CHAPITRE IV

Réseaux d'adduction

***Introduction** :*

L'adduction étant définie, comme le transport des eaux du zone de captage aux zones d'utilisation.

Le but de cette étude est de parvenir à la mise en place d'un système d'adduction qui a deux aspects dépendants l'un de l'autre du coté technique et coté économique.

VI.1 Choix du tracé : [10]

Le choix du tracé est une procédure délicate, car il faudra prendre certaines précautions et respecter certaines conditions, qui sont les suivantes :

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible, pour éliminer les contre pentes ;
- En raison d'économie, le tracé doit être le plus court possible ;
- Eviter les traversées d'Oueds, les zones marécageuses, les routes, les voies ferrées autant que possible ;
- Eviter les profils horizontaux, qui peuvent perturber le régime d'écoulement.

VI.2 Choix du matériau de la tuyauterie :

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport de fluide dépend aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique. Cette faisabilité sur le plan technique dépend de plusieurs exigences telles que :

- Résistance aux attaques chimiques, aux pressions et au trafic de surcharge (poids lourds).
- Adaptation aux terrains de pose.
- Bonne étanchéité.
- Facilité d'entretient et de mise en service.

Sur le plan économique cette faisabilité dépend essentiellement :

- De prix de la fourniture et de transport.
- La disponibilité sur le marché.

Parmi les matériaux utilisés, nous pouvons citer : L'acier- la fonte - le PVC (polychlorure de vinyle non plastifié) et le PEHD polyéthylène à haute densité) ou bas densité.

Dans ce présent chapitre, notre étude se concentrera sur l'utilisation d'une seule variante de matériau qui est le PEHD vu les avantages qu'elle présente (voir chapitre V).

VI.3 Méthode de calcul et choix des diamètres:

VI.3.1 Calcul du diamètre économique :

Le choix de la gamme des diamètres sur laquelle portera notre étude sera donnée par les relations suivantes :

- Formule de **BONNIN** $\boldsymbol{D_{ec} = \sqrt{Q}}$
- Formule de **BRESSE** $\boldsymbol{D_{ec} = 1.5 * \sqrt{Q}}$

Avec :

- $\boldsymbol{D_{ec}}$: diamètre économique de la conduite ***(m)***
- $\boldsymbol{Q}$: Débit véhiculé par la conduite ($\boldsymbol{m^3/s}$)

L'utilisation simultanée de ces deux relations fournit l'intervalle des diamètres optimaux.

VI.3.2 Calcul des pertes de charges :[8]

Les pertes de charge représentent une portion de l'énergie mécanique de l'eau qui se transforme en chaleur sous l'effet des frottements entre les particules de l'eau et les parois des canalisations, elles se présentent sous deux formes :

- a) Les pertes de charge linéaires
- b) Les pertes de charge singulières

a) Pertes de charges linéaires $\Delta \boldsymbol{H_L}$:

L'expression de la perte de charge linéaire selon **Darcy-weisbakh** est la suivante :

$$\Delta \boldsymbol{H_L = J * L} \quad (1)$$

$$\boldsymbol{J = \lambda . V^2 . L / 2 . g . D} \quad (2)$$

Avec :

- $\boldsymbol{J}$: gradient de perte de charge ;
- $\boldsymbol{D}$: diamètre de la conduite en mètre ;
- $\boldsymbol{V}$: vitesse moyenne d'écoulement ***(m/s)*** ;
- $\boldsymbol{\lambda}$: coefficient de frottement qui est en fonction de rugosité de la conduite et du régime d'écoulement ;

Dans le cas d'un régime d'écoulement transitoire le coefficient de frottement est calculé selon la formule de **COLEBROOK** comme suit :

$$\boldsymbol{1/\sqrt{\lambda} = -2\, log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 * D} + \frac{2.51}{R_e \sqrt{\lambda}}\right)} \quad (3)$$

$$\boldsymbol{R_e = V * D / \nu} \quad (4)$$

Dans un régime tourbillon **NIKURADZE** a donné la formule suivante :

$$\lambda = (1.14 - 086\, ln\, {}^{\varepsilon}/_{D})^{-2} \quad (5)$$

- R_e : nombre de Reynolds.
- ν : viscosité cinématique de l'eau ***(m^2/s).***
- ε : rugosité absolue de la conduite, pour les tubes en **PE**

  ε =0.01mm si D≤ 200mm

  ε =0.02mm si D> 200mm

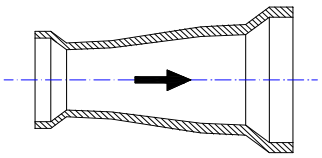
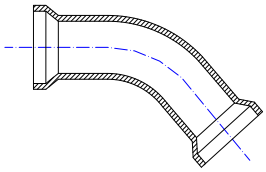
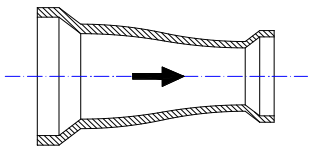
b) Pertes de charges singulières ΔH_S :

Dissipation d'énergie due aux singularités hydrauliques du réseau (chute, coudes, changement de pente ou de section…etc.). Les pertes de charges singulières sont calculées par :

$$\Delta H_s = K_s\, {}^{V^2}/_{2g} \quad (6)$$

Avec :

- K_S: Coefficient de perte de charge singulière ;
- V : Vitesse moyenne d'écoulement ***(m/s)*** ;
- g : L'accélération de la pesanteur ;

Singularité	Type de singularité	Coefficient de perte de charge singulier
	**élargissement**	$K_S = \left(1 - {}^{S_1}/_{S_2}\right) + {}^{1}/_{9}\,({}^{S_1}/_{S_2})^2$
	**Coude arrondi**	$K_s = {}^{\alpha}/_{90^\circ}\,[0.131 + 1.847({}^{D}/_{2R})^{\frac{7}{2}}]$
	**Rétrécissement**	$K_s = ({}^{1}/_{c_s} - 1)^2$ $C_s \approx 0.63 + 0.37({}^{S_2}/_{S_1})^3$

Nous estimons les pertes de charges singulières à 20% des pertes de charges linéaires :

$$H_S = 0.2 * H_L \ (m)$$

La perte de charge totale sera :

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

$$\Delta H_T = 1.2 * \Delta H_L$$

VI.3.3 L'hauteur manométrique totale (HMT) :

La hauteur manométrique totale est la hauteur estimer pour choisir notre pompe de refoulement, elle doit correspondre à la hauteur géométrique plus les pertes des charges totales.

$$HMT = \Delta H_T + Hg \quad (7)$$

Avec :

- HMT : hauteur manométrique total ***(m)*** ;
- Hg : Hauteur géométrique d'élévation ;
- ΔH_T : perte de charge totale ***(m)*** ;

VI.3.4 La puissance de la pompe :

$$P = \rho * g * Q * HMT/\eta \ (kw) \quad (8)$$

- P : puissance absorbée par la pompe ***(kw)*** ;
- Q : Débit de la pompe ***(m^3/s)*** ;
- η : Rendement de la pompe ;
- ρ : Masse volumique de l'eau égale à ***($1000kg/m^3$)*** ;

VI.3.5 Energie consommée par la pompe :

L'énergie consommée par la pompe est donnée par la formule :

$$E = P * T * 365 \ (kw/h) \quad (9)$$

Avec :

- E : Energie totale dépensée par la pompe ***(kw/h)*** ;
- P : puissance absorbée ***(kw)*** ;
- T : Temps de fonctionnement de la pompe .

VI.3.6 Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation d'un système d'adduction sont évalués à partir de la consommation d'énergie et du prix du Kilowattheure ***(Kw/h)*** d'électricité, ils sont donnés par la formule suivante :

$$F_{exp} = E * P \quad (10)$$

Avec :

- F_{exp} : frais d'exploitation ***(DA)*** ;
- E : Energie totale dépensée par la pompe ***(kw)*** ;
- P : prix d'électricité égal a ***7.63 (DA/kw/h) (source d'information SONALGAZ)***.

VI.3.7 Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont constitués par le prix de revient de la conduite depuis la fourniture jusqu'à la pose. Dans notre cas, nous supposons que les frais seront amortis dans une période de 20 ans (durée d'exploitation) ce qui nous conduit au calcul de l'annuité "A"

$$\boldsymbol{A = I + {I}/{(I+1)^n - 1}} \quad (11)$$

Avec :

- $\boldsymbol{A}$: annuité d'amortissement de la conduite ;
- $\boldsymbol{I}$: taux d'annuité (égale à **8 %** en Algérie) ;
- $\boldsymbol{n}$: durée de la vie de la conduite = 50 ans .

Donc :

$$\boldsymbol{A = 0.08 + {0.08}/{(1+0.08)^{50} - 1}}$$

$$\boldsymbol{A = 0.082}$$

On déduit les frais d'amortissement annuels en multipliant les prix de revient de la canalisation par l'annuité ″**A**″**.**

VI.4 Résultats et discutions :

VI.4.1 Diamètres économiques :

Pour choisir les diamètres économiques, nous auront besoin des débits véhiculé par la conduite :

$$Q_v = {Q_{\max j}}/{T * 3600} \quad (12)$$

Conduite D'adduction	Débit véhiculé Q_v (m^3/s)	$\sqrt{Q}$	$1.5*\sqrt{Q}$	Gamme des diamètres (mm)
FA-RA	0,035	0,1871	0,2806	[250-400]
FB-RB	0,031	0,1761	0,2641	[200-315]
FC-RC	0,014	0,1183	0,1775	[160-250]
FD-RD	0,017	0,1304	0,1956	[160-250]

Tableau VI.1 : Les gammes des diamètres économiques

VI.4.2 Calcul des frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont calculés sur la base de l'énergie électrique consommée lors du pompage et ce pour la gamme de diamètres obtenue. Il est entendu que la hauteur manométrique totale varie selon le diamètre.

Avec les formules précédentes, on calcule les hauteurs manométriques totales relatives à chaque zone et correspondant aux différents diamètres projetée. Dans les Tableaux VI.2, et VI.3 nous présentons les résultats des réseaux d'adduction existants :

Zone	Diamètre *(mm)*	longueur *(m)*	débit *(l/s)*	vitesse *(m/s)*	λ	ΔH_{lin}	ΔH_s	ΔH_{TOT}	*Hg*	*HMT*
A	250	1304.00	35.00	0,917	0,0167	4,251	0,850	5,101	103,60	108,70
	315			0,578	0,0174	1,397	0,279	1,676		105,28
	400			0,358	0,0182	0,442	0,088	0,530		104,13
B	200	785.00	31.00	1,271	0,0165	6,063	1,212	7,275	81,04	88,32
	250			0,813	0,0171	2,054	0,410	2,464		83,50
	315			0,512	0,0178	0,675	0,135	0,810		81,85
C	160	570.00	14.00	0,897	0,0184	3,059	0,611	3,670	92,29	95,96
	200			0,574	0,0192	1,045	0,209	1,254		93,54
	250			0,367	0,0201	0,357	0,071	0,428		92,72
D	160	310.50	17.00	1,089	0,0178	2,364	0,472	2,836	81,75	84,59
	200			0,697	0,0184	0,806	0,161	0,967		82,72
	250			0,446	0,0192	0,275	0,055	0,330		82,08

Tableau VI.2 : Variation de l'HMT en fonction du diamètre (projeté)

Zone	Diamètre *(mm)*	longueur *(m)*	début *(l/s)*	vitesse *(m/s)*	λ	ΔH_{lin}	ΔH_s	ΔH_{TOT}	*Hg*	*HMT*
A	200	1304,00	35,00	1,375	0,023	16,320	3,264	19,584	103,60	123,18
B	200	785,00	31,00	1,218	0,023	7,749	1,549	9,298	81,04	90,34
C	125	570,00	14,00	1,396	0,018	9,020	1,804	10,824	92,29	103,11
D	160	310,50	17,00	0,994	0,018	1,194	0,238	1,432	81,75	83,18

Tableau VI.3 : Variation de l'HMT en fonction du diamètre (existant)

Remarque : pour les conduits en Amiante Ciment la rugosité est de 0,3 *mm*

Les dépenses d'exploitation correspondante aux différents diamètres de chaque zone sont présentées dans le Tableau VI.4**,** pour les conduits existants les résultats sont résumés dans le Tableau VI.5 :

Zone	Diamètre *(mm)*	Débit *(l/s)*	η	HMT *(m)*	puissance *(kw)*	prix unitaire	Consommation annuelle *(kwh)*	Dépenses annuelles *(DA)*
A	250	35.00	75	108,70	49,763	7,63	435.922,65	3.326.089,84
	315			105,28	48,197	7,63	422.207,33	3.221.441,94
	400			104,13	47,671	7,63	417.595,45	3.186.253,31
B	200	31.00	75	88,32	35,812	7,63	313.713,06	2.393.630,67
	250			83,50	33,858	7,63	296.592,40	2.263.000,01
	315			81,85	33,189	7,63	290.731,59	2.218.282,05
C	160	14.00	75	95,96	17,572	7,63	153.932,43	1.174.504,44
	200			93,54	17,129	7,63	150.050,43	1.144.884,80
	250			92,72	16,979	7,63	148.735,04	1.134.848,39
D	160	17.00	75	84,59	18,809	7,63	164.770,62	1.257.199,89
	200			82,72	18,394	7,63	161.128,10	1.229.407,43
	250			82,08	18,251	7,63	159.881,46	1.219.895,57

Tableau VI.4 : Dépenses annuelles d'exploitation (projeter)

Zone	Diamètre *(mm)*	Débit *(l/s)*	η	HMT *(m)*	puissance *(kw)*	prix unitaire	Consommation annuelle *(kwh)*	Dépenses annuelles *(DA)*
A	200,00	35,00	75	114,96	52,629	7,63	461.027,31	3. 517.638,35
B	200,00	31,00	75	86,44	35,050	7,63	307.035,29	2.342.679,30
C	125,00	14,00	75	98,92	18,114	7,63	158.680,66	1.210.733,42
D	160,00	17,00	75	83,30	18,523	7,63	162.257,87	1.238.027,55

Tableau VI.5 : Dépenses annuelles d'exploitation (existant)

VI.4.3 Calcul des frais d'investissement :

Les dépenses d'investissement correspondant aux différents diamètres de chaque zone sont présentées dans le Tableau VI.6 :

Zone	Diamètre *(mm)*	prix du *ml (DA)*	longueur *(m)*	Prix total *(DA)*	Annuité	Investissement *(DA)*
A	250,00	3.322,91	1304,50	4.334.736,10	0,082	355.448,36
	315,00	5.078 ,71		6.625.177,20	0,082	543.264,53
	400,00	8.375,51		10.925.852,80	0,082	895.919,93
B	200,00	2.133,98	785,50	1.676.241,29	0,082	137.451,79
	250,00	3.322,91		2.610.145,81	0,082	214.031,96
	315,00	5.078 ,71		3.989.326,71	0,082	327.124,79
C	160,00	1.365,56	570,50	779.051,98	0,082	63.882,26
	200,00	2.133,98		1.217.435,59	0,082	99.829,72
	250,00	3.322,91		1.895.720,16	0,082	155.449,05
D	160,00	1.365,56	310,50	424.006,38	0,082	34.768,52
	200,00	2.133,98		662.600,79	0,082	54.333,26
	250,00	3.322,91		1.031.763,56	0,082	84.604,61

Tableau VI.6 : Variation des d'investissement en fonction du diamètre

VI,4,4 Bilan des couts (exploitation – investissement) :

Le bilan des couts de l'exploitation et d'investissement de chaque zone sont représentés dans le tableau VI,7 **:**

Zone	Diamètre *(mm)*	Frais d'exploitation *(DA)*	frais d'investissement *(DA)*	frais total	diamètre économique en *(mm)*
A	250,00	3.326.089,85	355.448,36	3.681.538,21	250
	315,00	3.221.441,94	543.264,53	3.764.706,47	
	400,00	3.186.253,32	895.919,92	4.082.173,25	
B	200,00	2.393.630,68	137.451,78	2.531.082,46	250
	250,00	2.263.000,02	214.031,95	2.477.031,97	
	315,00	2.218.282,05	327.124,79	2.545.406,84	
C	160,00	1.174.504,44	63.882,26	1.238.386,70	160
	200,00	1.144.884,80	99.829,71	1.244.714,52	
	250,00	1.134.848,39	155.449,05	1.290.297,45	
D	160,00	1.257.199,89	34.768,52	1.291.968,41	200
	200,00	1.229.407,43	54.333,26	1.283.740,70	
	250,00	1.219.895,58	84.604,61	1.304.500,19	

Tableau VI.7 : Bilan des couts de l'exploitation et d'investissement

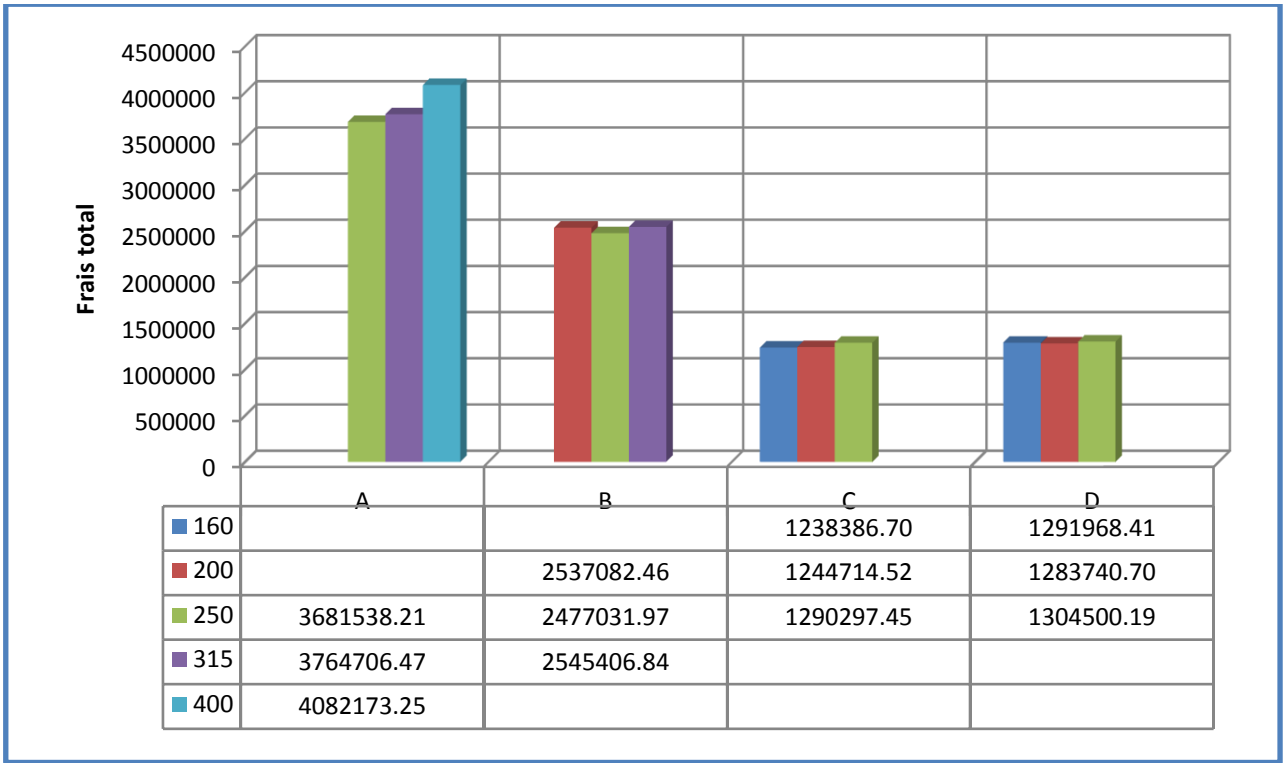


Fig VI,1 : Bilan des couts de l'exploitation et d'investissement

Conclusion :

D'après le Tableau (IV,3), on remarque que le diamètre économique qui convient pour faire transiter un débit total estimé à 35,00 *l/s* est le diamètre 250 *mm* avec une vitesse acceptable 0,917 *m/s* (zone **A**), Par conséquent le diamètre existant 200 *mm* en Amiante ciment est insuffisant provoquant une importante consommation en énergie électrique et des maladies cancérogènes, dont l'écart du coût total entre les deux diamètres est important, Il est estimé à 296,196,41 *DA*,

La même remarque pour la zone **B**, le diamètre 250 *mm* est économique par contre la conduite existante de diamètre 200 *mm* en Amiante ciment provoque une importante consommation en énergie, l'écart du coût total entre les 02 diamètres est important et est estimé à 79,679,29 *DA*,

Pour les zones **C** et **D** les conduites existantes en PVC de diamètre 125 *mm* et 160 *mm* respectivement sont économiques vis-à-vis de la consommation de l'énergie électrique, Ce dernier a été récemment renouvelé.