

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Etude de la réhabilitation de la station de pompage de
Tafourah (w. Alger) .

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0012-13

APA Citation (APA توثيق):

Amrani, Fatma (2013). Etude de la réhabilitation de la station de pompage de
Tafourah (w. Alger)[Mem Ing, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics.

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE-ARBAOUI Abdallah -

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Conception Des Systèmes d'Alimentation en Eau Potable

THEME :

**ETUDE DE LA REHABILITATION DE LA STATION DE POMPAGE
DE TAFOURAH
(W D'ALGER)**

Présenté par :

M^{elle} AMRANI FATMA

DEVANT LES MEMBRES DU JURY:

Nom et prénom	Grade	Qualité
M^r O.KHODJET-KESBA.	M C.A	Président
M^r Y.DERNOUNI	M A.A	Examineur
M^{me} L.TAFAT	M A.A	Examinatrice
M^r R.KERID	M A B	Examineur
M^r M.BELALI	M A.B	Examineur
M^{me} O.MOKRANE	M A.A	Promotrice

Septembre 2013

Remerciements

En premier lieu je remercie dieu de m'avoir permis d'arriver à ce jour que j'ai tant attendu.

Mes remerciement et ma reconnaissance vont a Mme MOKRANE qui ma encadrée, guidée et beaucoup aidée pour élaborer ce mémoire

Nos vifs remerciements iront aussi aux membres de jury qui nous ferons l'honneur de juger et d'enrichir ce travail par leurs propositions.

Que l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation et le personnel de l'ENSH veuillent trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Il est particulièrement agréable de témoigner ma reconnaissance à toute l'équipe de la SEAAL, de leurs aides et particulièrement Mr LAHRECHE, Mr AREZKI LAARBI et Mr ZATOUT.

Mon dernier remerciement, mais non le moindre s'adressent à toutes mes amis (es) de m'avoir encouragé et d'avoir crue en moi et toutes les personnes qui ont participées de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Grands mercis à vous tous.

AMRANI FATMA

DEDICACES

A mes chers parents

A mes chères sœurs et frères

A toute ma famille

Aux amis (es) qui se reconnaîtront

A tout le personnel de L'ENSH

A ceux qui me sont chers

ملخص

يهدف هذا المشروع إلى دراسة إعادة تهيئة محطة الضخ بتافورة الواقعة بالجزائر العاصمة لغرض تلبية حاجيات السكان من المياه و رفع مردودية إنتاجها .

لأجل ذلك خصصنا الجزء الأول لتشخيص حالتها مما يسمح لنا بكشف مختلف المشاكل التي تعترض المحطة المذكورة ثم ذكرنا في الجزء الثاني طرق وأساليب إعادة تهيئة كل ما هو متلف. أما في الجزء الثالث فقد قيمنا تكاليف الاشغال .وأخيرا تطرقنا إلى تأثير المحطة على البيئة وصحة وأمن العمل داخل المنشأة .

Résumé

Le but de ce projet, est l'étude de la réhabilitation de la station de pompage de TAFOURAH (w. Alger), pour améliorer son rendement de production et satisfaire la demande en eau.

Et pour ce faire, nous avons consacré la première partie au diagnostic, qui nous permettra de détecter les différents problèmes de la station en question, En suite dans la deuxième partie nous citons les modes et les méthodes de réhabilitation de tout ce qui est détérioré. Et dans la troisième partie nous estimerons les coûts de ces travaux. Enfin ; dans la dernière partie , nous nous intéressons à l'impact de la station sur l'environnement et l'hygiène et la sécurité de travail à l'intérieur de cet ouvrage.

Abstract

The aim of this project, is to study the rehabilitation of the pumping station of Tafourah (Alger), in Order to satisfy water demands and ameliorate its performances. After the presentation and diagnosis of the pumping station, we quote the modes and the methods of rehabilitation of all what is deteriorated, then we estimate the costs of this work .In the end, we consider the impact of the station on environment and safety of work.

sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Introduction	2
I-1 Présentation de la zone d'étude	2
I.1.1 Situation géographique	2
I.1.2 Climat et pluviométrie	3
I.1.3 Géomorphologie	5
I.1.4 Géologie	5
I.1.5 Les principaux aquifères	5
I.1.6 Séismes	6
I.1.7 Inondation	6
I-2 Présentation de la chaîne TAFOURAH (SPIK – TAFOURAH – TELEMLY)	7
I-3 Les sources d'eau	8
I-4 Qualité de l'eau refoulée par la station de pompage de Tafourah	8
I.4.1 Le traitement classique	9
I.4.2 Equilibre de l'eau	10
I.4.3 Qualité de l'eau traitée	12
Conclusion	13

Chapitre II : Evaluation du débit de refoulement

Introduction	14
II.1 Données collectées sur les besoins en eau	14
II.1.1 Etage Telemly	14
II.1.2 Etage Sahel nouveau	14
II.1.3 Etage Sahel et Oued koriche	15
II.1.4 Etage de Bordj Boulila (fort l'Empereur)	15
II.2 Variations de la consommation journalière	16
II.2.1 Consommation maximale journalière	16
II.2.2 Consommation minimale journalière	16
II.3 Variation de la consommation horaire	16
II.3.1 Consommation maximale horaire	17
II.3.2 Consommation minimale horaire	17
II.3.3 Débit moyen horaire	18
Chapitre XI II.4 Evaluation de la consommation horaire en fonction du nombre d'habitant	18

II.5	Calcul du débit d'équipement de la station de pompage	21
II.6	Calcul du débit forcé.	21
	Conclusion	22

Chapitre III : Etat actuel de la station de pompage de TAFOURAH

	Introduction.	23
III.1	Description générale de la station	23
III.2	La salle des machines	23
III.3	Equipements hydromécanique de la station de pompage	23
	III.3.1 Les pompes	24
	III.3.2 Les moteurs.	25
	III.3.3 Dispositif de levage.	26
	III.3.4 Système de ventilation	27
	III.3.5 Système de protection contre l'incendie.	28
III.4	Les équipements hydrauliques.	28
	III.4.1 Equipements en amont (Aspiration)	28
	III.4.2 Equipements en aval (Refoulement)	31
III.5	Equipements électriques	34
	III.5.1 Poste d'alimentation électrique « Appareillage 10kV »	35
	III.5.2 Poste de transformation.	35
	III.5.3 Poste de distribution « APPAREILLAGE5.5 KV »	36
	III.5.4 Salle de commande	38
	III.5.5 Câblage	40
	III.5.6 Eclairage.	40
	III.5.7 Chauffage.	40
	III.5.8. Télétransmission.	41
	III.5.9 Téléontrole	41
	III.5.10 Automaticité	41
	III.5.11 Appareils téléphoniques	41
	III.5.12 Parafoudre	41
	III.5.13 Matériel de sécurité	42
III.6	Appareils de contrôle hydraulique.	42
	III.6.1 Des manomètres à aiguille.	42
	III.6.2 Débitmètre.	44
III.7	Grilles de passage des deux collecteurs	44
III.8	Salle de chloration.	45
III.9	Etat actuel de bâtiment de la station de pompage de TAFOURAH	45
	III.9.1 Conditions d'implantation d'une station de pompage	45
	III.9.2 Génie- civil du site	46

III.10 Etude de cavitation.	48
III.10.1 Les conséquences de la cavitation.	49
III.10.2 Calcul des pertes de charge.	50
III.11 Détermination du point de fonctionnement de la pompe.	52
III.11.1 Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement	55
III-12- Problèmes à l’aval de la station de pompage	57
III.12.1 Conduite de refoulement	57
Conclusion.	59

Chapitre IV : Protection contre le coup de bélier

Introduction.	60
IV.1 Définition.	60
IV.2 Interprétation physique du coup de bélier	60
IV.3 Dispositif anti-bélier	61
IV.3.1 Volant d’inertie	61
IV.3.2 Chambres ou cheminées d’équilibre	61
IV.3.3 Réservoir à air comprimé	61
IV.3.4 Soupapes atténuateurs de choc	61
IV.4 Protection de conduites de refoulement contre le coup de bélier	62
IV.4.1 Calcul de la célérité d’onde	62
IV.4.2 Détermination de la valeur de surpression et de dépression	62
IV.4.3 Calcul du volume du réservoir d’air	63
IV.5 Simulation numérique de coup de bélier	64
IV.5.1 Préambule	65
IV.5.2 Etablissement des conditions en régime permanent	65
IV.5.3 Calcul en régime transitoire.	72
IV.5.4 Conclusion des simulations.	81
Conclusion	81

Chapitre V : Recommandations pour la station de pompage

Introduction	82
V.1 Problématique.	82
V.2 Types de réhabilitation	83
V.2.1 Réhabilitation fonctionnelle	83
V.3.2 Réhabilitation architecturale	85
V.3.3 Réhabilitation structurale	86
V.3 Résolution des problèmes de l’adduction	88
V.4 Protection des conduites contre la corrosion	88
V.4.1 Protection intérieure	89
V.4.2 Protection extérieure	89
V.4.3 Protection cathodique	89
Conclusion	91

Chapitre VI : Etude de devis estimatif du projet

Introduction	92
VI.1 Fourniture et pose d'équipements hydromécaniques	92
VI.2 Fourniture et disposition des équipements électriques	93
VI.3 Coût de réhabilitation de bâtiment de la station de pompage	93
VI.3.1 Coût de réhabilitation intérieure de la station de pompage	93
VI.3.2 Réhabilitation extérieure de bâtiment	95
VI.4 Coût total de réalisation de projet de réhabilitation	96
Conclusion	97

Chapitre VII : Impact de la station de pompage sur l'environnement et sécurité de travail

Introduction.	98
VII.1 Bruit et vibration	98
VII.1.1 Définition du bruit	98
VII.1.2 Origines de bruit	98
VII.1.3 Lutte contre les bruits aériens	99
VII.2 Hygiène et sécurité dans la station de pompage	99
VII.2.1 Les risques à considérer lors de la conception des ouvrages	100
VII.2.2 Les risques provenant des matériels et des machines	100
VII.2.3 Les travaux dans les stations de pompes	102
Conclusion	103
Conclusion générale	104

Bibliographie.

Les annexes.

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Tableau I.1 : Variations mensuelle des températures (1990-2000)	4
Tableau I.2 : Précipitations moyennes mensuelles (1990-2000).	4
Tableau I.3 : Précipitations moyennes annuelles (1990-2000)	4
Tableau I.4 : Qualité de l'eau véhiculée par le SPIK.	13

Chapitre II : Evaluation du débit de refoulement

Tableau II.1 : Tableau récapitulatif des débits journaliers.	16
Tableau II.2 : Variation du coefficient β_{\max} en fonction du nombre d'habitant	17
Tableau II.3 : Variation du coefficient β_{\min} en fonction du nombre d'habitant	17
Tableau II.4 : Consommations moyenne, maximale et minimale horaire.	18
Tableau II.5 : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants	19
Tableau II.6 : Variation du débit horaire	20

Chapitre III : Etat actuel de la station de pompage de Tafourah.

Tableau III.1 : Vitesses admissibles d'aspiration.	29
Tableau III.2 : Résultats de calcul de pertes de charge linéaires occasionnée dans chaque tronçon	51
Tableau III.3 : Résultats des mesures faites in situ	52
Tableau III.4 : Résultats de la courbe caractéristique de la conduite.	54

Chapitre IV : Protection contre le coup de bélier

Tableau IV.1 : Les différents débits véhiculés dans chaque tronçon.	66
Tableau IV.2 : Caractéristiques de différent tronçon du SPIK	67

Chapitre VI : Etude de devis estimatif

Tableau VI.1: Bordereaux estimatif de fourniture et pose des équipements hydromécanique.	92
Tableau VI.2: Bordereaux estimatif de fourniture et pose des équipements électriques.	93
Tableau VI.3: Devis estimatif de réhabilitation intérieure du bâtiment.	94
Tableau VI.4: Devis estimatif de coût de réhabilitation extérieure du bâtiment.	96
Tableau VI.5: Coût total de la réhabilitation de la station de pompage.	96

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Figure I.1 : Délimitation de la zone d'étude.	3
Figure I.1 : Carte de zonage sismique du territoire algerien	6
Figure I.3 : Illustration de l'antenne Tafourah.	7
Figure I.4 : Eau de robinet rouge	9
Figure I.5 : Canalisation bouchée avec incrustation calcaire	11
Figure I.6 : Conduite détériorée à cause d'une eau agressive.	11

Chapitre II : Evaluation du débit de refoulement

Figure II.1 : Diagramme de la consommation horaire total.	21
---	----

Chapitre III : Etat actuel de la station de pompage de TAFOURAH

Figure III .1 : Salle des machines de la station de pompage de TAFOURAH	24
Figure III .2 : Pompe axiale	24
Figure III .3 : Moteur électrique de marque Rade koncar.	25
Figure III .4 : Pont roulant existant dans la station de pompage de Tafourah	27
Figure III .5 : Système de ventilation dans la station de pompage de Tafourah	28
Figure III .6 : Clapet anti –choc	29
Figure III .7 : Soupape de décharge.	29
Figure III .8 : Aspiration individuelle : coude, vanne, joint de démontage, convergent.	31
Figure III .9 : Divergent de la conduite de refoulement.	32
Figure III.10 : Vanne de sectionnement	32
Figure III.11 : Ventouse existante sur le refoulement	33
Figure III.12 : Joint de démontage.	34
Figure III.13 : Clapet anti retour de refoulement	34
Figure III.14 : Transformateur principale	36
Figure III.15 : Armoire de commutation	36
Figure III.16 : Armoire des redresseurs	37
Figure III.17 : Armoire des accumulateurs	38
Figure III.18 : Pupitre de commande	39
Figure III.19 : Armoire de protection thermique	39
Figure III.20 : Eclairage existant dans la station de pompage de Tafourah.	40
Figure III.21 : Système de parafoudre existant dans la station de Tafourah	42
Figure III.22 : Manomètre de refoulement collectif	43
Figure III.23 : Manomètre d'aspiration collective	43
Figure III.24 : Manomètre d'aspiration individuelle	43

Figure III.25 : Manomètre électronique de refoulement	44
Figure III.26 : Débitmètre a ultra-son de refoulement	44
Figure III.27 : Grilles de passage des deux collecteurs.	45
Figure III.28 : Salle de chloration détériorée.	45
Figure III.29 : Extérieur de bâtiment de la station de pompage	47
Figure III.30 : Système d'évacuation des toitures détérioré.	48
Figure III.31 : Porte d'axée a la salle des machines détériorée.	48
Figure III.32 : Schéma représentatif de réseau d'adduction	51
Figure III.33 : Courbes caractéristiques des pompes	53
Figure III.34 : Courbes de point de fonctionnement de la pompe	55

Chapitre IV : Protection contre le coup de bélier

Figure IV.1 : Carte de pression aux nœuds.	69
Figure IV.2 : Charge aux nœuds le long du profil (Boudouaou/station/Télemly).	70
Figure IV.3 : Charge aux nœuds le long du profil (station de pompage)	71
Figure IV.4 : Vue schématique du modèle construit sous cebelmail	73
Figure IV.5 :Lignes piézométriques maximum et minimum entre la station de TAFOURAH et le réservoir TELEMLY (CEBELMAIL).	74
Figure IV.6 : Lignes piézométriques maximum et minimum entre le réservoir de BOUDOUAOU et le réservoir Telemly (CEBELMAIL).	75
Figure IV.7 : Evolution des pression en amont et en aval des groupes de pompage (CEBELMAIL).	76
Figure IV.8 : Ligne piézométrique maximum et minimum entre la station et le réservoir TELEMLY (CEBELMAIL).	77
Figure IV.9 : Lignes piézométriques maximum et minimum entre le réservoir de BOUDOUAOU et le réservoir Telemly (CEBELMAIL)	78
Figure IV.10 :Evolution des Pression en amont et en aval des groupes de pompage (CEBELMAIL).	79
Figure IV.11 : Evolution des debit dans la pompe et le by pass (Clapet)	80

Liste des planches

Planche I : Schéma du réseau d'adduction en eau potable de la wilaya d'Alger à partir de la station de traitement de BOUDOUAOU.

Planche II : Etages de distribution alimentés par la station de pompage de TAFOURAH (w d'Alger).

Planche III : Plan d'ensembles et différentes coupes de la station de pompage de Tafourah (W d'Alger).

Planche IV : Vue en plan de la station de pompage de TAFOURAH (W. d'Alger).

Planche V : Les accessoires existants dans une adduction .

Liste des principaux symboles

Symboles	Signification	Unité
T	Température.	°C
P	Précipitation.	mm
DN	Diamètre nominale.	mm
AC	Amiante ciment.	
CTN	Cote terrain naturel.	
CAP	Charbon actif en poudre.	
CAG	Charbon actif en granule.	
SPIK	Système de production Isser-Keddara.	
D_a	Diamètre de la conduite d'aspiration.	mm
D_r	Diamètre de la conduite de refoulement.	mm
V	Volume du réservoir.	m^3
CR	Cote radier du réservoir.	m
CTP	Cote trop plein.	m
HMT	Hauteur manométrique total de la pompe.	mce
Q	Débit.	m^3/h
BPAT	Béton précontraint âme en tôle.	
$Q_{max,j}$	Consommation maximum journalière.	m^3/j
$Q_{min,j}$	Consommation minimale journalière.	m^3/j
$Q_{moy,j}$	Consommation moyenne journalière.	m^3/j
$Q_{moy,h}$	Consommation moyenne horaire.	m^3/h
$K_{max,j}$	Coefficient d'irrégularité journalière maximale.	
$K_{min,j}$	Coefficient d'irrégularité journalière minimale.	
$K_{max,h}$	Coefficient maximum horaire.	
$K_{min,h}$	Coefficient minimum horaire.	
$\alpha_{max}, \alpha_{min}$	Coefficient tenant compte du régime de travail des entreprises et des industries.	
β_{max}, β_{min}	Coefficient lié a l'accroissement de la population.	
t	Temps.	Heures
Q_{eq}	Débit d'équipement.	m^3/h
Q_f	Débit forcé.	m^3/h
α	Augmentation de débit à cause de fuites.	
Q	Débit.	m^3/h
H	Hauteur d'élévation.	m
PN	Pression nominal.	Bars(m)
Pr	Pression.	Bars
Pabs	Puissance absorbée.	KW
Pn	Puissance nominale.	KVAR

Symboles	Signification	Unité
I	Intensité électrique.	Am
Un	Tension nominal.	KV
N	Vitesse de rotation.	tr /min
L _d	Longueur de divergent.	m
v _{as}	Vitesse d'aspiration.	m/s
dr	Diamètre de la tubulure de refoulement.	mm
MT	Moyenne tension.	
BT	Basse tension.	
EPI	Éléments de protection individuelle.	
EPC	Éléments de protection collective.	
L _{ref}	Longueur de la conduite de refoulement.	m
L _{asp}	Longueur de la conduite d'aspiration.	m
(NPSH) _d	Charge nette disponible en amont des pompes.	m
(NPSH) _r	Charge nette minimale requise.	m
$\frac{P_v}{\rho}$	La tension de vapeur.	m
$\frac{P_{atm}}{\rho}$	La hauteur de pression atmosphérique.	m
h_{adm}^{asp}	Hauteur d'aspiration admissible.	m
$\sum h_{asp}^{totale}$	Les pertes de charge totale à l'aspiration.	m
ΔH_l	Les pertes de charge linéaire.	m
ΔH_t	Les pertes de charge totale.	m
λ	Coefficient de frottement linéaire.	
ν	Viscosité cinématique de fluide.	m ² /s
Re	Nombre de REYNOLDS.	
ε	La rugosité de la conduite.	mm
g	Accélération de la pesanteur.	m ² /s
H _c	Hauteur de la conduite.	m
H _g	Hauteur géométrique de la conduite.	m
$\eta_{ap, van}^{inst}$	Rendement de l'installation après le vannage.	%
$\eta_{av, van}^{inst}$	Rendement de l'installation avant le vannage.	%
H _{app}	Hauteur manométrique totale appelé.	m
H' _c	Hauteur correspondant à la projection du débit appelé sur la courbe caractéristique de la pompe (H-Q) _R .	m
h _v	Différence entre la hauteur H' _c et la hauteur appelée.	m
Q _{app}	Débit demandé ou débit appelé.	m ³ /h

Symboles	Signification	Unité
Q_{M1}	Débit correspondant au point d'intersection entre la courbe de la pompe et la droite de rognage.	m^3/h
d	Diamètre extérieur de la roue après le rognage.	mm
D	Diamètre extérieur de la roue avant le rognage.	mm
R	Rendement.	%
m	Coefficient de rognage.	
t'	Nouveau temps de fonctionnement de la station de pompage par jour.	h
Q_{pf}	Débit de point de fonctionnement.	m^3/h
v_{ref}	Vitesse de refoulement.	m/s
C	Célérité d'onde.	m/s
K	Coefficient d'élasticité de l'eau.	Pascal
ρ	Masse volumique de l'eau	Kg/m^3
E_m	Module de Young du matériau de la conduite.	Pascal
E_s	Module de Young du sol.	Pascal
ν_m	Coefficient de poisson du matériau.	
ν_s	Coefficient de poisson du sol entourant la conduite.	
e_m	Epaisseur de la conduite.	m
a	Rayon intérieur de la conduite.	m
H_s	Surpression maximale dans la conduite.	m
H_d	Dépression maximale dans la conduite.	m
Z	La charge tenant compte du coup de bélier.	m
Z_0	La charge statique absolue.	m
Z_{max}	La charge maximale absolue.	m
S	Section de la conduite .	m^2
U max	Volume du réservoir d'air.	m^3
BDLT	Base de données de SEAAL.	
API	Automate programmable industriel.	
HT	Prix hors taxes.	

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Sachant que l'hydraulique constitue le préalable à tout développement économique, La loi de finance réserve chaque année une des plus importantes enveloppes à ce secteur, les projets prévus ont pour objectif de réhabiliter les infrastructures existantes ou de proposer de nouvelles infrastructures de distribution des eaux de surface ou souterraines afin de satisfaire les besoins en eau domestique et agricole.

L'objectif de la présente étude, entre dans le cadre de la réhabilitation de la station de pompage de TAFOURAH, qui joue un rôle important dans l'alimentation de la région d'Alger centre.

L'étude comporte cinq parties définies comme suit :

- La première est constituée du premier chapitre comportant la présentation de la zone d'étude et le schéma de la chaîne de distribution.
- La deuxième partie permet de donner un rapport général sur l'état actuel de la station de pompage. Elle englobe les trois chapitres suivants:
 - 1- L'évaluation de débit de refoulement où on vérifie si la demande en eau du réservoir de BENZINE est satisfaite.
 - 2- L'état actuel de la station de pompage de TAFOURAH, comportant le diagnostic détaillé des différents constituants de ce bâtiment.
 - 3- Protection des conduites contre le coup de bélier dont nous étudierons les causes qui peuvent créer ce phénomène dans les conduites, les différents dispositifs de protection afin d'éviter les dégâts qui peuvent survenir dans le réseau.
- La troisième partie sera consacrée pour les différentes recommandations nécessaires pour la réhabilitation de la station de pompage du point de vue structurale, architecturale et fonctionnelle.
- La quatrième partie comporte l'estimation du devis de réhabilitation de la station de pompage.
- La dernière partie consiste à étudier l'impact de cet ouvrage sur l'environnement surtout l'être - humain, ainsi que sur l'hygiène et la sécurité de travail dans une station de pompage qui doivent être les premières préoccupations dans l'exploitation.

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE

Introduction

L'étude d'un sujet qui traite une station de pompage, que se soit conception ou réhabilitation nécessite la connaissance du site d'étude à différents points de vue.

I.1.Présentation de la zone d'étude

Alger, capitale du pays, centre de l'ensemble des activités, siège des institutions politiques (ministères, ambassades, administrations), connaît la complexité des problèmes d'urbanisme, d'habitat, de transport public, d'alimentation en eau, de voirie et de circulation, exigeant des mesures exceptionnelles et urgentes à même de la hisser au rang de métropole rayonnant sur la Méditerranée.

Au lendemain de l'indépendance, elle faisait figure d'une ville de type colonial et ne disposait pas d'infrastructures indispensables au fonctionnement d'une capitale. Alger grandit dans un espace difficile dû aux caractéristiques du site.

Outre les implantations industrielles, universitaires et sportives, de nombreuses zones d'urbanisation s'érigent autour de la ville.

Par ailleurs, la population a quadruplé depuis l'indépendance d'un demi-million d'habitants en 1962, elle passe de 960 000 en 1966 à 2 700449 en 2002. Son économie est basée sur l'activité industrielle qui est orientée vers le raffinage du pétrole, la métallurgie, le bâtiment, l'automobile, l'agroalimentaire, et l'imprimerie. Son port, le premier du pays, contribue à faire de la Wilaya un centre exportateur, notamment de produits agricoles. C'est aussi un important nœud routier et ferroviaire, desservi par un aéroport international.

I.1.1.Situation géographique

Notre zone d'étude se situe sur le bassin versant de la zone centre d'Alger, Elle est limitée par :

- ↳ La mer méditerranée au Nord sur une longueur de 21 km de côte,
- ↳ La Wilaya de Blida au Sud,
- ↳ La Wilaya de Tipaza à l'Ouest,
- ↳ La Commune d'El Harrach à l'Est.

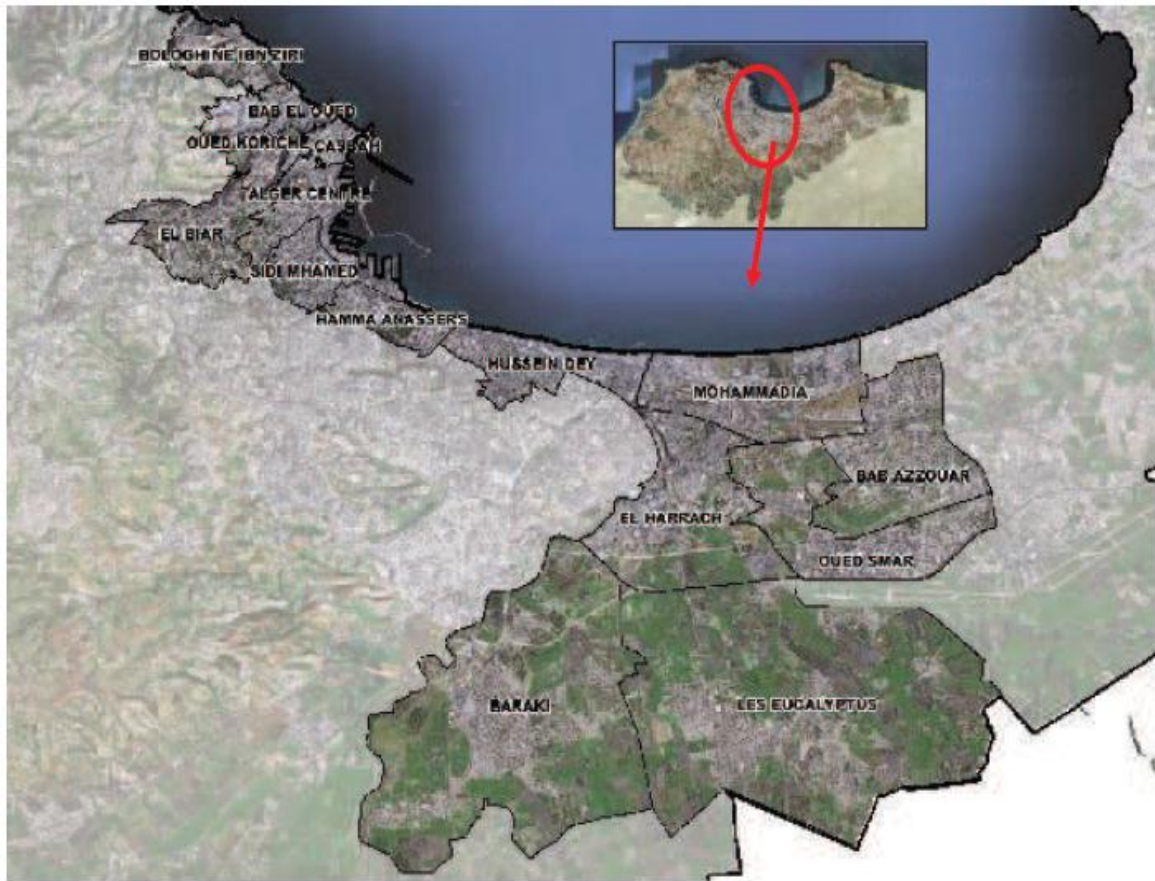


Figure I.1 : Délimitation de la zone d'étude

source (SEAAL)

I.1.2.Climat et pluviométrie

La région d'Alger est régie par un climat méditerranéen modéré caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et chaude et d'une saison humide, pluvieuse et relativement froide. La température dépasse rarement les 40°C et ne descend presque jamais au dessous de 0°C. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 700mm.

Les deux contraintes climatiques sont constituées par les vents d'Ouest dominants qui nécessitent des brise-vent, et la grêle qui se manifeste en moyenne 12 jours/an sur le Sahel. Il est à noter le sirocco qui peut durer jusqu'à 20 jours par an en moyenne.

Une synthèse des paramètres climatiques, à savoir la température (T°C) et les précipitations (P mm), s'avère nécessaire pour compléter les informations caractérisant le site étudié.

I.1.2.1 La température

L'analyse de la moyenne mensuelle des valeurs maximales, minimales et moyennes du tableau I-1 appelle les remarques suivantes:

- La température moyenne est de l'ordre de 18 °c ;
- La température minimale moyenne mensuelle est observée au mois de janvier avec un

niveau de 11°C ;

- La température maximale moyenne mensuelle est observée au mois d'Août avec un niveau de 27°C.

Tableau I.1 : Variations mensuelles des températures (1990-2000)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
T _{Min} (°C)	5,68	5,56	7,19	7,81	13,05	15,84	18,800	20,30	18,10	14,12	10,06	7,08
T _{Max} (°C)	16,82	17,70	19,43	21,04	23,6	27,88	31,24	32,83	28,83	25,56	20,90	19,00
T _{Moy} (°C)	11,00	12,00	13,00	15,00	18,50	20,00	25,00	27,00	23,50	20,00	15,50	13,00

Source O.N.M Station de Dar El-Beida

1.1.2.2 La pluviométrie

Le tableau de variations moyennes mensuelles des précipitations pour la période allant de 1990 à 2000, montre une moyenne annuelle de précipitation de l'ordre de 530 mm.

La valeur minimale est observée au mois de juillet avec un taux de 4,5 mm, et la valeur maximale est enregistrée au mois de décembre avec un niveau de 77 mm.

Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles sont illustrées respectivement dans les tableaux suivants :

Tableau I.2: Précipitations moyennes mensuelles (1990-2000)

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juill.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
P (mm)	75,0	66,0	48,6	68,0	40,0	9,0	4,5	8,9	25,0	52,0	56,0	77,0

O.N.M Station de Dar El-Beida

Tableau I.3: Précipitations moyennes annuelles (1990-2000)

Année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
P_{moy}	372,08	284,25	614,41	408,20	372,00	594,16	520,25	475,83	575,83	566,66	248,18

O.N.M Station de Dar El-Beida

1.1.2.3 Hydrologie

La variation des précipitations sur la région d'Alger a entraîné un régime hydrologique irrégulier. Durant l'été, les lits d'oued sont à sec, par contre, la période pluvieuse favorise un écoulement et un transport de sédiments.

I.1.3.Géomorphologie

Le relief de la zone d'étude se caractérise par (03) trois zones longitudinales :

I.1.3.1 Le massif

Orienté Est-Ouest, il s'étend sur une plate forme de 20Km de long et de 6 Km de large. Boisé et recoupé par un réseau de talwegs profonds, sa topographie est très accidentée et son sommet culmine à 407 m (Bouzaréah).

I.1.3.2 Le Sahel :

Il forme une structure anticlinale asymétrique orientée Est-Ouest. Il englobe tous les petits reliefs qui s'étendent entre le massif de Bouzaréah au Nord et les rives gauches de l'oued El-Harrach au Sud et au Sud-est.

I.1.3.3 Le littoral

Dominé par le Sahel, il est constitué par une ancienne terrasse étroite et faible (moins de 25m) et représente des pentes inférieures à 12% et une inclination généralement orientée vers le Nord.

I.1.4 Géologie

Le territoire repose essentiellement sur des roches schisteuses avec une présence de granite et de grés. Les sols sont saturés, souvent caillouteux, de profondeur variable. On note également la présence du tuf. Quand aux plaines littorales, elles sont constituées de sols sableux moins unifiés à l'Est (Bordj – El Kiffan) convenant aux cultures maraichères.

I.1.5 Les principaux aquifères

La région d'Alger centre contient les aquifères suivants :

I.1.5.1 Le complexe métamorphique

Il existe une présence d'eau dans le socle métamorphique, qui se manifeste sous forme de sources ou de nappes aquifères. Il s'agit d'une eau localisée dans les fissures, diaclases et fractures, et qui peut s'accumuler dans les zones d'altération superficielles plus ou moins épaisses.

Les niveaux d'eau sont mis en évidence grâce à l'investigation des puits paysans existant aux environs de la Casbah et Rais Hamidou.

I.1.5.2 L'aquifère du Tertiaire

La mollasse astienne constitue le terrain aquifère le plus important de la région d'Alger, dont le mur est représenté par les marnes bleues du Plaisancier. Cet aquifère est caractérisé par :

- Les grandes surfaces d'affleurement et d'épaisseur.
- Une forte perméabilité.

I.1.6.Séismes

Alger est une zone sismique sensible, menacée par plusieurs failles (Khaïr al Dine, Zemmouri, Sahel, Chenoua, Blida, Thenia). Le dernier séisme important date du 3 février 1716, et a coûté la vie à 20 000 personnes. Cependant plusieurs quartiers ont été touchés par le séisme de Boumerdès en 2003 (faille Zemmouri).

I.1.6.1 .Classification des zones sismiques

Le territoire national est divisé en cinq (5) zones de sismicité croissante :

Zone 0 : Négligeable Zone

Zone I: Faible Zone

Zone IIa : Moyenne Zone

Zone IIb : Elevée Zone

Zone III: Très élevée

Alger est classée selon la carte géographique suivante, dans la catégorie III , C'est une zone de forte sismicité.

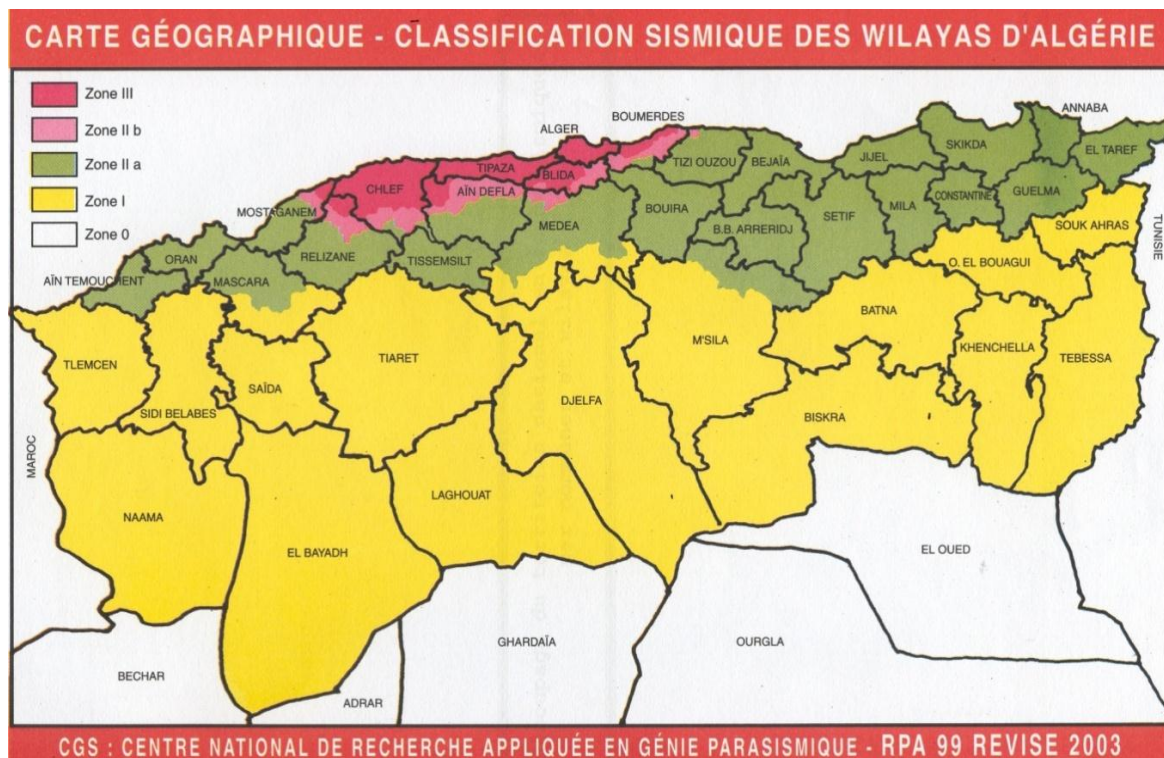


Figure I.2: Carte de zonage sismique du territoire algérien

Source DRE d'Alger

I.1.7 Inondation :

D'après sa situation géographique, Alger est fortement soumise aux risques d'inondation, du par le ruissellement des eaux de pluie des hauteurs de la ville jusqu'aux quartiers situés en contrebas. Ce risque est accentué par plusieurs facteurs liés à une évolution urbaine prenant peu en compte les risques. Plusieurs édifices sont construits sur des lits d'oued, comme au Val d'Hydra.

I.2. Présentation de la chaîne TAFOURAH (SPIK – TAFOURAH – TELEMLY) :

Le secteur « chaîne TAFOURAH » tire son nom de la station de pompage de TAFOURAH. Cette chaîne traverse la wilaya d'Alger du nord au sud, elle est traversé par : Oued El Harrach, et Oued El Hamiz et Il est délimité

- Au Nord par la mer méditerranée,
- A l'Ouest par la chaîne centre (El Harrach),
- À l'Est par la boucle est,

Le secteur chaîne Tafourah est très urbanisé sur la partie Nord de la chaîne et moyennement urbanisé vers le sud.

A l'intérieur de son périmètre:

- Le port d'Alger,
- Les zones industrielles d'El Harrach et Oued Smar,
- La raffinerie de Sidi Rezine (Baraki).

Il est traversé par les axes routiers suivants :

- L'autoroute de Ben Aknoun, qui traverse le secteur chaîne Tafourah Au niveau d'El Harrach et Oued Smar,

- La RN 5, qui traverse les communes d'El Harrach et Bab Ezzouar.

Actuellement ce secteur est principalement alimenté par les eaux de surface du TAKSEBT et d'ISSER-KEDDARA par une conduite DN 1200 en acier piquée sur les deux conduites SPIK (Système de production ISSER –KEDDARA) DN1500 acier au PK21. Cette conduite remonte au nord jusqu'au quartier Telemly, dans le centre ville de la capitale. Elle est appelée « Antenne Tafourah », elle alimente le château d'eau Beaulieu au centre de la baie d'Alger et le complexe hydraulique Telemly (Benzine) dans le centre-ville (Voir planche1).

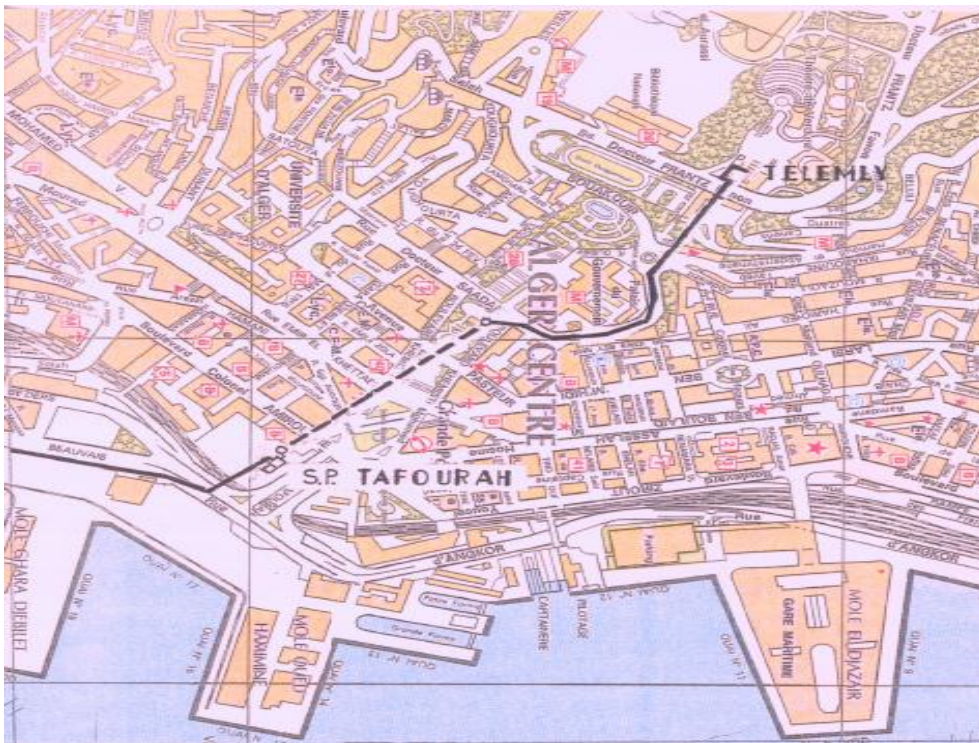


Figure I .3 : Illustration de l'antenne Tafourah

Source SEAAL

- Alimentation de Beaulieu

Le château d'eau Beaulieu a une capacité de stockage de 1 500 m³ à la cote trop-plein 73 m NGA. Il est alimenté par une conduite DN 800 AC (amiante ciment) piquée sur la conduite DN 1200 AC antenne Tafourah et équipée d'un surpresseur situé sur le même site.

- Alimentation de Telemly (Benzine)

Le complexe Telemly a une capacité de stockage totale de 12 000 m³ (2*2 500 m³ + 2*3 500 m³) à la cote trop-plein 88,48 m NGA.

Il est alimenté par la station de pompage de Tafourah (CTN 6 m NGA) à l'extrémité aval de l'antenne Tafourah.

I.3 Les sources d'eau

Les eaux refoulées par la station de pompage de TAFOURAH proviennent de barrage keddara de la wilaya de Boumerdes ;ce dernier alimente gravitairement la station de traitement de Boudouaou où elles subissent un traitement classique .Les eaux traitées sont stockées dans deux réservoirs de capacités 2*50000 m³ au niveau de la station de traitement.

Aussi, cette station stocke les eaux traitées de barrage de TAKSEBT de wilaya de Tizi- ouzou dans un réservoir de capacité 2*25000 m³.

Ces eaux traitées sont transférées vers la station de Tafourah et Garidi gravitairement par les deux conduites de diamètre 1500mm chacune ou se mélange les eaux des deux sources (KEDDARA et TAKSEBT).

I.4 Qualité de l'eau refoulée par la station de pompage de Tafourah

Les variations saisonnières des caractéristiques de l'eau et les difficultés engendrées par les produits secondaires issus de la chloration d'eaux trop riches en matière organiques constituent les inconvénients majeurs des eaux de surface .

L'eau brute a les caractéristiques suivantes :

- Forte ou faible minéralisation et peu chargée en matière organique
- Absence total des paramètres de pollution sur les eaux brutes du barrage de keddara durant toute l'année.
- Variation de la turbidité durant toute l'année à cause des basculements de la prise.
- Qualité bactériologique très acceptable.
- La concentration des algues bleu (cyanobactéries) est de plus en plus importante sur les eaux brutes surtout les échantillons prélevé en surface.
- Diminution brusque de la teneur en oxygène dissout après basculement vers la prise inferieur.
- Eau en contact avec l'air dont la concentration de CO₂ est proche du Niveau de dilution du CO₂ de l'atmosphère (~ 1 mg/l).
- Eau agressive ou incrustante.

Le traitement des eaux de surface est très important pour garantir l'équilibre calco-carboniques a la sortie de la station de traitement et assurer :

- Protection de la santé des consommateurs et la satisfaction du client au sujet de

Turbidité, Gout, Odeur, Dépôts /incrustations.

- Élimination des risques "d'eaux rouges" dans les robinets (par dissolution du fer ou du manganèse).
- Protection des installations de production et des réseaux de distribution.
- Considérer les changements de température et l'aération quand l'eau arrive chez les consommateurs.
- Maintenir le chlore résiduel dans les réseaux (la dégradation des ouvrages de distribution implique une consommation importante du désinfectant).
- Élimination du risque de dissolution des métaux toxiques, comme le plomb ou le cuivre.
- Protection contre l'incrustation qui provoque des augmentations de pertes de charge et des coûts supplémentaires d'énergie.



Figure I.4: Eau de robinet rouge.

Les paramètres à contrôler lors de traitement sont les suivants :

a / Paramètres principaux

Sont l'acidité, la dureté totale, alcalinité totale et le CO₂ dissous, Température.

b/ Paramètres secondaires

Sont les anions (SO₄²⁻ Cl⁻, ...) et les Cations (Mg²⁺, Na⁺, K⁺, ...) et la Conductivité.

I.4.1 Le traitement classique

Le traitement classique et complet d'une eau, s'effectue en plusieurs étapes dont certaines ne sont pas nécessaires aux eaux les plus propres.

Lorsque cette chaîne traditionnelle de traitement ne suffit pas, ce qui est de plus en plus souvent le cas compte tenu de la présence de quantités croissantes de certains polluants comme les nitrates et les pesticides, certains traitements spécifiques sont appliqués.

Le procédé d'adsorption sur charbon actif notamment, permet d'éliminer après un éventuel traitement d'oxydation, des polluants organiques dissous comme certains pesticides ou hydrocarbures. Le charbon actif est utilisé soit sous forme de poudre lors de la floculation, soit en grains dans d'épais lits de filtration.

Les étapes de traitement classique utilisé dans la station de traitement de BOUDOUAOU sont les suivantes :

I.4.1.1 La coagulation

C'est la déstabilisation de particules colloïdales et les matières en suspension par addition d'un réactif chimique appelé coagulant.

I.4.1.2 La Flocculation

C'est l'agglomération de particules déstabilisées en micro floc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle flocs. On peut ajouter un autre réactif appelé flocculant ou adjuvant de flocculation pour faciliter la formation de flocs.

I.4.1.4 Adsorption

L'adsorption est un processus où un solide est employé pour enlever une substance soluble de l'eau. Dans ce procès, le charbon actif est le solide. Produit spécifiquement pour couvrir une surface interne très grande (entre 500 et 1500 m²/g). Cette grande surface rend le charbon actif idéal pour l'adsorption. Il existe deux formes de charbons actifs: le charbon actif en poudre (CAP) et le charbon actif granulaire (GAC).

I.4.1.5 Elimination du fer et du manganèse

Le fer est présent dans l'eau sous trois formes : le fer ferreux Fe²⁺, le fer ferrique Fe³⁺ et le fer complexé à des matières organiques (acides humiques, fulviques, tanniques, ...) et minérales (silicates, phosphates, ...).

Le manganèse est présent, en quantité moindre que le fer, dans les roches. Son origine dans l'eau provient essentiellement de la dissolution des roches, et d'éventuels rejets industriels

I.4.1.6 Désinfection

Est une étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Elle permet d'éliminer tous les microorganismes pathogènes de l'eau. Il peut subsister dans l'eau quelques germes banals, car la désinfection n'est pas une stérilisation.

I.4.1.7 Correction de pH :

L'eau produite doit être ni agressive ni entartrante située dans la plage d'équilibre. Pour atteindre le pH d'équilibre il est préférable d'injecter du lait de chaux. En fin de traitement (étape avant distribution).

Pour le cas des eaux acheminées vers la station de Tafourah, la station de traitement de Boudouaou permet un traitement et un contrôle continu de ces eaux. (Voir annexe I)

I.4.2 Equilibre de l'eau [3]

Le comportement de l'eau dans les canalisations dépend du fait qu'elle soit en équilibre, lors de son parcours elle fera tout pour le retrouver.

Les eaux agressives ou corrosives attaquent la couche calcaire des tuyaux, celles qui sont entartrantes ou incrustantes provoquent le colmatage par dépôt calcaire.

Le calcaire ou carbonate de calcium est insoluble, alors que le dihydrogencarbonate de calcium est soluble, l'équilibre entre ces deux espèces est fonction de la teneur en CO_2 dans l'eau définie comme concentration en CO_2 équilibrant.

Deux cas peuvent se présenter si la concentration en CO_2 libre est supérieure à celle du CO_2 équilibrant dans ce sens la dissolution de calcaire prédomine en vertu de la loi de l'action de Masse, le CO_2 excédentaire attaque la couche calcaire présente dans les canalisations, l'eau est donc agressive. Dans le cas contraire le manque de dioxyde de carbone favorise le sens 2, une partie de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se dépose en calcaire et augmente la teneur en CO_2 libre, l'eau est incrustante.

Les traitements de neutralisation ou de minéralisation en sortie de filtre permettent d'éviter cet Inconvénient.

I.4.2.1 Effet d'une eau incrustante

L'eau incrustante se dépose sur la conduite et forme une couche de tartre ce qui augmente la vitesse d'écoulement et diminue le diamètre de la conduite et fait augmenter les pertes de charge



Figure I.5 : Canalisation bouchée avec incrustation calcaire

I.4.2.2 Effet d'une eau agressive

Une eau agressive est une eau riche en CO_2 qui attaque la conduite et cause sa perforation et la corrosion qui conduit à la contamination de l'eau.



Figure I.6 : Conduite détériorée à cause d'une eau agressive

I.4.3 Qualité de l'eau traitée :

Après traitement, l'eau aura les caractéristiques suivantes :

- Qualité de l'eau produite est conforme aux normes algériennes de potabilité
- Seuil de gout très variable à partir du mois d'août 2012 engendré par l'effet cyclique des algues au niveau du barrage.
- Taux d'aluminium moyen inférieur au niveau guide prévu par le laboratoire.
- Le PH de l'eau traitée est toujours agressif .La correction est plus que nécessaire si on veut éviter la dégradation du réseau de distribution :
 - Eaux de bonne qualité physico chimique et organoleptique ainsi que bactériologique.
 - Amélioration de l'indice de saturation (équilibre calco -carbonique) après retour à la coagulation sur filtres.
 - Une charge algale est observée au niveau de l'eau traitée de Taksebt vue l'absence de nettoyage du réservoir de la station de traitement.

Les caractéristiques et les différents constituants de l'eau traitée sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau. I-4: Qualité de l'eau véhiculée par le SPIK.

Paramètres	min	Max	moy	normes algériennes 6360	normes OMS
pH	7,56	7,98	7,75	≥6,5 et ≤ 9	≤ 8
Conductivité (μS/cm)	358,00	464,00	408,85	2800	-
Température (C)	8,80	21,80	15,57	25	-
Turbidité (NTU)	0,08	0,45	0,27	5	5
Couleur vraie (Hazen)	<5	<5	<5	15	15
MES à 105 °C (mg/l)	0,20	1,00	0,43	-	-
Résidu sec à 105 °C (mg/l)	148,00	268,00	195,38	1500	1000à 180°C
Fer (mg/l Fe)	<0,02	<0,02	<0,02	0,3	0.3
Manganèse (mg/l Mn)	<0,036	<0,036	<0,036	0,05	0.1
Ammonium (mg/l N)	<0,014	<0,014	<0,014	0,5	1.5
Aluminium (mg/l Al3+)	<0,02	0,06	0,04	0,2	0.2
Nitrites (mg/l N)	<0,017	<0,017	<0,017	0,2	3
Nitrates (mg/l N)	0,00	0,44	0,17	50	44
Phosphates (mg/l P)	<0,014	<0,014	<0,014	-	-
Oxygène dissous (mg/l O)	7,26	10,78	8,61	-	-
Sulfates (mg/l SO4)	31,00	40,00	35,45	400	250
Calcium (mg/l Ca)	35,20	52,80	46,32	200	75
Magnésium (mg/l Mg)	10,54	19,44	14,73	-	30 à 125
Chlorures (mg/l Cl)	24,81	41,12	32,40	500	250
Titre Alcalin complet (mg/l CaCO3)	108,00	146,00	127,30	500	-
Bicarbonates (mg/l)	131,76	178,12	156,32	-	-

Source : Station de traitement de Boudouaou.

Conclusion

Dans cette partie nous avons pris connaissance des différentes situations de la zone d'étude des points de vues géographique, climatique, stabilité et hydraulique, aussi nous avons pris en compte l'importance de la qualité de l'eau qui permet d'indiquer l'état des adductions.

CHAPITRE II
ÉVALUATION DU DÉBIT DE
REFOULEMENT

Introduction

Dans ce chapitre nous vérifions si le débit actuel refoulé par la station de pompage de Tafourah satisfait les besoins en eau de Télémly.

II.1 Données collectées sur les besoins en eau

D'après la société des eaux et de l'assainissement d'Alger nous avons les données suivantes (voir planche N°2) :

II.1.1 Etage Telemly

La demande en eau moyenne journalière de l'étage en 2009 a été de 15 438 m³/j. Elle se décompose de la façon suivante (avec un rendement de distribution de 63 %) :

- Consommation domestique : 11 341 m³/j (population de 57 708 habitants soit une dotation moyenne de 197 l/jour/hab.),
- Consommation diffuse (administrative, commerciale, industrielle) : **3 402** m³/j,
- Gros consommateurs : **695** m³/j.

Cette demande en eau de l'étage sera en 2015 de **13 709** m³/j soit 1 729 m³/jour de moins de celle de 2009 (-11 %). Elle se décompose de la façon suivante (avec un rendement de distribution de 66,5 %) :

- Consommation domestique : **10 039** m³/j (population de **54 636** habitants soit une dotation moyenne de 184 l/jour/hab),
- Consommation diffuse (administrative, commerciale, industrielle) : **3 012** m³/j,
- Gros consommateurs : **659** m³/j.

II .1.2 Etage sahel nouveau

L'étage Sahel nouveau appartient à la zone de distribution d'Alger Centre. Actuellement le réseau de l'étage Sahel Nouveau est intégré dans le réseau de l'étage Bordj Boulila. Il est donc alimenté par le réservoir de Bordj Boulila (V=14 760 m³, CR=209 mNGA , CTP=215 mNGA) lui-même alimenté par pompage à partir de la station de pompage de Telemly vers le réservoir Sahel nouveau, cette station est équipée de 3 groupes de caractéristiques identiques (capacité unitaire 800 m³/h et HMT de 85 m).

La demande en eau moyenne journalière de l'étage en 2015 sera de **9 353** m³/j. Cette demande en eau se décompose de la façon suivante (avec un rendement de distribution de 66,5 %) :

- Consommation domestique : **6 694** m³/j (population de **50 916** habitants soit une dotation moyenne de 199 l/jour/hab),
- Consommation diffuse (administrative, commerciale, industrielle) : **2 008** m³/j,
- Gros consommateurs : **651** m³/j.

II.1.3 Etage Sahel et Oued koriche

Actuellement le réseau de l'étage Sahel est alimenté par le réservoir Sahel (10000 m³, CR=133,31 mNGA ,CTP =138,31mNGA) lui-même alimenté à partir de la station de pompage de Benzine ((Q=3x800 m³/H – HMT=145 m) via la conduite de refoulement DN600 BPAT.

La demande en eau moyenne journalière de l'étage en 2009 a été de **8 874** m³/j. Cette demande en eau se décompose de la façon suivante (avec un rendement de distribution de 63 %) :

- Consommation domestique : **6 325** m³/j (population de **47 329** habitants soit une dotation moyenne de 131 l/jour/hab.),
- Consommation diffuse (administrative, commerciale, industrielle) : **1 897** m³/j,
- Gros consommateurs : **652** m³/j.

La demande en eau moyenne journalière de l'étage en 2015 sera de **10 546** m³/j. Cette demande en eau se décompose de la façon suivante (avec un rendement de distribution de 66,5 %) :

- Consommation domestique : **7 638** m³/j (population de **55 073** habitants soit une dotation moyenne de 139 l/jour/hab),
- Consommation diffuse (administrative, commerciale, industrielle) : **2 291** m³/j,
- Gros consommateurs : **617** m³/j.

II.1.4 Etage de Bordj Boulila(fort l'Empereur)

L'étage Bordj Boulila appartient à la zone de distribution d'Alger Centre. Actuellement son réseau est alimenté par le réservoir de Bordj Boulila (V=14 760 m³, CR=209 mNGA , CTP= 215 mNGA) lui-même alimenté par pompage à partir de la station de Telemly via la conduite de refoulement DN700 BPAT.

La demande en eau moyenne journalière de l'étage en 2009 a été de **11 578** m³/j. Cette demande en eau se décompose de la façon suivante (avec un rendement de distribution de 63 %) :

- Consommation domestique : **8 315** m³/j (population de **55 614** habitants soit une dotation moyenne de 150 l/jour/hab.),
- Consommation diffuse (administrative, commerciale, industrielle) : **2 495** m³/j,
- Gros consommateurs : **768** m³/j.

La demande en eau moyenne journalière de l'étage en 2015 sera de **3 971 m³/j** soit 7607 m³/jour de moins qu'en 2009 (-66 %). Elle se décompose de la façon suivante (avec un rendement de distribution de 66,5 %) :

- Consommation domestique : **3 055 m³/j** (population de **21 065** habitants soit une dotation moyenne de 145 l/jour/hab),
- Consommation diffuse (administrative, commerciale, industrielle) : **916 m³/j**,
- Gros consommateurs : **0 m³/j**.

II.2 Variations de la consommation journalière

II.2.1 Consommation maximale journalière

Elle est définie par le coefficient d'irrégularité journalière maximale ($K_{max,j}$) qui tient compte des pertes d'eau dans le réseau et des gaspillages .Il peut être obtenu par le rapport de la consommation maximale journalière à la consommation moyenne journalière.

$$K_{max,j} = Q_{max,j} / Q_{moy,j} \dots\dots (II.1)$$

Avec $K_{max,j} = (1.1 - 1.3)$

On prend $K_{max,j} = 1,3$.

Ce coefficient nous permet de savoir de combien de fois le débit maximum journalier dépasse le débit moyen journalier.

II.2.2 Consommation minimale journalière

Elle est définie à partir du coefficient d'irrégularité journalière minimum ($K_{min,j}$) qui est déterminé comme étant le rapport de la consommation minimale journalière et la consommation moyenne journalière

$$K_{min,j} = Q_{min,j} / Q_{moy,j} \dots\dots (II.2)$$

Avec $K_{min,j} = (0.7 - 0.9)$ on prend $K_{min,j} = 0.9$

Il nous indique de combien de fois la consommation minimale journalière est inférieure à la consommation moyenne journalière.

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Tableau récapitulatif des débits journaliers.

	2009	2015
Débit de l'étage de Telimly (m ³ /j)	15438	13709

Débit de nouveau Sahel (m ³ /j)	Hors service	9353
Débit de Sahel et Oued Koriche (m ³ /j)	8874	10546
Débit de Bordj Boulila (m ³ /j)	11578	3971
Besoins moyens journalier (m ³ /j)	35890	37308
Débit maximum journalier (m ³ /j)	46657	48500.4
Débit minimum journalier	32301	33577.2

II.3 Variation de la consommation horaire

Les consommations maximale et minimale horaire sont respectivement caractérisés par les coefficients maximum et minimum horaire ($K_{\max,h}$, $K_{\min,h}$) qui tiennent compte explicitement de l'aménagement des bâtiments, du niveau de développement d'équipement sanitaire, du régime de travail et d'autres conditions locales.

II.3.1 Consommation maximale horaire :

Le débit maximum horaire correspond au coefficient maximum horaire.

Ce coefficient peut être décomposé en deux autres coefficients qui dépendent des caractéristiques de l'agglomération à savoir :

- Un coefficient α_{\max} tenant compte du régime de travail des entreprises et industries, du degré de confort des habitants et de leurs habitudes. Il varie de 1,2 à 1,4.
- Un coefficient β_{\max} étroitement lié à l'accroissement de la population.

On peut donc écrire :

$$K_{\max,h} = \alpha_{\max} * \beta_{\max} \dots\dots\dots (II.3)$$

Tableau II.2: Variation du coefficient β_{\max} en fonction du nombre d'habitant

Population	1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	30000	100000	300000
β_{\max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,03

Dans notre cas on prend : $\alpha_{\max} = 1,4$ et $\beta_{\max} = 1,1$

$$\text{Alors : } K_{\max,h} = 1,4 * 1,1 \Rightarrow K_{\max,h} = 1,54$$

II.3.2 Consommation minimale horaire :

Le débit minimum horaire correspond au coefficient minimum horaire.

Ce coefficient peut être décomposé à son tour, en deux autres coefficients qui dépendent des caractéristiques de l'agglomération à savoir :

- Un coefficient α_{\min} tenant compte du régime de travail des entreprises et industries, du degré de confort des habitants et de leurs habitudes. Il varie de 0,4 à 0,6.

- Un coefficient β_{\min} étroitement lié à l'accroissement de la population.

On peut donc écrire : $K_{\min,h} = \alpha_{\min} * \beta_{\min}$ (II.4)

Tableau II.3: Variation du coefficient β_{\min} en fonction du nombre d'habitant

Population	1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	30000	100000	300000
β_{\min}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,83

Dans notre cas on prend : $\alpha_{\min} = 0,4$ et $\beta_{\min} = 0,83$

Alors : $K_{\min,h} = 0,4 * 0,7 \Rightarrow K_{\min,h} = 0,28$

II. 3.3 Débit moyen horaire :

Le débit moyen subit non seulement des variations journalières mais aussi des variations horaires.

Le débit moyen horaire (horizon 2015) est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy h}} = Q_{\text{max j}} / 24 \dots \dots \dots \text{(II.5)}$$

Les résultats de calcul des consommations moyenne, minimale et maximale horaire sont représentés dans le tableau

Tableau II.4 : Consommations moyenne, maximale et minimale horaire.

Zone	$Q_{\text{moy h}} (\text{m}^3/\text{h})$	$K_{\text{max h}}$	$Q_{\text{maxh}} (\text{m}^3/\text{h})$	$K_{\text{min h}}$	$Q_{\text{min h}} (\text{m}^3/\text{h})$
BENZINE	2020.85	1.43	2889.81	0.28	565.84

Chapitre XII

Chapitre XIII II.4 Evaluation de la consommation horaire en fonction du nombre d'habitant :

La population de la ville d'Alger est >100000 habitants (horizon 2015), ce qui correspond à la 5ème colonne du tableau II.5

Tableau II.5 : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants.

Heures	Nombre d'habitants				Aggl.type rural Rural
	< 10000	10001 à 50000	50001 à 100000	> 100000	
0-1	01	1.5	03	3.35	0.75
1-2	01	1.5	3.2	3.25	0.75
2-3	01	1.5	2.5	3.3	01
3-4	01	1.5	2.6	3.2	01
4-5	02	2.5	3.5	3.25	03
5-6	03	3.5	4.1	3.4	5.5
6-7	05	4.5	4.5	3.85	5.5
7-8	6.5	5.5	4.9	4.45	5.5
8-9	6.5	6.25	4.9	5.2	3.5
9-10	5.5	6.25	4.6	5.05	3.5
10-11	4.5	6.25	4.8	4.85	06
11-12	5.5	6.25	4.7	4.6	8.5
12-13	07	05	4.4	4.6	8.5
13-14	07	05	4.1	4.55	06
14-15	5.5	5.5	4.2	4.75	05
15-16	4.5	06	4.4	4.7	05
16-17	05	06	4.3	4.65	3.5
17-18	6.5	5.5	4.1	4.35	3.5
18-19	6.5	05	4.5	4.4	06
19-20	5.0	4.5	4.5	4.3	06
20-21	4.5	04	4.5	4.3	06
21-22	03	03	4.8	3.75	03
22-23	02	02	4.6	3.75	02
23-24	01	1.5	3.3	3.7	01
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Source : Abramov (1982)

La variation du débit horaire pour la ville d'Alger centre est représentée dans le tableau II.6

Tableau II.6 : Variations du débit horaire

Heures	Consommation totale $Q_{\max,i} = 48500.4 \text{ m}^3/\text{j}$		Consommation cumulée	
	%	m^3/h	%	m^3/h
00-01	3.35	1624.76	3,35	1624.76
01-02	3.25	1576.26	6,6	3201.02
02-03	3.3	1600.51	9,9	4801.53
03-04	3.2	1552.01	13,1	6353.54
04-05	3.25	1576.26	16,35	7929.80
05-06	3.4	1649.01	19,75	9578.81
06-07	3.85	1867.27	23,6	11446.08
07-08	4.45	2158.27	28,05	13604.35
08-09	5.2	2522.02	33,25	16126.37
09-10	5.05	2449.27	38,3	18575.64
10-11	4.85	2352.27	43,15	20927.87
11-12	4.6	2231.02	47,75	23158.93
12-13	4.6	2231.02	52,35	25389.95
13-14	4.55	2206.77	56,9	27596.72
14-15	4.75	2303.77	61,65	29900.49
15-16	4.7	2279.52	66,35	32180.01
16-17	4.65	2255,27	71	34435.28
17-18	4.35	2109.77	75,35	36545.05
18-19	4.4	2134.02	79,75	38679.07
19-20	4.3	2085.52	84,05	40764.59
20-21	4.3	2085.52	88,35	42850.11
21-22	4,2	2037.02	92,55	44887.13
22-23	3.75	1818.76	96,3	46705.89
23-24	3.7	1794.52	100	48500.40

A partir de ce tableau, le débit de pointe est de **2522.02 m³/h**

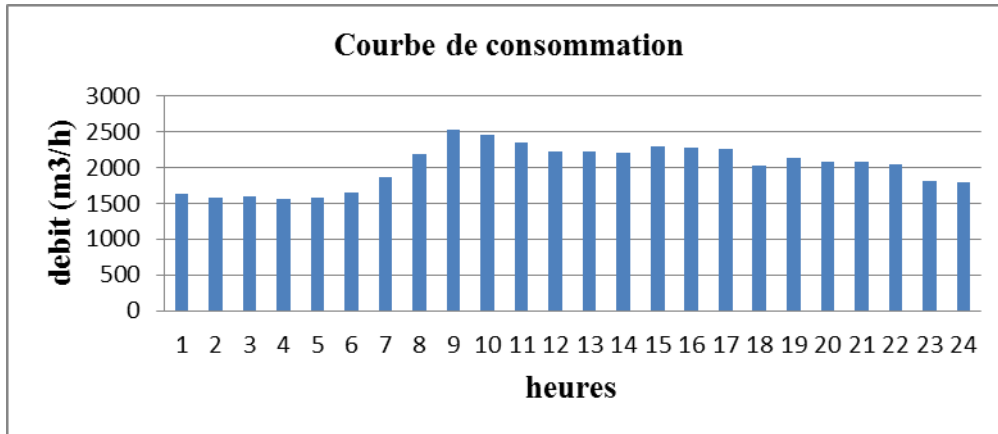


Figure II.1 : courbe de consommation horaire total

II.5 Calcul du débit d'équipement de la station de pompage :

$$Q_{eq} = \alpha \cdot \frac{\sum Q_i \cdot t_i}{\sum t_i} \dots \dots \dots (II.6)$$

α : Augmentation de débit à cause de fuite, $\alpha \in (1.04 - 1.08)$:

t_i : Une période déterminée à partir du diagramme de consommation

$$Q_{ep} = 1,04 \frac{(48500.4)}{24} \dots \dots \dots (II.7)$$

$$Q_{ep} = 0,584 \text{m}^3/\text{s} = 50440.42 \text{m}^3/\text{j}$$

II.6 Calcul du débit forcé

Le débit forcé est donné par la formule suivante :

$$Q_f = Q_{eq} + \frac{W1 + W2 + W3}{t} \dots \dots \dots (II.7)$$

W1 : Volume d'eau journalier correspondant à l'heure de pointe.

$$W1 = 2522,02 \text{m}^3 ;$$

W2 : Volume réservé pour l'incendie, il est de (80 à 120) m³ ;

W3 : Volume réservé pour autres besoins, pour notre cas W3 = 0 ;

t = 24 h

$$Q_f = 50440.42 + \frac{(2522.02 + 120)}{24} = 53082.44 \text{m}^3/\text{j}$$

$$Q_f = 0.614 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vérification de la condition imposée sur le débit

$$\text{On a le coefficient } x = \frac{Q_f}{Q_{eq}} = \frac{53082.44}{50440.42} = 1,1$$

D'après les calculs on remarque que le rapport X est compris entre (1,1 - 1,2), Donc on accepte ce débit forcé

D'après le calcul on trouve que le débit qui doit être refoulé par la station de pompage de Tafourah est de $2211.76 \text{ m}^3 / \text{h}$

En suivant le critère de fonctionnement de 20 heures de pompage au maximum et dans le cas ou une seule pompe est en marche, les besoins en eau de l'agglomération sont satisfaits pour l'horizon 2015.

Ces besoins seront aussi satisfaits pour un autre horizon d'étude plus loin car la société SEEAL prévoit la réhabilitation des réseaux d'AEP de la wilaya d'Alger et l'augmentation du rendement des réseaux ce qui veut dire une diminution du taux de fuites et une diminution des demandes en eaux.

De plus, le réservoir de Benzine est sécurisé en cas d'arrêt de la station de pompage de Tafourah.

Conclusion

D'après ce chapitre, nous pouvons conclure que les besoins en eau des agglomérations alimentées par la station de pompage de Tafourah sont satisfaits par le débit refoulé actuellement.

CHAPITRE III

ETAT ACTUEL DE LA STATION DE POMPAGE DE TAFOURAH

Introduction

Dans ce chapitre nous donnons une description générale de l'état actuel de la station de pompage de TAFOURAH et ces différents équipements.

III.1 Description générale de la station

La Station de pompage de TAFOURAH est située à Alger centre. Elle a été mise en service en 1993, elle fait partie du complexe des stations de pompage qui alimentent la chaîne Centre du réseau d'eau potable de la Wilaya d'Alger à partir de la station de traitement d'eau de BOUDOUAOU, par une conduite en BPAT (béton précontraint âme en tôle) de diamètre nominal 1200 mm.

Cette station joue un rôle principal dans l'alimentation des réservoirs de Benzine, qui ont une capacité de $(2 \times 3500) \text{ m}^3$ et $(2 \times 2500) \text{ m}^3$ de cote de trop plein CTP = 88 m NGA, par une conduite de refoulement en acier de 1000 mm de diamètre.

La station de pompage de TAFOURAH est constituée :

- D'une salle des machines.
- D'une salle de commande.
- D'un poste transformateur.
- De blocs administratifs.
- D'un bloc vestiaires et douches.
- Un poste de garde

Le site est entièrement clôturé, et possède un accès sécurisé.

III.2 La salle des machines

La salle des machines de la station de Tafourah se compose d'une salle de commande avec baie vitrée. Elle est équipée de trois (03) groupes électropompes. Cette salle abrite les armoires de commande des deux pompes immergées ($Q=120 \text{ m}^3/\text{h}$), pour l'évacuation des eaux accumulées au niveau de la galerie, et l'armoire de commande de la vanne régulatrice de pression.

III.3 Equipements hydromécanique de la station de pompage

La station de pompage de Tafourah est de type surface, équipée de trois (3) groupes électropompes identiques monocellulaires à (1 étages). Chaque groupe comporte :

- Capteur thermique sur les paliers de la pompe, du moteur et les enroulements du moteur.
- Deux pressostats au refoulement de la pompe et une autre à l'aspiration, avec transmission à la salle de commande.
- Un bouton d'arrêt d'urgence.



Figure III.1 : Salle des machines de la station de pompage de TAFOURAH

III.3.1 Les pompes

La station est équipée de trois(03) pompes centrifuges axiales d'une capacité de 504l/s contre une hauteur manométrique totale HMT=68m installées en charge .ces pompes ont été fournies par LITOSTROJT et sont de type CNT20/45-2.



Figure III.2 : Pompe axiale

III-3-1-1-Information du fonctionnement et de la construction

Fluide pompé : Eau de la station de traitement de BOUDOUAOU

Température de fluide : 20°C.

Densité: 1000 kg /m³

Debit: Q= 1800 m³ / h (504l/s)

Hauteur d'élévation de la pompe : H =66-68 mce

Sens de rotation de la roue vue à partir de l'entraînement : Sens contraire des aubages.

Entrainement à partir : Le moteur électrique

Vitesse de la machine d'entraînement : 1480 tr/min

Puissance absorbée : 392 -416 kW.

Nombre d'étage : 1.

La forme de la roue : Roue axiale fermée.

III.3.1.2 Matériaux de construction de la pompe

Le corps de la pompe est construit en fonte, les roues sont en bronze d'aluminium donnant des garanties au moins équivalentes à la corrosion et à la cavitation.

Les bagues d'étanchéité sont en fonte d'une dureté suffisante résistante à l'abrasion et à la corrosion,

Lors de nos visites nous avons remarqué que ces bagues sont légèrement corrodées.

Les arbres fabriqués en acier sont protégés contre la corrosion dans les parties en contact avec l'eau par une chemise rapportée en bronze d'une dureté suffisante résistante mieux à la corrosion et au frottement dans la traversée des presse-étoupes et des paliers intermédiaires.

L'arrosage des presse-étoupes est fait par l'eau propre et le surplus est rejeté à partir de l'évacuateur des eaux de ces dernières.

On a constaté que L'évacuateur des presse-étoupes est gravement corrodé.

III.3.2 Les moteurs

Dans la salle des machines sont montés 3 moteurs d'une puissance de 500kw alimentés par la tension nominale de 5.5 kv. La mise en marche de moteurs de trois groupes de pompe est effectuée à l'aide d'autotransformateur séparément pour chaque groupe



Figure III.3 : Moteur électrique de marque rade koncar

III-3-2-1-Caractéristiques

Marque de moteur: RADE KONCAR, Type : 6AJV6-40052-4-IM1001

Vitesse d'entraînement:1480tr/min

Puissance : 500kw, $\cos\varphi$: 0.88, Tension : 5500v, Intensité : 63 A

III-3-2-2-Refroidissement

Le refroidissement des moteurs se fait par un système fermé, ses derniers sont raccordés aux buses de soufflerie d'air frais des deux cotés amont et aval des pompes pour bien ventiler les moteurs.

III-3-2-3-Fonctionnement

Dans la station de Tafourah ; Les moteurs et leur appareillage de démarrage sont prévus d'une façon à supporter en permanence le régime intermittent le plus défavorable (coupure de courant électrique, variation de son intensité)

III-3-2-4-L'accouplement moteur-pompe

Le système est de type monobloc composé seulement de la partie hydraulique et la partie mécanique, le moteur est lié à la pompe a partir des joints.

Les paliers des pompes contiennent deux roulements :

- Roulement avec accouplement.
- Roulement sans accouplement.

La lubrification des paliers des pompes est faite avec l'huile et la lubrification des paliers des moteurs est faite avec la graisse.

En fin nous pouvons dire que tous les moteurs sont en bon état avec une légère corrosion.

III-3-3 Dispositif de levage

Les dispositifs de levage sont prévus dans le bâtiment afin de permettre de surélever et de transporter les groupes de pompage tel que pompes, vannes, moteurs, ... etc. sur la plate forme de démontage, le choix du dispositif se fait en fonction des pièces lourdes à déplacer et des dimensions du bâtiment.

Dans notre stations nous avons trouvé un système de manutention de type palan installé dans la salle machine qui a les caractéristiques suivantes :

- Charge portante : 63 kn.
- Portée : 10.6m.
- Groupe : FEM 2.
- Service intérieur.

- Type : GF907n°218.



Figure III-4 : Pont roulant existant dans la station de pompage de TAFOURAH

Un autre pont roulant se trouve dans la salle de stockage qui a aussi les caractéristiques suivantes :

- Force : 3.2tonnes.
- portée : 12 m.

La commande du mouvement est reliée par une boîte à boutons pendante, mobile le long du pont et indépendante du palan électrique. La fixation des rails est prévue pour permettre le passage des anti- déraillement du pont.

III-3-4-Système de ventilation

Les systèmes de ventilation sont utilisés pour :

- Le renouvellement de l'air ambiant.
- Le maintien d'une température et d'une humidité acceptable.
- Le dépoussiérage de l'air entrant.
- Evacuation rapide et automatique de gaz chaud en cas d'accident.

Les systèmes de ventilation disponibles dans la salle des machines et la salle des appareillages électriques sont alimentés par le transformateur auxiliaire qui est chargé de fournir du 380V nécessaire au fonctionnement des redresseurs et des auxiliaires (ventilation, éclairage) commandés par deux armoires électriques qui se trouvent dans les deux salles.

On remarque que le système de ventilation de la station de pompage de TAFOURAH qui sont des extracteurs d'air, sont fonctionnels et en bon état.



Figure III.5 : Système de ventilation dans la station de pompage de tafourah

III.3.5 Système de protection contre l'incendie

La station de Tafourah est munie d'extincteurs au niveau de la salle des machines et de commande et aussi de la salle de l'appareillage électrique. et aussi contient de postes d'incendies dont le matériel est disponible mais l'alimentation en eau est absente.

On a trouvé aussi un détecteur d'incendie installé dans la salle de commande mais il est hors service

III-4-Les équipements hydrauliques

Les équipements hydrauliques d'une station de pompage comprennent en dehors des pompes:

- Les équipements d'aspiration : clapet, joint, vanne, convergent, appareils de protection anti-bélier, circuit d'amorçage de la conduite et de la pompe.
- Les équipements de refoulement : joint, divergent, clapet anti-retour, vanne, appareils divers.

III-4-1-Equipements en amont (Aspiration)

III-4-1-2- Aspiration générale

L'aspiration des pompes de la station de Tafourah se fait sur une conduite d'aspiration collective de diamètre 1200 mm reliée directement au collecteur de l'usine d'où partent les aspirations individuelles des pompes. Cette conduite est équipé de :

- Une vanne motorisée régulatrice de pression DN800 PN 16, muni d'une armoire de commande automatique qui est en marche manuel.
Cette vanne est automatiquement en panne et aussi légèrement corrodé.
- Un manomètre PN 40 en bon état (lecture 8 bars à l'arrêt).
- Système anti-bélier type soupape d'aération.
- Vanne de vidange type opercule DN 125, cette vanne présente des fuites considérables.
- Clapet anti choc.



Figure III-6 : Clapet anti –choc



Figure III-7 : Soupape de décharge

En fin on peut dire que le collecteur d’aspiration est corrodé

III-4-1-2-Aspiration individuelle

Les aspirations individuelles sont identiques pour les trois groupes de pompes, Il est conseillé de projeter la conduite d’aspiration en acier pour des considérations tant technique qu’économique :

- Nombre de conduites d’aspiration doit être logiquement égal à celui des pompes ;
- La longueur de la conduite d’aspiration doit être la plus courte que possible (<50m),
- La pente du collecteur d’aspiration vers la pompe doit être de 5%.

Au niveau de notre station :

Le nombre de pompe =nombre de collecteurs d’aspiration =trois(3).

Le diamètre de l’aspiration individuelle est de 500mm et la longueur est de 3.9m.

Le débit aspiré est de 704.16 l/s.

La détermination du diamètre de la canalisation se fait en considérant les vitesses admissibles dans la conduite.

Dans notre cas on a le diamètre et le débit comme données, et on doit calculer la vitesse.

$$v_{asp} = \frac{4.Q}{\pi.D_a^2} = \frac{4 \times 0.704}{3,14 \times 0,5^2} = 3.58m / s \dots\dots\dots(III.1)$$

Tableau III-1 : Vitesses admissibles (Aspiration)

Diamètre Da (mm)	Vitesse admissible (m/s)
Da<250	0,70÷1,0
250<Da<800	1,0÷1,50
Da>800	1,5÷1,8

Après vérification et comparaison avec les valeurs admissibles des vitesses d'aspiration citées dans le tableau ci dessus, on constate que les vitesses d'aspiration ne sont pas dans la plage admissible.

Enfin nous avons remarqué que ces conduites sont corrodées.

Les canalisations d'aspiration individuelles sont constituées par :

a) Joints de démontage :

Une attention particulière sera donnée aux joints afin de supprimer toutes possibilités d'entrée d'air et éventuellement d'agents polluants, en général on préfère les joints soudés pour les coudes, divergent et convergent ainsi que pour les raccordements sur des appareillages (vannes, pompes, etc....)

Dans la station de Tafourah ils ont utilisé les joints à bride et à emboitement DN500 PN16bars.

b) Vanne d'aspiration

La vanne montée à l'aspiration de la pompe permet d'isoler la pompe pour les travaux d'entretien ou de démontage sans arrêter les autres pompes. Elle sert aussi au réglage des débits.

On a deux types de vannes :

- Vannes papillons

Les vannes papillon peuvent aussi bien servir pour le sectionnement que pour le réglage des débits. Ils sont d'un encombrement réduit, légers, le couple de manœuvre est faible. Elle occasionne une faible perte de charge.

- Robinet vanne à coin (à opercule)

Les robinets vannes à opercule sont des appareils de sectionnement qui doivent être complètement ouverts ou fermés. Leur encombrement considérable est comparé à celui des vannes papillon. L'arrêt est fait par un obturateur en forme de coin.

Dans notre station on a remarqué l'utilisation des vannes papillons à commande manuelle qui ne présentent pas une étanchéité suffisante.

C) Convergent

Le convergent est utilisé pour avoir une accélération progressive de l'écoulement et limiter les pertes de charges favorisant ainsi la bonne répartition des vitesses à l'entrée de la pompe au lieu d'une variation brusque du diamètre qui engendre une perte de charge singulière importante ; donc le convergent est l'organe destiné à servir de liaison entre deux conduites de diamètres différents.

On a remarqué que les convergents présentent une corrosion considérable.



Figure III-8: Aspiration individuelle, coude, vanne, joint de démontage, convergent.

III-4-2-Equipements en aval : Refoulement

III-4-2-1-Collecteur de refoulement général

Les groupes refoulent dans un collecteur en acier légèrement corrodée de diamètre nominal 1000mm équipé de :

- Vanne papillon de diamètre nominal 1000 mm PN 16 bars.
- Soupape d'aération DN100 PN16.
- Système anti-bélier : soupape de décharge DN125 et un robinet vanne DN125 PN16.

Cette soupape ne s'est jamais déclenchée d'après l'exploitant.

- Vanne de vidange manuelle à opercule.

Les deux conduites d'aspiration et de refoulement sont by passées par une conduite en acier de diamètre nominal 1000 mm, équipée d'un clapet anti retour DN900 PN16 non étanche. Et un joint de démontage DN900 PN16.

III-4-2-2-Conduite de refoulement individuel :

Les conduites de refoulement secondaires sont de diamètre Ø400mm et de longueur de 3,4m.

Les conduites de refoulement sont équipées de :

a)Divergent

Contrairement à ce qui se passe à l'aspiration, la vitesse de l'eau à la sortie de la pompe peut être (5÷9) m/s, par conséquent il faut ralentir l'écoulement afin de garder une vitesse dans la plage admissibles en plaçant un divergent de vitesse (1.2 a 1.5) m/s.

La longueur du divergent est déterminée par la formule suivante :

$$L_d = (3,5 \div 5) \times (D_r - d_r) \text{ (m)}$$

D_r : diamètre de la conduite de refoulement (du divergent).

d_r : diamètre de la tubulure de refoulement .

D'après notre diagnostic on constate que les divergents des conduites de refoulement sont corrodés.



Figure III-9 : Divergent de conduite de refoulement.

b) Vanne papillon à commande électrique PN16bars, DN400:

Cette vanne est placée après la pompe et le clapet anti-retour, elle peut intervenir également lors de la mise en marche et de l'arrêt de la pompe.

La manœuvre progressive de la vanne de refoulement permet par ailleurs, lors du démontage et de l'arrêt du groupe de limiter les coups de bélier dus aux variations brusques de la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement. Elle a les intérêts suivants :

- Isoler la pompe lors de l'entretien et des démontages.
- Permet le démarrage en barbotage.
- Permet le réglage de débit.
- Permet de ralentir le phénomène de coup de bélier

Lors de nos visites nous avons constaté que la vanne n'est pas étanche.



Figure III- 10 : Vanne de sectionnement

c) Ventouse

Le rôle d'une ventouse est tout d'abord d'évacuer l'air contenu dans les conduites. Le cas se présente lorsque la conduite étant vide et on procède à son remplissage, l'air sera chassé.

Quand la conduite est en service, il est nécessaire, également, de pouvoir évacuer l'air abandonné par l'eau. Cet air se cantonne aux points hauts des canalisations. Les ventouses seront donc prévues aux points hauts. Il est souhaitable d'en prévoir aussi aux changements de pentes. Ces appareils doivent permettre, en outre, l'admission de l'air dans la conduite lorsque l'on procède à sa vidange.



Figure III-11 : Ventouse existante sur le refoulement

d) Les coudes

Les coudes sont des accessoires utiles surtout pour les réseaux maillé et ramifié, lorsque la conduite change de direction. Généralement, les coudes sont maintenus par des massifs de butées.

On distingue des coudes à deux emboîtements ou bien à emboîtements et à bout lisse, dans la station d'étude on remarque l'utilisation des coudes a bout lisse et a emboitement. On a remarqué que les coudes sont corrodés.

e) Joints de démontage

La conduite de refoulement est raccordée a la pompe de manière a ne transmettre aucun effort parasite à la pompe et si la canalisation et non auto-butée alors des joints auto-butant peuvent être utilisés

En pratique, on rencontre des manchons à bouts lisses des deux extrémités, à deux emboîtements, à emboîtement et à bout lisse, à deux brides, à bride et bout lisse, à emboîtement et bride, on les rencontre surtout au niveau des montages des appareils accessoires (vannes, clapet...) et au niveau de certains joints.

On remarque que les joints de démontage présentent une légère corrosion.



Figure III-12 : Joint de démontage.

f) Clapet anti-retour PN16 bars DN400mm

Il est utilisé pour éviter le retour d'eau vers la pompe ce dernier se ferme pour empêcher l'écoulement en sens inverse a travers la pompe arrêté, il protège la pompe contre les vibrations et les survitesses causées par l'écoulement inverse
Les clapets utilisés dans la station de Tafourah ne sont pas étanches.



Figure III-13 : Clapet anti retour de refoulement

III-5-Equipements électriques

La station de pompage de « TAFOURAH » est alimentée en énergie électrique par une arrivée 10 KV du réseau de la SONELGAZ, deux transformateurs principaux (2000KVA), fournissent les 5.5 KV de tension nécessaire aux quatre groupes de la station. Dans le local d'appareil électrique sont installés les appareils tel que :

- Appareillage 5.5kv
- Appareillage 0.4kv
- Armoire pour démarrage des moteurs.
- Armoire de distribution.

- Armoires de batterie d'accumulateur.
- Redresseur
- Armoire de transformateur auxiliaire 100 KVA

III-5-1-Poste d'alimentation électrique « Appareillage 10kV »

Il est composé de :

- a) Une armoire à dix cellules de commutation :
- b) Un tableau de comptage équipée de :
 - Un compteur triphasé d'énergie active (nuit, jour, pointe),
 - Un compteur triphasé d'énergie réactive.
 - Trois compteurs d'énergie active monophasés.
 - Un émetteur périodique d'impulsion.

III-5-2-Poste de transformation

La station de TAFOURAH est munie de deux transformateurs principaux pour l'alimentation en 5.5 KV des groupes électropompes, à travers des cellules de commutation au niveau du poste de distribution « poste 5.5 ».

L'alimentation de la salle 5.5kv se fait par un seul transformateur et le deuxième est de secours, Les caractéristiques des transformateurs sont :

Marque : RADE KONCAR

Type : 6TBN 2000-12/E

N° de série : 459600 **Année :**1992

Un (KV) : 11 / 5.11

Pn (KVA) : 2000

Couplage : Dyn 11 .



Figure III-14 : Transformateur principale

III-5-3-Poste de distribution « APPAREILLAGE 5.5 KV »

Salle réservée aux installations électriques c'est à côté de la salle des machines, mais restera distincte de celle-ci .Elle comporte, ordinairement, un compartiment de moyenne tension(MT) et un compartiment de basse tension(BT).

Le compartiment de MT, renforce le transformateur, dont la puissance sera fonction de la puissance absorbée par les moteurs en marche normale, et non de la puissance totale installée, qui comprend le secours.

Elle est composée de :

A) Une armoire à neuf cellules de commutation



Figure III-15 : Armoire de commutation

B) Une armoire de démarrage à trois cellules

C) Une armoire de compensation à trois cellules

➤ Equipée chacune de :

- Trois inductances (1.4 mhz, 0.65 KVAR).

- Trois batteries de condensateurs monophasés de (3×66.6 KVAR chacune), la cellule est destinée à la compensation de l'énergie réactive consommée par un moteur.

D) Un armoire du transformateur auxiliaire :

- Le transformateur auxiliaire est chargé de fournir du 380V nécessaire au fonctionnement des redresseurs et des auxiliaires (ventilation, éclairage),

E) Un armoire des redresseurs :

- Equipée de deux redresseurs triphasés à thyristors, l'armoire est alimentée en 380V par le transformateur auxiliaire, afin de fournir du 110 et des 24 volts continus, et afin d'entretenir et de recharger les accumulateurs.



Figure III-16 : Armoire des redresseurs

F) Un armoire des accumulateurs

- Equipée de :
 - Quatorze (14) batteries d'accumulateurs (8 V chacune) en série pour le 110Vcc (courant continu).
 - Trois batteries (deux de 8V et une de 6V) en série pour le 24V cc (courant continu),
 - Armoire de secours pour l'alimentation en continue.



Figure III- 17 : Armoire des accumulateurs

III-5-4- Salle de commande

La salle de commande est équipée de :

III-5-4-1-Pupitre de commande et de contrôle

Elle contient les éléments suivants:

- Quatre clés de commande de groupes motopompes.
- Quatre ampèremètres (0-500A, 100/5 A) avec commutateur pour courant des moteurs.
- Deux voltmètres (0-8 KV), chacun pour la tension secondaire de chaque transformateur principal.
- Deux voltmètres (0-12KV), chacun pour la tension du primaire de chaque transformateur principal.
- Un compteur totalisateur de débit au refoulement.
- Un indicateur de pression au niveau de la conduite de refoulement.
- Un indicateur de pression au niveau de la conduite d'aspiration.
- Un indicateur de niveau d'eau du réservoir de refoulement (Benzine)
- Un indicateur de débit instantané au refoulement.
- Un indicateur de conductivité.
- Un enregistreur graphique de débit au refoulement et de pression au refoulement et à l'aspiration.
- LED de signalisation.



Figure III-18 : Pupitre de commande.

III-5-4-2-Armoire de protection thermique

L'armoire est à trois étages, chaque étage est relatif à la protection thermique d'un groupe, il est équipée de cartes reliées aux capteurs thermiques installés sur le groupes afin de détecter la surchauffe et les températures excessives de différentes bobines du moteur, des paliers du moteur et de la pompe.



Figure III- 19 : Armoire de protection thermique

III-5-4-3-télémesure

Un système de télémesure relié avec la station de Benzine, est hors service. (Discontinuité du câble de liaison a l'extérieur de la station)

En fin, concernant l'appareillage électrique on a remarqué que:

- L'armoire de protection thermique et le pupitre de commande et de contrôle sont en panne.
- Sauf le GEP2 qui contient un autotransformateur qui permet l'économie d'énergie au démarrage contrairement aux deux autres GEP.
- Lorsque le T2 est en service, les moteurs répandent à la connexion mais ne démarrent pas.

III-5-5-Câblage

III-5-5-1-Câble de puissance est de signalisation

Les câbles de puissance et de signalisation à âme cuivre isolés au polyéthylène réticulé, la tension d'isolement (100volts), ils ont une section minimale telle que la chute de tension ; du jeu de barres a l'appareil alimenté soit inférieur a 3% en courant monophasé et 5% courant triphasé.

III-5-5-2-Filerie

La filerie est exécutée en fils cuivre isolés au polychlorure de vinyle, tension d'isolement 500volt, section 1.5 cm².

III-5-6-Eclairage

L'éclairage de la station de pompage de TAFOURAH est réalisé à partir de deux sources distinctes :

220 volts pour l'éclairage normal.

24 volts pour l'éclairage secours.

D'après nos visites on a remarqué que l'éclairage extérieur et intérieur est insuffisant et les néons sont en mauvais état dépourvus de leur couverture, ainsi que l'absence d'éclairage au niveau des clôtures de la station. L'éclairage de secours ne fonctionne pas.



Figure III-20 : Eclairage existant dans la station de pompage de Tafourah

III-5-7- Chauffage

Nous avons trouvé deux radiateurs muraux électriques (petit model) au niveau du poste de garde et dans la salle de commande et un seul climatiseur dans la même salle, et ce dernier est hors service.

III-5-8- Télétransmission

La station de pompage de TAFOURAH est reliée au système de télétransmission de la SEAAL qui marche avec un appareil Sofrel en utilisant une GPRS Nedjma.

Ce système permet de donner les informations nécessaires au fonctionnement automatique de la station de pompage et de transmettre l'alarme au gardien dès qu'un défaut peut apparaître dans l'ensemble de l'installation.

III-5-9-Télécontrôle

La station de pompage de TAFOURAH est raccordée sur le système de télé-contrôle de SEAAL situé à COUBA (Alger), qui permet la télétransmission des informations en temps réel et assure :

- Acquisition, filtrage, prétraitement des informations, datation des événements ;
- Archivage des événements et des variations de mesure ;
- Connexion locale avec un équipement portatif de consultation et de Programmation ;
- Détection automatique de défauts du programme et redémarrage propre.

III-5-10- Automaticité

Le fonctionnement de la station a été entièrement automatique au début, la marche des groupes est liée au niveau d'eau dans le réservoir BENZINE qui est affiché dans le pupitre de la salle de commande

La commande des groupes de pompes est assurée soit depuis :

- Le tableau de commande dans la salle de commande.
- La cellule de commande correspondante à l'appareillage 5.5kv

Mais à l'état actuel il n'existe pas d'automatismes et d'asservissements ni de la régulation dans la station de pompage de TAFOURAH et l'ensemble des opérations EST effectuée manuellement.

III-5-11- Appareils téléphoniques

La station est munie d'une radio automatique et un téléphone portable fourni par la société des eaux et de l'assainissement d'Alger (SEAAL).

III-5-12- Parafoudre

Le bâtiment de la station de pompage de Tafourah est protégé par une installation paratonnerre qui comprend des conducteurs de descente pour canaliser le courant de foudre vers le système De mise à terre.

On a remarqué lors de nos visites des câbles coupés et d'autres ont été volés.



Figure III-21 : Système de parafoudre existant dans la station de Tafourah

III-5-13- Matériel de sécurité

Le matériel réglementaire de sécurité est disponible dans la station de pompage de Tafourah

III-5-13-1- Protection individuelle EPI

- Une paire de gants isolants avec la boîte murale.
- Casques de protection.
- Tenue de sécurité.
- Lunette de protection.
- Chaussure de sécurité.

III-5-13-2 Protection collectives EPC

- un tabouret isolant.
- Un tapis isolant.
- Une perche électrique à corps.
- Une perche de présence de tension avec vérificateur à magnéto.
- Les supports muraux pour la boîte à gants, les perches et les fusibles.
- Balisage chantier.

III-6-Appareils de contrôle hydraulique

Les équipements de mesure identifiés sur site sont :

III-6-1- Des manomètres à aiguille :

Ces manomètres sont utilisés pour le contrôle des pressions d'aspiration et de refoulement, on les trouve comme suit :

- Un manomètre PN16 (lecture 7.8 bars à l'arrêt) se trouve sur la conduite de refoulement collective.

- Sur l'aspiration collective se trouve un manomètre PN40 (lecture 8 bars a l'arrêt) en bon état.



Figure III-22 : Manomètre de refoulement collectif



Figure III-23 : Manomètre d'aspiration collective

- Les pompes sont équipées de manomètres PN10 bars à l'aspiration qui sont hors service pour les trois groupes et de manomètre PN16 bars au refoulement tous en bon état sauf ceux du groupe n°1.



Figure III- 24 : Manomètre d'aspiration individuelle

- un manomètre électronique est placé dans la salle 5.5 kV en bon état.



Figure III-25 : Manomètre électronique de refoulement

III-6-2- Débitmètre

Un débitmètre à ultra son est installé dans la salle 5.5 kV.



Figure III- 26 : Débitmètre à ultra son de refoulement

III-7- Grilles de passage des deux collecteurs

Ces grilles sont utilisées pour éviter l'entrée des corps solides dans les galeries d'acheminement des deux collecteurs dans la salle machine, ces dernières sont fixées à des barreaux, leur nettoyage se fait soit manuellement soit automatiquement par des râteliers métalliques.

Nous avons remarqué que les grilles de la station de TAFOURAH sont un peu détériorées et leur peinture est en mauvais état.



Figure III-27: Grilles de passage de collecteur d'aspiration

III-8-Salle de chloration

Cette salle n'a pas d'utilité à l'état actuel, elle a été destinée pour la chloration de l'eau d'arrivée de Boudouaou et le stockage de matériel.

La chloration se fait par des tongs de chlore posé sur des dalles en béton L'injection de chlore se fait par des pompes installées dans le bureau de chef d'usine.

Maintenant la chloration de l'eau n'est plus faite dans la station de TAFOURAH, elle se fait dans le réservoir de benzine.

La prise d'échantillons est faite sur la conduite d'aspiration individuelle a partir d'un petit robinet.



Figure III- 28 : Salle de chloration détériorée

III-9-Etat actuel de bâtiment de la station de pompage de TAFOURAH

III-9-1-Conditions d'implantation d'une station de pompage

Le choix de l'emplacement et du type de la station de pompage est établi en portant des considérations économiques et surtout des possibilités de réalisation technique.

Pour implanter une station de pompage, il faut tenir compte des facteurs suivants :

- 1- Ne pas construire la station de pompage dans les zones instables (sismique, glissement de terre)

- 2- Eviter les stations balnéaires et les routes de grande importance (nationales et autoroutes)
- 3- La distance minimale entre une station de pompage et un aéroport doit être supérieure à 30 Km
- 4- Les sites des prises d'eau doivent être approuvés par les services de santé et de l'environnement
- 5- Les différents ouvrages de la station de pompage ne doivent pas se trouver dans les zones inondables
- 6- Assurer l'accès à tous les ouvrages
- 7- Situer les ouvrages de sorte que la prise soit réparée sans interruption de l'adduction d'eau

Pour le terrassement et l'implantation de la station de pompage, il est nécessaire de prévoir :

- Une plate- forme avec un revêtement routier
- Utiliser les moyens de dérivation des eaux pluviales et de drainage
- Prévoir que la cote du plancher du Rez de chaussée (RDC) dépasse celle de la plate- forme de 0,15 à 0,50m
- Prévoir la verdure autour de la station de pompage

Le type de bâtiment de l'usine élévatoire de TAFOURAH est de type de surface choisi d'après les conditions suivantes :

- 1- Du type de pompe et moteur électrique
- 2- De la variation du plan d'eau d'aspiration
- 3- Des conditions hydrologiques et géologiques.
- 4- Du matériau utilisé pour la construction du bâtiment et sa disponibilité.
- 5- Hauteur et débit de refoulement désirés.
- 6- Destination de la station de pompage (AEP).

Le type surface de bâtiment présente plusieurs avantages:

- Eviter toute inondation de la station de pompage.
- Sa construction ne nécessite pas de travaux de fondation importants.
- Il permet une exploitation simple des équipements.

III-9-2-Génie –civil du site

III-9-2-1-Etat extérieur du bâtiment :

Nous avons fait les remarques suivantes :

- Les clôtures sont en bon état.
- Le terrain autour de la station n'est pas plat nivelé (présence d'ornières, trous et stagnation de l'eau de dans)
- Les portes d'accès générales sont en mauvais état.
- Un revêtement non étanche de la toiture et entré de l'eau a la salle machine.
- poussée de l'herbe au niveau des toitures.

- Le système de drainage des eaux de pluie au niveau des toits de station de pompage est endommagé et contient des fuites.
- présence d'une décharge publique à coté de poste de gardiennages.
- Absence d'une trappe qui couvre l'échelle qui donne l'accès au tunnel.
- Les avaloires qui servent à évacuer les eaux des toits nécessitent une peinture.
- Manque d'éclairage au niveau des clôtures et insuffisance de l'éclairage disponible a l'extérieur.
- Saleté des murs et un revêtement mural dégradé.



Figure III-29 : Extérieur du bâtiment de la station de pompage

III-9-2-2-Etat intérieur du bâtiment

La station de pompage de TAFOURAH est mise en service en 1993 et depuis aucun travail de réhabilitation n'a été effectué, cela conduit à une détérioration des travaux de génie civil.

Dans le cadre de l'étude de cette station, notre diagnostic des différentes structures de génie civil a élevé que la totalité des ouvrages existant contiennent des fissures.

La station est réalisée en béton armé, type voile porteur et dalle pleine, la résistance minimale du béton des poteaux mesurée avec un scléromètre est de 300 bars, cette résistance est acceptable.

On a tiré les remarques suivantes :

- Un revêtement mural en mauvais état dans toutes les salles.
- Revêtement des sols dégradés.
- Dégradation de l'enrobage du béton et des armatures visibles.
- Des fissures profondes et endommagement de béton surtout au niveau des cadres des portes et le sol.
- Evacuateurs de terrasse à l'intérieur de la salle machine est endommagé.
- Système d'alarme à l'intérieur de la salle de commande est hors service.



Figure III- 30 : Système d'évacuation des toitures détériorées

Menuiseries

Concernant les menuiseries existantes:

- La porte principale qui donne l'accès à la salle des machines est en mauvais état et les railles sont corrodés et ne fonctionnent pas
- portes intérieur :
 - Porte entre la salle des machines et la salle 5.5 kv de l'appareillage électrique est installée dans la sens inverse;
 - Porte entre la salle des machines et la salle de commande est cassée et ne présente pas la sécurité acoustique.
- Des menuiseries métalliques et vitrerie détériorées (oxydation, vitre cassé) au tour de la station
- La porte principale qui donne l'accès à la salle 5.5 kv est en mauvais état.



Figure III.31. a



Figure III.31.b

Figure III-31 : Porte d'axée a la salle des machines détériorée

III-10-Etude de cavitation

Le mot cavitation vient du latin trou " *cavus*" .Il décrit un phénomène complexe pouvant exister dans une installation de pompage c'est la naissance et l'oscillation radiale de bulles de gaz et de vapeur dans un liquide soumis à une dépression. Si cette dépression est

suffisamment élevée, la pression peut devenir inférieure à la pression de vapeur saturante, et une bulle de vapeur est susceptible de naître.

La cavitation peut varier de très légère à très forte : dans le premier cas le seul effet est une baisse de l'efficacité ; dans le deuxième cas, une forte cavitation très bruyante qui peut briser l'impulseur de la pompe ou d'autres parties.

III-10-1-Les conséquences de la cavitation

La cavitation provoque une diminution très considérable de la hauteur ,et du rendement de la pompe. Au début on entend un bruit dans la pompe et l'apparition des bulles d'air provocants éventuellement l'endommagement de la pompe.

Afin d'éviter la cavitation des pompes, il est nécessaire que le NPSH disponible (charge nette disponible en amont des pompes) soit supérieur au NPSH requis (charge nette minimale requise) par les groupes de pompage projetés.

Le NPSH requis est une donnée imposée par le constructeur, pour un modèle de pompe donné.

Le NPSH disponible dépend des caractéristiques des installations et notamment :

- De la différence entre le niveau d'eau dans bache d'aspiration et l'axe des pompes.
- Des pertes de charges linéaires et singulières générées par le transit du débit dans la conduite d'aspiration.

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r$$

Nous avons : $(NPSH)_d = (NPSH)_r + 0,5 \dots\dots(III.2)$

$$(NPSH)_d = \frac{P_{atm}}{\varpi} - \frac{P_v}{\varpi} - \sum h_p^{asp} - \frac{v_{asp}^2}{2g} + h_{adm}^{asp} \dots\dots(III.3)$$

$\frac{P_v}{\varpi}$: La tension de vapeur est à 0.183m

$\frac{P_{atm}}{\varpi}$: La hauteur de pression atmosphérique

h_{adm}^{asp} : La hauteur d'aspiration admissible

v_a : La vitesse d'aspiration

$\sum h_{asp}^{totale}$: Les pertes de charge de l'aspiration.

III-10-2-Calcul des pertes de charge [2]

Les pertes de charge linéaires sont calculées à partir de la formule de DARCY WEISBACH

qui s'exprime par : $\Delta H_l = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(III.4)$

-Les vitesses d'écoulement dans les conduites sont calculées comme suit : $V = \frac{4Q}{\pi D^2}$

Comme on a plusieurs piquages à l'amont de la station on va calculer les pertes de charge dans chaque tronçon :

λ est déterminée suivant le diagramme de MOODY, $\lambda = f(Re, \left(\frac{\varepsilon}{D}\right))$, (voir annexe II).

- Re : nombre de REYNOLDS donné par la formule suivante :

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots(III.5)$$

Avec : **D** : diamètre de la conduite d'aspiration qui est égale a 1200mm

V : vitesse de l'eau dans la conduite

ν : viscosité cinématique qui est égale a $1.06 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

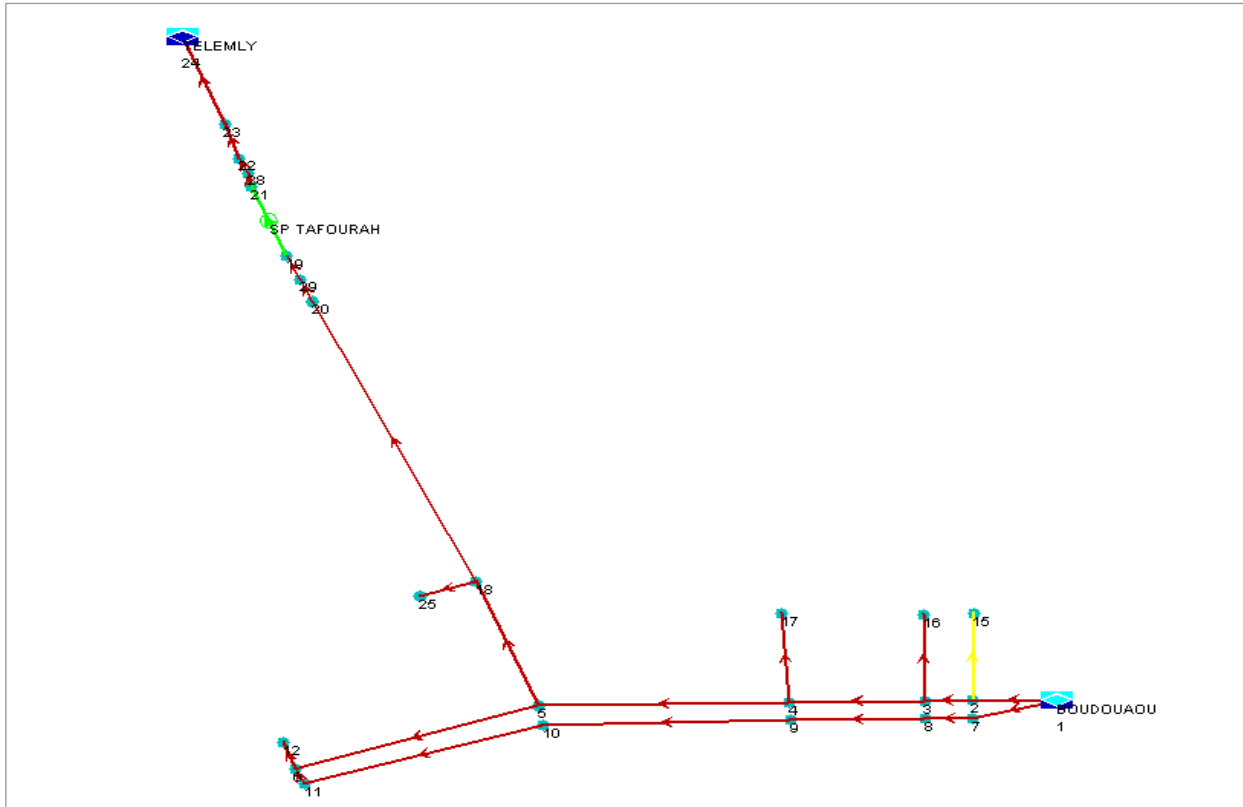


Figure III-32 : Schéma représentatif du réseau d'adduction

Tableau III-2 : Résultats de calcul de pertes de charge linéaire occasionnée dans chaque tronçon.

Tronçon	Q (m ³ /s)	D (mm)	V (m/s)	ν (m ² /s)	Re	ϵ/D	λ	L(m)	ΔH_l (m)
1-2	3.22	1500	1.82	$1,06 \cdot 10^6$	$2,57 \cdot 10^6$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	0.0185	4448.1	9.58
2-3	3.20	1500	1.81	$1,06 \cdot 10^6$	$2,56 \cdot 10^6$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	0.0185	2411	5.25
3-4	2.82	1500	1.59	$1,06 \cdot 10^6$	$2,25 \cdot 10^6$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	0.0188	5117	8.32
4-5	1.96	1500	1.11	$1,06 \cdot 10^6$	$1,57 \cdot 10^6$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	0.0189	9241	7.31
5-18	0.95	1200	0.84	$1,06 \cdot 10^6$	$0,95 \cdot 10^6$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	0.0195	3583	2.10
18-19	0.70	1200	0.62	$1,06 \cdot 10^6$	$0,70 \cdot 10^6$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	0.0197	11480	3.79
19-sp	0.70	500	3.59	$1,06 \cdot 10^6$	$1,69 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	0.0235	3.9	0.12

$$\Delta H_{l_{totale}} = \sum \Delta H_l = 36.46m$$

$$\Delta H_{totale} = (1.05 - 1.1)\Delta H_l = 1,1 \cdot 36.46 = 40.12m$$

Vue le manque de données des courbes caractéristiques du constructeur qui permettent d'avoir la valeur $(NPSH)_r$, on n'a pas pu vérifier la condition de cavitation et calculer la hauteur d'aspiration admissibles.

A cet effet l'existence de la vanne de régulation de pression fait diminuer le risque de cavitation surtout avec l'existence de plusieurs piquages sur le collecteur d'aspiration qui cause l'entrée d'air et l'usure des pompes .

III-11-Détermination du point de fonctionnement de la pompe

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe installée en fonctionnement [H-Q] et la courbe caractéristique de la conduite refoulant un débit de la pompe en fonctionnement [H_c -Q].

La courbe caractéristique de la pompe est donnée par le constructeur ou par les essais de pompage tandis que la courbe caractéristique de la conduite est déterminée par l'installateur de la pompe.

Dans notre cas ; les courbes caractéristiques des pompes sont données par des mesures pratiques effectuées sur site suivant le régime de fonctionnement qui change souvent, ceci par faute de l'insuffisance de documents disponibles (plans, courbes constructeurs des pompes).

Les résultats de mesure sont récapitulés dans les tableaux ci- après :

Tableau III-3 : Résultats des mesures faites in situ

	Point1	Point 2	Point 3
P asp (m)	55	39	34
P ref (m)	112	91	91
HMT (m)	57	52	47
Q (m ³ /h)	1977	2116	2260
Pabs (KW)	402.39	435.92	444.31
U (V)	5500.0	5500.00	5500.00
I (A)	48	52	53
cos φ	0.88	0.88	0.88
N (tr/min)	1480	1480	1480
P électrique kw	402.39	435.92	444.31
P hydraulique kw	307.05	299.81	289.43
Rendement %	76%	69%	65%

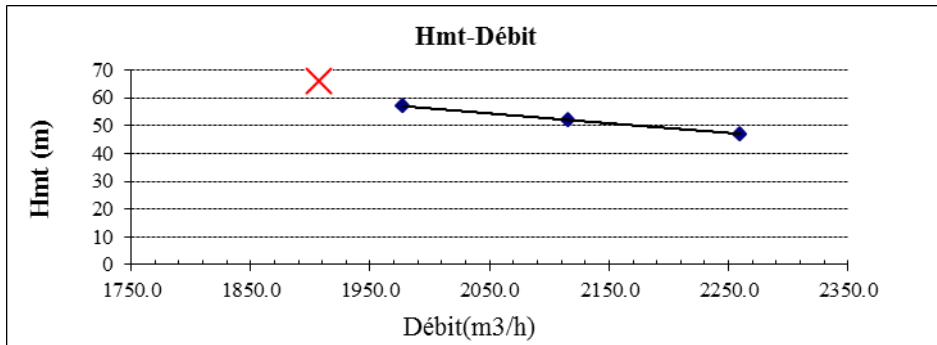


Figure III.33.a

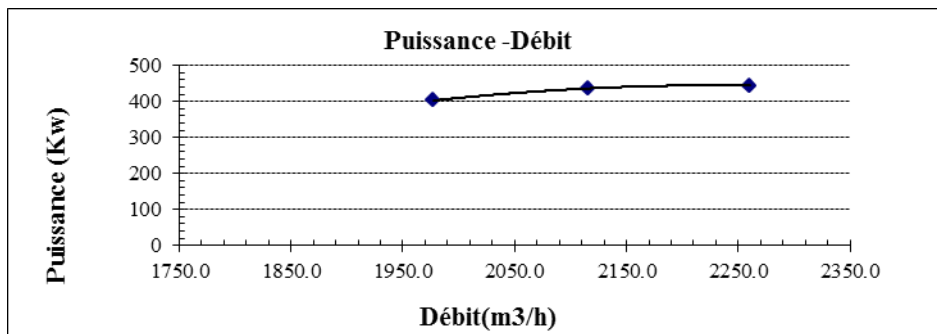


Figure III.33.b

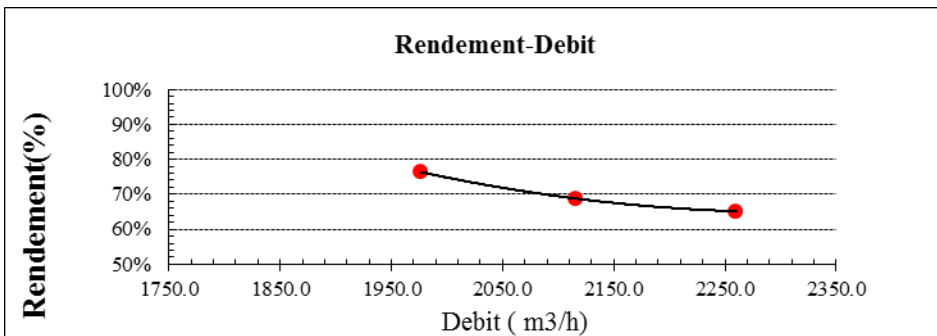


Figure III.33.c

Figure III-33: Courbes caractéristiques des pompes

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement est représenté pas la fonction suivante : $H_c = H_g + \Delta H$ (III.6)

Avec : H_g : Hauteur géométrique qui est égale a 46.62m.

Δh_t : Perte de charge totale occasionnée par la conduite (m) ;

$\Delta h_t = (1.05 - 1.1) \Delta h_p^{lin}$ pour une adduction

Avec Δh_p^{lin} : Perte de charge linéaire (m) ;

Les pertes de charge linéaire sont calculées à partir de la formule de DARCY WEISBACH qui s'exprime par :

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 * \lambda * L_{ref} * Q^2}{\pi^2 * g * D_{ec}^5} \dots\dots\dots(III.7)$$

Avec : Q : Débit refoulé par la station de pompage en (m³/s)

g : Accélération de la pesanteur (g= 9.81 m²/s) ;

λ : Coefficient de frottement linéaire ;

L : Longueur de la conduite en m.

D : Diamètre des conduites d'adduction en (m).

Le coefficient de frottement est en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative, est déterminé suivant le diagramme de Moody (Voir annexe II).

$$Re = 8.4.10^5 \text{ et } \left(\frac{\varepsilon}{D}\right) = 0.001 \text{ donc } \lambda = 0.020$$

ε : est la rugosité de la conduite, on prend (1 mm)

Application numérique :

$$\sum hp_{asp \text{ total}} = 1,1. 1,52. Q^2 = 1.596 Q^2$$

On fin nous avons l'équation de la courbe caractéristique de la conduite de refoulement comme suit :

$$H_C = 46.62 + 1.596 Q^2$$

Tableau III-4 : Résultats de la courbe caractéristique de la conduite

Qc(m ³ /s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.66	0.7	0.77
H _C (m)	46.62	46.64	46.68	46.76	46.87	47.02	47.19	47.31	47.40	47.56

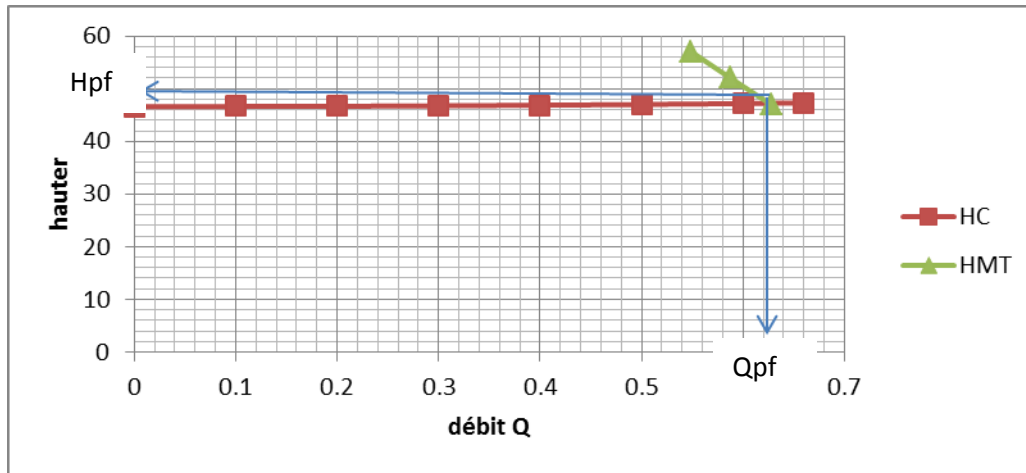


Figure III-34 : Courbe de point de fonctionnement de la pompe.

Après le tracé de la courbe caractéristique de la conduite pour une seule pompe en fonctionnement on a trouvé le point de fonctionnement suivant $(H, Q) = (47.25\text{m}, 617\text{l/s})$.

On remarque que le débit de point de fonctionnement est presque égale au débit appelé de l'agglomération donc on procède au mode de réglage de débit

III-11-1-Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données

Selon le débit demandé ou appelé, soit plus petit ou plus grand que celui qui est disponible, on distingue les modes de réglage suivants :

III-11-1-1 Débit disponible (point de fonctionnement) > Débit appelé

Si le débit pompé est supérieur à la demande on corrige cet excès par un des modes de réglage suivants :

- **Réglage qualitatif** : c'est la variation de la vitesse de rotation de la pompe si elle est variable c'est à dire qu'on a un moteur à vitesse variable.
- **Réglage quantitatif** : appelé aussi vannage, c'est la fermeture partielle du robinet vanne de refoulement.

Le rendement de l'installation après vannage est tel que :

$$\eta_{inst_{ap,van}} = \eta_{inst_{av,van}} * \frac{H_{app}}{H_{app} + h_v} \dots\dots\dots(III.8)$$

$\eta_{inst_{ap,van}}$: Rendement de l'installation après le vannage (%) ;

$\eta_{inst_{av,van}}$: Rendement de l'installation avant le vannage (%) ;

H_{app} : Hauteur manométrique appelée (m) ;

h_v : Différence entre la hauteur H_c et la hauteur appelée

$$h_v = H'_c - H_{app} \dots \dots \dots (III.9)$$

H'_c : Hauteur correspondant à la projection du débit appelé sur la courbe caractéristique de la pompe (H-Q)_R (m).

Rognage

C'est la diminution du diamètre extérieur de la roue de la pompe de telle façon à refouler le débit appelé.

On utilisant les lois de similitude, on obtient l'équation de la droite de rognage :

$$H = \frac{H_{app}}{Q_{app}} * Q \dots \dots \dots (III.10)$$

Q_{app} : Débit demandé ou débit appelé ;

H_{app} : Hauteur manométrique totale appelé (m).

Après le rognage, le diamètre extérieur de la roue sera :

$$d = D * \sqrt{\frac{Q_{app}}{Q_{M1}}} \dots \dots \dots (III.11)$$

Q_{M1} : débit correspondant au point d'intersection entre la courbe de la pompe et la droite de rognage ;

D : Diamètre extérieur de la roue avant le rognage;

d : Diamètre extérieur de la roue après le rognage (mm).

***Rendement du rognage**

$$R = (1-m)*100 \dots \dots \dots (III.12)$$

R : Rendement de rognage (%) ;

m : Coefficient de rognage ;

$$m = \sqrt{\frac{Q_{app}}{Q_{M1}}} \dots \dots \dots (III.13)$$

Remarque : Si le rendement de rognage est inférieur à 15% alors le rognage est efficace.

➤ **Augmentation des pertes de charge dans les conduites de refoulement** : en augmentant les singularités (des diffuseurs ou bien des rétrécissements brusques, les coudes..).

➤ **Diminution de temps de pompage** : dans le cas où le pompage s'effectuerait dans un réservoir.

Le nouveau temps de fonctionnement de la station est tel que :

$$t' = \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} * t \dots \dots \dots (III.14)$$

t : Temps prévu de fonctionnement de la station de pompage par jour (h);

t' : Nouveau temps de fonctionnement de la station de pompage par jour (h)

Q_{pf} : Débit correspondant au point de fonctionnement de la pompe (m³/h).

➤ **Changement du type de la pompe.**

III-11-1-2-Débit disponible (point de fonctionnement) < Débit appelé

Dans ce cas la, il faut faire un réglage soit :

➤ **Qualitatif** : augmentation de la vitesse de rotation de la pompe.

➤ **Changement de type de pompe.**

Remarque : Dans notre cas, on a $Q_{Pf} > Q_{app}$ donc on utilise le mode de réglage quantitatif, et on choisie comme type la Diminution de temps de pompage

On a :

$$Q_{app} = 2211.76 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{Pf} = 2221.20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t = 20\text{h}$$

$$\text{Le nouveau temps de pompage sera : } t' = \frac{2211.76}{2221.2} * 20 = 19.9\text{h} \Rightarrow \mathbf{t'=20h}$$

On remarque que le temps de pompage ne change pas car les deux débits sont proches.

III-12- Problèmes à l'aval de la station de pompage

III-12-1-Conduite de refoulement

Le collecteur de refoulement est destiné à transporter l'eau à partir de la station de pompage jusqu'au réservoir de stockage en considérant les facteurs suivants :

- Le nombre de collecteur de refoulement dépend de l'étude technico-économique elle est basée sur la longueur de refoulement, le cout et le nombre d'accessoires...etc.
- Le type de matériaux et le nombre de pompe installée.
- On choisit le tracé de la conduite en charge en minimisant le nombre de retour horizontaux et verticaux (moins de virage éviter la zone de glissement et la traversée d'une vallée ou de massif boisés).
- Il faut que la pente de la conduite de refoulement à partir de la station de pompage doit être inférieure < 1% la contre pente est possible dans le cas exceptionnel.
- Les vitesses de refoulement admissibles dans les conduites de refoulement sont données comme suit:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_r < 250 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \leq D_r \leq 800 \text{ mm} \\ D_r > 800 \text{ mm} \end{array} \right. \Longrightarrow \begin{array}{l} V_r = (1 \div 1, 5) \text{ m/s} \\ V_r = (1, 2 \div 1, 8) \text{ m/s} \\ V_r = (1, 8 \div 3) \text{ m/s} \end{array}$$

Ainsi, La vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement est donnée comme suit :

$$v_{ref} = \frac{4.Q_r}{\pi.D_r^2}$$

Q_r : le débit refoulé égale à $0.704 \text{ m}^3/\text{s}$

D_r : diamètre de la conduite de refoulement

$$v_{ref} = \frac{4.Q}{\pi.D_r^2} = \frac{4 \times 0.67}{3,14 \times 1} = 0.897 \text{ m/s}$$

Après la comparaison avec le tableau des vitesses admissibles on remarque que cette vitesse n'est pas comprise dans la fourchette qui convient.

La conduite de refoulement de diamètre nominal 1000 mm est acheminée à partir de la station de pompage, dans une galerie souterraine située à environ 12m de profondeur et de 3m de diamètre, sa longueur est d'environ 800 m.

Dans cette galerie, il y a apparition de source traversant l'épaisseur de la couche de béton de la galerie, le débit de cette source qui possède deux arrivées est d'environ $10 \text{ m}^3/\text{h}$. le débit important de la source d'eau peut conduire à un lessivage de béton (particulièrement la dissolution de la chaux), et par voie de conséquence ce phénomène affaiblirait la résistance du béton de la structure de la galerie, aussi pour réduire ce désordre, il y a lieu de procéder à une prise directe de cette source par deux pompes immergées dont les armoires électriques sont installées dans la salle machine de la station (par captage direct en amont).

Des petites infiltrations d'eau à travers les joints de bétonnage et les fissures de la voûte de la galerie sont, au stade actuel, sans gravité. La conduite de diamètre nominal 1000 mm se trouvant dans la galerie, dispose de tiges de stabilisation en aciers DN 40mm, situées entre la voûte et la face supérieure de la conduite.

Il a été constaté que six tiges sont tombées suite à une oxydation sévère de leur plaque en acier, servant d'appuis sur la surface de la conduite.

Au niveau de cette galerie il a été observé des stalactites au niveau des joints de bétonnage de la voûte, dû aux infiltrations d'eau à ce niveau, ce même phénomène se produit au niveau des fissures de la voûte.

Lors de nos visites et d'après les discussions faites avec les operateurs on a tiré les remarques suivantes :

- La galerie est dans un état détériorée.
- Absence de l'éclairage a l'intérieur de tunnel.
- Dans ce puits se trouve un câble de tension 63kv non protégé au dessus de la conduite.
- L'échelle d'accès au tunnel est endommagé et non stable.
- Absence d'une trappe qui couvre l'accès au tunnel.
- Conduite de refoulement corrodée.
- Présence de l'eau a l'intérieur du tunnel causés par les fuites el les perforations de conduites de refoulement qui présente un risque avec la présence de câble électrique.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait un diagnostic global de la station de pompage de TAFOURAH des points de vue équipements et structure du bâtiment, ce qui nous a permis d'évaluer le taux de détérioration qui nécessite des travaux de réhabilitation ; et de penser aux solutions et méthodes fiables pour cette opération.

CHAPITRE IV

PROTECTION CONTRE LE COUP DE BÉLIER

Introduction

Le coup de bélier est le problème majeur des ingénieurs hydrauliciens dans le domaine d'AEP, qui nuit au bon fonctionnement des conduites d'adduction. Dans cette optique, la protection des conduites doit être envisagée pour lutter contre ce phénomène.

IV.1.Définition [6]

Le coup de bélier est un phénomène transitoire et oscillatoire qui se manifeste dans des conduites en charge à écoulement gravitaire ou en refoulement, qui se traduit par un train d'onde de surpressions et de dépressions importantes susceptibles d'entraîner des ruptures des tuyaux et des équipements accessoires. Ce phénomène peut être provoqué par diverses causes à savoir :

- Arrêt brutal d'un ou de plusieurs groupes électropompes alimentant une conduite de refoulement.
- démarrage d'une pompe.
- Fermeture instantanée ou brusque d'une vanne placée au bout d'une conduite.

Le coup de bélier est caractérisé par des surpressions et des dépressions dont les variations peuvent provoquer des dommages pour la conduite.

IV.2 Interprétation physique du coup de bélier

Nous considérons dans un système analogue à notre système, c'est-à-dire une adduction par refoulement de la pompe jusqu'au réservoir avec une vitesse donnée.

Supposons qu'il se produit un arrêt brusque de la pompe ; cet arrêt provoque un phénomène oscillatoire qui peut être décrit en quatre phases :

- Première phase :

Après l'arrêt de la pompe, l'eau va suivre son chemin ascendant, il en résulte derrière la tranche d'eau considérée une dépression.

Une onde de dépression prend naissance au départ de la pompe et se propage jusqu'au réservoir suivant une distance (L) avec une célérité (C).

Au bout de ce temps la conduite est en dépression et le temps mis par l'onde est (L/c).

- Deuxième phase

La conduite reprend alors son diamètre primitif vu qu'elle a une certaine élasticité. Au bout d'une certaine période (l/c) ce qui fait au total ($2l/c$) depuis l'origine du phénomène, toute l'eau est redescendue mais va se trouver arrêter par le clapet de la pompe qui s'est fermé entre temps.

- Troisième phase :

En raison de cet arrêt la première tranche en contact avec le clapet va se trouver comprimer, entraînant une dilatation de la conduite.

Au bout d'une nouvelle période (l/c) ce qui fait ($3l/c$) depuis l'origine, toute la conduite sera dilatée avec une eau surpressée immobile.

- **Quatrième phase :**

Grâce à l'élasticité de la conduite, cette dernière reprend de proche en proche sa forme initiale allant du réservoir vers la pompe. au bout d'un nouveau temps (l/c) ce qui fait ($4l/c$) depuis l'origine, nous retrouvons dans la même situation qu'au début de l'étude du phénomène. Ce phénomène se produirait indéfiniment s'il n'est pas freiné par les pertes de charge.

IV.3 Dispositifs anti-bélier [6]

Dans une installation où le risque de coup de bélier existe, il est nécessaire de définir les protections que l'on va introduire dans le système de façon à minimiser les effets à des niveaux raisonnables.

Parmi les systèmes et les équipements de protection contre le coup de bélier on cite :

IV.3.1 Volant d'inertie

L'utilisation de volant d'inertie est limitée par la taille du volant, il est incorporé au moteur, l'augmentation de l'inertie dans le groupe de pression permet d'allonger le temps d'arrêt, donc de diminuer les effets du coup de bélier en provoquant une certaine continuité de la veine liquide.

IV.3.2 Chambres ou cheminées d'équilibre

Elles sont des récipients ouverts à forte hauteur protégeant le tronçon en aval et réduisant l'intensité du coup de bélier en amont. Son utilisation est limitée par la topographie du terrain et cela concernant les hauteurs géométriques très faibles.

IV.3.3 Réservoir à air comprimé

Un réservoir à air comprimé est un réservoir fermé dont la partie supérieure contient de l'air sous pression et la partie inférieure un certain volume d'eau. Ainsi, lors d'un arrêt des pompes (par exemple), le réservoir se décomprime et fournit de l'eau à la conduite, réduisant l'abaissement de pression dû au coup de bélier. Lorsque le sens de l'écoulement s'inverse, l'air du réservoir se comprime permettant ainsi de stocker un volume d'eau.

IV.3.4 Soupapes atténuateurs de choc

IV-3-4-1 Clapets anti-retour

Intercaler ce type d'élément permet de diviser la tuyauterie en tronçons plus courts, ce qui entraîne des temps caractéristiques moindres par rapport à la totalité de la tuyauterie.

D'ailleurs, l'installation de ce type de clapet comme protection de la pompe (éviter le flux inversé) est à l'origine de phénomènes transitoires violents, si un arrêt brusque se produit

IV-3-4-2-Soupapes de sécurité ou de décharge

Ce sont des dispositifs qui font dériver un certain débit hors du conduit principal lorsque la pression dans celui-ci est légèrement supérieure à 5% de la pression maximale de fonctionnement normal. De cette façon, la pression se réduit à l'intérieur de la tuyauterie ou de l'équipement en question. Ses installation sont simples et souvent plus économiques du point de vue investissement mais elles ont l'inconvénient de n'agir qu'aux surpressions et d'écouler le débit à l'extérieur de l'installation, sauf dans le cas de systèmes exceptionnels.

IV-3-4-3-Ventouses

Les ventouses sont utilisées pour éviter la dépression dans les conduits. Lorsqu'une dépression se produit.

Dans la majorité des cas, les ventouses sont à double effet, elles fonctionnent comme des purgeurs automatiques : lorsqu'une poche d'air arrive, elles s'ouvrent pour l'extraire à l'extérieur.

IV.4 Protection des conduites de refoulement contre le coup de bélier

Nous proposons comme moyen de protection anti bélier le réservoir d'air pour sa possibilité de protéger contre les surpressions et les dépressions puisque la station de pompage de Tafourah ne contient pas un réservoir d'air.

IV-4-1 Calcul de la célérité d'onde

On calcule la célérité d'onde à l'aide de la formule améliorée, pour les conduites enterrées :

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K * 2 * a * (1 - \nu_m^2) * (1 - \nu_s)}{(1 - \nu_m^2) * a * E_s + E_m * e_m * (1 - \nu_s)}}} \dots\dots\dots(VI.1)$$

C : Célérité d'onde en (m/s)

K : Coefficient d'élasticité de l'eau ; K = 2,07*10⁹ Pascal.

P : Masse volumique de l'eau ; ρ = 1000 kg / m³

E_m : Module de Young du matériau de la conduite ; E_m = 2*10¹¹ Pascal pour l'acier.

E_s : Module de Young du sol ; E_s = 2*10⁸ Pascal.

ν_m : Coefficient de poisson du matériau. ν_m=0,3 (acier),

ν_s : Coefficient de poisson du sol entourant la conduite. ν_s=0.33

e_m : Epaisseur de la conduite (m)= 9.5*10⁻³m

a : Rayon intérieur de la conduite (m). a=0.495m

C= 1020 m/s

IV-4-2 Détermination de la valeur de surpression et de dépression

La valeur maximale de la surpression et de la dépression est donnée par les relations suivantes :

$$\Delta H_{\max} = \pm \frac{CV_0}{g} \dots\dots\dots(IV.2)$$

- La surpression : $H_s = H_g + H_{\max}$
 - La dépression: $H_d = H_g - H_{\max}$
- V_0 : vitesse d'écoulement en régime normal (m/s) ; $V_0=0.89$ m/s
- g : accélération de la pesanteur (9,81 m²/s)
- C : célérité de l'onde est égale à 1020 m/s.

Application numérique :

$$H_{\max} = \pm \frac{C * V_0}{g} = \frac{1020 * 0.89}{9,81} = \pm 92.54m$$

- La surpression :
 $H_s = H_g + H_{\max} = 46.62 + 92.54 \rightarrow H_s = 139.16m$
- La dépression:
 $H_d = H_g - H_{\max} = 46.62 - 92.54 \rightarrow H_d = -45.92m$

IV-4-3 Calcul du volume du réservoir d'air

Le calcul est basé sur l'abaque de **VIBERT** qui donne le volume U_0 de l'air contenu dans la cloche sous un régime de marche à la vitesse V_0 .

En marche normale les caractéristiques de l'air dans le réservoir sont données par Z_0 , Z_{\min} et Z_{\max} .

- ✓ La charge tenant compte du coup de bélier :

$$Z = Hg + \frac{C * V_0}{g} \dots\dots\dots(IV.3)$$

- ✓ La charge statique absolue:

$$Z_0 = Hg + 10 \dots\dots\dots(IV.4)$$

- ✓ La charge maximale absolue:

$$Z_{\max} = Z_0 + \frac{C * V_0}{g} \dots\dots\dots(IV.5)$$

On a:

$$\left. \begin{aligned} \frac{Z_{\max}}{Z_0} \\ h_0 = \frac{V_0^2}{2 * g} \Rightarrow \frac{h_0}{Z_0} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Abaque de VIBERT} \Rightarrow \frac{U_0}{LS}; \frac{Z_{\min}}{Z_0} \quad (\text{voir annexe III})$$

$$U_0 = \frac{U_0}{L * S} * L * S$$

$$U_0 * Z_0 = U_{\max} * Z_{\min} \Rightarrow U_{\max} = \frac{U_0}{\frac{Z_{\min}}{Z_0}}$$

$$Z = H_g + C * V_0 / g = 139.16 \text{ m}$$

La charge statique absolue :

$$Z_0 = H_g + 10 = 46.62 + 10 = 56.62 \text{ m}$$

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{0.89^2}{9.81 * 2} = 0,0404 \text{ m}$$

$$\text{D'où : } h_0 / Z_0 = 0,0404 / 56.62 = 7.14 * 10^{-4}$$

$$Z_{\max} / Z_0 = 139.16 / 56.72 = 2,45$$

Si on impose une pression maximale de 113m $Z_{\max} / Z_0 = 1.99$

On a les valeurs de (h_0 / Z_0) et (Z_{\max} / Z_0) on peut tirer la valeur de $(U_0 / L.S)$ à partir de l'abaque de VIBERT (voir Annexe)

$$\text{Donc } U_0 / L.S = 4 * 10^{-3}$$

$$Z_{\min} / Z_0 = 0.2 \rightarrow Z_{\min} = 11.324 \text{ m}$$

Application numérique :

$$U_0 = 7,5 * 10^{-3} * L * S = 4 * 10^{-3} * 922 * 0.785 = 2.895 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow U_0 = 2895 \text{ litres d'air.}$$

$$U_0 * Z_0 = U_{\max} * Z_{\min}$$

$$\rightarrow U_{\max} = U_0 * (Z_0 / Z_{\min}) = 2895 * (56.62 / 11.324) = 14475 \text{ litres}$$

$$\rightarrow U_{\max} = 14475 \text{ m}^3$$

On remarque que le volume du réservoir d'air est très important

IV-5-Simulation numérique de coup de bélier :

Afin d'éviter tout surdimensionnement et de vérifier le coup de bélier nous procédons par un calcul plus exacte du coup de Bélier en simulant différentes situations.

IV-5-1-PREAMBULE

a) Rappel du contexte

La station de pompage de Tafourah est située à l'extrémité d'une antenne raccordée sur l'adduction du SPIK issue du complexe de Boudouaou.

Elle fonctionne en « surpresseur ». Elle est raccordée sur le système comme suit :

- ✓ la conduite d'alimentation de la station est raccordée directement sur les groupes de pompage (pas de bêche d'aspiration) ;
- ✓ l'eau pompée est refoulée vers le réservoir Télémly.

La station fonctionne avec 1 ou 2 GEP en marche.

b) Choix du scénario à étudier

Le scénario retenu pour l'examen de la protection anti-bélier sera donc l'arrêt brutal de deux groupes en marche.

La station étant « en ligne » l'examen de la protection anti-bélier portera sur :

- ✓ la conduite amont ;
- ✓ la conduite de refoulement.

Concernant la conduite amont la protection sera étudiée uniquement pour ce scénario, à savoir l'arrêt brutal des pompes de la station Tafourah. Les autres scénarios susceptibles de provoquer des phénomènes transitoires ne sont pas étudiés ici et devront faire l'objet d'autres études (fermetures de vannes notamment).

IV-5-2-ETABLISSEMENT DES CONDITIONS EN REGIME PERMANENT

La modélisation en régime permanent est réalisée avec le logiciel Piccolo.

IV-5-2-1- Construction

a. Données structurelle :

Le modèle prend en compte :

- ✓ le réservoir en tête des deux conduites du SPIK (bâches de Boudouaou) ;
- ✓ les deux conduites du SPIK (DN1500 mm, BPAT) jusqu'à El Harrach ;
- ✓ l'antenne de Tafourah (DN1200 mm, BPAT) ;
- ✓ la conduite de refoulement (DN1000 mm, Acier) ;
- ✓ le réservoir Télémly ;
- ✓ la station de pompage de Tafourah.

La structure du modèle est représentée de manière schématique dans la figure III-32 de 3^{ème} chapitre

b) DONNEES OPERATIONNELLES

Le débit de la station de pompage de Tafourah dépend du nombre de groupes en marche, des caractéristiques des pompes (courbe de pompe) et des conditions amont (pompes « en ligne »).

-Nombre de groupes en marche :

La station fonctionne avec 1 ou 2 GEP en marche.

La mise en marche et l'arrêt des groupes est faite manuellement par l'Exploitant en fonction du niveau d'eau dans le réservoir Télémly.

-Caractéristiques des pompes :

Les courbes de pompe ne sont pas disponibles.

En revanche nous disposons du point de fonctionnement nominal d'origine :

✓ débit : 1800 m³/h

✓ HMT : 68 mce.

Pour les calculs nous retiendrons un fonctionnement avec deux groupes en marche pour un débit théorique égal à : **3600 m³/h**.

-Conditions amont :

Les conditions amont (pression résiduelle à l'entrée des pompes) dépend du débit qui transite dans les conduites du SPIK et notamment : du débit des dessertes en route, du débit d'alimentation du complexe El Harrach et GDC, du débit de la station Tafourah

Pour le calcul nous retiendrons les débits suivants (moyennes journalières extraites de la base de données BDLT de SEAAL) :

Tableau IV-1 : Les différents débits véhiculés dans chaque tronçon

PRISE	DEBIT (M ³ /H)	OBSERVATIONS
REGHAIA 1 (nœud 15)	70	Piquage sur le SPIK
REGHAIA 2 (nœud 16)	1370	Piquage sur le SPIK
BEK (nœud 17)	3086	Piquage sur le SPIK
EL HARRACH (nœud 12)	9428	Extrémité aval du SPIK
BEAULIEU (nœud 25)	887	Piquage sur antenne Tafourah

Tableau IV-2 : Caractéristiques de différents tronçons du SPIK.

N° DE L'ARC	NOEUDINIT	NOEUD FINAL	LONGUEUR(M)	DIAMETRE(MM)	MATERIAU/RUGOSITE(MM)	ETAT
1	1	2	4448	1500	1	Ouvert
2	2	3	2411	1500	1	Ouvert
3	3	4	5117	1500	1	Ouvert

4	4	5	9241	1500	1	Ouvert
5	5	6	4300	1500	1	Ouvert
6	1	7	4448	1500	1	Ouvert
7	7	8	2411	1500	1	Ouvert
8	8	9	5117	1500	1	Ouvert
9	9	10	9241	1500	1	Ouvert
10	10	11	4300	1500	1	Ouvert
11	11	6	50	1500	1	Ouvert
12	6	12	50	1500	1	Ouvert
13	28	22	10	1000	1	Ouvert
16	2	15	300	300	1	Ouvert
17	3	16	300	800	1	Ouvert
18	4	17	300	1200	1	Ouvert
19	5	18	3583	1200	1	Ouvert
20	18	20	11480	1200	1	Ouvert
21	20	29	6	1200	1	Ouvert
23	29	19	10	1200	1	Ouvert
24	21	28	10	1000	1	Ouvert
25	22	23	322	1000	1	Ouvert
26	23	24	600	1000	1	Ouvert
27	18	25	300	1000	1	Ouvert

IV-5-2-2-Modélisation en régime permanent

a) Objectifs :

L'objectif est d'établir les conditions initiales avant la disjonction des groupes de pompage et notamment la pression résiduelle à l'entrée des pompes de la station de Tafourah.

Les calculs sont effectués avec le logiciel Piccolo (Voir annexe IV) pour :

- ✓ une rugosité égale à 1 mm ;
- ✓ un plan d'eau amont (Boudouaou) égal à : 85,0 m NGA ;

- ✓ les données structurelles et opérationnelles du chapitre précédent (longueurs, diamètres et débits).

b) Résultats :

Les résultats font apparaître :

- ✓ une ligne piézométrique égale à :
 - 51 m NGA en amont des pompes (soit une pression égale à 45 mce pour une altitude de 6 m NGA) ;
 - 90 m NGA en aval des pompes (soit une pression égale à 84 mce pour une altitude égale à 6 m NGA).
- ✓ une vitesse égale à (pour 3600 m³/h) :
 - 1,27 m/s dans la conduite de refoulement (DN1000 mm) ;
 - 0,88 m/s dans la conduite d'alimentation (DN1200 mm).

Les figures ci-après présentent :

- ✓ la pression calculée à chaque nœud (en mce) ;
- ✓ le profil en long entre le point de départ à Boudouaou et le réservoir Télémly ainsi que le profil sur la partie pompage uniquement (Station Tafourah/Réservoir Télémly)

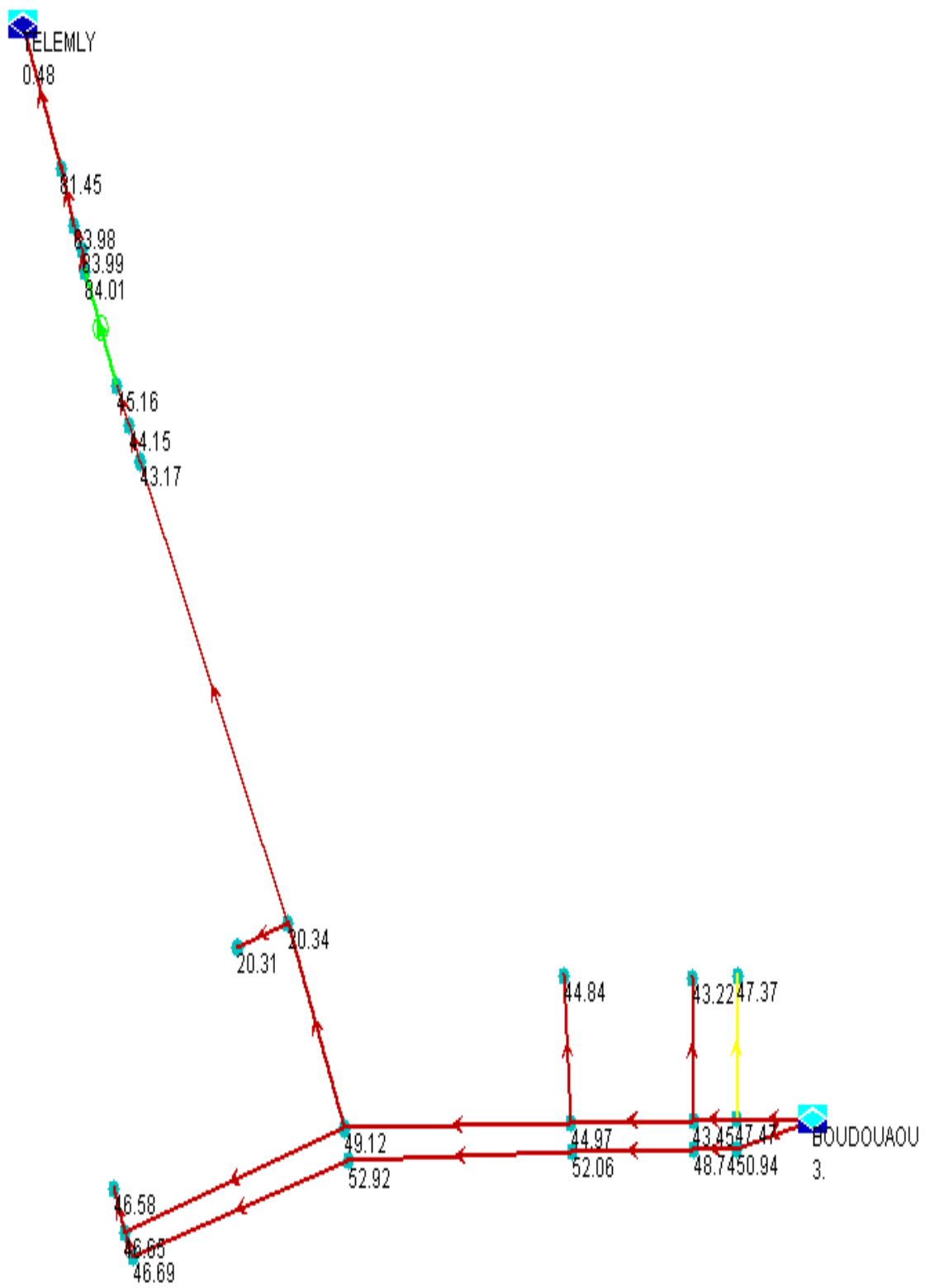


Figure IV-1 : Carte des pressions aux nœuds

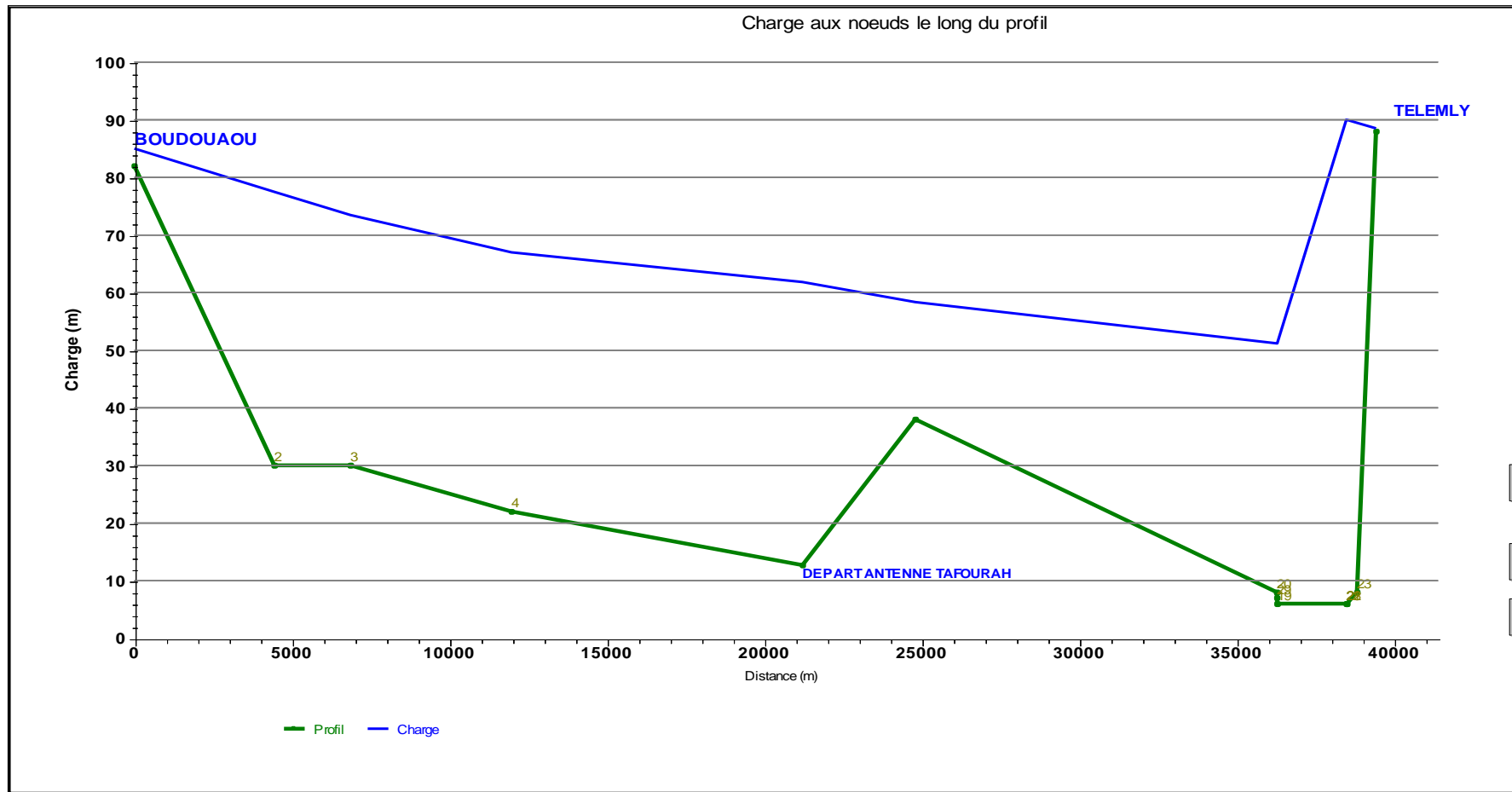


Figure IV-2 : Charge aux noeuds le long du profil (Boudouaou/Station/Télémy)

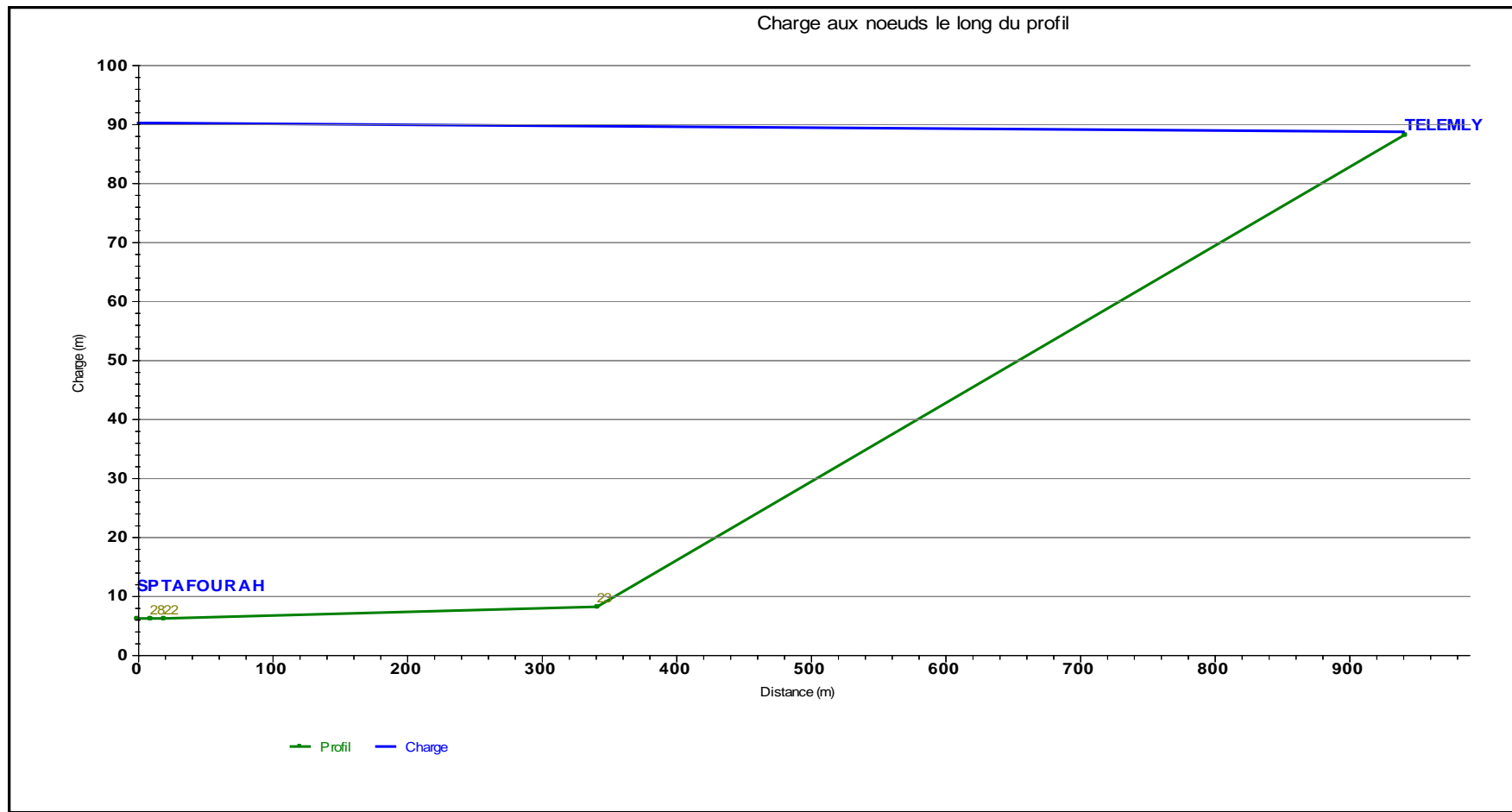


Figure IV-3 : Charge aux nœuds le long du profil (Station /Telemly)

IV 5-3-CALCULS EN REGIME TRANSITOIRE

a. Logiciels

Le logiciel utilisé est CEBELMAIL, logiciel dédié aux calculs en régime transitoire(Voir annexe V).

b. Scénario étudié

Le scénario simulé est la disjonction des groupes de pompage dans les conditions du régime permanent établies ci-dessus.

La disjonction est représentée comme suit :

DATE	DEBIT SP (m ³ /h)
0	3600
1	0

Les simulations ont été faites comme suit :

✓ Cas 1 :

Sans prise en compte du by-pass ni de l'inertie des groupes de pompage et sans aucune protection dans un premier temps.

Dans ce cas de figure on considère qu'à l'arrêt des pompes, aucun débit ne peut transiter de l'amont des groupes vers l'aval que ce soit par le by-pass ou par les groupes.

✓ Cas 2 :

Avec le by-pass en service et avec prise en compte de l'inertie des groupes de pompage.

Dans ce second cas, on considère qu'un débit passe de l'amont vers l'aval des groupes si les conditions hydrauliques le permettent (pression amont supérieur à la pression aval).

c. Célérité

La célérité de l'onde retenue est : 1200 m/s.

d. Résultats

Les résultats sont présentés dans les figures suivantes.

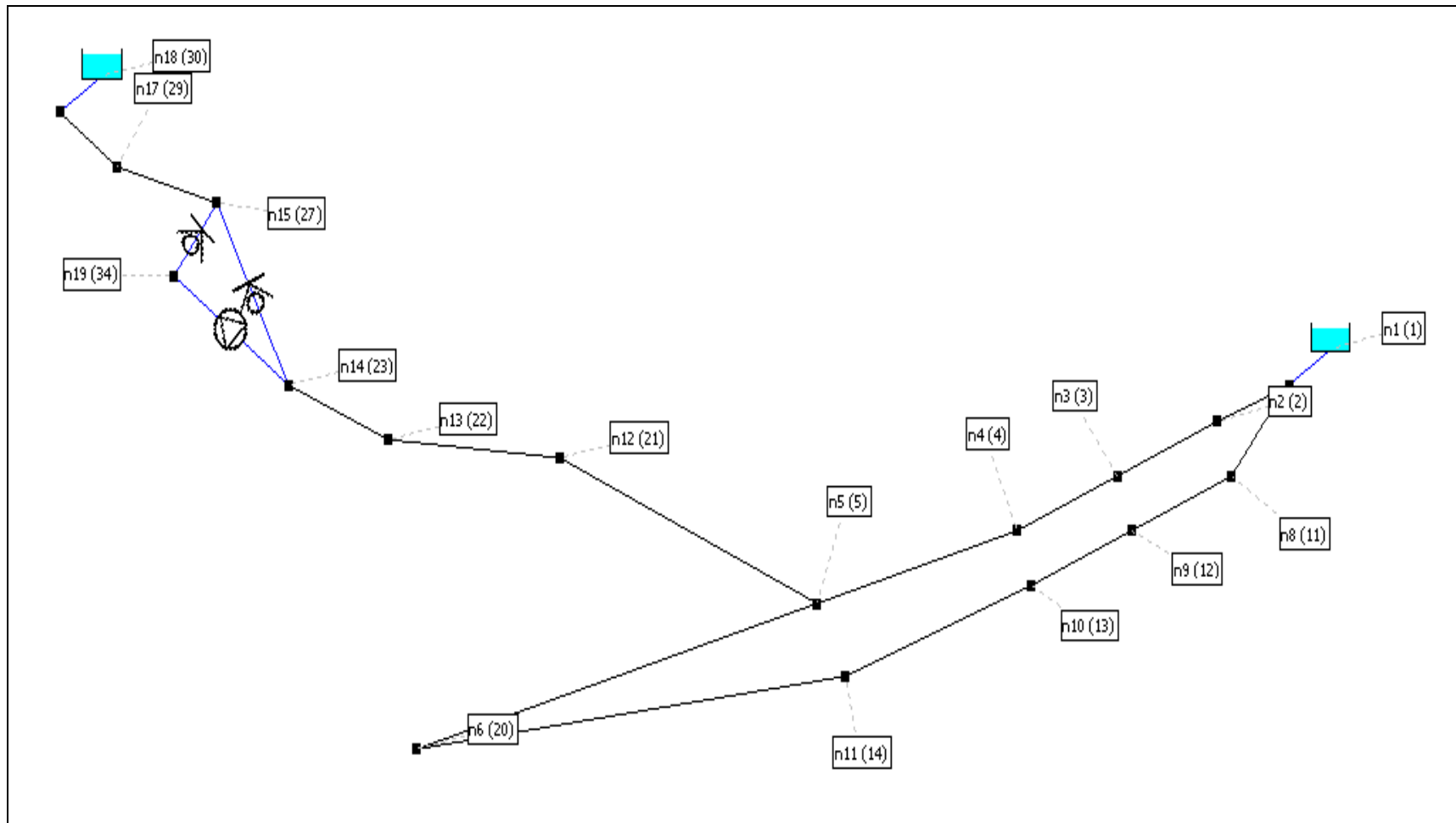


Figure IV-4 : Vue schématique du modèle construit sous Cebelmail

Cas n° 1 : Arrêt brutal des pompes ($3600 \text{ m}^3/\text{h}$) sans le by-pass et sans prise en compte de l'inertie des pompes :

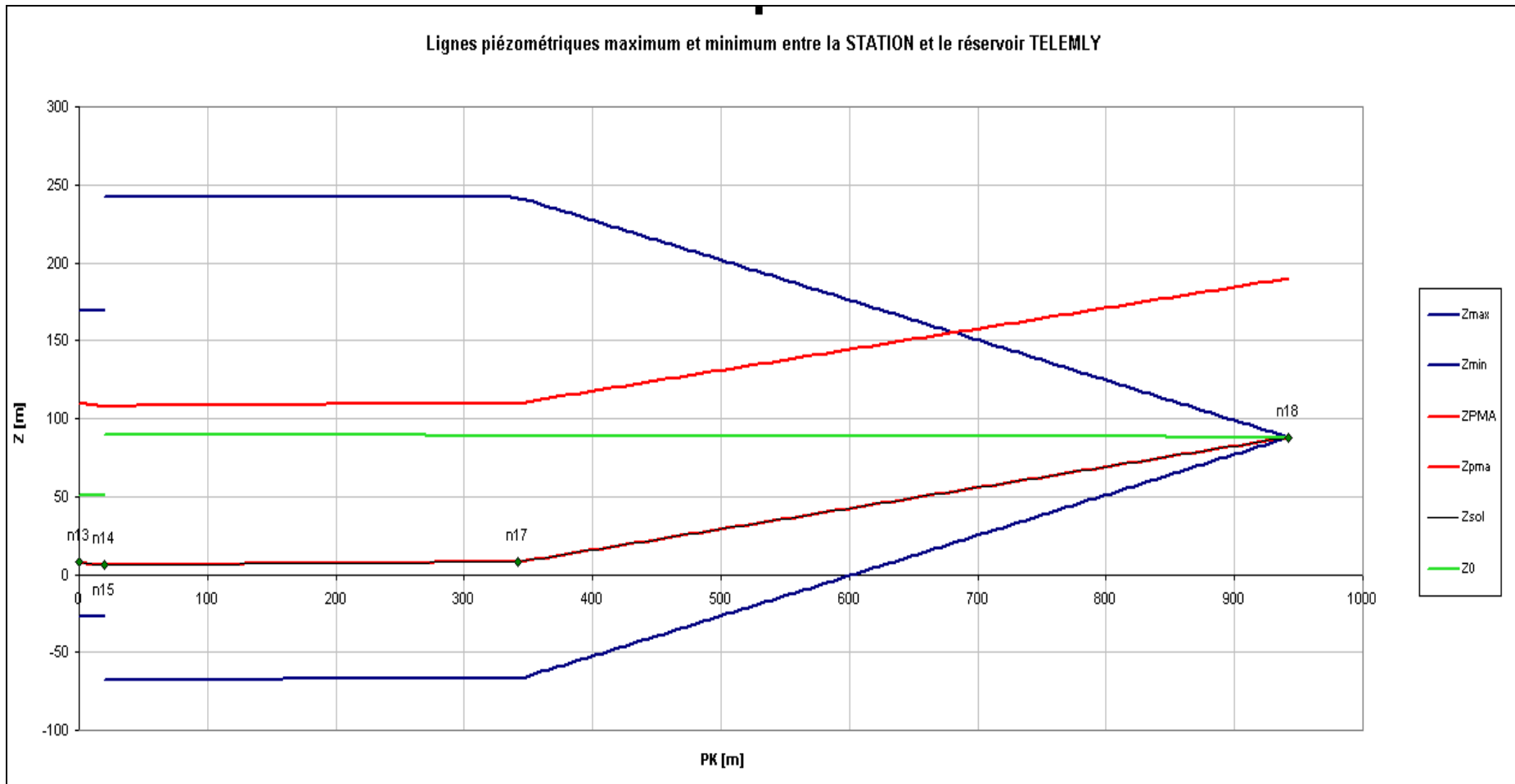


Figure IV-5: lignes piézométriques maximum et minimum entre la station et le réservoir TELEMLY

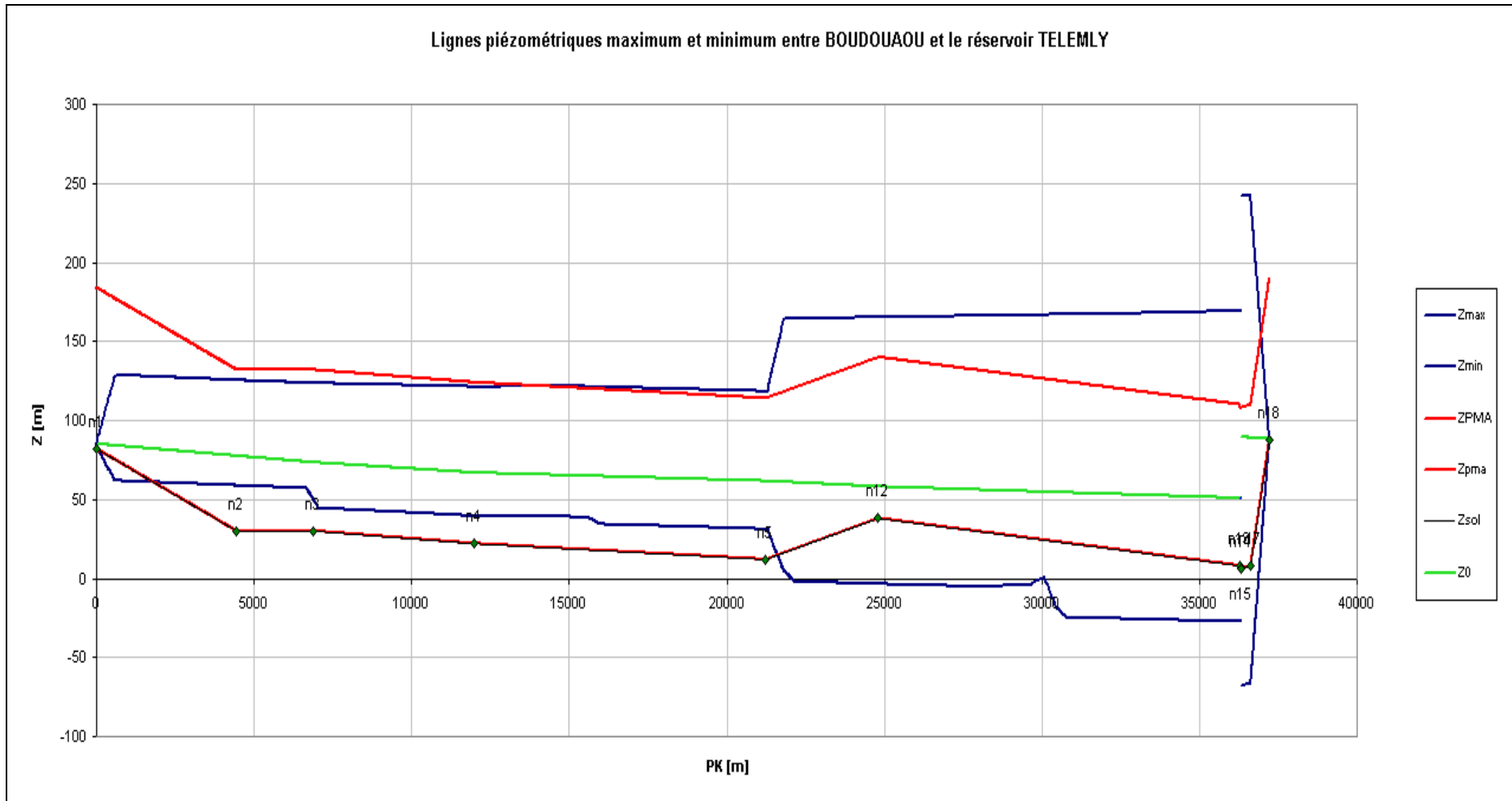


Figure IV-6 : lignes piézométriques maximum et minimum entre BOUDOUAOU et le réservoir TELEMLY

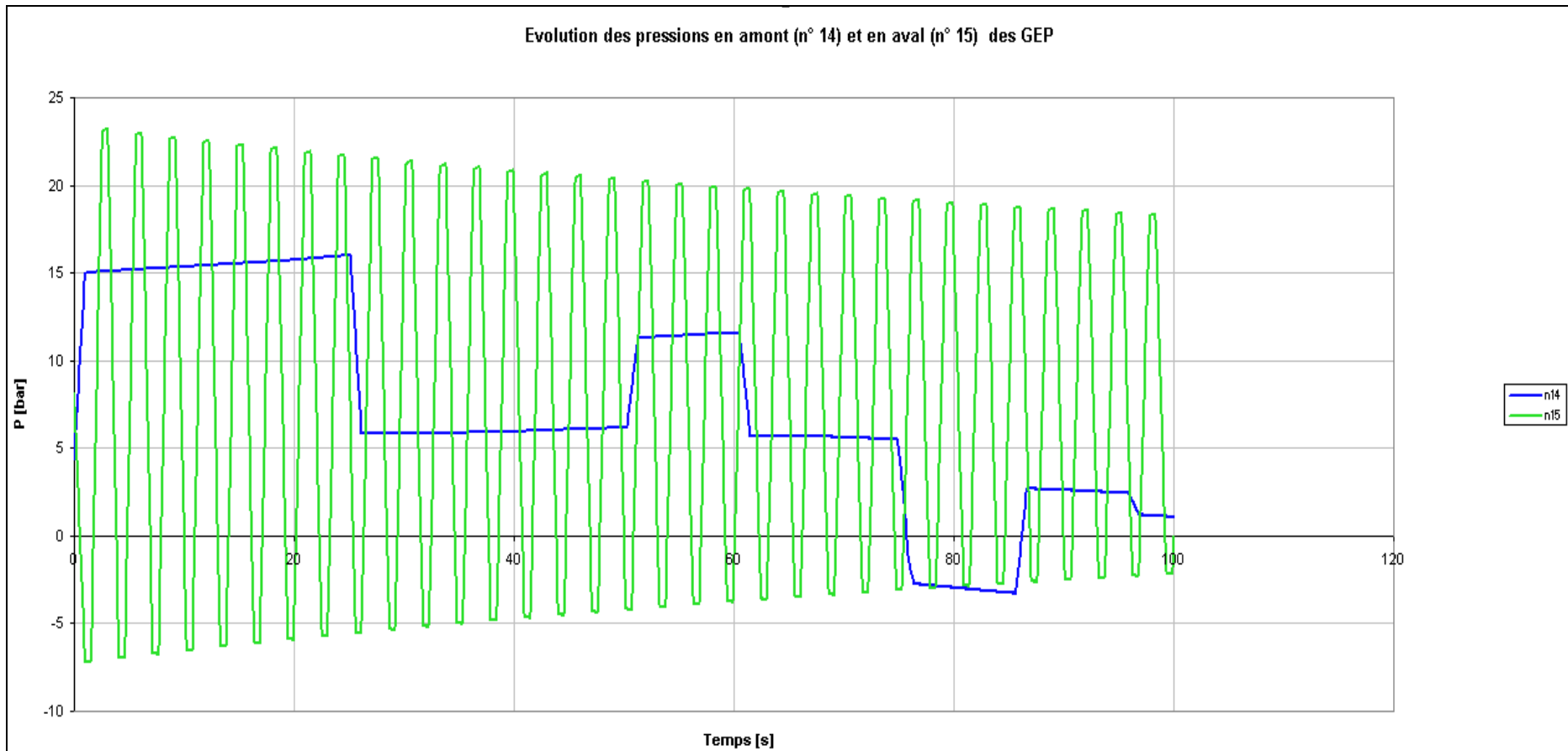


Figure IV-7 : Evolution des pressions en amont et en aval des GEP

Cas n° 2 : Arrêt brutal des pompes (3600 m³/h) avec le by-pass et avec prise en compte l'inertie des pompes :

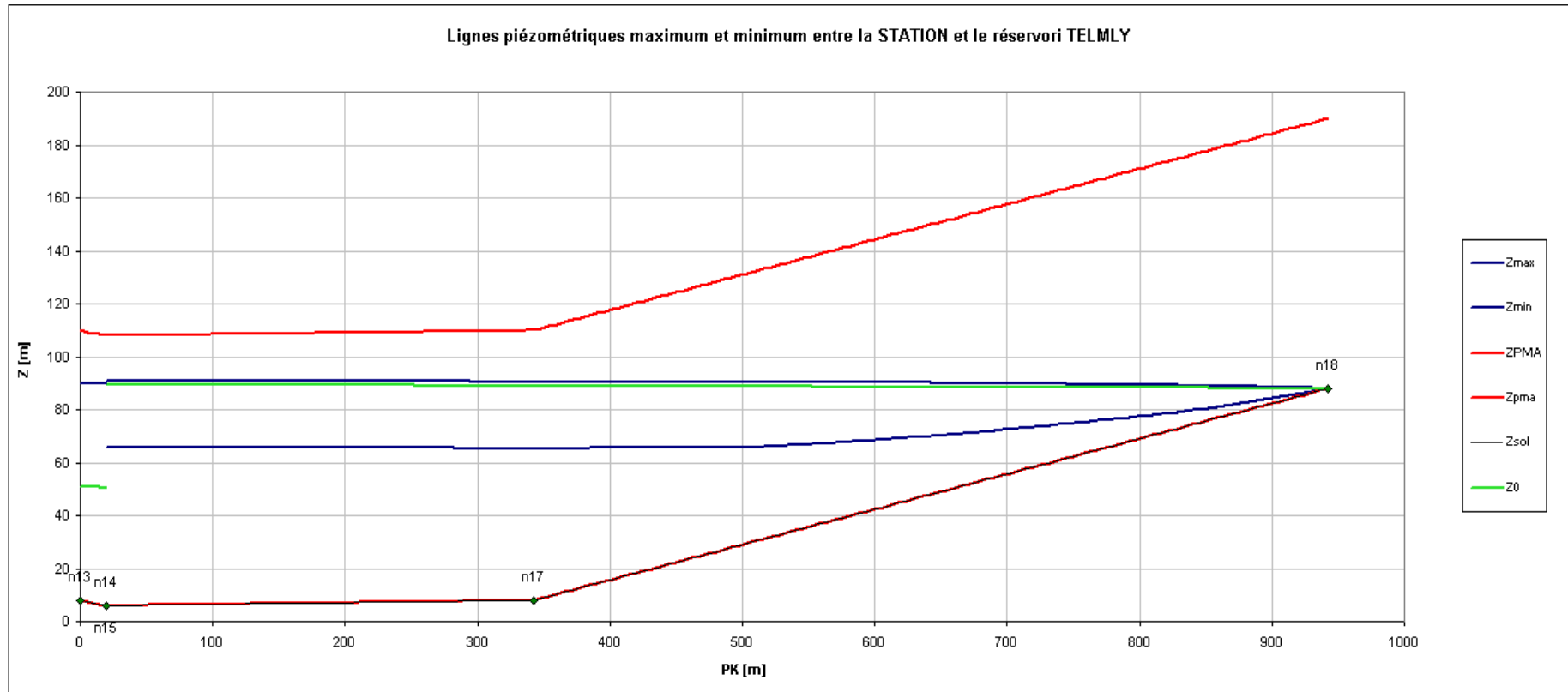


Figure IV-8: Lignes piézométriques maximum et minimum entre la station et le réservoir TELEMLY

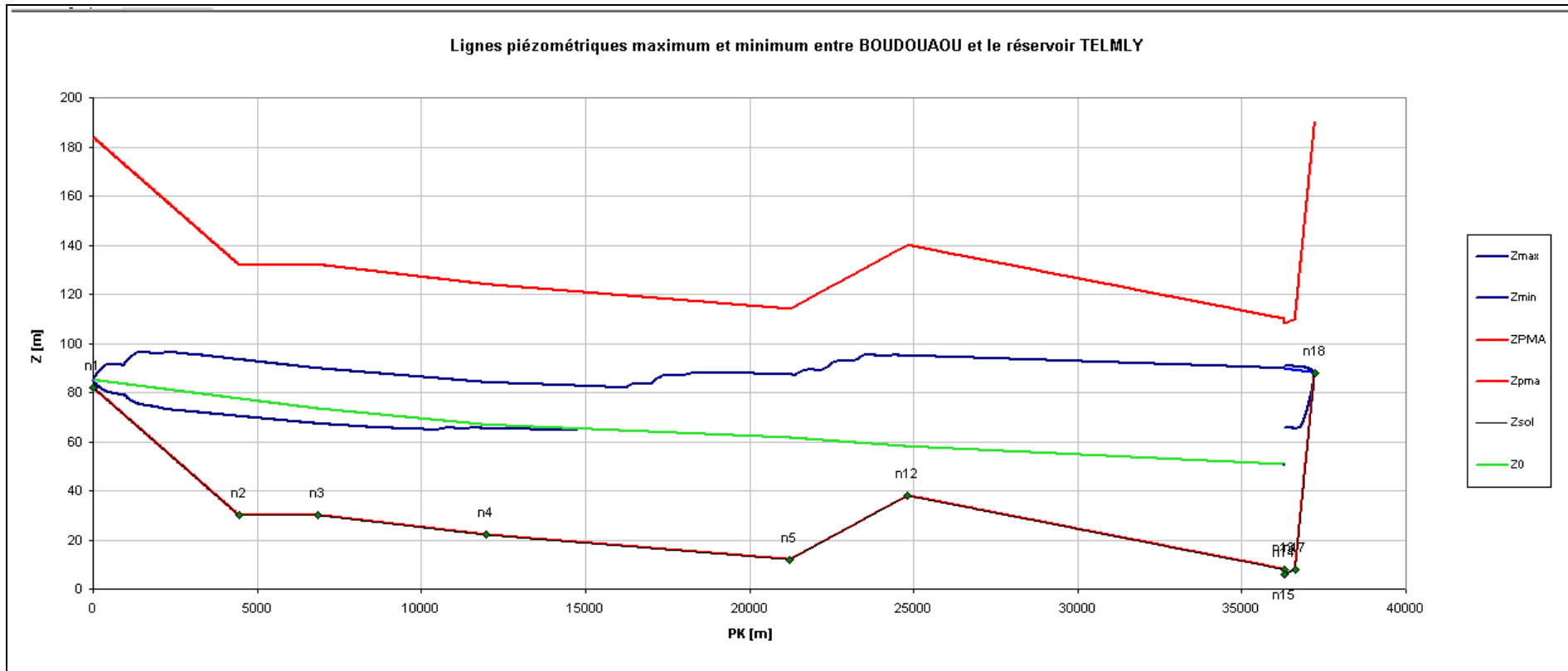


Figure IV-9: Lignes piézométriques maximum et minimum entre le réservoir de BOUDOUAOU et le réservoir TELEMLY (CEBELMAIL)

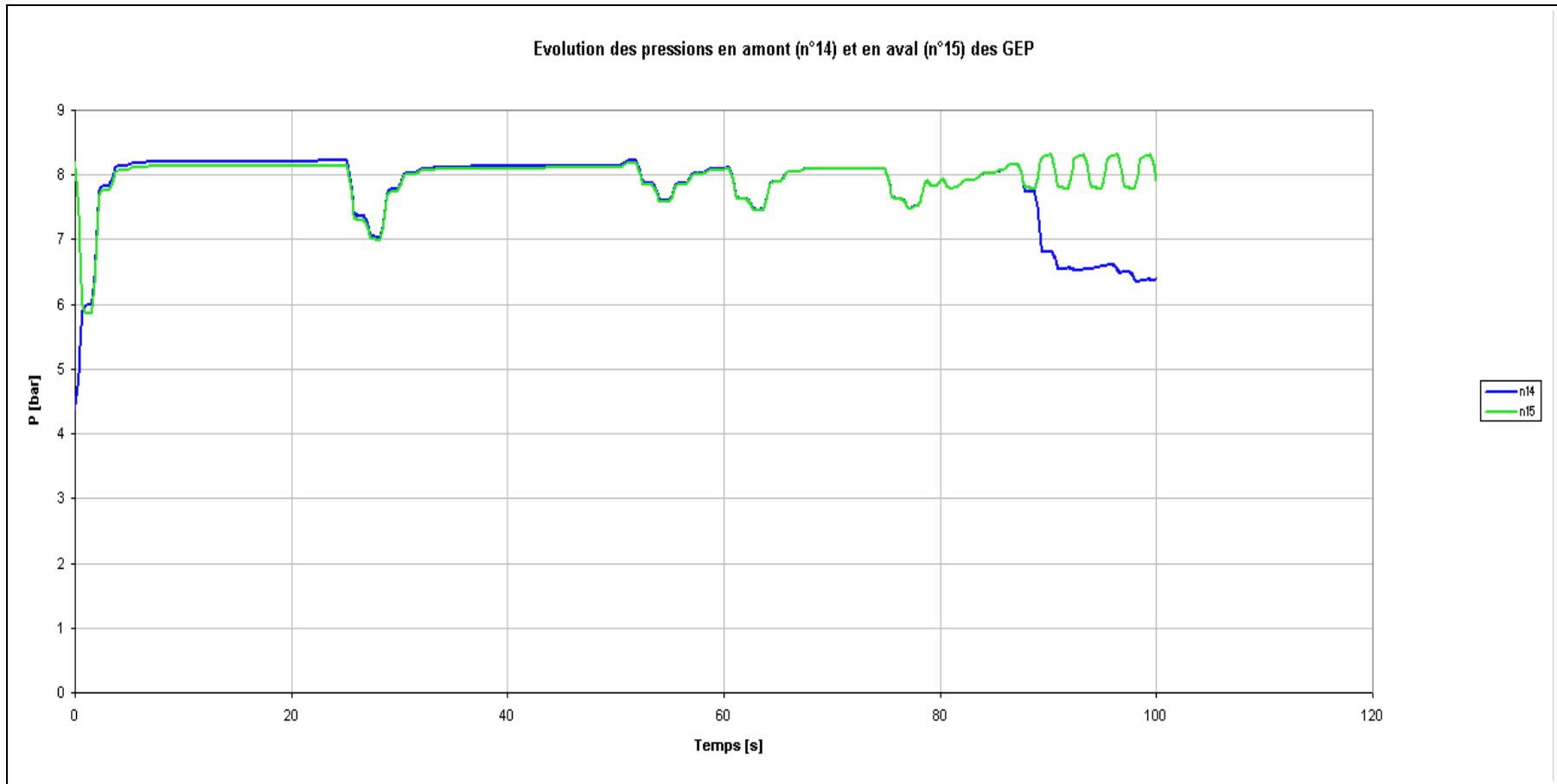


Figure IV-10: Evolution des pressions en amont et en aval des GEP

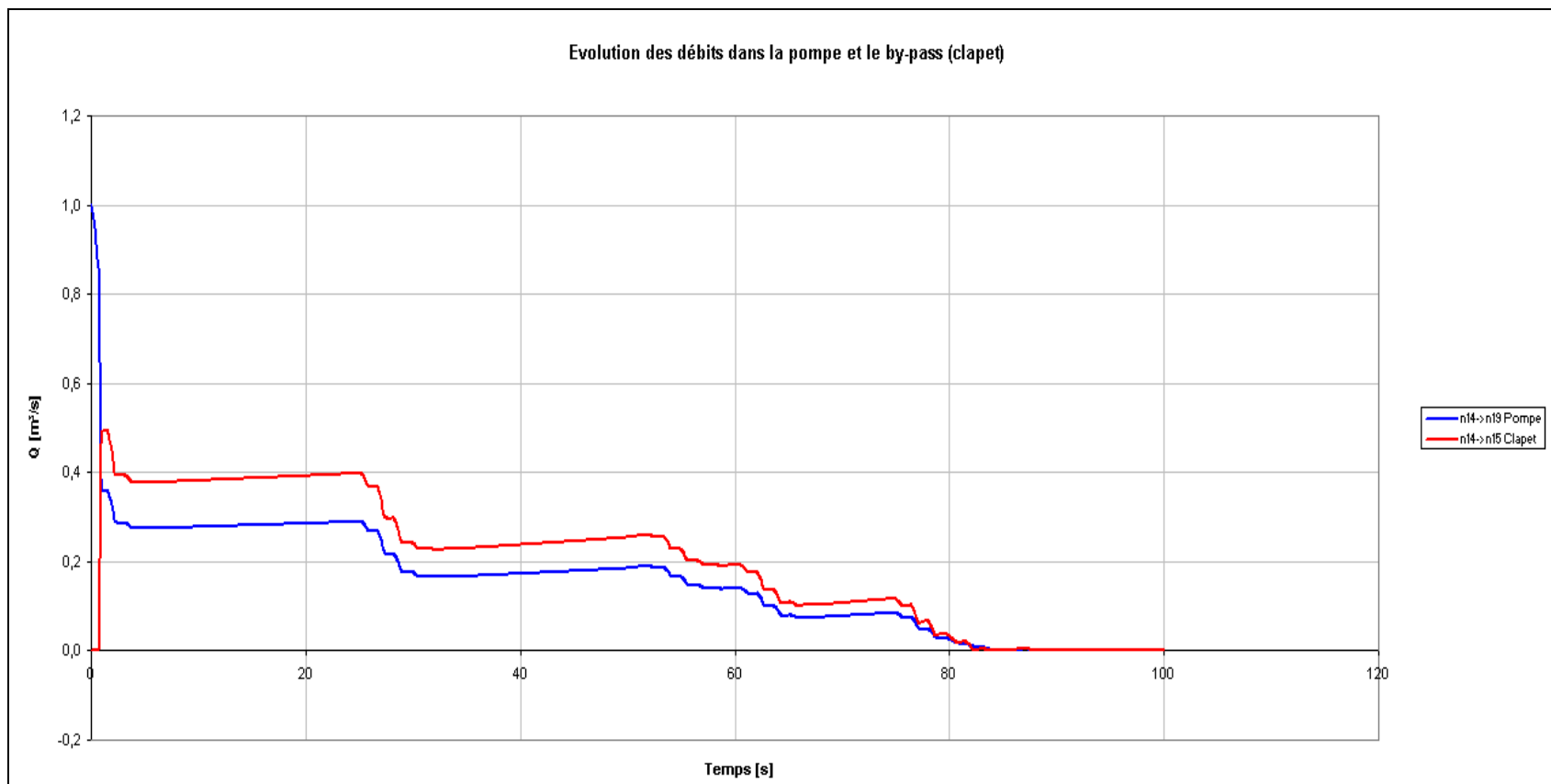


Figure-IV- 11:Evolution des débits dans la pompe-et le-bypass (clapet)

IV 5-4-CONCLUSIONS DES SIMULATIONS

e. Résultats des simulations

Sans by-pass ni l'inertie des groupes (cas n° 1), un arrêt brutal de deux groupes de pompage en marche (3600 m³/h) se traduirait par une mise en dépression de l'ensemble de la conduite de refoulement et par une surpression en amont des groupes de pompage dont la valeur maximale se situe autour de 15 bars (en amont immédiat des groupes).

La prise en compte du by-pass existant entre l'amont et l'aval des groupes de pompage et dans une moindre mesure de l'inertie des groupes de pompage permet d'équilibrer les pressions amont/aval des groupes dès la disjonction. De ce fait la ligne piézométrique reste au dessus de la conduite sur tout le long de la conduite de refoulement (pas de dépression) et la surpression amont reste contenue à une valeur proche de la pression statique.

f. Limites de la modélisation

Les calculs réalisés montrent qu'il est nécessaire de prendre en compte le by-pass pour protéger les réseaux amont et aval de la station de pompage Tafourah contre les phénomènes transitoires ainsi que l'inertie des groupes de pompage (dans une moindre mesure).

En l'absence de données précises sur les groupes des hypothèses ont été faites concernant l'inertie et le clapet du by-pass et saisies dans le modèle. Afin de valider les calculs il serait donc nécessaire de réaliser des investigations complémentaires sur site notamment :

- ✓ rechercher les caractéristiques techniques des équipements (inertie des moteurs pompes, caractéristiques du clapet, du by-pass) ;
- ✓ réaliser des mesures de pression en amont/aval des groupes et débit afin de caler le point de fonctionnement ;
- ✓ vérifier le bon fonctionnement du by-pass (mesures de débits) ;
- ✓ réaliser des mesures de pression en régime transitoire notamment en amont/aval des groupes et à l'arrivée sur la conduite de refoulement (capteurs de pression dédiés à ce type de mesure).

Conclusion

Dans ce chapitre on a calculé le volume du réservoir d'air par deux méthodes ce qui nous a données les résultats suivants :

- Les simulations faites par le logiciel indiquent l'inutilité de réservoir d'air avec la présence du by pass et du clapet, et les soupapes de décharge existantes permettent de protéger les conduites en cas de surpression.
- La méthode de VIBERT a indiquée un volume très important ce qui implique qu'elle donne une surestimation de ce dernier et ne prend pas en considération les conditions aux limites.

CHAPITRE V
RECOMMANDATIONS POUR LA STATION
DE POMPAGE

Introduction

Dans ce chapitre nous recommandons les moyens et les méthodes convenables pour la réhabilitation de la station, concernant les différents équipements et le bâtiment. Dans le but d'améliorer la production de la station et assurer le bon fonctionnement du système de pompage.

V-1-Problématique

Vue la grande importance de la station de pompage de TAFOURAH dans l'alimentation du réservoir de Telimely, et du fait que cette station est vétuste et donne un rendement de fonctionnement faible et qu'elle ne contient pas de réservoir de stockage d'eau gravitaire qui vient de SPIK, cela implique une intention particulière pour la connaissance de l'état actuel de cette station afin de prévoir les précautions et les dispositifs à utiliser pour améliorer ces performances et assurer la sécurité des exploitants.

Toujours dans le cadre de satisfaire la demande en eau à l'aval de la station et assurer le bon fonctionnement de cette dernière il a été jugé utile d'enquêter sur l'état actuel et faire un diagnostic détaillé de la station pour pouvoir proposer des solutions adéquates pour sa réhabilitation des points de vue économiques et techniques.

En considérant les constats faits lors de notre diagnostic nous proposons le type de réhabilitation qui convient.

-Constats :

- Evacuateurs de presses -étoupes et moteurs électriques corrodés.
- Au niveau des aspirations individuelles, les vannes de sectionnement ne sont pas étanches. les coudes, les joints de démontage et les convergents sont corrodés
- Au niveau des refoulements individuels, les clapets anti retour et les vannes motorisées ne présentent pas une étanchéité suffisante. Les coudes, divergents et joints de démontage sont corrodés.
- Collecteur d'aspiration corrodé ; contient une vanne de vidange qui présente des fuites considérables, et une vanne régulatrice de pression automatiquement en panne et corrodée, aussi un clapet anti choc non étanche.
- Au niveau de la conduite de by pass se trouve un clapet non étanche.
- Manomètres hors service au niveau des conduites de refoulement et aspirations individuelles.
- Pour l'installation électrique l'armoire de protection thermique et le pupitre de commande et de contrôle sont en panne. Absence d'autotransformateur pour les GEP1 et GEP2.
- Système de télémessure et d'alarme dans la salle de commande sont hors service.
- Absence de système de mise à terre et éclairages vétustes et insuffisants.

- Automatismes en générale en panne.
- Les grilles de passages des deux collecteurs sont un peu détériorées et corrodées.
- Insuffisance de chauffage et de climatisation.
- Présence de débris d'équipement dans la salle de chloration et les vestiaires sont vétustes.
- Présences d'ornières, trous et stagnations de l'eau au niveau du terrain autour de la station.
- Les portes d'accès générales et les portes intérieures sont en mauvais état.
- Un revêtement non étanche des toitures et poussée d'herbes.
- Endommagement de système de drainage intérieur et extérieur.
- Saleté des murs extérieurs et intérieurs et dégradation de revêtement mural.
- Revêtement des sols dégradés.
- Dégradation de l'enrobage du béton et des armatures visibles.
- Absence d'une trappe de l'échelle qui donne l'accès au tunnel.
- Système de levage et de ventilation salles.
- Quelques barres de système de parafoudres coupés
- Problèmes au niveau de l'adduction.

V-2- types de réhabilitation

V-2-1-Réhabilitation fonctionnelle

Il s'agit de remettre en bon fonctionnement les équipements qui jouent un rôle très important dans le refoulement des eaux d'alimentation en eau potable.

V-2-1-1-les grilles

La réhabilitation des deux grilles d'aspiration et de refoulement inclue le nettoyage et la peinture.

V-2-1-2-Système de ventilation

La réhabilitation de système de ventilation consiste dans le nettoyage et la peinture de l'extracteur d'air.

V-2-1-3-Système d'incendie

Prévoir l'alimentation du poste d'incendie existant dans la salle machine. Remplacer le détecteur d'incendie de la salle de commande.

V-2-1-4-Les vannes :

- Une simple réhabilitation inclue le nettoyage et la peinture de la vanne de régulation de débit et la vanne de vidange sur le collecteur de refoulement.
- Nettoyage et peinture de la vanne de régulation de pression qui se trouve sur la conduite d'aspiration collective, réparation de son automatisme et changement de son armoire de commande.
- Remplacement de la vanne de vidange qui se trouve sur le collecteur d'aspiration
- Remplacement des clapets anti-retour par d'autres nouveaux de type ressort et de diamètre 400mm et PN 16 avec joint de démontage.
- Remplacement des vannes d'isolation de refoulement par d'autres vannes papillon étanches.
- Les vannes à l'aspiration seront manuelles et seront équipées d'un capteur de fin de Course qui sera raccordés au boîtier de commande ou à l'automate pour interdire tout Démarrage de pompe à vanne fermée.

V-2-1-5-Les pompes

- Peinture de corps des pompes.
- Les bagues d'étanchéité des pompes nécessitent une peinture.
- Remplacement des évacuateurs des presses étoupe.

V-2-1-6-Système de manutention

La réhabilitation de pont roulant consiste dans le nettoyage et la maintenance.

V-2-1-7-appareils de mesures et de contrôle

- Remplacement des manomètres des aspirations individuelles pour les trois groupes et le manomètre de refoulement pour le GEP 1.
- Prévoir un compteur électromagnétique.

V-2-1-8-les équipements électriques

- Prévoir un climatiseur dans le poste de garde et la salle de commande .Renforcer le chauffage.
- Fournir une nouvelle installation d'éclairage (a l'intérieur , à l'extérieur et sur les clôtures a demi poteaux) et de prises de courants pour les divers locaux de la station de pompage (bâtiment de livraison des 10 kv, locaux transformation, divers étages de la station de pompage), ceci doit être accompagné d'une fourniture de nouveaux tableaux électrique divisionnaires.
- Prévoir un éclairage de sécurité pour l'ensemble des locaux et à l'extérieur du bâtiment.
- Remplacement de l'autotransformateur de GEP 1 et GEP par deux autres nouveaux qui permettent de réduire l'énergie de démarrage.
- Remplacer toutes les prises de courant et les interrupteurs par d'autres nouveaux qui Contiennent la mise en terre.

- Remplacer l'armoire de commande des équipements auxiliaires qui se trouve dans la salle machine par une autre à câblage simplifié.
- Changer l'armoire de commande de la vanne régulatrice de pression qui se trouve dans la salle machine.
- Dans la salle de commande il faut changer le système (pupitre et armoire de protection) par d'autre nouveau à modèle réduit qui consiste d'un automate programmable industriel (API) installé directement sur l'armoire de commande.
 - Il assurera la gestion générale de la station. Avec une réserve minimale de 30% qui est demandée pour les entrées sorties de l'A.P.I. et de sa Mémoire. une Interface Homme Machine (dimension de l'écran 17 pouces) permettra la consultation locale.
 - Une analyse Fonctionnelle détaillée sera proposée à l'exploitant avant la programmation de l'A.P.I. pour validation
 - Le programme sera fait de façon claire, détaillée et commenté. Il sera transmis à SEAAL, avec le logiciel et le code source.
 - Mise à disposition d'une table d'échange compatible avec le matériel de télétransmission.

Toutes les informations raccordées à l'A.P.I. seront disponibles dans la table.

- Réparer ou changer les parties de parafoudre coupé.
- Remplacement de système de télémessure par un autre qui permet d'avoir la télégestion.

V-2-2 -Réhabilitation architecturale

Les travaux de réhabilitation de génie civil concernent le local de pompage comprenant la salle des pompes, la salle de commande, le local de stockage de matériel, les vitières, et le sanitaire ; aussi le poste des transformateurs et la salle 5.5 kV de l'appareillage électrique et à l'extérieur les clôtures de l'enceinte de la station et le poste de garde.

Cette réhabilitation touche l'esthétique du bâtiment soit à l'intérieur ou a l'extérieur.

V-2-2-1-Réhabilitation extérieure :

- Le remplacement ou la réparation des parties en béton tels que les trottoirs, les bordures en béton, les tampons de visite.
- La peinture de tous les éléments métalliques extérieurs existants (échelles, grilles de filtration, avaloires et caniveaux de drainage des eaux de pluie, structures métalliques de support...etc.).
- Le remplacement du système de drainage des eaux de pluie aux niveaux des toits de la station de pompage.
- La repeinture de poste de gardiennage.
- L'installation d'une nouvelle échelle qui permet l'accès au toit de la salle de commande
- Le dégagement de la décharge public existante dans la station et les débris de tuyauteries
- Enlèvement de l'herbage des toitures et remplacement de leurs revêtements par une autre couche métalliques pour éviter l'herbage et assurer l'étanchéité.

- Installer une trappe pour le tunnel.
- Réparation et nivellement du terrain autour de la station pour éviter la stagnation d'eau
- Remplacement des revêtements des murs en béton.

V-2-2-2-Réhabilitation intérieure

Elle nécessite les opérations suivantes :

Sur les sols, murs et plafonds :

- Décapage des revêtements existants ;
- Réalisation d'un nouveau revêtement;
- Pose d'une sous-couche ;
- Pose de trois couches de peinture (peinture vinylique en 03 couches) ;
- Pose de carrelage sur le sol de la salle de commande et du magasin.
- Revêtement des dalles en béton de la salle machine.

Menuiseries :

Concernant les menuiseries détériorées :

- Suppression de toutes les menuiseries en mauvais état (portes, fenêtre) ;
- Fourniture et pose de :

Portes métalliques donnant sur l'extérieur : entrée salle des machines, entrée Salle d'appareillage électrique.

Portes intérieur en aluminium :

- Porte entre la salle des machines et la salle de commande de sorte à assurer la sécurité acoustique et réduire l'entrée de bruit,
- Porte entre la salle des machines et la Salle d'appareillage électrique;
- Remplacement et réparation des vitres cassées.

Autre réhabilitation

- Dégagement des équipements et les débris existant dans le magasin de stockage et la salle de chloration qui n'ont pas d'utilité dans la station de pompage et cela pour libérer et agrandir le bureau de chef exploitant.
- Changer les vestiaires et les armoires métalliques par des armoires en bois.
- Nettoyage et peinture des deux postes d'alimentation de sonelgaz et le poste des transformateurs.

V-2-3-Réhabilitation structurale

V-2-3-1-Description des types de réhabilitation des éléments en béton

a/Travaux de réhabilitation mineure

Les travaux de réhabilitation mineure touchent les endroits corrodés superficiellement ou le nettoyage des armatures corrodées légèrement.

Ils incluent les opérations suivantes :

Nettoyage et écroutement du béton détérioré, généralement cette détérioration ne dépasse pas l'enrobage du béton. Autrement, il faut utiliser d'autres méthodes de réhabilitation :

1. Ecroutement de l'enrobage du béton aux endroits des armatures corrodées.
2. Nettoyage des armatures corrodées par décapage au jet de sable.
3. Piquetage de la surface du béton de 6 mm de profondeur.
4. L'application d'un agent adhésif a la surface du béton.
5. L'application du ciment portlant, en utilisant la truelle ou du béton sec empaqueté ou tout autre matériel spécial empaqueté a base de ciment approuvé.

b / Travaux de réhabilitation majeure

Ces travaux de réhabilitation de béton sans démolir l'élément structural en béton incluent les opérations suivantes :

- Nettoyage des éléments structuraux comme prévu.
- Nettoyage et écroutement du béton dans les endroits détériorés.
- Nettoyage des armatures de la rouille par décapage au jet de sable.
- Piquetage de la surface du béton de 6mm de profondeur.
- L'application d'un agent adhésif a la surface du béton.
- L'écoulement du nouveau béton en utilisant ; soit des coffrages ou du béton projeté ou autre moyen convenable et approuvé.
- L'injection du mortier époxy pour les larges fissures.

C /Remplacement de l'élément structural

Le remplacement de l'élément structural en béton inclut les opérations suivantes :

- Etayage des éléments structuraux comme prévu.
- Démolition des éléments structuraux détériorés ainsi que l'enlèvement de leurs armatures
- Piquetage des surfaces du béton a l'interface entre les nouveaux éléments à écouler et les éléments existants de 6 mm de profondeur.

En suite il faut appliquer un agent adhésif à la surface du béton comme mentionné ci- dessus

- Forcer et implanter des chevilles à la surface d'interface entre les éléments nouveaux et existants.
- Coffrage et placement des armatures nouvelles.
- Ecoulement du béton frais.

V-2-3-2-Description des méthodes de réhabilitation des éléments en acier

a/ Nettoyage de corrosion mineure et repeinture

- Nettoyage par décapage au jet de sable.
- Application des couches de peinture suivantes : première couche de fond, couche intermédiaire et couche finale.

b/Remplacement des éléments en acier

- Il faut procéder au remplacement des éléments en acier marqués par une corrosion substantielle.
- Examen de tous les constituants des éléments structuraux.
- Remplacement des éléments en acier corrodés qui sont remarquable.
- Peindre les nouveaux éléments à l'atelier et fixer la peinture endommagée après l'installation surplace.

c/Réhabilitation des connexions en acier

-Les connexions en acier soudées qui sont corrodées, sont sujettes à une réhabilitation complète.

-Examiner les connexions pour localiser les boulons manquants, rouillés ou desserrés et les remplacer par d'autres équivalents et approuvés.

d/Réhabilitation des revêtements métalliques et des grilles métalliques

Elle implique les opérations suivantes :

- Inspecter tout signe de corrosion sur le revêtement métallique ou les grilles métalliques.
- Si des signes de corrosion mineure se trouvent sur les grilles métalliques, il faut procéder au nettoyage des endroits corrodés par décapage au jet de sable.
- Dans le cas où le revêtement est corrodé, il faut remplacer ses plaques au niveau de la zone affectée.

V-3- Résolution des problèmes de l'adduction

- Au niveau de la galerie il faut prévoir une nouvelle échelle d'accès sécurisée pour faciliter le contrôle et l'entretien à l'intérieur du tunnel.
- Drainage des eaux stagnées à l'intérieur du tunnel.
- Renouvellement des tiges en béton détériorés à cause des infiltrations.
- Prévoir plus d'éclairage à l'intérieur de la galerie.
- Réparation des fuites et de perforation pour augmenter le rendement de la conduite de refoulement et assurer l'arrivée du débit refoulé au réservoir de Telemely

- Protection de la conduite de refoulement contre la corrosion par un revêtement ou une protection cathodique.

V-4-Protection des conduites contre la corrosion

La corrosion est le phénomène de dégradation d'un substrat métallique par le milieu dans lequel il se trouve placé. Elle est due à la tendance des métaux à retourner à l'état stable des minéraux naturels: oxydes, sulfates, carbonates, etc.

Toute canalisation en acier, enterrée dans le sol ou immergée, est amenée à se corroder, en fonction de l'agressivité spécifique du milieu, de l'hétérogénéité de ce milieu (pile géologique) ou des métaux (couple galvanique), ou d'autres facteurs (comme la présence de courants vagabonds).

La corrosion se manifeste sous deux formes principales:

- La corrosion électrochimique
- La corrosion chimique

La prévention de la corrosion doit commencer déjà dans la phase de planification, en d'autres mots, on doit prendre en considération la corrosion dès le début d'un projet jusqu'à sa réalisation, pour garantir une certaine durée de vie lente que possible, pour un coût minimal, enfin le principe de base pour lutter contre la corrosion est d'éviter les réactions d'oxydation.

Les principaux types de protection contre la corrosion sont :

- Protection intérieure
- Protection extérieure
- La protection cathodique

Chapitre XIV

Chapitre XV -4-1- Protection intérieure

Dans un milieu humide, la corrosion est caractérisée par une attaque de l'oxygène sur le métal. De plus les eaux contenant des éléments chimiques (minéralisées) ayant une faible vitesse d'écoulement provoquent dans les canalisations des dépôts se fixant sur les parois et qui constituent des petites piles qui favorisent l'attaque du métal.

Pour lutter contre cet inconvénient, il est nécessaire de procéder à la protection intérieure, d'où on prévoit un revêtement à base de bitume.

Chapitre XVI V-4-2- Protection extérieure

Chapitre XVII Le principe de protection consiste à placer la conduite dans un isolant qui s'appelle revêtement, son rôle principale est d'assurer une protection efficace et de longue durée des parois des canalisations en constituant une barrière étanche contre la

corrosivité du milieu environnant ; c' est la réalisation d'une résistance d'isolation électrique élevée, afin de couper le courant aux réactions de corrosions électrochimiques.
Chapitre XVIII Une protection passive de la conduite d'adduction nécessite donc une attention particulière lors de son application qui se traduit en pratique ; par le respect rigoureux des règles de l'art en matière de revêtement et de spécification propres au cours de réalisation et ceci notamment par :

- 1 - Un nettoyage soigneux de la surface extérieure de la conduite.
- 2 - L'application d'une couche de peinture spéciale (**primer**).
- 3 - L'application de revêtement renforcé par une armature en laine de verre et protégée en papier **Kraft**

Chapitre XIX V-4-3 -La protection cathodique:

La protection cathodique est la technique qui permet de conserver dans son Intégrité la surface extérieure des structures en acier enterrées ou immergées, en s'opposant au processus électrochimique d'attaque du métal par le milieu ambiant, c'est-à-dire Les canalisations acier constituent le champ d'application principal de cette protection. Les réseaux en acier, même anciens et dégradés, peuvent bénéficier de cette technique dans des conditions économiques admissibles. Nous présenterons dans ce qui suit les principaux modes de la protection cathodique brièvement.

Les principaux types de protection cathodique sont:

- Le soutirage de courant ;
- Le drainage de courant ;
- L'anode sacrificielle ;

V-4-3 -1- Soutirage de courant

Afin d'éviter la corrosion du métal il faut abaisser son potentiel à un niveau d'immunité, pour cela cette technique consiste à connecter le réseau en un ou plusieurs points au pôle négatif (cathode) d'une source électrique de courant continu.

Le redresseur comporte 2 pôles :

(+): un pôle positif relié à la prise de terre nommé (anode), ou masse sacrificielle, c'est là où la corrosion sera reportée.

(-): un pôle négatif sera relié à la conduite là où s'échappe le courant de l'installation, il est donc soutiré.

V-4-3 -2- Drainage de courant

Le drainage du courant est utilisé dans le cas d'existence de courants vagabonds très importants, ces courants peuvent quitter la voie de leurs évacuations pour emprunter le réseau des conduites en un point et le quitter en d'autres points afin de retrouver leurs sources.

Le principe de drainage est de faire regagner ces courants leurs voies d'évacuation et les faire

V-4-3 -3- Anode réactive

Elle a pour but de mettre a profit l'effet du couple galvanique (pile) crée par l'association dans un même électrolyte de deux métaux différents, le métal à protéger et un métal moins noble qui consiste l'anode.

Lorsque la conduite est établie entre l'anode et la cathode ; un courant électrique parcourt le cuivre dans le sens ouvrage a protéger / anode.

Le courant de protection cathodique qui est du a la tension existante entre le fer et l'anode constitue un courant corrosif pour l'anode ; et de ce fait le phénomène de corrosion est transféré en quelque sorte de l'ouvrage à protéger à l'anode en métal laquelle se remplace facilement.

La protection cathodique complète de manière absolue est la protection passive du revêtement et ceci quelles que soient les modifications de l'environnement des conduites dans le temps, Pour un investissement minimum.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons suggéré les procédures de réhabilitation générale de la station de pompage de TAFOURAH aux point des vues architecture, structure et fonctionnement ou le remplacement si c'est possible de toutes parties endommagées.

CHAPITRE VI

***ETUDE DE DEVIS ESTIMATIF DU PROJET
DE RÉHABILITATION DE LA STATION DE
POMPAGE DE TAFOUR***

Introduction

Dans ce chapitre nous estimons le coût total de réalisation du projet de réhabilitation de la station de pompage de TAFOURAH, on donnant les prix de réhabilitation de chaque stade concernant les équipements hydrauliques, électriques et la réhabilitation du bâtiment.

VI.1.Fourniture et Pose d'Equipements Hydromécaniques

Les prix des différents équipements hydrauliques sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableaux VI.1 : Bordereaux estimatif de réhabilitation des équipements hydromécaniques

N° de bord	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire DA (HT)	Montant	
1-1	Fourniture et pose de vanne papillon PN16 DN400 a commande électrique équipée d'une fin de course et une tige de manœuvre en acier.	U	3	450 000,00	1350 000,00	
1-2	Réparation de vanne de régulation de pression DN800 PN16.	ENS	1	1000 000.00	1000 000.00	
1-3	Fourniture, transport et pose de vanne de type papillon à commande manuelle PN16 bars DN500 y compris joint de démontage, équipée d'un capteur de fin de course et d'une tige de manœuvre en acier.	U	3	300 000,00	900 000,00	
1-4	Fourniture et montage de clapet anti-retour de type ressort à bride et emboitement, et à fermeture rapide PN16bars DN400.	U	3	260 000,00	780 000,00	
1-5	Fourniture et pose d'un clapet anti retour DN900 PN16 équipé de contre poids	U	1	500 000.00	500 000,00	
1-6	Fourniture et pose d'une vanne de vidange type opercule DN125.	U	1	20 000.00	20 000,00	
1-7	Fourniture, transport et pose de manomètre DN100 y compris un robinet porte manomètre à trois voies de mesure :	-Graduation 0-16	U	3	7 100,00	21 300,00
		-Graduation 0-10	U	3	6 000,00	18 000,00
1-8	Fourniture, transport et pose d'un compteur mécanique de diamètre DN100 PN10 sur le	U	1	200 000,00	200 000,00	

	collecteur de refoulement.				
	Coût total des équipements hydromécaniques				4789 300,00

VI .2.Fourniture et disposition des équipements électriques

Le coût total de la réhabilitation des équipements électriques est donné dans le tableau suivant :

Tableau VI .2 : Bordereaux estimatif de fourniture et pose des équipements électriques

N° de bord	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire DA HT	Montant
2-1	Fourniture et pose des circuits de mises à la terre des masses métalliques de la station et du neutre du transformateur.	ENS	1	150 000,00	150 000,00
2-2	Fourniture et pose de dispositif d'éclairage et prises de courant et interrupteurs	ENS	1	200 000.00	200 000.00
2-3	Fourniture et pose d'une armoire de commande complète d'automatisme avec API et accessoires raccordement et de communication.	u	1	3 000 000.00	3 000 000.00
2-4	fourniture et pose et Installation du système de télégestion	ENS		1 500 000.00	1 500 000.00
2-5	Fourniture et pose d'un climatiseur de type Split Système de 12000 BTU dans la salle de commande	u	2	50 000,00	100 000,00
2-6	Fourniture de deux autotransformateurs de démarrage d'une puissance de 416 kW.	ENS	2	2000 000 ,00	4000 000,00
2-7	fourniture et pose de système parafoudre	ENS	1	320 000.00	320 000,00
2-8	Coût total de réhabilitation des équipements électriques				9270 000,00

VI.3 Coût de réhabilitation du bâtiment de la station de pompage

Le coût de réhabilitation comporte deux parties à savoir l'intérieur et l'extérieur du bâtiment de la station de pompage et son génie civil et l'aménagement du site.

VI.3.1-Coût de réhabilitation intérieure de la station de pompage

Il Consiste dans le coût de réhabilitation architecturale du bâtiment (murs, sols et plafonds, menuiserie) et de la réhabilitation structurale (béton).

Tableau VI.3 : Devis estimatif de réhabilitation intérieure du bâtiment

N° de bord	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire DA HT	Montant
3.1	Sols, murs et plafonds				
3.1-1	Décapage du revêtement des murs et plafond existant ; incluant également le repérage et la réfection des fissures éventuelles sur parois ou sur plafond, et l'évacuation des produits indésirables à la décharge et toutes les sujétions de bonne exécution	Ens	1	300 000.00	300 000.00
3.1-2	Réalisation du nouveau revêtement au mortier de ciment sur parois ou sur plafonds	Ens	1	250 000.00	250 000.00
3.1-3	Réalisation de surfaces uniformes et lisses avec des enduits au mortier de ciment sur parois et sur plafonds.	Ens	1	400 000.00	400 000.00
3.1-4	Mise en place de la peinture vinylique en trois couches sur toutes les surfaces des murs et plafonds	Ens	1	250 000.00	250 000.00
3.1-5	Pose de carrelage dans la salle de commande, magasin et bureau de personnelle. Ce prix inclus la fourniture, le transport, préparation du sol, la pose et toutes les sujétions de bonne exécution	Ens	1	300 000.00	300 000.00
2	Menuiseries				
3.2-1	Dépose, fourniture et pose de porte d'entrée métallique à la salle des machines depuis l'extérieur de 3,00 m X 3.50 m, la serrurerie et la	u	1	100 000,00	100 000,00

	quincaillerie et toutes les sujétions de bonne exécution				
3.2-2	Dépose, fourniture et pose de porte d'entrée métallique à la salle d'appareillages électriques de 2.5 m X 2.8 m, y compris la serrurerie et la quincaillerie et toutes les sujétions de bonne exécution	u	1	55 000,00	55 000,00

Suite du tableau VI.3

N° de bord	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire DA HT	Montant
3.2-3	Dépose, fourniture et pose de porte d'entrée en aluminium entre la salle des machines et la salle d'appareillages électriques de 1,85 m X 0.85 m, y compris la serrurerie et la quincaillerie et toutes les sujétions de bonne exécution	u	2	45 000.00	90 000,00
3.2-4	Fourniture et pose d'une porte en aluminium entre la salle machine et salle de commande dimension 1,2m x 0,8m, y compris la quincaillerie et toutes les sujétions de bonne exécution	u	1	25 000,00	25 000,00
3.2-5	Réparation et remplacement des vitres cassées		1	100 000.00	100 000.00
3.2-6	Fourniture et pose des armoires de vestiaire en bois	u	10	15 000.00	150 000,00
3	Réparation du béton				
3.3.1	Fourniture et pose de béton armé, dans le cadre des réparations, y compris adjuvants, résine, et toutes sujétions d'exécutions et de mise en œuvre	Ens	1	500 000,00	500 000,00
4	Système de drainage				
3.4.1	Réalisation d'un système de drainage à l'intérieur du local de pompage existant y compris puisard, grilles métalliques et pompe d'épuisement.	Ens	1	200 000.00	200 000.00
	Coût total de réhabilitation intérieure				2720000 ,00

VI .3.2 -Réhabilitation extérieure du bâtiment

Le montant du coût de réhabilitation extérieure de la station de pompage de TAFOURAH est calculé dans le tableau suivant :

Tableaux VI.4 : Devis estimatif de coût de réhabilitation extérieure du bâtiment

N° de bord	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire DA HT	Montant
3.2-1	Fourniture et pose d'une échelle métallique d'accès au toit de la salle de commande.	U	1	100 000,00	100 000,00
3.2-2	Réfection du revêtement des murs ; incluant également le repérage et la réfection des fissures éventuelles sur parois, l'enlèvement du revêtement dégradé.	Ens	1	500 000.00	500 000,00
3.2-3	Peinture en trois couches sur toute la surface des murs extérieurs	Ens	1	200 000.00	200 000.00
3-2.4	Enlèvement de l'herbage sur les toitures du bâtiment, décapage de revêtement existant réalisation d'un nouveau revêtement	Ens	1	1000 000.00	1000 000.00
3.2-5	Aménagement du site y compris voiries et bordures, engazonnement, éclairage et drainage du site	Ens	1	1000 000.00	1000 000.00
	Coût total de la réhabilitation extérieure.				2800 000,00

VI .4-Coût total de réalisation de projet de réhabilitation

Le coût total de réhabilitation de la station de pompage de TAFOURAH est résumé dans le tableau suivant :

Tableau VI. 5 : Coût total de réhabilitation de la station de pompage.

SERIES	MONTANT DA HT
Réhabilitation des équipements hydromécaniques	4 789 300, 00

Réhabilitation des équipements électriques	9 270 000 ,00
Réhabilitations du bâtiment de la station de pompage (extérieure et intérieure)	5 520 000,00
Total du projet	19 579 300,00

Conclusion

Dans ce chapitre on a pu effectuer une évaluation économique de coût de réhabilitation de la station de pompage de TAFOURAH qui nous a conduits à un prix de dix neuf millions cinq cent soixante dix mille et trois cents dinars.

Ce coût est effectivement inférieure au cout de réalisation d'une nouvelle station de pompage qui peut atteindre cinq milliards de dinars algériens.

CHAPITRE VII

***IMPACT DE LA STATION DE POMPAGE
SUR L'ENVIRONNEMENT ET SÉCURITÉ DE
TRAVAIL***

Introduction

Les stations de pompage sont des ouvrages génie civil très importants peu polluants, destinées à l'exercice d'une activité industrielle (alimentation en eau potable, irrigation, assainissement) qui ont des effets néfastes sur l'environnement du point de bruits et vibration et du point des odeurs dégagées par les effluent dans le cas de stations de relèvement des eaux usées.

Ce sont aussi des ouvrages présentant, en générale peu de danger pour les operateurs et le personnel si les précautions et les dispositions de protection sont prises dès la conception de ces derniers.

VII-1. Bruit et vibration [5]

Le problème de bruit et vibration causés par l'installation de pompage n'est pas nouveau, aujourd'hui ; il apparait d'une façon propagée, en raison de l'exigence du confort qui se développe, tant pour le personnel d'exploitation que le voisinage.

Les bruits les plus aigues sont les plus pénibles à supporter, mais les plus faciles à arrêter, la fréquence propre de la plupart des matériaux étant basse, par contre, les sons graves sont difficiles à absorber et se propagent facilement, en effet, les hautes fréquences se transmettent par l'air et se réfléchissent sur les parois ou il est facile de les absorber, alors que les basses fréquences se transmettent par la structure même du bâtiment.

VII-1-1. Définition du bruit

Le bruit est une sensation physiologique due à une vibration de pression au voisinage du tympan. La mesure physique du bruit tout en s'approchant du phénomène physiologique, ne le traduit qu'imparfaitement, l'écart étant d'autant plus grand que le bruit est complexe.

VII-1-2. Origines de bruit

Le bruit dans les stations de pompage est généré par :

VII-1-2-1. Groupes électropompes

Les pompes font un peu de bruit dans le fonctionnement normal, Les moteurs sont toujours à l'origine de bruit, ces derniers sont :

- Mécanique (roulement et accouplement).
- Magnétiques.
- Aérodynamiques (ventilation).

C'est toujours la ventilation qui est responsable des bruits les plus puissants et les plus désagréables. Ceci est dû en partie au fait que pour réduire le rapport poids /puissance des machines et améliorer l'utilisation de leurs parties actives, il a fallu constamment accroître les

débites et vitesses de l'air, provoquant ainsi inévitablement une augmentation du bruit aérodynamique.

Dans la pratique, le bruit s'accroît avec la puissance du moteur et avec sa vitesse de rotation. Ce sont donc les gros moteurs à vitesses très importantes qui seront les plus bruyants.

VII-1-2-2. Groupe électrogène

Les groupes électrogènes, utilisés comme alimentation de secours des stations de pompage sont des machines très bruyantes, le bruit se transmet à l'extérieur essentiellement par les entrées et sorties d'air, mais aussi par l'échappement.

VII-1-2-3. Canalisation et appareils hydrauliques

Aux vitesses élevées, on peut observer des bruits de turbulences dans les canalisations, Mais dont le niveau demeure très inférieure aux perturbations acoustiques engendrées par les machines tournantes.

La cavitation dans les vannes et autres appareils hydrauliques constitue généralement la source la plus importante de bruit permanent dans les canalisations.

En fin, il faut signaler le cas du coup de clapet observé à l'arrêt de pompes, qui peut être très bruyant si on a placé un réservoir anti- bélier à l'aval immédiat du clapet et le bruit des compteurs volumétriques qu'on observe parfois et qui est du au choc du piston sur la parois.

VII-1-3. Lutttes contre les bruits aériens

Pour éviter les nuisances, deux vois sont possibles,

- Empêcher le bruit de se produire.
- Empêcher le bruit de se propager.

VII-1-3-1. Action sur les sources de bruit

Empêcher le bruit de se produire conduit donc à choisir des moteurs , et des pompes à vitesse lente, mais ceci induit des problèmes d'encombrement et de prix.

On peut aussi, mais après avis de constructeur, envisager de réduire la ventilation (soit le nombre de pales, soit leur longueur). Le moteur peut parfois le supporter, mais pas toujours, les constructeurs travaillant souvent à la limite du refroidissement nécessaire.

Pour diminuer les bruits mécaniques créés par les roulements, on peut aussi remplacer les roulements à billes par des roulements à rouleaux, voir dans les cas extrêmes par des paliers lisses.

Les bruits hydrauliques qu'on peut observer dans les pompes et canalisations peuvent être supprimés ou considérablement réduits, moyennant quelques précautions, dont nous citons :

- L'élimination des risques de cavitation.
- La réduction des turbulences (vitesse suffisamment faibles, changement progressifs de section, rayon de courbure assez grand..).
- L'amélioration des coups de clapets.

VII-2. L'hygiène et sécurité dans la station de pompage

Les maîtres d'ouvrages entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle sont tenus de prendre toutes les dispositions qui concernent l'intégration de la sécurité de travail et l'organisation de la coordination en matière de sécurité et de protection de la santé sur le chantier.

Ainsi le législateur oblige celui qui construit une station de pompage d'eau à concevoir des ouvrages permettant au personnel d'effectuer en toute sécurité les opérations d'exploitation et d'entretien. D'ailleurs, une bonne conception évitera souvent de devoir engager par la suite des frais importants de (mise en conformité) ou de modification.

Cela n'évitera pas cependant de prévoir certaines dispositions et consignes d'exploitation qui permettant d'utiliser dans les meilleures conditions les ouvrages réalisés.

VII-2-1. Les risques à considérer lors de la conception des ouvrages

Les installations du chantier doivent être sécurisés et installés dans des endroits clôturés dont l'accès est formellement et explicitement interdit aux étrangers a part les ouvrier concernés.

Les chutes sont les causes les plus fréquentes des accidents de travail, le constructeur doit donc procéder a réduire le risque d'accident en assurant : un sol antidérapant, rambardes, installation des regards en dehors des zones de circulation, signalisation des obstacles.

Sur le plan d'hygiène la nature des revêtements doit être d'un entretien facile dans les stations destinées à l'alimentation en eau potable ou au relevage des eaux usées. L'évacuation des eaux de nettoyage des murs et des sols, doit être prévue par des lavages au jet, plus commodes et plus hygiénique que le nettoyage de serpillière.

Le personnel chargé de l'entretien doit pouvoir travailler sans faire d'acrobatie et en toute sécurité, il doit donc atteindre facilement tout les points de contrôle et de réglage, tels que les compteurs, les graissages, les vannes , les capteurs de niveau.

VII-2-2. Les risques provenant des matériels et machines

VII-2-2.1 Installation électrique

La réglementation en matière de prévention du risque électrique est abondante. Cependant une bonne conception des ouvrages contribue à la prévention des accidents d'origine électrique.

Si les interventions sur les pompes doivent se faire à l'aide de grues auto – tractées, Il est déconseillé d'installer cette station à proximité de lignes électriques aériennes. Quand cela est possible, il est conseillé de prévoir un arrêt de la ligne à quelques dizaines de mètres de l'ouvrage et de réaliser une alimentation souterraine.

Quand la station a une certaine importance, on prévoira un éclairage de secours (batteries, groupes électrogènes, onduleurs...). Dans les endroits humides, à proximité

d'enceintes conductrices (cuves anti- bélier), on prévoira des alimentations très basses tension.

Certains gaz sont très corrosifs, principalement l'hydrogène sulfuré et il y a lieu de placer les installations électriques dans les endroits ventilés où ces gaz ne risquent pas de s'accumuler... Le matériel antidéflagrant pourra, dans certain cas, être utilisé.

Sur le plan de l'exploitation l'accès au matériel sous tension sera réserve au personnel électricien.

La prudence oblige à ne permettre les manœuvres des installations qu'à des salariés dont on aura vérifié les connaissances en matière de sécurité électrique. Ils ne devront intervenir sur des machines tournantes qu'après s'être assurés et avoir signalé la mise à l'arrêt. La condamnation par cadenas est vivement souhaitable, à défaut, des pancartes doivent clairement indiquer l'interdiction de remise en marche.

La condamnation du circuit de commande ne peut jamais être considérée comme un verrouillage de sécurité par suite de défauts d'isolement possibles de ce circuit.

L'ouverture du sectionneur, le débouchage de disjoncteur, l'enlèvement des fusibles sont seuls réellement sûrs.

L'attention du personnel doit aussi être attirée sur les risques des machines tournantes à démarrage automatique ou cyclique Enfin, lorsque des capots ou carters de protection sont retirés, les machines doivent être verrouillées à l'arrêt

VII-2-2-2.Appareils de levage

Les treuils, les ponts roulants, les potences, les palans, les poulies, les élingues et les crochets peuvent être à l'origine d'accidents graves. Ils font l'objet d'une réglementation contraignante et complexe.

Afin de s'assurer de leur bon état de fonctionnement, des vérifications périodiques doivent être prévues pour l'ensemble des appareils de levage et de leurs dispositifs de sécurité.

Comme les agents chargés d'effectuer ces vérifications doivent être particulièrement qualifiées, il est souvent préférable de faire appel à des organismes de contrôle spécialisés dans ce genre d'opération.

VII-2-2-3. Appareils à pression

Les réservoirs de compresseurs, des cuves anti-béliers sont les principaux appareils à pression de gaz utilisés dans les stations.

Ces matériels doivent être maintenus en bon état, ils sont réglementés dès que leur pression de service est supérieure à 4bars et que le produit **P** (bar) par **V** (litre) est supérieur à 80.

L'épreuve est obligatoire avant la mise en service sur le lieu d'utilisation, elle doit être renouvelée tous les 10 ans. Une vérification est à faire tous les trois ans, de même que le matériel de levage, il est souhaitable que ces opérations soient faites par des organismes spécialisés.

On rencontre aussi sur les stations des appareils contenant d'autres gaz que l'air, souvent le chlore, parfois l'oxygène pur, ces appareils font eux aussi l'objet d'une réglementation particulière que doit connaître l'exploitant.

VII-2-2-4. Les risques provenant de produits dangereux

La présence normale ou accidentelle de produits corrosifs ou toxiques est un risque pour les salariés comme pour les matériels. Il faut prévoir des mesures contre les risques de débordement ou d'éclaboussures des produits agressifs ou dangereux (ex : acide sulfurique, chlorure ferrique...). Un bassin de rétention sera construit autour de la cuve les contenant, il sera étanche et résistant à l'agressivité du produit.

Pour se prémunir des dangers d'émanations gazeuses (chlore, hydrogène, sulfuré, ozone) les installations seront fréquemment vérifiées. On prêtera une attention particulière aux fosses, caves, zones en contrebas où peuvent s'accumuler des gaz plus lourds que l'air (CO₂, H₂S) particulièrement toxiques. On évitera ces risques en vérifiant ou mieux, en supprimant ces endroits chaque fois que cela est possible. En cas d'accident des équipements de protection individuelle seront mis à la disposition des agents chargés de l'intervention. Ceux-ci devront connaître l'utilisation de ces équipements.

Les produits dangereux font l'objet d'une réglementation au titre du code du Travail et, à partir de certains volumes de stockage au titre des établissements classés.

VII-2-5. Les travaux dans les stations de pompage

Avant toute intervention dans une station le personnel doit connaître les risques qu'il peut y rencontrer ; la réglementation impose d'ailleurs d'informer les salariés exécutant des travaux d'entretien sur les règles de sécurité à respecter.

Il faut notamment indiquer les règles de circulation (les endroits dangereux ou interdits) les modes opératoires les plus sûrs, le fonctionnement des dispositifs de protection et de secours, la conduite à tenir en cas d'accident.

Lors de l'intervention d'entreprises extérieures, l'exploitant est tenu de les informer des risques particuliers de la station et d'organiser une coordination entre les activités des divers intervenants, de manière à assurer l'hygiène et la sécurité des travailleurs présents simultanément dans la station. Ne pas oublier d'insister sur les exigences dues à la potabilité de l'eau ni sur les risques de contamination par les eaux usés.

Pour la sécurité du personnel d'intervention, il est souhaitable que celui-ci ait quelques notions élémentaires qui lui permettent de conserver son sang froid en cas d'accident. Il est utile, par exemple, d'avoir enseigné le maniement d'un extincteur, d'afficher à proximité du téléphone la liste des numéros d'urgence et, si possible, de former du personnel au secourisme. Cette formation est d'ailleurs indispensable pour les électriciens.

Dans le cas d'utilisation de protections individuelles, il serait illusoire de penser qu'il suffit de les remettre à l'agent pour qu'elles soient bien utilisées ; un casque de sécurité, un appareil respiratoire. L'encadrement, dans ce domaine a un rôle important à

jouer, il doit être informé de l'obligation de porter et de faire porter ces équipements, il doit connaître les méthodes d'enseignement et de démonstration de leurs utilisations.

Les stations de pompage ne sont pas des endroits plus ou moins dangereux que d'autres, elles ont leurs risques particuliers et ceux-ci doivent être connus à la fois des exploitants qui y travaillent et des constructeurs qui les conçoivent. L'amélioration de la sécurité des travailleurs est devenue une obligation très contraignante du législateur qui poursuit et condamne lourdement les contrevenants, mais elle est aussi et, avant tout, une obligation sans laquelle il ne peut y avoir de projet technique acceptable.

Conclusion :

L'amélioration de la sécurité des travailleurs est devenue une obligation très contraignante du législateur qui poursuit et condamne lourdement les contrevenants mais elle est aussi, avant tout, une obligation sans laquelle il ne peut y avoir de projet technique acceptable, et cela dans le but de diminuer les accidents de travail qui augmente chaque année.

Pour mieux garantir la sécurité de la station de pompage et la santé des travailleurs, il est impératif de les doter de ces différents équipements, et de :

- Choisir un personnel et operateurs qualifiés dans ce stade.
- Faire entretien quotidien de la station de pompage.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

A travers les différentes étapes de la réhabilitation de la station de pompage de Tafourah, que nous avons établies, dans le but d'améliorer ces performances.

Nous avons fait un diagnostic détaillé de la station de pompage de Tafourah qui se caractérise par l'absence d'une bêche d'aspiration et la vétusté du matériel. Nous avons constaté qu'elle présente une détérioration du bâtiment de l'intérieur et de l'extérieur, en plus des différents équipements existants.

A fin de protéger les conduites nous avons étudié le phénomène du coup de bélier en utilisant deux méthodes différentes :

- Logiciels de la simulation (PICCOLO et CIBELMAIL) qui permet de choisir le dispositif de protection selon les conditions de fonctionnement.
- La méthode de VIBERT qui a donnée un volume surestimé du réservoir d'air.

Pour remédier à cette situation, nous avons recommandé le renouvellement de certains équipements et la réhabilitation de certains d'autres, ainsi que des techniques nouvelles de réhabilitation de la structure.

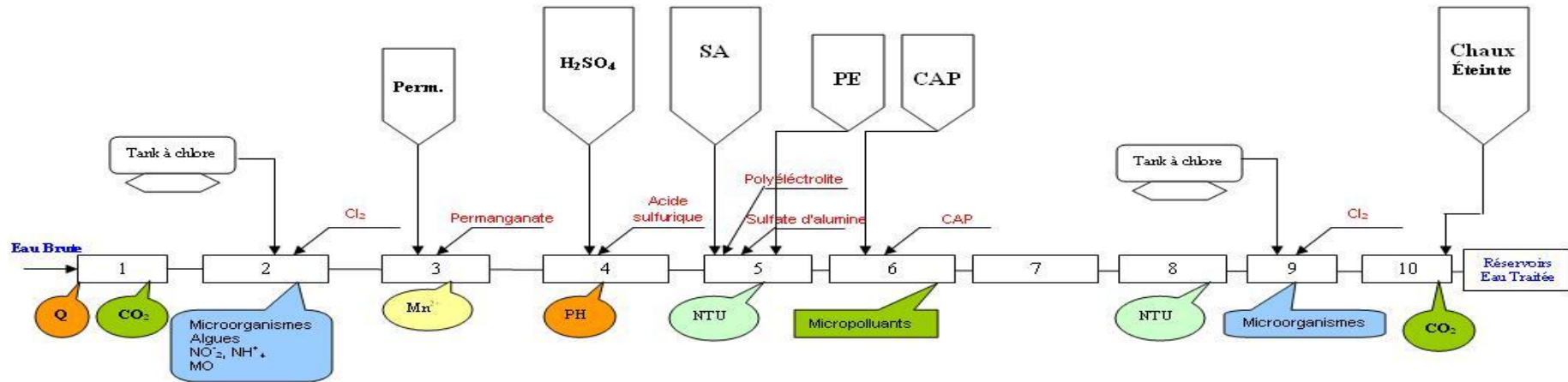
Ces recommandations nous ont permis d'évaluer un coût de réalisation du projet largement inférieur au coût de construction d'une nouvelle station de pompage, ce qui favorise le projet de réhabilitation.

Enfin, dans cette étude nous avons voulu donner un intérêt particulier à l'environnement de cette station de pompage dont le facteur essentiel est le bruit ainsi qu' à la sécurité des travailleurs.

LES ANNEXES

Annexe I

Centre de traitement de Boudouaou Schéma synoptique de la filière de traitement



- 1- Aération.
- 2- Préchloration.
- 3- Démanganisation.
- 4- Acidification.
- 5- Coagulation-Floculation.

- 6- Adsorption (CAP).
- 7- Décantation.
- 8- Filtration.
- 9- Postchloration.
- 10- Neutralisation (Correction du PH d'équilibre).

LEXIQUE : Q=Débit, NTU= Turbidité, Mn^{2+} = Manganèse, Cl_2 = Chlore, CAP= Charbon actif, H_2SO_4 = Acide sulfurique, SA= Sulfate d'alumine, PE= Polyélectrolyte, Perm.= Permanganate de potassium, CO_2 = Acide carbonique, NO_2^- = Nitrite, NH_4^+ = Ammonium, MO= Matière Organique.

ABAQUE

DE M. VIBERT

POUR LE CALCUL SIMPLIFIÉ
DES RÉSERVOIRS D'AIR

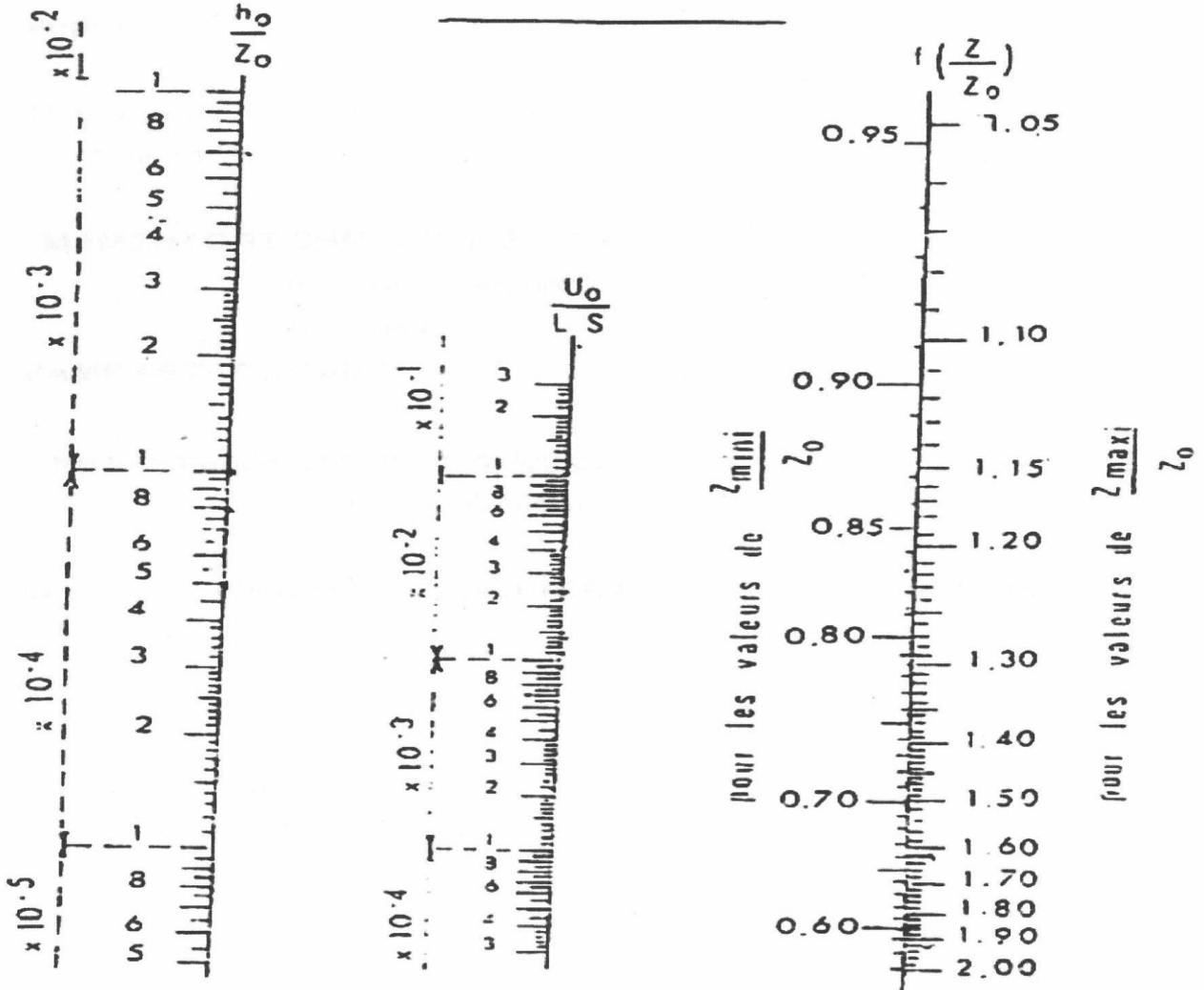


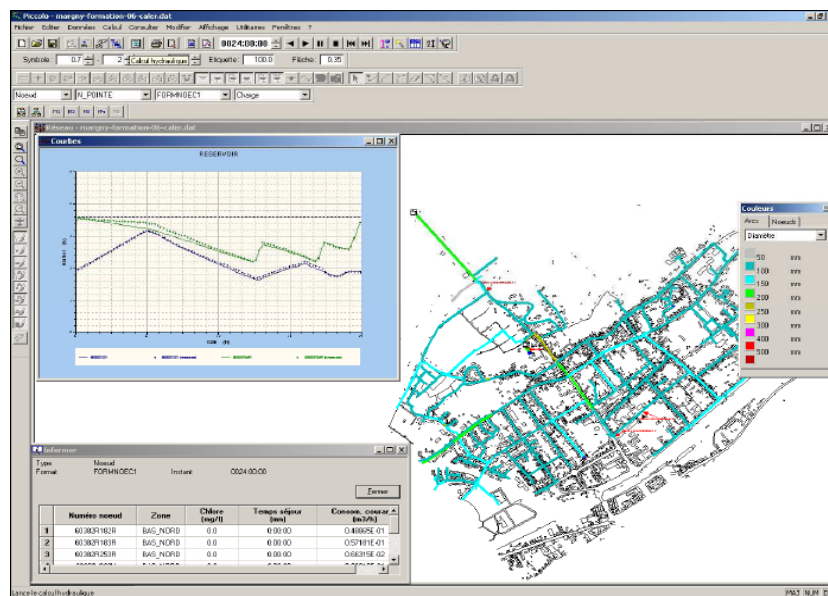
PLANCHE XXVII

Annexe IV

Présentation de logiciel piccolo

1. Introduction au logiciel de simulation PICCOLO :

PICCOLO est un outil puissant de modélisation des réseaux de fluides sous pression, particulièrement adapté à la simulation dynamique de modèles détaillés.



L'architecture du logiciel permet d'importer ou de saisir la description du réseau à partir des données de conduites, des consommations facturées, des stations de pompage, des réservoirs de stockage, et des organes de contrôle de la pression ou du débit.

Il autorise, de plus, la définition de n'importe quel ouvrage singulier à partir de sa courbe de perte de charge en fonction du débit.

Les débits, vitesses et pression en tout point du réseau peuvent être calculés, en régime permanent, à un instant donné (heure de pointe ou autre) pour toutes les configurations du réseau. En régime dynamique,

PICCOLO détermine l'évolution du système avec ses contraintes d'exploitation, comme l'asservissement des pompes et des vannes, pour analyser les variations de stockage et la disponibilité des ressources en eau. Des alarmes, générées au cours des calculs.

2. Les modules optionnels de PICCOLO

2.1 Module qualité

Depuis 1991, PICCOLO est doté d'un module de calcul de la qualité de l'eau. Cette expérience offre à l'utilisateur des fonctionnalités pleinement validées pour les différents aspects du suivi de la qualité de l'eau distribuée :

- Calcul des temps de séjour,
- Propagation d'un polluant,
- Identification des origines de l'eau et des zones de mélange,
- Estimation du résiduel de désinfectant en fonction des paramètres de l'eau, de la population bactérienne et de l'état de corrosion des conduites,
- Prévion des phénomènes de dépôt et érosion,

2.2. Module de dimensionnement

Ce module calcule automatiquement les diamètres d'extensions, pour des conditions de fonctionnement données, respectant des contraintes de pression minimum et de vitesse. Les diamètres sont choisis dans un bordereau de diamètres nominaux associé à chaque matériau, dans lequel figure également un coût / ml.



	Eléments	Présents	Maximum
1	ARC	179	5004
2	NOEUD	138	4432
3	RESERVOIR	4	252
4	TUYAU	171	5004
5	POMPE	3	152
6	VTDR	0	1012
7	VTEM	0	452
8	DIAPHRAGME	0	252
9	ROBINET-WANNE	0	756
10	STABILISATEUR PRESSION	5	72
11	CLAPET	0	252
12	BRISE-CHARGE	0	252

Calcul d'un nombre d'éléments:
 Type: Arc Sélection Tout Sélection...
 Nombre d'éléments du type Arc dans la sélection Tout: 179

2.3. Module de calcul des coûts d'exploitation

Evaluation des coûts de production et de distribution associés à la production, au traitement et au refoulement,

2.4. Calcul des coups de béliers

Pour le dimensionnement de protection anti-bélier on peut directement porter le modèle de données de PICCOLO vers le logiciel d'analyse des phénomènes transitoires hydrauliques PENDULO.

3. Saisie des données

3.1 Saisie directe sous Piccolo

PICCOLO propose plusieurs modes de saisie depuis son éditeur intégré, avec des fonctions graphiques, ou par import de données.

3.1.1 Les fonctions d'édition intégrées

Chaque type d'élément (tuyau, vanne, régulateur de débit, réservoir, nœud ...) possède une grille d'édition qui se présente sous la forme d'un tableur, avec les opérations de couper, copier, coller, insérer, supprimer.

A chaque ligne de la grille correspond un objet, et une fiche de saisie détaillée apparaît lorsque l'on double-clique sur celle-ci.

3.1.2 Les fonctions de digitalisation intégrées

Cette méthode de saisie peut être configurée suivant deux modes :

- en mode assisté, la fiche de saisie détaillée apparaît après chaque action de pointé, et des valeurs par défaut sont présentées lorsque c'est possible ;
- en mode rapide, la saisie graphique enchaînée crée des objets avec des caractéristiques par défaut, qui pourront être modifiées ultérieurement.

3.1.3 Présentation des données

PICCOLO présente les données sous forme de regroupements fonctionnels, les données structurelles, la topographie, la consommation, les données opérationnelles (niveaux de réservoirs, états des pompes et vannes, etc.), les données dynamiques, les asservissements, les données qualité.

3.1.4 Modifications

Avec Piccolo on peut corriger le modèle de plusieurs façons : soit par pointé sur le graphique, soit au moyen des grilles d'édition, soit enfin en utilisant les opérateurs du module de modification qui permettent de traiter un ensemble d'éléments en une seule opération.

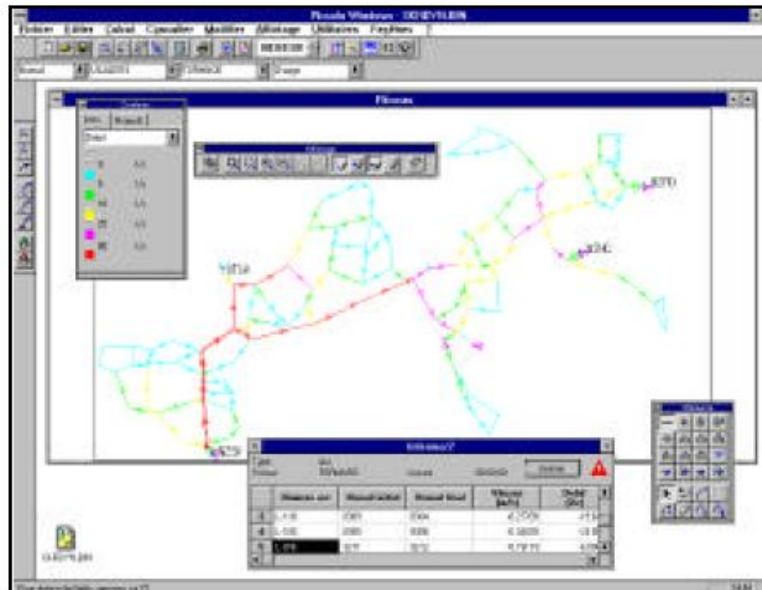
3.2 Le gestionnaire de projets

PICCOLO dispose d'un gestionnaire de projets permettant :

- de partager un même modèle de référence entre plusieurs études, sans risquer d'altérer ce modèle.
- d'enregistrer les modifications de chaque étude dans un fichier projet distinct.

- d'associer un contexte de travail différent à chaque projet (options graphiques, Palettes de couleur, unités, formats d'affichage).

Au cours d'une session de travail, les modifications structurelles sont enregistrées dans un fichier journal, sous la forme de commandes PICCOLO. Celui-ci est destiné au gestionnaire de projet, mais il peut être utilisé en cas d'urgence.



3.3 Liaison avec les Systèmes d'Information Géographiques

SAFEGE a développé plusieurs passerelles entre SIG et PICCOLO, dotées de fonctions plus ou moins avancées telles que la gestion des rendements et l'allocation des fuites, le traitement des relevés de consommations par branchements, la simplification, etc. Ces applications indépendantes exploitent l'architecture ouverte de PICCOLO. Editeur du SIG RESOCAD, qui fonctionne sur PC et exploite le moteur graphique AutoCAD et la plupart des bases de données du commerce,

3.4 Liaison avec les fichiers et les bases de données

Le langage de commande de PICCOLO permet de construire des procédures paramétrables. Il est ainsi facile de développer des procédures d'import de données à partir de *fichiers texte* de format quelconque

La seule contrainte est que les fichiers contiennent l'information nécessaire à la description du modèle : identifiants de nœuds ou de zone, etc.

A titre d'exemple, un opérateur *d'affectation des consommations* associé à une Procédure (macro PICCOLO) appropriée permet d'importer directement dans le modèle un fichier de relevé annuel de la consommation par rues ou par quartiers, et d'allouer automatiquement les consommations aux nœuds. Cette méthode de construction produit des modèles plus précis et plus facile à caler.

Ainsi, les données PICCOLO peuvent être préparées au moyen d'outils aussi variés que tableurs, bases de données, éditeurs, traitements de texte.

4. Exploitation des résultats

L'exploitation des résultats peut se faire en mode texte, en mode graphique, ou sous forme de courbes.

A chaque type d'objet (tronçon, nœud, réservoir, vanne, ...) est associé un ensemble d'attributs qui lui sont spécifiques (diamètre, débit, pression, nœud de consigne, ...) et qui peuvent apparaître à l'affichage, être utilisés dans la représentation graphique couleur, sous forme d'étiquette textuelle sur le graphique, ou sous forme de courbe.

4.1 Tables de résultats

Une table de résultats peut être obtenue de deux manières :

- en appelant la grille d'affichage des résultats pour un ensemble d'objets.
- en pointant un ou plusieurs objets à l'écran.

Dans les deux cas une fenêtre contenant les objets sélectionnés est créée et peut être conservée pour une comparaison ultérieure avec d'autres résultats.

Le contenu et la présentation de ces tables de résultats peut être contrôlé :

- tri suivant l'un des attributs des objets, qu'il soit affiché ou non .
- filtre sur les objets affichés (par exemple : arcs de perte de charge supérieure à un seuil donné, ou ensemble des pompes) ;
- modification des unités ;
- choix et ordre des attributs affichés.

Un rapport (fichier de résultats) peut être créé avec les mêmes caractéristiques.

Plusieurs options de présentation sont disponibles, suivant que le fichier est destiné à l'impression ou à l'échange avec d'autres logiciels (tableurs, bases de données).

4.2 Représentation graphique

La représentation graphique du réseau sous forme de schéma, rend l'utilisation du modèle et la compréhension des résultats plus intuitive :

- les arcs (conduites et autres appareils dans lesquels circule un débit) sont représentés par des traits indiquant la direction de l'écoulement ;
- des symboles graphiques permettent de matérialiser les nœuds, réservoirs et autres appareils, ainsi que leur état (marche / arrêt) ;
- les valeurs d'un ou plusieurs attributs peuvent être incrustées textuellement sur le schéma pour faciliter la surveillance de certains points de calcul.
- Des textes, figures et légendes peuvent être créés par l'utilisateur pour mettre en évidence des zones, des équipements, etc.

Des actions de translation, zoom avant et arrière, déplacement ou modification de la taille de la fenêtre graphique, facilitent l'utilisation du modèle. Une vue aérienne permet de localiser simplement la zone représentée.

Une palette de couleurs est associée aux tuyaux, et une seconde aux nœuds. Ces palettes sont automatiquement mises à jour en fonction des valeurs de l'attribut sur lequel elles portent. L'attribut et les valeurs seuils sont modifiables. Des couleurs ou des symboles différents peuvent être associés aux appareils, suivant leur état (par exemple, un trait barré bleu foncé pour les arcs fermés).

Les étiquettes (valeurs numériques) peuvent être repositionnées.

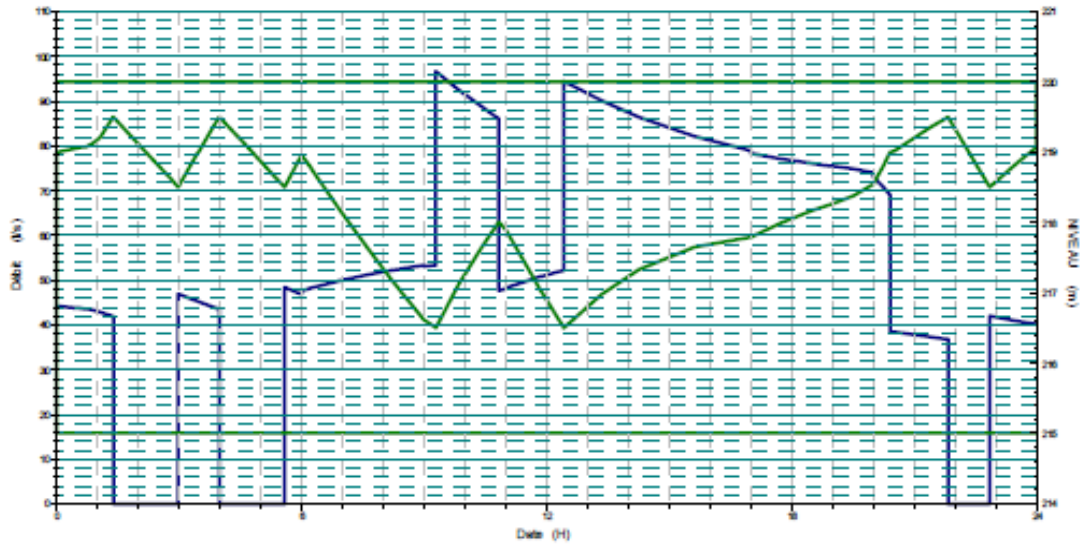
Le contenu de la fenêtre graphique peut être imprimé directement, ou copié dans un fichier ou dans une autre application Windows, au format .WMF.

Enfin, à l'issue d'une simulation dynamique, un défileur permet d'animer dynamiquement la représentation graphique, en marche avant ou arrière.

4.3 Courbes

Les courbes de consommation, les résultats dynamiques peuvent être affichés sous forme de courbes fonctions du temps. Les courbes débit/HMT et débit/rendement de pompe sont disponibles graphiquement. La sélection des objets affichés s'opère soit par filtrage d'un ensemble d'objets, soit par pointé à l'écran. Les courbes sont affichées dans des fenêtres graphiques indépendantes qui peuvent être conservées d'un scénario à l'autre, pour être comparées.

La mise en forme de ces fenêtres est entièrement modifiable : type de représentation, couleur, épaisseur, texture, des traits ; paramétrage des axes, des légendes, des titres zoom sur une partie des courbes, etc. Les valeurs numériques définissant les courbes sont accessibles dans un mini-tableur.



POMP1 (Q) RP-RES(NC)

Annexe V

Présentation du logiciel CEBELMAIL

I/ Introduction au logiciel CEBELMAIL

CEBELMAIL est un logiciel de simulation des régimes transitoires dans des réseaux hydrauliques en charge, linéaires ou ramifiés et éventuellement maillés et dimensionnement des protections adaptées.

L'utilisation de CEBELMAIL est particulièrement souple. Comme pour tout logiciel de simulation, un certain nombre de limites ont dû être définies pour indiquer les versions de CEBELMAIL :

- Possibilité de modéliser des réseaux maillés
- Possibilité de modéliser un nombre de nœuds illimités
- Interface graphique
- Possibilité de modéliser tous les organes de protection de base : réservoirs hydropneumatiques sous pression, soupape de décharge, cheminée d'équilibre.
- Possibilité d'importer des données d'autres applications (EPANET)

Les différentes versions de CEBELMAIL sont :

- CEBEL Educ,
- CEBEL Pro,
- CEBEL Expert,
- SALTO.

II/ Domaines d'application

Une multitude de domaines d'application peuvent être effectués avec ce logiciel :

- Les adductions d'eau,
- Les fluides industriels,
- L'irrigation,
- Les industries pétrolières,

CEBELMAIL est donc utile en phase de projet comme en phase d'analyse d'un réseau existant . Il aide à tester un équipement anti-bélier et même à le choisir. Et peut calculer la répartition des débits dans un réseau, en régime permanent.

III/ Modélisation du logiciel

CEBELMAIL permet de décrire un modèle, principalement constitué d'un réseau. Ce modèle est enregistrable dans un fichier.

Trois types de calcul sont intégrés à CEBELMAIL :

- Simulation en régime permanent
- Simulation en régime transitoire
- Optimisation d'un ballon anti-bélier

Il présente les algorithmes précis et performants suivants :

- Résolution des équations de Saint-Venant par la méthode des caractéristiques de Bergeron.
- Calcul en régime permanent ou transitoire.
- Algorithme d'optimisation des volumes des ballons anti-bélier.

Pour procéder à la simulation de coup de bélier, il ya plusieurs étapes à suivre

IV/ Création du modèle

1. En cas permanent :

Dans ce cas il faut suivre les étapes suivantes

- Lancement d'un calcul permanent.
- Affichage en fin de calcul.
- Non-convergence du régime permanent.

1.1. Lancement d'un calcul permanent

Pour modéliser un réseau, une bibliothèque constituée d'une gamme complète de conditions aux limites permet de construire le réseau avec un simple clic.

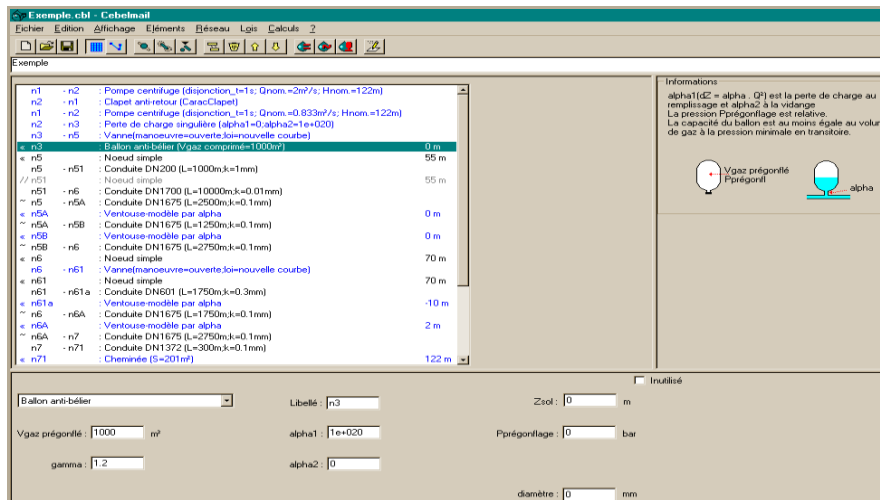
1. Par le menu Calcul>>Régime permanent.



2. Par le bouton.

The screenshot shows the CEBELMAIL software interface. The main window displays a hydraulic network diagram with various components labeled (e.g., n1, n2, n3, n4, n5, n6, n7, n8, n9, n10, n11, n12, n13, n14, n15, n16, n17, n18, n19, n20, n21, n22, n23, n24, n25, n26, n27, n28, n29, n30, n31, n32, n33, n34, n35, n36, n37, n38, n39, n40, n41, n42, n43, n44, n45, n46, n47, n48, n49, n50, n51, n52, n53, n54, n55, n56, n57, n58, n59, n60, n61, n62, n63, n64, n65, n66, n67, n68, n69, n70, n71, n72, n73, n74, n75, n76, n77, n78, n79, n80, n81, n82, n83, n84, n85, n86, n87, n88, n89, n90, n91, n92, n93, n94, n95, n96, n97, n98, n99, n100). The interface includes a menu bar (Fichier, Edition, Affichage, Elements, Réseau, Log, Calculs, ?), a toolbar, and a status bar (NUM). A right-hand panel titled 'Informations' provides details about the model and calculation. At the bottom, a configuration panel for a 'Pompe centrifuge' (centrifugal pump) is visible, with the following parameters:

Extremités: n1	n2	Nnom: 1000	tr/min
H nominale: 122	m	Q nominale: 2	m³/s
nb étages: 4	Points HMT: PS	R nominale: 0.88	
nb roues: 1	HMT: Modèle double parabole	Pd: 241	G, kg.m²
manoeuvre: disjonction_1=1s	moteur: standard	Coef: 2	



Une interface permet de modifier la liste des éléments du réseau .

1.2. Affichage en fin de calcul

A la fin d'un calcul permanent la boîte de dialogue suivante permet de visualiser les principaux résultats.

ID	Description	Q (m³/s)	Z (m)
n1	: Réserve (Z=0m)	0.00 m	0.00 m
n1 - n2	: Pompe centrifuge (disposition_1=1; (l tron=0 (0m?); Hnom=35m)	20.8 m³/s	92.23 m
n2	: Noeud simple	0.00 m	92.23 m
n2 - n3	: Clapet anti-retour (clapet_ideal)	20.8 m³/s	92.23 m
n3	: Noeud simple	0.00 m	92.23 m
n3 - n4	: Conduite DN200 (L=200m; k=0.1mm)	20.8 m³/s	92.19 m
n4	: Ballon anti-bâilles (Vpac comprimé=1m³)	0.00 m	92.19 m
n4 - n5	: Conduite DN200 (L=1000m; k=0.1mm)	20.8 m³/s	90.00 m
n5	: Réserve (Z=50m)	0.00 m	90.00 m

Les résultats donnés sont :

- Les piézométries pour chaque nœud
- Les débits pour chaque tronçon

La zone de filtre sur la gauche de l'écran permet de n'afficher que certain type d'éléments.



Si le réseau décrit permet d'effectuer le calcul, CEBELMAIL propose d'examiner les résultats avec Excel.

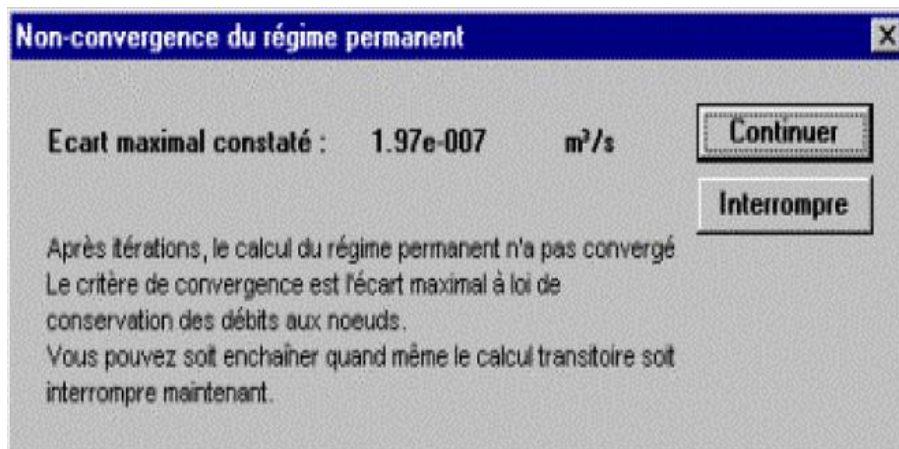


Fermer cette boîte de dialogue.

1.3. Non-convergence du régime permanent

Dans certains cas, le réseau peut être assez instable et ne pas permettre à CEBELMAIL d'assurer avec suffisamment de précision et de stabilité la loi de conservation des débits aux nœuds. Dans ce cas, CEBELMAIL affiche une boîte de dialogue précisant quelle est la précision obtenue.

Par défaut, CEBELMAIL cherche à atteindre la conservation des débits. Une précision moindre est souvent acceptable.



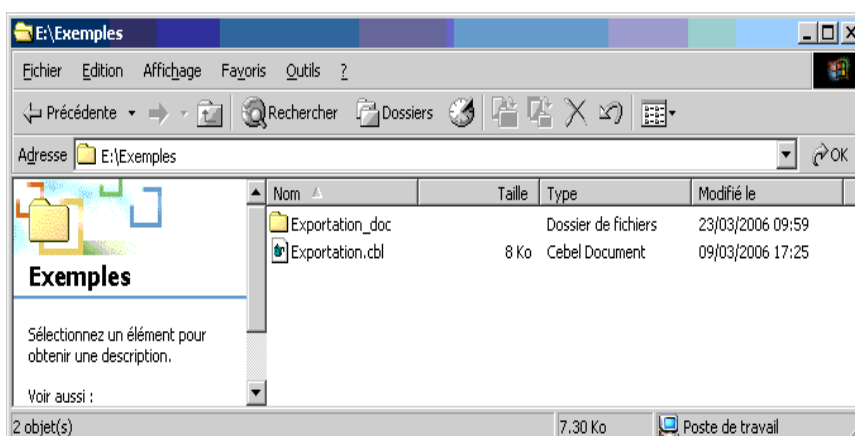
L'utilisateur peut alors choisir d'enchaîner ou non le régime transitoire, si celui-ci a été lancé.

2. Exportation des résultats

Les résultats de calculs principaux sont exploitables sous Excel, un ensemble de fonctionnalités annexes offrent à l'utilisateur un confort d'utilisation :

- Aide à la saisie ou au calcul de certains paramètres d'élément,
- Sorties sous forme de rapport des résultats ou du modèle (sortie texte, méta fichier amélioré)

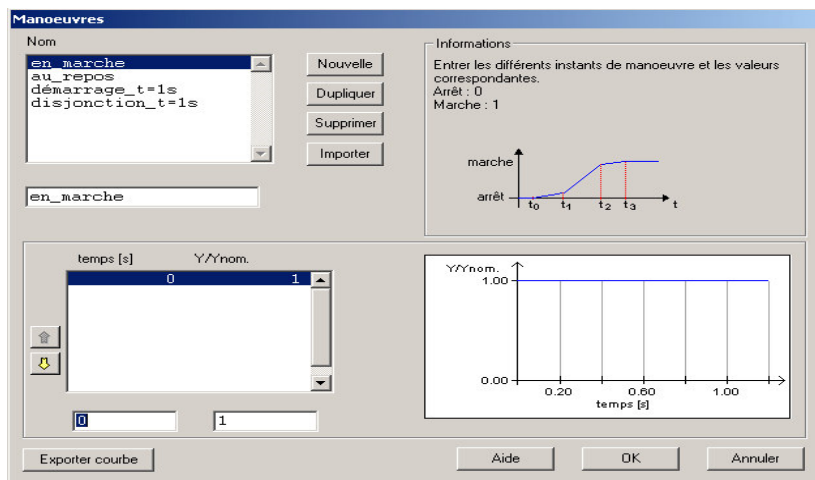
Lors de l'exportation du schéma sous un format vectoriel ou sous un format texte, un dossier est à présent créé à coté du fichier de données. Celui-ci porte le même nom que le fichier d'extension **cbl**, avec un suffixe "**_doc**". L'enregistrement est proposé par défaut dans ce dossier. Il est rappelé que le dossier par défaut d'enregistrement d'un fichier Cebel est configurable via le menu Fichier >> Préférences >> Dossiers par défaut...



L'utilisation de Microsoft Excel et d'une barre d'outils spécialement conçue permet de visualiser et d'exploiter les résultats de calcul de manière optimale en sélectionnant une ou plusieurs variables

2.1. Exportation d'une courbe

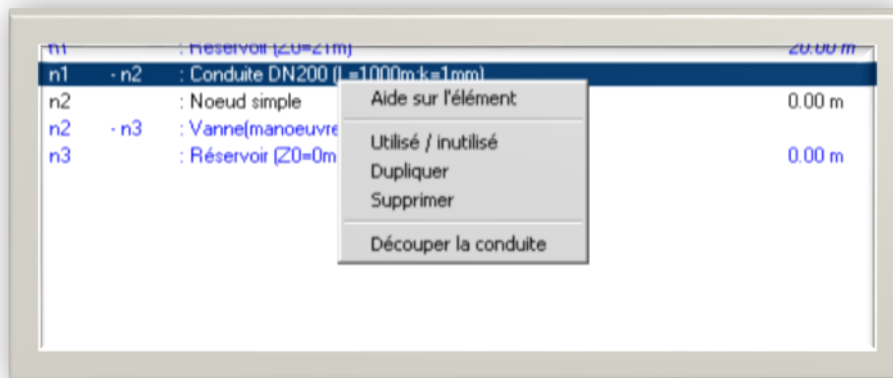
Dans les boîtes de dialogue permettant d'éditer une courbe, il est à présent possible d'exporter celle-ci dans un fichier sous une forme vectorielle à partir du bouton "Exporter courbe"

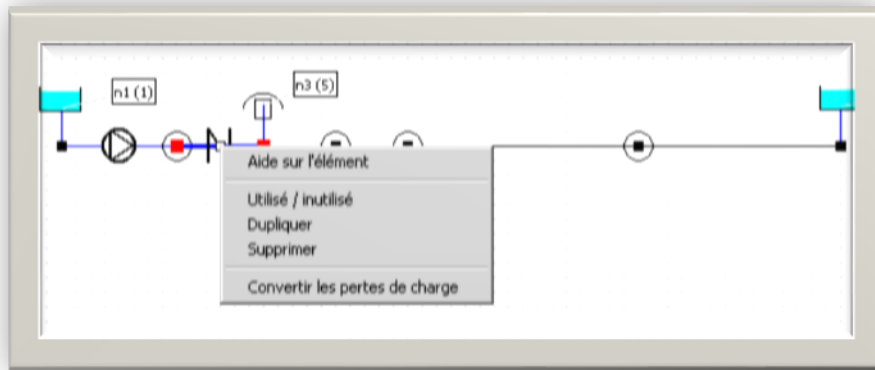


2.2. Menu contextuel sur les éléments

Un raccourci très pratique a été rajouté dans les vues liste et schéma.

Un clic droit sur l'élément sélectionné fait apparaître un menu contextuel propre à l'élément.





2.3. Préférences pour le dialogue lors du calcul transitoire

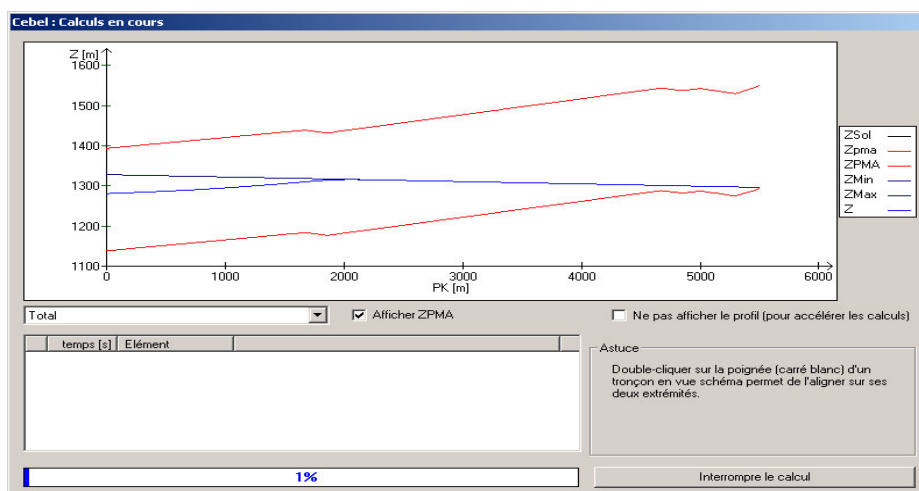
Le post-processeur intégré à Cebelmail pour les régimes transitoires contient deux options d'affichage :

- L'affichage de la courbe des Pressions Maximales Admissibles
- L'affichage, durant le calcul du profil

Ces deux options peuvent à présent être conservées d'une session à une autre. Elles sont configurables via le menu Fichier >> Préférences >> Ecrans de calculs.

2.4. Ajout d'astuces sur le dialogue de régime Transitoire

Lors des calculs en régime transitoire, une astuce est à présent affichée afin de mieux connaître cebelmail.



LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[1] **ANDRE DUPONT** « hydraulique urbain», Tome II, Eyrolles, Paris 1981.

[2] **ARMANDO LENCASTRE** « Hydraulique générale », Eyrolles, cinquième tirage Paris 2008, p121, 122,123, 380 ,369.

[3] **BERNARD LEGUBE** « Le traitement des eaux de surface pour la production d'eau potable», p7, 8 ,9.

[5] **LAVOISIER** « Les stations de pompage d'eau », 6eme édition, p335, p544, p550.

[4] **M.CARLIER** « Hydraulique générale et appliqué ».1972 Eyrolles (Paris)

[6] **M. MEUNIER** « Les coups de bélier et la protection des réseaux d'eau sous pression » ENGREF, Paris 1980. p. 127, 133, 134

Logiciels de simulation :

PICCOLO.

CEBELMAIL.

Sources :

Direction des ressources en eau d'Alger (DRE).

Office national de la météorologie de Dar el Beida (ONM).

Société des eaux et de l'assainissement d'Alger (SEAAL).

Station de traitement de Boudouaou.