>	360000	330789	803544	209699	151656	0	177098	0	71623	238557	106200	145364	238330	167280	23065	3023205
<b>2006</b>	435547	365469	875907	227861	148655	0	155412	0	57784	255229	116380	182160	211561	128186	91845	3251996
<b>2007</b>	437258	387313	873692	100912	343093	0	146076	0	92291	237070	142736	117501	144644	50573	98571	3171730
<b>2008</b>	378772	329092	765865	225492	321431	40664	126100	0	98730	270634	196806	90879	239297	155420	140576	3379758
<b>2009</b>	326600	312550	374635	155840	300625	47761	139374	0	116251	212137	336765	215989	218442	198492	308125	3263577

**Remarque :** deux nouveaux puits HRH160 et HRH161 (zone nord) sont entrés en exploitation après l'année 2009 pour augmenter la production en eau potable.

## 2.4. Piézométrie de la nappe TURONIENNE

### 2.4.1. Piézométrie de la zone centre

L'analyse des graphes de piézométrie, montre une baisse considérable du niveau statique dans les puits producteurs de la zone centrale depuis sa mise en exploitation, en raison du soutirage intensif de certains puits, du caractère hétérogène et imperméable des calcaires et dolomies du turonien et des faibles précipitations enregistrées ces dernières années et qui sont la source d'approvisionnement et de réalimentation de la nappe (Figure II.6).

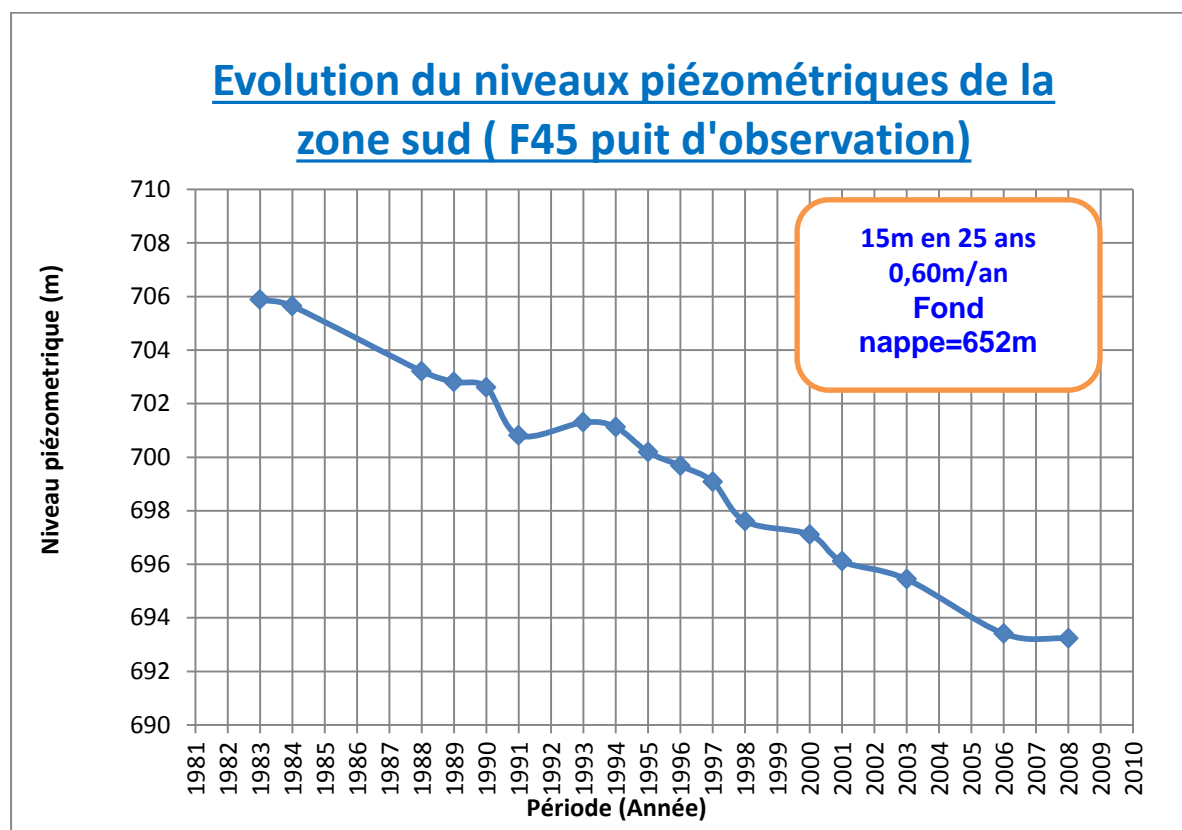


**Figure II. 6 :** schéma représentant la variation du niveau piézométrique de la zone centre

D'après le graphe on remarque des fluctuations considérables du niveau piézométrique, et aussi un rabattement de 22 mètres en 36 ans, soit 0.61 m/an.

### 2.4.2 Piézométrie de la zone sud

L'analyse des graphes de piézométrie, montre aussi une baisse considérable du niveau statique dans le puits d'observation F45 de la zone sud, en raison du soutirage intensif de certains puits, des faibles précipitations enregistrées ces dernières années et qui sont la source d'approvisionnement et de réalimentation de la nappe (Figure II.7).



*Figure II. 7 : schéma représentant la variation du niveau piézométrique de la zone sud*

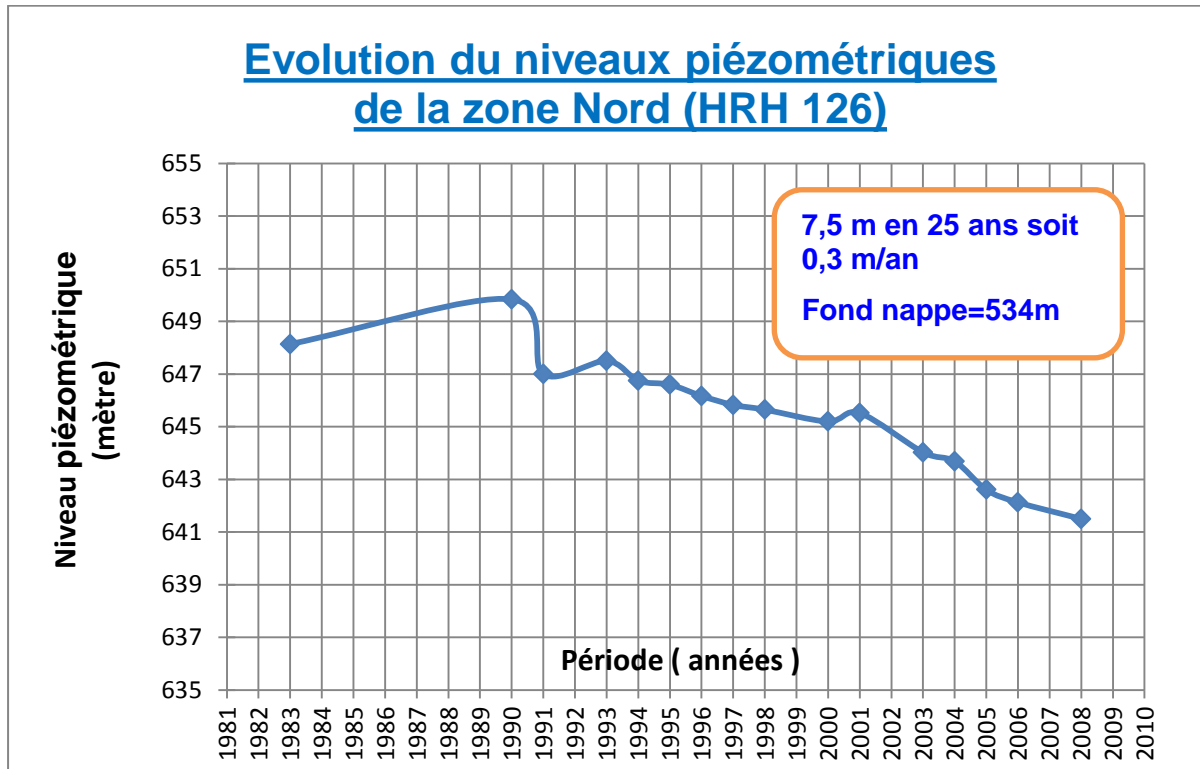
Dans le puits F45 la chute du niveau piézométrique est de 15 mètres en 25 ans, soit 0.6m/an, on atteindra le fond de la nappe dans 68 ans si la production reste constante.

#### 2.4.3 Piézométrie de la zone nord

L'analyse des graphes piézométriques de cette zone montre une chute de niveau piézométrique moins importante que la zone centrale et Sud, malgré une forte concentration de puits en exploitation (07) (Figure II.8).

Ceci est dû essentiellement à la nature structurale du fossé en graben de ce secteur: niveau turonien très affaissé d'où hauteur d'eau plus grande.

La zone probablement très fracturée en raison de l'existence de failles importantes, donnant une bonne transmissivité de la nappe et par conséquent une bonne circulation de l'eau dans ce bloc.



*Figure II. 8 : schéma représentant la variation du niveau piézométrique de zone nord*

Dans la zone nord, le rabattement de la nappe est moins important par rapport à celui des autres zones, il est de 0.3 m/an.

### 3. Nappe Albo-Baremien

La nappe barrémienne est relativement plus profonde. Elle se trouve à la limite nord de la grande nappe saharienne de l'albien. Son exploitation demande un équipement onéreux. Elle présente une eau de potabilité médiocre à passable pour la consommation mais peut contribuer à l'irrigation et l'alimentation des chantiers en eau industrielle.

#### 3.1. Description lithologique du barrémien

Le niveau barrémien est constitué de grès fin à moyen beige à brun roux, friable à ciment argileux, avec intercalation plus ou moins d'argile grès et versicolore, siliceux sableuse et dolomitique, de couleur rosâtre et calcaire dolomitique par fois gréseux.

#### 3.2. Structure

Les cartes structurales du Barrémien montrent que les flancs Ouest et Nord sont surélevés par rapport aux flancs Est et Sud du champ.

Dans les zones Sud-est et Sud, le Barrémien est assez épais et à prédominance gréseuse, 75m à HR38 (Est) et 117m à HR162 (Sud).



### 3.3. Piézométrie

Les niveaux piézométriques du Barrémien se situe à environ + 420m.

Les charges piézométriques (hauteur d'eau) sont de 120m au Centre Est et 270m au Sud.

La zone Sud du champ est très favorable au développement de la nappe Barrémienne.

### 3.4. Alimentation de la nappe ALBO-BARREMIEN

Cette nappe est captive et sa source d'alimentation en eau se situe au niveau de l'atlas saharien.

La contamination de cette nappe par les infiltrations locales est impossible.

Le barrémien possède une transmissivité nettement supérieure à celle de l'albien. On note aussi que l'eau provient de ces niveaux est potable.

Elle Comprend (Figure II.8).

- Cinq puits (05) producteurs d'eau potable (HRH131, HRH 136, HRH 143, HRH 138 et HRH 155) ;
- Deux (02) stations de pompage ;
- HRH 136, équipée de trois (03) groupes de pompage centrifuges pour l'expédition ;
- HRH 131, équipée de trois (03) groupes de pompage centrifuges pour l'expédition ;
- HRH 138, équipée de trois (03) groupes de pompage centrifuges pour l'expédition ;
- Deux (02) bacs de stockage de capacité 1000 m<sup>3</sup> chacun (HRH 136 + 1 Bac 500 m<sup>3</sup> (HRH 131) + Un bac 1000 m<sup>3</sup> (HRH 138) ;
- Deux réseaux : Adduction et distribution.

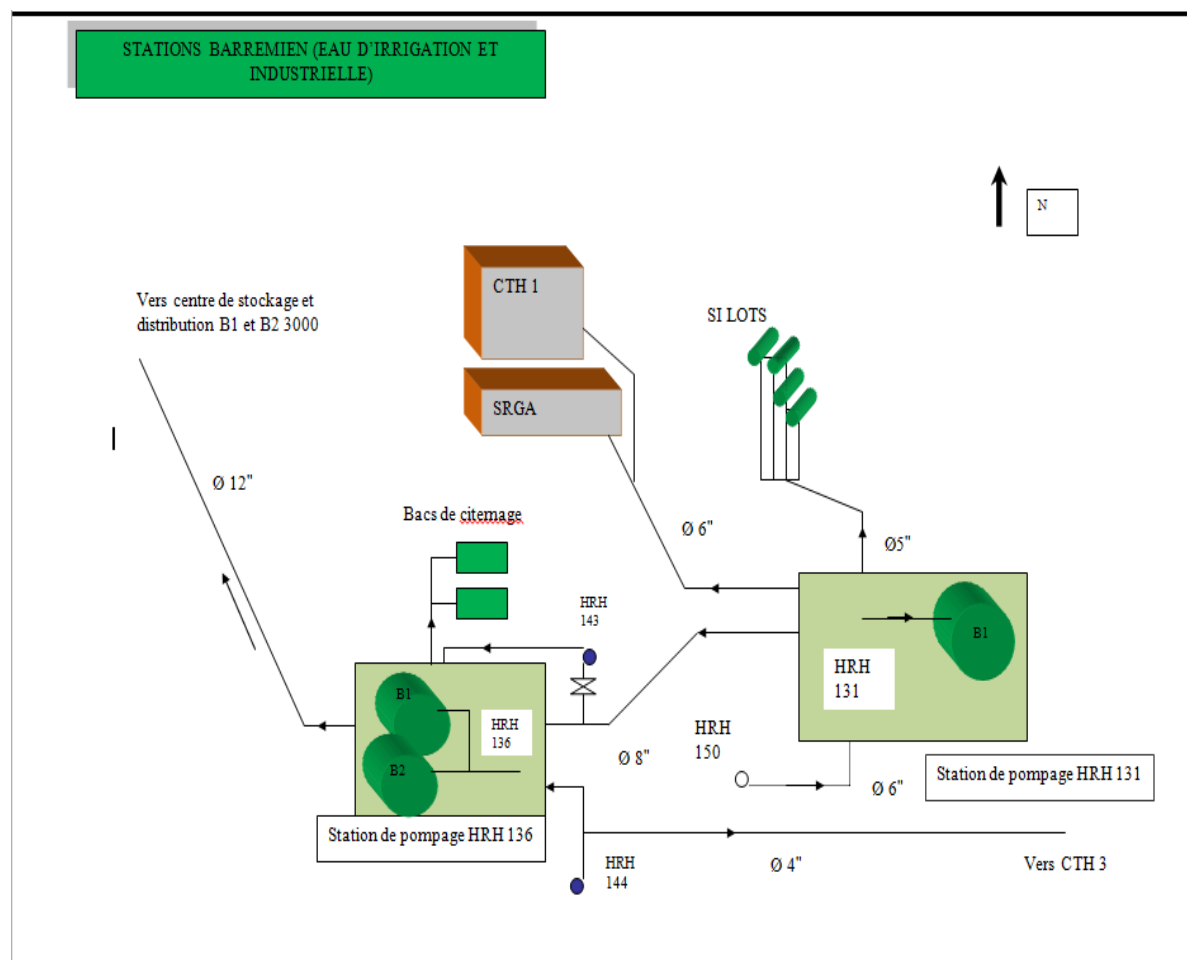


Figure II. 9 : schématisation du réseau de production de l'eau BARREMIEN

### 3.5. Domaine d'utilisation de l'eau BAREMIEN

L'eau de la nappe ALBO-BARREMIEN est utilisée pour :

- Les travaux des puits, la réalisation des plates-formes, des routes et autres travaux de génie civil.
- Alimentation des puits d'huile pour dessalage (par des réseaux de canalisation et par Citernage) ;
- Réseaux anti-incendie des bases de vie ;
- Alimentation en eau potable des unités industrielles éloignées (après traitement par techniques membranaires) ;
- Irrigation des espaces verts et cultures de la zone centre.

### 3.5. Production d'eau du barrémien de 2004 à 2009

On remarque que le volume d'eau produit en 2004 est de 0.7 Mm<sup>3</sup>, il diminue ensuite en 2006 à 0.5 Mm<sup>3</sup>, il atteint un pic en 2008 avec un volume de 0.85 Mm<sup>3</sup> (Figure II.9, Tableau II.2).

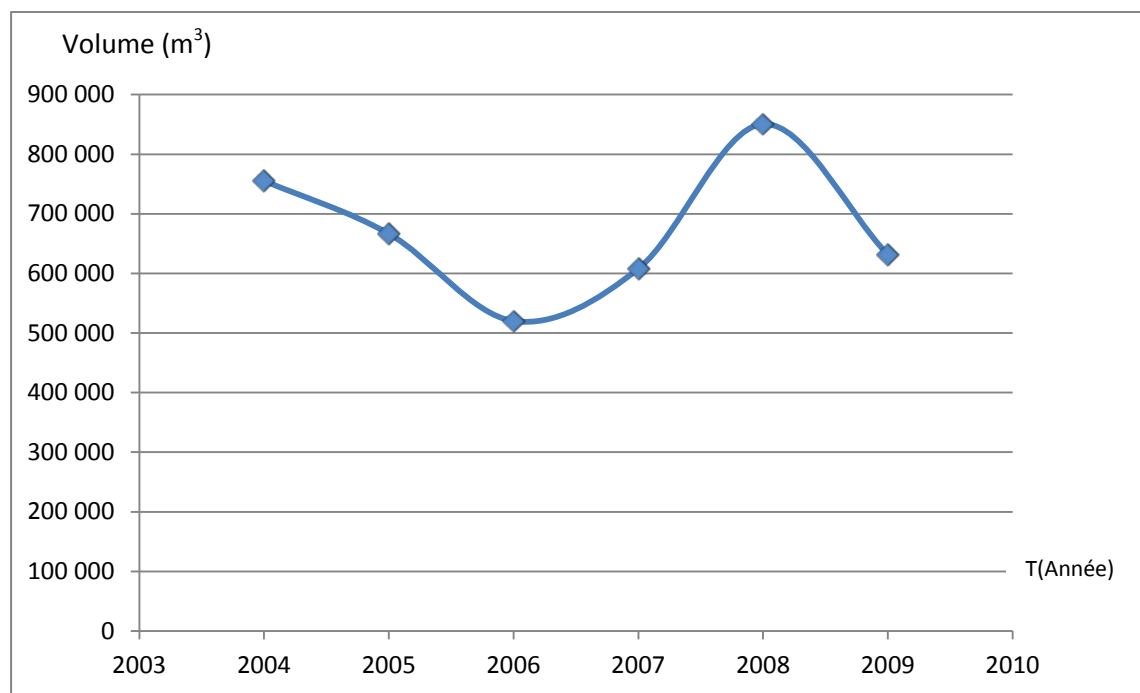


Figure II. 10 : la variation de la production de l'eau BAREMIENNE à Hassi R'Mel.

Tableau II. 2: la production annuelle de l'eau BAREMIEN pour chaque puits de 2004 à 2009

Puits	2004	2005	2006	2007	2008	2009
HRH 131	215 889	184 119	142 499	184 705	236 993	175768
HRH 136	226 300	197 190	163 086	189 060	207 071	208 825
HRH143	225 693	193 790	145 450	177 380	193 475	102 570
HRH138	87 542	91 500	69 100	56 650	114 436	99 830
HRH155	-	-	-	-	98 560	44 408
<b>Total m<sup>3</sup>/an</b>	<b>755 424</b>	<b>666 599</b>	<b>520 135</b>	<b>607 795</b>	<b>850 535</b>	<b>631 401</b>
<b>Débit journalier m<sup>3</sup>/j</b>	<b>2 070</b>	<b>1 826</b>	<b>1 425</b>	<b>1 665</b>	<b>2 330</b>	<b>1 730</b>

## Conclusion

L'eau à Hassi R'mel est captée à partir de deux nappes différentes, la nappe ALBO-BARREMIENNE pour l'industrie et l'irrigation, elle compte cinq (05) puits producteur et deux (02) stations de pompage, la deuxième nappe est la SUNO-TURONIENNE qui est destinée à l'alimentation en eau potable, elle sert également à fournir de l'eau à l'industrie lorsque l'eau captée de l'ALBO-BARREMIEN est insuffisante pour couvrir la demande, elle compte dix-sept (17) puits au total et trois (03) stations de pompage reliées entre elles par les réseaux d'adduction.

L'alimentation de la ville de Hassi R'mel en eau potable est assurée par le centre de distribution qui est situé au centre de la ville.

## **Chapitre III**

### **Les réseaux hydrauliques de Hassi R'Mel**

#### **Introduction**

Dans ce chapitre nous allons faire un état des lieux précis des réseaux hydraulique de notre zone d'étude (pompage, expédition, adduction et distribution) ainsi que les différentes caractéristiques des composantes de nos réseaux (hauteur manométrique total (HMT), Diamètres, longueurs, débit...).

A Hassi R'Mel on distingue trois (03) réseaux hydrauliques :

- le réseau d'eau potable : composé de trois zones de production et de distribution.
- Le réseau d'eau industrielle.
- Le réseau d'eau épurée.

## 1. Etat des lieux du réseau d'eau potable

### 1.1. Zone nord de Hassi R'Mel

#### 1.1.1. La station de pompage SP127



*Figure III. 1: la station de pompage nord SP127*

Le nom SP127 correspond au puits qui se trouve à l'intérieur de la station.

La station de pompage nord SP127 compte sept (07) puits producteurs. Le HRH126 et HRH127 ont été mis en exploitation en 1980, le HRH139 a été foré en 1995 et les deux autres puits HRH145 et HRH151 ont commencé à produire de l'eau en 2000. Les débits moyens pour chaque puits sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

*Remarque* : les puits HRH160 et HRH161 sont entrés en exploitation en 2012.

*Tableau III. 1 : débit moyen pour chaque puits de la zone nord*

Puits	HRH126	HRH127	HRH139	HRH145	HRH151	HRH160	HRH161
Q <sub>moy</sub> annuel (m <sup>3</sup> )	109507	135778	168088	107139	157634	172496	315619
Q <sub>MOY</sub> (m <sup>3</sup> /jour)	300.02	371.99	460.51	293.53	431.87	472.59	864.7

Chaque puits est équipé d'un groupe électropompe immergé dont le débit est spécifique pour chacun. L'eau est refoulée vers les deux bacs de 1000 m<sup>3</sup> qui se trouvent à l'intérieur de la

station 127. Le tableau suivant montre la longueur et le diamètre de chaque conduite de refoulement (Tableau III.2).

**Tableau III. 2 : diamètre et longueur des conduites refoulant en direction de la station de pompage nord**

Intervalles	Diamètre (cm)	Distance (m)
HRH 139- SP 127	10	1200
HRH 151-SP 127	10	5000
HRH 145 - SP 127	10	5500
HRH 160 - SP 127	15	2000
HRH 161 - SP 127	15	800
HRH 126 - SP 127	15	2200
SP127 – SP106	20	28800

### 1.1.2. Caractéristiques hydrauliques de SP127

La station de pompage nord est destinée à alimenter plusieurs unités, elle est équipée de quatre (04) pompes identiques en série. Les caractéristiques des pompes et les différentes arrivées (les puits) sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau III. 3: caractéristiques hydrauliques de la SP127**

Electropompes	Q(m <sup>3</sup> /h)	Hmt (m)	Bacs (m <sup>3</sup> )	Arrivée (puits ou station de pompage)	Destination
4	140	160	2X1000	127, 126, 139, 151, 145	Bacs 106, SCN, MPP3, SP4, entités

### 1.1.3. Les réseaux de distribution et d'expédition de SP127

L'alimentation de plusieurs unités se fait directement à partir de deux (02) bac de 1000 m<sup>3</sup> de la station 127 (Tableau III.4). Cette dernière est reliée à la station de pompage zone centre SP106 par deux conduites : l'ancienne conduite de diamètre 15cm et de longueur 28.8 km et une nouvelle conduite de diamètre 20cm et de longueur de 21 km en cours de réalisation.

*Tableau III. 4 : les différentes unités alimentées par la SP127*

Unité	Q (m <sup>3</sup> /j)	Diamètre (cm)
SP4 : base de vie	480	20.0
Module III	120	15.0
Sonelgaz	150	7.5
CIGN	60	7.5
APC Tilghmt	120	7.5
Citernage	240	20.0
Station de Compression nord	28	10.0
Vers la SP106	2400	20.0

## 1.2. Zone Sud de Hassi R'Mel

### 1.2.1. La station de pompage SP122



*Figure III. 2 : la station de pompage sud SP122*

Le nom SP 122 correspond au puits producteur qui se trouve à l'intérieur de la station de pompage de la zone sud.

Peu connue, cette zone est localisée dans l'axe HRH122-HRH123. Sa largeur est très limitée. La hauteur moyenne initiale d'eau était de 40m et la profondeur est de 80m.

Géologiquement les zones Centre et Sud sont communicantes par endroit. Les hauteurs d'eau et les niveaux piézométriques évoluent de la même façon dans ces deux zones.



La station de pompage sud SP 122 compte depuis sa création quatre (04) puits producteurs: HRH 122, HRH 123 (à l'arrêt depuis 2001), HRH 142 (début d'exploitation en 1996) et le HRH 148 (début d'exploitation 2000)

Le tableau ci-dessous résume les débits moyens et journaliers des différents puits de la zone sud.

**Tableau III. 5: débit moyen pour chaque puits de la zone sud**

Puits	HRH 122	HRH 123 (avant 2001)	HRH 142 (depuis 1996)	HRH 148 (depuis 2000)
Q <sub>moy</sub> annuel (m <sup>3</sup> /an)	144530.3	64636.9	142563.4	246091.5
Q <sub>moy</sub> journalier (m <sup>3</sup> /jour)	395.9	177.0	390.5	674.2

Chaque puits est équipé d'un groupe électropompe immergé dont le débit est spécifique pour chacun. L'eau est refoulée vers deux (02) bacs d'une capacité de 1000 m<sup>3</sup> chacun qui se trouvent à l'intérieur de la station 122. Le tableau suivant donne la longueur et le diamètre de chaque conduite de refoulement (Tableau III.6).

**Tableau III. 6 : diamètre et longueur des conduites de refoulement de la station de pompage sud**

Intervalles	Diamètres (cm)	Distance (m)
Station de pompage PS 122		
HRH 142 - SP 122	10	1800
HRH 148 – SP 122	10	2900
SP 122 – SP 106	20	15000

### 1.2.2 Caractéristiques hydrauliques de la station de pompage SP122

La station de pompage sud est destinée à alimenter plusieurs unités. Elle est équipée de quatre (04) pompes identiques en série. Les caractéristiques des pompes et les différentes arrivées (les puits) sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau III. 7: caractéristiques hydrauliques de la SP122**

Electropompes	Q (m <sup>3</sup> /h)	HMT (m)	Bacs (m <sup>3</sup> )	Arrivée (puits ou station de pompage)	Destination
4	70	260	2X1000	122, 123, 142, 148	Bacs 106, SCSUD, MPP2, Djebel Bissa

### 1.2.3. Les réseaux de distribution et d'expédition de SP122

L'alimentation de plusieurs unités se fait directement à partir de deux bacs de 1000 m<sup>3</sup> de la station 122 (Tableau III.7). Cette dernière est reliée également à la station de pompage SP106 (station de pompage de la zone centre). Un débit journalier moyen  $Q_{moy} = 680 \text{ m}^3/\text{jour}$  est refoulé chaque jour en destination de cette zone.

**Tableau III. 8 : les différentes unités alimentées par la SP122**

Station de pompage (SP 122)	Diamètre (cm)	Distance (m)
SP 122 – CTG Bissa	10	21370
SP 122 – Module	20	8000
SP - SCS II	15	7750

## 1.3. Zone centre de Hassi R'mel

### 1.3.1. La station de pompage SP106

**Figure III. 3 : station de pompage de la zone centre SP106**

Le nom SP106 correspond au puits qui se trouve à l'intérieur de la station.

La zone nord où se trouve la station de pompage nord SP106 compte six (06) puits producteur : le HRH105, HRH106, HRH107 et HRH114 ont été mis en exploitation en 1980, le HRH137 a été foré en 1987 et le dernier puits en l'occurrence le HRH147 a commencé à produire de l'eau en 1999. Les débits moyens pour chaque puits sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau III. 9 : débit moyen pour chaque puits de la zone centre**

puits	HRH105	HRH106	HRH107	HRH114	HRH137	HRH 147
Q <sub>Moy</sub> annuel (m <sup>3</sup> )	355498	363830.8	692922.7	184182.7	223201.3	46739.9
Q <sub>Moy</sub> (m <sup>3</sup> /jour)	973.9	996.7	1898.4	504.6	611.5	128

Chaque puits est équipé d'un groupe électropompe immergé dont le débit est spécifique pour chacun. L'eau est refoulée vers les deux bacs d'une capacité de 1000 m<sup>3</sup> chacun qui se trouvent à l'intérieur de la station SP106. Le tableau suivant donne la longueur et le diamètre de chaque conduite de refoulement (Tableau III.10).

**Tableau III. 10: Diamètre et longueur des conduites refoulant en direction de la station de pompage centre**

Zone centrale	Diamètre en (cm)	Distances (m)
HRH 106- SP 106	15	180
HRH 147- SP 106	10	2000
HRH 137- SP 106	10	5500
Station nord- SP 106	20	28900
Station Sud 6 SP 106	20	15000

### 1.3.2. Caractéristiques hydrauliques de SP106

La station de pompage nord est destinée à alimenter plusieurs unités. Elle est équipée de quatre (04) pompes identiques en série dont les caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

**Tableau III. 11 : caractéristiques hydrauliques de la SP106**

Electropompes	Q(m <sup>3</sup> /h)	Hmt (m)	Bacs (m <sup>3</sup> )	Arrivée (puits ou station de pompage)
4+2	280	140	2X1000	105, 106, 107, 114, 137, 147, stations 122,127

### 1.3.3. Réseaux de distribution et d'expédition de la station de pompage SP106

L'alimentation de la base 24 février se fait directement à partir du deux bac 1000 m<sup>3</sup> de la station 106 (Tableau III.12). Cette dernière est reliée au centre de distribution « CD » qui contient trois (03) bacs de volume 3000 m<sup>3</sup> et un château d'eau. Ces dernier assurent l'alimentation de la population et les différents équipements de la ville de Hassi R'mel.

**Tableau III. 12 : les différentes unités alimentées par la SP127**

Unité	Q (m <sup>3</sup> /j)	Diamètre (cm)
Base de vie 24 février 1971	450	20.0
Centre de stockage et de distribution « CD »	4400	30.0
Bac 1000m <sup>3</sup> base 20 Aout 55 célibataire+famille	860	30.0
MPP0 et ateliers centraux	640	7.5

## 2. Etat des lieux du réseau d'eau d'irrigation et industrielle

Le réseau Barrémien compte deux (02) stations de pompage. La SP131 avec un seul puits producteur HRH131 de débit moyen de 480 m<sup>3</sup>/h. Elle alimente plusieurs unités industrielles, et elle expédie de l'eau aussi vers la deuxième station la SP 136 qui compte trois (03) puits producteur le HRH136, HRH143 et HRH144 avec des débits respectif de 572m<sup>3</sup>/h, 570m<sup>3</sup>/h, 0 m<sup>3</sup>/h (les puits HRH144 et HRH155 sont actuellement bouché), les puits HRH138 et HRH155 ont leur propre réseau de distribution.

Les groupes de pompage utilisés dans ces puits sont en acier inoxydable, fonctionnent avec un régime continu alimentant directement les bacs.

Les deux tableaux ci-dessous montrent les différentes caractéristiques du réseau Barrémien ainsi que les différentes destinations:

**Tableau III. 13 : équipements et différentes destinations de l'eau**

Station de pompage ou puits	Equipements	Destination
HRH131(SP131)	Bac 500 m <sup>3</sup> , trois (03) pompes de surface et une (01) pompe immergée	Alimente le CTH1, Silos, et la station de HRH 136
HRH136 (SP136)	Bac 500 m <sup>3</sup> et (04) pompes d'expédition et (01) pompe immergée	Alimente les bacs 3000 m <sup>3</sup> , silos, CTH1, Citernage
HRH143 (SP136)	01 pompe immergée	Alimente la station HRH 136
HRH144 (SP136)		Alimente la station HRH 136 et CTH 3 A l'arrêt depuis le 05/06/04 pour bouchage

HRH138	bac 1000m <sup>3</sup> , une pompe se surface et 01 pompe immergée	Alimente le CTH sud (zone Sud) puits d'huile raccordé.
HRH155		Alimente le CTH 2 (zone Nord) puits d'huile raccordé Arrêt du puits 25/06/09 (remonté de sable)

**Tableau III. 14 : Diamètres et longueurs des conduites de refoulement du BARREMIEN**

Intervalles	Diamètres (cm)	Distances (m)
HRH 136-B1 136	10.0	50
HRH 144-SP 136	10.0	1910
HRH 143-SP 136	10.0	1200
SP 131-SP 136	20.0	8000
HRH 131-B1 131	10.0	65
SP 131-SILOTS	12.5	2900
SP 131-SRGA	15.0	10500
SP 131- CTH1	15.0	10800
SP 136-B1 B2 3000	30.0	16820

- **Le réseau d'irrigation**

Afin de palier à la diminution de la nappe d'eau douce du Turonien et de la préserver le plus longtemps possible, le recours à une autre source était nécessaire, après analyse d'eau de la nappe du Barrémien du puits HRH 131, il s'est avérée que c'est une eau médiocre pour la consommation et acceptable pour l'irrigation.

Le réseau d'eau d'irrigation est un réseau ramifié alimentant les espaces agricoles comme suit :

- Bases de vie centrale : écoulement forcé vers la conduite du brise vent.
- 1000 studios : écoulement gravitaire à partir des deux bacs de 3000 m<sup>3</sup> desservant le réseau maillé en PEHD.
- Jardin puits d'eau: écoulement gravitaire de consommation moyenne de 280 m<sup>3</sup>/j.

### 3. Etat des lieux du centre de stockage et de distribution

Le centre de stockage et distribution est situé dans le centre-ville de Hassi R'mel sur une cote de 781m, il contient cinq (05) bacs et un (01) château d'eau et plusieurs équipements hydraulique, il assure l'alimentation en eau potable de la ville et aussi l'alimentation en eau d'irrigation et industrielle de toute les unités industrielle de la zone centre (schéma III.1).



*Figure III. 4 : le centre de stockage et de distribution*

*A1 : bac de 3000m<sup>3</sup> (eau potable) ;*

*A2 : bac de 3000m<sup>3</sup> (eau potable) ;*

*A3 : bac de 3000m<sup>3</sup> (eau potable) ;*

*B1 : bac de 3000m<sup>3</sup> (eau épurée) ;*

*B2 : bac de 3000m<sup>3</sup> (eau industrielle) ;*

*CD : château d'eau.*

Toute la distribution d'eau potable se fait des trois (03) bacs 3000m<sup>3</sup> et le château d'eau, par un écoulement gravitaire vers les consommateurs de la zone centrale.

Le réseau principal de distribution est un réseau ramifié de 25 Kms linéaire, 54 électropompes sont installées sur tous les réseaux d'eau pour produire, expédier et distribuer l'eau.

Le schéma suivant montre le réseau de distribution de la zone centre :

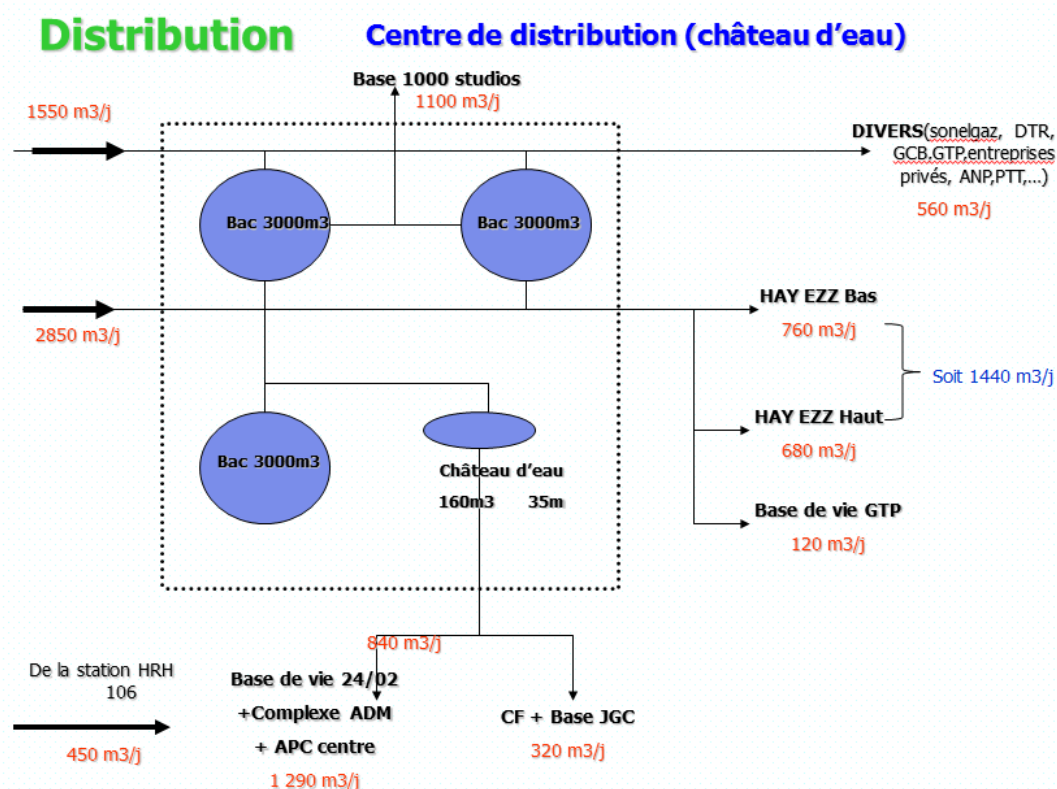


Figure III. 5 : le réseau de distribution de la zone centre

## Conclusion

Le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Hassi R'Mel est complexe car ce dernier s'étend sur trois zones, son fonctionnement dépend donc de l'efficacité des différents réseaux d'adduction et d'expédition de ces zones, le réseau de distribution présente également plusieurs anomalies (piquage sauvages, réservoirs vétustes...).

Dans le prochain chapitre, nous allons faire le diagnostic complet des différents réseaux de la ville de Hassi R'mel.

## Chapitre IV

### Diagnostic du réseau d'AEP de la ville de Hassi R'mel

#### Introduction

Le diagnostic des systèmes d'alimentation en eau potable a pour but de présenter l'état des lieux du service d'alimentation d'eau potable ; Il s'agit d'identifier les dysfonctionnements et proposer des solutions techniques afin de minimiser les pertes et d'augmenter le rendement du réseau d'AEP ; en prenant compte les besoins à moyen et à long terme. Pour que le diagnostic soit efficace, il est doit être basé sur une méthodologie qui prend en considération les spécifications d'états et lieux.

En Algérie ; L'exploitation des systèmes d'alimentation en eau n'est pas effectuée d'une manière efficace. On estime que plus de 50% de la production d'eau se perd à travers les fuites sur les conduites d'adduction et de distribution. En général les plans des réseaux de distribution sont inaccessibles ou n'existent pas en détail sur plusieurs zones. Pour cela, il est nécessaire de mettre en place une méthodologie du diagnostic des réseaux d'eau potable [Tarfaya, 2010].

L'objet de ce diagnostic est de vérifier l'état du système d'alimentation en eau de la ville de Hassi R'mel, et la détermination des défaillances du système de refoulement et du réseau de distribution.

#### 1. Adduction

La ville de Hassi R'Mel compte au total trois champs de captage en eau potable se situant respectivement dans les zones Nord, Centre et Sud. Chaque champ de captage est muni d'une adduction par refoulement. Cette dernière sert à alimenter les différents réservoirs se trouvant au niveau des stations de pompage Nord et Sud qui à leur tour refoulent en direction de la zone Centre.

Dans cette première partie, nous allons effectuer un état des lieux de l'adduction de la zone Nord de Hassi R'mel ainsi que la nouvelle ligne qui relie les zones Nord et Centre.



Rappelons que dans une adduction par refoulement, le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir de distribution. Les eaux de captages ou traitées sont relevées par une station de pompage dans la conduite de refoulement [Pr. MAHMOUD Moussa, 2002].

### 1.1. Etat des lieux de l'adduction de la zone Nord

La station de pompage de la zone Nord SP 127 est alimentée par refoulement par sept (07) puits producteurs (chapitre II). Chaque puits est muni d'une pompe immergée en bonne état de marche. La figure ci-dessous représente l'adduction de la zone Nord de Hassi R'mel.

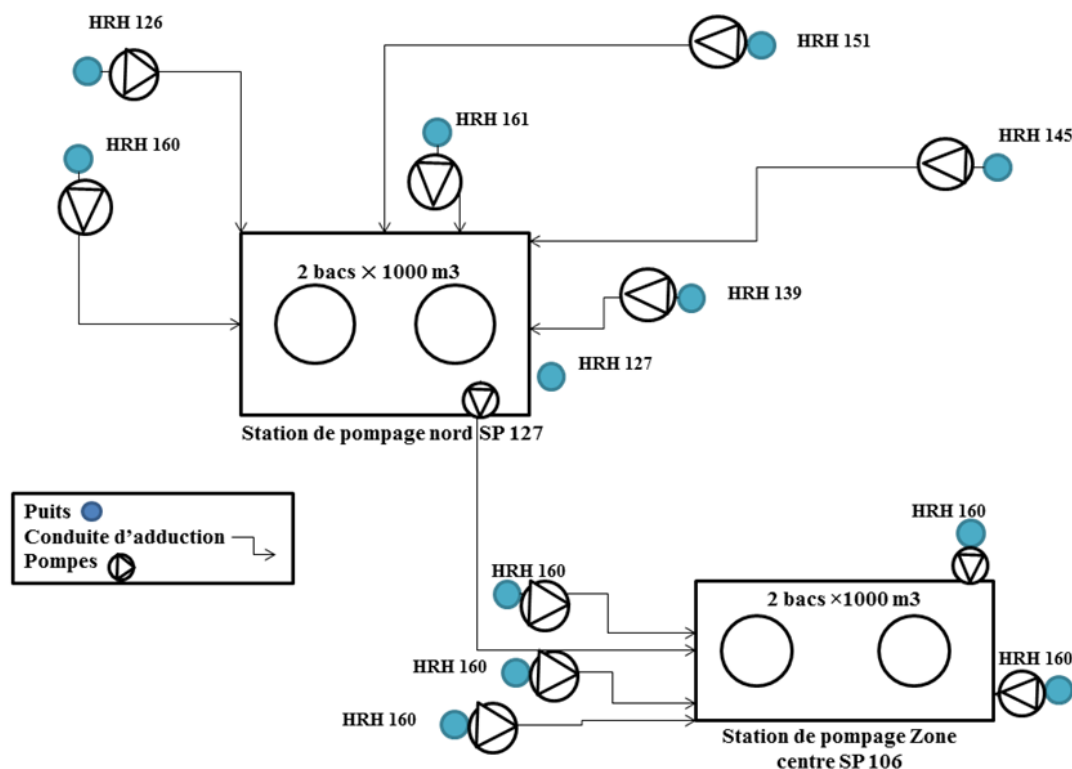


Figure IV. 1: schématisation de l'adduction de la zone Nord

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques hydrauliques (longueur des conduites, débits, HMT) du réseau d'adduction de la station nord SP 127.

*Tableau IV. 1 : caractéristiques hydrauliques de l'adduction de la zone nord*

Puits/ST-P	COORDONNEES GEOGRAPHIQUES		N.Statique (m)	N.Dynamique (m)	Diamètre tubing (m)	Diamètre ligne (m)	Longueur ligne(m)	Débit (m³/h)	HMT (m)
	X(m)	Z(m)							
HRH126/ST-P	554,50	728,65	95	7,09+9		0,15	2200	66,5	176
HRH127/ST-P	551,83	735,74	97	9	0,12	0,15	30	65	180
HRH139/ST-P	553,09	731,60	94,5	4,14+9	0,12	0,1	1516	40	180
HRH145/ST-P	554,75	730,18	92	5,56+9	0,12	0,1	3270	25,5	180
HRH151/ST-P	553,79	732,41	95	3,33+9	0,12	0,1	2290	39,5	182
HRH160/ST-P	553,70	731	94,3	4,74+9	0,12	0,1	1915	85	272
HRH161/ST-P	524,66	734,5	98,3	1,24+9	0,12	0,15	690	61	272

## 1.2. Conditions d'établissement de la conduite de refoulement

### 1.2.1. Conditions techniques

En vue de l'établissement d'une conduite de refoulement, il y a lieu de tenir compte de certains impératifs que l'on s'efforcera dans la mesure du possible de respecter.

Tout d'abord, il importe de rechercher un profil en long aussi régulier que possible, établi, de préférence, avec une rampe toujours dans le même sens vers le réservoir d'accumulation.

Il y a lieu d'éviter en effet, les contre-pentes qui, au droit du point haut ainsi formé, peuvent donner lieu, en exploitation à des cantonnements d'air plus ou moins difficiles à évacuer.

De plus, en cas d'arrêt brutal, et si les dispositions prises pour s'opposer au coup de bélier n'ont pas été suffisantes, il peut apparaître en ces points hauts un régime transitoire, par la suite de la dépression régnant dans la conduite, une cavitation entraînant une rupture de la veine liquide pouvant occasionner des éclatements de canalisation au cours de la phase de surpression qui succède.

En conséquence la présence de points hauts sur un refoulement peut faire craindre de graves incidents d'exploitation ou peut entraîner des frais supplémentaires (construction de cheminés d'équilibre) pour y palier. Il y a donc tout intérêt de les éviter.

Le tracé en plan sera conçu compte tenu de la possibilité de réaliser le profil en long idéal, avec des coudes suffisamment large afin d'éviter les butées importantes.

Par ailleurs dans un but d'économie de projet, il sera tenté d'allier au meilleur profil en long le tracé en plan le plus court. On y gagnera en frais de premier établissement, mais aussi, en frais d'exploitation de la station, car les pertes de charges ainsi que l'énergie consommée croissent plus la longueur de la conduite est importante [A.Dupont, 1979].

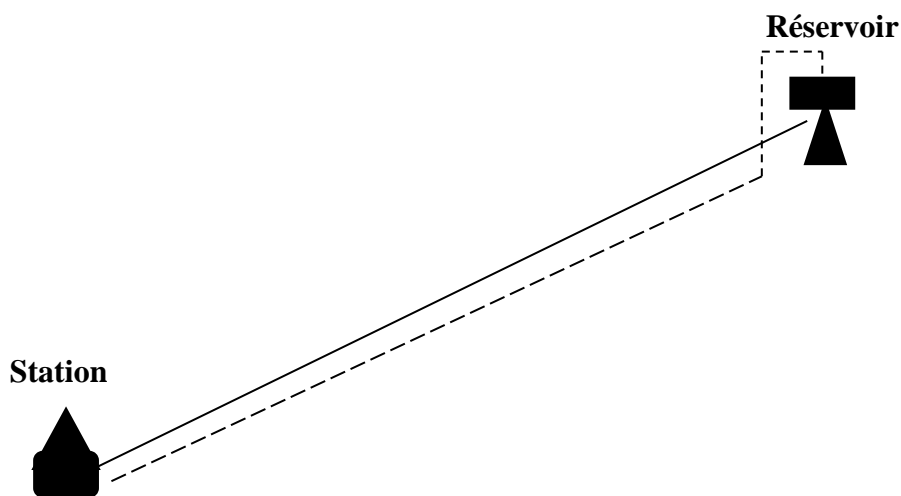
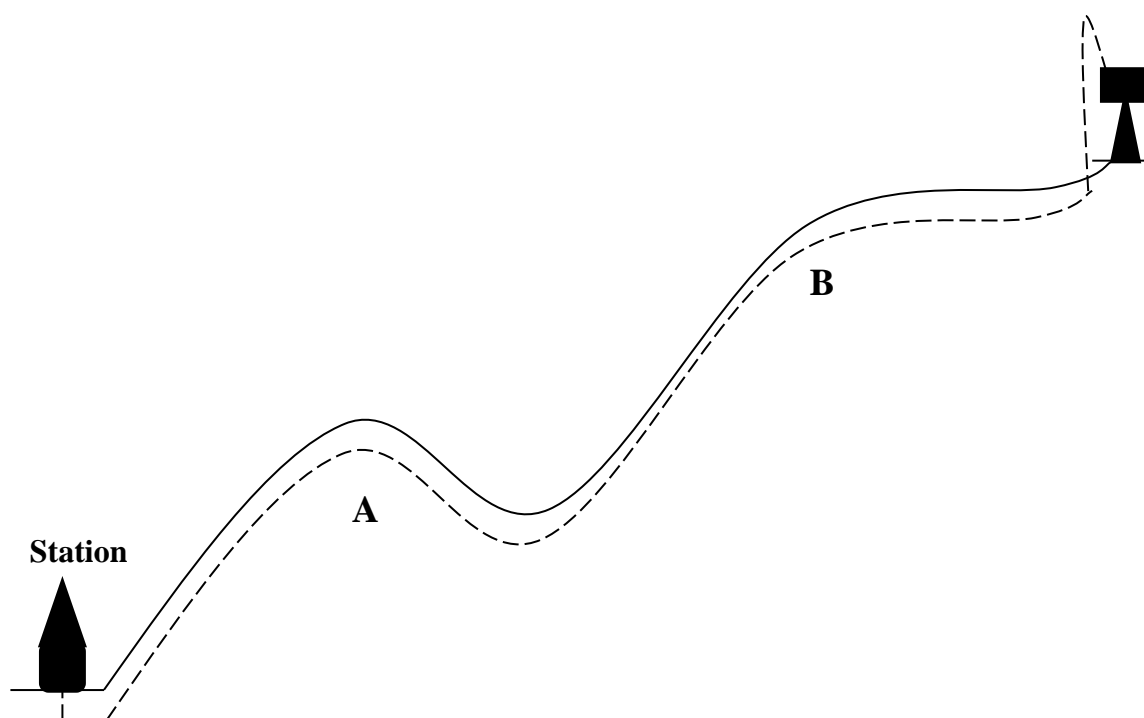


Figure IV. 2 : profil de conduite régulièrement ascendant

Le tracé idéal (figure ci-dessus) est celui qui correspond à une rampe régulière de la station de pompage vers le réservoir.



*Figure IV. 3: profil quelconque*

Si le tracé ne peut être accepté que moyennant une succession de points hauts, des cantonnements d'air seront à craindre en A et B (Figure ci-dessus) et un ou plusieurs dispositifs anti-bélier pourront être éventuellement installés, si l'étude montre une possibilité de cavitation en ces points.

### 1.2.2. Vérification de la condition technique

- **Tronçon reliant HRH 145- SP 127**

La longueur de la conduite qui relie le puits HRH 145 à la station de pompage SP 127 est de  $L_1 = 3270$  m. La conduite est en acier et se trouve à l'air libre, son profil en long correspond donc à celui du terrain naturel. Le schéma ci-dessous représente le profil en long de la conduite refoulant du HRH145 à la station de pompage SP 127.

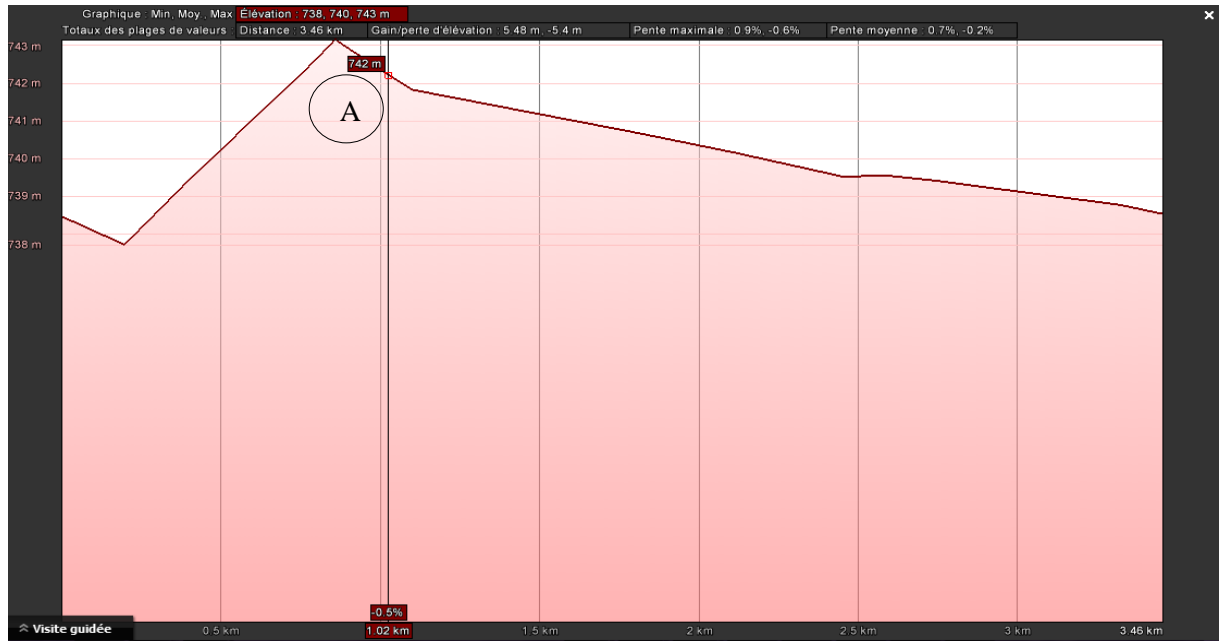


Figure IV. 4 : profil topographique de la conduite reliant HRH145 à la SP 127

Nous constatons sur le profil topographique la présence d'un point haut en A des cantonnements d'air seront donc à craindre en ce point (voir annexe).

- Tronçon reliant HRH 151-SP 127

La longueur de la conduite qui relie le puits HRH 151 à la station de pompage SP 127 est de  $L_2 = 2290$  m. La conduite est en acier et se trouve à l'air libre, son profil en long correspond donc à celui du terrain naturel. Le schéma ci-dessous représente le profil en long de la conduite refoulant du HRH151 à la station de pompage SP 127.

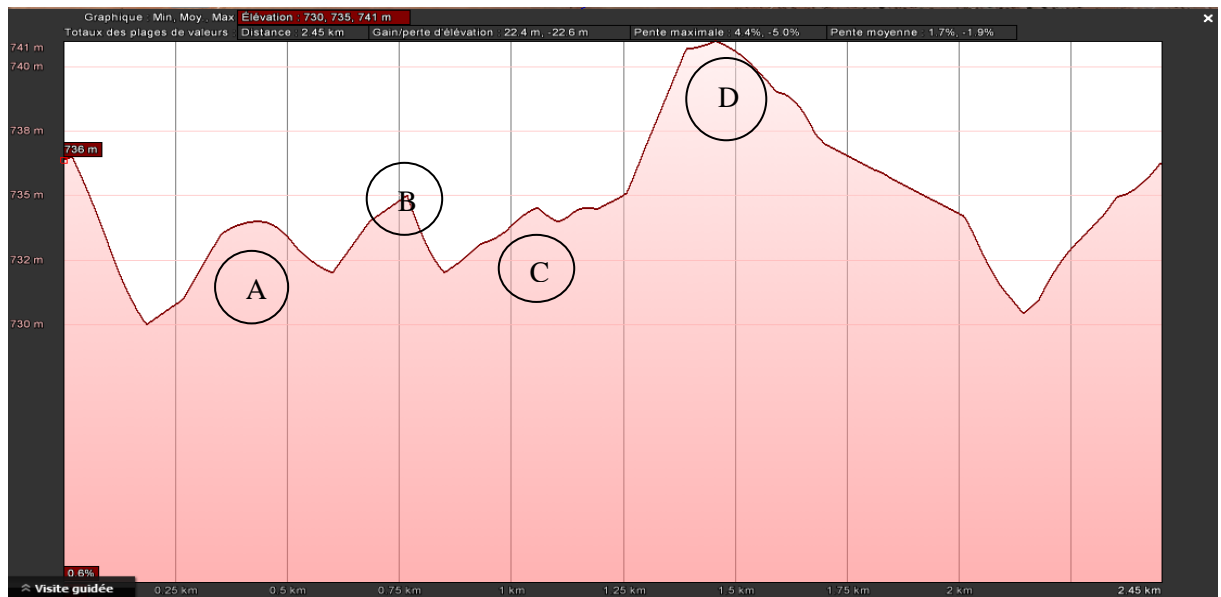
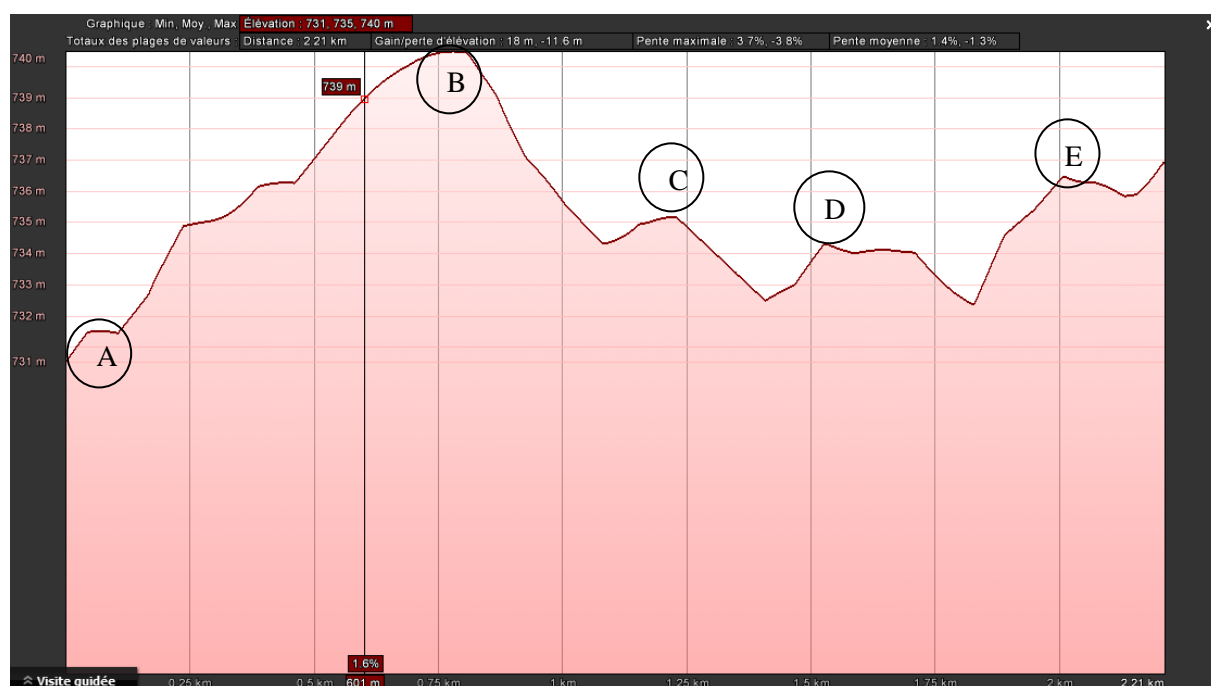


Figure IV. 5 : profil topographique de la conduite reliant HRH 151 à la SP 127

Nous constatons sur la profil topographique la présence d'une succession de point haut en A, B, C et D respectivement, le profil du terrain est très irrégulier, des cantonnements d'air seront donc à craindre en ces points (voir annexe).

- **Tronçon reliant HRH 126-SP 127**

La longueur de la conduite qui relie le puits HRH 126 à la station de pompage SP 127 est de  $L_3 = 2200$  m, la conduite est en acier et se trouve à l'air libre, son profil en long correspond donc à celui du terrain naturel. Le schéma ci-dessous représente le profil en long de la conduite refoulant du HRH126 à la station de pompage SP 127.

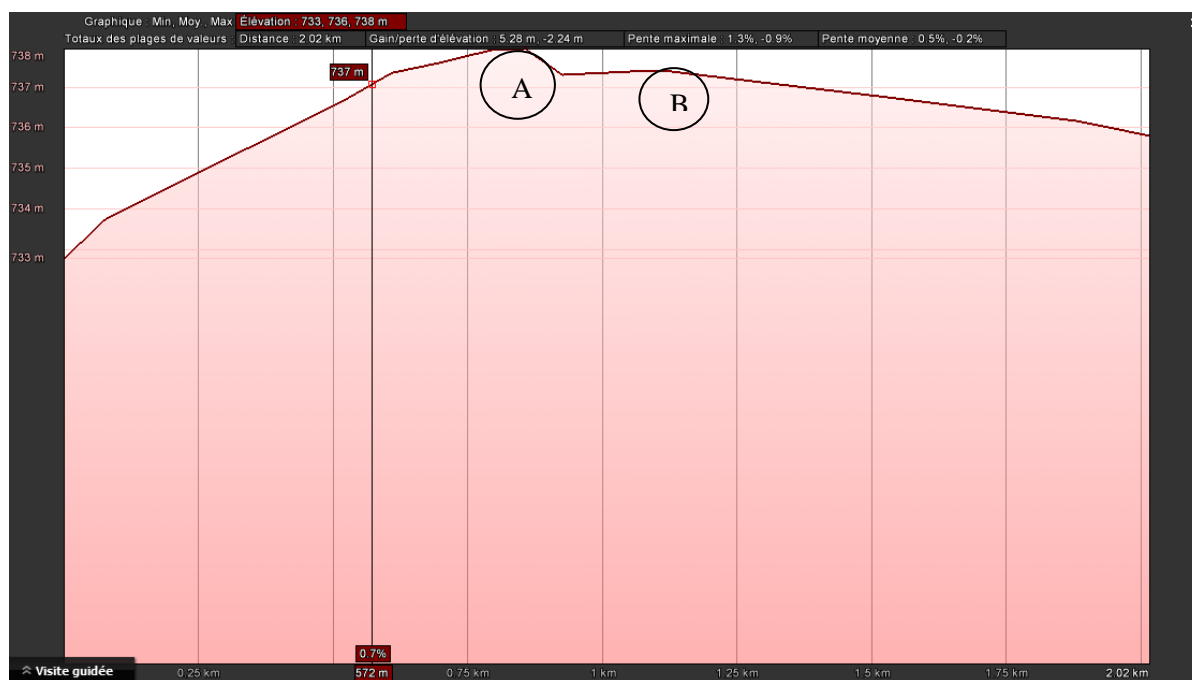


**Figure IV. 6 : profil topographique de la conduite reliant HRH 126 à la SP 127**

Nous constatons sur le profil topographique une succession de cinq (05) points hauts en A, B, C, D et E, le profil du terrain étant très irrégulier des cantonnements d'air seront donc à craindre en ces points (voir annexe).

- **Tronçon reliant HRH 160-SP 127**

La longueur de la conduite qui relie le puits HRH 160 à la station de pompage SP 127 est de  $L_4 = 1915$  m. La conduite est en acier et se trouve à l'air libre, son profil en long correspond donc à celui du terrain naturel. Le schéma ci-dessous représente le profil en long de la conduite refoulant du HRH160 à la station de pompage SP 127.

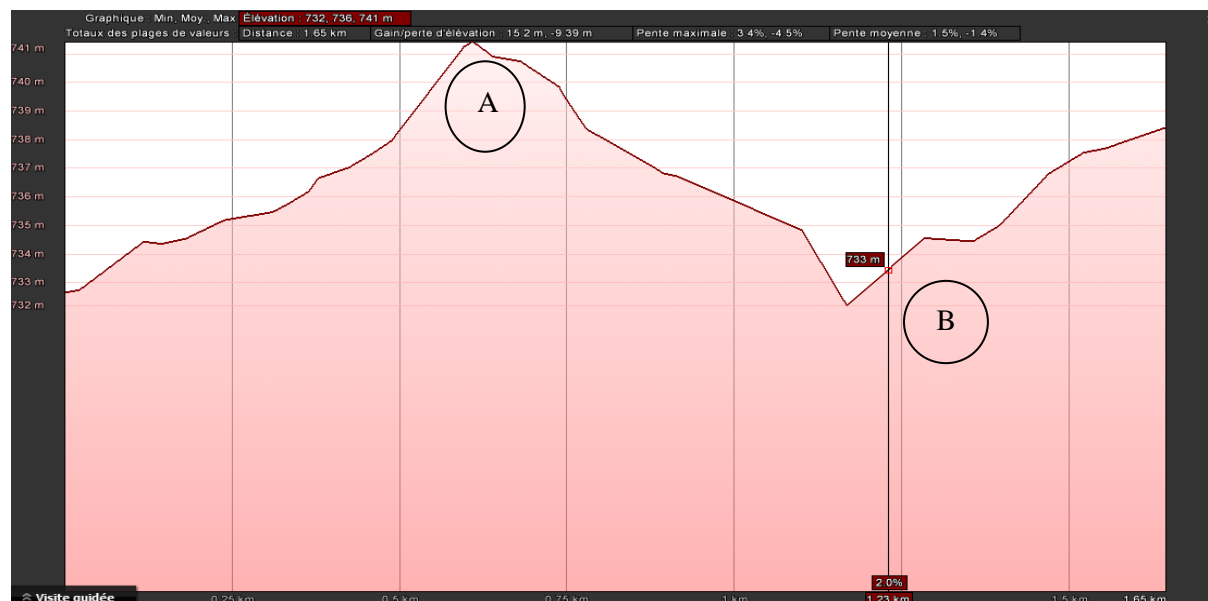


**Figure IV. 7: profil topographique de la conduite reliant HRH 160 à la SP 127**

Nous constatons sur le profil topographique la présence d'un point haut en A, une partie subhorizontale c'est-à-dire de pente très faible succède également au point B des cantonnements d'air seront donc à craindre en ces points (voir annexe).

- **Tronçon reliant HRH 139-SP 127**

La longueur de la conduite qui relie le puits HRH 139 à la station de pompage SP 127 est de  $L_5 = 1516$  m. La conduite est en acier et se trouve à l'air libre, son profil en long correspond donc à celui du terrain naturel. Le schéma ci-dessous représente le profil en long de la conduite refoulant du HRH139 à la station de pompage SP 127.

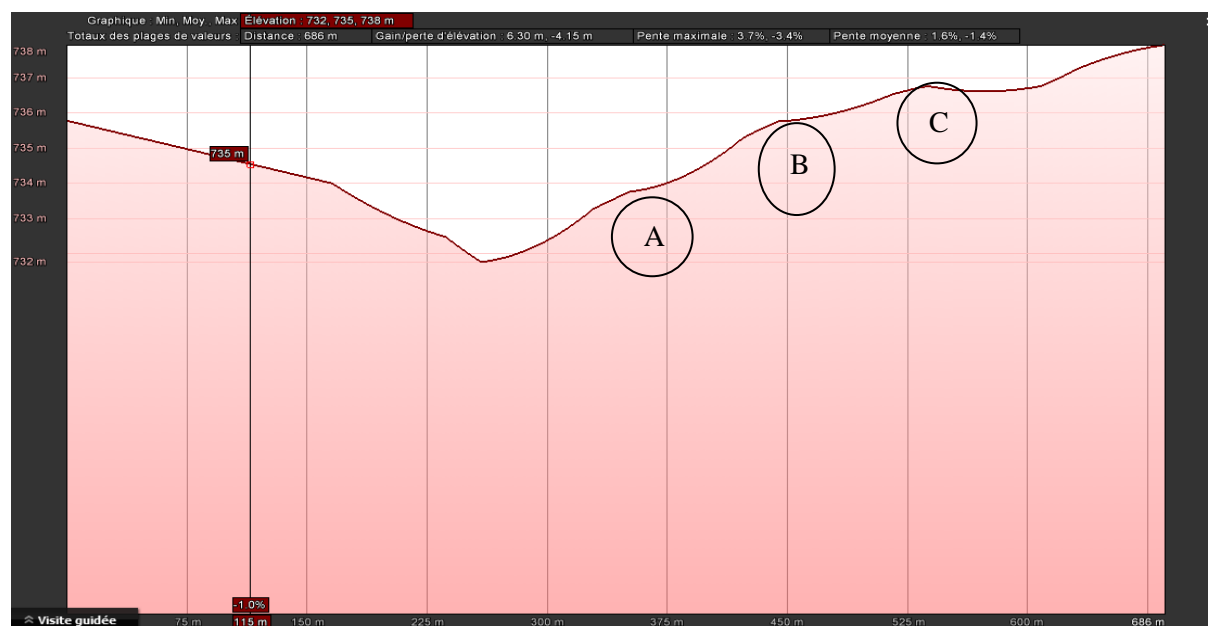


**Figure IV. 8 : profil topographique de la conduite reliant HRH 139 à la SP 127**

Nous constatons sur le profil topographique, la présence de points hauts en A et B des cantonnements d'air seront donc à craindre en ces points (voir annexe).

- **Tronçon reliant HRH 161-SP 127**

La longueur de la conduite qui relie le puits HRH 161 à la station de pompage SP 127 est de  $L_6 = 690$  m. La conduite est en acier et se trouve à l'air libre, son profil en long correspond donc à celui du terrain naturel. Le schéma ci-dessous représente le profil en long de la conduite refoulant du HRH161 à la station de pompage SP 127.



**Figure IV. 9 : Profil topographique de la conduite reliant HRH 161 à la SP 127**



Nous notons la présence de points hauts en A, B et C, il existe donc une possibilité de cantonnements d'air en ces points (voir annexe).

### 1.2.3. Vérification des diamètres des conduites de refoulement

Du point de vue économique, conduite de refoulement et station de pompage sont liées.

En effet, plus le diamètre de la conduite est petit pour un même débit à relever, plus la perte de charge  $J_r$  sera grande plus le moteur d'entraînement devra être puissant, donc plus l'énergie dépensée sera importante.

Il est donc intuitif qu'il existe un diamètre économique pour la conduite de refoulement résultant d'un compromis entre les deux tendances suivantes :

Les frais d'amortissement de la conduite qui croissent avec le diamètre de la canalisation ;

Les frais d'exploitation de la station de pompage, qui décroissent quand le diamètre augmente, par la suite de la diminution des pertes de charges.

Si l'on considère que ces deux postes de dépenses, qui constituent, en fait, dans la plus part des cas, les éléments principaux du problème, il est possible d'établir une formule donnant le diamètre  $D$  économique du refoulement en introduisant certains paramètres susceptibles de varier. [Dupont, 1979].

Quelques formules donnant le diamètre économique ont aussi été proposées. Sans les citer toutes, nous présentons les deux formules proposées par Bresse et Bonin :

Formule de Bresse 
$$D = 1,5\sqrt{Q}$$

Formule de Bonin 
$$D = \sqrt{Q}$$

Bien que ces deux formules soient remarquablement simples et très anciennes, elles sont encore utilisées de nos jours pour une évaluation rapide du diamètre économique.

Le tableau ci-dessous résume les valeurs des diamètres actuels ainsi que les diamètres calculés par les formules de Bresse et de Bonin des conduites de refoulements de la zone Nord :

**Tableau IV. 2: diamètre des conduites de refoulements de la zone Nord**

Puits/ ST-P	Débits (m <sup>3</sup> /h)	Diamètres actuels des conduites (m)	Diamètres calculés par Bresse (m)	Diamètre calculés par Bonin (m)	Vitesses (m/s)
HRH126/ST-P	66,5	0,15	0,20	0,125	1,05
HRH127/ST-P	65,0	0,15	0,20	0,125	1,02
HRH139/ST-P	40,0	0,10	0,20	0,100	1,42

HRH145/ST-P	25,5	0,10	0,125	0,100	1,90
HRH151/ST-P	39,5	0,10	0,200	0,100	1,39
HRH160/ST-P	85,0	0,10	0,250	0,150	1,37
HRH161/ST-P	61,0	0,15	0,200	0,125	0,95

Nous constatons que les diamètres des conduites choisis sont tous compris entre les valeurs des diamètres économiques calculés par les formules de Bresse et de Bonin. Rappelons que pour un même débit les pertes de charge linéaires dans le réseau sont plus importantes entraînant ainsi une consommation d'énergie plus conséquente au niveau de la station de pompage. Néanmoins, plus le diamètre de la conduite est grand plus le prix de la conduite sera important, en plus d'être compris entre les deux diamètres économiques de Bresse et Bonin le choix des diamètres actuels semble également être un bon compromis entre le coup de l'énergie et le prix du mètre linéaire des conduites.

La vitesse moyenne de l'eau dans les conduites reste acceptable car elle est comprise entre 0,5 et 1,5. En effet, d'une part une vitesse inférieure à 0,5 favorise les dépôts dans la conduite, parfois difficile à évacuer et l'air chemine difficilement vers les points hauts. D'autre part les grandes vitesses risquent de créer des difficultés d'exploitation : le coup de bélier croît, cavitation et bruits possibles ainsi qu'un risque plus important de fuites.

### 1.3. Caractéristiques hydrauliques des pompes de la zone nord

Le refoulement des eaux se fait par une station de pompage (ou usine élévatoire). Une station de pompage comporte principalement

- La salle d'arrivée d'eau (ou bache d'aspiration).
- La salle des commandes.
- La salle des machines comportant généralement plusieurs groupes élévatoires.

Les caractéristiques hydrauliques d'une pompe sont : le débit  $Q$ , la hauteur de refoulement  $H$ , la puissance absorbée  $P_a$ , le rendement  $\eta$ , et éventuellement la capacité d'aspiration NPSH (Net Positive Section Head).

Le tableau suivant résume les caractéristiques hydrauliques des pompes immergées de la zone Nord :

Tableau IV. 3: Caractéristiques hydrauliques des pompes de la zone nord

Puits	caractéristiques	HRH 127	HRH 151	HRH 139	HRH 145	HRH 126	HRH 160	HRH 161
pompes immergées	Marque	Lowara	Lowara	Lowara	Lowara	Grundfoss	Lowara	Lowara
	Type	Z 855 08-BC-50D ELP	ZR855 08-L6C ELP 380-415 50	Z 855 08-L6C-50D ELP 380-415 50	Z 855 08-L6C-50D ELP 380-415 51	SP60-22	ZR855 12-F8 ELP 380-415 51	ZR855 12-F8 ELP 380-415 52
	Débit (m <sup>3</sup> /h)	50	50	50	50	60	50	50
	HMT (m)	272	182	182	182	176	272	272
	Puissance (kw)	37	37	37	37	45	55	55
	N (tour/min)	2870	2830	2831	2831	2900	2920	2920
	Fréquence (Hz)	50	50	50	50	50	50	50
	N° de série	30051 502-1	702339060	702339060	702339060		702339050	702339050
	Codification	763B6600 2A	ZL 0693 99	ZL 0693 98	ZL 0694 01	ZL 050406	ZL 0693 95	ZL 0693 94

## 1.4. Vérification du point de fonctionnement des pompes de la zone Nord

### 1.4.1. Point de fonctionnement d'une pompe

Le point de fonctionnement d'une pompe refoulant dans une conduite est donné par le point d'intersection de la caractéristique hydraulique de la pompe et celle du réseau.

- La caractéristique de la pompe étant la hauteur de refoulement :  $H=H(Q)$
- La caractéristique du réseau étant :  $H_g+J(Q)$  ou  $H_g$  représente la hauteur géométrique (la différence de niveau entre aspiration et refoulement) et  $J(Q)$  les pertes de charge totale dans la conduite de refoulement et la conduite d'aspiration.

Notons que la pompe doit répondre à un besoin donné ( $Q_b$  et  $H_b$ ). La pompe choisie donnera un point de fonctionnement  $M$  défini par ( $Q_0$  et  $H_0$ ) très proche de ( $Q_b$  et  $H_b$ ) et surtout correspondant à un rendement optimal (de préférence  $0,7 < \eta < 0,9$ ) ou au rendement maximum de la pompe  $\eta_{max}$  [MAHMOUD, 2002].

### 1.4.2. Pompe refoulant du HRH 126 en direction de la SP 127

La pompe qui refoule à partir du HRH 126 en direction de la station de pompage SP 127 est une pompe immergée de la marque Grundfoss, type SP 60-22.

Les figures ci-dessous représentent les courbes de performances des pompes Grundfoss type SP 60.

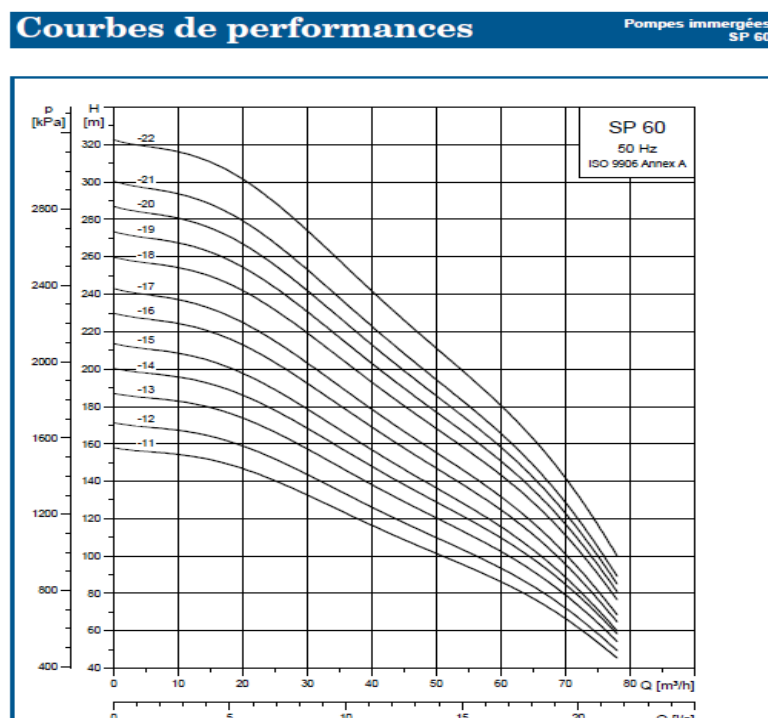


Figure IV. 10: courbes caractéristiques des pompes Grundfoss de type SP60

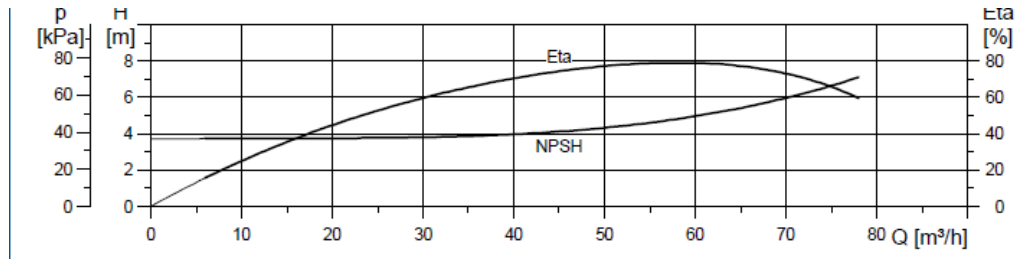


Figure IV. 11 : courbe du rendement et du NPSH disponible des pompes Grundfoss SP-60

• Calcul du point de fonctionnement de la pompe Grundfoss SP60-22

La courbe caractéristique du réseau est :  $H(Q) = H_g + J(Q)$

$H_g$  : hauteur géométrique définie comme étant la somme des différences de niveau entre le HRH 126 et l'entrée de la pompe donné, et la profondeur à laquelle la pompe aspire l'eau

Où la différence de niveau est  $H_d = 735,74 - 728,65 = 7,09$  m

Et la Profondeur de la pompe est  $H_p = 93$  m

D'où la hauteur géométrique est :

$$H_g = 7,09 + 93$$

$$H_g = 100,09 \text{ m}$$

Et  $J(Q)$  : est la perte de charge totale au niveau de la conduite reliant HRH 126 à la station de pompage SP 127.

Où les pertes de charges singulières  $\xi$  sont estimées à 15 % des pertes de charges linéaires dans le réseau, d'où la perte de charge totale sera égale à :

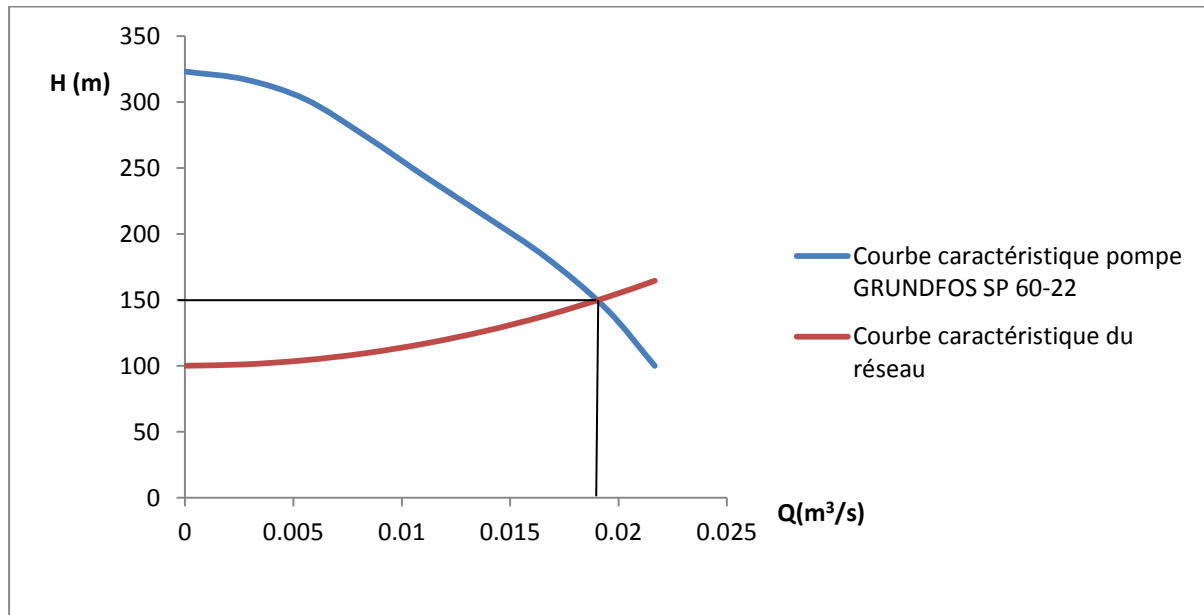
$$J = 1,15 \times \lambda \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$J = 1,15 \times \frac{8\lambda L}{g\pi^2 D^5} Q^2$$

$L$  : Longueur de la conduite reliant HRH 126 à la SP 127 égale à  $L = 2200$  m ;  $D$  : Diamètre de la conduite reliant HRH 126 à la SP 127 ;  $D = 0,15$  m ;  $\lambda$  : Coefficient de perte de charge ;  $\lambda = 0,02$  et  $g$  : accélération de la pesanteur pris égal à  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

$$H(Q) = 100,09 + 1,15 \times \frac{8\lambda L}{g\pi^2 D^5} Q^2$$

La figure ci-dessous représente les courbes caractéristiques de la pompe.



*Figure IV. 12 : point de fonctionnement de la pompe Grundfos SP6-22*

Le point de fonctionnement de la pompe  $H_0(Q, HMT)$  est  $H_0(18,5 \text{ l/s} ; 148 \text{ m})$ .

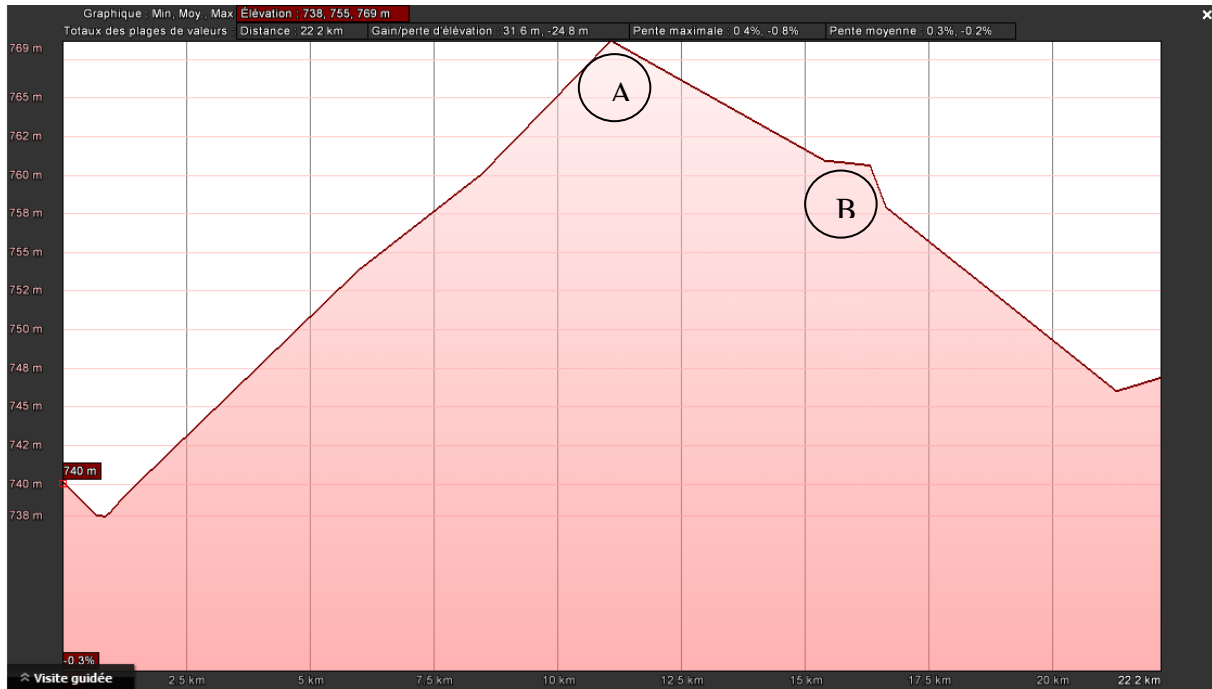
Nous constatons que la pompe fonctionne à un rendement acceptable de 0,73 compris  $0,7 < \eta < 0,9$ . Elle refoule un débit suffisant  $Q = 18,5 \text{ l/s}$  à une hauteur  $H = 148 \text{ m}$ , la pompe est donc adéquate pour notre réseau.

### 1.5. Diagnostic de la nouvelle ligne refoulant de la SP127 en direction de la zone centre

De plus de l'eau potable captée à partir des puits, la zone centre de la ville de Hassi R'Mel est alimentée grâce à deux refoulements l'un arrivant de la zone nord et l'autre de la zone sud de la ville.

#### 1.5.1 Vérification de la condition technique de la nouvelle ligne reliant SP 127 et la SP106

La longueur de la conduite qui relie la station de pompage SP 127 à la station de pompage SP 106 est de  $L = 23550 \text{ m}$ . La conduite est en acier et se trouve à l'air libre, son profil en long correspond donc à celui du terrain naturel. Le schéma ci-dessous représente le profil en long de la conduite refoulant de la SP 127 à la station de pompage SP 106.



**Figure IV. 13 : Profil topographique de la conduite reliant la SP127 à la SP 106**

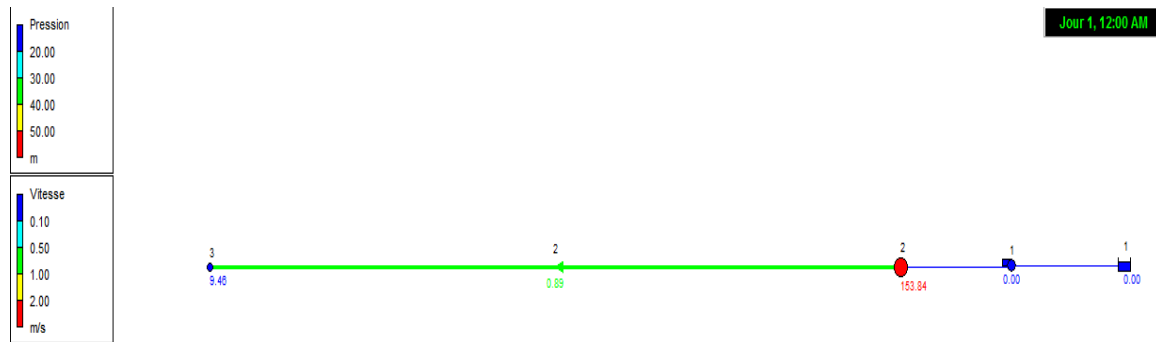
Nous constatons des points hauts en A et B la pente moyenne du terrain est de 0,3% il existe donc une possibilité élevée de cantonnements d'air en ces points, la vitesse de l'eau dans la conduite est acceptable, elle est de 0,89 m/s (voir annexe).

### 1.5.2. Simulation de l'écoulement via le modèle Epanet

Pour vérifier le fonctionnement de la conduite d'adduction (la nouvelle ligne SP127-SP106) nous avons utilisé le modèle Epanet. Les caractéristiques de la pompe utilisée sont :

HMT = 160m et  $Q = 33,8$  l/s, la conduite est en acier avec une longueur de 23 km et un diamètre de 200 mm. Après la saisie des toutes les données nous avons fait la simulation.

Les résultats de la simulation sont montés dans la figure IV.14 :



*Figure IV. 14: simulation de la conduite d'adduction entre la SP127 et la SP106*

Les résultats obtenus sont acceptables, la pression à la sortie est presque un (01) bar et la vitesse dans la conduite est de 0.89 m/s donc le choix de la pompe utilisée et le diamètre de la conduite sont bon.

### Conclusion

L'adduction par refoulement de la zone Nord de la ville de Hassi R'mel se fait grâce à sept (07) puits, chaque puits est munis d'une pompe immergée permettant de refouler un débit à une HMT suffisante. Bien que cette adduction ne connait pas de grand problème de fonctionnement, elle présente quelques manquements comme : l'absence d'un système anti-bélier, des conduites aériennes dépourvues de protection qui peuvent entrainer au futur des dysfonctionnement du système, mettant ainsi en péril le fonctionnement des autres zones notamment la zone centre dont une partie de l'alimentation dépend du refoulement de la nouvelle ligne qui relie la station de pompage nord SP 127 à la zone centre.

## 2. Diagnostic des réservoirs de la ville de Hassi R'Mel

Dans cette partie nous allons procéder à un état des lieux des réservoirs de la zone centre de la ville de Hassi R'Mel et tenter de mettre en évidence le dysfonctionnement de ces derniers.

La ville de Hassi R'Mel regroupe actuellement plusieurs réservoirs de différentes capacités. Les consommateurs de la ville de Hassi R'Mel peuvent se partager en différentes catégories



cependant une quantité importante de l'eau captée est utilisée pour pallier aux besoins importants de l'industrie.

Les réservoirs d'eau sont, en général, nécessaires pour pouvoir alimenter, convenablement, une agglomération en eau potable. Ils sont principalement imposés par la différence entre le débit de captage ou de refoulement d'eau (plutôt constant) et le débit d'eau consommé par l'agglomération (variable en fonction de l'heure de la journée).

En principe, les réservoirs se différencient d'après leur position par rapport au sol en deux catégories les réservoirs enterrés et réservoirs surélevés [Mahmoud, 2002].

Par rapport au réseau d'approvisionnement, ils peuvent aussi être groupés en deux types :

- **Réservoirs de passage** : placés entre le captage et le réseau de distribution de l'eau
- **Réservoirs d'équilibre** : placés à la fin du réseau de distribution.

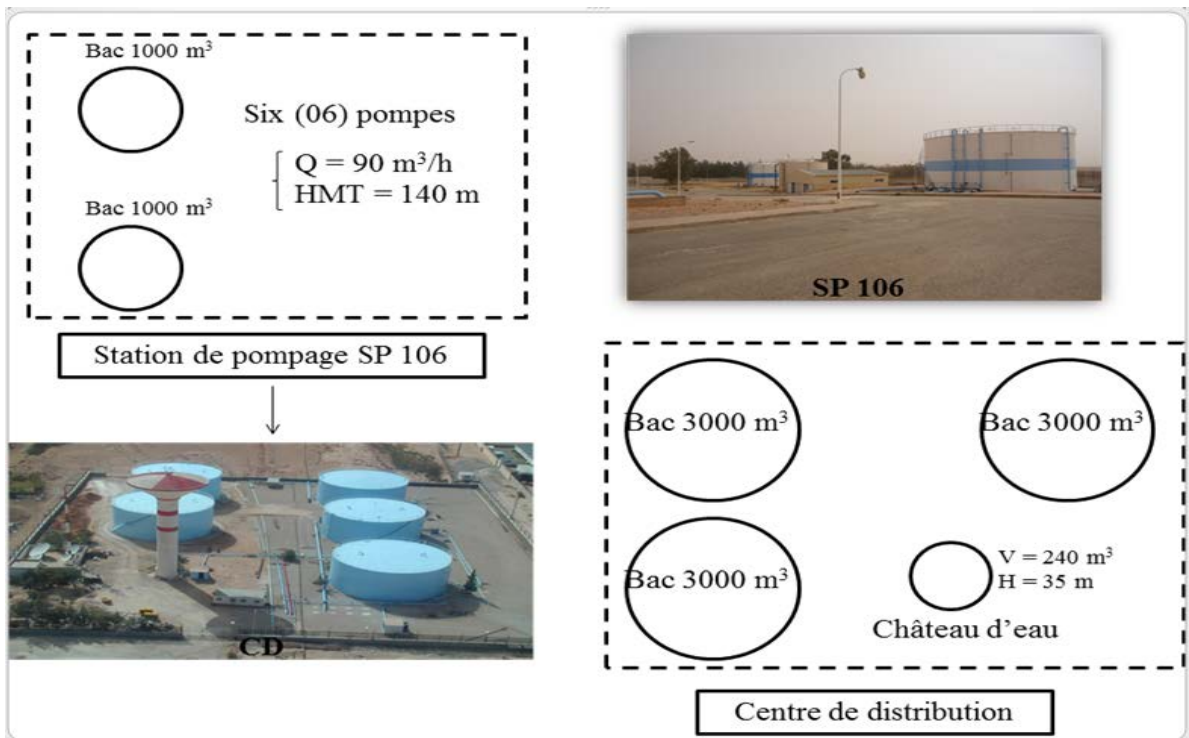
### 2.1. Fonctions

On peut regrouper les diverses fonctions des réservoirs sous quatre (04) grandes catégories :

- **Régulateur de débit** : le réservoir joue le rôle de régulateur de débit entre le régime d'adduction et le régime de distribution, il permet de transformer de point de vue production et pompage, les pointe de consommation horaire en une simple demande moyenne. Les stations de pompages ne peuvent suivre exactement les variations de demande en eau.
- **Régulateur de pression** : le réservoir permet de fournir une pression suffisante et plus ou moins constante en tout point du réseau indépendamment des variations de la consommation. Si la côte du réservoir ne permet pas d'assurer une charge suffisante à toute l'agglomération, il sera nécessaire de construire un réservoir surélevé ou un château d'eau.
- **Élément de sécurité** : le réservoir joue également le rôle d'élément de sécurité vis-à-vis des risques d'incendies, de demande en eau exceptionnelle ou bien en cas de panne de la station de pompage, de rupture de l'adduction ou bien de l'arrêt de la station de traitement.
- **Point test** : le réservoir est un point test en volume et en pression.

## 2.2. Etat des lieux des réservoirs de la zone centre

La figure ci-dessous représente les principaux réservoirs de la zone centres et leurs capacités



*Figure IV. 15 : principaux réservoirs de la zone centre*

Nous constatons sur la figure ci-dessus que les réservoirs de la zone centre se partagent sur deux zones :

Les premiers se trouvent au niveau de la station de pompage centre SP 106 : Deux (02) réservoirs d'une capacité de  $1000 \text{ m}^3$  chacun se trouvant à une altitude  $h_1 = 729 \text{ m}$  sont en bonne état de marche. Ces réservoirs alimentent une partie de la population de la zone centre et refoulent également vers le centre de distribution CD, une distance de huit (08) kilomètres les sépare.

### - Centre de distribution CD

Trois réservoirs (03) d'une capacité de  $3000 \text{ m}^3$  chacun se trouvant à une altitude de  $h = 781 \text{ m}$  (point haut) ainsi qu'un château d'eau d'une capacité de  $240 \text{ m}^3$  et d'une hauteur de  $35 \text{ m}$  se trouvant à une altitude de  $h_2 = 781 \text{ m}$  assurent l'alimentation de la zone centre.

Cependant, malgré la présence de réservoirs de grandes capacités et en bonne état de marche nous observons la présence d'anomalies au niveau de la distribution : chute de pression durant les heures de pointes, zones non alimentées en eau.

Dans la prochaine étape nous allons procéder au calcul du réservoir adéquat de la zone centre.

### 2.3. Calcul du réservoir de la zone centre

Avant de passer au dimensionnement du réservoir, nous devons effectuer l'étude de variations des débits, cette étape est essentielle car les débits journaliers maximums ainsi que la variation des débits horaires déterminent la taille du réservoir.

#### 2.3.1. Etude de variation des débits

Le débit demandé par les différentes catégories des consommateurs est soumis à plusieurs variabilités en raison de l'irrégularité de la consommation dans le temps.

- Variations annuelles qui dépendent du niveau de vie de l'agglomération considérée;
- Variations mensuelles et saisonnières qui dépendent de l'importance de la ville;
- Variations journalières qui dépendent du jour de la semaine où la consommation est plus importante au début de la semaine qu'en weekend;
- Variations horaires qui dépendent du régime de consommation de la population. Elles représentent les variations les plus importantes.

#### 2.3.2. Estimation des coefficients d'irrégularité

##### 2.3.2.1. Coefficient de pointe journalière $K_{max,j}$

Les ouvrages de prise, de traitement et d'adduction d'eau (stations de pompage, conduites, etc.) doivent être dimensionnés pour pouvoir fournir la demande journalière maximale (la journée de pointe ou la pointe journalière), de l'année du projet. On définit alors un coefficient de pointe journalière  $K_{max,j}$

$$K_{max,j} = \frac{Q_{max,j}}{Q_{moy,j}}$$

La valeur de ce coefficient  $K_{max,j}$  est, en principe, déterminée à partir des statistiques sur la variation journalière de la consommation, sur les 365 jours de l'année. Généralement, la valeur de  $K_{max,j}$  varie de 1,3 à 1,6, selon le climat et les activités estivales de l'agglomération (par exemple, pour une zone touristique,  $K_{max,j}$  est proche de 1,6). Notre zone d'étude est une zone qui se caractérise par un climat aride, la consommation est particulièrement importante en été ce qui nous donne un coefficient de pointe journalière  $K_{max,j} = 1,4$ .

##### 2.3.2.2. Coefficient de pointe horaire $K_{max,h}$

Ce coefficient représente l'augmentation de la consommation horaire de la journée, il tient compte de l'accroissement de la population ainsi que du degré de confort et du régime de travail de l'industrie

En général, le coefficient  $K_{max,h}$  peut être décomposé en deux coefficients  $\alpha_{max}$ ,  $\beta_{max}$  :

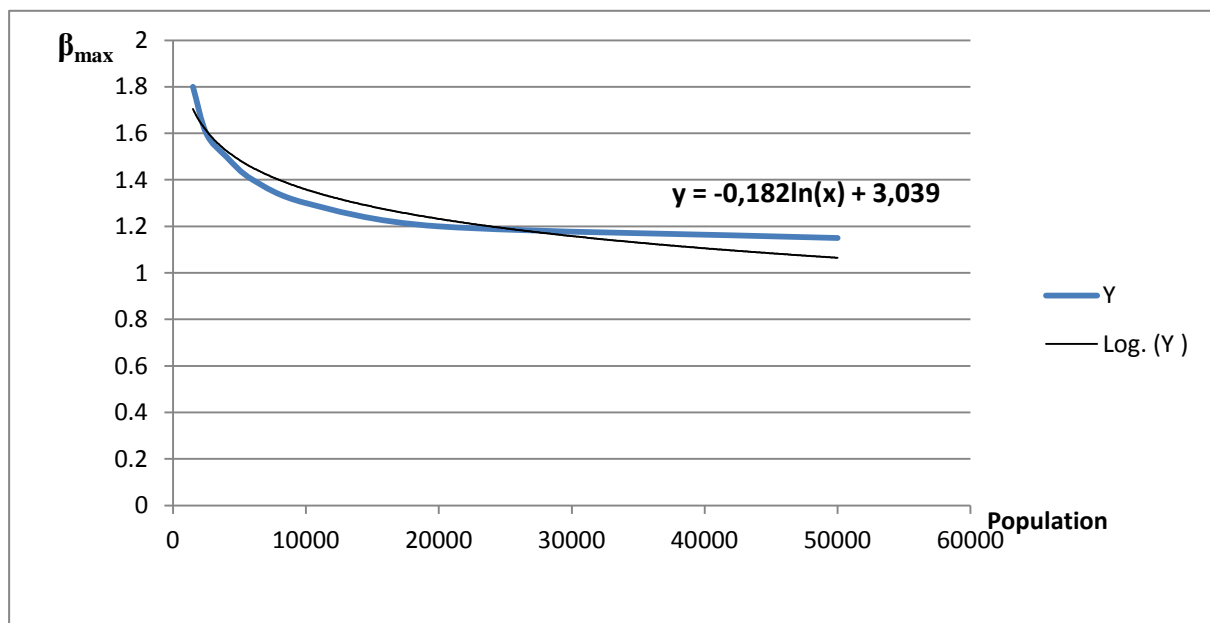
$$K_{\max, h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max}$$

- $\alpha_{\max}$  : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et du régime de travail. Il varie entre 1,2 et 1,5 et tient compte également du développement local. Dans notre cas, nous prenons  $\alpha_{\max} = 1,3$
- $\beta_{\max}$  : coefficient étroitement lié à l'évolution de la population, le tableau ci-dessous donne l'évolution de ce coefficient en fonction de l'accroissement de la population :

**Tableau IV. 4: variation du coefficient  $\beta_{\max}$  en fonction de la population**

Population	< 1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
$\beta_{\max}$	2,00	1,80	1,60	1,50	1,40	1,30	1,20	1,15

Rappelons que la population de notre zone d'étude à l'horizon actuel est de  $P_{2015} = 27073$  personnes, la valeur du coefficient  $\beta_{\max}$  se trouve donc comprise entre 1,2 et 1,15. La figure ci-dessous représente la variation du coefficient  $\beta_{\max}$  en fonction de la population, nous remarquons que cette évolution n'est pas linéaire, elle est de type logarithmique.



**Figure IV. 16: Evolution du coefficient  $\beta_{\max}$  en fonction de la population**

### **2.3.2.3. Calcul du coefficient $\beta_{\max}$ à l'horizon actuel (2015)**

Afin de calculer la valeur exacte du coefficient  $\beta_{\max}$  à l'horizon actuel, remplaçons la valeur de la population actuelle dans la fonction de la courbe de tendance déduite ci-dessus :

$$\beta_{\max} = -0,182\ln(27073) + 3,039$$

$$\beta_{\max} = 1,8$$

La valeur du coefficient  $K_{\max, h}$  sera donc :

$$K_{\max, h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max}$$

$$K_{\max, h} = 1,3 \times 1,8$$

$$K_{\max, h} = 2,34$$

## 2.4. Les pertes d'eau

Dans un réseau d'alimentation en eau potable, les pertes d'eau sont situées à différents niveaux: la prise d'eau, la station de traitement, les stations de pompage, les réservoirs, les réseaux d'adduction et de distribution, les vannes, les joints, les compteurs, etc. Ces pertes sont aussi de différents types: eau de lavage et de nettoyage (des filtres et des décanteurs de la station de traitement, des réservoirs), les fuites dans tous les ouvrages et en particulier dans les réseaux d'adduction et de distribution, les pertes accidentelles en cas de ruptures des conduites, vidange de conduites (en cas de travaux, remplacement de conduites ou de vannes, branchements avant, etc.).

Le volume de ces pertes d'eau dépend de :

- l'âge et l'état du réseau.
- la compétence et l'efficacité du service de maintenance du réseau (rapidité de détection des fuites, efficacité d'exécution des travaux, moyens humains, équipement en matériels adéquats, organisation, etc.).

En général, la valeur de  $K_p$  varie de 1,2 à 1,5:

- $K_p = 1,2$  ; pour un réseau neuf ou bien entretenu ;
- $K_p = 1,25$  à  $1,35$ ; pour un réseau moyennement entretenu ;
- $K_p = 1,5$  ; pour un réseau vétuste ou mal entretenu.

Le réseau principal de la ville de Hassi R'Mel a été refait en 2007, nous considérons donc que le réseau est en bonne état de marche et prenons une valeur de  $K_p = 1,2$ .

## 2.5. Détermination des débits journaliers

### 2.5.1. Débit Moyen de consommation totale à l'horizon actuel (2015)

Il représente le volume total à prévoir au niveau de la source d'eau, ça sera le volume d'eau total à capté en moyenne en une journée :

$$Q_{\text{Moy, j}} = K_p \times (Q_{\text{moy, j}} + Q_c)$$

$Q_c$  représente le débit des différents consommateurs de la ville de Hassi R'Mel

### 2.5.2. Calcul du débit moyen des différents consommateurs de la ville de Hassi R'Mel

Le tableau ci-dessous regroupe les différentes catégories de consommateurs de la ville de Hassi R'Mel ainsi que les différentes dotations allouées à chacune d'elles :

*Tableau IV. 5: différents consommateurs de la ville de Hassi R'Mel (zone centre)*

Unité	Nature des équipements	Nombre	Capacité	Dotation (l/j/unité)	Q <sub>Moy,j</sub> (m <sup>3</sup> /j)
Scolaire	Ecole fondamentale	2	250	25	28,5
	CEM	1	400	20	
	Lycée	1	400	20	
Santé & Commerce	Boulangerie Hay Ezzouhour	1	10	250	8,86
	Boucherie	1	2	250	
	Epicerie Hz Meharzi	1	2	100	
	Epicerie Hz Dabouz	1	2	100	
	Kiosque + Cafétéria Dilekh	1	3	120	
	Scanner Guettal	1	10	120	
	Polyclinique	1	65	60	
Socioculturel	Mosquée	3	150	5	2,25
Utilités & Transport	Hôtel le corsaire	1		5166	280,62
	APC HR Centre	1		17400	
	APC locataire ex gendarmerie	1		2167	
	Algérie Poste HR	1		1100	
	Algérie Telecom centre/Amplification	1		1467	
	Protection civil	1		534	
	100 Bureaux	1		39567	
	Aéroport	1		170267	
	SNTV	1	150	5	
	Caserne	1		42200	
Industrie	Usine Centre	1		556334	1247,39

Seguouse ex TVSE	1		1334	
El ISRAA location	1		1467	
Catering Belahbib	1		23300	
BACHA Catering	1		2834	
Cieptale Catring	1		23167	
Saha Catering	1		4900	
Bayat Catering	1		21100	
Cordon Bleu	1		2300	
Schlumberger	1		6400	
Sonelgaz Centre	1		19300	
Weatherford	1		12834	
Errihab BVC	1		500	
Ettarkib SPA	1		5000	
AL/ELEC SPA	1		9200	
Module 0	1		139100	
Module 1	1		116833	
Module 4	1		178033	
CSTF	1		55634	
Phase B	1		66767	
COSIDER	1	20	15	
Unité NAFTAL	1	15	15	
SONELEC	1	20	15	
HALLIBURTON	1	15	15	
Totale (m <sup>3</sup> /j)				1567,62

Le débit total des différents consommateurs de la ville,  $Q_c$ , est :

$$Q_c = 1567,62 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le débit moyen journalier de consommation totale à l'horizon actuel est donc égal à :

$$Q_{\text{Moy},j} = K_p \times (Q_{\text{moy},j} + Q_c)$$

$$Q_{\text{Moy},j} = 1,2 \times (4060,95 + 1567,62)$$

$$Q_{\text{Moy}, j} = 6754,28 \text{ m}^3/\text{j}$$

### 2.5.3. Consommation maximale journalière

La consommation maximale journalière est égal à :

$$Q_{\text{max}, j} = K_{\text{max}, j} \times Q_{\text{Moy}, j}$$

$$Q_{\text{Moy}, j} = 6754,28 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$K_{\text{max}, j} = 1,4$$

$$Q_{\text{max}, j} = 9456 \text{ m}^3/\text{j}$$

### 2.5.4. Détermination des débits horaires

#### 2.5.4.1. Débit moyen horaire $Q_{\text{moy}, h}$

Le debit moyen horaire est égal à :

$$Q_{\text{moy}, h} = \frac{Q_{\text{max}, j}}{24}$$

$$Q_{\text{moy}, h} = \frac{9456}{24}$$

$$Q_{\text{moy}, h} = 394 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 2.5.4.2. Débit maximum horaire $Q_{\text{max}, h}$

Le debit maximum horaire est égal à:

$$Q_{\text{max}, h} = K_{\text{max}, h} \times Q_{\text{moy}, h}$$

$$Q_{\text{max}, h} = 2,34 \times 394$$

$$Q_{\text{max}, h} = 921,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 2.5.5. Débit moyen journalier de consommation totale à l'horizon projet (2040)

Le débit moyen journalier de consommation totale est égal à

$$Q_{\text{Moy}, j} = K_p \times (Q_{\text{moy}, j} + Q_c)$$

$$Q_c = 1567,62 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moy}, j} = 11050,4 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$K_p = 1,2$$

$$Q_{\text{Moy}, j} = 15141,62 \text{ m}^3/\text{j}$$



### 2.5.6. Consommation maximale journalière $Q_{\max, j}$

La consommation maximale journalière est égal à :

$$Q_{\max, j} = K_{\max, j} \times Q_{\text{Moy}, j}$$

$$Q_{\text{Moy}, j} = 15141,62 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$K_{\max, j} = 1,4$$

$$Q_{\max, j} = 21198,27 \text{ m}^3/\text{j}$$

### 2.5.7. Détermination des débits horaires

#### 2.5.7.1. Débit moyen horaire

Le débit moyen horaire est égal à :

$$Q_{\text{moy}, h} = \frac{Q_{\max, j}}{24}$$

$$Q_{\text{moy}, h} = \frac{21198,27}{24}$$

$$Q_{\text{moy}, h} = 883,61 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 2.5.7.2. Débit maximum horaire

Le débit maximum horaire est égal à

$$Q_{\max, h} = K_{\max, h} \times Q_{\text{moy}, h}$$

Calcul du coefficient maximum horaire  $K_{\max, h}$  à l'horizon projet.

Le coefficient maximum horaire est égal à

$$K_{\max, h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max}$$

Tel que  $\alpha_{\max} = 1,3$

Et  $\beta_{\max}$  est calculé à partir de fonction de la courbe de tendance

$$\beta_{\max} = -0,182 \ln(55252) + 3,039$$

$$\beta_{\max} = 1,05$$

Le coefficient de débit maximum horaire est donc égal à :

$$K_{\max, h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max}$$

$$K_{\max, h} = 1,3 \times 1,05$$

$$K_{\max, h} = 1,365$$

Le débit maximum de consommation horaire sera donc égal à :

$$Q_{\max, h} = K_{\max, h} \times Q_{\text{moy}, h}$$

$$Q_{\max, h} = 1,365 \times 689,88$$

$$Q_{\max, h} = 1205,65 \text{ m}^3/\text{j}$$

## 2.6. Calcul du réservoir par la méthode analytique

La détermination de la capacité du réservoir de stockage est fonction des variations des débits de consommation durant les différentes heures de la journée [BENMAMAR, 2014]. Elle est estimée en tenant compte du débit d'entrée comme celui de sortie. Le volume total sera alors :

$$V_T = \Delta V_{\max}^+ + \Delta V_{\max}^- + \Delta V_{\text{in}}$$

- Les volumes  $\Delta V_{\max}^+$  et  $\Delta V_{\max}^-$  sont respectivement les excès et les déficits lors des différentes heures de la journée.
- $\Delta V_{\text{in}}$  correspond au volume de la réserve d'incendie, pris égal à 120 m<sup>3</sup> c'est-à-dire le volume nécessaire pour une durée d'extension d'incendie pendant deux (02) heures.
- $\Delta V$  : volume d'apport – le volume consommé
- Le volume d'apport = Débit moyen horaire  $Q_{\text{moy, h}}$
- $a_h$  : coefficient de variation horaire en fonction de la taille de la ville.
- Le volume consommé = le volume d'apport  $\times a_h \times \frac{24}{100}$

### 2.6.1. Horizon actuel (2015)

Le tableau ci-dessous résume les étapes de calcul du réservoir par la méthode analytique à l'horizon actuel :

**Tableau IV. 6 : calcul de la capacité du réservoir à l'horizon actuel (2015)**

Heures	Ah (%)	Volume (m <sup>3</sup> )		Volumés cumulés (m <sup>3</sup> )		Différences $\Delta V$ (m <sup>3</sup> )	
		Apport	Consommé	Apport	Consommé	$ \Delta v + $	$ \Delta v - $
00h-01h	1,50	394	141,84	394	141,84	252,16	
01h-02h	1,50	394	141,84	788	283,68	504,32	
02h-03h	1,50	394	141,84	1182	425,52	756,48	
03h-04h	1,50	394	141,84	1576	567,36	1008,64	
04h-05h	2,50	394	236,4	1970	803,76	1166,24	
05h-06h	3,50	394	330,96	2364	1134,72	1229,28	
06h-07h	4,50	394	425,52	2758	1560,24	1197,76	
07h-08h	5,50	394	520,08	3152	2080,32	1071,68	

08h09h	6,25	394	591,00	3546	2671,32	874,68	
09h-10h	6,25	394	591,00	3940	3262,32	677,68	
10h-11h	6,25	394	591,00	4334	3853,32	480,68	
11h-12h	6,25	394	591,00	4728	4444,32	283,68	
12h-13h	5,00	394	472,80	5122	4917,12	204,88	
13h-14h	5,00	394	472,80	5516	5389,92	126,08	
14h-15h	5,50	394	520,08	5910	5910,00	0	
15h-16h	6,00	394	567,36	6304	6477,36		173,36
16h-17h	6,00	394	567,36	6698	7044,72		346,72
17h-18h	5,50	394	520,08	7092	7564,80		472,80
18h-19h	5,00	394	472,80	7486	8037,60		551,60
19h-20h	4,50	394	425,52	7880	8463,12		583,12
20h-21h	4,00	394	378,24	8274	8841,36		567,36
21h-22h	3,00	394	283,68	8668	9125,04		457,04
22h-23h	2,00	394	189,12	9062	9314,16		252,16
23h-24h	1,50	394	141,84	9456	9456,00		0

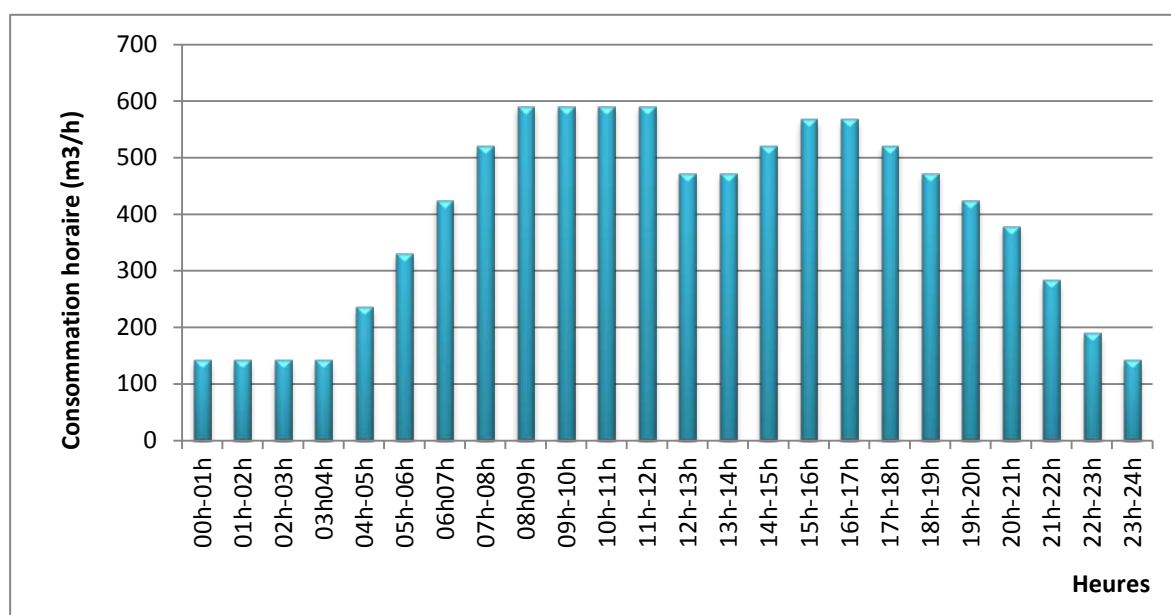


Figure IV. 17: graphique de la variation de la consommation horaire horizon actuel

Le volume du réservoir sera donc égal à :

$$\text{Volume du réservoir} = |\Delta V + \max| + |\Delta V - \max| + \Delta V_{in}$$

$$V_T = 1229,28 + 583,12 + 120$$

$$V_T = 1932,4 \text{ m}^3$$

$$V_T = 2000 \text{ m}^3$$

La zone centre de la ville de Hassi R'Mel est une plaine sa topographie fait que nous ne disposons pas d'un point haut pour construire un réservoir au sol, nous opterons donc pour un réservoir surélevé (château d'eau).

### 2.6.2. Horizon futur (2040)

Le tableau ci-dessous résume les étapes de calcul du réservoir par la méthode analytique à l'horizon futur :

**Tableau IV. 7: Calcul de la capacité du réservoir à l'horizon futur (2040)**

Heures	Ah (%)	Volume (m <sup>3</sup> )		Volumes cumulés (m <sup>3</sup> )		Différences $\Delta V$ (m <sup>3</sup> )	
		Apport	Consommé	Apport	Consommé	$ \Delta v + $	$ \Delta v - $
00h-01h	3,0	883,26	635,94	883,26	635,94	247,31	
01h-02h	3,3	883,26	699,54	1766,52	1335,49	431,03	
02h-03h	2,6	883,26	551,15	2649,78	1886,64	763,13	
03h-04h	2,7	883,26	572,35	3533,04	2458,99	1074,04	
04h-05h	3,6	883,26	763,13	4416,30	3222,13	1194,16	
05h-06h	4,2	883,26	890,32	5299,56	4112,46	1187,10	
06h-07h	4,6	883,26	975,12	6182,82	5087,58	1095,24	
07h-08h	4,9	883,26	1038,71	7066,09	6126,30	939,79	
08h-09h	4,9	883,26	1038,71	7949,35	7165,01	784,33	
09h-10h	4,7	883,26	996,318	8832,61	8161,33	671,27	
10h-11h	4,9	883,26	1038,71	9715,87	9200,05	515,82	
11h-12h	4,8	883,26	1017,51	10599,13	10217,56	381,56	
12h-13h	4,5	883,26	953,92	11482,39	11171,49	310,90	
13h-14h	4,1	883,26	869,12	12365,65	12040,61	325,04	

14h-15h	4,2	883,26	890,32	13248,92	12930,94	317,97	
15h-16h	4,4	883,26	932,72	14132,18	13863,67	268,51	
16h-17h	4,3	883,26	911,52	15015,44	14775,19	240,24	
17h-18h	4,1	883,26	869,12	15898,70	15644,32	254,37	
18h-19h	4,5	883,26	953,92	16781,96	16598,24	183,71	
19h-20h	4,5	883,26	953,92	17665,22	17552,17	113,05	
20h-21h	4,5	883,26	953,92	18548,48	18506,09	42,39	
21h-22h	4,8	883,26	1017,51	19431,75	19523,61		91,85
22h-23h	4,6	883,26	975,12	20315,01	20498,73		183,71
23h-24h	3,3	883,26	699,54	21198,27	21198,27		0

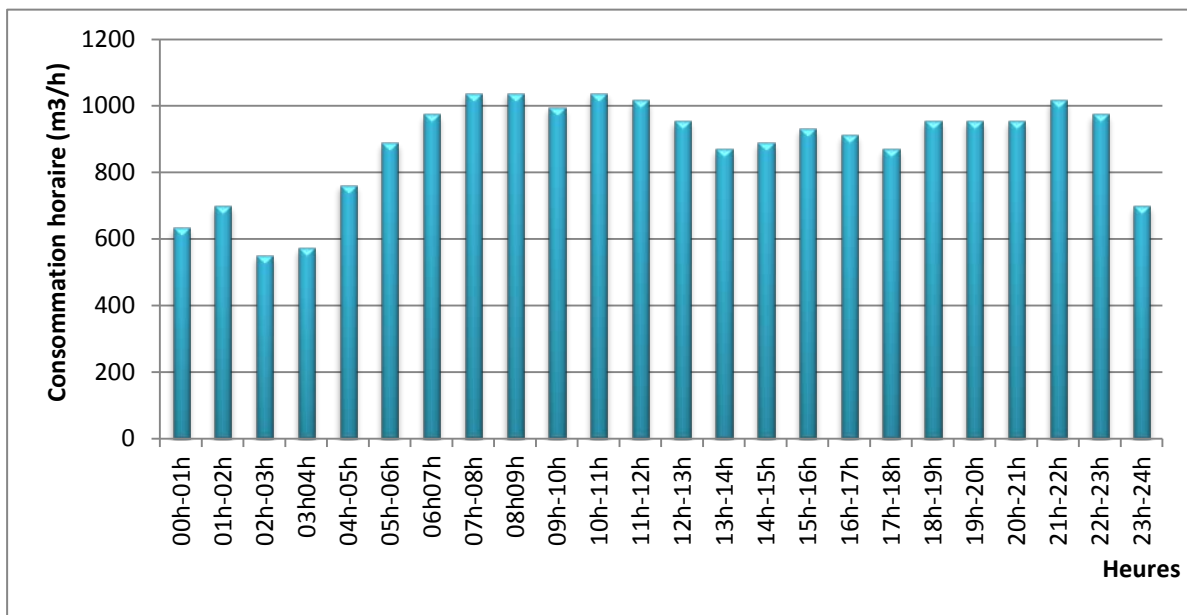


Figure IV. 18 : graphique de la variation de la consommation horaire à l’horizon futur

Le volume du réservoir sera donc égal à :

$$\text{Volume du réservoir} = |\Delta V + \max| + |\Delta V - \max| + \Delta V_{in}$$

$$V_T = 1194,17 + 183,72 + 120$$

$$V_T = 1497,89 \text{ m}^3$$

Le volume du réservoir sera donc égal à  $V_T = 2000 \text{ m}^3$ .

**Conclusion**

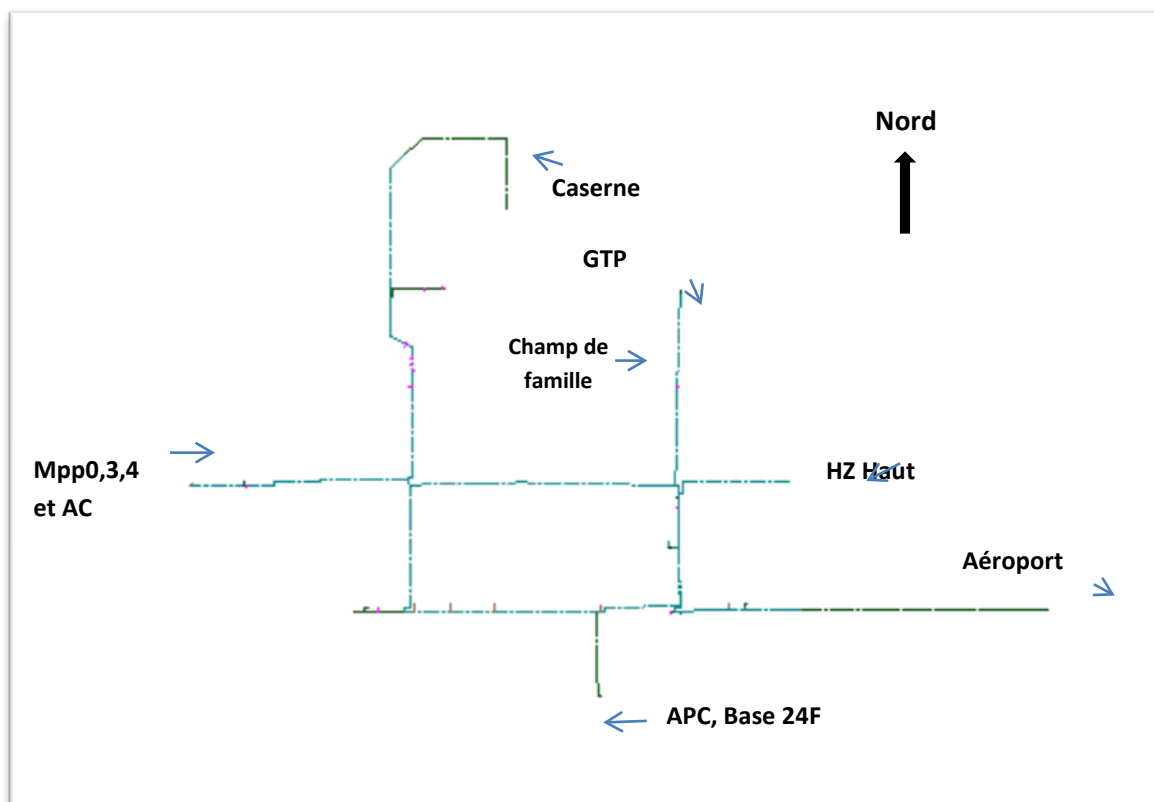
La ville de Hassi R'Mel regroupe actuellement cinq réservoir qui assurent l'alimentation de sa population ainsi que l'industrie en eau potable, la capacité estimée à l'horizon futur du réservoir afin d'alimenter la ville de Hassi R'Mel est inférieure à la capacité total de ses réservoirs actuellement ce qui signifie qu'un réservoir de capacité inférieure peut assurer l'alimentation de la ville. Cependant malgré des réservoirs de capacités suffisantes, la distribution connaît des problèmes de chute de pression important.

Dans la prochaine partie nous allons passer au diagnostic de la distribution de la ville de Hassi R'Mel.

### 3. Diagnostic du réseau de distribution

#### 3.1. Présentation du réseau

Le réseau de distribution de la ville de Hassi R'Mel est de type Mixte (ramifié + maillé) (Figure IV-1). Les conduites du réseau sont en PEHD (le réseau a été installé en 2007)



*Figure IV. 19 : réseau d'AEP de la ville de Hassi R'Mel*

Le réseau de distribution compte une longueur totale de 15131 ml.

Le réseau principal est en PEHD, dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

*Tableau IV. 8: caractéristiques des conduites de distribution du réseau principal*

Matériaux	Diamètre en (mm)	Longueur en (ml)
PEHD	160	11130
	110	3450
	63	300
	40	250

### 3.2. Simulation de l'écoulement du réseau de Hassi R'Mel

Nous allons simuler l'écoulement dans le réseau principal via *Epanet*. Pour cela, nous passerons par plusieurs étapes :

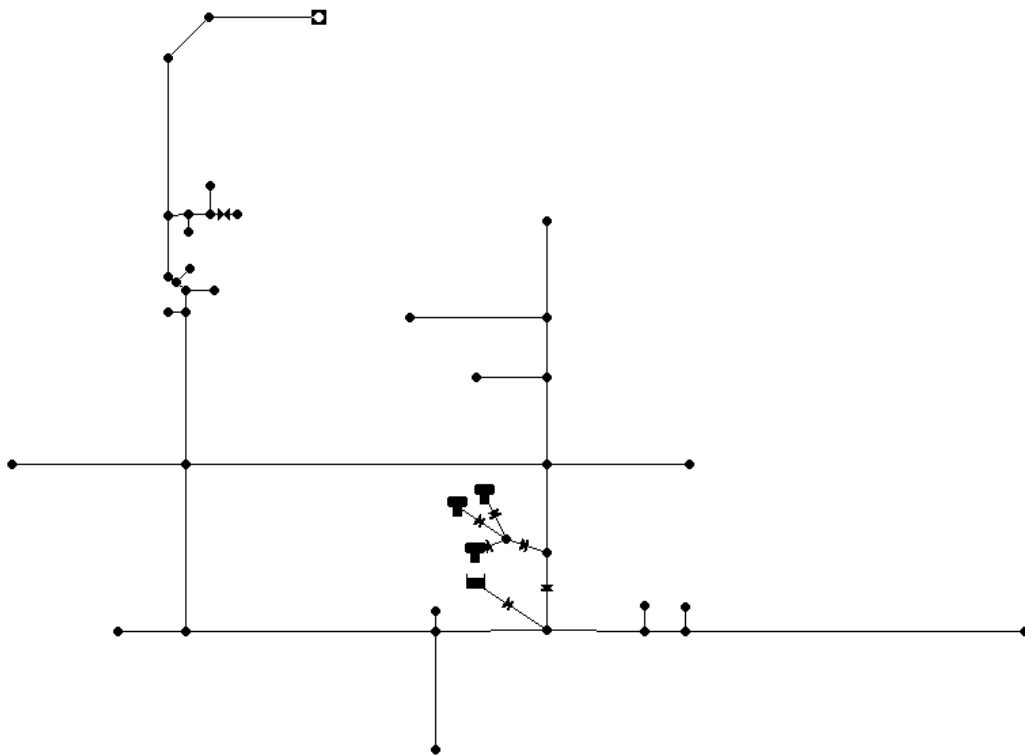
#### 3.2.1. La collecte de toutes les données nécessaires à la modélisation

Les longueurs, les diamètres, la rugosité des conduites, les cotes, et les demandes aux nœuds.

Pour assurer la bonne exécution de cette étape, nous avons fait une collecte des données à partir des documents mis à notre disposition par le service hydraulique de Sonatrach Hassi R'Mel. Pour le levé topographique de la région nous avons utilisé le logiciel (Google Earth Pro).

#### 3.2.1. Tracé du réseau de distribution de la ville de Hassi R'Mel

La figure IV.2 présente le tracé du réseau d'eau potable de la ville Hassi R'Mel



*Figure IV. 20: le tracé du réseau d'AEP de Hassi R'Mel*



### 3.2.2. Rugosité des conduites

La rugosité varie selon le matériau et l'âge de la conduite.

Comme notre réseau est en PEHD et il a est installé depuis quelque années, nous avons choisi une rugosité égale à 0.01mm [CHIALI, 2012]

### 3.2.3. Demandes aux nœuds

Le débit sortant d'un nœud est une donnée très importante et en même temps influente dans le calcul hydraulique. Le problème rencontré est comment identifier les abonnés alimentés par ce nœud afin de leur attribuer une consommation.

Nous avons supposé que la population était répartie d'une façon homogène, puis nous avons calculé les débits par unité de surface pour les besoins domestiques, et pour les équipements et unités industrielles nous avons utilisées les rapports mensuels de consommation. Les débits obtenus sont affectés aux nœuds chargés de leur alimentation.

## 3.3. Simulation

L'objectif attendu de cette étape de notre étude est de faire l'état des lieux actuels puis de détecter les anomalies et les défaillances du réseau afin de donner des solutions dans le chapitre prochain.

Cette première simulation a été faite dans le but de confirmer les observations constatées sur terrain telle que l'insuffisance des pressions dans certaines régions.

Les résultats de cette simulation sont les suivants :

Les figures IV.3 regroupent respectivement les résultats d'une simulation de l'état actuel : les pressions dans chaque nœud ainsi les vitesses dans les conduites

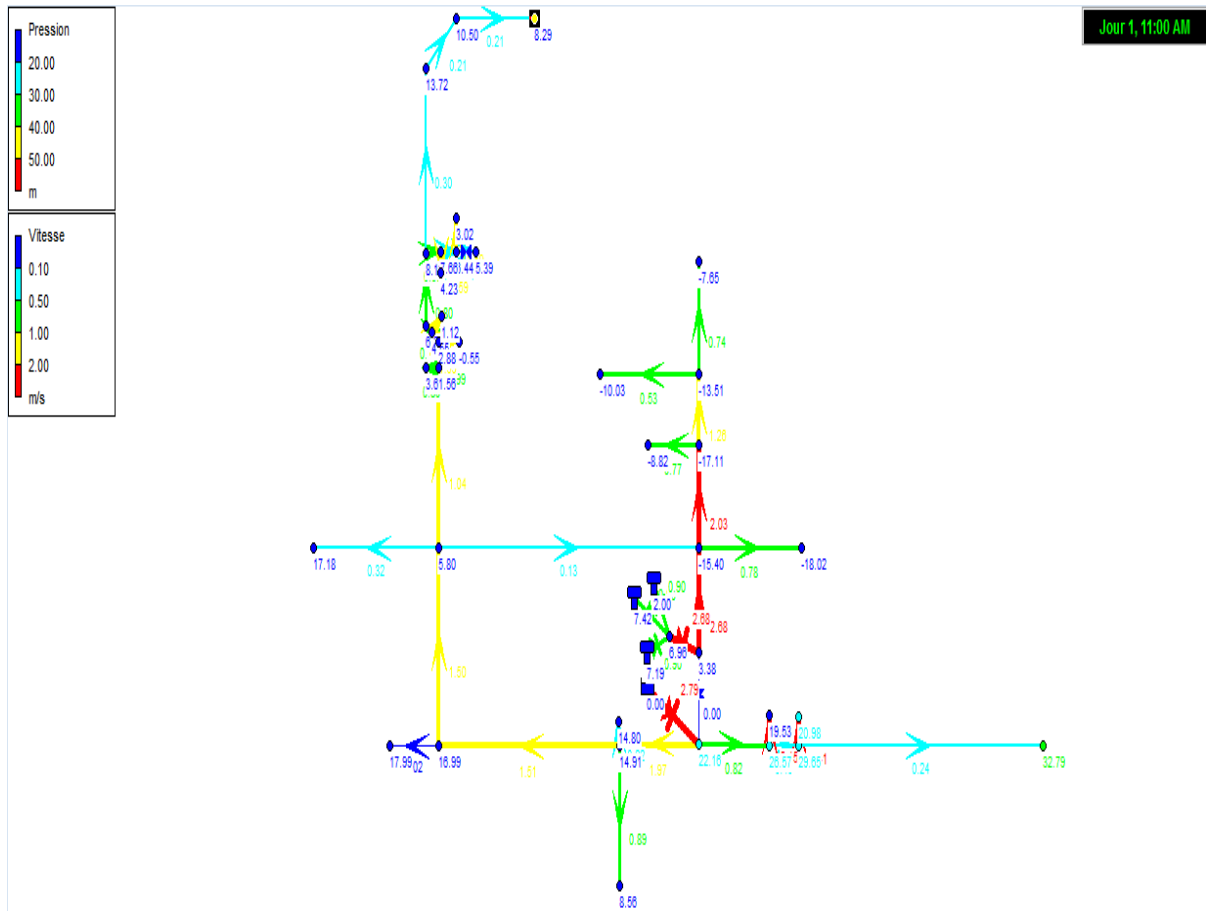


Figure IV. 21: simulation de l'écoulement dans le réseau à l'état actuel (2015)

Le débit de consommation est de 109,93 l/s.

4.3.1. Etat des Arcs du Réseau à 11:00 Heures

Le tableau suivant montre les caractéristiques des différentes conduites :

Tableau IV. 9: les vitesses et les débits dans les conduites

ID Arc	Débit ( l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de Charge (m/km)
Tuyau 2	7,50	2,41	86,74
Tuyau 3	9,81	0,49	1,52
Tuyau 4	6,70	2,15	70,39
Tuyau 8	39,52	1,97	20,10
Tuyau 9	0,70	0,22	1,07
Tuyau 10	8,50	0,89	7,24
Tuyau 16	0,22	0,02	0,01
Tuyau 18	53,90	2,68	35,72

Tuyau 19	15,60	0,78	3,59
Tuyau 20	40,90	2,03	21,42
Tuyau 21	25,40	1,26	8,86
Tuyau 22	14,80	0,74	3,26
Tuyau 23	15,50	0,77	3,55
Tuyau 24	10,60	0,53	1,76
Tuyau 25	2,60	0,13	0,13
Tuyau 26	30,10	1,50	12,14
Tuyau 27	6,50	0,32	0,71
Tuyau 28	21,00	1,04	6,23
Tuyau 29	20,00	0,99	5,69
Tuyau 30	18,00	0,90	4,68
Tuyau 31	16,00	0,80	3,77
Tuyau 32	16,00	0,80	3,77
Tuyau 33	6,00	0,63	3,80
Tuyau 34	4,00	0,42	1,79
Tuyau 35	2,00	0,21	0,50
Tuyau 36	1,00	0,80	18,99
Tuyau 37	2,00	1,59	68,56
Tuyau 38	2,00	1,59	68,56
Tuyau 39	2,00	1,59	68,56
Tuyau 40	2,00	1,59	68,56
Tuyau 41	6,00	0,30	0,61
Tuyau 42	2,00	0,21	0,50
Tuyau 43	2,00	0,21	0,50
Tuyau 5	16,51	0,82	3,99
Tuyau 6	30,32	1,51	12,3

Tuyau 7	2,31	0,24	0,65
Tuyau 1	17,91	0,89	4,64
Tuyau 13	18,00	0,90	4,68
Tuyau 14	53,90	2,68	35,72
Tuyau 15	18,00	0,90	4,68
Tuyau 45	56,03	2,79	38,36

Dans le *tableau IV.9*, nous avons constaté que l'ordre de grandeur des vitesses n'est pas respecté, en revanche pour les débits les résultats obtenus sont acceptables.

#### 4.3.2. Etat des Nœuds de demande du Réseau à 11:00 Heures

Le tableau suivant montre les différentes caractéristiques des nœuds :

*Tableau IV. 10: les pressions dans les nœuds*

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud 2	753	2,0	761,29	8,29
Nœud 4	748	4,0	761,72	13,72
Nœud 5	754	4,0	762,12	8,12
Nœud 6	756	2,0	761,39	5,39
Nœud 8	755	2,0	758,02	3,02
Nœud 10	754	2,0	758,23	4,23
Nœud 14	761	2,0	760,45	-0,55
Nœud 15	759	2,0	760,12	1,12
Nœud 17	760	1,0	763,61	3,61
Nœud 19	750	6.5	767,18	17,18
Nœud 21	783	15.6	764,98	-18,02
Nœud 23	765	15.5	756,18	-8,82
Nœud 26	761	14.8	753,35	-7,65
Nœud 27	764	10.6	753,97	-10,03
Nœud 29	760	0.22	777,99	17,99
Nœud 36	776	0,7	790,8	14,8

Nœud 37	77,8	8,5	786,56	8,56
Nœud 42	774	6,7	793,53	19,53
Nœud 44	770	7,5	790,98	20,98
Nœud 45	766	2,31	798,79	32,79

Dans le *tableau IV.10*, nous avons constaté qu'il y'a des pressions négatives dans la région Nord-Est de la ville (Hey Ezzohour Haut, GTP, champ de famille...). Nous avons également remarqué que les pressions dans la région Nord-Ouest sont inférieures à un (01) bar pendant l'heure où la demande est maximale.

La quantité d'eau produite à Hassi R'mel est satisfaisante pour le moment, et comme la topographie de la région ne permet pas de disposer des réservoirs au sol, ainsi nous supposons que le problème posé ici est l'élévation des réservoirs.

### Conclusion

L'alimentation de la ville de Hassi R'Mel est faite gravitairement à partir des trois (03) bacs de capacité 3000m<sup>3</sup> chacun ainsi qu'un château d'eau de 240 m<sup>3</sup>. La simulation du réseau par le logiciel Epanet a permis de mettre en évidence le dysfonctionnement du réseau : Apparition de faibles pression ainsi que des pressions négatives aux heures de consommation de pointe, le service hydraulique de Sonatrach utilise parfois des pompes installés sur le réseau de distribution pour augmenter la pression pendant les heures de pointe.

Dans le prochain chapitre nous allons procéder à une réhabilitation du réseau de distribution.

## 4. Diagnostic des équipements

### 4.1. Les pompes



Figure IV. 22: pompe immergée de marque [Lowara]

La figure IV.21 montre l'état d'une pompe immergée [Lowara], on remarque un état de corrosion très avancé dû à la qualité de l'eau pompée et aussi l'absence de systèmes de protection pour lutter contre la corrosion.

### 4.2. Les compteurs



Figure IV. 23: les compteurs des conduites de refoulement de la station SP127

La figure IV.22 met en évidence l'emplacement des compteurs nous constatons que ces derniers sont placés à l'air libre à même le sol le climat désertique, la présence de sable ainsi que l'absence de protection adéquate ont engendré un dysfonctionnement car deux de ces quatre compteurs ne fonctionnent plus.

### 4.3. Les vannes



*La figure IV.23 démontre la complexité du réseau d'adduction, nous remarquons également des fuites au niveau d'une vanne dû au vieillissement des joints d'étanchéité*

*Figure IV. 24 : installation des vannes*

### 4.4. Les conduites



*La figure IV.24 montre l'état des conduites de refoulement vers la station de pompage SP127 ces dernières sont abandonnées à l'air libre, nous notons également l'inexistence de système de protection contre la dilatation (conduite en acier)*

*Figure IV. 25 : les conduites de refoulement*

➤ **Autres problèmes rencontrés :**

- La chute du niveau piézométrique et la sédimentation au niveau des puits ont réduit considérablement les hauteurs d'exploitation d'eau.
- Corrosion avancée dans les canalisations en acier dépourvues d'enrobage intérieur (matériaux non conformes au transport de l'eau).
- Détérioration de la qualité de l'eau (couleur rougeâtre de l'oxyde de fer) dans les canalisations en acier non enrobé.
- Coupures fréquentes SONELGAZ (électricité).
- Actes de malveillance perpétrés par la population sédentaire (surtout en période estivale et sur les canalisations aériennes).
- Formation de bouchons de gaz (vapeur d'eau) dans les canalisations aériennes.
- Blocage ou détérioration des compteurs.

## **Conclusion**

Le diagnostic des différents constituants du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Hassi R'Mel a permis de mettre en évidence les dysfonctionnements de ce dernier sur quatre niveaux :

Au niveau de l'adduction : nous avons constaté l'absence d'organe de protection contre le phénomène du coup de bélier ainsi que l'absence de protection des conduites.

Au niveau des réservoirs : présence de réservoirs de capacité suffisante, mais de hauteur faible donc de charge totale insuffisante à cause de la nature topographique de la région.

Au niveau de la distribution : la simulation de la distribution par le logiciel Epanet a permis de constater la présence de faibles pression et de pression négatives aux heures où la demande est maximale.

Au niveau des équipements : l'absence de protection des différents équipements ainsi qu'une usure prématurée des pompes causées par la corrosion et des fuites au niveau des conduites ont entraîné le dysfonctionnement ou l'arrêt total de certains de ces équipements.

Dans le prochain chapitre nous procéderons à la réhabilitation du réseau afin d'assurer sa fiabilité.



## Chapitre V :

### Réhabilitation du réseau d'AEP de Hassi R'Mel

#### Introduction

La réhabilitation d'un réseau d'alimentation en eau potable a pour objectif de remédier aux dysfonctionnements rencontrés sur le réseau, en apportant des solutions adéquates sur les différentes composantes du réseau, afin d'optimiser son fonctionnement.

Dans cette partie, nous apportons des solutions aux différents problèmes rencontrés sur le réseau de la commune de Hassi R'Mel diagnostiqué dans le chapitre précédent allant de l'adduction, à la distribution en passant par les réservoirs et les équipements. Nous proposerons également des recommandations afin d'optimiser la gestion de notre réseau.

#### Réhabilitation de l'adduction

Nous avons constaté lors du diagnostic de l'adduction de la zone Nord ainsi que celui de la nouvelle ligne reliant la SP 127 à la SP 106 plusieurs dysfonctionnements susceptibles d'endommager gravement le réseau d'adduction (absence de système de protection contre le coup de bélier, absence de protection des conduites). Dans cette partie nous allons proposer des solutions afin d'assurer la fiabilité du réseau d'adduction.

Rappelons que le coup de bélier est un phénomène oscillatoire dont les causes les plus fréquentes sont les suivantes : **[Dupont, 1979]**

- Arrêt brutal, par disjonction inopinée, d'un ou plusieurs groupes électropompes alimentant une conduite de refoulement débitant vers un réservoir, démarrage d'une pompe ;
- Fermeture instantanée ou trop rapide d'une vanne de sectionnement ou d'un robinet d'obturation placé en bout d'une conduite d'adduction ;

Les conduites de refoulement doivent toujours être examinées du point de vue de protection contre le coup de bélier. Il en sera de même pour les conduites d'adduction dont le débit se trouve réglé à l'aval par un robinet dont les caractéristiques de fermeture sont connues.

Le coup de bélier, dont la brutalité est susceptible d'entraîner des ruptures de tuyaux, peut atteindre des valeurs très élevées pouvant être égales à plusieurs fois la pression de service sur les réseaux à basse pression.

## 1. Protection des conduites de la zone nord contre le coup de bélier

Dans le cas des conduites d'adduction par refoulement, l'arrêt d'une pompe peut survenir brutalement (coupure ou disjonction du courant alimentant le moteur) [Dupont, 1979].

Il n'est pas possible de supprimer totalement les effets du coup de bélier. On cherche alors à les limiter à une valeur compatible avec la résistance de la conduite : Limitation de la surpression et/ ou de la dépression. On utilise pour cela un appareil appelé anti-bélier :

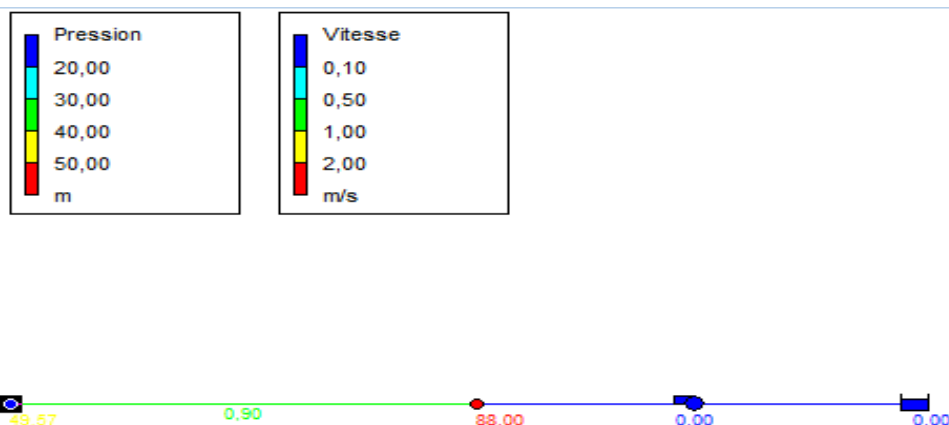
- Les volants d'inertie, pour la limitation des dépressions
- Les soupapes de décharge, pour la limitation des surpressions
- Les réservoirs d'airs et les cheminées d'équilibre, pour la limitation à la fois des dépressions et des surpressions ;

Dans le cas de l'adduction de la zone nord on optera pour des réservoirs d'air car c'est un moyen simple et efficace ce qui en fait le moyen le plus utilisé pour la protection contre le coup de bélier dans en alimentation en eau.

### 1.1. Calcul des réservoirs d'air de la zone nord

- **Tronçon reliant le puits HRH 145 à la SP 127**

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation de l'adduction de la conduite refoulant du HRH 145 en direction de la SP 127 via le logiciel Epanet



*Figure V. 1: simulation de l'adduction refoulant du HRH 145 en direction de la SP127*

La conduite est en acier, présentant les caractéristiques suivantes :

Une longueur  $L = 3270$  m ; un diamètre  $D = 100$  mm ; un débit  $Q_0 = 7,08$  l/s ; une vitesse  $V = 0,9$  m/s ; et  $H_0 = 49,75 \approx 50$  m (déduite de la simulation ci-dessous).

La section de la conduite est  $S = 7,85 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup> et son volume est  $L \times S = 25,68$  m<sup>3</sup>.

La valeur de la célérité de l'onde « a » qui se propagera à l'arrêt brutal de la pompe est :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$$

D : diamètre de la conduite ;  $D = 100$  mm ; « e » épaisseur de la conduite  $e = 1$  cm ;  $K = 0,5$  (acier)

La valeur de la célérité de l'onde est alors  $a = 1360$  m/s environ.

En cas de fermeture brusque, le coup de bélier peut atteindre la valeur :

$B = \frac{a \times V}{g} = 124,77$  m  $\approx 125$  m d'eau ; ce qui donne une pression maximale dans la conduite de :  
 $50 + 125 = 175$  m  $\approx 175$  m soit 17,5 bars environ.

Si l'on impose pour la conduite de ne pas dépasser une pression de 10 bars, le calcul du réservoir d'air nécessaire s'effectuera comme suit :

$Z_0 = 50 + 10 = 60$  m ;  $Z_{\max} = 100 + 10 = 110$  m ;  $\frac{Z_{\max}}{Z_0} = 1,83$

$h_0 = \frac{v^2}{2g} = 0,041$  et  $\frac{h_0}{Z_0} = 0,00068 = 6,8 \times 10^{-4}$

Les alignements 1,83 lu sur l'échelle de  $\frac{Z_{\max}}{Z_0}$  et 0,00068 lu sur l'échelle  $\frac{h_0}{Z_0}$  donnent sur l'abaque de A. Vibert (figure V.2) pour le calcul simplifié des réservoirs d'air :

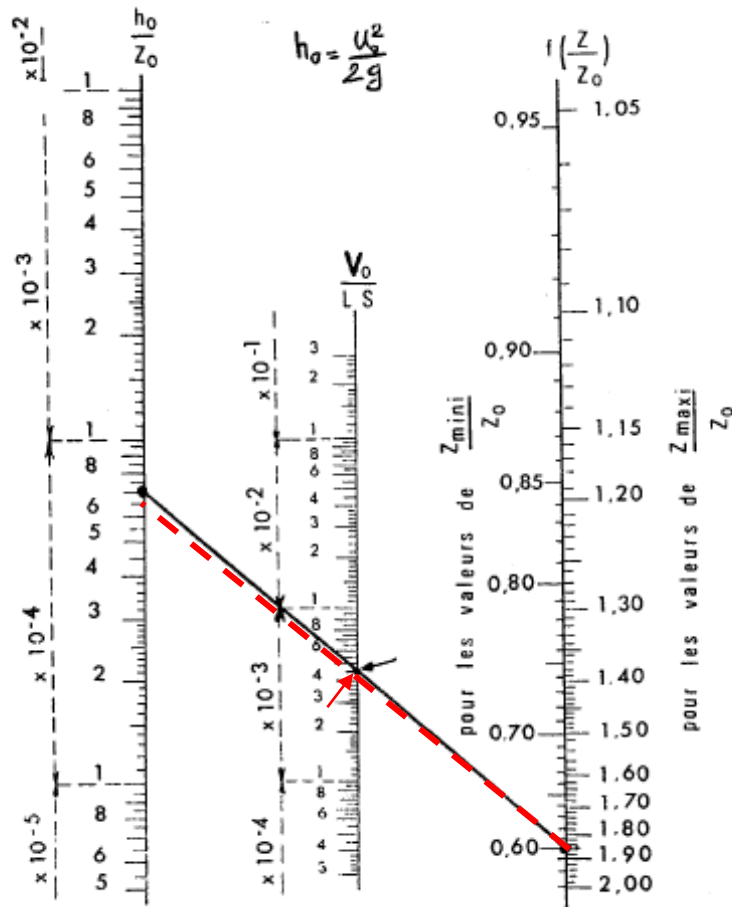


Figure V. 2: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 145

On tire de l'abaque :

$$\frac{V_0}{L \times S} = 4 \times 10^{-3} = 0,0043 \quad \text{et} \quad \frac{Z_{\min}}{Z_0} = 0,60$$

Comme  $L \times S = 25,68 \text{ m}^3$  ;  $V_0 = 0,110 \text{ m}^3$  ou bien 110 litres.

Si on suppose que  $V_0 \times Z_0 = V_{\max} \times Z_{\min}$ , on en tire  $V_{\max} = 0,183 \text{ m}^3 = 183 \text{ litres}$ .

Afin qu'il reste encore de l'eau quand l'air atteint son volume maximum, on prend une capacité total du réservoir  $V_{\text{rés}} = 1,3 \times V_{\max}$ .

Soit alors :

$$V_{\text{rés}} = 237,9 \approx 238 \text{ litres.}$$

Nous calculons également la valeur de  $Z_{\min} = 0,6 \times Z_0 = 36 \text{ m}$ .

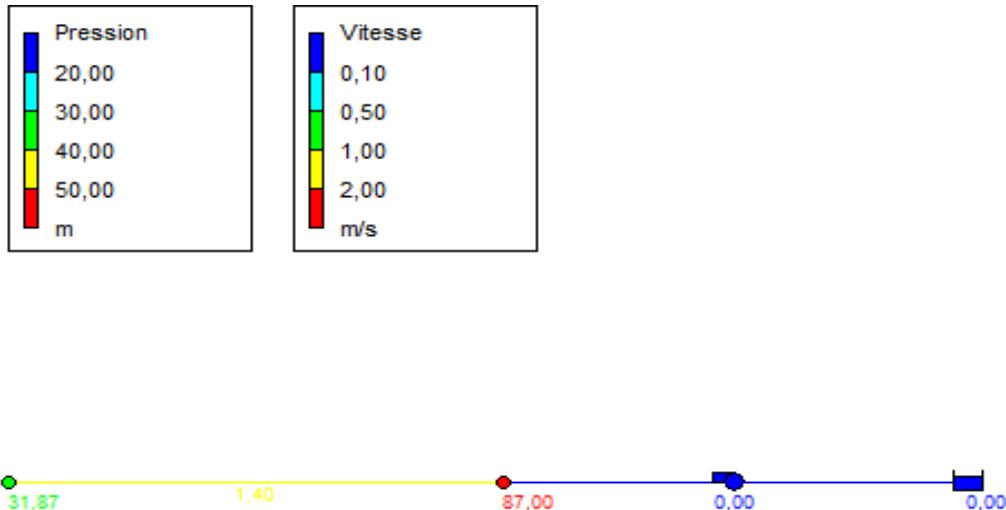
La valeur de la pression minimale sera alors :

$$H_{\min} = Z_0 - Z_{\min} = 60 - 36 = 24 \text{ m.}$$

Cette pression ne risque pas, en principe, de créer une cavitation dans la conduite.

- Tronçons reliant HRH 151 à la SP 127

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation de l'adduction de la conduite refoulant du HRH 151 en direction de la SP 127 via le logiciel Epanet



*Figure V. 3: Simulation de l'adduction refoulant du HRH 151 en direction de la SP127*

La conduite est en acier, présentant les caractéristiques suivantes :

Une longueur  $L = 2290$  m ; un diamètre  $D = 100$  mm ; un débit  $Q_0 = 10,97$  l/s ; une vitesse  $V = 1,39$  m/s ; et  $H_0 = 31,87 \approx 40$  m (déduite de la simulation ci-dessous).

La section de la conduite est  $S = 7,85 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup> et son volume est  $L \times S = 17,98$  m<sup>3</sup>.

La valeur de la célérité de l'onde « a » qui se propagera à l'arrêt brutal de la pompe est :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$$

$D$  : diamètre de la conduite ;  $D = 100$  mm ; « e » épaisseur de la conduite  $e = 1$  cm ;  $K = 0,5$  (acier)

La valeur de la célérité de l'onde est alors  $a = 1360$  m/s environ.

En cas de fermeture brusque le coup de bélier peut atteindre la valeur :

$B = \frac{a \times V}{g} = 192,70$  m  $\approx 193$  m d'eau ; ce qui donne une pression maximale dans la conduite de :  $40 + 193 = 233$  m  $\approx 240$  m soit 24 bars environ.

Si l'on impose pour la conduite de ne pas dépasser une pression de 10 bars, le calcul du réservoir d'air nécessaire s'effectuera comme suit :

$$Z_0 = 40 + 10 = 50 \text{ m} ; Z_{\max} = 100 + 10 = 110 \text{ m} ; \frac{Z_{\max}}{Z_0} = 2,2$$

$$h_0 = \frac{v^2}{2g} = 0,098$$

et

$$\frac{h_0}{Z_0} = 0,00196 = 1,96 \times 10^{-3}$$

Les alignements 2,2 lu sur l'échelle de  $\frac{Z_{max}}{Z_0}$  et 0,00196 lu sur l'échelle  $\frac{h_0}{Z_0}$  donnent sur l'abaque de Vibert (figure V.4) pour le calcul simplifié des réservoirs d'air :

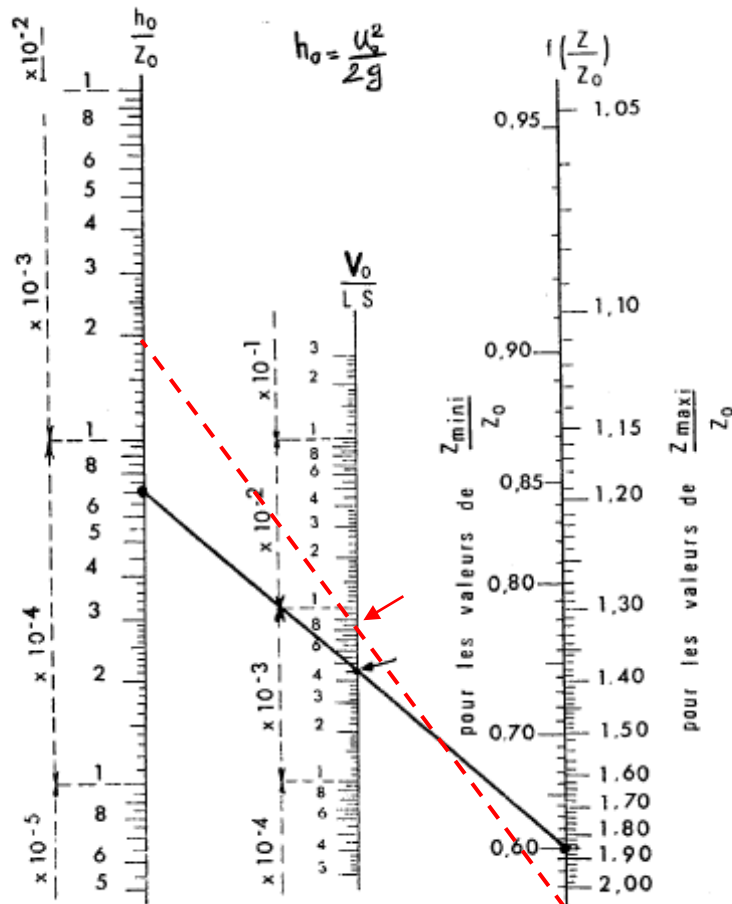


Figure V. 4: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 151

Nous obtenons à partir de l'abaque :

$$\frac{V_0}{L \times S} = 8 \times 10^{-3} = 0,008$$

et

$$\frac{Z_{min}}{Z_0} = 0,60$$

Comme  $L \times S = 17,98 \text{ m}^3$  ;  $V_0 = 0,144 \text{ m}^3$  ou bien 144 litres.

Si on suppose que  $V_0 \times Z_0 = V_{max} \times Z_{min}$ , on en tire  $V_{max} = 0,240 \text{ m}^3 = 240$  litres.

Afin qu'il reste encore de l'eau quand l'air atteint son volume maximum, on prend une capacité total du réservoir  $V_{rés} = 1,3 \times V_{max}$ .

Soit alors :

$$V_{rés} = 311,17 \approx 312 \text{ litres.}$$

Nous calculons également la valeur de  $Z_{\min} = 0,6 \times Z_0 = 30$  m.

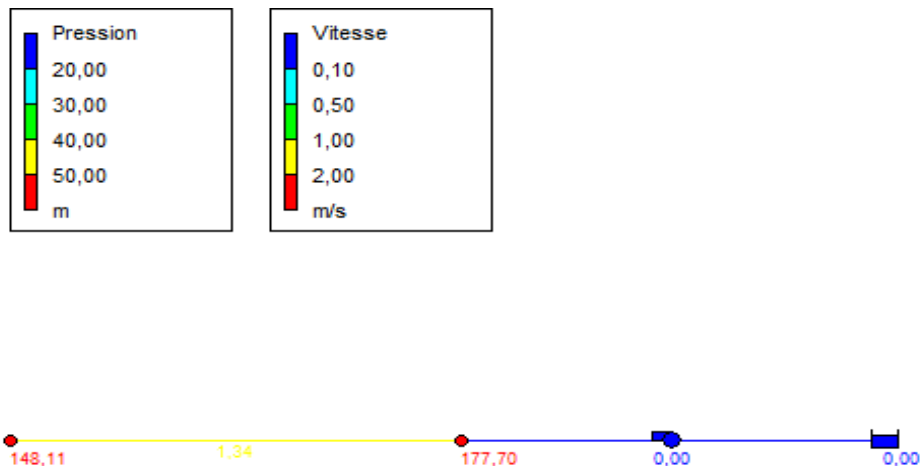
La valeur de la pression minimale sera alors :

$$H_{\min} = Z_0 - Z_{\min} = 50 - 30 = 20 \text{ m.}$$

Cette pression ne risque pas, en principe, de créer une cavitation dans la conduite.

- **Tronçon reliant HRH 160 à la SP 127**

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation de l'adduction de la conduite refoulant du HRH 160 en direction de la SP 127 via le logiciel Epanet



*Figure V. 5: simulation de l'adduction refoulant du HRH 160 en direction de la SP127*

La conduite est en acier, présentant les caractéristiques suivantes :

Une longueur  $L = 1915$  m ; un diamètre  $D = 150$  mm ; un débit  $Q_0 = 23,61$  l/s ; une vitesse  $V = 1,37$  m/s ; et  $H_0 = 148,11 \approx 150$  m (déduite de la simulation ci-dessous).

La section de la conduite est  $S = 17,67 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  et son volume est  $L \times S = 33,84 \text{ m}^3$ .

La valeur de la célérité de l'onde « a » qui se propagera à l'arrêt brutal de la pompe est :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$$

D : diamètre de la conduite ;  $D = 100$  mm ; « e » épaisseur de la conduite  $e = 1$  cm ;  $K = 0,5$  (acier)

La valeur de la célérité de l'onde est alors  $a \approx 1326$  m/s environ.

En cas de fermeture brusque le coup de bélier peut atteindre la valeur :

$$B = \frac{a \times V}{g} = 185 \text{ m d'eau ; ce qui donne une pression maximale dans la conduite de : } 150 + 185 = 335 \text{ m soit } 33,5 \text{ bars environ.}$$

Si l'on impose pour la conduite de ne pas dépasser une pression de 20 bars, le calcul du réservoir d'air nécessaire s'effectuera comme suit :

$$Z_0 = 150 + 10 = 160 \text{ m} ; Z_{\max} = 200 + 10 = 210 \text{ m} ; \frac{Z_{\max}}{Z_0} = 1,31$$

$$h_0 = \frac{v^2}{2g} = 0,095 \quad \text{et} \quad \frac{h_0}{Z_0} = 0,00059 = 5,9 \times 10^{-4}$$

Les alignements 1,31 lu sur l'échelle de  $\frac{Z_{\max}}{Z_0}$  et 0,00059 lu sur l'échelle  $\frac{h_0}{Z_0}$  donnent sur l'abaque de Vibert (figure V.6) pour le calcul simplifié des réservoirs d'air :

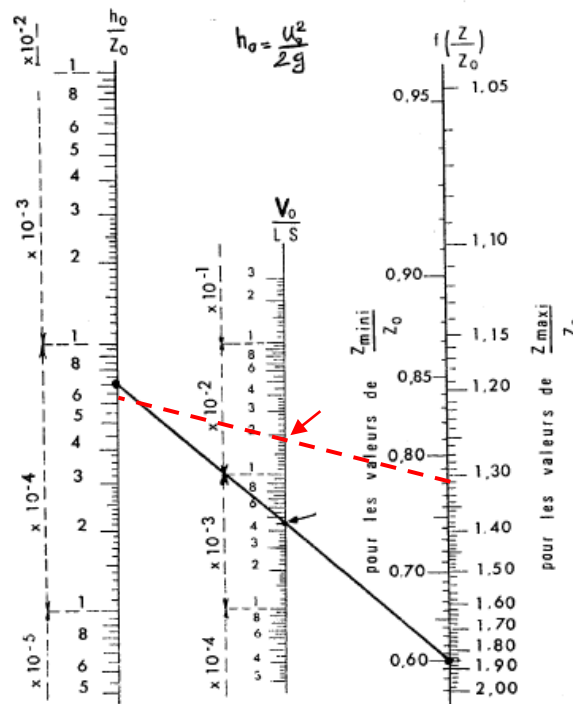


Figure V. 6: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 160

Nous obtenons à partir de l'abaque:

$$\frac{V_0}{L \times S} = 2 \times 10^{-2} = 0,02 \quad \text{et} \quad \frac{Z_{\min}}{Z_0} = 0,78$$

Comme  $L \times S = 33,84$  ;  $V_0 = 0,68 \text{ m}^3$  ou bien 680 litres.

Si on suppose que  $V_0 \times Z_0 = V_{\max} \times Z_{\min}$ , on en tire  $V_{\max} = 0,871 \text{ m}^3 = 871$  litres.

Afin qu'il reste encore de l'eau quand l'air atteint son volume maximum, on prend une capacité total du réservoir  $V_{\text{rés}} = 1,3 \times V_{\max}$ .

Soit alors :

$$V_{\text{rés}} = 1133,33 \approx 1134 \text{ litres.}$$



Nous calculons également la valeur de  $Z_{\min} = 0,78 \times Z_0 = 124,8$  m.

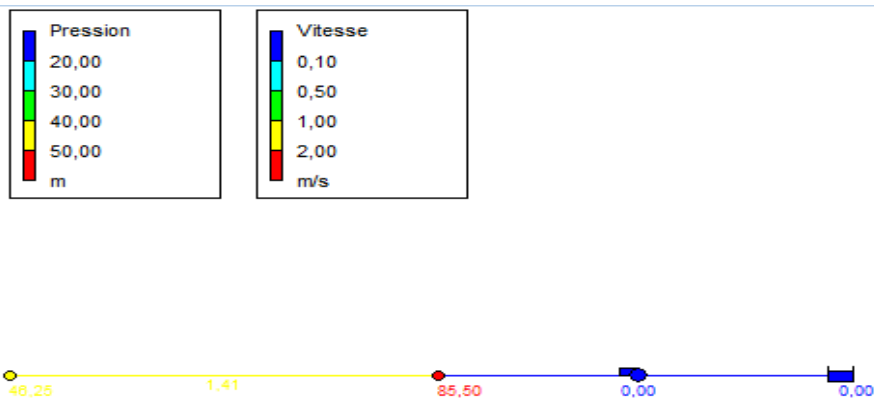
La valeur de la pression minimale sera alors :

$$H_{\min} = Z_0 - Z_{\min} = 160 - 124,8 = 35,2 \text{ m.}$$

Cette pression ne risque pas, en principe, de créer une cavitation dans la conduite.

- **Tronçon reliant HRH 139 à la SP 127**

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation de l'adduction de la conduite refoulant du HRH 139 en direction de la SP 127 via le logiciel Epanet



**Figure V. 7: simulation de l'adduction refoulant du HRH 139 en direction de la SP127**

La conduite est en acier, présentant les caractéristiques suivantes :

Une longueur  $L = 1516$  m ; un diamètre  $D = 100$  mm ; un débit  $Q_0 = 11,11$  l/s ; une vitesse  $V = 1,41$  m/s ; et  $H_0 = 46,25 \approx 50$  m (déduite de la simulation ci-dessous).

La section de la conduite est  $S = 7,85 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup> et son volume est  $L \times S = 11,91$  m<sup>3</sup>.

La valeur de la célérité de l'onde « a » qui se propagera à l'arrêt brutal de la pompe est :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$$

D : diamètre de la conduite ;  $D = 100$  mm ; « e » épaisseur de la conduite  $e = 1$  cm ;  $K = 0,5$  (acier)

La valeur de la célérité de l'onde est alors  $a = 1356$  m/s environ.

En cas de fermeture brusque le coup de bélier peut atteindre la valeur :

$B = \frac{a \times V}{g} = 194,90$  m  $\approx 195$  m d'eau ; ce qui donne une pression maximale dans la conduite de :  $50 + 195 = 245$  m soit 24,5 bars environ.

Si l'on impose pour la conduite de ne pas dépasser une pression de 10 bars, le calcul du réservoir d'air nécessaire s'effectuera comme suit :

$$Z_0 = 50 + 10 = 60 \text{ m} ; Z_{\max} = 100 + 10 = 110 \text{ m} ; \frac{Z_{\max}}{Z_0} = 1,83$$

$$h_0 = \frac{v^2}{2g} = 0,10 \quad \text{et} \quad \frac{h_0}{Z_0} = 0,00068 = 1,70 \times 10^{-3}$$

Les alignements 1,83 lu sur l'échelle de  $\frac{Z_{\max}}{Z_0}$  et 0,0017 lu sur l'échelle  $\frac{h_0}{Z_0}$  donnent sur l'abaque de Vibert (figure V.8) pour le calcul simplifié des réservoirs d'air :

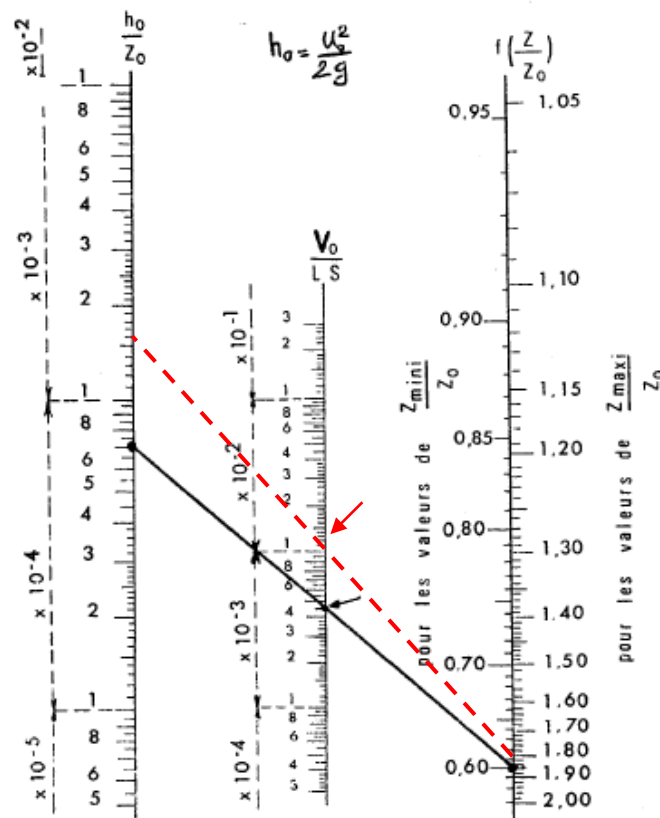


Figure V. 8: Abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 139

Nous obtenons à partir de l'abaque :

$$\frac{V_0}{L \times S} = 1,1 \times 10^{-2} = 0,011 \quad \text{et} \quad \frac{Z_{\min}}{Z_0} = 0,60$$

Comme  $L \times S = 25,68$  ;  $V_0 = 0,131 \text{ m}^3$  ou bien 131 litres.

Si on suppose que  $V_0 \times Z_0 = V_{\max} \times Z_{\min}$ , on en tire  $V_{\max} = 0,218 \text{ m}^3 = 218 \text{ litres}$ .

Afin qu'il reste encore de l'eau quand l'air atteint son volume maximum, on prend une capacité total du réservoir  $V_{\text{rés}} = 1,3 \times V_{\max}$ .

Soit alors :

$V_{rés} = 283,8 \approx 284$  litres.

Nous calculons également la valeur de  $Z_{min} = 0,6 \times Z_0 = 36$  m.

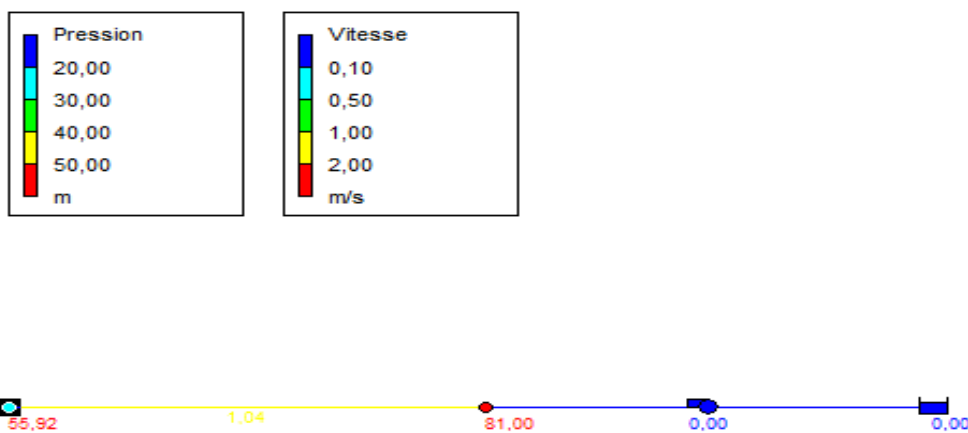
La valeur de la pression minimale sera alors :

$$H_{min} = Z_0 - Z_{min} = 60 - 36 = 24 \text{ m.}$$

Cette pression ne risque pas, en principe, de créer une cavitation dans la conduite.

- **Tronçon reliant HRH 126 à la SP 127**

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation de l'adduction de la conduite refoulant du HRH 126 en direction de la SP 127 via le logiciel Epanet



**Figure V. 9: simulation de l'adduction refoulant du HRH 126 en direction de la SP127**

La conduite est en acier, présentant les caractéristiques suivantes :

Une longueur  $L = 2200$  m ; un diamètre  $D = 150$  mm ; un débit  $Q_0 = 18,4$  l/s ; une vitesse  $V = 1,05$  m/s ; et  $H_0 = 55,92 \approx 60$  m (déduite de la simulation ci-dessous).

La section de la conduite est  $S = 17,67 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  et son volume est  $L \times S = 38,88 \text{ m}^3$ .

La valeur de la célérité de l'onde « a » qui se propagera à l'arrêt brutal de la pompe est :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$$

$D$  : diamètre de la conduite ;  $D = 150$  mm ; « e » épaisseur de la conduite  $e = 1$  cm ;  $K = 0,5$  (acier)

La valeur de la célérité de l'onde est alors  $a = 1326$  m/s environ.

En cas de fermeture brusque le coup de bélier peut atteindre la valeur :

$B = \frac{a \times V}{g} = 141,92 \text{ m} \approx 142 \text{ m}$  d'eau ; ce qui donne une pression maximale dans la conduite de :  $60 + 142 = 202 \text{ m}$  soit 20,2 bars environ.

Si l'on impose pour la conduite de ne pas dépasser une pression de 10 bars, le calcul du réservoir d'air nécessaire s'effectuera comme suit :

$Z_0 = 60 + 10 = 70 \text{ m}$  ;  $Z_{\max} = 100 + 10 = 110 \text{ m}$  ;  $\frac{Z_{\max}}{Z_0} = 1,57$

$h_0 = \frac{V^2}{2g} = 0,056$  et  $\frac{h_0}{Z_0} = 0,000803 = 8,03 \times 10^{-4}$

Les alignements 1,57 lu sur l'échelle de  $\frac{Z_{\max}}{Z_0}$  et 0,000803 lu sur l'échelle  $\frac{h_0}{Z_0}$  donnent sur l'abaque de Vibert (figure V.10) pour le calcul simplifié des réservoirs d'air :

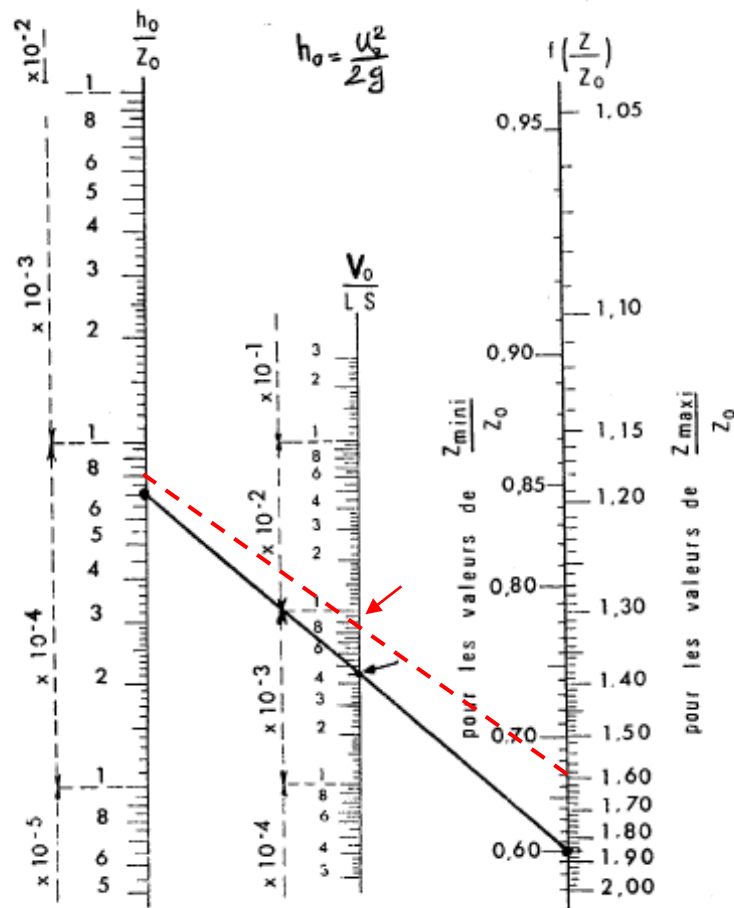


Figure V. 10: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 126

à partir de l'abaque on tire :

$\frac{V_0}{L \times S} = 8 \times 10^{-3} = 0,008$  et  $\frac{Z_{\min}}{Z_0} = 0,67$

Comme  $L \times S = 38,88$  ;  $V_0 = 0,311 \text{ m}^3$  ou bien 311 litres.

Si on suppose que  $V_0 \times Z_0 = V_{\max} \times Z_{\min}$ , on en tire  $V_{\max} = 0,464 \text{ m}^3 = 464$  litres.

Afin qu'il reste encore de l'eau quand l'air atteint son volume maximum, on prend une capacité total du réservoir  $V_{\text{rés}} = 1,3 \times V_{\max}$ .

Soit alors :

$V_{\text{rés}} = 603,5 \approx 604$  litres.

Nous calculons également la valeur de  $Z_{\min} = 0,67 \times Z_0 = 46,9 \text{ m}$ .

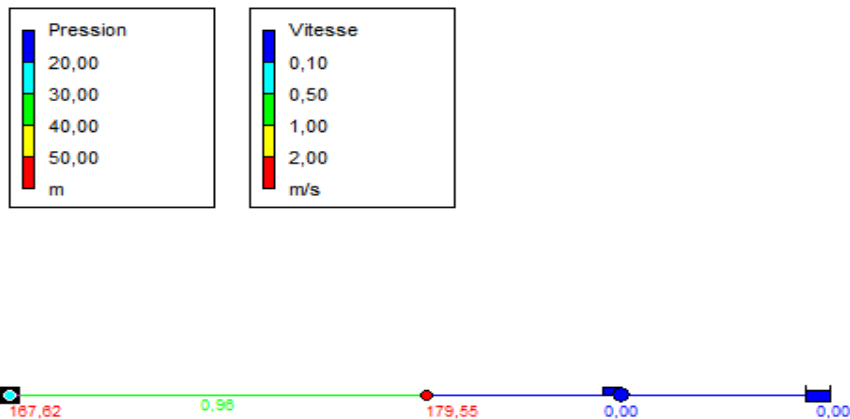
La valeur de la pression minimale sera alors :

$H_{\min} = Z_0 - Z_{\min} = 70 - 46,9 = 13,1 \text{ m}$ .

Cette pression ne risque pas, en principe, de créer une cavitation dans la conduite.

- **Tronçon reliant HRH 161 à la SP 127**

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation de l'adduction de la conduite refoulant du HRH 161 en direction de la SP 127 via le logiciel Epanet



**Figure V. 11: simulation de l'adduction refoulant du HRH 161 en direction de la SP127**

La conduite est en acier, présentant les caractéristiques suivantes :

Une longueur  $L = 690 \text{ m}$  ; un diamètre  $D = 150 \text{ mm}$  ; un débit  $Q_0 = 16,94 \text{ l/s}$  ; une vitesse  $V = 0,96 \text{ m/s}$  ; et  $H_0 = 167,62 \approx 170 \text{ m}$  (déduite de la simulation ci-dessous).

La section de la conduite est  $S = 17,67 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  et son volume est  $L \times S = 12,19 \text{ m}^3$ .

La valeur de la célérité de l'onde « a » qui se propagera à l'arrêt brutal de la pompe est :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$$

D : diamètre de la conduite ; D=150 mm ; « e » épaisseur de la conduite e = 1cm ; K=0,5 (acier)

La valeur de la célérité de l'onde est alors a= 1326 m/s environ.

En cas de fermeture brusque le coup de bélier peut atteindre la valeur :

$B = \frac{a \times V}{g} = 129,76 \text{ m} \approx 130 \text{ m}$  d'eau ; ce qui donne une pression maximale dans la conduite de :  $170 + 130 = 300 \text{ m}$  soit 30 bars environ.

Si l'on impose pour la conduite de ne pas dépasser une pression de 20 bars, le calcul du réservoir d'air nécessaire s'effectuera comme suit :

$$Z_0 = 170 + 10 = 180 \text{ m} ; \quad Z_{\max} = 150 + 10 = 210 \text{ m} ; \quad \frac{Z_{\max}}{Z_0} = 1,16$$

$$h_0 = \frac{V^2}{2g} = 0,047 \quad \text{et} \quad \frac{h_0}{Z_0} = 0,00026 = 2,6 \times 10^{-4}$$

Les alignements 1,16 lu sur l'échelle de  $\frac{Z_{\max}}{Z_0}$  et 0,00026 lu sur l'échelle  $\frac{h_0}{Z_0}$  donnent sur l'abaque de Vibert (figure V.12) pour le calcul simplifié des réservoirs d'air :

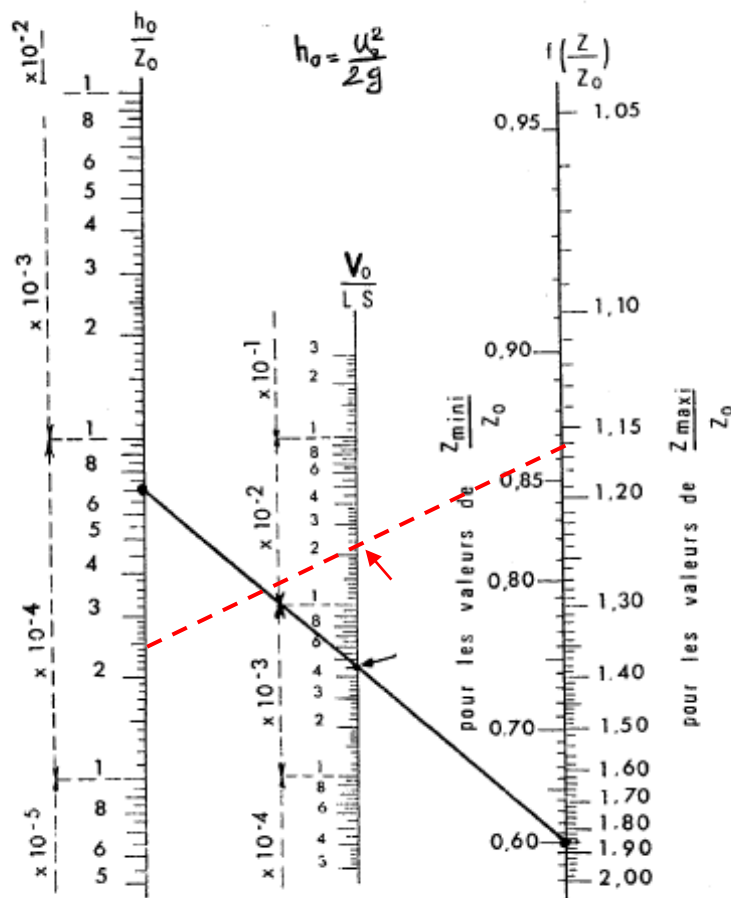


Figure V. 12: Abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 161

à partir de l'abaque nous tirons :

$$\frac{V_0}{L \times S} = 2,4 \times 10^{-2} = 0,024 \quad \text{et} \quad \frac{Z_{\min}}{Z_0} = 0,865$$

Comme  $L \times S = 12,19$  ;  $V_0 = 0,292 \text{ m}^3$  ou bien 292 litres.

Si on suppose que  $V_0 \times Z_0 = V_{\max} \times Z_{\min}$ , on en tire  $V_{\max} = 0,338 \text{ m}^3 = 338$  litres.

Afin qu'il reste encore de l'eau quand l'air atteint son volume maximum, on prend une capacité total du réservoir  $V_{\text{rés}} = 1,3 \times V_{\max}$ .

Soit alors :

$$V_{\text{rés}} = 439,4 \approx 440 \text{ litres.}$$

Nous calculons également la valeur de  $Z_{\min} = 0,6 \times Z_0 = 108 \text{ m}$ .

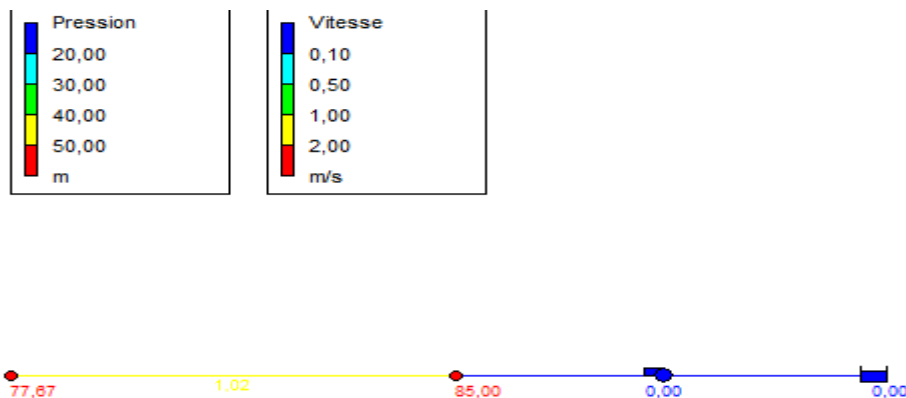
La valeur de la pression minimale sera alors :

$$H_{\min} = Z_0 - Z_{\min} = 180 - 108 = 72 \text{ m.}$$

Cette pression ne risque pas, en principe, de créer une cavitation dans la conduite.

- **Tronçon reliant HRH 127 à la SP 127**

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation de l'adduction de la conduite refoulant du HRH 145 en direction de la SP 127 via le logiciel Epanet



**Figure V. 13: Simulation de l'adduction refoulant du HRH 127 en direction de la SP127**

La conduite est en acier, présentant les caractéristiques suivantes :

Une longueur  $L = 30 \text{ m}$  ; un diamètre  $D = 150 \text{ mm}$  ; un débit  $Q_0 = 18,05 \text{ l/s}$  ; une vitesse  $V = 1,02 \text{ m/s}$  ; et  $H_0 = 77,67 \approx 80 \text{ m}$  (déduite de la simulation ci-dessous).

La section de la conduite est  $S = 17,67 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  et son volume est  $L \times S = 0,53 \text{ m}^3$ .

La valeur de la célérité de l'onde « a » qui se propagera à l'arrêt brutal de la pompe est :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$$

D : diamètre de la conduite ; D=100mm ; « e » épaisseur de la conduite e = 1cm ; K=0,5 (acier)

La valeur de la célérité de l'onde est alors a= 1326 m/s environ.

En cas de fermeture brusque le coup de bélier peut atteindre la valeur :

$B = \frac{a \times V}{g} = 137,87 \text{ m} \approx 138 \text{ m}$  d'eau ; ce qui donne une pression maximale dans la conduite de :  
80 + 138 = 218 m soit 21,8 bars environ.

Si l'on impose pour la conduite de ne pas dépasser une pression de 10 bars, le calcul du réservoir d'air nécessaire s'effectuera comme suit :

$$Z_0 = 80 + 10 = 90 \text{ m} ; \quad Z_{\max} = 100 + 10 = 110 \text{ m} ; \quad \frac{Z_{\max}}{Z_0} = 1,22$$

$$h_0 = \frac{V^2}{2g} = 0,053 \quad \text{et} \quad \frac{h_0}{Z_0} = 0,00058 = 5,8 \times 10^{-4}$$

Les alignements 1,22 lu sur l'échelle de  $\frac{Z_{\max}}{Z_0}$  et 0,00058 lu sur l'échelle  $\frac{h_0}{Z_0}$  donnent sur l'abaque de Vibert (figure V.14) pour le calcul simplifié des réservoirs d'air :



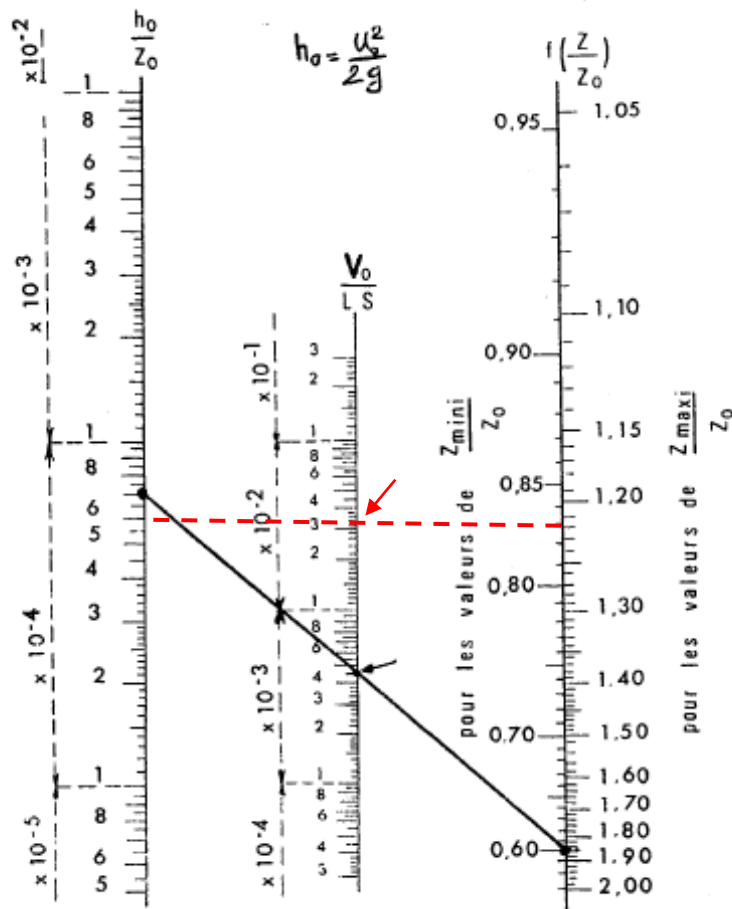


Figure V. 14: abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air du HRH 145

à partir de l'abaque on tire :

$$\frac{V_0}{L \times S} = 3,2 \times 10^{-2} = 0,032 \quad \text{et} \quad \frac{Z_{\min}}{Z_0} = 0,83$$

Comme  $L \times S = 0,53$  ;  $V_0 = 0,017 \text{ m}^3$  ou bien 17 litres.

Si on suppose que  $V_0 \times Z_0 = V_{\max} \times Z_{\min}$ , on en tire  $V_{\max} = 0,0204 \text{ m}^3 = 20,04$  litres.

Afin qu'il reste encore de l'eau quand l'air atteint son volume maximum, on prend une capacité total du réservoir  $V_{\text{rés}} = 1,3 \times V_{\max}$ .

Soit alors :

$$V_{\text{rés}} = 26,62 \approx 30 \text{ litres.}$$

Nous calculons également la valeur de  $Z_{\min} = 0,83 \times Z_0 = 74,7 \text{ m}$ .

La valeur de la pression minimale sera alors :

$$H_{\min} = Z_0 - Z_{\min} = 90 - 74,7 = 15,3 \text{ m.}$$

Cette pression ne risque pas, en principe, de créer une cavitation dans la conduite.

## 1.2. Nouvelle ligne refoulant de la SP 127 en direction de la zone centre

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation de l'adduction de la conduite refoulant du SP 127 en direction de la SP 106 via le logiciel Epanet



**Figure V. 15: simulation de l'adduction de la ligne refoulant de la SP127 en direction de la SP106**

La conduite est en acier, présentant les caractéristiques suivantes :

Une longueur  $L = 21000$  m ; un diamètre  $D = 150$  mm ; un débit  $Q_0 = 16,94$  l/s ; une vitesse  $V = 0,95$  m/s ; et  $H_0 = 50,60 \approx 51$  m (déduite de la simulation ci-dessous).

La section de la conduite est  $S = 17,67 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup> et son volume est  $L \times S = 371,10$  m<sup>3</sup>.

La valeur de la célérité de l'onde « a » qui se propagera à l'arrêt brutal de la pompe est :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$$

$D$  : diamètre de la conduite ;  $D = 150$  mm ; « e » épaisseur de la conduite  $e = 1$  cm ;  $K = 0,5$  (acier)

La valeur de la célérité de l'onde est alors  $a = 1326$  m/s environ.

En cas de fermeture brusque le coup de bélier peut atteindre la valeur :

$B = \frac{a \times V}{g} = 128,4$  m  $\approx 129$  m d'eau ; ce qui donne une pression maximale dans la conduite de :  $51 + 129 = 180$  m soit 18 bars environ.

Si l'on impose pour la conduite de ne pas dépasser une pression de 10 bars, le calcul du réservoir d'air nécessaire s'effectuera comme suit :

$Z_0 = 51 + 10 = 61$  m ;  $Z_{\max} = 100 + 10 = 110$  m ;  $\frac{Z_{\max}}{Z_0} = 1,80$

$h_0 = \frac{v^2}{2g} = 0,046$  et  $\frac{h_0}{Z_0} = 0,00068 = 7,54 \times 10^{-4}$

Les alignements 1,80 lu sur l'échelle de  $\frac{Z_{max}}{Z_0}$  et 0,000754 lu sur l'échelle  $\frac{h_0}{Z_0}$  donnent sur l'abaque de Vibert (figure V.15) pour le calcul simplifié des réservoirs d'air :

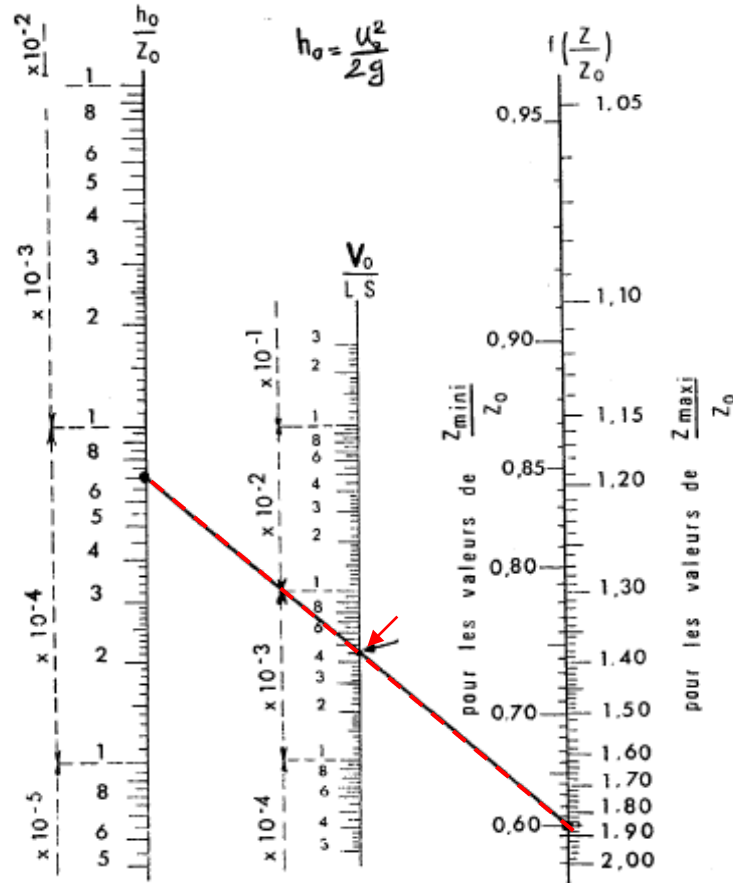


Figure V. 16: Abaque de Vibert pour le calcul simplifié du réservoir d'air de la nouvelle ligne

Nous tirons à partir de l'abaque:

$$\frac{V_0}{L \times S} = 5,2 \times 10^{-3} = 0,0052 \quad \text{et} \quad \frac{Z_{min}}{Z_0} = 0,62$$

Comme  $L \times S = 371,10$  ;  $V_0 = 1,93 \text{ m}^3$  ou bien 1930 litres.

Si on suppose que  $V_0 \times Z_0 = V_{max} \times Z_{min}$ , on en tire  $V_{max} = 3,11 \text{ m}^3 = 3110$  litres.

Afin qu'il reste encore de l'eau quand l'air atteint son volume maximum, on prend une capacité total du réservoir  $V_{rés} = 1,3 \times V_{max}$ .

Soit alors :

$$V_{rés} = 4,043 \approx 4043 \text{ litres.}$$

Nous calculons également la valeur de  $Z_{min} = 0,62 \times Z_0 = 37,82 \text{ m.}$

La valeur de la pression minimale sera alors :

$$H_{\min} = Z_0 - Z_{\min} = 61 - 37,82 = 23,18 \text{ m.}$$

Cette pression ne risque pas, en principe, de créer une cavitation dans la conduite.

Le volume des réservoirs d'air présent sur le marché varie de 100 à 2000 l pour les réservoirs de petites tailles et de 3000 à 70000 l pour les réservoirs de grandes capacités, conçu sur mesure. L'intensité maximale du coup de bélier est retrouvée dans la zone proche de la pompe, l'installation du ballon d'air se fera donc à la sortie de la pompe. Nous optons pour des réservoirs d'air type CAR (Clapet Anti Retour). La figure ci-dessous représente un réservoir d'air de type CAR verticale.



*Figure V. 17: réservoir d'air type CAR verticale*

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des réservoirs d'air de la zone nord ainsi que la nouvelle ligne refoulant de la SP 127 en direction de la SP 106 :

*Tableau V. 1: Caractéristiques des réservoirs d'air de la zone nord*

Conduite	Volume calculé (litres)	Volume normalisé Commercial (litres)	Type du réservoir
HRH 145	238	300	CAR vertical
HRH 151	312	350	CAR vertical
HRH 160	1134	1200	CAR vertical
HRH 139	284	300	CAR vertical
HRH 126	604	650	CAR vertical
HRH 161	440	450	CAR vertical
HRH 127	4043	4500	CAR horizontal

### Conclusion

L'adduction de la ville de Hassi R'Mel se fait uniquement par refoulement, la protection contre les phénomènes transitoires comme le coup de bélier est donc nécessaire. L'intensité du coup de bélier est proportionnelle à la vitesse de l'eau dans la conduite avant l'arrêt de la pompe et à la longueur de la conduite, ce dernier peut engendrer l'arrêt total du refoulement durant plusieurs jours et priver d'eau les habitants et l'industrie à Hassi R'Mel.

## 2. Réhabilitation des réservoirs de la ville de Hassi R'Mel

Nous avons constaté lors du diagnostic des réservoirs que la capacité total actuelle des réservoirs de la ville de Hassi R'Mel était suffisante pour alimenter correctement la population et l'industrie néanmoins des problèmes de pressions existent au niveau de la distribution.

Pour pallier à ces problèmes nous avons opté pour la construction d'un nouveau réservoir surélevé (château d'eau).

### 2.1. Le château d'eau

Le réservoir surélevé, ou château d'eau, fait partie du système de stockage. C'est un élément majeur de régulation du réseau de distribution, lorsque la topographie ne permet pas de disposer d'un point haut pour construire un réservoir au sol. Cependant, le concepteur a le choix entre un château d'eau, ou une autre disposition de réservoir surélevé, et un réservoir au sol alimentant un supprimeur. En secteur urbain dense, les quantités d'eau à fournir sont telles que le choix se porte généralement sur un réseau surpressé : c'est la solution de facilité, consommatrice d'énergie [Bourrier, Selmi, 2011].

### 2.2. Fonctionnement et caractéristiques d'un château d'eau

#### 2.2.1. Fiabilité

En cas de panne du réseau électrique ou de panne mécanique du pompage, le fonctionnement de la distribution continue par gravité. Le château apporte une grande sécurité car il contient souvent la consommation d'une journée moyenne. Il permet de maintenir la pression sur le réseau de distribution, tout en autorisant les interventions techniques sur la partie amont de réservoir, ou sectorisée s'il y'a plusieurs étages de distribution équilibrés par des réservoir tampons. En cas de catastrophe (tempête etc...), la distribution de l'eau est maintenue facilement à moindre coût. Dans le cas d'une panne, il suffit de mobiliser un groupe électrogène momentanément pour remplir la cuve du réservoir surélevé, alors les réseaux surpressés nécessitent plusieurs groupes électrogènes, à demeure. [Bourrier, Selmi, 2011].

#### 2.2.2. Capacité de stockage

La capacité totale de stockage est définie sur la base des différentes fonctions à assurer par le réservoir.

Dans le chapitre précédent nous avons calculé le volume de réservoir qui est de 2000 m<sup>3</sup>, nous allons majorer ce volume pour éviter le manque d'eau en cas de dysfonctionnement des stations de pompes ou de l'adduction.

Nous avons opté pour un volume final du réservoir égal à 2500 m<sup>3</sup> et de forme cylindrique, la figure ci-dessous représente le schéma détaillé d'un château d'eau :

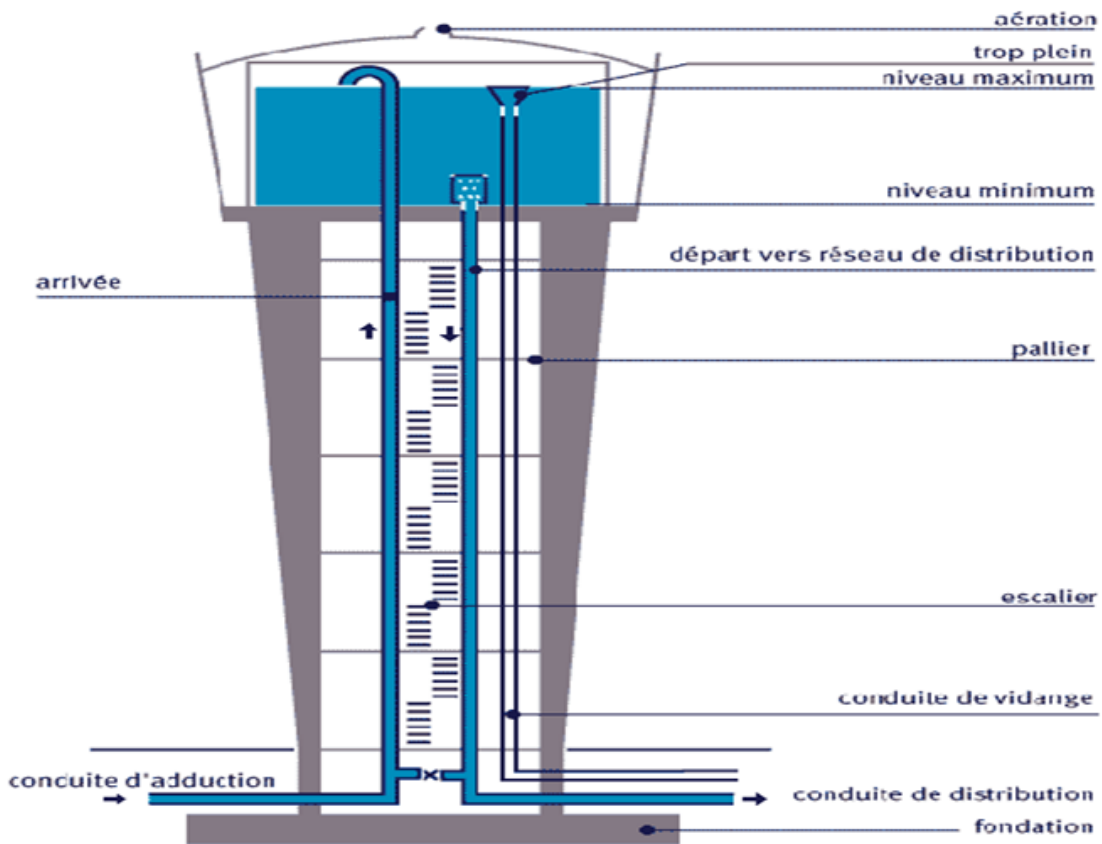


Figure V. 18 : schéma détaillé du château d'eau

**2.2.3. Dimensionnement du château d'eau**

Pour un réservoir cylindrique, on a :

$$V = S \times H \quad ; \quad s = \frac{\pi \times D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4V}{\pi H}}$$

Posons H = 7 m.

$$\Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 2500}{\pi \times 7}} \Rightarrow D = 21 \text{ m}$$

**Calcul de la côte du radier :**

La formule pour déterminer la cote du radier est :

Avec : 
$$C_r = C_T + H + H_{PCI} + P_C$$

C<sub>T</sub> : cote de terrain égale à 781 mètre.

H : Hauteur donnée en fonction de nombre d'étages R+1 :  $H = 6$  m

$H_p$  : les pertes de charges linéaire et singulière

Nous allons calculer les pertes de charges pour le nœud le plus défavorable dans notre réseau.

On a opté pour un coefficient de perte de charge singulière égal à 15%

$$H_p = 1.15 * \lambda * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$D_1 = 0.3 \text{ m}; D_2 = D_3 = D_4 = 0.16 \text{ m}.$$

$$L_1 = 470 \text{ m}; L_2 = 810 \text{ m}; L_3 = 560 \text{ m}; L_4 = 600 \text{ m}.$$

$$V_1 = 1.56 \text{ m/s}; V_2 = 1.49 \text{ m/s}; V_3 = 0.67 \text{ m/s}; V_4 = 0.89 \text{ m/s}$$

$$g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}.$$

$$\lambda_1 = 0.015, \lambda_2 = 0.0162, \lambda_3 = 0.0173, \lambda_4 = 0.0235$$

$$H_{p1} = 3.35 \text{ m}, H_{p2} = 10.67 \text{ m}, H_{p3} = 1.6 \text{ m}, H_{p4} = 4.09 \text{ m}$$

$$H_p = 19.7 \text{ m}$$

$P_c$ : colonne d'eau supplémentaire tenant compte des chauffe eau, appareils, ...

On prend :  $P_c = 3 \text{ m}$

$$C_r = 781 + 6 + 19.7 + 3$$

D'où la cote du Radier est de :  $C_r = 810 \text{ m}$

### 3. Réhabilitation de la distribution

La simulation de la distribution de la zone centre de la ville de Hassi R'Mel a révélé la présence de pression très faible ainsi que des pressions négatives sur le réseau, dues entre autre à l'utilisation de pompe pour la distribution aux heures de pointes. Afin de régler ces problèmes nous avons opté pour une distribution exclusivement gravitaire faite à partir du nouveau château d'eau.

#### 3.1. Simulation de la distribution via Epanet

Dans cette partie nous allons faire la simulation de l'écoulement du réseau en introduisant les nouveaux paramètres : un seul réservoir (château d'eau de cote  $H=810$  m), nous avons changé le diamètre de la première conduite  $D=300$  mm aussi nous avons changé le nœud d'entrée du



réseau, la figure suivante montre les pressions dans les nœuds et les vitesses dans les conduites :

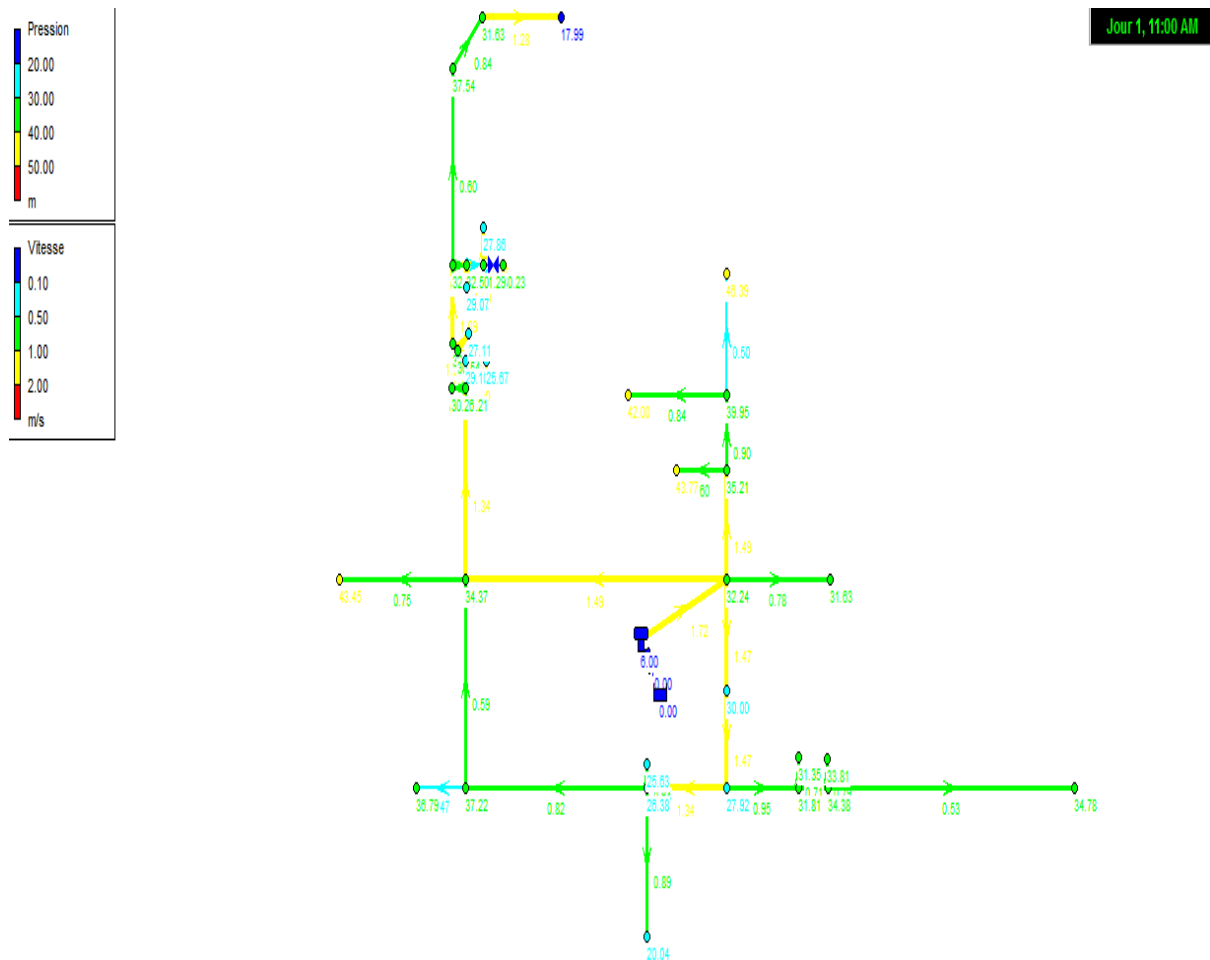


Figure V. 19: simulation de l'écoulement via Epanet

• Etat des Nœuds du Réseau à 11:00 Heures

Les résultats de la simulation pour les nœuds de demande sont résumés sur le tableau suivant :

Tableau V. 2 : les pressions dans les nœuds

ID Noeud	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Noeud 2	4	770,99	17,99
Noeud 3	4	782,63	31,63
Noeud 4	4	785,54	37,54
Noeud 5	4	786,96	32,96

Noeud 6	2	786,23	30,23
Noeud 8	2	782,86	27,86
Noeud 10	2	783,07	29,07
Noeud 14	2	786,67	25,67
Noeud 15	2	786,11	27,11
Noeud 17	1	790,26	30,26
Noeud 19	15	793,45	43,45
Noeud 21	15,6	812,63	31,63
Noeud 23	12	808,77	43,77
Noeud 26	10	807,39	46,39
Noeud 27	8	806	42
Noeud 29	4,5	796,79	36,79
Noeud 36	2	801,63	25,63
Noeud 37	8,5	798,04	20,04
Noeud 42	6,7	805,35	31,35
Noeud 44	7,5	803,81	33,81
Noeud 45	5	800,78	34,78

- **Etat des Arcs du Réseau à 11:00 Heures**

Le tableau suivant montre les résultats de la simulation pour chaque conduite :

*Tableau V. 3: les vitesses et les débits dans les conduites*

ID Arc	Débit (l/s)	(Vitesse m/s)	Perte de Charge (m/km)
Tuyau 1	121,8	1,72	7,56
Tuyau 2	7,5	0,79	5,74
Tuyau 3	12,5	0,62	2,38
Tuyau 4	6,7	0,71	4,66
Tuyau 5	19,2	0,95	5,28
Tuyau 6	16,46	0,82	3,97
Tuyau 7	5	0,53	2,71
Tuyau 8	26,96	1,34	9,9
Tuyau 9	2	0,64	7,5
Tuyau 10	8,5	0,89	7,24
Tuyau 16	4,5	0,47	2,23
Tuyau 18	46,16	1,47	9,04
Tuyau 19	15,6	0,78	3,59
Tuyau 20	30	1,49	12,07
Tuyau 21	18	0,9	4,68
Tuyau 22	10	0,5	1,58
Tuyau 23	12	0,6	2,21
Tuyau 24	8	0,84	6,47

Tuyau 25	30,04	1,49	12,1
Tuyau 26	11,96	0,59	2,2
Tuyau 27	15	0,75	3,34
Tuyau 28	27	1,34	9,93
Tuyau 29	26	1,29	9,26
Tuyau 30	24	1,19	7,98
Tuyau 31	22	1,09	6,79
Tuyau 32	22	1,09	6,79
Tuyau 33	6	0,63	3,8
Tuyau 34	4	0,42	1,79
Tuyau 35	2	0,21	0,5
Tuyau 36	1	0,8	18,99
Tuyau 37	2	1,59	68,56
Tuyau 38	2	1,59	68,56
Tuyau 39	2	1,59	68,56
Tuyau 40	2	1,59	68,56
Tuyau 41	12	0,6	2,21
Tuyau 42	8	0,84	6,47
Tuyau 43	4	1,28	27,08
Tuyau 47	46,16	1,47	9,04

### 3.2. Interprétation des résultats de simulation

Pour les conduites 18 et 47 nous proposons d'augmenter le diamètre pour que les vitesses soient inférieures ou égales à 1.5 m/s, les autres vitesses sont dans l'intervalle [0.5 ; 1.5 m/s], donc les résultats obtenus sont acceptables.

Pour les pressions aux nœuds, elles sont de l'ordre 2 à 5 bars à l'heure où la demande atteint son maximum, donc l'eau arrivera avec des pressions suffisantes pour tous les consommateurs de la ville de Hassi R'Mel.

## 4. Protection des équipements contre la corrosion

Nous avons constaté lors du chapitre précédant les effets du phénomène de corrosion sur les équipements de transport d'eau pour la ville de Hassi R'mel Dans cette partie nous allons proposer une méthode de protection pour réduire la corrosion des conduites.

La protection cathodique est un moyen électrochimique efficace de lutte contre la corrosion. En effet, elle permet d'abaisser le potentiel de la structure métallique à protéger à un potentiel où la réaction de corrosion ne peut avoir lieu; ce potentiel est dit 'seuil d'immunité'. Nous avons utilisé pour cela une source de courant continu dont le pôle positif est relié à l'anode et le pôle négatif à la structure à protéger. Habituellement, l'alimentation des systèmes de protection cathodique se fait à partir des réseaux de distribution d'énergie électrique, il peut être intéressant de disposer de sources autonomes dont le lieu d'installation n'est plus tributaire d'un réseau. Le développement des générateurs solaires donne une nouvelle sécurité et une solution économique pour l'énergie nécessaire à la protection cathodique [F. Mohellebi, F. Hellal, M. Khalfi et S. Kaci, 2014].

### 4.1 Principe de la protection cathodique

Le principe de la protection cathodique repose sur l'idée d'inverser le rôle électrochimique de l'ouvrage à protéger, en favorisant une réduction cathodique à son niveau, et en reportant la réaction d'oxydation sur une autre structure, dont on accepte à priori la dégradation. On comprend facilement la méthode de protection cathodique par l'utilisation des courbes de polarisation [D. Talbot and J. Talbot, 1998].

On représente conventionnellement les courbes de polarisation par la densité de courant  $i(A/m^2)$  en fonction du potentiel  $E(V)$  de la pile de corrosion (structure – milieu) mesuré par rapport à une électrode de référence (*Figure V. 20*).

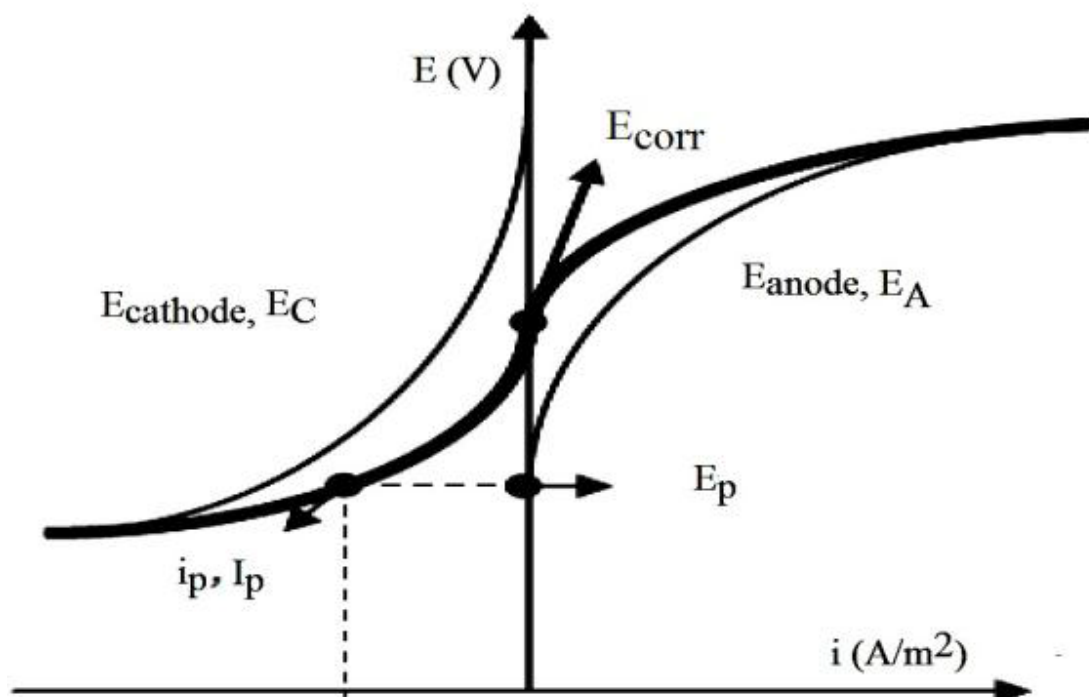


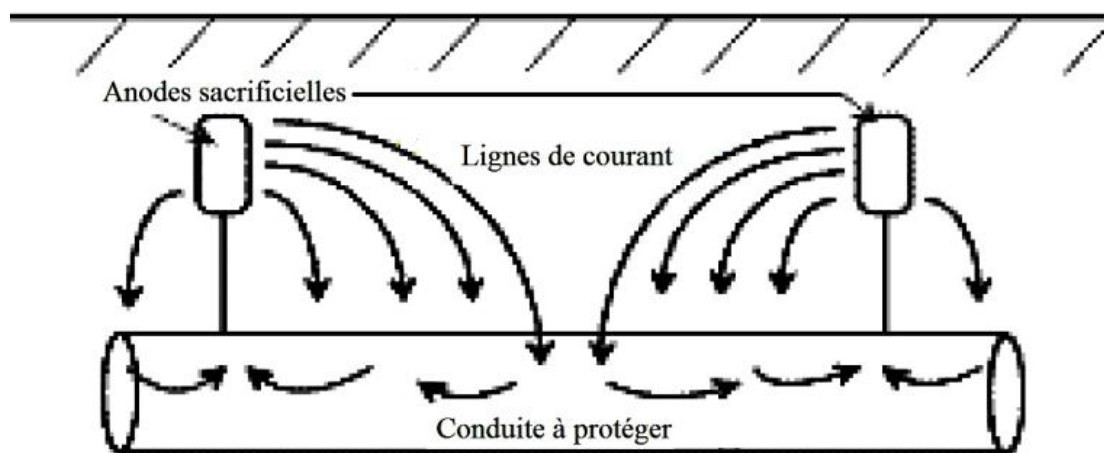
Figure V. 21: Courbe de polarisation théorique

La courbe en trait gras est considérée comme étant la somme de deux courbes élémentaires, l'une caractérisant la réaction anodique et l'autre la réaction cathodique. Le point particulier noté ( $E_{\text{corr}}$ ) est représentatif de la corrosion naturelle du métal. Si on impose au métal de la structure un potentiel  $E_p$  inférieur au potentiel anodique  $E_A$ , le point où le courant anodique est nul, il n'y a plus de réaction d'oxydation possible. La structure est le siège seulement d'une réaction cathodique (réduction). C'est le principe même de la protection cathodique. En contre partie, il est nécessaire de fournir des électrons en quantité suffisante, ceci se traduit par le courant de protection  $I_p$ .

Il existe deux manières de réaliser la protection cathodique. Nous citerons la protection cathodique par anodes sacrificielles et la protection cathodique par courant imposé.

#### 4.1.1. Protection par anodes sacrificielles

La protection cathodique par anodes sacrificielles a pour but de mettre à profit l'effet du couple galvanique (pile) créée par l'association, dans un même électrolyte, de deux métaux différents: le métal à protéger est un métal moins noble qui constitue l'anode. Dans ce type de protection, l'anode se consomme par dissolution en portant la surface du métal à protéger au-delà de son potentiel d'immunité. La réalisation est schématisée dans la Figure V. 22.



*Figure V. 23: Protection cathodique par anodes sacrificielles*

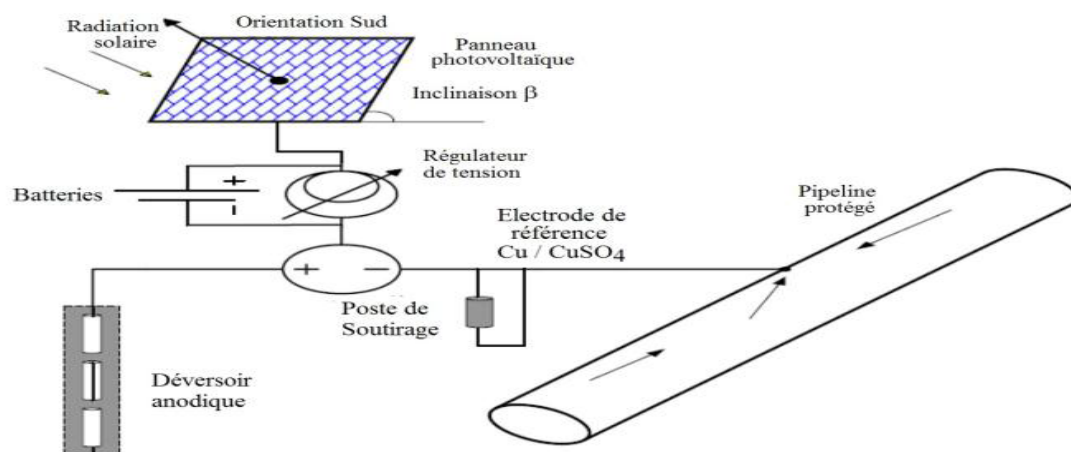
La protection par anodes sacrificielles n'a pas une durée indéfinie. Elle s'arrête avec la disparition du matériau sacrificiel ou par blocage électrochimique. L'évaluation de sa durée de vie est estimée par calcul du dimensionnement des anodes et par retour d'expérience, généralement une quinzaine d'années.

#### **4.1.2. Protection par courant imposé (soutirage de courant)**

La protection par courant imposé (ou de soutirage) utilise une source d'énergie électrique en courant continu qui débite dans un circuit comprenant (*Figure V. 24*):

- Un déversoir (ou masse anodique),
- L'électrolyte (sol ou eau),
- La structure à protéger.

Le pôle positif de la source est relié au déversoir, alors que le pôle négatif est relié à la structure à protéger. Le courant venant du déversoir traverse l'électrolyte, puis entre dans la structure créant ainsi un abaissement de potentiel recherché correspondant à l'immunité du métal [American Petroleum Institute, 2002].



*Figure V. 25: Système de protection cathodique par appoint solaire*

### Conclusion :

La région de Hassi R'Mel se caractérise par un sol sableux très agressif et des conduites aériennes dépourvues de protection, cette combinaison peut entraîner une destruction rapide des conduites par perforation, la protection des équipements contre la corrosion est donc exigée, la méthode de protection cathodique réduit considérablement la vitesse de corrosion, elle augmentera également considérablement la durée de vie de notre réseau ainsi que sa rentabilité.



## Conclusion et recommandations

La réhabilitation du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Hassi R'Mel doit se faire sur plusieurs niveaux :

Au niveau de l'adduction : nous avons constaté qu'une protection contre les phénomènes transitoires du coup de bélier est nécessaire pour le maintien du refoulement et l'alimentation de la ville et l'industrie. Notre étude a abouti au calcul de sept (07) réservoirs d'air de différentes capacités.

Nous recommandons également l'installation de ventouses, aux points hauts afin de vidanger l'air présent à l'intérieur des conduites et éviter le phénomène de cavitation ainsi que l'installation de vannes de sectionnements afin de faciliter l'entretien des conduites.

Des abreuvoirs doivent également être construits pour la population sédentaire, afin que cette dernière n'endommage pas les conduites de refoulement non enterrées.

Au niveau des réservoirs : les réservoirs de la ville de Hassi R'Mel sont en bons états néanmoins malgré une capacité de stockage suffisante, la population de la ville en particulier celle de Hay Ezzohour ne reçoit pas assez d'eau aux heures de pointes, nous préconisons la construction d'un nouveau château d'eau d'une hauteur calculée égale  $H = 29$  m et un volume totale de  $V = 2500$  m<sup>3</sup>.

Une sonde de pression couplée à une centrale automatique devra également être installée au niveau du château d'eau afin d'effectuer la saisie automatique de la variation du niveau d'eau dans le château d'eau au cours de la journée dont l'objectif est d'obtenir une meilleure estimation de la variation horaire de la demande des différents consommateurs.

Au niveau de la distribution : Nous préconisons une distribution exclusivement gravitaires, la simulation de la distribution via le logiciel Epanet, après la mise en place du nouveau château d'eau, a révélé que les pressions aux nœuds étaient satisfaisantes aux heures de pointes.

## Conclusion générale

Notre travail sur la commune de Hassi R'Mel, nous a permis de prendre conscience de la complexité de son réseau d'alimentation en eau potable, cette dernière est captée exclusivement à partir de la nappe du Séno-Turonien, peu profonde et présentant une bonne qualité pour la consommation. Une grande partie de l'eau captée sert également à combler le déficit important en eau de l'industrie qui est également alimentée par la nappe de l'Albo-Baremien plus profonde, elle présente une qualité d'eau médiocre.

L'analyse des graphes de piézométrie montre une baisse considérable des niveaux piézométriques des puits producteur de la nappe du Séno-Turonien, notre évaluation de la population à également démontré une augmentation significative du nombre d'habitants de la commune allant jusqu'à doubler à l'horizon projet. Nous recommandons donc une investigation géologique approfondie de la nappe du Séno-Turonien et de l'Albo-Barrémien afin d'évaluer les réserves disponibles et d'établir un plan de gestion de la ressource en eau sur les vingt-cinq prochaines années.

Une revalorisation des eaux épurées devra également être envisagée, les eaux épurées traitées pourront être utilisées pour l'arrosage des jardins et espaces verts de la commune en les injectant directement dans le réseau d'irrigation, les eaux épurées pourront également contribuer dans le secteur de l'industrie. L'eau du Séno-Turonien devra être gérée avec austérité et réservée uniquement à la consommation et aux besoins domestiques.

Le diagnostic de la commune de Hassi R'mel a également mis en évidence des dysfonctionnements du réseau à différents niveaux, en conséquence la pression de l'eau est insuffisante au niveau de la distribution et certains consommateurs sont privés d'eau. Nous préconisons donc une réhabilitation de ces composantes :

Au niveau de l'adduction : la mise en place de ballons d'airs contre le phénomène transitoire du coup de bélier et de ventouses sur les points hauts afin de chasser l'air qui s'y accumule.

Au niveau des réservoirs : la mise en place d'un nouveau réservoir surélevé (château d'eau) au niveau du centre de distribution de la zone centre.

Au niveau de la distribution : la mise en place d'une distribution exclusivement gravitaire réalisée à partir du nouveau château d'eau.

Au niveau des équipements : une protection cathodique des conduites contre la corrosion et le sol sableux agressif.

La simulation de ces modifications via le logiciel Epanet a révélé que notre réseau de distribution assurera une pression minimale de deux (02) bars aux heures de pointes.

La commune de Hassi R'mel étant une zone de production gazière, elle est de ce fait considéré comme étant une zone à haut risque d'incendie, nous préconisons donc la création d'un réseau d'incendie, indépendant du réseau de distribution.

En fin, nous souhaitons que notre travail servira comme guide bénéfique pour les projets orienter dans la perspective de promouvoir le secteur hydraulique dans la région de Hassi R'Mel.

## ***Références bibliographiques***

- BENMAMAR S., (2014).** *Cours d'alimentation en eau potable ENP.* Algérie.
- BLINDU I. (2004).** *Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques.* Thèse doctorat. Ecole nationale des mines Saint-Étienne. France.
- BONNIN J. (1982).** *Aide-mémoire d'hydraulique urbaine.* Édition Eyrolles. France.
- BOURRIER R., Selmi B. (2011).** *Technique de la gestion et de la distribution de l'eau.* Edition le Moniteur. France.
- CYRIL G., HENRI G., MARC N. (1970).** *La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales.* Collection des cours l'école chez soi. Editions Eyrolles. France.
- Documentations SONATRACH.** Département logistique, service hydraulique Algérie.
- DUPONT A., (1979).** *Hydraulique urbaine ouvrages de transport élévation et distribution des eaux Tome II.* Edition Eyrolles. France.
- GANGBAZO G. (2006).** *Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau.* Ingénieur, PHD. Direction des politiques de l'eau. France.
- Lyonnaise des eaux, (1994).** *Mémento de gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement Tome I.* France.
- MAHMOUD M., (2002).** *Alimentation en eau potable ENIT.* Tunisie.
- TARFAYA C., (2012).** *Mémoire de Magistère en Hydraulique, approche méthodologique pour le diagnostic des réseaux d'eau.* Université de Batna.
- ONM, (2002).**, *Office National de la Météorologie.* Algérie.
- ONS, (1998, 2008).**, *Office National des Statistiques.* Algérie.
- PNE, (2010).**, *Etude d'actualisation du Plan National de l'Eau, réalisée dans le cadre de programme MEDA de l'union européenne.*
- [www.laghouat-dz.org](http://www.laghouat-dz.org).** Site officiel de la wilaya de Laghouat.

# ***Annexes***

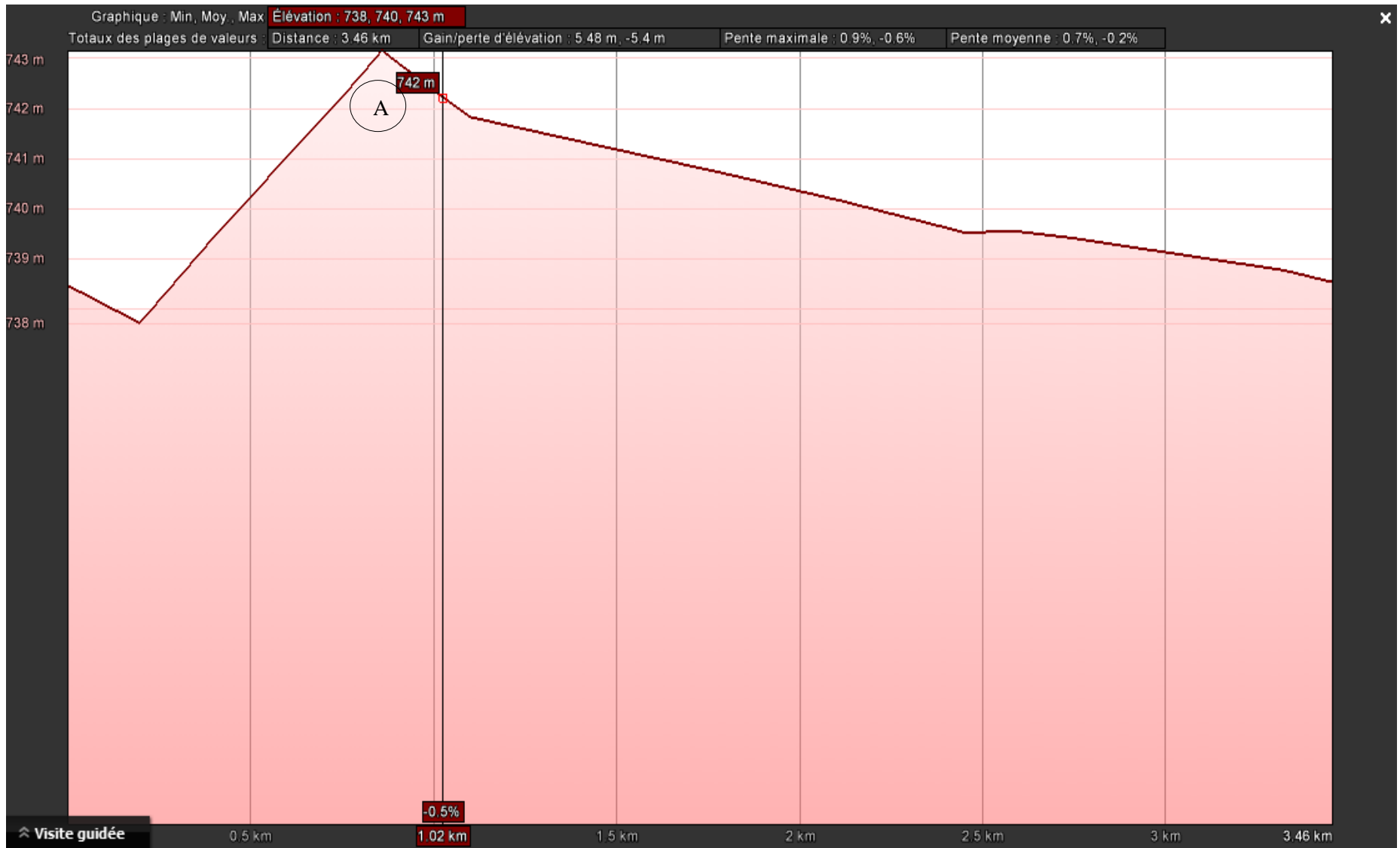
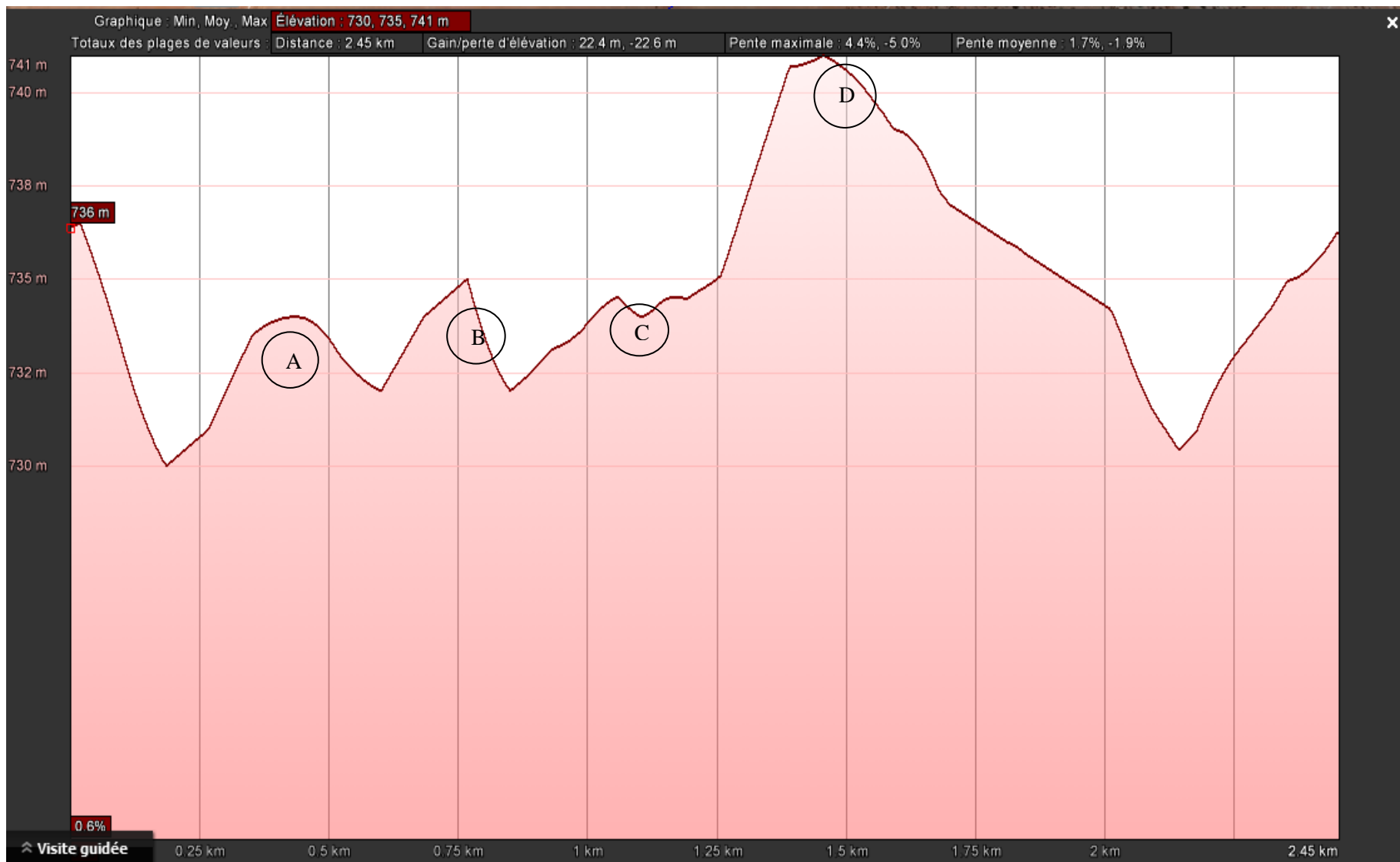
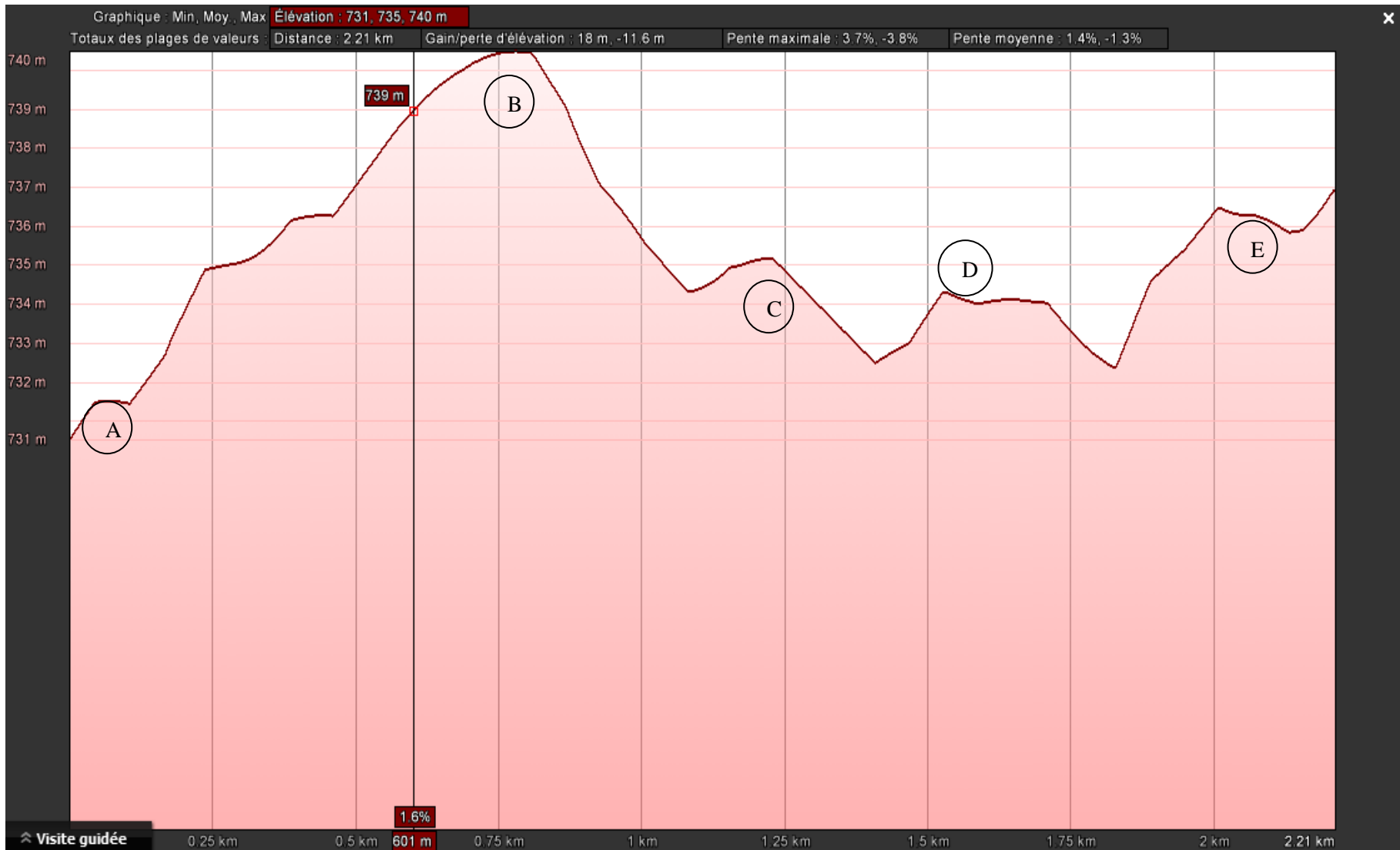


Figure IV. 26 : profil topographique de la conduite reliant HRH145 à la SP 127



**Figure IV. 27 : profil topographique de la conduite reliant HRH 151 à la SP 127**



*Figure IV. 28 : profil topographique de la conduite reliant HRH 126 à la SP 127*



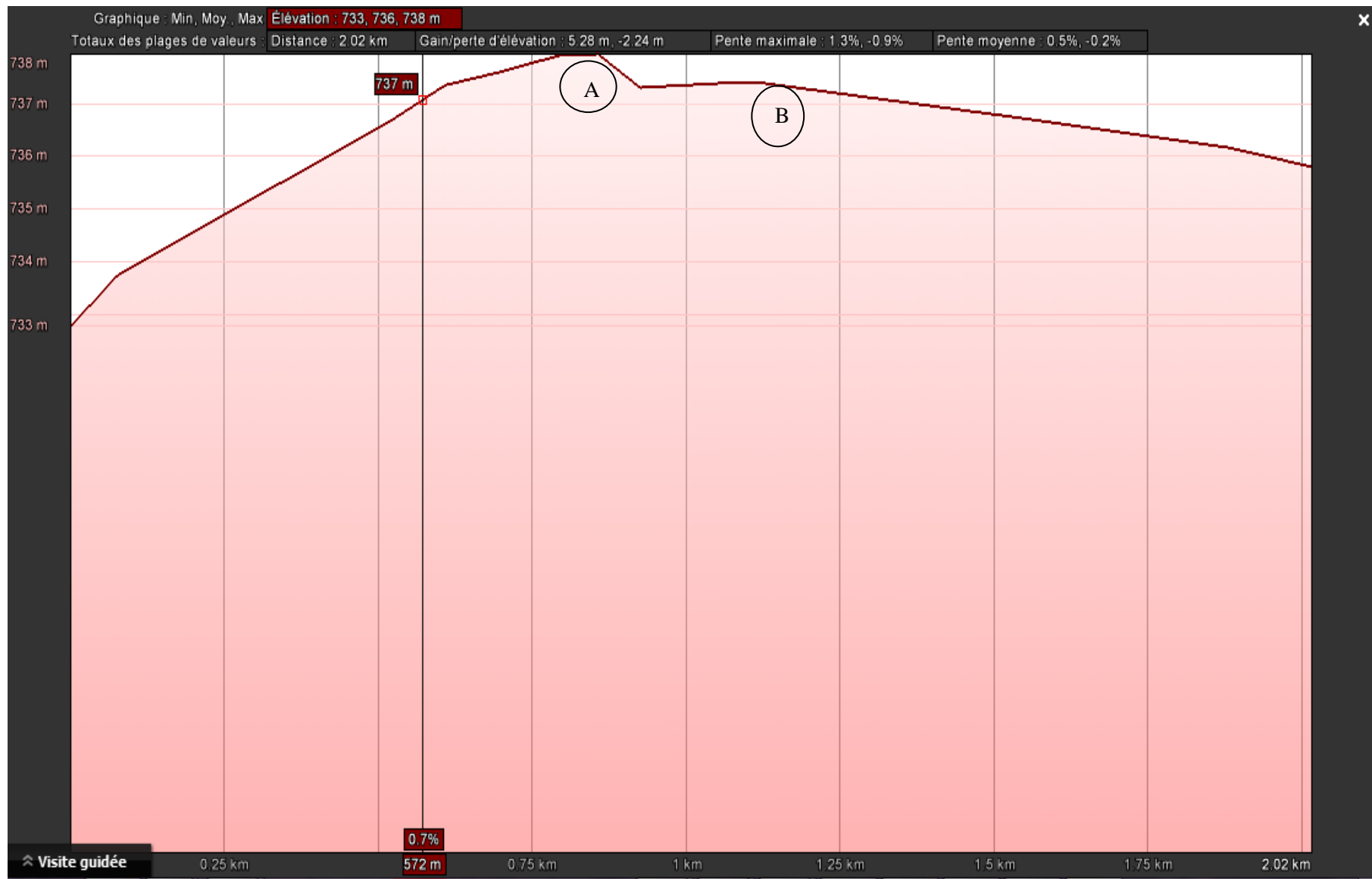
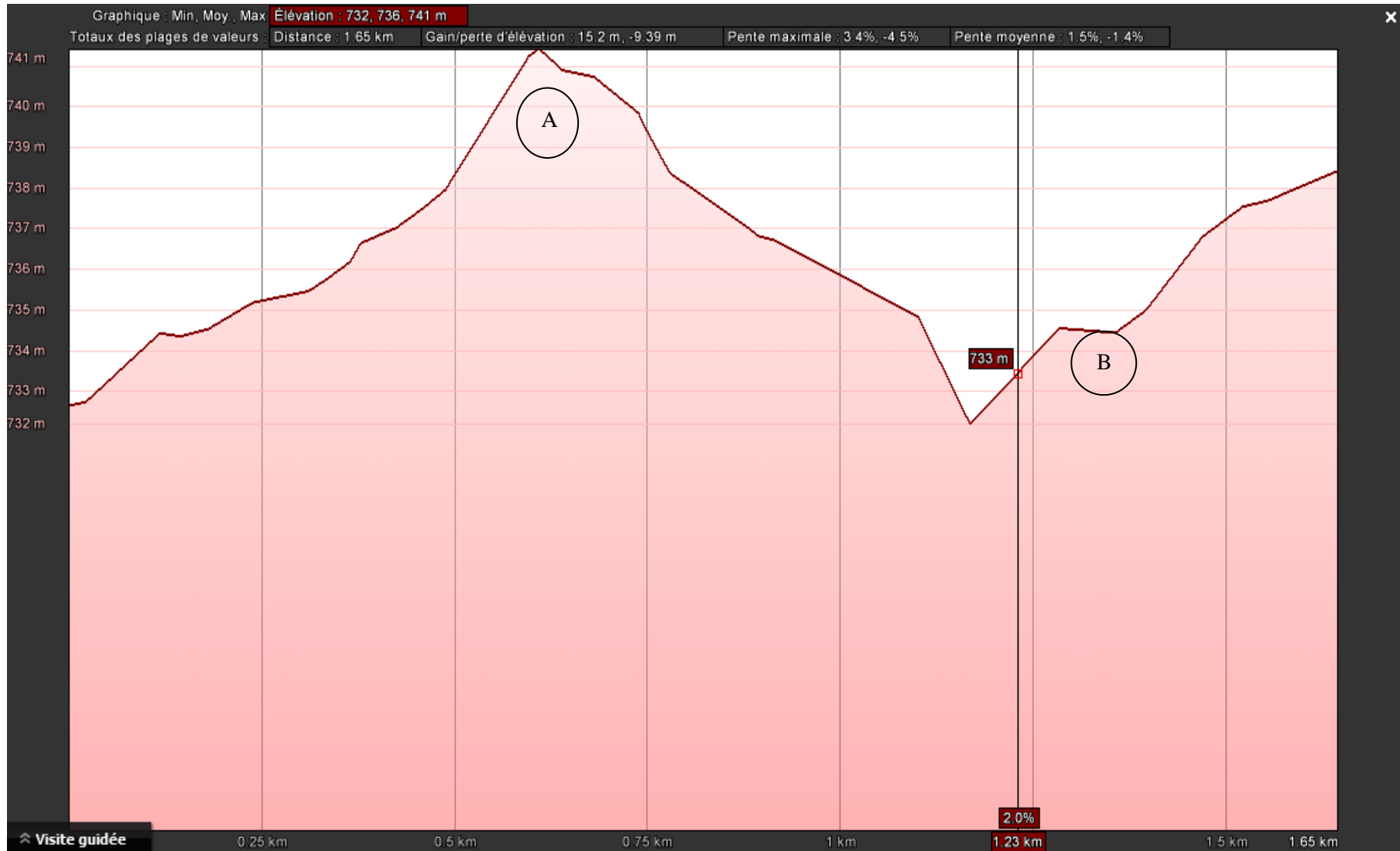


Figure IV. 29: profil topographique de la conduite reliant HRH 160 à la SP 127



*Figure IV. 30 : profil topographique de la conduite reliant HRH 139 à la SP 127*

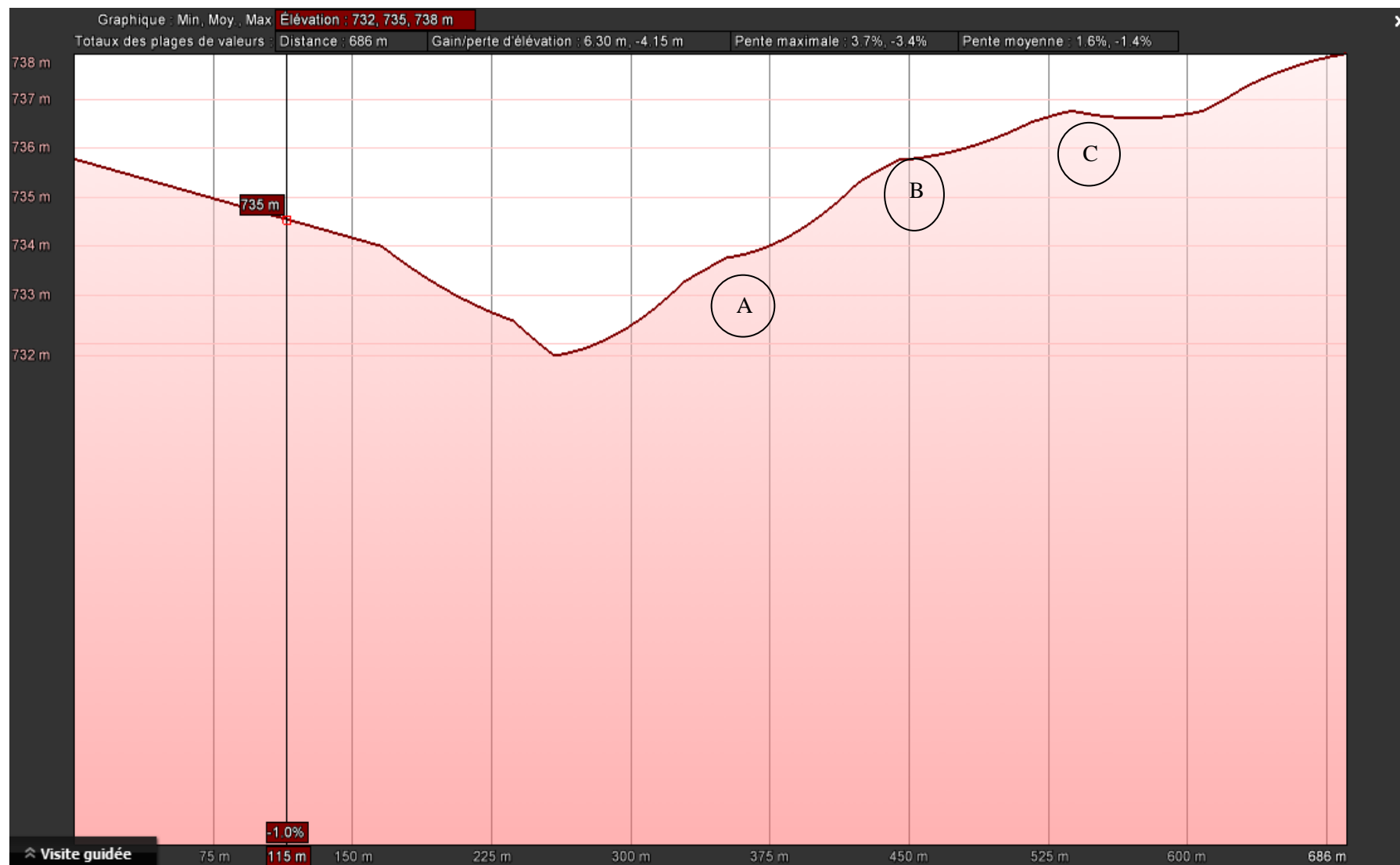
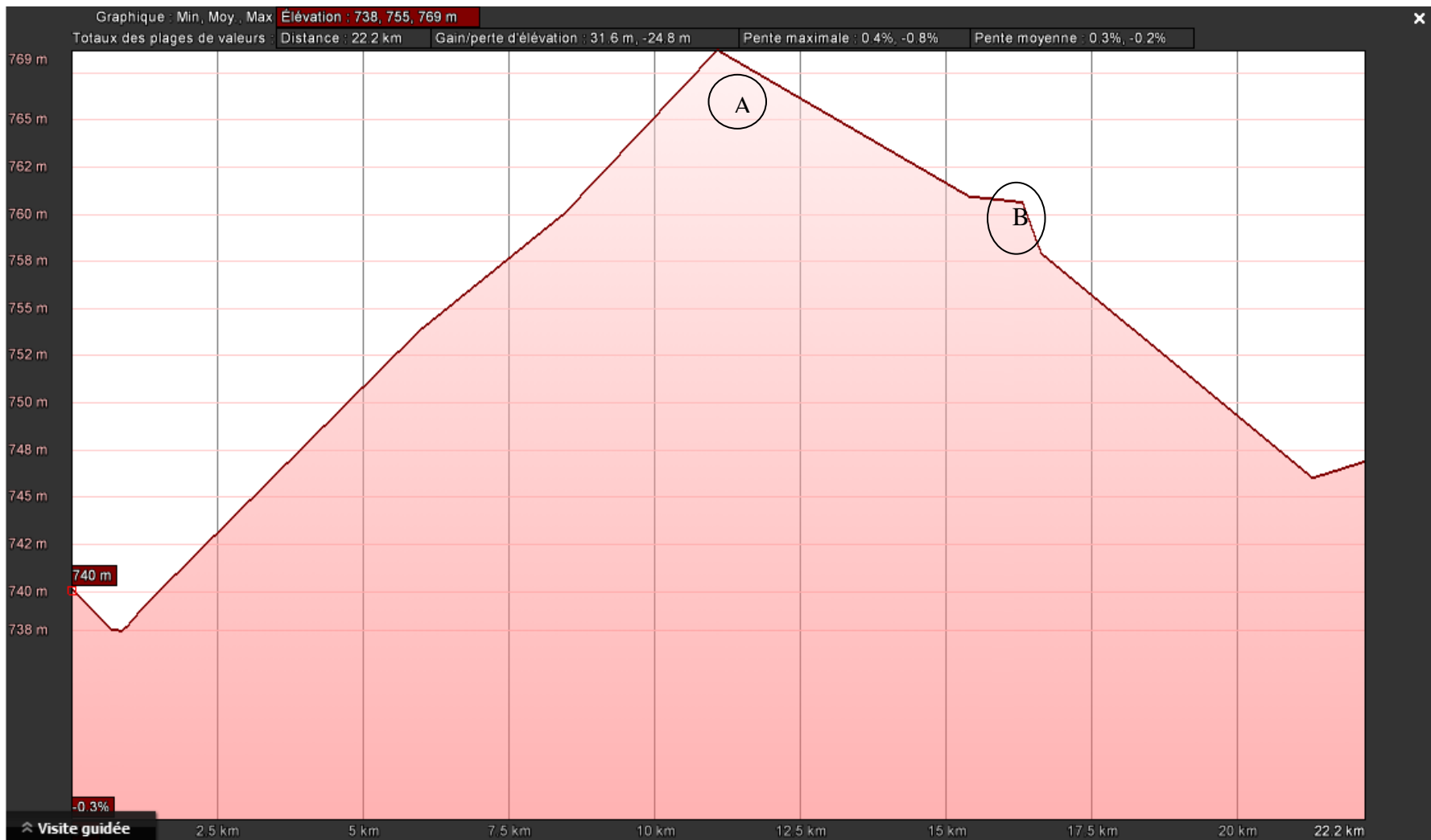


Figure IV. 31 : Profil topographique de la conduite reliant HRH 161 à la SP 127



*Figure IV. 32 : profil topographique de la conduite reliant la sp127 à la sp 106*