

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences
Département de Mathématiques



Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

SPECIALITE : MATHEMATIQUES

OPTION : RECHERCHE OPERATIONNELLE ET OPTIMISATION

Thème

Optimisation la puissance absorbée par les
pompes (réseau SID ALI BOUNAB)
et simulation (EPANET 2.0)

Présenté par :

Mr. IKRAR ACHOUR

Proposé par :

M^{me} MOUSSOUNI. N

Devant le jury :

Président du jury : Mr. SADI Bachir

Professeur

Promotrice : M^{me}. MOUSSOUNI Nacima

Maitre de conférences classe B

Examineurs : Mr. AIDENE mohamed

Professeur

M^{me}. LOUADJ kahina

Maitre de conférences classe B

Mr. AMIROU Ahmed

Maitre assistant classe A

Remerciements

Avant tout nous remercions dieu le tout puissant, de nous avoir donné courage et patience afin d'effectuer ce modeste travail.

Je remercie M^{me} N.MOUSSOUNI d'avoir accepté d'encadrer ce présent mémoire.

Et en deuxième lieu, je remercie tous les membres du jury d'avoir accepter de lire ce mémoire.

Je tiens à remercier aussi:

- le chef de service de la D.H.W. de Tizi- ouzou.
- Tous les fonctionnaires de la D.H.W.de Tizi- ouzou.
- Tous ceux qui nous ont aidés durant ce travail.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- ✚ Mes parents
- ✚ Mes frères idir, ali (mahrez) et arezki
- ✚ Ma sœur et son mari
- ✚ Tous mes amis

achour

Sommaire

Chapitre 1 : Présentation de l'organigramme d'accueil

1.1. Présentation de la direction de l'hydraulique des wilayas	01
1.2. Présentation de la zone d'étude	09
1.2.1. Présentation générale de la commune	09
1.2.1.1. Situation géographique	09
1.2.1.2. Topographie	09
1.2.1.3. Climat	09
1.2.1.4. Situation démographique.....	09
1.2.2. Activités.....	11
1.2.2.1. Agriculteur	11
1.2.2.2. Commerce et industrie.....	11
1.2.3 Infrastructure.....	11
1.3. Ressources en eau potable.....	11
1.3.1. Descriptions de la chaine d'adduction.....	11
1.3.2. Chaine de production :.....	12
1.3.3. Descriptions du réseau de distribution	11
1.3.4. Estimation des besoins en eau potable.....	12
1.3.5. Variation journalière de la consommation.....	13
1.4. Problématique.....	20

Chapitre 2 : Technique du plus court chemin Dans un réseau

2.1. Concepts fondamentaux de la théorie des graphes.....	21
---	----

2.1.1. Introduction.....	21
2.2. Définitions.....	22
2.2.1. Graphe orienté	22
2.2.2. Graphe non orienté.....	24
2.2.3. Graphe simple et graphe multiple	24
2.2.4. L'ensemble des prédécesseurs, successeurs et voisins d'un sommet.....	25
2.2.5. le degré d'un sommet	26
2.2.6. Les graphes particuliers	27
2.2.7. La présentation matricielle d'un graphe.....	27
2.2.8. La connexité dans un graphe.....	29
2.2.9. Les cheminements remarquables	31
2.3. Le problème de recherche du plus court chemin.....	35
2.3.1. Définitions.....	36
2.4. Présentation du réseau de l'adduction de SID ALI BOUNEB	37
2.5. Algorithme de recherche d'un plus court chemin.....	38
2.6. Modèle DYNAMB 2.....	39
2.7. Logiciel LINGO	39
2.8. Optimisation du réseau d'adduction DE SIDA LI BOUNEB par la méthode « DYNAMB 2 ».....	43
2.8.1. Construction de réseau d'adduction par refoulement.....	43
2.9. Modélisation du problème.....	44
2.10. Programmation par « LINGO ».....	45
2.11. Résultat d'exécution du programme.....	46
2.12. Présentation de réseau optimale (plus court chemin).....	47

2.13. Conclusion.....	47
-----------------------	----

Chapitre 3 : étude de l'adduction

3.1. Généralités.....	48
3.2. Choix de type de canalisation.....	48
3.3. Etude techno économique.....	49
3.3.1. Adduction par refoulement.....	49
3.3.2. Adduction gravitaire.....	49
3.3.3. Diamètre économique.....	50
3.3.4. Hauteur manométrique totale	52
3.3.5. Puissance absorbée par la pompe	53
3.3.6. Energie consommé par la pompe.....	53
3.3.7. Frais d'exploitation.....	53
3.3.8. Frais d'amortissement.....	54

Chapitre 4 : Réservoirs

4.1. Définitions.....	62
4.2. Classification des réservoirs.....	62
4.3. Fontainerie d'équipement des réservoirs.....	63
4.4. Emplacement des réservoirs.....	65
4.4.1. Réservoirs alimentés par gravité.....	65
4.4.2. Réservoirs alimentés par refoulement.....	65
4.4.3. Dimensionnement des réservoirs.....	65
4.4.4. Hygiène et sécurité des réservoirs.....	69

Chapitre 5 : Pose des conduites

5.1	Vue d'ensembles	72
5.2	Barre de menu	73
5.3	Les barres d'outils.....	74
5.4	La barre d'état.....	74
5.5	Le schéma du réseau.....	74
5.6	Le navigateur des données.....	74
5.7	Le navigateur du schéma.....	75
5.8	L'Editeur des propriétés.....	75
5.9	Rubrique type de tableau.....	75
5.10	Schéma du réseau	76
5.11	Conclusion	

Chapitre 6 : simulation et présentation des résultats

6.1	Rapport d'état.....	81
6.2	Rapport d'énergie.....	82
6.3	Puissance absorbée par les pompes	82
6.4	Calcul l'énergie totale de refoulement dans les stations de pompage (SP)	83
6.5	Conclusion	83

Conclusion générale.....	84
--------------------------	----

ANNEXE

A.3.1. Plan de situation de « SID ALI BOUNAB ».....	85
---	----

A.3.2. Prix de tubes de « PEHD » eau potable.....	86
---	----

Liste des tableaux

Tableau.1.1 : Evolution de la population jusqu'à 2038.....	10
Tableau.1.2 : Caractéristique principales des forages.....	12
Tableau.1.3 : Tableau donnant le besoin en eau pour le village TIGHILT.....	14
Tableau.1.4 : Tableau donnant le besoin en eau pour le village AIT SAADA 1..	15
Tableau.1.5 : Tableau donnant le besoin en eau pour le village AIT SAADA 2...	16
Tableau.1.6 : Tableau donnant le besoin en eau pour le village AIT SAADA 3...	17
Tableau.1.7 : Tableau donnant le besoin en eau pour le village HIDOUSSA.....	18
Tableau.1.8 : Tableau donnant le besoin en eau pour le village EL MEDHOUNE.....	19
Tableau.2.1 : Tableau des distances et hauteurs.....	43
Tableau.3.1 : Calcul l'énergie du tronçon SP_1 - SP_4	54
Tableau.3.2 : Calcul l'énergie du tronçon SP_1 - SP_3	54
Tableau.3.3 : Calcul l'énergie du tronçon SP_F - SP_1	54
Tableau.3.4 : Calcul de la HMT du tronçon SP_1 - SP_3	56
Tableau.3.5 : Calcul des frais d'amortissement du tronçon SP_1 - SP_3	56
Tableau.3.6 : Calcul des frais d'exploitation du tronçon SP_1 - SP_3	56
Tableau.3.7 : Calcul de la HMT du tronçon SP_3 - SP_4	57
Tableau.3.8 : Calcul des frais d'amortissement du tronçon SP_3 - SP_4	57
Tableau.3.9 : Calcul des frais d'exploitation du tronçon SP_3 - SP_4	57
Tableau.3.10 : Calcul l'énergie du tronçon SP_F - SP_1	57
Tableau.3.11 : Calcul de la HMT du tronçon R_2 - R_3	59
Tableau.3.12 : Calcul des frais d'amortissement du tronçon R_2 - R_3	59

Tableau.4.1 : Tableau donnant les capacités des réservoirs.....	66
Tableau.4.2 : Tableau donnant les capacités des stations des pompes.....	67
Tableau.4.3 : Tableau donnant les dimensions des réservoirs.....	68
Tableau.4.4 : Tableau donnant les dimensions des Stations des pompes.....	68

Listes des figures

Figure.1.1 : Organigramme générale de la direction hydraulique.....	08
Figure.1.2 : Prévion des populations à desservir à l’horizon 2038.....	11
Figure.2.1 : Les sept ponts de « KOEINSBERG ».....	20
Figure.2.2 : Le chemin dans un réseau existant.....	37
Figure.2.3 : Fenêtre information du logiciel « LINGO ».....	40
Figure.2.4 : Fenêtre principale de logiciel « LINGO ».....	42
Figure.2.5 : Réseau générale de l’adduction par refoulement.....	43
Figure.2.6 : Présentation du programme « plus court chemin ».....	45
Figure.2.7 : Résultat d’exécution du programme.....	46
Figure.2.8 : Présentation du réseau optimale (chemin minimale).....	47
Figure.4.1 : Coupe transversale d’un réservoir semi enterré.....	64
Figure .5.1 : vue d’ensemble.....	73
Figure. 5.2 : Rubrique type de tableau.....	76
Figure .5.3 : schéma du réseau.....	77

Figure.6.1 : affichage résultats de la simulation.....	81
Figure.6.2 : rapport d'état.....	82
Figure.6.3 : rapport d'énergie.....	82
Figure. A.3.1 : plan de situation « SIDA LI BOUNAB »	85
Figure. A.3.2 : prix de tubes « PEHD » eau potable.....	86

Introduction générale :

La Recherche Opérationnelle (RO) est une spécialité qui utilise des méthodes et des modèles mathématiques les programmer par suite sous forme d'un logiciel (informatique) pour aides à la décision des problèmes pratiques au sein des entreprises, société et au niveau da la direction hydraulique où j'ai poursuit un stage pratique.

L' objectif de ce stage est le suivant : Après une étude d'un problème de l'adduction dans un réseau hydraulique, on a utilisé la technique de la recherche opérationnelle dans la domaine de l'hydraulique.

L'objectif de cette étude est la recherche du chemin le plus court dans le réseau hydraulique. Pour se faire, on a introduit nos données dans le logiciel d'optimisation (LINGO), ce logiciel nous donne un chemin optimal (minimal) dans le réseau. Par la suite et en effectuant des simulations avec un logiciel hydraulique nommé (EPANET2.0). On a noté et discuté des résultats trouvés à savoir : l'énergie, le débit, la vitesse d'écoulement et la puissance absorbée par les pompes.

On remarque que les résultats donnés par la simulation sont optimaux (minimaux).

Pour le mener à bien, le plan a été élaboré et s'articule autour des points suivants :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'organisme d'accueil, dans ce chapitre nous avons posé la problématique de ce projet.
- Deuxième chapitre : Dans ce chapitre nous avons donnés quelques définitions et techniques dans le domaine de la recherche opérationnelle pour chercher le plus court chemin dans un réseau par l'application du logiciel <LINGO>.
- Troisième chapitre : Nous commençons ce chapitre par quelques définitions dans le domaine de l'hydraulique pour l'étude de l'adduction

par refoulement ou bien par gravitaire, et nous avons formulé tous les outils utilisés dans les chapitres quatre et cinq.

- Quatrième chapitre : Dans ce chapitre nous présentons et calculons les paramètres des réservoirs.
- Cinquième chapitre : Nous définissons dans ce chapitre l'environnement du travail du logiciel de simulation <EPANET2.0>.
- Sixième chapitre : Ce chapitre est consacré aux simulations et à la présentation des résultats trouvés.
- Nous achèverons notre travail par une conclusion générale.

1.1. Présentation de la direction de l'hydraulique des wilayas :

Voici le JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 56 datant de 20 Rajab 1425 correspondant au 5 septembre 2004, qui nous montre la nouvelle organisation des directions de l'hydraulique des wilayas, que nous résumons sous forme d'un diagramme a la fin du journal.

MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU

Arrêté interministériel du 27 SAFAR 1425 correspondant au 17 avril 2004 fixant le nombre de services des directions de l'hydraulique de wilaya et déterminant leur organisation interne.

Le chef du Gouvernement,

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre des finances,

Vu le décret présidentiel n° 03-215 du 7 RABIE EL AOUEL 1424 correspondant au 9 mai 2003, modifié, portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 02-187 du 13 RABIE EL AOUEL 1423 correspondant au 26 mai 2002 fixant les règles d'organisation et de fonctionnement des directions de l'hydraulique de wilaya, notamment ses articles 3, 4 et 5 ;

Vu l'arrêté interministériel du 2 juin 1991 fixant le nombre de directions regroupant les services de l'équipement au niveau de chaque wilaya des services les composant ;

Arrêtent :

Article 1^{er} : En application des dispositions de l'article 3 du décret exécutif n° 02-187 du 13 RABIE EL AOUEL 1423 correspondant au 26 mai 2002, susvisé, le

présent arrêté a pour objet de fixer le nombre de services des directions de l'hydraulique de wilaya et de déterminer leur organisation interne.

Art.2 : Les directions de l'hydraulique des wilayas de :

CHLEF, OUM EL BOUAGHI, BATNA, BEJAIA, BISKRA, BLIDA, BOUIRA, TEBESSA, TLEMCEN, TIARET, TIZI OUZOU, ALGER, JIJEL, SETIF, SAIDA, SKIKDA, SIDI BEL ABBES, ANNABA, GUELMA, CONSTANTINE, MEDEA, MOSTAGANEM, MASCARA, ORAN, BORDJ BOU ARRERIDJ, BOUMERDES, EL TAREF, TISSEMSILT, KHENCHLA, SOUK AHRAS, TIPAZA, MILA, AIN DEFLA, AIN TEMOUCHENT ET RELIZANE ;

Sont organisées en cinq (05) services suivants :

- Le service de la mobilisation des ressources en eau ;
- Le service de l'alimentation en eau potable ;
- Le service de l'assainissement,
- Le service de l'hydraulique agricole,
- Le service de l'administration des moyens.

1. Le service de la mobilisation des ressources en eau est chargé, notamment :

- de participer aux études et à l'élaboration du programme d'actions visant la mobilisation de la ressource superficielle et souterraine ;
- d'assurer la maîtrise d'ouvrage, de suivre la réalisation des projets et de veiller au respect des règles et des normes de réalisation des ouvrages ;
- de veiller à la bonne exploitation, gestion et entretien des ouvrages de mobilisation de la ressource ;
- de constituer des banques de données sur la connaissance, la mobilisation, l'utilisation et la conservation de l'eau au niveau de la wilaya.

Le service de la mobilisation des ressources en eau est composé de trois (03) bureaux :

- le bureau de la mobilisation des eaux superficielles ;
-

- le bureau de la mobilisation des eaux souterraines ;
- le bureau du suivi de la gestion et de l'exploitation des ouvrages de mobilisation des eaux et de la protection du domaine public hydraulique.

2. Le service de l'alimentation en eau potable est chargé, notamment :

- de participer aux études et à la programmation des projets d'alimentation en eau potable ;
- d'assurer la maîtrise d'ouvrage, le suivi de la réalisation des projets d'alimentation en eau potable et de veiller au respect des règles et des normes de réalisation de ces projets ;
- de veiller à la bonne gestion et au bon fonctionnement du service public de l'alimentation en eau potable ;
- de constituer et de mettre à jour un système d'information relatif à l'alimentation en eau potable et industrielle ;

Le service cité en .2 est composé de trois (03) bureaux :

- Le bureau des études et de la programmation des projets ;
- Le bureau du suivi de la réalisation des projets ;
- Le bureau du service public de l'alimentation en eau potable.

3. Le service de l'assainissement est chargé, notamment :

- de participer aux études et à la programmation des projets d'assainissement et de protection contre les inondations ;
 - d'assurer la maîtrise d'ouvrage et le suivi de la réalisation des projets d'assainissement et de protection contre les inondations et de veiller au respect des règles de construction de ces ouvrages ;
 - de participer au choix des procédés et des techniques d'assainissement et d'épuration ;
-

- de veiller au bon fonctionnement du service public lié à l'assainissement et au respect des règles et des normes de gestion et d'exploitation des infrastructures y afférentes ;
- de veiller, en relation avec les services concernés, à la protection et à la préservation de la ressource ;
- de constituer et de mettre à jour un système d'information relatif à l'assainissement et à la protection de l'environnement.

Ce dernier service est composé de trois (03) bureaux :

- le bureau des études et de la programmation des projets ;
- le bureau du suivi de la réalisation des projets ;
- le bureau du service public d'assainissement et de la protection de la ressource.

4. Le service de l'hydraulique agricole est chargé, notamment :

- de participer à l'élaboration des programmes de développements de la petite et moyenne hydraulique agricole ;
- d'assurer le suivi et la mise en œuvre des programmes de développements de la petite et moyenne hydraulique agricole ;
- de veiller à l'application de la réglementation et des normes d'exploitation des infrastructures d'irrigation et de drainage.
- de réunir les éléments relatifs à l'octroi de concessions d'exploitation des infrastructures d'irrigation et de drainage.

Le service de l'hydraulique agricole est composé de deux (02) bureaux :

- le bureau des études et des travaux ;
- le bureau du suivi de la gestion et de l'exploitation.

5. Le service de l'administration des moyens est chargé, notamment :

- de participer à l'élaboration des budgets d'équipement et de fonctionnement et leur exécution ;
- de gérer et de veiller à la préservation du patrimoine ;
- d'élaborer et d'exécuter les plans de gestion de la ressource humaine et de la formation des personnels ;
- d'instruire et de suivre les affaires contentieuses.

Le dernier service cité est composé de trois (03) bureaux :

- le bureau du budget, de la comptabilité et du patrimoine ;
- le bureau du contentieux, de la réglementation et des marchés publics ;
- le bureau des ressources humains et de la formation ;

Arrête interministériel du 27 SAFAR 1425 correspondant au 17 avril 2004 fixant la compétence territorial et les missions des subdivisions de l'hydraulique de wilaya.

Le chef du gouvernement,

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre des finances,

Vu le décret présidentiel n° 03-215 du 7 RABIE EL AOUEL 1424 correspondant au 9 mai 2003, modifié, portant nomination des membres du gouvernement,

Vu le décret exécutif n° 91-306 du 24 août 1991, modifié, fixant la liste des communes animées par chaque chef de daïra ;

Vu le décret exécutif n° 02-187 du 13 RABIE EL AOUEL 1423 correspondant au 26 mai 2002 fixant les règles d'organisations et de fonctionnement des directions de l'hydraulique de wilaya, notamment son article 6 ;

Arrêtent :

Article 1^{er} : En application des dispositions de l'article 6 du décret exécutif n° 02—187 du 13 RABIE EL AOUEL 1423 correspondant au 26 mai 2002, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la compétence territoriale et les missions des subdivisions de l'hydraulique de wilaya.

Art.2 : Une subdivision de l'hydraulique couvre le territoire de chaque daïra, conformément aux dispositions du décret exécutif n° 91-306 du 24 août 1991, susvisé.

Art.3 : Les subdivisions de l'hydraulique sont placées sous l'autorité du directeur de l'hydraulique de wilaya. Elles ont pour missions, notamment :

- de veiller à l'application de la réglementation régissant la ressource en eau, à la protection et l'utilisation du domaine public hydraulique et au bon fonctionnement du service public de l'eau,
- de veiller à la protection et à la préservation de la ressource contre toute forme de pollution,
- de suivre les projets du secteur et de veiller à l'application de la réglementation et des normes de réalisation, de gestion et d'exploitation des ouvrages hydraulique,
- d'apporter le concours technique aux établissements publics du secteur et aux autorités locales dans le domaine de leur compétence.

Art.4 : Les subdivisions de l'hydraulique disposent, pour leur fonctionnement, des structures suivantes :

- la section chargée de la mobilisation des ressources en eau et de la protection du domaine public hydraulique,
- la section chargée de l'eau industrielle, de l'irrigation et de l'assainissement,

- la section chargée de l'alimentation en eau potable et de l'assistance technique aux établissements publics de l'eau et aux communes.

Art.5 : Le présent arrêté sera publié au journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

La figure 1.1 représente l'organigramme général de la direction hydraulique.

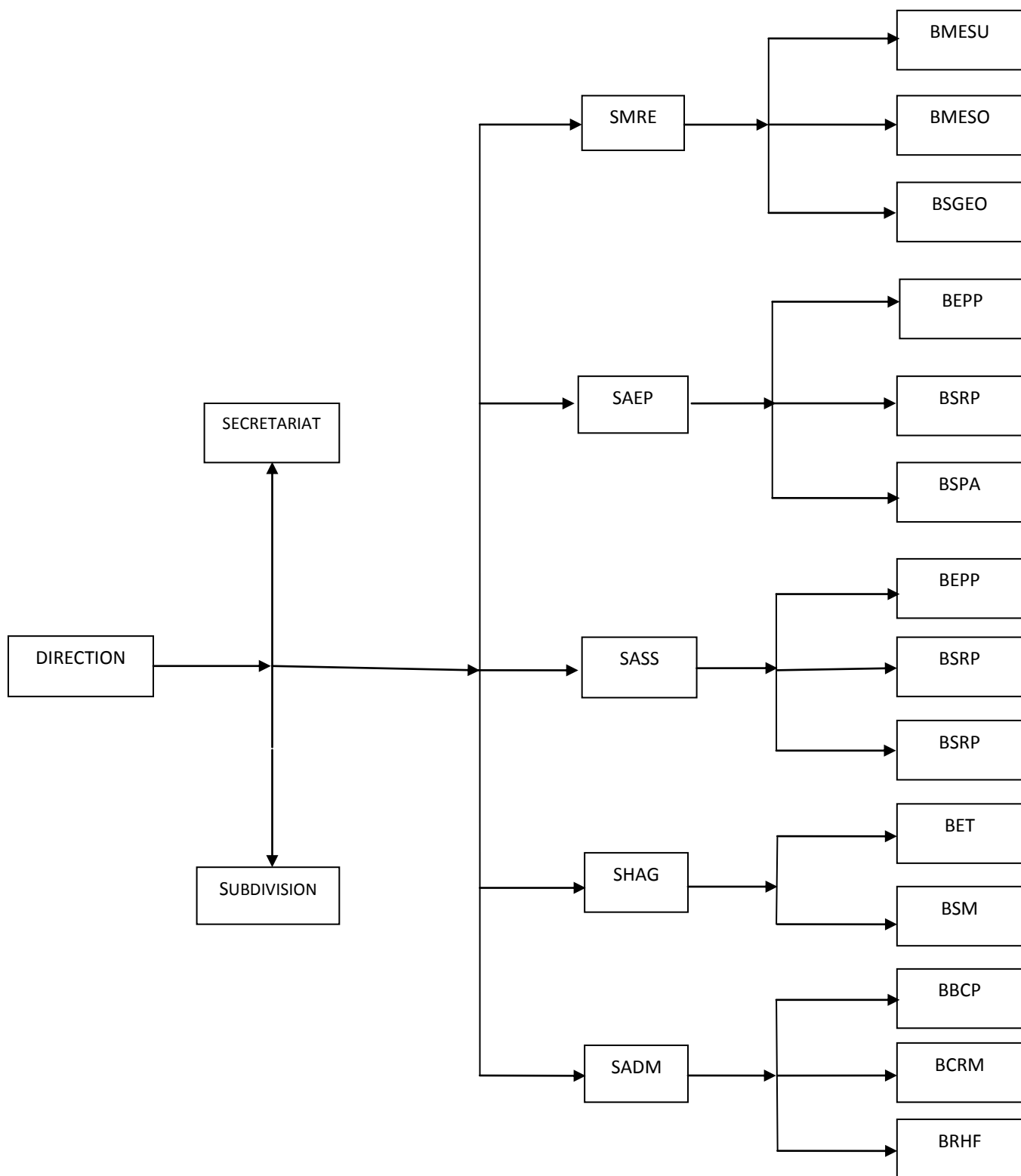


Figure.1.1 : Organigramme général de la direction hydraulique

1.2. Présentation de la zone d'étude :

1.2.1. Présentation générale de la commune :

1.2.1.1. Situation géographique :

Les villages de SID-ALI-BOUNAB sont des agglomérations secondaires, situés au pied du massif SID Ali BOUNAB (versant sud) au contact des collines qui bordent L'OUED BOUGDOURA. Administrativement, ils sont limités :

- Au nord, par la commune et par la zone de piémonts du versant sud qui sert de support pour la zone de montagne. Le mont d'IGHIL EL ARBAA (87 m) et SID ALI BOUNAB (839 m) surplombe l'agglomération.

- A l'est et sud, par la commune de DRAA BEN KHEDDA et les villages TLETA, AZIB MEDOUNE et AZIB EL KMINE.

- A l'ouest, par une succession de villages : VOUCAROUCHE, TIGHILT BOUMAOUUCHE, THALA BIREM et IMDHOUH.

1.2.1.2. Topographie :

La région d'étude est caractérisée par un relief accidenté et serré avec une pente moyenne, donc une topographie assez prononcée.

1.2.1.3. Climat :

La zone considérée se situe dans la région de Tizi-Ouzou, elle subit donc les mêmes conséquences climatiques que celle-ci. Alors elle jouit d'un climat méditerranéen, de type subhumide, caractérisé par ces étés chauds et secs et ses hivers pluvieux et humide.

1.2.1.4. Situation démographique :

La population de tous les villages de SID-ALI-BOUNAB est celle qui nous a été communiquée par les services techniques de l'APC de Tademaït.

On estimera l'évolution de la population des villages de SID-ALI-BOUNAB au taux d'accroissement retenu par l'ONS qui est de 2.5%.

On peut prévoir le nombre d'habitants des villages de SID-ALI-BOUNAB concerné par le réseau d'adduction, à l'horizon du projet, c'est-à-dire pour l'année 2038, en appliquant la loi des intérêts composés :

$$H = H_0(I + 1)^n$$

H : le nombre d'habitant à l'horizon 2038.

H₀: le nombre d'habitant en 2007.

I : le taux d'accroissement ; I=0.025

n : la différence d'année entre 2007 et l'horizon 2038.

Le tableau ci-après illustre l'évolution de la population jusqu'à 2038.

LOCALITE	TAUX D'ACCR	HORISONS			
		2007	2018	2028	2038
VILLAGES SID ALI BOUNAB	0.025	6196	8130	10407	13321

Tableau1.1 : Evolution de la population jusqu'à 2038

Dans la suite on représente l'évolution de la population jusqu'à 2038 sous forme d'un histogramme.

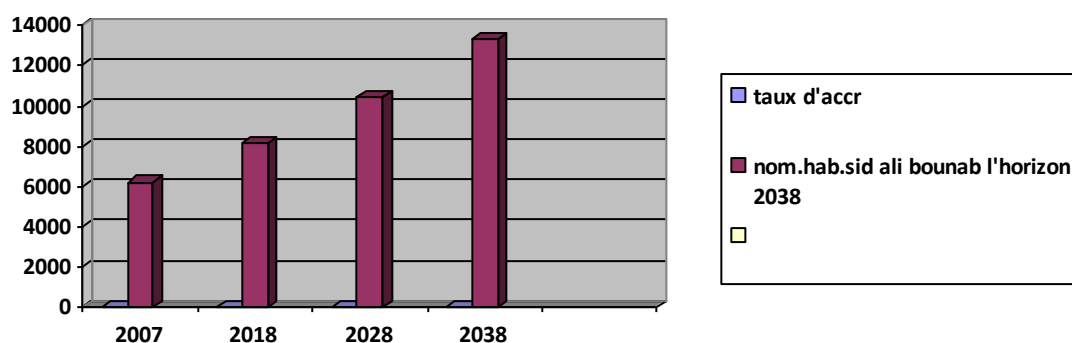


Figure.1.2 : Prévision de la population à desservir à l'horizon 2038

1.2.2. ACTIVITES :

1.2.2.1. Agriculture:

Aucune activité n'est à signaler dans ce village.

1.2.2.2. Commerces et industries :

Le village TABAROURT apparaît comme non développé sur le plan économique.

1.2.3. INFRASTRUCTURES :

Il n'y a pas d'équipements qui nécessitent d'être signalé.

1.3. Ressources en eau potable :

Actuellement le village de SID-ALI-BOUNAB tire ses ressources en eau à partir du forage de BOUGDOURA.

1.3.1. Description de la chaine d'adduction :

Maintenant on va mettre en évidence la situation de la chaine d'adduction en eau potable du village de SID-ALI-BOUNAB, en faisant ressortir la production et le stockage des eaux à partir des ressources existantes.

On rappelle que l'adduction comprend l'ensemble des éléments à savoir les ressources, les infrastructures et les équipements nécessaires pour l'approvisionnement en eau potable des différents usagers.

1.3.2. Chaîne de production :

Actuellement, la chaîne d'adduction du village de SID-ALI-BOUNAB est caractérisée par le fait qu'elle est alimentée à partir de un (01) forage de BOUGDOURA.

Les caractéristiques principales des forages sont données dans le tableau 1.2 ci-dessous :

N°	DESIGNATION	DEBIT	HMT
		l/s	M
1	FORAGE DE BOUGDOURA	20	280

Tableau.1.2 : Caractéristiques principales des forages

1.3.3. Description du réseau de distribution de SID-ALI-BOUNAB :

La distribution des villages de SID-ALI-BOUNAB est assurée par (06) six réservoirs existants de capacités (1000,100, 300, 250, 100,100) m³.

Ces réservoirs alimentent les villages de SID-ALI-BOUNAB par un réseau de distribution type ramifié.

1.3.4. Estimation des besoins en eau potable :

Le volume journalier nécessaire pour alimenter le village de SID-ALI-BOUNAB est en fonction des besoins suivants :

- Eau pour les besoins domestiques.
- Eau pour les besoins des branchements publics.
- Eau pour les besoins de l'industrie.
- Perte en adduction et en distribution.

Les besoins en eau domestique dépendent du caractère rural ou urbain de la population.

Dans le cas présent, nous adoptons une dotation de 150 l/j/habitant, valeur recommandée par les services de l'hydraulique.

1.3.5. Variation journalière de la consommation :

Pour tenir compte de la variation maximale journalière de la consommation, on affecte la consommation moyenne d'un coefficient K correctif (coefficient de pointe). Ce dernier dépend du confort de l'agglomération et du nombre d'habitant.

$$\text{Consommation Maximale} = \text{Consommation Moyenne} * K$$

Dans notre cas, on prend le coefficient **K=3**, on aura pour les différents horizons les résultats représentés dans le Tableau 1.3, le Tableau 1.4, le Tableau 1.5, le Tableau 1.6, le Tableau 1.7, et Tableau 1.8.

Pour un village tel que SID-ALI-BOUNAB la capacité de stockage est prise à 50% des besoins moyens.

Les Tableaux ci-dessous représentent la relation qui existe entre le nombre d'habitants et leurs besoins (respectivement moyen et maximal) Journalier (l/s), ainsi les capacités futures de stockage.

a- Besoin en eau pour les villages qui seront alimentés par le réservoir existant R1 TIGHILT TIGUERFIOUINE (1000m³) :

Désignation	Horizons			
	2007	2018	2028	2038
Nombres d'habitants	3760	4933	6316	8084
BESOINS (m ³ /j)	564.00	740.02	947.28	1212.60
BESOINS (l/s) « Consommation Moyenne Journaliere »	6.52	8.56	10.97	14.03
Besoin (l/s) « Consommation Maximale Journaliere »	19.58	25.69	32.89	42.10
COEFFICIENT STOCKAGE	0.50	0.50	0.50	0.50
CAPACITE (m ³)	282.00	370.01	473.64	606.30
CAPACITE STOCKAGE	1000	1000	1000	1000
DEFICITS (m ³ /j)	718.00	629.99	526.36	393.70

Tableau.1.3 : Le besoin en eau pour le village TIGHILT

**b- Besoin en eau pour le village qui sera alimenté par le réservoir existant
R5 AIT SAADA 1 (100m³) :**

Désignation	Horizons			
	2007	2018	2028	2038
Nombres d'habitants	400	525	672	860
BESOINS (m ³ /j)	60.00	78.73	100.77	129.00
BESOINS (l/s) « Consommation Moyenne Journaliere »	0.69	0.91	1.17	1.49
Besoin (l/s) « Consommation Maximale Journaliere »	2.08	2.73	3.50	4.48
COEFFICIENT STOCKAGE	0.50	0.50	0.50	0.50
CAPACITE (m ³)	30.00	39.36	50.39	64.50
CAPACITE STOCKAGE	100	100	100	100
DEFICITS (m ³ /j)	70.00	60.64	49.61	35.50

Tableau.1.4 : Le besoin en eau pour le village AIT SAADA 1

c- Besoin en eau pour le village qui sera alimenté par le réservoir existant R2 AIT SAADA 2 (250m³) :

Désignation	Horizons			
	2007	2018	2028	2038
Nombres d'habitants	340	446	571	731
BESOINS (m ³ /j)	51.00	66.92	85.66	109.65
BESOINS (l/s) « Consommation Moyenne Journaliere »	0.59	0.77	0.99	1.27
Besoin (l/s) « Consommation Maximale Journaliere »	1.77	2.32	2.97	3.81
COEFFICIENT STOCKAGE	0.50	0.50	0.50	0.50
CAPACITE (m ³)	25.50	33.46	42.83	54.83
CAPACITE STOCKAGE	250	250	250	250
DEFICITS (m ³ /j)	224.5	216.5	207.2	195.2

Tableau.1.5 : Le besoin en eau pour le village AIT SAADA 2

d- Besoin en eau pour le village qui sera alimenté par le réservoir existant R3 AIT SAADA 3 (300m³) :

Désignation	Horizons			
	2007	2018	2028	2038
Nombres d'habitants	383	503	643	823
BESOINS (m ³ /j)	57.45	75.38	96.49	123.52
BESOINS (l/s) « Consommation Moyenne Journalier »	0.66	0.87	1.12	1.43
Besoin (l/s) « Consommation Maximal Journalier »	1.99	2.62	3.35	4.29
COEFFICIENT STOCKAGE	0.50	0.50	0.50	0.50
CAPACITE (m ³)	28.73	37.69	48.25	61.76
CAPACITE STOCKAGE	300	300	300	300
DEFICITS (m ³ /j)	271.28	262.31	251.75	238.24

Tableau.1.6 : Le besoin en eau pour le village AIT SAADA 3

e- Besoin en eau pour le village qui sera alimenté par le réservoir existant R4 HIDOUSSA (200m³) :

Désignation	Horizons			
	2007	2018	2028	2038
Nombres d'habitants	583	765	979	1253
BESOINS (m ³ /j)	87.45	114.74	146.88	188.02
BESOINS (l/s) « Consommation Moyenne Journalier »	1.01	1.33	1.70	2.18
Besoin (l/s) « Consommation Maximal Journalier »	3.04	3.98	5.10	6.53
COEFFICIENT STOCKAGE	0.50	0.50	0.50	0.50
CAPACITE (m ³)	43.73	57.37	73.44	94.01
CAPACITE STOCKAGE	200	200	200	200
DEFICITS (m ³ /j)	156.28	142.63	126.56	105.99

Tableau.1.7. : Le besoin en eau pour le village HIDOUSSA

f- Besoin en eau pour le village qui sera alimenté par le réservoir existant R6 EL MEDHOUNE (100m³) :

Désignation	Horizons			
	2007	2018	2028	2038
Nombres d'habitants	380	499	638	817
BESOINS (m ³ /j)	57.00	74.79	95.74	122.55
BESOINS (l/s) « Consommation Moyenne Journalier »	0.66	0.87	1.11	1.42
Besoin (l/s) « Consommation Maximal Journalier »	1.98	2.60	3.32	4.26
COEFFICIENT STOCKAGE	0.50	0.50	0.50	0.50
CAPACITE (m ³)	28.50	37.39	47.87	61.28
CAPACITE STOCKAGE	100	100	100	100
DEFICITS (m ³ /j)	71.50	62.61	52.13	38.72

Tableau.1.8. : Le besoin en eau pour le village EL MEDHOUNE

1.4. Problématique :

Nous disposons de six (06) réservoirs, nous voulons faire transporter de l'eau à partir du forage de BOUGDOURA vers tous les réservoirs cités ci dessus, de tel sort que nous réduisons la puissance absorbée par les Pompes pour réduire les couts journaliers.

2.1. Concepts fondamentaux de la théorie des graphes :

2.1.1. Introduction :

La théorie des graphes est un outil puissant de modélisation et de résolution de problèmes concrets. A l'origine, la théorie des graphes était présentée comme une curiosité mathématique; Euler lors d'une de ses promenades nocturnes a voulu tracer un itinéraire circulaire dans la ville de Königsberg. Partant d'un point donné, il voulut visiter les sept ponts de cette ville (disposés selon le schéma ci-dessous) une seule fois seulement, puis retourner à son point de départ.

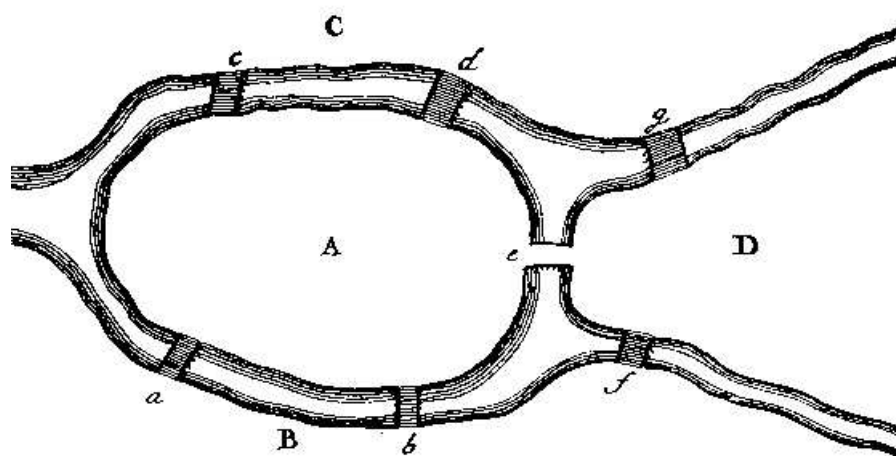


Figure.2.1 : Les sept ponts de Königsberg

Les points A, B, C et D sont des rives.

Ensuite la théorie des graphes a été utilisée pour modéliser des circuits électriques (Kirchhoff). Puis de nombreuses applications dans différents domaines tels : la chimie, la psychologie, etc.

2.2. Définitions :

Qu'est ce qu'un graphe ?

C'est en 1822 que le mot <<graphe>> est introduit par l'anglais J.J Sylvester, et en 1936 que parait le premier livre sur la théorie des graphes, écrit par D.König.

Un graphe est un dessin géométrique défini par la donnée d'un ensemble de point (appelés sommets ou nœuds), reliés entre eux par un ensemble de lignes ou de flèches (appelées arêtes ou arcs). Chaque arête a pour extrémités deux points, éventuellement confondus.

Les graphes peuvent servir à représenter un grand nombre de situation courantes comme :

- a- Les liens routiers
- b- Les réseaux de communication
- c- Les circuits électriques
- d- Les liens entre diverses personnes ou entités administratives

2.2.1. Graphe orienté :

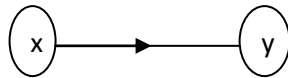
Un graphe orienté est un système formé d'un ensemble fini de sommets que l'on notera $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ et d'un ensemble fini d'arcs reliant dans un ordre bien défini ces sommets, ou un certain nombre d'entre eux noté $\{u_1, u_2, \dots, u_m\}$.

Mathématiquement, un graphe est représenté par le couple $G=(X, U)$, où :

1. X est l'ensemble des sommets
2. U est l'ensemble des arcs

➤ **Notation :**

On note un arc reliant un sommet x au sommet y dans un graphe G par :
 $u=(x, y)$



Si le graphe G contient n sommets, on dit alors que G est d'ordre n .

Chaque arc du graphe G relie respectivement deux sommets, le sommet de départ qui représente l'extrémité initiale de l'arc et le sommet d'arrivée qui représente l'extrémité terminale.

Autrement dit :

Un graphe orienté est défini par le quadruplet : $G=(X, U, I, T)$

Où : I : est l'application extrémité initiale d'un arc définie par :

$$I : U \longrightarrow X$$

$$(x, y) \longrightarrow I(x, y)=x$$

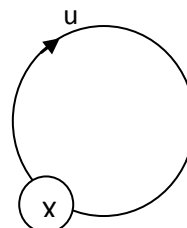
T : est l'application extrémité terminale d'un arc définie par :

$$T : U \longrightarrow X$$

$$(x, y) \longrightarrow T(x, y)=y$$

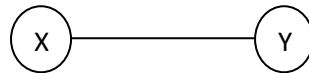
➤ **Remarque 1 :**

On appelle l'arc dont l'extrémité initiale est confondue avec l'extrémité terminale une boucle notée $u=(x, x)$.



2.2.2. Graphe non orienté :

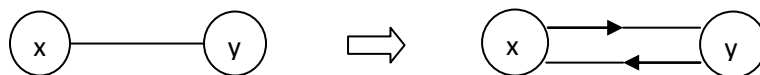
Si on définit une relation sur un ensemble où la notion d'ordre n'est pas importante, on représente ainsi la relation entre deux sommets par un arc non orienté appelé arête. On obtient alors un graphe non orienté, noté $G=(X, E)$.



➤ **Remarque 2:**

Une arête dont les extrémités sont confondues est une boucle.

Une arête peut être transformée en deux arcs de sens différents.



2.2.3. Graphe simple et graphe multiple :

Un graphe simple est un graphe sans boucle ni arcs (arêtes) multiples.

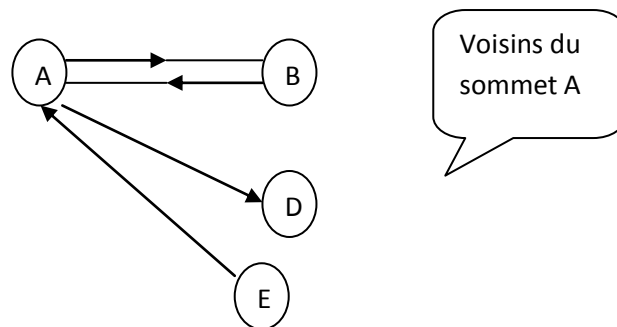
Dans le cas contraire, c'est-à-dire, si des boucles ou des arcs (arêtes) multiples sont autorisés, on dira alors que le graphe est multiple.

On définit ainsi, la multiplicité d'un graphe orienté multiple par le nombre maximum d'arcs ayant la même extrémité initiale et la même extrémité terminale. Soit p ce nombre, on dit alors que G est un p -graphe.

$$p = \max \{u \in U / I(u)=x \text{ et } T(u)=y\}$$

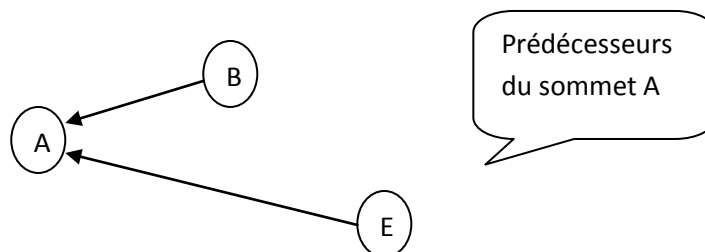
2.2.4. L'ensemble des prédécesseurs, successeurs et voisins d'un sommet :

Considérons le graphe correspondant à la figure suivante :



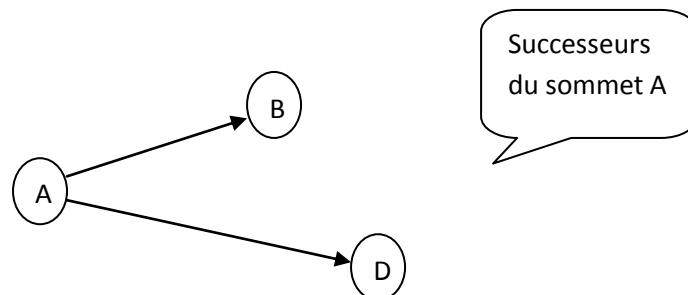
- a- Partant des localités B et E, on peut atteindre la localité A par deux routes directes BA et EA.

Les sommets B et E forment ainsi l'ensemble des prédécesseurs de A, qu'on note : $\Gamma^-(A)$



- b- Partant de la localité A, on peut atteindre directement les localités B et D, respectivement par les deux routes AB et AD.

Les sommets B et D forment ainsi l'ensemble des successeurs de A, qu'on note : $\Gamma^+(A)$.



- c- L'ensemble des voisins du sommet A est égal à la réunion de l'ensemble de ses prédécesseurs et ses successeurs, on le note : $\Gamma(A)$ ou $V(A)$.

Donc, si $G=(X, U)$ un graphe orienté :

- L'ensemble des prédécesseurs d'un sommet x se définit par :

$$\Gamma^-(x) = \{y \in X / \exists u \in U \text{ où } I(u)=y \text{ et } T(u)=x\}$$

- L'ensemble des successeurs d'un sommet x se définit par :

$$\Gamma^+(x) = \{y \in X / \exists u \in U \text{ où } T(u)=y \text{ et } I(u)=x\}$$

- L'ensemble des voisins d'un sommet x se définit par :

$$\Gamma(x) = \Gamma^+(x) \cup \Gamma^-(x)$$

2.2.5. Le degré d'un sommet :

Soit $G=(X, U)$ un graphe orienté on a :

- Le demi-degré extérieur d'un sommet x est égal au nombre d'arcs ayant le sommet x comme extrémité initiale, on dit aussi le nombre d'arcs incidents extérieurs au sommet x. On le note :

$$d_G^+(x) = |\{u \in U / I(u)=x\}|$$

- Le demi-degré intérieur d'un sommet x est égal au nombre d'arcs ayant le sommet x comme extrémité terminale, on dit aussi le nombre d'arcs incidents intérieurs au sommet x. On le note :

$$d_G^-(x) = |\{u \in U / T(u)=x\}|$$

- Le degré d'un sommet x est le nombre d'arcs ayant x comme extrémité initiale ou terminale, on dit aussi le nombre d'arcs adjacents à x. On le note :

$$d_G(x) = d_G^+(x) + d_G^-(x)$$

2.2.6. Les graphes particuliers :

1. Graphe complet :

On appelle graphe complet un graphe dont tous les sommets sont adjacents.

2. Graphe planaire :

Un graphe est dit planaire si on peut le dessiner sur un plan, de telle façon que les arêtes ne se coupent pas, en dehors de leurs extrémités.

3. Graphe biparti :

Un graphe est biparti si l'ensemble de ses sommets peut être réparti en deux classes X_1 et X_2 , telles que, deux sommets de la même classe ne soient pas adjacents. On note $G=(X_1, X_2, U)$, avec :

$$X_1 \cup X_2 = X \text{ et } X_1 \cap X_2 = \emptyset$$

2.2.7. La représentation matricielle d'un graphe :

Soit un graphe $G=(X, U)$ contenant n sommets et m arcs ($|X|=n$ et $|U|=m$), on associera trois types de matrices :

a- La matrice d'adjacence :

La matrice d'adjacence du graphe $G=(X, U)$ est une matrice $n*n$, ses éléments prennent deux valeurs 1 ou 0. Chaque ligne et chaque colonne correspondent à un sommet du graphe. Ainsi chaque élément de la matrice indique la relation qui existe entre deux sommets :

- 1 signifie que les deux sommets sont reliés par un arc orienté.
- 0 signifie que les deux sommets ne sont pas reliés par un arc.

b- La matrice associée :

La matrice associée d'un graphe $G=(X, U)$ est une matrice $n*n$, où chaque ligne et chaque colonne correspondent à un sommet du graphe, les éléments de la matrice associée indique le nombre d'arcs orientés dans le même sens reliant deux sommets.

c- La matrice d'incidence aux arcs :

La matrice d'incidence aux arcs d'un graphe $G=(X, U)$ est une matrice $n*m$, ses éléments prennent les valeurs 1, 0 ou -1. Chaque ligne de la matrice est associée à un sommet et chaque colonne à un arc. Et tout élément de la matrice indique la relation entre un sommet et un arc comme suit :

- +1 signifie que le sommet est une extrémité initiale de l'arc.
- -1 signifie que le sommet est une extrémité terminale de l'arc.
- 0 signifie qu'il n'existe pas de relation entre le sommet et l'arc.

2.2.8. La connexité dans un graphe :**2.2.8.1. Cheminement dans un graphe :**

Les cheminements dans la théorie des graphes sont de quatre types : la chaîne, cycle, le chemin et le circuit.

1. La chaîne:

Soit $G=(X, U)$ un graphe. Une chaîne joignant deux sommets x_0 et x_k dans un graphe G est une suite de sommets reliés par des arêtes tels que, deux sommets successifs ont une arête commune.

On la note : $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_k)$ et on dit que x_0 et x_k sont les extrémités de la chaîne.

2. Le chemin:

Soit $G=(X, U)$ un graphe. Un chemin du sommet x_0 à x_k dans un graphe G , est une suite de sommets reliés successivement par des arcs orientés dans le même sens. On le note : $(x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$.

3. Le cycle :

Un cycle est une chaîne simple dont les deux extrémités coïncident. On le note : $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_k = x_0)$.

4. Le circuit :

Un circuit est un chemin dont les deux extrémités sont confondues. On le note par : $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_k = x_0)$.

2.2.8.2. La connexité :

On définit la connexité dans un graphe, par la relation entre deux sommets de la manière suivante :

(Deux sommets x et y ont une relation de connexité)



(Il existe une chaîne entre x et y ou bien $x=y$).

1. Les composantes connexes :

On appelle composante connexe un ensemble de sommets, qui ont deux à deux la relation de connexité, de plus tout sommet en dehors de la composante n'a pas de relation de connexité avec les sommets de cette composante.

2. Le graphe connexe :

Un graphe $G=(X, U)$ est dit graphe connexe si tous ses sommets ont deux à deux la relation de connexité ; Autrement dit, si G contient une seule composante connexe.

Un graphe est connexe



Il possède une seule composante connexe.

3. La forte connexité :

- On définit la forte connexité dans un graphe par une relation entre deux sommets de la manière suivante :

Deux sommets x et y ont une relation de forte connexité



Il existe un chemin de x à y et un chemin de y à x ; ou bien $x=y$.

- Les composantes fortement connexes :

On appelle composante fortement connexe un ensemble de sommets qui ont deux à deux la relation de forte connexité, de plus tout sommet en dehors de la composante n'a pas de relation de forte connexité avec aucun élément de cette composante.

4. Le graphe réduit :

On appelle graphe réduit du graphe $G=(X, U)$, le graphe $G_r=(X_r, U_r)$ dont :

- Les sommets sont représentés par les composantes fortement connexes C_i du graphe G .
- Les arcs (x, y) dans le graphe G avec le sommet x appartenant à C_i et le sommet y appartenant à C_j alors il existera un arc (C_i, C_j) dans le graphe réduit G_r .

- Le graphe fortement connexe :

Un graphe G est dit fortement connexe si tous ses sommets ont deux à deux la relation de forte connexité, autrement dit si G contient une seule composante fortement connexe.

2.2.9. Les cheminements remarquables :

2.2.9.1. Les cheminements eulériens :

1. Chaîne et cycle eulériens

On appelle chaîne (resp. Cycle) eulérienne une chaîne (resp. Cycle) qui utilise toutes les arêtes du graphe une et une seule fois.

- Chaîne eulérienne :

Soit $G=(X, E)$ un multi-graphe,

Un multi-graphe G admet une chaîne eulérienne joignant les sommets x_0 et x_k de X si et seulement si G est connexe et que tous ses sommets sont de degré pair sauf x_0 et x_k .

$$\text{i.e. : } \forall x \in G \setminus \{x_0, x_k\}, d_G(x) = 2k$$

- Cycle eulérien :

Soit $G=(X, E)$ un multi-graphe,

Un multi-graphe G admet un cycle eulérien si et seulement si tous les sommets du graphe sont de degré pair.

$$\text{i.e. : } \forall x \in G, d_G(x) = 2k$$

2. Chemins et circuits eulériens :

Nous avons vu les cycles et chaînes eulériens dans un multi-graphe eulérien. Dans un graphe orienté $G=(X, U)$, le concept correspondant est celui de circuit et chemin.

- Chemin eulérien :

Soit $G=(X, U)$ un graphe orienté

Un graphe orienté G admet un chemin eulérien joignant les sommets x_0 et x_k de X si et seulement si :

- ❖ Le graphe G est connexe
- ❖ $d^+_G(x_0)=d^-_G(x_0)+1$; $d^+_G(x_k)=d^-_G(x_k)-1$
- ❖ $d^+_G(x)=d^-_G(x)$; $\forall x \in X \setminus \{x_0, x_k\}$

- Circuits eulérien :

Soit $G=(X, U)$ un graphe orienté.

Un graphe orienté admet un circuit eulérien si et seulement si :

- ❖ Le graphe G est connexe
- ❖ Le demi-degré intérieur de chaque sommet x de G est égal à son demi-degré extérieur ; C'est-à-dire : $d^+_G(x)=d^-_G(x)$; $\forall x \in X$

3. Les chemins hamiltoniens :

Le problème du voyageur de commerce consiste à trouver un itinéraire lui permettant de visiter toutes les villes une et une seule fois pour finalement revenir à son point de départ. La modélisation de ce problème en théorie des graphes consiste à trouver un circuit passant une et une seule fois par tous les sommets (qui représente les villes). Ce qu'on appelle un chemin hamiltonien dont les extrémités sont confondues.

Donc un chemin est dit hamiltonien s'il passe par tous les sommets du graphe G une et une seule fois.

2.2.9.2. Arbres et arborescences :

➤ **Définition 1 :**

Un arbre, est par définition, un graphe connexe et sans cycle.

• **Proposition 1:**

Soit n le nombre de sommets d'un graphe $G=(X, E)$, et m le nombre de ses arcs.

- Si G est connexe $\Rightarrow m \geq n-1$
- Si G est sans cycles $\Rightarrow m \leq n-1$
- Donc : G arbre $\Rightarrow m=n-1$

Évaluation :

Soit l'application $P : E \rightarrow \mathfrak{R}$

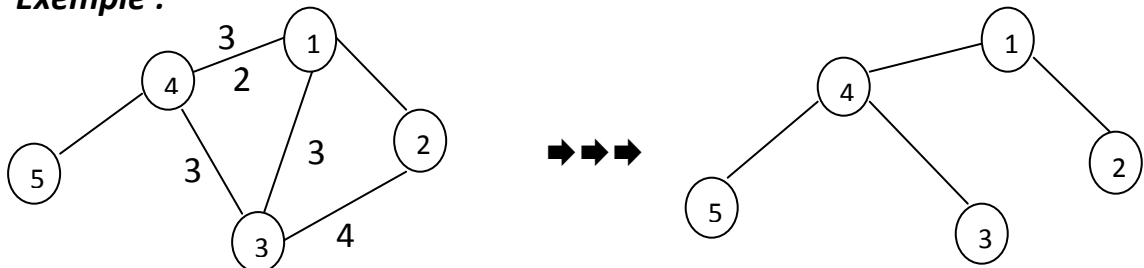
$e \rightarrow P(e)$

Tel que $P(e)$ =valeur de poids, longueur,...etc.

- Si A arbre $P(A)=\sum_{e \in A} P(e)$; $P(A)$ =poids de l'arbre A
- A^* sera dit arbre de poids minimum si :

$$P(A^*) \leq P(A) \quad ; \forall A \text{ arbre de } G.$$

• **Exemple :**



$$P(A) = 1+2+3+3=9$$

- **Définition 2 :**

Une forêt est un graphe dont chaque composante connexe est un arbre.

C'est-à-dire un graphe sans cycle.

- **Définition 3 :**

Un sommet s d'un graphe G est une <<racine>> (resp. une <<anti-racine>> s'il existe un chemin joignant s à chaque sommet du graphe G (resp. Joignant chaque sommet de G à s) à l'exception du sommet lui-même.

- **Définition 4 :**

Un graphe $G=(X, U)$, avec $n= |X| \geq 2$ sommets. G est une arborescence de racine s si :

- G est un arbre
- s est une racine de G

- **Remarque 3:**

Une arborescence est un arbre mais la réciproque est fausse.

- **Définition 5:**

Un graphe $G=(X, U)$, avec $n = |X| \geq 2$ sommets. G est une anti arborescence admettant le sommet s comme anti-racine si :

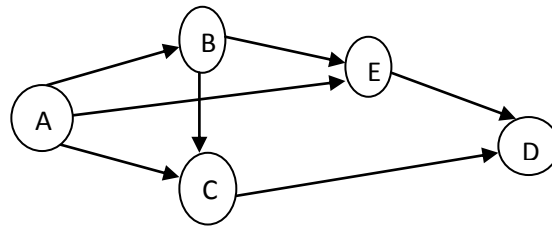
- G est arbre
- s est une anti-racine de G

- **Remarque 4:**

Si on inverse le sens des arcs d'une arborescence, on obtient une anti-arborescence.

2.3. Le problème de recherche du plus court chemin :

La figure suivante représente les routes à sens unique reliant deux points A et D, les évaluations des arcs représentent des distances kilométriques.



Il existe plusieurs chemins reliant le sommet A au sommet D, mais on veut trouver celui de distance minimale.

On considère le tableau suivant qui donne tous les chemins issus du sommet A et leurs longueurs :

Chemin issu du sommet A	La longueur du chemin (km)
AB	2
ABC	5
AC	6
ABE	4
AE	1
ABCD	7
ABED	11
ACD	8
AED	8

Le plus court chemin reliant A à D est (ABCD), il a pour longueur 7 km.

Le principe de la recherche d'un plus court chemin issu d'un sommet x vers un autre sommet y dans un graphe G est de trouver tous les chemins élémentaire reliant x à y et d'en choisir le plus court.

2.3.1. Définitions :

a- Réseau :

Un réseau est un graphe $G=(X, U)$ muni d'une application $d : U \rightarrow \mathfrak{R}$ qui à chaque arc fait correspondre sa longueur $d(u)$, on note un tel réseau par : $R(X, U, d)$

En pratique, $d(u)$ peut matérialiser un coût, une distance, une durée etc.

b- La longueur d'un chemin dans un réseau :

La longueur d'un chemin C dans un réseau R est égale à la somme des longueurs des arcs comptés dans leur l'ordre de multiplicité dans le chemin (le nombre de fois qu'on parcourt ces arcs).

On le note par : $|C| = \sum_{u \in C} d(u)\eta(u)$

On définit de la même manière, la longueur d'un cycle, un circuit et d'une chaîne.

c- Plus courte distance :

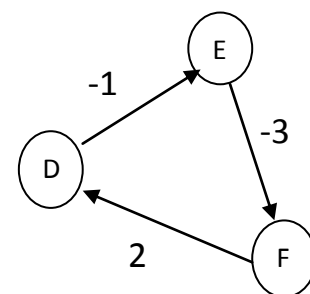
Si un plus court chemin (chemin de longueur minimale) d'un sommet s à un sommet x existe dans un réseau. La longueur de ce plus court chemin sera appelée <<plus courte distance de s à x >> et se notera $\pi(x)$.

d- Circuit absorbant :

Un circuit est dit absorbant si sa longueur est négative.

- **Exemple :**

Dans le réseau R de la figure, le circuit



$C = (D, E, F, D)$ ci-contre est absorbant car $|-2| < 0$,
et plus on contourne le circuit, plus sa longueur
ne devient minimale. (tend vers $-\infty$).

2.4. Présentation du réseau de l'adduction de SID ALI BOUNEB existant :

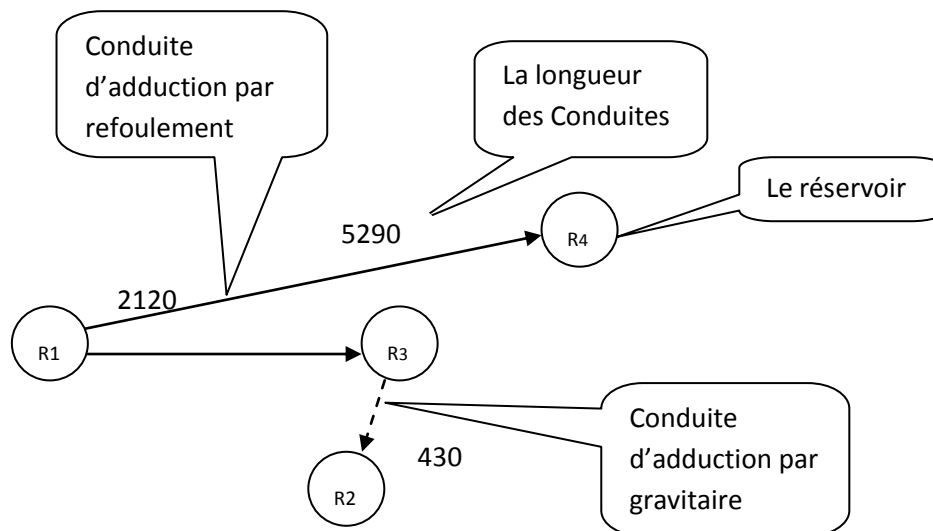


Figure.2.2 : Le chemin dans un réseau existant

Sommets : représente les réservoirs

Arcs : représente les conduites

2.5. Algorithme de recherche d'un plus court chemin :

Plusieurs algorithmes existent pour résoudre les problèmes de recherche des plus courts chemins dans un réseau, nous ne présenterons que les méthodes qui paraissent les plus performantes. On va présenter trois (03) algorithmes :

2.5.1. Algorithme de BELLMAN :

On applique cet algorithme pour la recherche d'une arborescence de plus courts chemins dans un réseau $R=(X, U, d)$ sans circuit.

2.5.2. Algorithme de DIJKSTRA :

On applique cet algorithme pour déterminer une arborescence des plus courtes distances sur un réseau $R=(X, U, d)$, où les longueurs des arcs sont positives ou nulles ($d(u) \geq 0 ; \forall u \in U$)

2.5.3. Algorithme général de FORD :

On applique l'algorithme général pour la recherche d'un plus court chemin sur un réseau quelconque avec $d(u) \in \mathbb{R}$.

Cet algorithme permet soit :

- De mettre en évidence un circuit absorbant si celui-ci existe.
- De déterminer une arborescence des plus courts chemins de racine s dans un réseau s'il ne contient pas de circuit absorbant.

2.6. Modèle DYNAMB 2

On s'intéresse au long de ce chapitre au model : DYNAMB 2

- **Principe :**

Le model : DYNAMB 2 s'intéresse de calculer de proche en proche, l'arborescence des plus courtes distances, issue du sommet s à un sommet donné p .

- **But de l'algorithme :**

Cet algorithme de recherche d'un plus court chemin nous permet de réduire les pertes de charges totales.

On minimise la distance pour diminuer les pertes de charges totales et les hauteurs géométriques.

2.7. Logiciel LINGO

- **Nécessité d'avoir un outil informatique :**

Grace aux progrès de l'informatique, l'offre de logiciels commerciaux permettant de résoudre les problèmes linéaire et non linéaire de plus en plus gros a considérablement augmenté.

La commande « about LINGO » du menu help permet d'afficher les informations concernant le logiciels (les variables, les contraintes,... etc.).



Figure.2.3 : fenêtre information du logiciel « LINGO »

- **Rôle du logiciel :**

Le logiciel LINGO permet de résoudre un grand nombre de problèmes de la recherche opérationnelle :

- 1- Les problèmes de programmation linéaire
- 2- Les programmes de programmation linéaire en nombre entier
- 3- Les problèmes de programmation non linéaire
- 4- Les problèmes de programmation linéaire mixte

- **Structure générale du langage « LINGO » :**

Un modèle (programme) commence par MODEL (avec un nom au choix) et se termine par END.

Il peut comporter les sections suivantes :

- SETS : Définitions de constantes comme const en pascal
 - ENDSETS : Fin de déclaration des constantes
 - DATA : initialisation de table en distance
 - ENDDATA : fin de tableaux
 - END : Fin du modèle (programme)
-

- **Interface du logiciel :**

Lors du lancement du logiciel « LINGO » la fenêtre ci-dessous apparaîtra pendant un moment

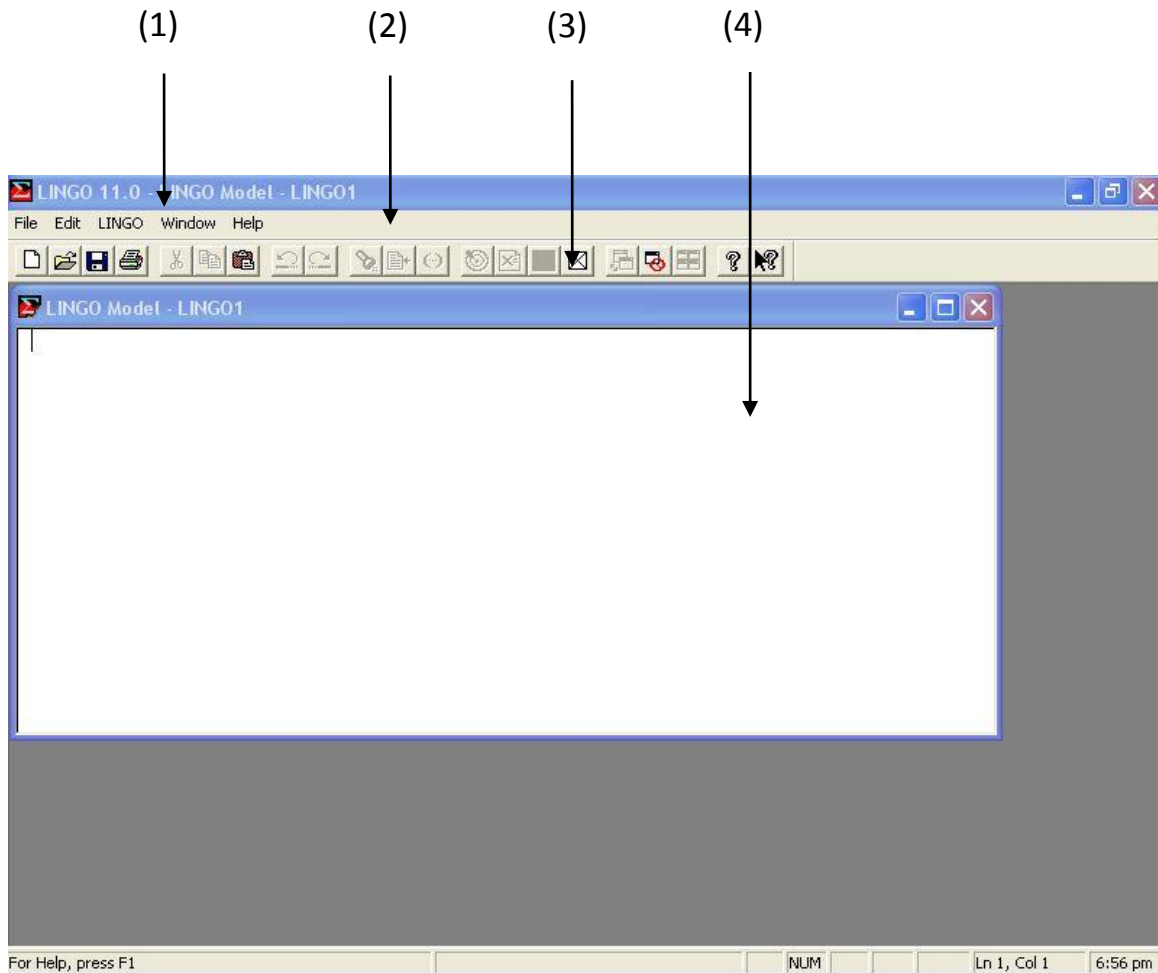


Figure.2.4 : fenêtre principale de logiciel « LINGO »

- (1) : La barre de titre affiche le nom du logiciel et le nom du programme
- (2) : La barre de menu affiche les principales commandes du logiciel
- (3) : La barre d'outils affiche des boutons, ce ne sont autres que des raccourcis permettant de réaliser les opérations courantes du modèle
- (4) : L'interface de programmation (l'éditeur)

2.8. Optimisation du réseau d'adduction de SID ALI BOUNEB par la méthode « DYNAMB 2 » en utilisant le langage « LINGO » :

2.8.1. Construction de réseau de l'adduction par refoulement :

Le graphe suivant représente le réseau de l'adduction par refoulement général

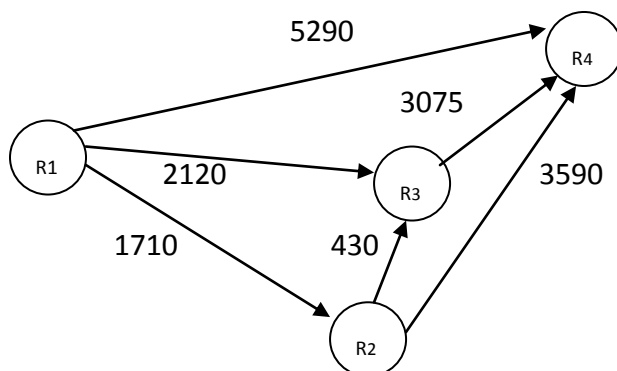


Figure.2.5 : Réseau de l'adduction par refoulement général

Touts les arcs représentent les conduites d'adduction par refoulement

Les distances et les altitudes :

Tronçons	Distance(m)	altitude(m)
$R_1 \rightarrow R_2$	1710	94.03
$R_2 \rightarrow R_3$	430	74.15
$R_2 \rightarrow R_4$	3590	204.03
$R_1 \rightarrow R_3$	2120	168.18
$R_3 \rightarrow R_4$	3075	129.88
$R_1 \rightarrow R_4$	5290	298.06

Tableau.2.1 : Tableau des distances et hauteurs

2.9. Modélisation du problème :

Pour trouver la distance minimale, on utilisera la fonction objective $F(i)$ t.q :

$$F(i) = \min_j [D(i, j) + F(j)]$$

Où $F(i)$ est la distance minimale du sommet i au sommet de destination finale, et $D(i, j)$ est la distance du sommet i au sommet j .

2.10. Programmation par « LINGO » :

Le programme :

```

ENDDATA
! If ou are already in last sommet, then the cost to
travel to it is 0;
F( @SIZE( SOMMETS) ) = 0;
! The following is the classic dynamic programming
recursion. In words, the shortest distance from
sommet i to last sommet is the minimum over all
sommets j reachable from i of the sum of the
distance from i to j plus the minimal distance
from j to last sommet;
@FOR( SOMMETS( i) | i #LT# @SIZE( SOMMETS) :
    F( i) = @MIN( D( i, j) + F( j));
);
! Set COMPATH( j) > 0 if city j is on any critical path,
i.e., if going to j from some i on the critical path,
still allows us to get to last sommet in optimal time;
COMPATH( 1) = 1;
@FOR( SOMMETS( j)):

```

Figure.2.6 :Presentation du programme plus court chemin

2.11. Résultat d'exécution du programme :

L'exécution du programme donne le résultat suivant :

```
Feasible solution found.
Total solver iterations: 0

Variable      Value
F( 1)         5195.000
F( 2)         3505.000
F( 3)         3075.000
F( 4)          0.000000
COMPATH( 1)   1.000000
COMPATH( 2)   0.000000
COMPATH( 3)   1.000000
COMPATH( 4)   1.000000
D( 1, 2)      1710.000
D( 1, 3)      2120.000
D( 1, 4)      5290.000
D( 2, 3)       430.0000
D( 2, 4)      3590.000
D( 3, 4)      3075.000
ROMPATH( 1, 2) 0.000000
ROMPATH( 1, 3) 1.000000
ROMPATH( 1, 4) 0.000000
ROMPATH( 2, 3) 0.000000
ROMPATH( 2, 4) 0.000000
ROMPATH( 3, 4) 1.000000
```

Figure.2.7 : Résultat d'exécution du programme

Ce résultat montre que la distance minimale entre le sommet 1 et le sommet 4 est 5195.

Le chemin minimal est $R_1 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4$.

2.12. Présentation du réseau optimale (plus court chemin) :

La figure suivante donne le réseau optimal (plus court chemin)

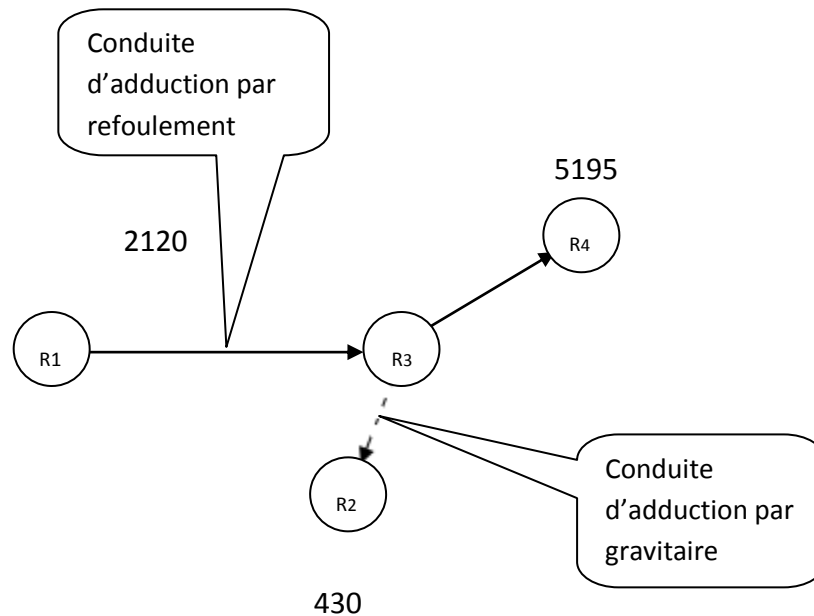


Figure.2.8 : Présentation du réseau optimale (plus court chemin)

2.13. Conclusion :

Après avoir le résultat avec le logiciel « LINGO », le chemin le plus court du :

R_1 (réservoir) vers R_3 (réservoir) est : 2120 m

R_3 (réservoir) vers R_4 (réservoir) est : 3075 m

R_1 (réservoir) vers R_4 (réservoir) est : 5195 m

Donc dans la suite de ce chapitre on va refouler du R_1 vers R_4 pour que les pertes de charge et les altitudes soit minimales cela pour minimiser l'énergie consommé par les pompes ainsi que les frais d'exploitation.

3.1. Généralités :

Le terme d'adduction s'applique à l'ensemble des installations reliant la prise au point d'utilisation ou au réservoir de stockage.

Lorsque les eaux peuvent être transitées uniquement par gravité, l'ouvrage d'adduction peut consister :

- Soit en un canal découvert
- Soit en une conduite forcée, (caractéristiques d'un écoulement sous pression).

Dans le cas contraire, il y a lieu de prévoir des groupes élévatoires refoulant l'eau dans une adduction mixte et cela au vu de la topographie de la zone du projet.

3.2. Choix de type de canalisation :

Une conduite est constituée par des tuyaux assemblés les uns aux autres. Ces derniers peuvent être :

- Métallique : fonte ductile, fonte grise, acier non soudable.
- A base de ciment : béton armé, amiante-ciment, béton précontraint.
- En matière thermoplastique.

Le choix du type de conduite se fait suivant un ensemble de critères d'ordre technique et économique à savoir :

- Le diamètre.
- La pression à supporter.
- Les conduites de manutention (transport, pose,...)
- Agressivité du sol.

- Le prix et la disponibilité sur le marché.

Dans notre cas, on opte pour des conduites en acier et en PEHD pour tous les tronçons du projet, vu les avantages qu'elles présentent à savoir :

- Elles sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie de transport.
- Leurs résistances aux contraintes (chocs, écrasements, déplacement de terrain,...).

Elles sont plus longues que les conduites en fonte ce qui diminue le nombre des raccords et rend la pose plus rapide.

3.3. Etude technico-économique :

3.3.1. Adduction par refoulement :

Pour la conduite de refoulement, le diamètre et la station de pompage sont liés économiquement. En effet, plus le diamètre de la conduite est petit, pour un même débit à relever, plus les pertes de charge et l'énergie dépensées seront importantes.

Le diamètre économique optimal pour la conduite de refoulement correspond au minimum des :

- Charges annuelles d'amortissement et d'exploitation de la conduite.
- Charges annuelles d'amortissement et d'exploitation de la station de pompage.

3.3.2. Adduction gravitaire :

Pour les conduites gravitaires, le diamètre est dimensionné de telle sorte qu'à l'extrémité aval de la conduite, la charge résiduelle soit positive, c'est-à-dire, que la charge hydraulique à l'extrémité amont de la conduite diminue des

pertes de charge totales au long de la conduite, Soit supérieure à la cote géographique à l'extrémité avale de la conduite.

3.3.3. Diamètre économique :

Pour le calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement on utilise les deux formules approchées suivantes :

- 1 Formule de BRESS :

$$D=1.5\sqrt{Q} \quad [m]$$

- 2 Formule de BONNIN :

$$D=\sqrt{Q} \quad [m]$$

Q : débit à élevé en (m³/s).

A partir de ces deux diamètres déterminés, on choisi une gamme de diamètres parmi lesquels on choisira celui qui représentera les frais les moins élevés.

3.3.3.1. Pertes de charge :

Lorsque le fluide s'écoule dans une conduite plus au moins lisse qui peut présenter des variations brusques de section ou de direction, etc. ; Une partie de son énergie sera utilisée dans le frottement contre les parois, dans les turbulences, et ou le décollement de ces particules. Cette énergie perdue constitue ce qu'il est convenu d'appeler la perte de charge. On distingue deux types :

- Pertes de charges linéaires
- Pertes de charges singulières

3.3.3.2. Calcul de pertes de charge :

a- Pertes de charges linéaires :

Pour un tronçon donné, les pertes de charges linéaires dépendent de :
Diamètre D de la conduite ; Débit Q ; la rugosité hydraulique K_s, exprimée en

mm, la longueur du tronçon L, qui se déterminent par la formule de COLEBROOK selon :

$$J_l = \mu \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

μ : coefficient de perte de charge linéaire.

D : diamètre de la conduite[m].

L : longueur du tronçon considérée [m].

v : vitesse moyenne d'écoulement [m/s].

g : pesanteur (9.81 m/s²).

Le coefficient μ est obtenue par la formule de COLEBROOK-WHITE selon :

$$\frac{1}{\mu} = -2 \log \left[\frac{2.51}{Re \sqrt{\mu}} + \frac{K_s}{3.71 D} \right]$$

Où bien :

$$\frac{1}{\mu} = -2 \log \left[\frac{4.5}{Re} \log \frac{Re}{6.97} + \frac{K_s}{3.71 D} \right]$$

Re : Le nombre de REYNOLDS, est calculé comme suit :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

ν : viscosité cinématique de l'eau, donnée par la formule de STOCKS.

$$\nu = \frac{0.0178}{1 + 0.0337 t + 0.000221 t^2}$$

t : température de l'eau en degré, a t=20°C : $\nu=0.01$ STOCKS=10⁻⁶ m²/s.

K_s : coefficient de rugosité absolu [mm].est déterminé en mesurant l'épaisseur de rugosité des parois du tuyau.

$$K_s = K_0 + \alpha \cdot T.$$

D'où : K_0 rugosité absolu de tuyau neuf, égale à 0.08 mm.

A : coefficient de vieillissement déterminé à partir l'abaque de « PETER-LAMONT »,

$\alpha = 0.03$ mm/an.

T : temps de service = 31 ans.

Alors, $K_s = 0.08 + 0.03 \cdot 31 = 1.01$ mm.

On considère que la viscosité cinématique $\nu = 0.000001$ m²/s, correspondant à une vitesse $v = 0.8$ m/s.

b- Pertes de charges singulières :

Elles sont occasionnées par les singularités et différents accessoires de la conduite (coudes, vannes, clapets,...). Elles sont estimées à 15% des pertes de charges linéaires

$$J_s = 0.15 \cdot J_l$$

c- Pertes de charges totales :

Ce sont la somme des pertes de charges linéaires et les pertes de charges singulières, alors :

$$J_t = J_l + J_s \Leftrightarrow J_t = J_l + 0.15 \cdot J_l$$

$$\Rightarrow J_t = 1.15 \cdot J_l$$

3.3.4. Hauteur manométrique totale (Hmt):

L'Hauteur manométrique totale d'une pompe (Hmt), ou élévation manométrique totale (E_{mt}), est la différence de pression du liquide la

franchissant, exprimée en mètre colonne d'eau. On utilise généralement ce terme lorsque le liquide pompé est de l'eau.

3.3.4.1. Calcul de la hauteur manométrique Total :

La hauteur manométrique totale est la somme des pertes de charge et de la hauteur géométrique. Elle s'exprime en mètre colonne d'eau (mce) selon la formule:

$$H_{mt} = H_g + J_l + J_s$$

H_g : la Hauteur géométrique.

J_l : Pertes de charge linéaires.

J_s : Pertes de charges singulières.

3.3.5. Puissance absorbée par la pompe :

C'est la puissance fournie à pompe, définie comme suit :

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot H_{mt}}{\eta} \quad [\text{KW}]$$

η : Rendement de la pompe en (%) ($\eta=82\%$).

Q : débit refoulé par la pompe en (m^3/s).

g : pesanteur (9.81 m/s^2).

3.3.6. Energie consommée par la pompe :

$$E = P \cdot t \cdot 365 \quad [\text{KWh}]$$

t : c'est le temps de pompage par jour en (heure) ; dans notre cas $t=20\text{h}$.

P : Puissance de la pompe en (kW).

3.3.7. Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$F_{exp} = E \cdot E \quad [DA].$$

E : énergie consommée par la pompe en (kWh).

E : prix unitaire d'un kWh imposé par SONELGAZ. ($e = 4.3$ Da).

3.3.8. Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont donnés par la formule suivante :

$$F_{am} = P_{rc} \cdot A \quad [DA]$$

P_{rc} : prix de la conduite en (DA).

A : amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = [i / ((i + 1)^n - 1)] + i$$

i : Taux d'annuité annuel, $i = 8\%$.

n : nombre d'années d'amortissement = 31 ans.

$A = 0.088107284$, soit 8.81%.

4.1. Définitions :

Le rôle des réservoirs a sensiblement varié au cours des âges. Servant tout d'abord de réserves d'eau, ensuite à parer à un accident survenu dans l'adduction, Ils permettent de rendre optimal le débit pour tous les ouvrages situés en amont. C'est-à-dire, les réservoirs disposent d'un volume permettent de compenser :

1. La variation horaire de la consommation avale, appelé volume de régulation.
2. D'une réserve de sécurité dite réserve incendie.
3. D'une réserve pour utilisation exceptionnelles.

Autrement dit, les réservoirs servent principalement à harmoniser la demande et la production, alors que pour être efficace, la production doit être constante. Lorsque le débit de production est supérieur au débit de consommation, on accumule l'excédent dans des réservoirs.

4.2. Classification des réservoirs :

On peut classer les réservoirs en plusieurs catégories.

- D'après la nature des matériaux de construction, on distingue :
 - Les réservoirs métalliques
 - Les réservoirs en maçonnerie
 - Les réservoirs en béton armé, ordinaire ou précontraint
- D'après la situation des lieux, Ils peuvent être :
 - Enterrés
 - Semi enterrés
 - Surélevés
- D'après leurs formes :
 - Circulaires,
 - Rectangulaires.
 - Ou d'une forme quelconque.

L'alimentation d'une agglomération urbaine ne comportera que rarement un réservoir unique; le plus souvent plusieurs réservoirs seront nécessaires ; soit au centre de consommation importante, soit en position de réservoir d'équilibre en extrémité du réseau.

La majorité de ces ouvrages sont projetés, puisque c'est le cas de toutes les bâches de reprises des stations de pompage.

➤ Réservoirs terminaux :

Les réservoirs terminaux du réseau d'adduction constituent les réservoirs de tête des réseaux de distribution des différents centre à desservir.

➤ Réservoirs de mise en charge :

Les réservoirs de mise en charge sont des réservoirs placés sur les points hauts du tracé, généralement alimentés par refoulement, dont le but est d'alimenter gravitaire une grande partie du réseau d'adduction située à l'aval.

➤ Les bâches de reprises :

Les bâches de reprises sont des réservoirs qui servent à l'alimentation directe en eau des stations de pompage.

Si le débit de sortie est identique ou inférieure au début d'entrée, il n'est pas nécessaire de disposer d'un volume tampon.

En principe, il devrait y avoir égalité des débits entrant et sortant.

4.3. Fontainerie d'équipements des réservoirs :

Les dispositions constructives générales pour notre projet sont les suivantes :

1. Le découpage des réservoirs en deux bassins permettant d'effectuer l'entretien et les éventuelles réparations.
2. La mise en place d'un dispositif de vidange permettant de vider le réservoir en quelques heures.

3. L'équipement de crépines pour les prises d'eau, ces dernières sont situées dans une fosse ménage dans le radier afin d'optimiser le volume utile du réservoir.
4. La mise en place d'un système de trop pleins permettant d'évacuer le débit maximal entrant en cas de défaillance du dispositif d'arrêt au niveau haut.
5. L'installation de vanne sur les canalisations de départ des réservoirs, pour éviter de vider le réservoir en cas d'incident sur la canalisation (cette vanne sera motorisée).
6. A l'arrivée des canalisations de refoulement lorsque celle-ci ne se fait pas sur verse, l'installation selon les cas, soit d'un clapet anti retour, soit d'une vanne papillon motorisée, afin d'éviter que le réservoir ne se vide pas en cas de casse sur la conduite de refoulement.
7. L'installation à l'extérieur des cuves d'un dispositif de lecture du niveau d'eau dans chaque bassin et de son volume à l'aide d'un système informatisé à partir d'un capteur.

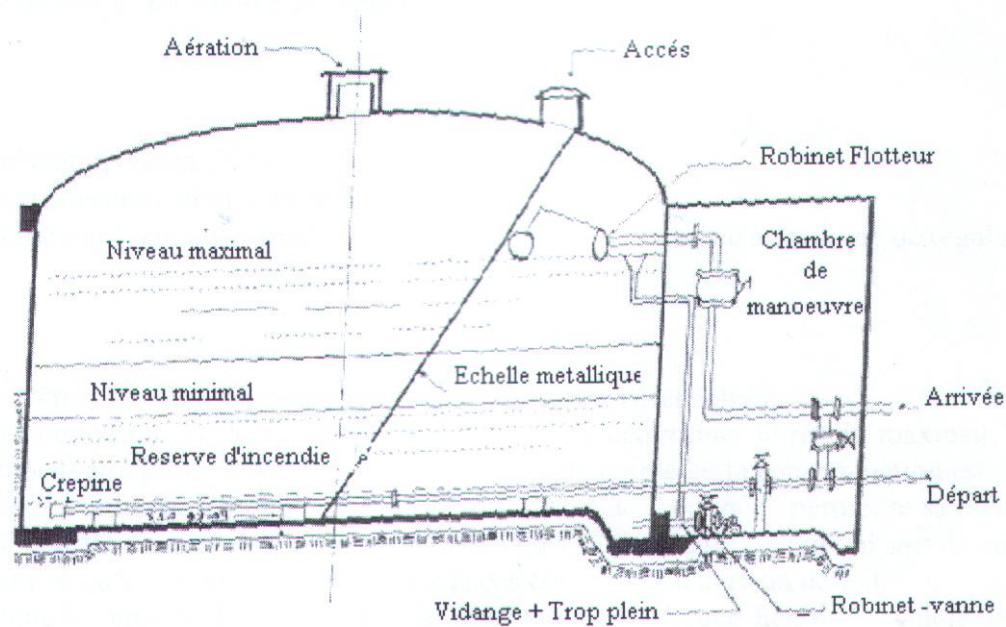


Figure.4.1 : Coupe transversale d'un réservoir semi-enterré

4.4. Emplacement des réservoirs :

L'emplacement des réservoirs doit être choisi de telle sorte à assurer une alimentation en eau au point le plus défavorable. Il dépend de la topographie du lieu. C'est après une étude économique que l'on pourra déterminer le meilleur emplacement possible.

4.4.1. Réservoirs alimentés par gravité :

Les réservoirs alimentés par gravité, que ce soit des réservoirs terminaux, des réservoirs tampons ou des bâches de reprise, possèdent à leur entrée des obturateurs à disques auto-centreurs qui contrôlent le niveau haut des réservoirs détruisent la charge résiduelle au droit de l'entrée des réservoirs. Ces dispositifs nécessitent un certain volume d'eau pour permettre la dissipation de l'énergie résiduelle à la sortie de la vanne.

4.4.2. Réservoirs alimentés par refoulement :

Ces réservoirs doivent disposer d'un volume suffisant entre le niveau haut d'arrêt des pompes et le niveau de remise en charge de ces dernières, ceci dans le but de limiter le nombre d'arrêt et mise en charge des pompes de la station d'alimentation.

4.4.3. Dimensionnement des réservoirs :

Le volume sera déterminé selon la formule suivante :

$$V = Q_{tr} \cdot t / 24$$

Q_{tr} : débit transit.

T : le temps de stockage (t=4heures).

$$V_t = V + V_{inc}$$

V_t : la capacité du réservoir

V_{inc} : 50 m

Réservoir	$Q_{\max, j}$ (m^3/j)	V_{inc} (m^3)	V_{total} (m^3)	Volume normalisé (m^3)
R_1^*	5288.54	50	931.42	1000
R_2^*	329.18	50	104.86	120
R_3^*	1264.03	50	260.67	300
R_4^*	564.19	50	144.03	150
R_5^*	387.07	50	114.51	150

Tableau.4.1 : Capacités des réservoirs

a. Dimensionnement des baches de reprise des différentes stations de pompage :

La bache de reprise dans notre cas joue un rôle transitoire. Son dimensionnement est basé sur le temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge qui est, généralement, estimé à un quart d'heure (15mm).

Le volume de la bache de reprise est déterminé selon la formule suivante :

$$V_s = Q_{\max, j} \cdot t$$

Avec :

$Q_{\max, j}$: débit maximal journalier introduit dans la bache de reprise.

T : temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge ($t=0.25h$).

Station de pompage	$Q_{\max, j}$ (m ³ /j)	Volume (m ³)	Volume normalisé (m ³)
SP ₁ *	1264.03	13.01	50
SP ₃ *	564.19	5.87	10

Tableau.4.2 : Capacités des stations de pompage

b. Forme des réservoirs :

La section circulaire est généralement adoptée pour les réservoirs de capacité inférieure à 10 000m³, ce qui permet de choisir cette forme pour tous les réservoirs terminaux.

La hauteur d'eau utile est généralement entre 3 et 6 mètres ; l'optimum, pour les agglomérations de petite ou moyenne importance, se situe le plus souvent vers à 5 mètres. Leurs diamètres seront déterminés comme suit :

$$V = S.H = \frac{H \pi D^2}{4} \quad \Rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4.V_t}{H \pi}}$$

D'où :

S : la section du réservoir (m²)

H : la hauteur d'eau utile(m)

Les dimensions des différents réservoirs sont portées dans les tableaux suivants :

Réservoir	Capacité (m ³)	Hauteur d'eau (m)	Diamètre (m)
R ₁ [*]	1000	4	17.84
R ₃ [*]	300	4	9.77
R ₄ [*]	150	3	7.98
R ₂ [*]	120	3	7.13

Tableau.4.3 : Dimensions des réservoirs

Les dimensions des bâches de reprise sont regroupées dans les tableaux suivants :

Bâches de reprises	Volume (m ³)	Hauteur (m)	Diamètre (m)
SP ₁ [*]	50	3	4.60
SP ₃ [*]	10	3	2.06

Tableau.4.4 : Dimensions des stations de pompage

4.4.4. Hygiène et sécurité des réservoirs :

Les réservoirs doivent être protégés contre toute pollution d'origine extérieure contre les élévations importantes de températures.

Ils doivent être faciles d'accès et leur installation doit permettre de vérifier en tout temps leur étanchéité. Ils doivent être munis d'un dispositif permettant une prise d'échantillon d'eau à l'amont et à l'aval immédiat du réservoir.

L'ensemble des matériaux constituant les réservoirs ne doit ni se désagréger ni communiquer à l'eau des saveurs ou odeurs désagréables. La stagnation prolongée de l'eau peut y être la cause, une vidange chaque mois en période d'été s'avère nécessaire.

Au moins une fois par ans, les réservoirs sont vidés, nettoyés et désinfectés pour éviter toute contamination de l'eau.

Ce chapitre présente les principaux éléments de l'environnement de travail du logiciel. Il décrit la barre principale du menu, les bars d'outils, la barre d'état et les trois fenêtres les plus utilisées : Le schéma du réseau, le navigateur et l'éditeur des propriétés. Ce logiciel explique également l'utilisation des préférences du programmes.

5.1 Vue d'ensembles :

L'environnement de travail de base du logiciel est affiché dans la figure ci-dessous. Les éléments d'interface sont : une barre de menu, deux barres d'outils, une barre d'état, une fenêtre du schéma du réseau, une fenêtre de navigateur et une fenêtre d'éditeur des propriétés. La description de chacun de ces éléments est réalisée dans les sections suivantes :

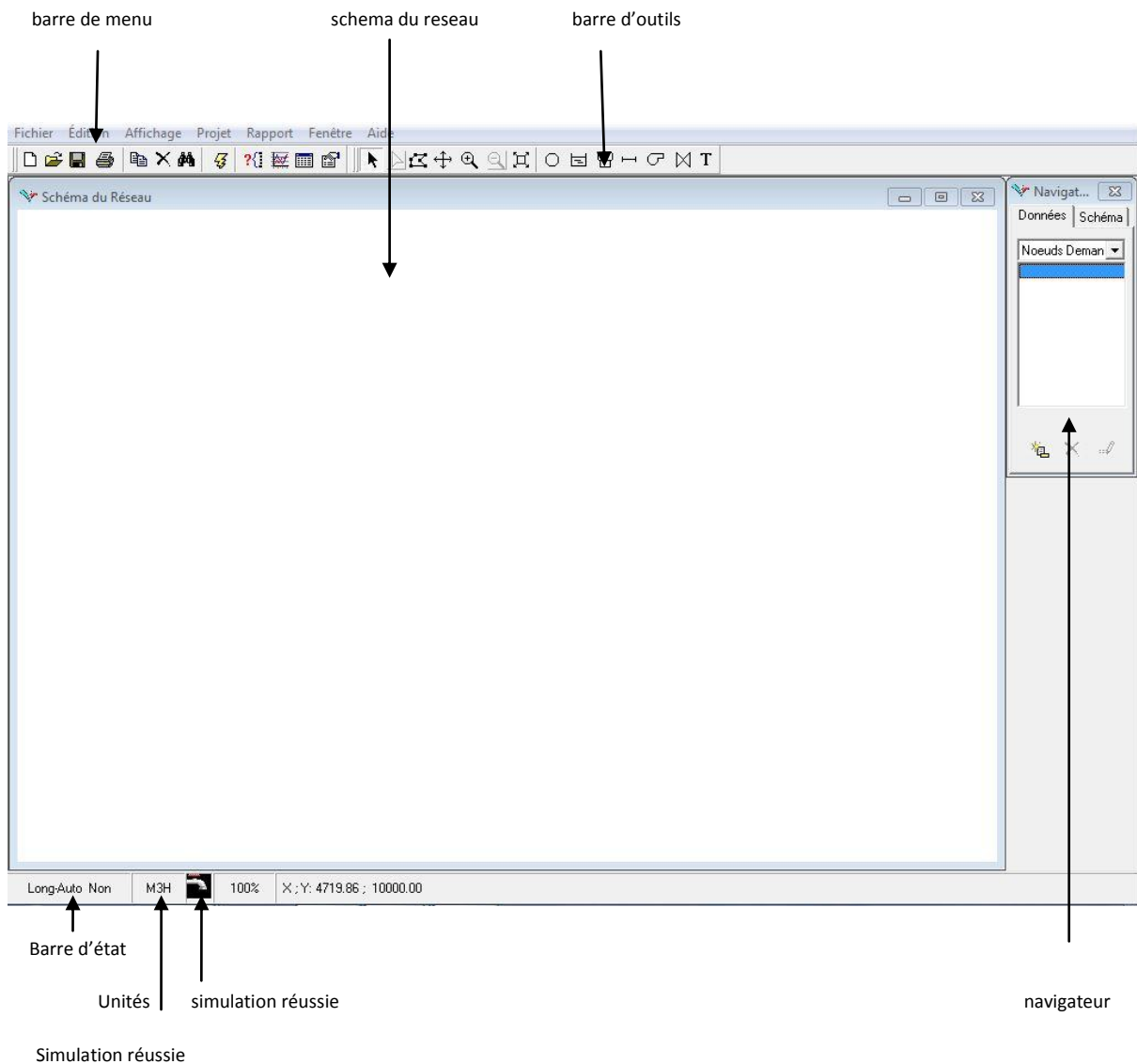


Figure 5.1.Vue d'ensemble

5.2 Barre de menu :

La barre de menu est située dans la partie supérieure de l'environnement de travail du logiciel et contient un ensemble de menus utilisé pour contrôler le programme. Elle propose :

- Menu fichier
- Menu Edition
- Menu affichage
- Menu projet

- Menu rapport
- Menu fenêtre
- Menu aide

5.3 Les barres d'outils

Les barres d'outils fournissent un accès rapide aux commandes les plus utilisées. il y a deux barres d'outils :

- La barre d'outils standard
- La barre d'outils du schéma

5.4 La barre d'état

La barre d'état se situe en bas de l'environnement de travail du logiciel et est divisée en cinq sections :

- Long-auto
- Unités de débit
- Niveau du zoom
- Etat de la simulation
- Position X Y

5.5 Le schéma du réseau

Le schéma du réseau fournit un diagramme schématique en deux dimensions des objets composant un réseau de distribution d'eau. la position des objets et les distance entre eux ne correspond pas nécessairement à leur échelle physique réelle. les propriétés sélectionnées de ces objets, telle que la qualité de l'eau aux nœuds ou le débit dans les tuyaux, peuvent être affichées en utilisant différentes couleurs.

5.6 Le navigateur des données

La rubrique navigateur des données permet l'accès aux différents du réseau classifiés par catégorie (nœud de demande, tuyaux, etc....). les boutons du bas de la fenêtre sont utilisés pour ajouter, supprimer ou modifier ces objet.

5.7 Le navigateur du schéma

La rubrique navigateur du schéma permet de sélectionner les paramètres représentés et l'instant auquel ils sont calculés, visibles au moyen de code couleur dans le schéma du réseau. Il contient aussi les boutons de contrôles pour afficher les résultats sur le schéma au moyen d'animation.

5.8 L'Éditeur des propriétés

L'éditeur des propriétés est utilisé pour éditer les propriétés des nœuds, des arcs, des textes et des modalités de calcul. Il s'active automatiquement avec un double-clic sur un des objets ou bien sur l'icône éditer du navigateur.

5.9 Rubrique type de tableau

La rubrique type de tableau de la boîte du dialogue de sélection de tableau s'utilise pour sélectionner le type de tableau que vous voulez créer, vous avez le choix entre :

- Tous les nœuds du réseau à un moment donné de la simulation
- Tous les arcs du réseau à un moment donné de la simulation
- Toutes les périodes de la simulation pour un nœud spécifique
- Toutes les périodes de la simulation pour un arc spécifique

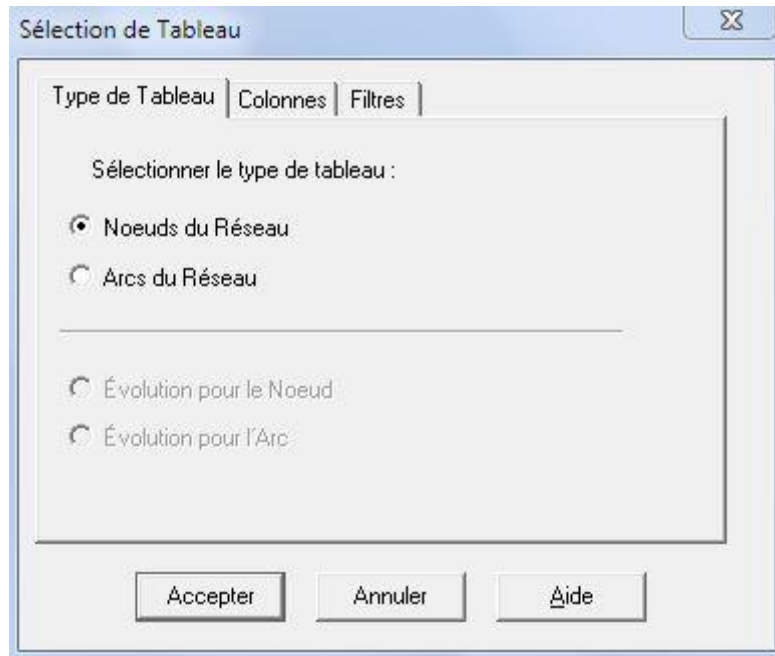


Figure 5.2 Rubrique type de tableau

5.10 Schéma du réseau

Cette fenêtre représente le réseau général de la région sida-li-bouneb

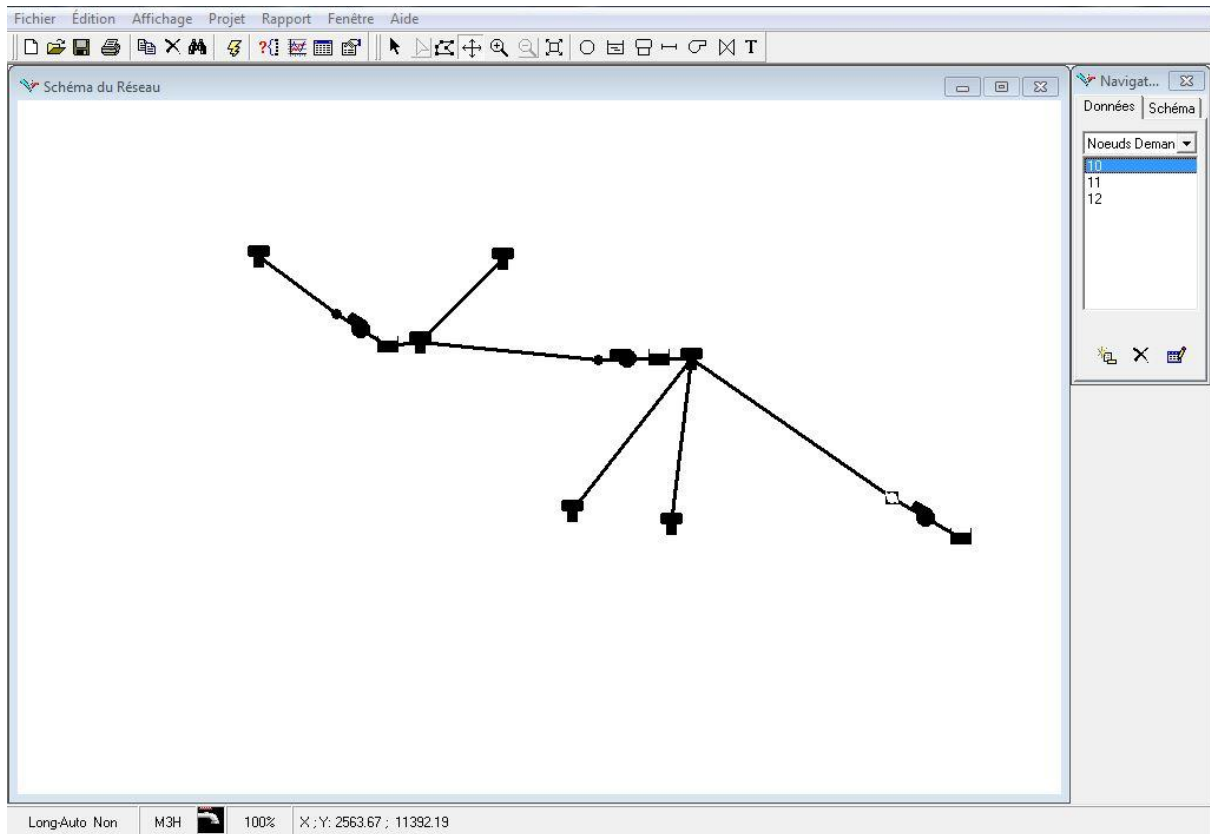


Figure 5.3. Schéma du réseau



Réservoir



Bache de reprise



Nœuds

—

Pompe

—

Conduite

5.11. Conclusion :

Dans ce réseau final qu'on a obtenu, la puissance absorbée par les pompes dans les stations de pompages est optimale (minimale), elle va satisfaire les besoins maximaux journaliers.

La solution obtenue dans ce réseau est optimale (minimale) et unique, il existe des solutions mais pas optimale.

Ce chapitre décrit les différents modes d’affichage des résultats d’une simulation et des données d’entrée du réseau, sous forme de schémas, de graphiques, de tableaux et de rapports.

7

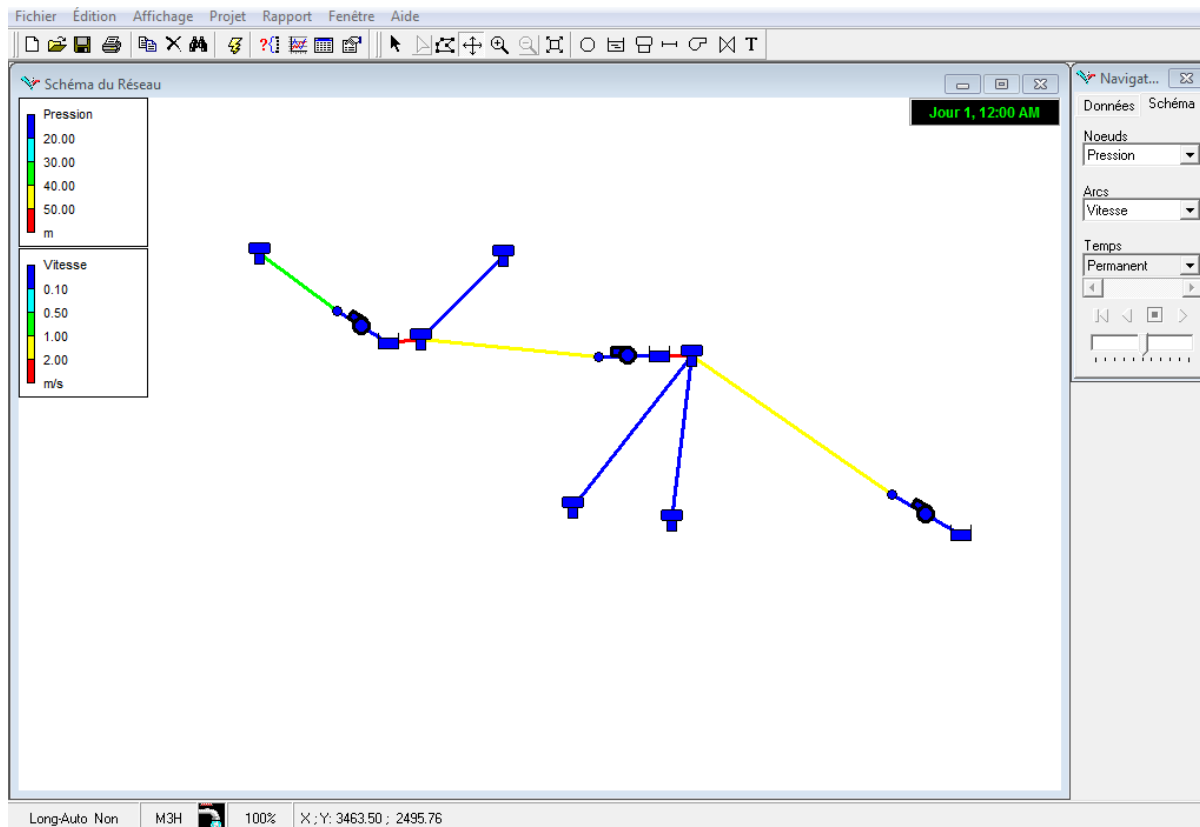


Figure6.1 : affichage résultats de la simulation

6.1.Rapport d’état

Le logiciel écrit tous les messages d’erreurs et d’avertissements générés lors de la simulation dans un rapport d’état. Des informations additionnelles sur les changements d’état des différents élément du système peuvent être également mentionnées dans ce rapport, si l’option rapport d’état dans les options hydrauliques du projet est mises à détailler. Pour voir le rapport d’état de la simulation la plus recente,selectionner rapport.

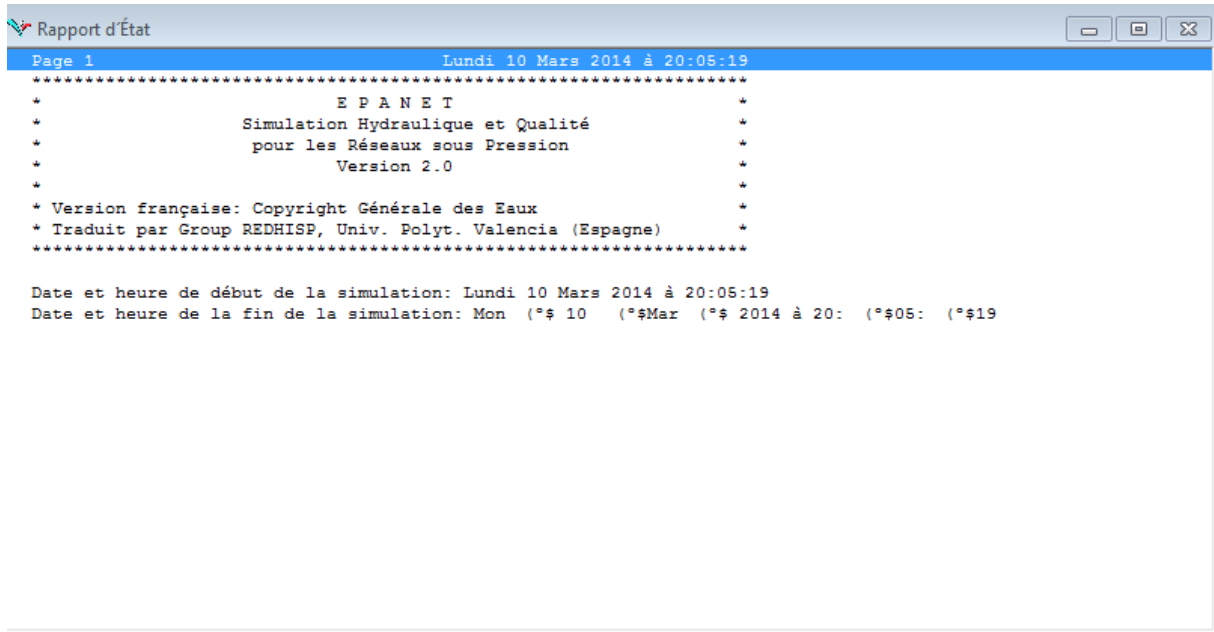


Figure6.2 : Rapport d'état

6.2. Rapport d'énergie

Ce logiciel peut afficher les statistiques sur la consommation d'énergie de chaque pompe et le cout de cette consommation pour la durée de la simulation dans un rapport d'énergie.

Pompe	Pourcentage Utilisation	Rendement Moyen	kWh /m3	P. Moyenne kW	P. Maximale kW	Coût /jour
1	100.00	75.00	0.05	13.65	13.65	1310.72
2	100.00	75.00	0.06	6.83	6.83	655.36
3	100.00	75.00	0.06	3.41	3.41	327.68
Coût Total						2293.76

Figure6.3 : Rapport d'énergie

6.3. Puissance absorbée par les pompes :

Puissance absorbée par la première pompe est : $P_1 = 13.65$ [KW]

Puissance absorbée par la deuxième pompe est : $P_2 = 6.83$ [KW]

Puissance absorbée par la troisième pompe est : $P_3=3.41$ [KW]

6.4. Calcul l'énergie totale de refoulement dans les stations de pompage (SP) :

c_T : cout dans une journée :

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

$$= 2239.76 \text{ [KWh]}$$

c_T^* : cout dans un an

$$C_T^* = C_T * 364$$

$$= 834928.64 \text{ [KWh]}$$

c_T^{**} : cout dans 31 ans

$$C_T^{**} = C_T^* * 31$$

$$= 25882787.84 \text{ [KWh]}$$

6.5. Conclusion :

Dans le réseau de l'adduction par refoulement les puissances absorbées dans les stations de pompages sont optimales (minimales)

Après avoir établi le réseau plus court chemin, nous avons obtenu les résultats suivants :

- les puissances absorbées dans les stations de pompages dans le réseau optimale est : 23.89 [KW]
- le coût total dans le réseau est : 25882787.84 [KWh]

Conclusion générale

Au cours de ce présent travail, nous pensons avoir cerné les différentes phases de réalisation du réseau d'adduction d'eau potable, ceci dans le but d'atteindre certains objectifs à savoir :

- L'alimentation en eau potable répondant aux besoins de la population
- Minimisation la puissance absorbée par les pompes
- La répartition rationnelle de l'eau et son acheminement vers les réservoirs

Cette étude d'approvisionnement en eau potable est faite pour l'horizon 2038, dont la population de toute la zone d'étude atteindra 13321 habitants.

L'emplacement de réservoir tampon de HIDOUSSA (R_4) est choisi de telle sorte à assurer une alimentation gravitaire de la grande partie des localités sont situées à l'aval.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons utilisés les techniques de la recherche opérationnelle.

En fin nous souhaitons avoir fait un travail qui peut servir d'avant projet à une étude détaillée afin de garantir une alimentation en eau potable sans aucune interruption ainsi une puissance absorbée par les pompes optimale (minimale)

Nous avons acquérir les nouvelles connaissances sur le langage de programmation « LINGO » et logiciel simulation hydraulique « EPANET 2.0 »

Je pense que j'ai atteint les objectifs fixés au départ et j'espère que ce travail à l'origine d'une mise en place réelle des techniques de la recherche opérationnelle pour les entreprises.

Par ailleurs, je souhaite que ce travail soit d'un grand apport et qu'il soit un guide bibliographie pour les promotions à venir.

Bibliographie

GRAPHE :

1. Graphe et hypergraphes « deuxième édition », Edition DUNOD
2. Optimisation combinatoire, graphe et programmation linéaire, Edition HERMANN
3. Méthode d'aide a la décision, Edition ELLIPSE
4. Basic operational research, Edition PITMAN
5. Précis de recherché opérationnelle, Edition DUNOD

HYDRAULIQUE :

6. DUPONT « hydraulique urbaine »tome 2, Edition EYROLLES, 1979, Paris
7. DUPONT« hydraulique urbaine »tome 1, Edition EYROLLES, 1981, Paris
8. C.GOMELLA et H.GUERREE, « la distribution d'eau dans les Agglomérations urbaines et rurales », Edition EYROLLES, 1980, Paris
9. J.BONNIN « hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petit et moyenne importance », Edition EYROLLES, 1977, paris
10. J.LOUP ROBERT « hydraulique urbaine », 2004, université LAVAL
11. Mémoires de fin d'étude
12. Catalogue des pompes centrifuges à double aspiration « bombas idéal »
13. catalogue des pompes centrifuges « CAPRARI »

A.1. Plan de situation de « SIDA ALI BOUNAB » :

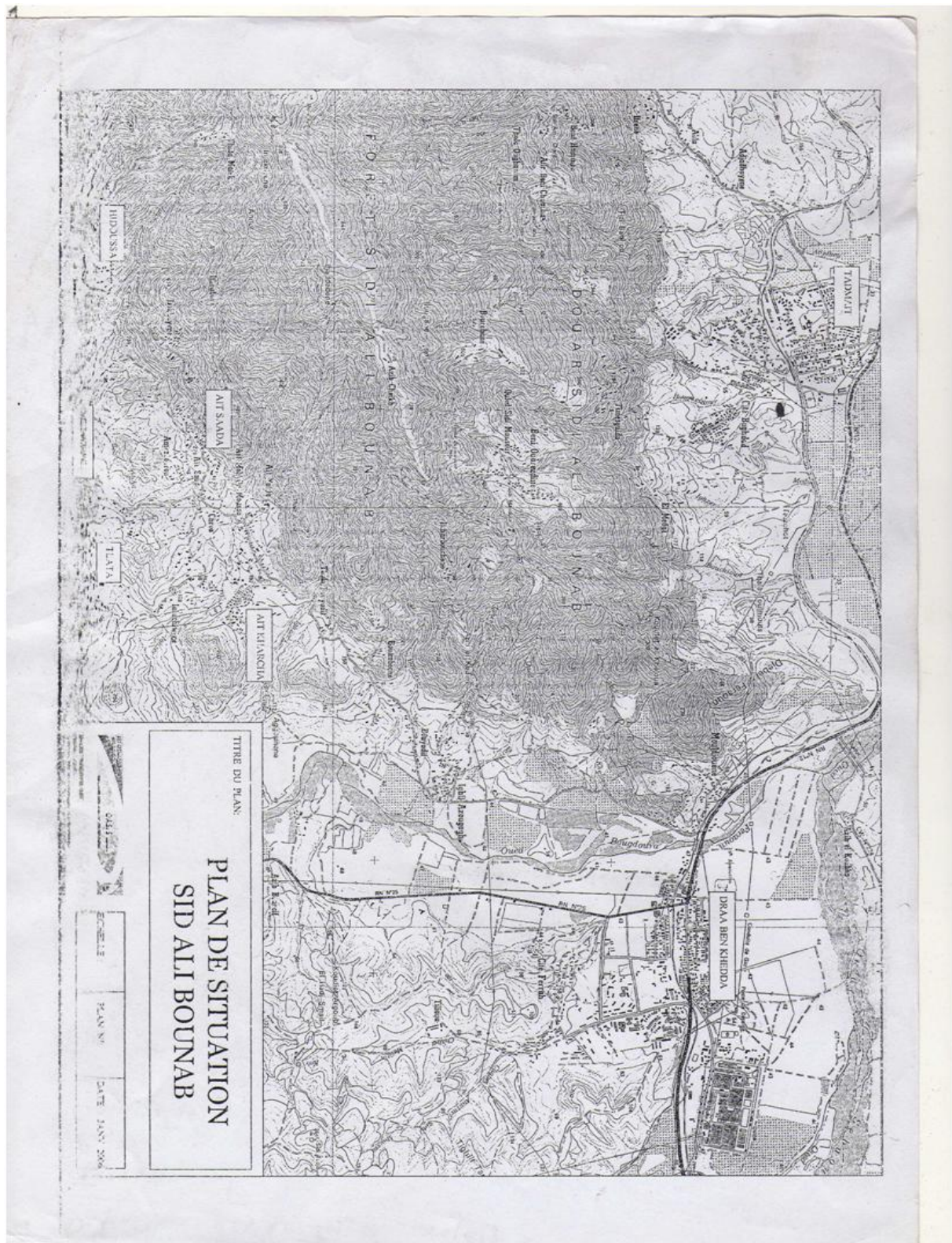


Figure. A.3.1 : Plan de situation « SIDA LI BOUNAB »

A.2. Prix de tubes de « PEHD » eau potable :

PRIX DE TUBES PEHD EAU POTABLE : PN 06						
Référence	Désignation	Diamètre EX	Epaisseur	Pression	PrixH.T-ML	Prix T.T.C-ML
355.002.016.1	TUBE PEHD PE 80	16	/	06 BARS
355.002.020.1	TUBE PEHD PE 80	20	2	06 BARS
355.002.025.1	TUBE PEHD PE 80	25	2	06 BARS	36,00	42,12
355.002.032.1	TUBE PEHD PE 80	32	2	06 BARS	47,50	55,58
355.002.040.1	TUBE PEHD PE 80	40	2	06 BARS	63,50	74,30
355.002.050.1	TUBE PEHD PE 80	50	2,4	06 BARS	90,80	106,24
355.002.063.1	TUBE PEHD PE 80	63	3,0	06 BARS	145,00	169,65
355.002.075.1	TUBE PEHD PE 80	75	3,6	06 BARS	204,00	238,68
355.002.090.2	TUBE PEHD PE 100	90	3,5	06 BARS	268,50	314,15
355.002.110.2	TUBE PEHD PE 100	110	4,2	06 BARS	356,40	416,99
355.002.125.2	TUBE PEHD PE 100	125	4,8	06 BARS	472,50	552,83
355.002.160.2	TUBE PEHD PE 100	160	6,2	06 BARS	740,00	865,80
355.002.200.2	TUBE PEHD PE 100	200	7,7	06 BARS	1 150,60	1 346,20
355.002.250.2	TUBE PEHD PE 100	250	9,6	06 BARS	1 780,00	2 082,60
355.002.315.2	TUBE PEHD PE 100	315	12,1	06 BARS	2 780,00	3 252,60
355.002.400.2	TUBE PEHD PE 100	400	15,3	06 BARS	5 004,00	5 854,68

PRIX DE TUBES PEHD EAU POTABLE : PN 10						
Référence	Désignation	Diamètre EX	Epaisseur	Pression	PrixH.T-ML	Prix T.T.C-ML
355.004.016.1	TUBE PEHD PE 80	16	2,0	10 BARS
355.004.020.1	TUBE PEHD PE 80	20	2,0	10 BARS	29,36	34,35
355.004.025.1	TUBE PEHD PE 80	25	2,0	10 BARS	38,73	45,31
355.004.032.1	TUBE PEHD PE 80	32	2,4	10 BARS	54,08	63,27
355.004.040.1	TUBE PEHD PE 80	40	3,0	10 BARS	85,49	100,02
355.004.050.1	TUBE PEHD PE 80	50	3,7	10 BARS	134,42	157,27
355.004.063.1	TUBE PEHD PE 80	63	4,7	10 BARS	206,10	241,14
355.004.075.1	TUBE PEHD PE 80	75	5,6	10 BARS	319,71	374,06
355.004.090.2	TUBE PEHD PE 100	90	5,4	10 BARS	360,60	421,90
355.004.110.2	TUBE PEHD PE 100	110	6,6	10 BARS	535,81	626,90
355.004.125.2	TUBE PEHD PE 100	125	7,4	10 BARS	659,20	771,26
355.004.160.2	TUBE PEHD PE 100	160	9,5	10 BARS	1 050,60	1 229,20
355.004.200.2	TUBE PEHD PE 100	200	11,9	10 BARS	1 668,60	1 952,26
355.004.250.2	TUBE PEHD PE 100	250	14,8	10 BARS	2 530,00	2 960,00
355.004.315.2	TUBE PEHD PE 100	315	18,7	10 BARS	4 020,00	4 703,40
355.004.400.2	TUBE PEHD PE 100	400	23,7	10 BARS	6 810,00	7 967,70

PRIX DE TUBES PEHD EAU POTABLE : PN 16						
Référence	Désignation	Diamètre EX	Epaisseur	Pression	PrixH.T-ML	Prix T.T.C-ML
355.006.016.1	TUBE PEHD PE 80	16	2,0	16 BARS
355.006.020.1	TUBE PEHD PE 80	20	2,3	16 BARS	31,80	37,21
355.006.025.1	TUBE PEHD PE 80	25	3,0	16 BARS	49,50	57,92
355.006.032.1	TUBE PEHD PE 80	32	3,6	16 BARS	77,00	90,09
355.006.040.1	TUBE PEHD PE 80	40	4,5	16 BARS	110,50	129,29
355.006.050.1	TUBE PEHD PE 80	50	5,6	16 BARS	180,00	210,60
355.006.063.1	TUBE PEHD PE 80	63	7,1	16 BARS	288,00	336,96
355.006.075.1	TUBE PEHD PE 80	75	8,4	16 BARS	390,00	456,30
355.006.090.2	TUBE PEHD PE 100	90	8,2	16 BARS	505,00	590,85
355.006.110.2	TUBE PEHD PE 100	110	10	16 BARS	740,00	865,80
355.006.125.2	TUBE PEHD PE 100	125	11,4	16 BARS	932,00	1 090,44
355.006.160.2	TUBE PEHD PE 100	160	14,6	16 BARS	1 540,00	1 801,80
355.006.200.2	TUBE PEHD PE 100	200	18,2	16 BARS	2 380,00	2 784,60
355.006.250.2	TUBE PEHD PE 100	250	22,7	16 BARS	3 750,00	4 387,50
355.006.315.2	TUBE PEHD PE 100	315	28,6	16 BARS	5 740,00	6 715,80
355.006.400.2	TUBE PEHD PE 100	400	36,3	16 BARS	9 060,00	10 600,20

Figure. A.3.2 : prix de tubes « PEHD » eau potable