

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

École Nationale Supérieure Polytechnique

Département d'Hydraulique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES



**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN
HYDRAULIQUE**

Thème :

**Transport du gaz de pétrole Liquéfié par
pipeline**

Application au projet « Skikda – Berrahal »

Présenté par :

Mr.AMRANI Rabah Nabil

Mr. DEBBA Djihad

Directeurs de mémoire :

Dr.BENZIADA Salim

Mlle. AZROU Nawel.

Jun 2011

Remerciment

Cette thèse n'aurait jamais vu le jour sans l'aide de Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la santé, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaire, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles à travers notre chemin d'étude.

Mener à bien un projet de thèse est un exercice difficile, exigeant un fort investissement, mais apportant nécessairement, en retour, un sentiment de satisfaction dû à l'accomplissement réussi d'un travail.

De ce fait, remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leurs compétences, ont su créer un cadre de recherche nous ayant permis de finaliser notre étude.

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à Mr FOURALI pour nous avoir proposé le sujet.

On tient à remercier chaleureusement, en premier lieu, Mlle. AZROU qui a encadré notre travail, de sa confiance, sa patience, sa générosité et sa disponibilité son soutien qui ont permis de mener à bien notre travail dans

. Et, on désire sincèrement remercier toute l'équipe de département de Recherche et développement de NAFTAL, en particulier mlle DEKOUN pour son aide et soutien.

Nous souhaitons exprimer nos plus profonds remerciements à notre promoteur Dr BENZIADA, pour son suivi au quotidien, pour ses conseils, sa disponibilité, son travail constructif et pour toute la confiance qu'il a su nous témoigner au travers de l'autonomie qu'il nous a accordé durant cette étude.

Nous tenons à remercier Mr le Professeur A. KETTAB pour avoir accepté d'être Président de notre jury de Thèse. Nous tenons à réitérer ces remerciements à l'encontre du Professeur BERKANI et de Dr. BENMAMAR pour avoir accepté d'être rapporteurs et membres du jury.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux et celles de près ou de loin qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre à élaborer notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce Modeste travail à :

Mes parents qui m'ont beaucoup soutenu.

Mes très chères sœurs, Lila, Hayet, sabiha .

Toute Ma famille.

Tous mes amis de la promotion 2011

Abdelhak, wassim, Massi, Seif, Bakir, Moh ...

Mr AMRANI Rabah Nabil

Grace au bon Dieu je dédie ce modeste travail :

À mes chères Parents pour leur pour leurs soutiens et leurs sacrifices le long de ma formation ;

À mon petit frère Amine ;

À mes Grands Parents maternels, et ma grand-mère maternelle ;

À mes tantes et à mes oncles ;

À chacun de mes cousins et cousines, en particulier Chemseddine, et Bilal ;

À mes meilleurs amis en particulier Moh, Wassim, Bakir, Abedelhak, seif, et Nabil ;

Djihad DEBBA

ملخص

الهدف من المشروع هو إجراء دراسة تقنية واقتصادية على تصميم خط أنابيب النفط الذي سيسمح لنقل الغاز البترولي المسال من سكيكدة حتى برحال.

بانجاز برنامج حسابي و استنادا إلى دراسة تقنية واقتصادية سنتمكن من العثور على القطر الأمثل بناء على التكلفة الإجمالية الأدنى.

سيعطي البرنامج أيضا توزيع الضغط وتوزيع الحمولة على طول خط الأنابيب.

كلمات مفتاحية: غاز البترول المسال, التكلفة الإجمالية الأدنى , MATLAB,

Résumé

L'objectif de notre projet consiste à faire une étude technico-économique sur le dimensionnement d'une canalisation qui permettra l'évacuation du gaz de pétrole liquéfié GPL de SKIKDA jusqu'à Berrahel.

L'élaboration d'un programme de calcul sous Matlab en se basant sur une étude technico-économique nous amènera à trouver le diamètre optimal avec le coût le moins élevé.

Le programme donnera aussi la répartition de pression ainsi la répartition de charge le long du pipeline

Mots clés : Matlab, GPL, Coût, Pipeline.

Abstract:

The objective of our project consists in making a technico-economic study on the dimensioning of a drain which will allow the evacuation of petroleum gas liquified LPG of SKIKDA until Berrahel. The development of a calculation program under Matlab while being based on a technico-economic study will lead us to low find the diameter optimal on the basis of cost total. The program will thus give also the distribution of pressure the distribution of load along the pipeline

Key words: Matlab, LPG, Cost, Pipeline.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Nomenclature

INTRODUCTION GÉNÉRALE1

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE NAFTAL

I.1 L'organisation de NAFTAL.....	2
I.2 Présentation de la direction canalisation NAFTAL GPL.....	4
I.3 Stratégie de NAFTAL.....	6

CHAPITRE II :GÉNÉRALITÉS SUR LE GPL ET CES MODES DE TRANSPORT

INTRODUCTION.....	7
II.1.HYDROCARBURES.....	7
II.1.1 Types des hydrocarbures.....	8
II.2.GAZ DE PÉTROLE LIQUÉFIÉ.....	9
II.2.1 Les sources des GPL.....	9
II.2.2.Composition et propriétés du GPL :.....	10
II.2.3 Propriétés du GPL.....	11
II.2.4 Liquéfaction des G.P.L.....	18
II.2.5 Ébullitions du GPL :.....	20
II.2.6 Une garantie pour l'environnement.....	21
II.2.7 Utilisation du GPL.....	22
II.2.8 Le GPL en Algérie :.....	24
II.2.9 Exportations algériennes de GPL.....	27
II.2.10 Production mondiale des GPL.....	27
II.3. Mode de transport du GPL.....	28
II.3.1 Le cabotage.....	28
II.3.2. Le transport par route.....	29

CHAPITRE III : APPROCHE THÉORIQUE

INTRODUCTION.....	31
III.1. TERMES ESSENTIELS DE LA MÉCANIQUE DES FLUIDES	31
III.1.1. Densité	31
III.1.4. Pression de vapeur :.....	32
III.1.5. Rugosité :.....	32
III.2. Concepts Fondamentaux de l'écoulement des fluides	33
III.2.1. Continuité	33
III.3.2 L'équation de l'énergie.....	34
III.3.3 Nombre de Reynolds.....	36
III.4 Types d'écoulement :.....	37
III.4.1 Écoulement laminaire :.....	37
III.4.2 Écoulement transitoire :.....	37
III.4.3 Écoulement turbulent :	37
III.5 Coefficient de frottement :.....	37
III.6 Pertes de charge singulières ou pertes mineures	41
III.7. Étude des pipelines	41
III.7.1. Résistance des matériaux.....	43
III.7.2. Les aciers utilisés	44
III.7.3 Gradient Hydraulique.....	45
III.7.6. Les Pompes utilisé pour le transport du Gaz de Pétrole liquéfié	48
III.7.6.1. Les pompes volumétriques.....	48
III.7.6.2. Les turbopompes.....	48
III.7.7. Notion de NPSH requis et NPSH disponible.....	49
III.8. ASPECT ÉCONOMIQUE.....	51
INTRODUCTION.....	51
III.8.1. Notions de base	52
III.8.1.1 L'actualisation.....	52
III.8.2. Estimation de l'investissement	52

CHAPITRE IV : DESCRIPTION DU PROGRAMME DE CALCUL

INTRODUCTION.....	56
IV.1 DESCRIPTION DU PROGRAMME GPLINE.....	56
IV.2 Procédure de calcul du programme.....	63
IV.3 PIPEPHASE.....	66
IV.4 ÉTUDE COMPARATIVE.....	66
CONCLUSION.....	75

CHAPITRE V : DESCRIPTION DU PROJET

INTRODUCTION.....	76
V.1 PRÉSENTATION DU PROJET.....	76
V.2 description de l'ouvrage.....	77
V.3 implantation du projet.....	77
V.3.1 la pose de la canalisation.....	77
1. L'opération de sablage des joints.....	78
2. L'opération de revêtement.....	78
3. L'opération de nettoyage de la Tranchée.....	78
4. L'opération de mise en fouille et contrôle du revêtement.....	79
V.3.2 Terminaux :.....	81
1. Terminal de départ.....	81
2. Terminal Arrivée BERRAHAL.....	85
V.4 Les obstacles traversés.....	90
V.5 Caractéristiques du terrain.....	91
CONCLUSION.....	91

CHAPITRE VI : APPLICATION DU PROGRAMME SUR LE PROJET SKIKDA BERRAHEL

INTRODUCTION.....	92
VI.1 Données utilisées.....	92
VI.2 Résultats Obtenus.....	93
CONCLUSION.....	111

Chapitre VII : HYGIÈNE SÉCURITÉ ET ENVIRONNEMENT(HSE)

INTRODUCTION.....	112
VII.1 Les exigences HSE de la loi relative aux hydrocarbures	112
VII.2 La politique de Naftal en matière de HSE.....	113
VII.2.1 Direction HSE de la Branche GPL	113
VII.2.2 Tâches & responsabilités.....	113
VII.3 Identification des sources de danger et des mesures compensatoires associées.....	114
VII.3.1. Typologie des dangers.....	114
Définition du phénomène de BLEVE.....	115
b.Les dangers liés à la canalisation GPL.....	116
1. Dangers liés à l'environnement	116
2. Danger liés à l'activité humaine.....	117
3. Dangers liés à la conception.....	118
VII.5 Moyens De Secours Externes	121
CONCLUSION.....	122
CONCLUSION GÉNÉRALE	123
BIBLIOGRAPHIE.....	124
ANNEXE	

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Station de distribution.....	1
Figure I.2 Organigramme générale de l'entreprise NAFTAL	3
Figure I.3. Organisation de la Direction Canalisation GPL.	5
Figure II.1 : Hydrocarbures de bases.....	7
Figure II.2 : Sources des GPL	9
Figure II.3: Composition chimique du GPL.....	10
Figure II.4 : Couleur du GPL.....	11
Figure II.5: Toxicité du GPL.....	12
Figure II.6 : Masse Volumique du GPL.....	13
Figure II.7 : GPL à l'état liquide	14
Figure II.8 : Explosivité du GPL	16
Figure II.9 Pourcentage de gaz dans l'air.....	17
Figure II.10 : Liquéfaction du GPL.....	18
Figure II.10.1 : Liquéfaction par compression.....	19
Figure II.11 : Ébullitions du GPL.....	20
Figure II.12 : émissions des gaz toxiques	21
Figure II.13 : Demande Nationale en GPL.....	25
Figure II.13.1 : répartition de la demande de GPL par région.....	26
Figure III.1 : Rugosité	32
Figure III.2 Équation d'énergie.....	34
Figure III.3 : Comparaison entre les deux relations.....	40
Figure III.4 Répartition des contraintes	42
Figure III.5 : positionnement des stations de pompage.	48
Figure III.6 : diagramme de l'analyse économique	51
Figure IV.1 : Interface graphique sous Matlab	70
Figure IV.2. Données extraites à partir d'Excel.....	72
Figure IV.3 : Répartition des pressions pour le 8".....	76
Figure IV.4 : répartition des charges	77
Figure IV.6 : Répartition des pressions.....	80
Figure IV.7 : Répartition des charges pour le diamètre 10 ".....	81
Figure IV.8 : Répartition des erreurs pour le 10".....	82
Figure V.1. Sablage des joints.....	78
Figure V.3. Nettoyage de la Tranchée.....	78
Figure V.4. mise en fouille et contrôle du revêtement.....	79

FigureV.5.Remblayage du pipeline.....	79
FigureV.6.Passage de chaussées.....	80
Figure VI.1 : Affichage des diamètres du diamètre économique.....	99
Figure VI.2 : Affichage du profil en long.....	100
Figure VI.3 : Affichage du profil de pression.....	100
Figure VI.4 : Affichage du profil de charge.....	101
Figure VII.1 Hygiène Sécurité et Environnement.....	112

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Proportion Butane - Propane en Algérie.....	11
Tableau II.2: Pouvoir calorifique des GPL.....	16
Tableau II.3 : Caractéristiques du propane et butane commercial	17
Tableau III.1.Exemples sur la rugosité.....	32
Tableau III.2 : Caractéristiques des aciers utilisés pour les canalisations	44
Tableau III.3 : Coefficients d'élasticité et de rupture suivant les zones.....	45
Tableau IV.1 : Altitudes et distances cumulées.....	71
Tableau IV.2 : Autres données.....	71
Tableau IV.3 : Profil en long de l'étude comparative.....	74
Tableau IV.4. Répartition des pressions et des charges.....	75
Tableau IV.5 : Répartition des erreurs en %.....	78
Tableau IV.6 : répartition des pressions et des charges pour le 10".....	79
Tableau IV.7: Répartition des erreurs pour le diamètre 10".....	81
Tableau V.1 : Obstacles traversés.....	90
Tableau VI.1: Données de base.....	83
Tableau VI.1: Diamètres commerciaux.....	83
Tableau VI.3: Résultats obtenus pour le 8 ".....	84
Tableau VI.4 : Répartition des pressions et des charges (8").....	85
Tableau VI.5: Résultats obtenus pour le 10".....	91
Tableau VI.6:Répartition des pressions et des charges (10").....	92

Introduction générale

Le transport par canalisations prend une importance de plus en plus grande en corrélation à une augmentation continue des quantités des produits transportés et des consommations en énergie.

Cette situation exige des entreprises dédiées et charge de ce type d'activité, de développer d'avantage leurs logistiques, voire même leurs modes de transport. Et cela, afin d'assurer un approvisionnement régulier pour faire face à l'accroissement de la demande sur le marché.

C'est dans cette optique que l'entreprise Naftal a entrepris un vaste programme d'investissement visant à sécuriser l'approvisionnement du pays en produits pétroliers, à travers un maillage intelligent de pipelines des différentes zones du pays.

Considéré comme étant un des maillons clés de sa chaîne de valeurs, ce mode de transport contribue sensiblement à la réduction à la fois des coûts, des délais de livraison, du trafic routier et assure aussi des transports massifs d'hydrocarbures en veillant au respect de l'environnement avec des conditions de sécurité les plus strictes.

Le recours aux pipelines est devenu actuellement une nécessité absolue pour pouvoir transporter de façon sécurisée les hydrocarbures et les produits pétroliers, et pouvoir ainsi assurer un approvisionnement permanent et continu.

Naftal a inscrit dans son plan d'action à court, moyen et long terme, le renforcement du transport des produits pétroliers par canalisations comme un axe stratégique afin :

- D'améliorer son système de distribution à l'échelle nationale ;
- De réduire le recours au transport routier générateur de pollution et de surcoûts ;
- D'améliorer les performances HSE de manière générale ;
- Et enfin, de sécuriser l'approvisionnement du marché national en produits pétroliers.

Dans le cadre de ce plan, il nous a été confié par Naftal d'effectuer l'étude du dimensionnement de la future canalisation de transport du GPL reliant l'usine GP1R Skikda au centre enfûteur de Berrahal.

Pour mener à bien cette étude, le développement d'un outil sous Matlab a été effectué dans le cadre de ce travail. Cet outil générique, pourra par la suite être utilisé pour les études préliminaires des futurs projets de transport du GPL par canalisation.

Pour ce faire, la démarche suivie se décline en :

Tout d'abord, d'une présentation succincte de l'entreprise NAFTAL ;

En second lieu, il sera passé en revue les Généralités sur le fluide transporté par le GPL, ainsi que les différents modes de transport y afférant;

Puis suivra une présentation du projet Skikda-Berrahal;

L'aspect théorique dans le dimensionnement des canalisations des fluides compressibles, ainsi que l'aspect économique sera par ailleurs explicité;

Un descriptif du programme-outil développé sous Matlab, ainsi que sa calibration et validation, en adoptant une comparaison des résultats obtenus à ceux de l'outil; qui sera suivi par une application du programme au projet Skikda-Berrahal en tenant compte de l'aspect HSE dans le transport par canalisation ;

Conclusion Générale.

Nomenclature

ν : Viscosité Cinématique (m^2/s)

μ : Viscosité Dynamique ($Kg/ms.$)

ρ : Masse volumique (Kg/m^3)

ε : Rugosité absolue (m)

r : Rugosité relative ;

M : Masse du fluide dans n'importe quel point de la canalisation, (Kg)

Vol : Volume du fluide dans n'importe quel point de la canalisation (m^3)

A : Surface de la section de la canalisation (m^2)

W : Poids d'une particule du liquide

E : Énergie totale d'une particule du liquide

Z : La cote (m);

P : La pression (bar) ;

γ : poids spécifique du liquide

H : La charge (m)

H_{mt} : La hauteur manométrique de la pompe (m) ;

D_{int} : Diamètre intérieur de la conduite en (m) ;

Q : Débit (m^3/h)

V : Vitesse (m/s)

R_e : Nombre de Reynolds ;

\bar{R} : Nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement dans un modèle rugueux de référence ;

f : Coefficient de frottement de Darcy ;

Δh_l : Pertes de charge linéaire (m) ;

L : Longueur de la conduite en (m) ;

g : Accélération de la pesanteur en (m/s^2) ;

h_{ftot} : Pertes de charge totale (m) ;

Δh_l : Pertes de charge linéaire (m) ;

Δh_s : Pertes de charge singulière (m) ;

I: Gradient hydraulique ;

δ : Contrainte maximale de service ;

E : Limite d'élasticité du métal ;

R : Limite de la rupture du métal ;

K_e, K_r : Coefficients de sécurité ;

P_{int} : Pression intérieure (KPa) ;

δ : Contrainte admissible (Mpa)

α : Coefficient de tolérance sur l'épaisseur

β : Coefficient de tolérance sur le diamètre

N_{spi} : Nombre de station de pompage à mettre en œuvre ;

N_{spt} : Nombre de station de pompage intermédiaire ;

η : Rendement de la pompe

$NPSH_{disp}$: NPSH disponible (bar) ;

$P_{dép}$: Pression de départ (bar) ;

P_{vap} : Pression de vapeur (bar).

CE : Cout énergétique (Da) ;

P_{abs} : Énergie absorbée au niveau du terminal de départ et stations de pompes intermédiaires
KWh ;

R : Prix de l'énergie en DA/KWh ;

Fm_a : Facteur de marche actualisée.

INV_t : L'investissement total (Da) ;

EXP_t : L'exploitation totale pendant la durée du projet (Da) ;

Q_t : Quantités transportées pendant la durée du projet (m^3)

Introduction générale

Le transport par canalisations prend une importance de plus en plus grande en corrélation à une augmentation continue des quantités des produits transportés et des consommations en énergie.

Cette situation exige des entreprises dédiées et charge de ce type d'activité, de développer d'avantage leurs logistiques, voire même leurs modes de transport. Et cela, afin d'assurer un approvisionnement régulier pour faire face à l'accroissement de la demande sur le marché.

C'est dans cette optique que l'entreprise Naftal a entrepris un vaste programme d'investissement visant à sécuriser l'approvisionnement du pays en produits pétroliers, à travers un maillage intelligent de pipelines des différentes zones du pays.

Considéré comme étant un des maillons clés de sa chaîne de valeurs, ce mode de transport contribue sensiblement à la réduction à la fois des coûts, des délais de livraison, du trafic routier et assure aussi des transports massifs d'hydrocarbures en veillant au respect de l'environnement avec des conditions de sécurités les plus strictes.

Le recours aux pipelines est devenu actuellement une nécessité absolue pour pouvoir transporter de façon sécurisée les hydrocarbures et les produits pétroliers, et pouvoir ainsi assurer un approvisionnement permanent et continu.

Naftal a inscrit dans son plan d'action à court, moyen et long terme, le renforcement du transport des produits pétroliers par canalisations comme un axe stratégiques afin :

- D'améliorer son système de distribution à l'échelle nationale ;
- De réduire le recours au transport routier générateur de pollution et de surcoûts ;
- D'améliorer les performances HSE de manière générale ;
- Et enfin, de sécuriser l'approvisionnement du marché national en produits pétroliers.

Dans le cadre de ce plan, il nous a été confié par Naftal d'effectuer l'étude du dimensionnement de la future canalisation de transport du GPL reliant l'usine GP1R Skikda au centre enfûteur de Berrahal.

Pour mener à bien cette étude, le développement d'un outil sous Matlab a été effectué dans le cadre de ce travail. Cet outil générique, pourra par la suite être utilisé pour les études préliminaires des futurs projets de transport du GPL par canalisation.

Pou ce faire, la démarche suivie se décline en :

Tout d'abord, d'une présentation succincte de l'entreprise NAFTAL ;

En second lieu, il sera passé en revue les Généralités sur le fluide transporté par le GPL, ainsi que les différents modes de transport y afférant;

Puis suivra une présentation du projet Skikda-Berrahal;

L'aspect théorique dans le dimensionnement des canalisations des fluides compressibles, ainsi que l'aspect économique sera par ailleurs explicité;

Un descriptif du programme-outil développé sous Matlab, ainsi que sa calibration et validation, en adoptant une comparaison des résultats obtenus à ceux de l'outil; qui sera suivi par une application du programme au projet Skikda-Berrahal en tenant compte de l'aspect HSE dans le transport par canalisation ;

Conclusion Générale.

Chapitre I

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE NAFTAL

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE NAFTAL

NAFTAL, société nationale de commercialisation et de distribution des produits pétroliers, filiale de SONATRACH a été créée en 1987. Sa mission essentielle consiste à distribuer et à commercialiser des produits pétroliers sur le marché national. Elle intervient en qualité d'intermédiaire entre les fournisseurs nationaux et étrangers (raffineurs, manufacturiers et autres producteurs) et les utilisateurs de produits pétroliers implantés essentiellement en Algérie bien que depuis l'année 2002, elle cherche à s'internationaliser en essayant de pénétrer les marchés de certains pays limitrophes.



Figure I.1. Station de distribution

La distribution consiste à s'approvisionner, stocker, vendre et acheminer le produit vers le client en vue de son utilisation. C'est ainsi que NAFTAL assume deux grandes fonctions :

- ❖ La fonction logistique qui comprend la circulation de tous les flux physiques du producteur à l'utilisateur : transport, livraison, stockage et manutention.
- ❖ La fonction commerciale qui englobe la gestion du réseau, la vente, les actions promotionnelles et la gestion de la force de vente.

I.1 L'organisation de NAFTAL

Il faut rappeler que la mission de NAFTAL consiste à acheminer son offre composée de produits et services diversifiées telle que définie ci-dessus, des lieux de raffinage (Arzew, Skikda..) ou des ports pour certains produits en provenance de raffineries algériennes en utilisant le cabotage ou encore d'installations de raffinage et de manufactures (pneumatiques) étrangères aux nombreux utilisateurs éparpillés à travers le territoire national .

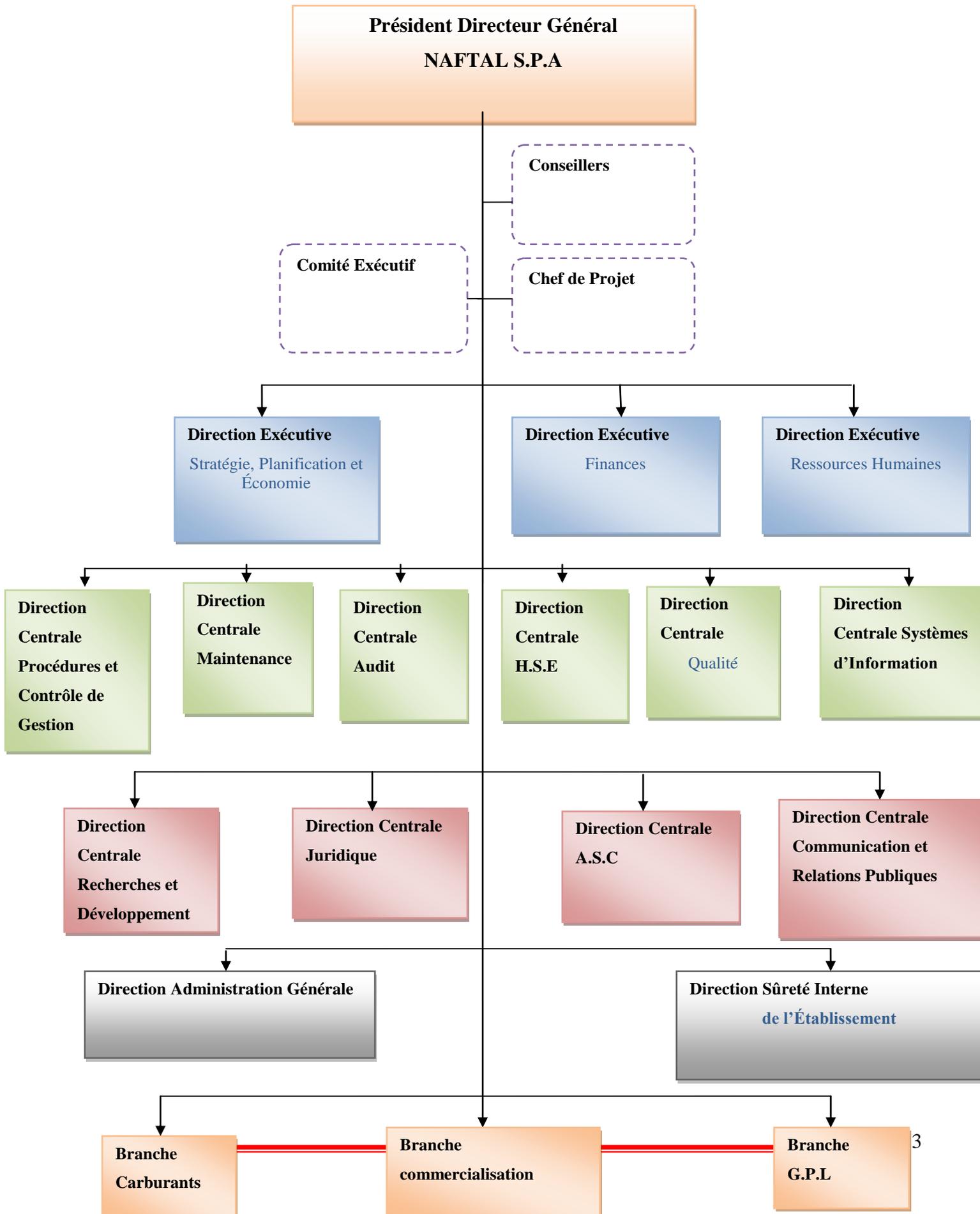
Pour accomplir ses activités, NAFTAL dispose comme tout distributeur d'un réseau de distribution assez dense, organisé de manière à satisfaire toutes les exigences de la clientèle et géré par une Direction Générale implantée à Alger et d'Unités administratives décentralisées appelées Districts intervenant chacune dans deux à trois Wilayas de façon à couvrir l'ensemble du territoire national.

Le réseau de distribution est composé d'infrastructures et de Centres de stockage et de distribution de lubrifiants, de bitumes, de produits marine (pour les Districts situés dans les zones côtières), de produits aviation (pour chaque Aéroport civil implanté au niveau du territoire national), d'entrepôts et dépôts pour le stockage des carburants, de stations-service et points de vente (magasins).

L'entreprise est structurée en plusieurs niveaux :

1. Assemblée Générale composée d'un seul actionnaire SONATRACH qui est propriétaire à 100% des actions de NAFTAL
2. Conseil d'Administration comprenant un Président (PDG de l'entreprise), des membres issus de la société mère SONATRACH et d'un représentant syndical.
3. Président Directeur Général et son staff composé de Conseillers Principaux et de Conseillers.
4. Branches (Commercialisation, Carburants, GPL, Activités Internationales)
5. Directions Exécutives (Finances et Comptabilité, Ressources Humaines, Stratégie, Planification, Économie SPE)
6. Directions Centrales (Audit, Procédures et Contrôle de gestion, Hygiène, Sécurité, Environnement, Qualité HSEQ)
7. Directions (Administration Générale, Affaires Sociales et Culturelles)

Figure I.2 Organigramme générale de l'entreprise NAFTAL





I.2 Présentation de la direction canalisation NAFTAL GPL

La Direction Canalisations crée au sein de la Branche GPL a pour mission principale la gestion du réseau de transport par Canalisation, dans de meilleurs conditions liées à :

- La sécurité du personnel, des tiers et de l'environnement;
- La continuité de l'alimentation en GPL;
- Le maintien de la qualité du produit livré.

Aujourd'hui, notre réseau de transport de GPL est composé de:

- Prés de 380 Kilomètres conduites de transport;
- Prés de 90 Kilomètres conduites d'exploitation;

30 Ouvrages Annexes (Terminaux, Postes de coupure, Station de Pompage et Postes de Sectionnement).

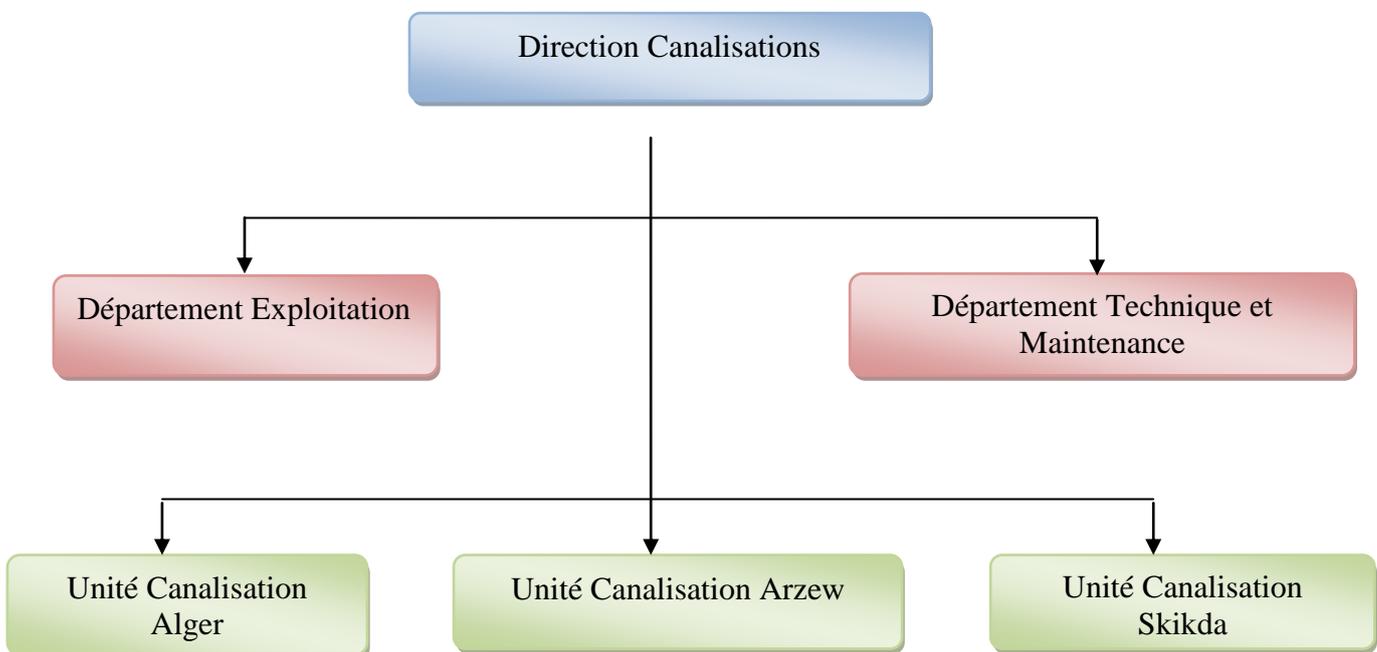


Figure I.3. Organisation de la Direction Canalisation GPL.

Avec un personnel de 30 000 agents, Naftal est le premier distributeur de produits pétroliers en Algérie.

Elle contribue à hauteur de 51% de l'énergie finale en fournissant 10 millions de tonnes de produits pétroliers par an sous forme de :

- Carburants (8 millions de TM).
- Gaz de pétrole liquéfiés (plus de 1.6 million de TM).
- Bitumes (plus de 0.5 million de TM).
- Lubrifiants (plus de 70 000 TM).

Représentant pour l'exercice 2009:

- un chiffre d'affaire toutes taxes comprises de 235 milliards de DA.
- une valeur ajoutée de 40 milliards de DA.
- un résultat d'exploitation de 6 milliards de DA.

La société NAFTAL dispose de :

- 49 centres et dépôts de distribution et de stockage de carburants,
- 22 centres et 27 magasins lubrifiants et pneumatiques.
- 26 centres et dépôts Aviation, 06 centres marine.
- 49 dépôts relais de stockage GPL.
- 41 centres d'emplissage GPL d'une capacité d'enfûtage de 1,2 millions tonnes/an.
- 3 centres vrac GPL.
- 15 unités bitumes d'une capacité de formulation de 360.000 tonnes/an.
- 3 000 véhicules de distribution et 800 engins de manutention et de maintenance.
- 730 Km de canalisation.

I.3 La Stratégie de NAFTAL

Les axes majeurs de la stratégie de NAFTAL sont :

- Le développement d'une nouvelle culture managérat ambitieuse, innovante et exigeante;
- Le développement et l'amélioration de la rentabilité de ses activités;
- La fidélisation de sa clientèle;
- Une exploitation de toutes les opportunités offertes par la mondialisation tant au niveau national qu'international;
- Le renforcement de sa position de leader de la distribution des produits pétroliers au plan national;
- La pénétration des marchés extérieurs tout en axant ses efforts sur les marchés maghrébins et africains;
- La rationalisation de son portefeuille en donnant la priorité au développement et à la croissance sélective des produits à forte valeur ajoutée;
- L'adaptation de son organisation et de son mode de fonctionnement aux mutations de l'environnement;
- La consolidation des activités principales et la poursuite de la décentralisation des activités opérationnelles;
- La mise en place d'une politique de marketing et de communication;
- Le lifting du réseau;
- Le redimensionnement de l'activité au niveau national;
- Le redéploiement des activités au niveau international;
- Le développement du partenariat et des synergies avec des opérateurs disposant d'atouts spécifiques;
- L'intensification des actions visant la maîtrise des coûts et l'amélioration de la qualité des produits et services;
- La réduction de l'empreinte des activités de l'environnement;
- Enfin, l'ambition de NAFTAL est de devenir exemplaire non seulement par ses performances économiques mais aussi par le respect de l'environnement.

Chapitre II
GÉNÉRALITÉS SUR LE GPL ET CES MODES DE
TRANSPORT



CHAPITRE II

GÉNÉRALITÉS SUR LE GPL ET CES MODES DE TRANSPORT

INTRODUCTION

La progression spectaculaire des besoins en énergie dans le monde moderne nécessite un développement corrélatif des moyens de transport. Ce qui permettra une utilisation aisée des produits énergétiques comme le gaz naturel, le condensât et le GPL. Ces derniers jouent un rôle primordial dans l'économie mondiale.

II.1.HYDROCARBURES

Composés organiques constitués de carbone et d'hydrogène, ce sont les composés organiques les plus simples, et on peut considérer que les autres composés organiques en sont dérivés.

Formule globale : C_n-H_{2n+2}

A chaque atome de carbone est associé 2 atomes d'hydrogène et il y a à chaque bout de la chaîne un atome d'hydrogène.

Les quatre premiers hydrocarbures sont des gaz :

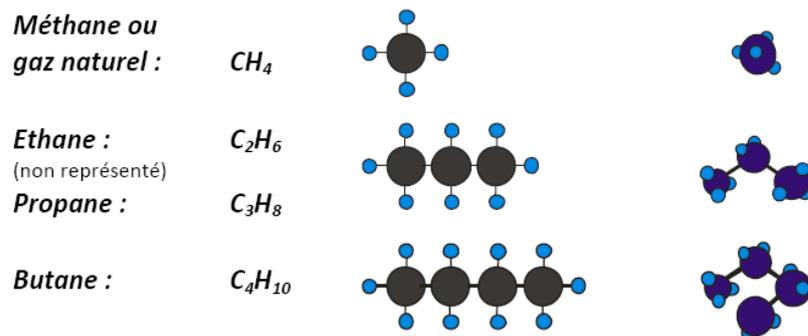


Figure II.1 : Hydrocarbures de bases



Les hydrocarbures présentent une grande importance commerciale: on les utilise comme carburants, comme combustibles, comme huiles lubrifiantes et comme produits de base en synthèse pétrochimique.

II.1.1 Types des hydrocarbures

a. Condensât

Il est constitué d'un mélange d'hydrocarbures paraffiniques, de (iC₅H₁₂) jusqu'au (C₁₂H₂₆) et plus, généralement extrait des gisements du gaz à condensât. Il est sous forme liquide dans les conditions normales de température et de pression.

b. Gaz naturel

Le gaz naturel est une énergie primaire non renouvelable bien répartie dans le monde, propre et de plus en plus utilisée. Dispose de nombreuses qualités : abondance relative, souplesse d'utilisation, qualités écologiques, prix compétitifs. La mise en œuvre de cette énergie repose sur la maîtrise technique de l'ensemble de la chaîne gazière, qui va de l'extraction aux utilisateurs, en passant par le stockage, le transport, la distribution.

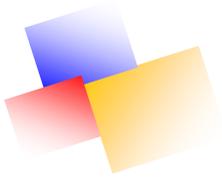
Le gaz naturel est une énergie fossile comme la houille, le charbon ou la lignite. C'est un mélange dont le constituant principal, de 75 % à 95 %, est le méthane (CH₄). Il est donc composé majoritairement d'hydrogène et de carbone, d'où son nom d'hydrocarbure.

c. Pétrole :

Le pétrole, du latin pierre et oléum huile (soit huile de pierre), est une roche liquide carbonée, ou huile minérale. Énergie fossile, son exploitation est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine, car il fournit la quasi-totalité des carburants liquides. Le pétrole est aussi souvent appelé or noir en référence à sa couleur et à son coût élevé.

4. Carburant

Substance dont la combustion fournit l'énergie nécessaire aux moteurs thermiques (moteurs à allumage commandé, moteurs à diesel, moteur d'avion). Un carburant est un mélange différents issus du raffinage.



II.2.GAZ DE PÉTROLE LIQUÉFIÉ

Le Butane et le Propane, appelés couramment « GPL » sont des Gaz de Pétrole Liquéfiés.

Il s'agit de dérivés du pétrole ou du gaz naturel.

L'appellation « Gaz de Pétrole Liquéfiés » est exclusivement réservée au Propane et au Butane, car leurs températures de vaporisation respectivement -42°C et 0°C à pression normale permettent de les maintenir liquides à température ordinaire sous une pression modérée 14 et 5 kPa respectivement.

II.2.1- Sources des GPL

Les gaz de pétrole liquéfié (GPL) sont produits principalement :

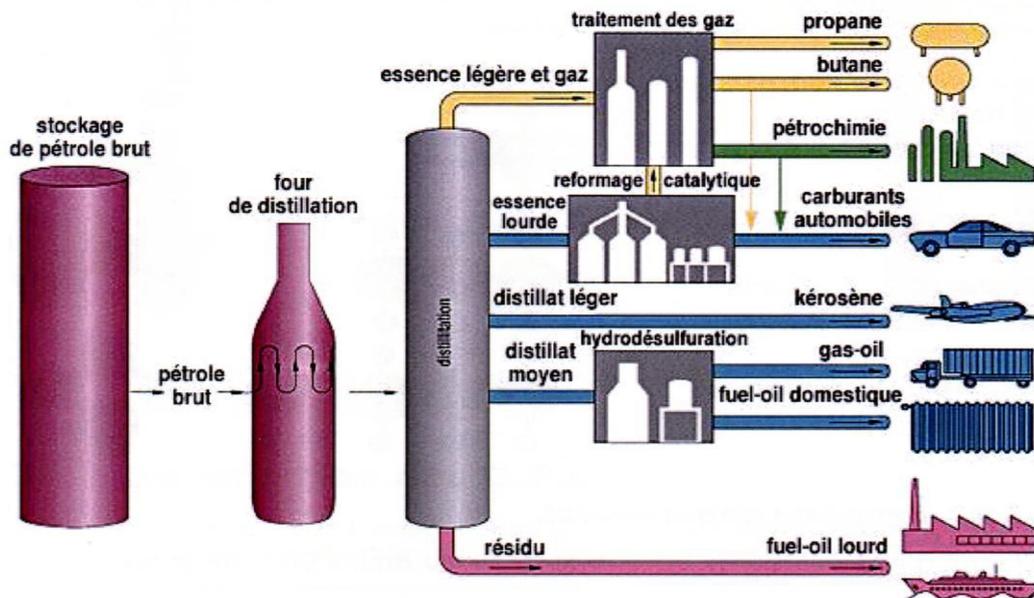


Figure II.2 : Sources des GPL

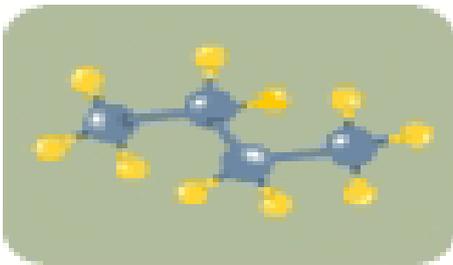


Chapitre II : Généralités sur le GPL et ces Modes de Transport

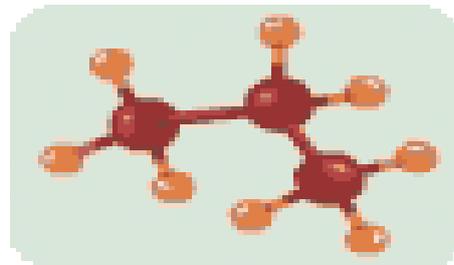
Dans les raffineries de pétrole brut, soit au cours de la distillation du pétrole ; soit pendant le craquage thermique ou reforming catalytique des produits en vue de la production des essences ; 1 tonne de pétrole brut raffiné produit 30 kg de GPL, dont 2/3 de Butane et 1/3 de Propane.

Dans les unités de traitement et de séparation du gaz naturel (GN) qui a pour but de séparer et de recueillir les condensâtes (propane, butane, essence légère etc.....) ; Par récupération directe des gaz séparés du brut.

II.2.2.Composition et propriétés du GPL :



C_4H_{10} Butane



C_3H_8 -Propane

Figure II.3: Composition chimique du GPL

Les Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL) sont des molécules pures, dites saturées, car elles possèdent des relations stables entre les différents atomes.

En effet, les GPL ne sont rien d'autre que des chaînes hydrocarbonées, c'est-à-dire qu'elles sont constituées uniquement de molécules de Carbone (3 pour le propane – 4 pour le butane) et d'Hydrogène (8 pour le propane – 10 pour le butane). Ces hydrocarbures mélangés répondent à des règles officielles, clairement définies par la loi.

En Algérie, les proportions du complexe Propane-Butane répondent aux normes de sécurité et varient en fonction des saisons et des régions. Voir tableau suivant :



Région Saison	Nord		Sud	
	Été	80% propane	20% Butane	60% Propane
Hiver	100% Propane	0% Butane	80% Propane	20% Butane

Tableau II.1 : Proportion Butane - Propane en Algérie.

II.2.3 Propriétés du GPL

Couleur

Aucune. A l'état liquide, les G.P.L. ressemblent à de l'eau. A l'état gazeux, ils sont invisibles. Lorsque l'on est en présence d'une fuite en liquide, on voit un nuage blanc qui est surtout dû à la condensation de l'humidité de l'atmosphère. Il est d'autant plus important que l'atmosphère a un fort taux d'humidité et est aussi proportionnel à l'importance de la fuite.



Figure II.4 : Couleur du GPL



Odeur

Aucune à l'état naturel. On ajoute un produit à l'odeur particulièrement désagréable. Ce produit dont le nom d'usage est mercaptan est un liquide. Bien qu'ajouté en quantité infime dans les G.P.L., il finit par se déposer au fond de réservoir ou de bouteille et il est possible que l'on perçoive son odeur quand le récipient est vide ou presque vide sans qu'il n'y ait de fuite.

Toxicité

Aucune.

Mais risque d'asphyxie par manque d'oxygène

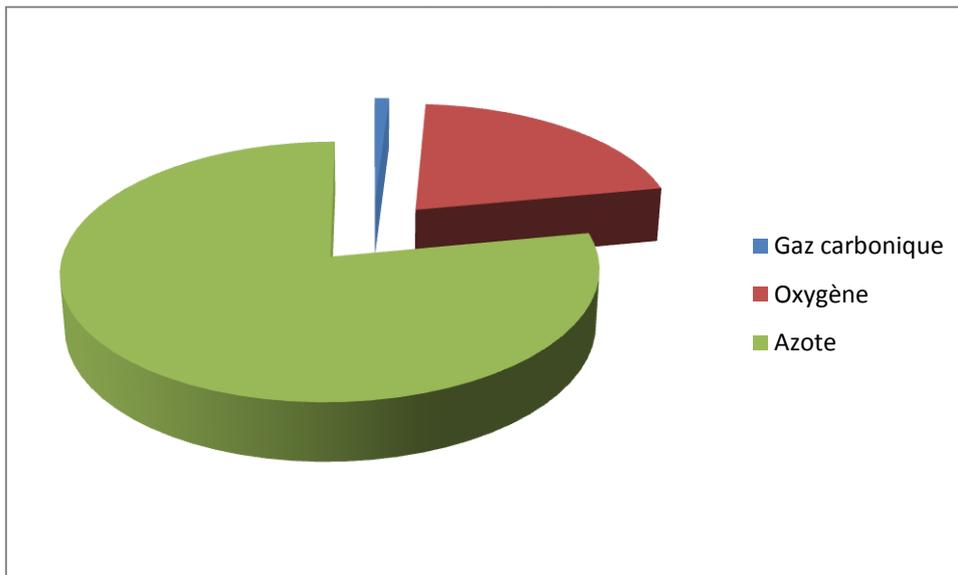


Figure II.5: Toxicité du GPL



Corrosion

Les G.P.L. gonflent le caoutchouc naturel ; les joints devront être en caoutchouc synthétique. Ils dissolvent la graisse et l'huile.

Fluidité

Les G.P.L. sont très fluides tant à l'état liquide qu'à l'état gazeux. Une épreuve à l'eau d'un réservoir permet de vérifier la non déformation de l'enveloppe mais ne garantit pas de son étanchéité quand il sera rempli avec du G.P.L.

Une épreuve à l'air comprimé ou à l'azote ne garantit pas de l'étanchéité quand ce sera du G.P.L. qui circulera dans les canalisations.

Masse Volumique :

- **G.P.L. à l'état gazeux**

Air = 1,29 g/l

Propane = 1,8 g/l

Butane = 2,4 g/l



Chapitre II : Généralités sur le GPL et ces Modes de Transport

Les GPL en phase gazeuse sont deux fois plus lourds que l'air.

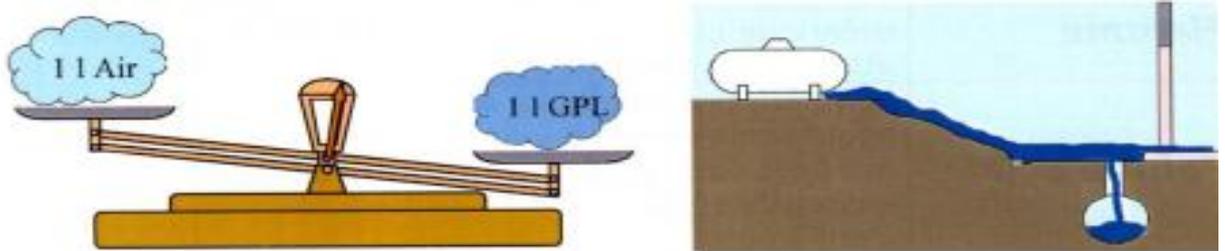


Figure II.6 : Masse Volumique du GPL

Accumulation dans les points bas

- **G.P.L. à l'état liquide**

Eau = 1 kg/l

Propane = 0,51 kg/l

Butane = 0,58 kg/l

Les G.P.L. en phase liquide sont deux fois plus légers que l'eau.

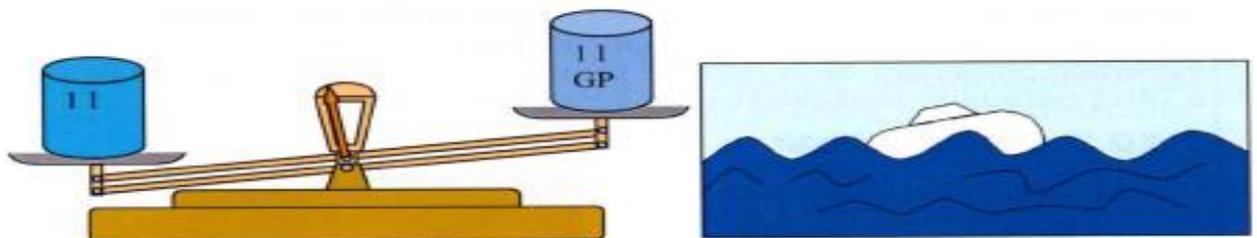


Figure II.7 : GPL à l'état liquide



Chapitre II : Généralités sur le GPL et ces Modes de Transport

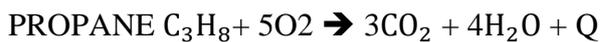
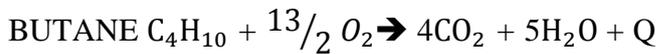
On pourra éventuellement introduire de l'eau dans le réservoir pour transformer une fuite de GPL liquide en fuite d'eau

Combustion des G.P.L.

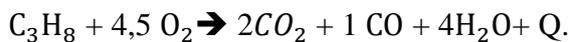
Elle se fait avec l'oxygène de l'air.

Elle dégage :

- Du gaz carboniqueCO₂
- De la vapeur d'eau H₂O
- Une importante quantité de chaleur Q



Attention le manque d'air entraîne la formation de monoxyde de carbone très toxique.



Pouvoir calorifique

PCI	PCS
Pouvoir calorifique inférieur	Pouvoir calorifique supérieur
La vapeur d'eau dégagée par la combustion reste à l'état de vapeur.	La vapeur d'eau d'égagée par la combustion est recondensée (en eau liquide) et libère sa chaleur latente de liquéfaction



Chapitre II : Généralités sur le GPL et ces Modes de Transport

1 Kg de butane Q1=12,7 kWh	1Kg de butane Q1=13,7 kWh
1 Kg de Propane Q1=12,7 kWh	1 Kg de Propane Q1=12,7 kWh
Chiffres retenus pour la plupart des appareils d'utilisation.	A prendre en compte pour les chaudières à condensation

Explosivité

Plage d'inflammabilité

Pour pouvoir brûler les G.P.L. doivent être mélangés à l'air dans des proportions bien précises.

L.I.E. Limite Inférieure d'Explosivité.

L.S.E. Limite Supérieure d'Explosivité.

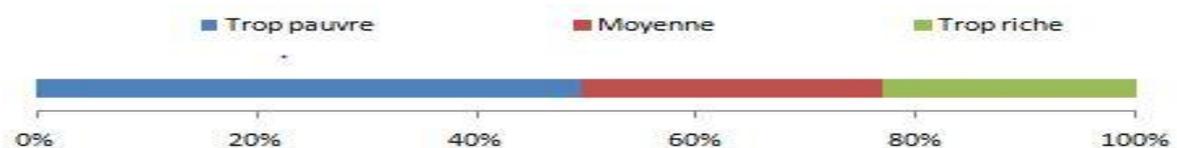


Figure II.8 : Explosivité du GPL

Cette plage d'inflammabilité très courte est un avantage en matière de sécurité.



Chapitre II : Généralités sur le GPL et ces Modes de Transport

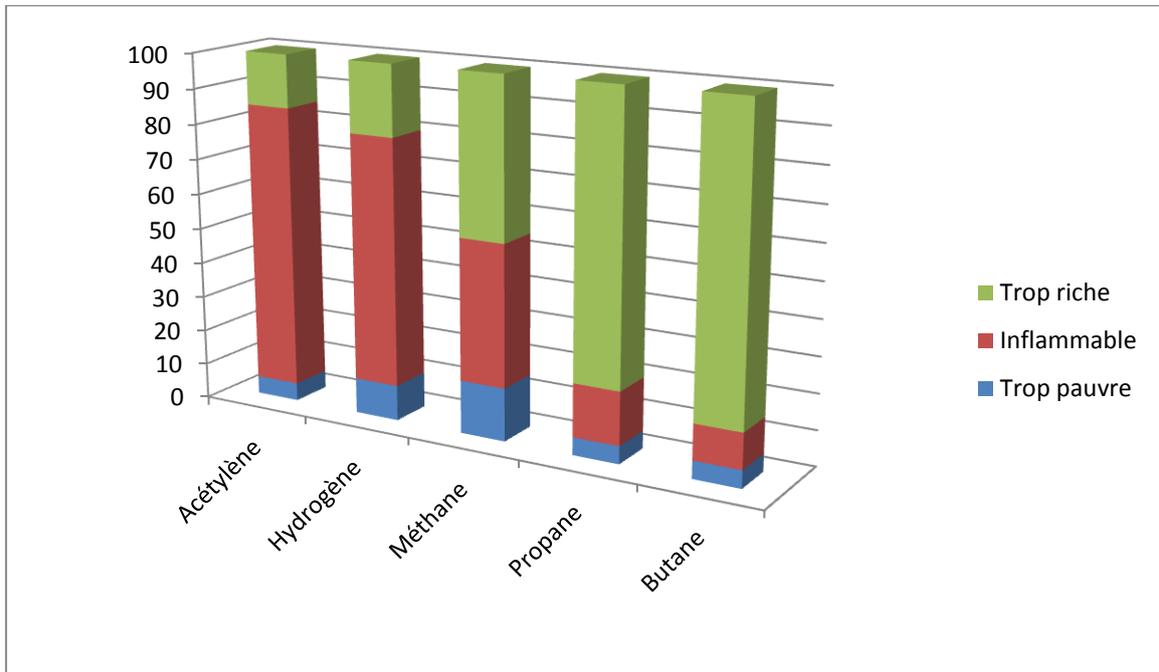


Figure II.9 Pourcentage de gaz dans l'air

Tableau II.3 : Caractéristiques du propane et butane commercial

Caractéristiques	Butane commercial	Propane commercial
Formule chimique	C_4H_{10}	C_3H_8
Masse Volumique		
▪ à l'état liquide	0.585 Kg/l	0.515 Kg/l
▪ à l'état gazeux	2.44Kg/l	1.87Kg/l
Densité par rapport à l'air	2	1.6
Température d'ébullition	0°C	-44°C



Chapitre II : Généralités sur le GPL et ces Modes de Transport

Points critiques	152°C	97°C
▪ Température	37 bar	41.5 bar
▪ Pression		
Pression de vapeur relative		
▪ A 15°C	1.5 bar	7 bar
▪ A 50°C	4.7 bar	17 bar
Limite d'inflammabilité	1.8% à 9%	2.2 à 10%
Point d'éclair	-80°C	-105°C

II.2.4 Liquéfaction des G.P.L

Avantage du stockage et transport des G.P.L. sous forme liquide :

Un gain de place considérable.

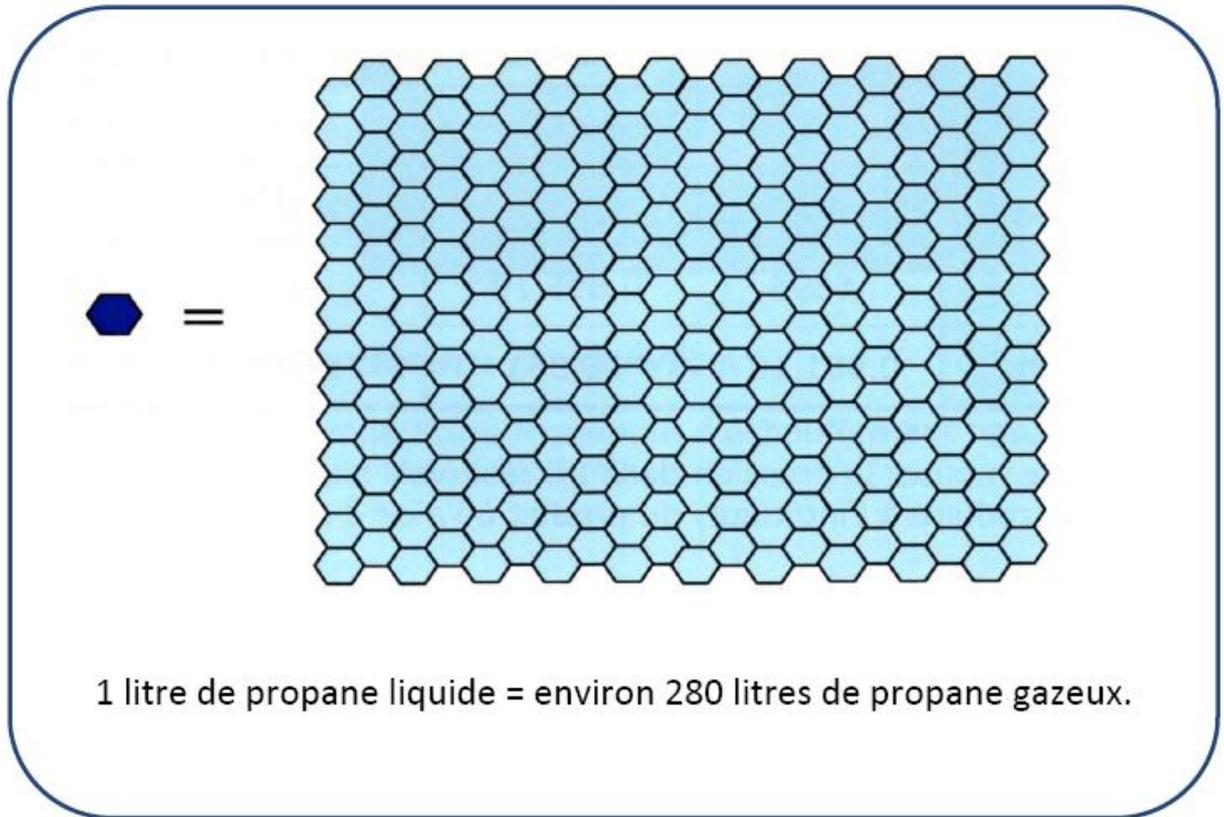


Figure II.10 : Liquéfaction du GPL



a. Liquéfaction par compression

Tension de vapeur :

C'est la pression pour laquelle il y a équilibre entre la phase gazeuse et la phase liquide du produit.

Exprimée en bar, elle varie de façon importante avec la température. Plus la température augmente plus la pression augmente.

A 15°C

- Le propane a une pression d'environ 7 bar.
- Le butane a une pression d'environ 1,5 bar.

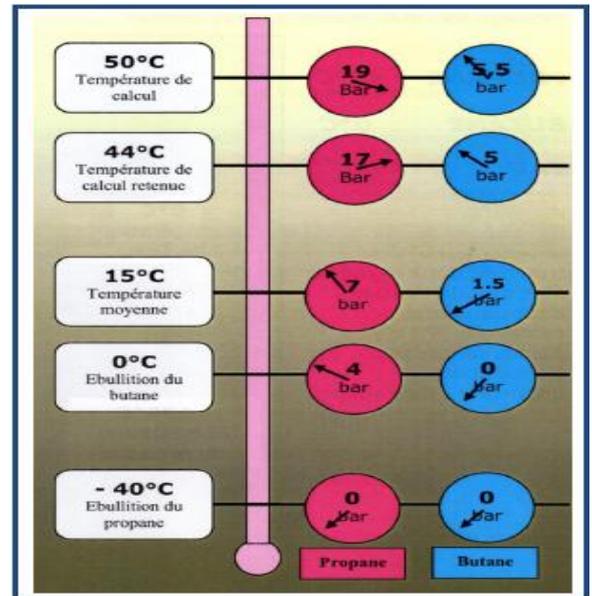


Figure II.10.1 : Liquéfaction par compression



b. Liquéfaction par refroidissement :

+ Température d'ébullition :

Passage de l'état liquide à l'état gazeux.

PROPANE -40°C

BUTANE 0°C

EAU 100°C

ATTENTION

Le propane à -40°C ou le butane à 0°C se trouvent dans le même état que de l'eau qui bout dans une casserole. S'il n'y a plus de pression, il y a production importante de vapeur.

II.2.5 Ébullitions du GPL :

Les G.P.L. en phase liquide entrent en ébullition à des températures très basses, notamment le propane. Pour pouvoir se transformer ils ont besoin d'énergie qu'ils empruntent à leur environnement. Ils font descendre la température de l'air ou des objets en contact.

Risque de brûlures.

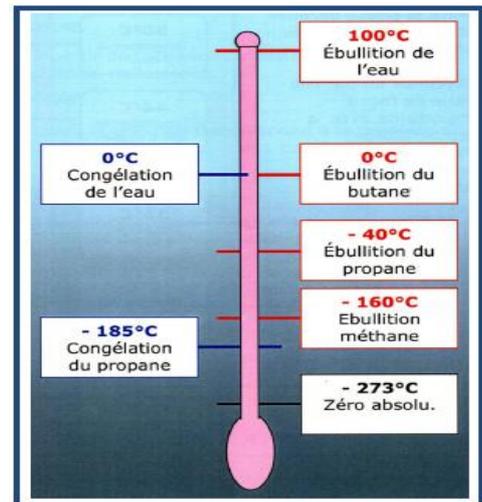


Figure II.10.2 : Liquéfaction par refroidissement



Figure II.11 : Ébullitions du GPL



II.2.6 Une garantie pour l'environnement

Les gaz butane et propane sont des énergies propres, respectueuses de l'environnement.

Leur combustion est d'excellente qualité : pas de composé sulfureux, peu d'oxydes de carbone et peu d'oxydes d'azote, aucun résidu, pas d'imbrûlé, pas de poussière ni de cendre.

Grâce à la combustion propre des gaz butane et propane, ces deux énergies ne sont pas polluantes.

Ainsi, l'entretien des matériels en est facilité : les brûleurs ne s'encrassent pas, les frais d'entretien sont forcément réduits et les équipements durent plus longtemps avec un rendement toujours à son maximum.

Les gaz butane et propane sont recommandés dans les milieux sensibles aux effets de la pollution, comme l'élevage, l'aviculture, l'horticulture et dans les processus de fabrication de l'industrie agro-alimentaire.

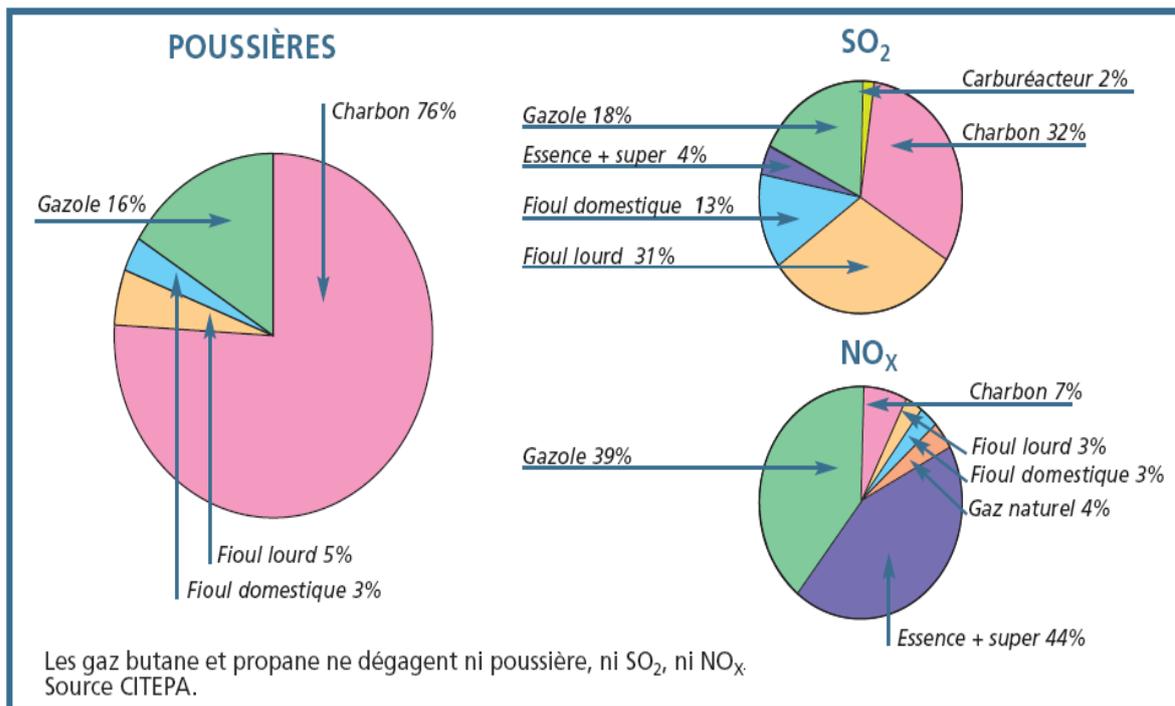


Figure II.12 : Emissions des gaz toxiques

Une garantie pour l'optimisation des performances énergétiques : les gaz butane et



Propane offrent un pouvoir énergétique nettement supérieur aux autres énergies.

II.2.7 Utilisation du GPL

Nos ressources en hydrocarbures sont essentiellement composées d'hydrocarbures gazeux, le gaz naturel et les GPL.

Compte tenu des profils de production prévisionnels, les GPL constituent la ressource la moins entamée. S'agissant du marché national, de grandes possibilités d'utilisation des GPL existent pour tous les usages thermiques. Cependant, hormis le butane qui a connu une très forte pénétration dans le secteur résiduel, le propane a été très faiblement utilisé dans les autres secteurs potentiels : le transport, l'industrie, l'agriculture.

- **Source de chauffage**

Les appareils domestiques utilisés actuellement sont conçus pour s'adapter à l'utilisation des GPL. Une plus grande flexibilité, les aspirations de la clientèle et la recherche du rapport prix/qualité sont les facteurs principaux de l'évolution de ces appareils.

- **GPL dans la climatisation**

Deux principaux facteurs sont utilisés :

Pour s'évaporer, les GPL absorbent la chaleur de l'environnement et créent un froid.

Un moteur fonctionnant aux GPL peut entraîner un compresseur qui comprime le gaz GPL et la détente absorbe la chaleur.

A la base de ces deux principes ont été construits :

- ❖ Les réfrigérateurs.
- ❖ Les climatiseurs.



- **GPL dans la pétrochimie**

18% des GPL sont consommés comme charge pétrochimique et 10% de la production mondiale de l'éthylène produit en pétrochimie l'est à partir du propane. La demande globale pétrochimique des GPL enregistre un taux de croissance de 10%. L'utilisation du butane est liée essentiellement à la fabrication du MTBE utilisé comme booster des essences en substitution au PTE.

- **GPL pour la production d'électricité**

Les rythmes attendus de la croissance de la demande mondiale d'électricité dépasseraient largement ceux des autres formes d'énergies finales. Elle atteindra 21,2% en l'an 2010. Les GPL pour la production d'électricité s'avère être une solution privilégiée par rapport aux autres combustibles (charbon, fuel,...etc), et ce tant du point de vue économique qu'écologique.

- **GPL carburant**

Le GPL/C dont la composante diffère d'une région à une autre, est un carburant qui est utilisé dans de nombreux pays dans le monde, essentiellement en Amérique, en Europe et dans le sud asiatique.

La consommation de GPL comme carburant s'élevait à près de 10 MT. Un pourcentage de 7 à 8% du GPL consommé mondialement l'est sous forme de carburant. L'expérience internationale dans l'utilisation de GPL comme carburant permet d'affirmer que le GPL aujourd'hui est un carburant éprouvé est largement utilisé.

L'indice d'octane élevé de GPL permet leur substitution à l'essence sans modification du moteur, de plus il confère à celui-ci un pouvoir antidétonant. Ce carburant à beaucoup



d'avantages pour l'environnement, il a une capacité de se mélanger à l'air meilleure que celle de l'essence, il y a absence de plomb, ainsi qu'une diminution des résidus de CO₂ et de CO.

II.2.8 GPL en Algérie :

En Algérie, la majeure partie des GPL provient des champs pétroliers (79%), suite à la séparation du gaz et du traitement du pétrole brut.

Le niveau de la demande nationale de G.P.L. est de L'ordre 1.4 millions de tonnes dont 90% de butane, 5% de propane et 5% de G.P.L. carburant (G.P.L./c).

L'Algérie pays pétrolier et gazier, possède une industrie de GPL très importante, sa production a suivi une croissance soutenue en raison de l'intérêt suscité chez les pays industrialisés pour cette forme d'énergie idéale pour la protection de l'environnement.

Jusqu'à **1984** l'Algérie importait du butane en période de pointe, depuis cette date et suite, à la mise en service du complexe GP-1Z, la production nationale est largement excédentaire par rapport à la demande du marché national.

Durant la dernière décennie, l'industrie algérienne du GPL a connu des changements profonds, notamment en matière de production, d'exploitation et dans les activités de transport maritime. Le programme de valorisation des ressources gazières lancé au début des années **90** fait bénéficier aujourd'hui l'Algérie de disponibilités importantes en GPL.

Depuis la mise en exploitation du champ gazier de Hamra **en 1996**, la production du GPL a connu un développement rapide. Le niveau de l'offre national du GPL a été de l'ordre de 12,5 millions de tonnes en **2006** lorsque les projets développés auront été mis en service. Cette offre provient de trois sources différentes :

- **10%** obtenus à la suite du raffinage du pétrole brut aux raffineries de Skikda, Arzew Alger.



Chapitre II : Généralités sur le GPL et ces Modes de Transport

- **11%** sont obtenus à l'issue de la liquéfaction du gaz naturel aux complexes de liquéfaction GL-2Z, GL-1K.
- **79%** sont produits à partir des gisements d'hydrocarbures, suite à la séparation du gaz et le traitement du pétrole brut; soit 4,35 millions de tonnes.



Figure II.13 : Demande Nationale en GPL



Elle est répartie comme suit :

- 336.000 tonnes dans la région Ouest (24%).
- 516.000 tonnes dans la région Est (37%)
- et en fin 401.000 tonnes dans la région centre (29%)

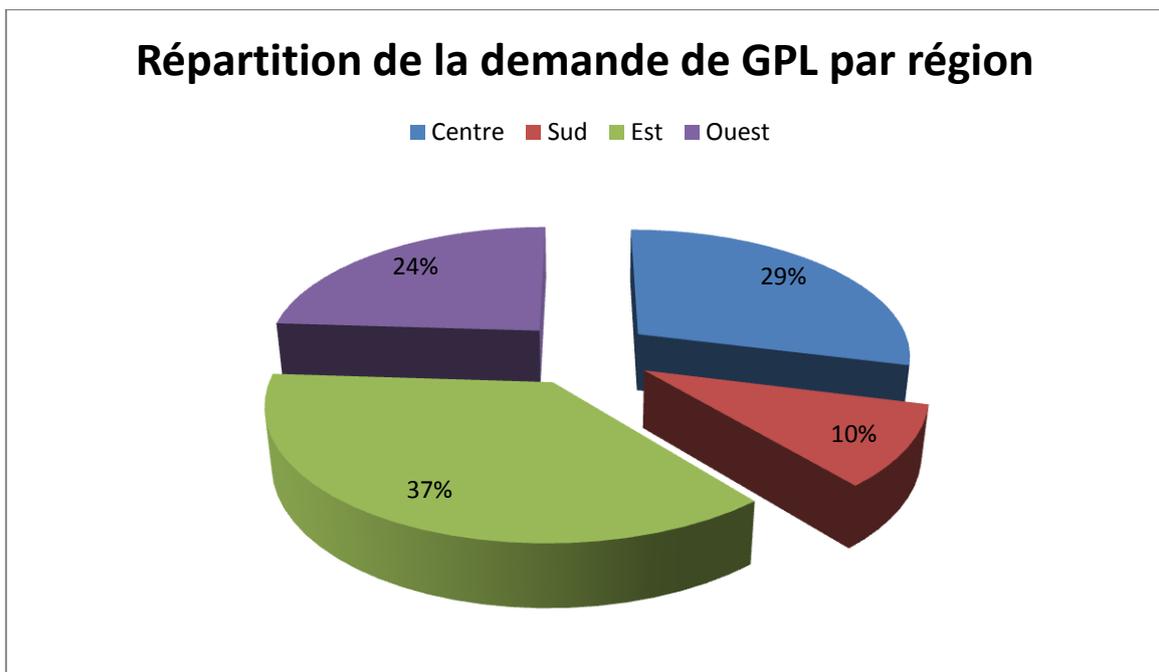


Figure II.13.1 : répartition de la demande de GPL par région



II.2.9 Exportations algériennes de GPL

Méditerranée :

80% (France, Italie, Espagne, Portugal, Maroc, Turquie, Egypte, Liban, Tunisie, Syrie).

USA : 14%

Amérique latine

3% (Brésil, Mexique, Equateur, Guatemala, Porto Rico)

Asie

2% (Corée, Chine, Japon, Singapour, Australie)

Europe du Nord

1% (Hollande, Suède, Belgique, Finlande, Angleterre)

Le programme de valorisation des ressources gazières, lancé au début des années 90, fait bénéficier aujourd'hui le groupe Sonatrach de disponibilités importantes de GPL. Depuis la mise en exploitation du champ gazier de Hamra en 1996, la production de GPL a suivi une croissance soutenue. Elle devrait atteindre un volume de 11 millions de tonnes avec la mise en service des nouvelles installations.

II.2.10 Production mondiale des GPL

Le GPL est récupéré à partir de deux sources essentielles :

- a- La récupération du propane et du butane sur les champs de pétrole
- b -La récupération du propane et du butane sur les champs du gaz naturel.

Cette dernière représente **60%** des ressources.

Aux États-Unis où une longue tradition d'utilisation existe, la production et la consommation sont équilibrées.

Au Moyen-Orient la production des GPL s'est considérablement développée à la fin des années **70** lorsque l'augmentation du prix de l'énergie a rendu attractive la récupération du



propane et du butane .Au paravent ces produits étaient brûlés avec le gaz associé .Le Moyen-Orient est actuellement la principale source d'exportation des GPL dans le monde.

En Afrique du nord et tout particulièrement en Algérie ou les GPL sont surtout récupérés à partir de gaz naturel dans les unités de liquéfaction. La production des raffineries assure le complément, le Propane et le Butane sont récupérés au niveau de la distillation atmosphérique du pétrole brut et par craquage des molécules lourdes dans la plupart des unités de transformation et de conversion.

Le Propane et le Butane commercial sont des mélanges, une séparation complète des molécules serait aussi coûteuse qu'inutile car la plupart des utilisations acceptent des mélanges.

La production mondiale du GPL croît à un rythme de **5%** par an.

II.3. Mode de transport du GPL

Les moyens de transport utilisés par NAFTAL :

- ❖ Transport maritime : par navires pétroliers ou par caboteurs, pour le gaz liquéfié on utilise des méthaniers ;
- ❖ Transport fluvial ;
- ❖ Transport ferroviaire c'est-à-dire par wagons citernes ;
- ❖ Transport routier : par camions citernes ;
- ❖ Transport par avion ;
- ❖ Transport par canalisation : (pipelines).

Les différents moyens de transport utilisés pour le transport du GPL sont énumérés comme suit :

II.3.1 Cabotage

Il permet le transport du GPL vers les entrepôts portuaires d'Alger, et

Bejaia à partir de la raffinerie de Skikda au moyen de 4 caboteurs affrétés auprès des entreprises publiques et de transport.



II.3.2. Transport par route

NAFTAL enregistre une grande pénétration de la route dans le ravitaillement du GPL c'est le moyen le plus utilisé au jour d'aujourd'hui malgré son coût élevé chose qui entraîne le recours au pipeline qui reste le mode le moins coûteux dans le transport.

Pour remplir sa mission de distribution des produits pétroliers, Naftal dispose d'un parc de 3 000 véhicules de distribution constitué de Tracteurs routiers, de Semi-remorques citernes, de Semi-remorques plateaux, de camions citernes, de camions plateaux, camions porte palettes et de moyens de transport tiers.

II.3.3. Transport ferroviaire

Ce mode de transport est quasiment inexistant vu qu'il n'y a pas de raccordements ferroviaires dans certaines zones de consommateurs.

II.3.4. Pipelines :

350 Km de canalisations existantes permettant l'approvisionnement des principaux centres de stockages et de distribution.

Comme les sources des hydrocarbures se trouvent dans des régions désertiques, le choix du transport par canalisation reste le plus adéquat.

II.4 Avantages et inconvénient du transport par canalisation

a. Avantage

Le développement du transport par canalisation est dû aux avantages spécifiques que présente ce mode de transport, en effet :

- ❖ Le forme des hydrocarbures (pétrole, gaz, produits pétrolier), s'adapte très facilement à un transport par conduite :
- ❖ Son projet rectiligne permet un raccourcissement notable des distances et délais de temps par rapport aux moyens classiques.
- ❖ Totalement enterré, son emprise au sol est pratiquement nulle et autorise des cultures.



Chapitre II : Généralités sur le GPL et ces Modes de Transport

- ❖ Son exploitation ne connaît pas l'entrave et atmosphérique (crues, brouillard, neige, verglas)
- ❖ Hautement spécialisé, ce mode de transport se prête à l'automatisation.

b. Inconvénients

Le transport par canalisation présente aussi quelques handicaps dont les principaux sont :

- ❖ La conduite au fil du temps peut subir une corrosion qui pourra la détruire.
- ❖ L'installation d'un pipeline est coûteuse : dans des conditions difficiles, le coût d'un Kilomètre peut être aussi élevé que celui de la construction d'un Kilomètre d'autoroute.

CONCLUSION

Ce chapitre nous a permis d'avoir une idée sur les propriétés du G.P.L., qu'on utilisera dans notre étude, et aussi de ces différents modes de transport, dont celui qui fait objet de notre étude qui est le transport par canalisation.

Chapitre III

APPROCHE THEORIQUE

CHAPITRE III

APPROCHE THÉORIQUE

INTRODUCTION

Le GPL à l'état liquide est assimilé à un fluide incompressible, il suit donc les lois applicables à ce type de fluides, on essaiera dans ce chapitre d'aborder les termes essentiels des lois qui régissent ce type de fluide

III.1.TERMES ESSENTIELS DE LA MÉCANIQUE DES FLUIDES

III.1.1.Densité

La densité d'un liquide est le rapport entre sa masse volumique et celle de l'eau à la même température, elle n'a donc pas d'unité.

La densité comme la masse volumique varie avec la température, elle diminue avec l'augmentation de la température, et augmente lors de sa diminution.

III.1.2.Viscosité

La viscosité est la mesure de frottement entre les couches successives d'un liquide qui circule dans une canalisation.

La loi de Newton dit que : « la contrainte de cisaillement entre les couches adjacentes d'un liquide en écoulement est proportionnelle au gradient de vitesse ».

La constante de proportionnalité est connue sous le nom de viscosité dynamique.

III.1.3.La viscosité cinématique

Elle est définie comme la viscosité dynamique d'un liquide divisé par sa densité à la même température.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ (m}^2/\text{s)}$$

Ou :

ν = viscosité Dynamique

μ = viscosité Cinématique

ρ = la masse volumique

La viscosité varie avec la température, quand la température augmente la viscosité diminue, et vice versa.

Dans la plupart des canalisations, la viscosité d'un fluide ne change pas sensiblement avec la pression.

III.1.4. Pression de vapeur

C'est la pression au dessous de laquelle le fluide passe de l'état liquide à l'état gazeux à une température donnée.

III.1.5. Rugosité

La rugosité absolue " ϵ " est l'épaisseur moyenne caractérisant la hauteur, la forme, le nombre, et la répartition des aspérités.

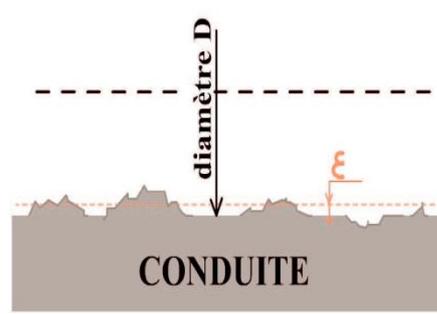


Figure III.1. Rugosité

Quelques exemples de rugosité absolue :

MATIÈRE	ÉTAT	Rugosité absolue
Tube étiré (verre, cuivre, laiton)		$< 0,001$
Tube industriel en laiton		0,025
Tuyau en acier laminé	Neuf	0,05
	Rouillé	$0,15 < \epsilon < 0,25$
Tuyau en acier soudé	Bitumé	0,015
	Neuf	$0,03 < \epsilon < 0,1$
Tuyau en fonte moulé	Rouillé	0,4
	Neuf	0,25
Tuyau en fonte moulé	Rouillé	$1 < \epsilon < 1,5$
	Bitumé	0,1
Tuyau en ciment Brut	Brut	$1 < \epsilon < 3$
	Lissé	$0,3 < \epsilon < 0,8$

Tableau III.1.Exemples sur la rugosité

On définit la **rugosité relative** " r ", qui est le rapport entre la rugosité absolue " ε ", et le diamètre D .

$$r = \frac{\varepsilon}{D}$$

Avec " r " nombre adimensionnelle.

III.2. Concepts Fondamentaux de l'écoulement des fluides

III.2.1. Continuité

Un des concepts fondamentaux qui doit être rempli dans n'importe quel type de canalisation est le principe de la continuité de l'écoulement.

Ce principe stipule que la quantité totale du fluide qui traverse un pipeline est fixée, c'est le même principe que la conservation de la masse.

Fondamentalement cela signifie que le fluide n'est ni créé ni détruit quand il passe à travers une canalisation.

On peut écrire :

$$M = \text{Vol} \cdot \rho = \text{Constant}$$

Ou :

M : la masse du fluide dans n'importe quel point de la canalisation, Kg

Vol : volume du fluide dans n'importe quel point de la canalisation m^3

ρ : masse volumique du fluide dans n'importe quel point de la canalisation Kg/m^3

Et vu que le débit volumique en un point quelconque d'une canalisation est le produit de la section et de la vitesse moyenne du liquide, nous pouvons réécrire l'équation comme suit :

$$M = A \cdot V_m \cdot \rho = \text{Constante}$$

Ou :

M : la masse du fluide dans n'importe quel point de la canalisation, Kg

A : Surface de la section de la canalisation m^2

V_m : Vitesse moyenne du liquide m/s

ρ : masse volumique du fluide dans n'importe quel point de la canalisation Kg/m^3

Et vu que les liquides sont généralement considérés comme incompressibles, et la masse volumique est pratiquement constante, on peut écrire que :

$$A \cdot V = \text{Constante}$$

III.3.2 L'équation de l'énergie

Le principe de la conservation de l'énergie appliquée aux liquides, est pris en considération dans **l'équation de Bernoulli**, qui dit simplement que l'énergie totale contenue dans la canalisation à n'importe quel point est une constante.

De toute évidence, il s'agit d'une extension du principe de la conservation de l'énergie qui stipule que "L'énergie ne se crée pas, ne se perd pas : elle se transforme".

Considérons la canalisation dans la figure ci-dessous qui illustre l'écoulement du point A à hauteur Z_A , au point B à hauteur Z_B , la pression au point A est P_A , et la pression au point B est P_B , en supposant le cas général où le diamètre de la canalisation au point A peut être différent de celle du point B, nous désignerons les vitesses en A et B à V_A et V_B , respectivement.

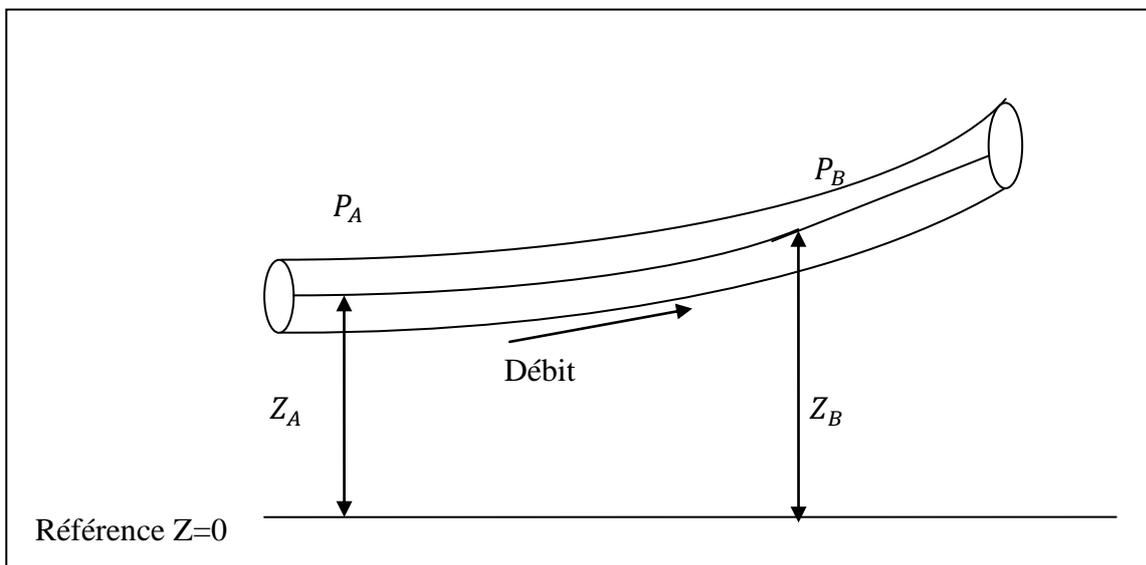


Figure III.2 équation d'énergie

Considérons une particule du liquide de poids W au point A de la canalisation, elle possède une énergie totale E qui se compose en trois éléments :

- ✚ Énergie due à la position, ou Énergie potentielle $=W.Z.A$
- ✚ Énergie due à la pression $= W.P.A/\gamma$

Où

γ = poids spécifique du liquide

✚ Énergie due a la vitesse, ou Énergie cinétique = $W \cdot V^2/2g$

On aura donc :

$$\text{✚ } E = W \cdot Z_A + W \cdot P_A/\gamma + W \cdot V^2/2g$$

En divisant cette équation par W , on obtient l'énergie totale par unité du poids du liquide :

$$\text{✚ } H_A = Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g$$

Tel que :

H = l'énergie totale par unité du poids du liquide (m)

Et d'après le principe de la conservation de l'énergie :

$$H_A = H_B$$

Ce qui implique :

$$Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g = Z_B + P_B/\gamma + V_B^2/2g$$

Mais en réalité, il ya perte d'énergie entre le point A et le point B, due à la friction dans la canalisation.

Nous incluons la perte d'énergie due au frottement par l'équation qui suit:

$$\text{✚ } Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g = Z_B + P_B/\gamma + V_B^2/2g + \sum h_{\text{ftot}}$$

Où :

$\sum h_{\text{ftot}}$ = La somme des pertes de charge entre les points A et B.

Nous devons aussi inclure toute autre énergie ajoutée au liquide, comme quand il y'a une pompe entre les points A et B.

L'équation s'écrira donc :

$$\text{✚ } Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g + H_P = Z_B + P_B/\gamma + V_B^2/2g + \sum \Delta h_L$$

H_P = Hauteur manométrique de la pompe



III.3.3 Nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds tire son nom d'Osborne Reynolds, qui la proposé en 1883 quand il avait 41 ans.

Il s'agit d'un nombre adimensionnel qui exprime le rapport entre les forces d'inerties et les forces visqueuses.

Le nombre de Reynolds définit le type de l'écoulement.

Dans sa forme la plus simple le nombre de Reynolds s'écrit :

$$R_e = \frac{VD_h}{\nu}$$

V : la vitesse, (m/s)

D_h : Diamètre hydraulique de la canalisation (m)

ν est la viscosité cinématique.

Et nous connaissant la relation entre la viscosité cinématique et la viscosité dynamique, la relation peut être réécrite :

$$R_e = \frac{\rho VD_h}{\mu}$$

Où :

ρ : masse volumique du fluide dans n'importe quel point de la canalisation Kg/m^3

III.4 Types d'écoulement

Trois régimes d'écoulement peuvent être distingués, et cela suivant la distribution de vitesses à l'intérieur de la canalisation:

III.4.1 Écoulement laminaire

Pour un nombre de Reynolds $R_e < 2000$

Dans ce type d'écoulement, les lignes de courants gardent leur individualité au cours du temps, la turbulence naturelle est amortie par les forces de viscosité.

III.4.2 Écoulement transitoire

Pour un nombre de Reynolds $2000 < R_e < 4000$

C'est le passage entre le régime laminaire et le régime turbulent, il ne se produit pas à un nombre précis de Reynolds, il est plutôt progressive sur une plage ou tout les écoulements sont mélangés.

III.4.3 Écoulement turbulent

Pour un nombre de Reynolds $R_e > 4000$

Plus le nombre de Reynolds est grand, plus les forces d'inertie commencent à dominer, l'écoulement devient alors turbulent.

Cet écoulement est caractérisé par des fluctuations c'est le type d'écoulement des pipelines.

III.5 Coefficient de frottement

Lors de l'écoulement dans une canalisation, il se produit une perte d'énergie en raison des frottements entre la surface du tube et le fluide ainsi que les frottements entre les molécules du fluide.

Cette énergie perdue provoque une chute de pression

La chute de pression due au frottement dans une canalisation dépend de la vitesse d'écoulement, du diamètre de la canalisation, de la rugosité des conduites, de la densité et la viscosité.

Elle dépend aussi du nombre de Reynolds (et donc du régime d'écoulement).

Notre objectif serait de calculer la chute de pression compte tenu des propriétés de la canalisation, du fluide, et du régime d'écoulement.

La perte de charge dans une longueur donnée, exprimée en hauteur, peut être calculée à l'aide de l'équation de Darcy-Weisbach :

$$\Delta h_1 = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D_h}$$

Avec :

Δh_l : Pertes de charge linéaire (m) ;

L : longueur de la conduite en (m) ;

D_h : Diamètre hydraulique de la conduite en (m) ;

V : vitesse moyenne de l'écoulement en (m/s) ;

g : accélération de la pesanteur en (m/s²) ;

f : Coefficient de frottement de Darcy.

✚ Pour un écoulement laminaire ($R_e < 2000$), le coefficient de frottement de **Darcy** f est calculé à partir de la relation de Hagen-Poiseuille :

$$f = 64/R_e$$

On peut voir que pour un écoulement laminaire le coefficient de frottement ne dépend que du nombre de Reynolds, indépendamment du diamètre de la canalisation, et du fait qu'elle soit lisse ou rugueuse.

✚ Pour un écoulement turbulent l'équation la plus utilisée est celle de

Colebrook – White

$$1/\sqrt{f} = -2 \log_{10}[(\varepsilon/3.7D_h) + 2.51/(R_e\sqrt{f})]$$

Avec :

R_e : Nombre de Reynolds ;

L : longueur de la canalisation en (m) ;

D_{int} : Diamètre hydraulique de la canalisation en (mm) ;

V : vitesse moyenne de l'écoulement en (m/s) ;

g : accélération de la pesanteur en (m/s²) ;

f : Coefficient de frottement de Darcy ;

ε : Rugosité absolue de la canalisation (mm) ;

Elle peut aussi s'écrire :

$$1/\sqrt{f} = -2 \log_{10}[(r/3.7) + 2.51/(R_e\sqrt{f})]$$

Avec :

r : Rugosité relative de la canalisation ;

On constate de l'équation que le calcul de f n'est pas facile, car il apparaît des deux côtés de l'équation, on aura besoin donc d'un calcul itérative.

L'écoulement turbulent se compose en trois catégories, suivant le nombre de Reynolds et la rugosité relative :

- ✚ Écoulement turbulent lisse
- ✚ Écoulement turbulent rugueux
- ✚ Zone de transition entre le régime turbulent lisse et le régime turbulent rugueux.

Pour un écoulement turbulent lisse, la rugosité de la canalisation à un effet négligeable sur le coefficient de frottement. Par conséquent, le coefficient de frottement dans cette région dépend seulement du nombre de Reynolds comme suit :

$$1/\sqrt{f} = -2 \log_{10} [2.51/(Re\sqrt{f})]$$

Pour un écoulement turbulent rugueux, le coefficient de frottement f n'est plus dépendant du nombre de Reynolds, il ne dépend que de la rugosité de la conduite, et de son diamètre, comme suit :

$$1/\sqrt{f} = -2 \log_{10} [(\bar{R} / 3.7)]$$

Pour la zone de transition entre le régime turbulent lisse et le régime turbulent rugueux, le coefficient de frottement dépend du nombre de Reynolds, de la rugosité de la conduite, et du diamètre de la conduite, on le calcul alors avec la formule de **Colebrook – White** :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7D_{int}} \right) + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right].$$

On constate que la formule de Colebrook white est utilisable, sur les trois types du régime turbulent, ce qui on fait la formule la plus utilisable dans ce régime.

Restera le problème de la résolution de cette équation, pour cela plusieurs formules on été proposés parmi lesquels la formule de ACHOUR et BEDJAOUI

La formule de ACHOUR et BEDJAOUI :

La formule proposée par *Achour* et *Bedjaoui* (2006) constitue la solution exacte à la relation implicite de **Colebrook-white**, le coefficient de frottement f est exprimé sous la forme explicite suivante :

$$f = -2 \log_{10} \left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7D_{int}} \right) + \frac{10,04}{\bar{R}} \right]$$

Le paramètre \bar{R} figurant dans cette relation représente le nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement dans un modèle rugueux de référence ce modèle est une conduite circulaire sous pression, de rugosité relative arbitrairement choisie égale à $3,7 \cdot 10^{-2}$.

La relation exacte de \bar{R} n'a pas encore été établie, mais une relation approchée a cependant été proposée par *Achour* et *Bedjaoui* (2006) qui montrent que \bar{R} est en fonction de la rugosité relative « r » et du nombre de Reynolds « R_e » caractérisant l'écoulement dans la conduite considérée :

$$\bar{R} = -2 \log_{10} \left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7D_{int}} \right) + \frac{5,5}{R_e^{0,9}} \right]$$

Ainsi lorsque la rugosité relative « r » et le nombre de Reynolds « R_e » sont les paramètres connus du problème, l'usage simultané des deux précédentes relations permet alors d'évaluer de manière explicite le coefficient de frottement f recherché.

Ces relations sont applicables dans tout le domaine de l'écoulement turbulent et couvrent ainsi tout le diagramme de *moody*.

Afin de mieux apprécier la validité de cette équation, celle-ci a été comparée à la relation de *colebrook-white* pour $R_e \geq 2300$ et $0 \leq r \leq 0,05$. Les résultats issus de cette comparaison ont été graphiquement représentés dans le système d'axe de coordonnées à divisions semi logarithmiques de la figure suivante :

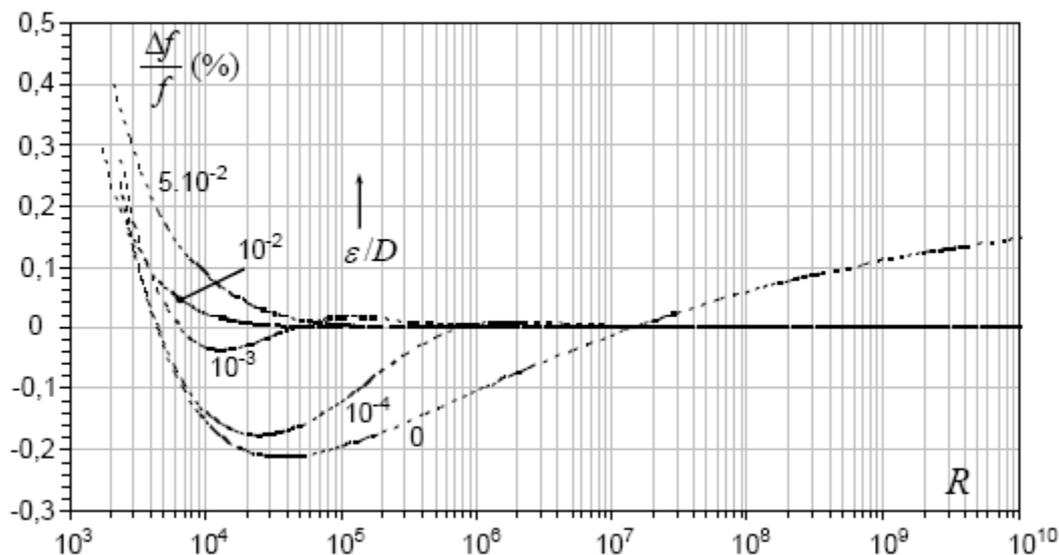


Figure III.3 : comparaison entre les deux relations

La figure montre clairement que l'écart relatif maximal $(\Delta f)/f$ entre les deux relations est inférieur à 0,4 % dans tout le domaine de l'écoulement turbulent. Cet écart maximal est obtenu pour $Re = 2300$ et pour la plus forte rugosité relative $r = \varepsilon/D = 0,05$, l'écart $(\Delta f)/f$ diminue au fur et à mesure que le nombre de Reynolds augmente, et que la rugosité diminue.

III.6 Pertes de charge singulières ou pertes mineures

Les pertes de charge singulières sont provoquées par les changements rapides dans la direction où l'amplitude de la vitesse du fluide, ainsi que de l'élargissement et la contraction de la canalisation, les coudes, les clapets anti-retour, les dispositifs contrôlant le débit (vanne, diaphragme..).

Des expériences avec de l'eau à grand nombre de Reynolds ont montré que les pertes de charge singulières varient proportionnellement au carré de la vitesse.

En conséquence les pertes de charges singulières sont exprimées en termes d'énergie cinétique liquide $\frac{V^2}{2g}$, multiplié par un coefficient K.

$$\Delta h_s = k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Avec :

Δh_s : Perte de charge singulière en (m) ;

k : Coefficient adimensionnel qui dépend de la singularité ;

V : vitesse moyenne de l'écoulement en (m/s) ;

g : Accélération de la pesanteur en (m/s²) ;

Dans la plupart des pipelines, les pertes de charges linéaires constituent la proportion la plus importante de la perte d'énergie due au frottement

Les pertes de charge singulières sont considérées comme des pertes mineures.

En général on les estime proportionnellement aux pertes de charges linéaires, on les estimera pour notre cas à 5% des pertes de charges linéaires.

III.7. Étude des pipelines

Le pipeline doit être conçu pour résister à la pression générée par la différence d'altitude, et par le pompage.

La pression maximale admissible (PMA) est définie comme étant la pression sécuritaire maximale à laquelle le pipeline peut être exploité.

Pour s'assurer que le pipeline peut être exploité en toute sécurité à la pression maximale admissible, on doit le tester en utilisant l'eau à une pression supérieure.

Le calcul de la pression interne pour le dimensionnement du pipeline est basé sur **l'équation de Barlow** :

L'équation de Barlow pour les pressions interne

La contrainte due à la pression dans les canalisations se compose en **contrainte tangentielle** et **contrainte longitudinale**, comme indiqué dans la figure ci-dessus :

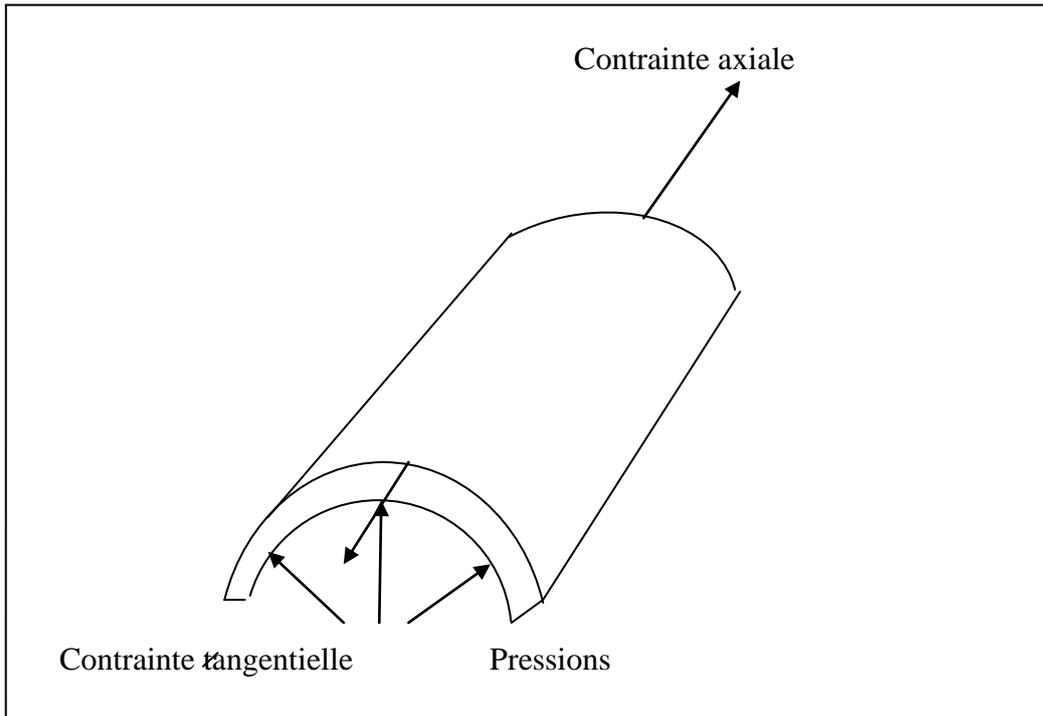


Figure III.4 répartition des contraintes

Pour les pipelines de dimensions courantes, on peut considérer que l'épaisseur de la paroi est suffisamment faible pour que l'on puisse admettre l'hypothèse de contraintes également réparties sur tout le long de la section de la canalisation.

La contrainte tangentielle, dirigée suivant une tangente au cercle de la section droite de la canalisation se calcule suivant la formule :

$$S_t = \frac{P_{int} \cdot D_{ext}}{2e}$$

Avec :

S_t : Contrainte tangentielle ;

P_{int} : Pression intérieure (KPa) ;

D_{ext} : Diamètre extérieur de la canalisation (m) ;

e : L'épaisseur de la canalisation ;

La contrainte longitudinale se calcul :

$$S_l = \frac{P_{int} \cdot D_{ext}}{4e}$$

Avec :

S_l : Contrainte longitudinale ;

P_{int} : Pression intérieure (KPa) ;

D_{ext} : Diamètre extérieur de la canalisation (m) ;

e : L'épaisseur de la canalisation ;

La formule de Barlow est tirée de la formule de la contrainte tangentielle, elle calcul la pression intérieure du pipeline :

La formule de Barlow est tirée de la formule de la contrainte tangentielle, elle calcul la pression intérieure du pipeline :

$$P_{int} = \frac{2 * e * \delta * \alpha}{D_{ext} * \beta}$$

P_{int} : Pression intérieure (KPa) ;

e : L'épaisseur du pipeline (mm)

D_{ext} : Diamètre extérieur du pipeline (mm)

δ : La contrainte admissible (Mpa)

α : Le coefficient de tolérance sur l'épaisseur

β : Le coefficient de tolérance sur le diamètre

III.7.1. Résistance des matériaux

Le calcul mécanique consiste à déterminer la contrainte maximale de service « δ », qui est fonction de l'épaisseur, diamètre extérieur et de la contrainte admissible de l'acier.

Cette dernière est définie selon les conditions de sécurité adoptées ou imposées aux pipelines, elle est choisie à la base de la limite à l'élasticité E et la limite à la rupture R :

$$\delta = \min [k_e E ; k_r R]$$

E : Limite d'élasticité du métal

R : Limite de la rupture du métal

K_e, K_r : Coefficients de sécurité

III.7.2. Les aciers utilisés :

En générale, dans le transport des hydrocarbures par canalisation, on utilise des conduites en acier ; vue leurs propriétés de résistance.

Les qualités d'acier les plus couramment utilisées dans la composition des pipelines, sont définies par certaines conditions limites de composition, en particulier de teneur en carbone et d'autre part, par les valeurs minimales de limite élastique et de la résistance à la rupture.

C'est ainsi que les grades les plus souvent utilisés ont les caractéristiques indiquées dans le tableau suivant :

Spécification A.P.I	Grade	Limite d'élasticité E (Kg/mm ²)	Limite à la rupture R (Kg/mm ²)
5 L	A	21	34
5 L	B	25	42
5 L	X 42	29	42
5 L	X 46	32	45
5 L	X 52	37	47
5 L	X 56	39	52
5 L	X 60	41	55

Tableau III.2 : Caractéristiques des aciers utilisés pour les canalisations

III.7.3. Coefficient de sécurité

Les coefficients de sécurité sont les rapports maximaux autorisés de la tension créée dans l'acier par la pression maximum de service du fluide qui circule à la limite élastique de l'acier utilisé pour la fabrication des tubes. Ce sont ces coefficients qui sont fixés dans les règlements de sécurité. Ils varient selon les conditions du tracé,

Les emplacements de la conduite se classent en deux catégories

La zone 1 comprend :

- a) La partie de la canalisation située à l'intérieur des usines,
- b) Le domaine public,
- c) Les terrains du domaine privé qui sont situés :
 - A moins de 75 mètres d'un établissement recevant plus de 200 personnes ou d'un établissement autre que pétrolier présentant tous risques d'incendie ou d'explosion.
 - A moins de 30 mètres de la limite du domaine public national ou d'un immeuble d'habitation ou d'un établissement recevant moins de 200 personnes.

La zone 2 comprend les autres terrains.

Le classement par zones est établi par le transporteur après consultation des services de l'urbanisme des Wilayas concernées et les services compétents du Ministère des hydrocarbures.

Zone	Ke	Kr
I	0,67	0,47
II	0,75	0,59

Tableau III.3 : Coefficients d'élasticité et de rupture suivant les zones.

III.7.3 Gradient Hydraulique

Généralement, due aux frottements la pression diminue continuellement du départ du pipeline jusqu'au terminal arriver dans le cas ou le point d'arriver et le point de départ on la même cote, et que le terrain soit pratiquement plat.

Dans le cas ou le point d'arriver et le point de départ du pipeline on la même cote, et que le terrain soit pratiquement plat, due aux frottements la pression diminue continuellement du départ du pipeline jusqu'au terminal d'arriver.

Dans le cas ou il y'aurait des différences de cotes entre les différents points du pipeline, la diminution de la pression sera due à l'effet combiner des pertes de charges due aux frottements et aux différences de dénivelée.

Le gradient hydraulique (j) représente le rapport entre la différence de charge et la longueur du trajet de l'écoulement.

A partir du gradient hydraulique on tire la ligne de charge de l'équation suivante :

$$H(i+1) = H(i) - j * (x(i+1) - x(i))$$

Avec:

H : la charge à un point donné (m) ;

j : le gradient hydraulique ;

x : la distance d'un point donné du point de départ du pipeline (m).

Et on tire la pression :

$$P(i) = \frac{(H(i) - y(i)) * \rho}{g * 10^4} \text{ (bar)}$$

Avec :

H : la charge à un point donné (m) ;
j : le gradient hydraulique ;
y : la cote d'un point donnée du pipeline (m).

III.7.4. Le transport d'un liquide à haute pression de vapeur : (Gaz de Pétrole liquéfié)

Le transport d'un liquide à haute pression de vapeur comme par exemple le GPL requiert qu'une pression minimale soit maintenue tout au long du pipeline, la pression minimale doit être plus grande que la pression de vapeur du fluide à la température de l'écoulement, sinon cela causera un écoulement diphasique, avec une phase liquide et une phase gazeuse, ce que les pompes ne peuvent supporter.

On doit donc assurer une pression minimale au point le plus haut du pipeline et au terminal arriver, des dispositifs spéciaux sont installés au terminal d'arriver pour supporter cette pression.

On prendra en compte lors de notre dimensionnement tous ces paramètres.

III.7.5. Pression totale requise

La pression totale requise au début du pipeline pour transporter un débit donné, d'un point A à un point B dépend de :

- Le diamètre du pipeline, son épaisseur et sa rugosité.
- La longueur du pipeline.
- La dénivelée entre le point A et le point B.
- La densité et la viscosité du fluide transporté.
- Son débit.

Lorsqu'on augmente le diamètre du pipeline, et on garde tous les autres facteurs constants, les pertes de charges diminuent ainsi que la pression totale requise.

Lorsqu'on augmente, l'épaisseur ou la rugosité du pipeline, les pertes de charges diminuent ainsi que la pression totale requise.

L'augmentation de la longueur du pipeline ou du débit d'écoulement, diminuent les pertes de charges ainsi que la pression totale requise.

En général, la pression totale requise peut être divisée en trois parties :

- ❖ Perte de pression due à la perte de charge.
- ❖ Pression due à la différence de dénivelée.
- ❖ Pression d'arriver au terminal départ.

La détermination de la pression requise au fluide au départ pour s'acheminer à son point de livraison permet d'envisager ou non l'installation de stations de pompage intermédiaires le long du pipeline.

En effet, Si la pression de départ est trop élevée et dépasse considérablement la pression interne maximale que supporte le tube, il est fortement recommandé de penser à l'installation de stations intermédiaires, car, l'éventualité d'envisager un scénario sans station pourrait être très onéreuse en matière de cout du tube, et supposerait l'utilisation d'épaisseur très importante d'une part, et des équipements haute pression d'autre part.

On effectue alors un bilan hydraulique , qui consiste en la détermination de la charge nécessaire au départ , puis partager cette dernière en plusieurs points de reprise le long du pipeline, c'est comme si on allouait au fluide l'énergie qui lui faut pour continuer son parcours et vaincre les pertes de charges existantes due à la friction entre le fluide et la paroi du tube.

Le design des stations de pompage se fait en nombre et en position.

Leur nombre se calcul selon la formule suivante :

$$N = (PT - PS)/(PD - PS)$$

Avec :

N : Le nombre de stations de pompage à mettre en œuvre.

PT : La pression totale requise au départ.

PS : La pression d'aspiration aux stations.

PD : La pression de refoulement aux stations.

La valeur de la pression différentielle (PD-PS) reste à l'appréciation du designer selon le cas qui se présente à lui. (Fluide utilisé, zone géographique du projet, réglementation en vigueur, maître de l'ouvrage, les installations utilisées, ...)

Dans le cadre de notre application nous avons fixé cette pression différentielle à 90 bars.

La localisation d'une station de pompage est supposée être à l'endroit où la pression du fluide se réduit à zéro qui est représenté par l'intersection de la ligne de charge et le profil du terrain naturel.

Cependant, la pression du fluide en tout point du profil doit être supérieure à sa tension de vapeur à la température d'écoulement afin d'éviter la cavitation au niveau de la ligne d'une part et au niveau de la pomperie d'autre part .On définit alors la notion de NPSH disponible et NPSH requis que l'on va présenter dans le paragraphe suivant.

De ce fait le positionnement des stations ne se fait pas exactement au point d'intersection entre la ligne du gradient hydraulique et le profil altimétrique du terrain mais un peu en amont de ce point, ce qui est illustré par la figure suivante :

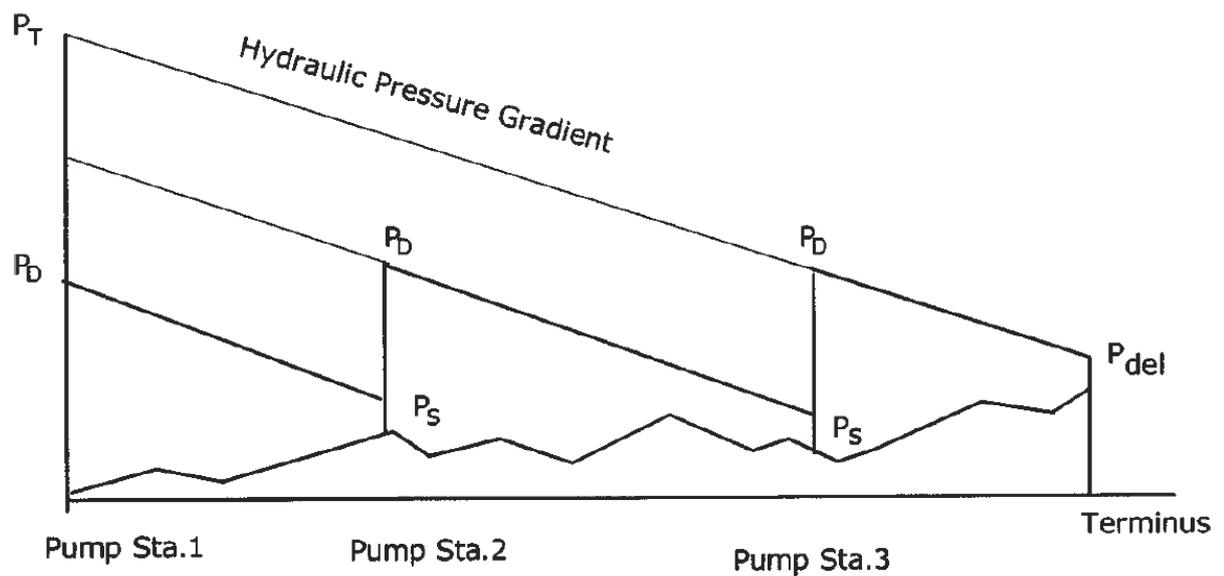


Figure III.5 : positionnement des stations de pompage.

III.7.6. Les Pompes utilisées pour le transport du Gaz de Pétrole liquéfié

Ils existent deux principales catégories de Pompes :

- Les turbopompes ;
- Les pompes volumétriques.

Le principe de fonctionnement de ces deux classes de pompes est différent.

- Dans les turbopompes, une roue, munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide l'énergie cinétique qui se transforme en pression dans les organes de diffusion situés en aval de la roue (la volute, le diffuseur proprement dit et le divergent qui se termine par la bride de raccordement à la conduite de refoulement).

- Dans les pompes volumétriques, en revanche, l'énergie est transmise grâce aux variations de volume qu'on fait subir à une quantité donnée de fluide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement.

III.7.6.1. Les pompes volumétriques

Ces pompes connaissent une installation bien moins généralisée que celles des turbopompes. Elles sont limitées aux pompages des fluides visqueux. D'une façon générale elles conviennent pour élever de faibles débits à des pressions élevées. On distingue dans la catégorie des pompes volumétriques:

- Les pompes rotatives dont font partie les pompes à rotor excentré, à rotor oscillant, à palette, à engrenages et à vis.
- Les pompes alternatives, à piston, à membrane....

III.7.6.2. Les turbopompes

Les turbopompes sont actuellement plus utilisées que les pompes volumétriques, pour les raisons suivantes :

- Ces appareils sont rotatifs et ne comportent aucune liaison articulée ;
- Leur entraînement, par un moteur électrique ou à combustion interne, ne présente aucune difficulté ;
- L'encombrement des turbopompes est environ huit(08) fois moindre que celui des pompes volumétriques, et peut même être réduit en adoptant une disposition à axe vertical ;
- Ce moindre encombrement représente un poids plus faible permettant de réaliser d'appréciables économies sur les bâtiments abritant les installations ;
- Les frais d'entretien d'une turbopompe sont peu élevés.

Suivant le type du rotor et son mode d'action, il faut distinguer dans la catégorie des turbopompes :

- Les pompes centrifuges ;
- Les pompes hélices ;
- Les pompes hélico-centrifuges.

Cette classification est basée sur la forme de la trajectoire du fluide à l'intérieur du rotor de la pompe.

A titre indicatif, il faut signaler qu'il existe d'autres classifications reposant sur les critères suivants :

- Disposition de l'axe (horizontal, vertical, incliné) ;
- Nombre de rotors (monocellulaire, multicellulaire) ;
- Importance de la pression produite (basse, moyenne, haute) ;
- Utilisation (irrigation, eaux chargées, forages...) ;

Dans le cadre de notre étude, le choix est porté sur les pompes centrifuges, ce sont les pompes plus largement utilisées dans l'industrie des pipelines en raison de leur domaine d'application, de leur prix moins élevé que celui des pompes volumétriques, de leur souplesse d'exploitation et de leur bon rendement lorsqu'il s'agit de pompes modernes, bien calculées, et utilisées dans de bonnes conditions.

III.7.7. Notion de NPSH requis et NPSH disponible

Afin d'éviter le phénomène de cavitation à l'intérieur de la pompe, la pression à l'aspiration doit être supérieure à la tension de vapeur saturante du fluide

En réalité, les conditions de non cavitation sont données par le constructeur de la pompe car il existe des zones dans la pompe où la pression est inférieure à la pression d'aspiration.

Le critère qui sert à définir la pression nécessaire pour obtenir un bon fonctionnement de la pompe, c.à.d pour maintenir en tout point du fluide la pression nécessaire à l'aspiration pour obtenir un bon fonctionnement en tout point du fluide une pression supérieure à la pression de vapeur saturante est le « **NPSH** » (sigle de l'abréviation Anglo-Saxonne de « Net Positive Section Head » over vapor pressure).

Cette caractéristique donnée par le constructeur est qualifiée de « **NPSH requis** ». Elle tient compte en particulier de la chute de pression que subit le fluide lors de son accélération à l'entrée de la roue.

La pompe ne fonctionnera correctement que si la pression totale à l'entrée est supérieure à la somme de la pression de vapeur saturante et de **NPSH requis**.

On appelle « **NPSH disponible** » la différence entre la pression totale à l'entrée et la pression de vapeur saturante :

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = P_{\text{dép}} - P_{\text{vap}}$$

Avec :

$\text{NPSH}_{\text{disp}}$: NPSH disponible (bar) ;

$P_{\text{dép}}$: Pression de départ (bar) ;

P_{vap} : Pression de vapeur (bar).

Pour qu'une pompe fonctionne normalement sans cavitation, il faut que le « **NPSH disponible** » (calculée) soit supérieur au « **NPSH requis** » indiqué par le constructeur.

Calcul de la hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique totale est calculée par la formule suivante :

$$H_{\text{mt}} = H_g + h_{\text{ftot}}$$

Avec :

H_{mt} : Hauteur manométrique (m) ;

H_g : hauteur géométrique (m) ;

h_{ftot} : Pertes de charge totale (m) ;

La puissance absorbée des pompes est donnée par la formule suivante :

$$P_{\text{abs}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{mt}}}{102 \cdot \eta}$$

Avec :

P_{abs} : énergie absorbée (kw)

ρ : masse volumique du GPL (kg/m^3) ;

g : accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

Q : débit transporté (m^3/h) ;

H_{mt} : Hauteur manométrique (m) ;

η : rendement de la pompe

III.8. ASPECT ÉCONOMIQUE

INTRODUCTION

La construction d'un pipeline représente un investissement très important, on doit donc déterminer la variante optimale parmi les variantes obtenues dans l'étude technique.

Cette variante sera celle qui représente le « Prix de revient technique » le moins élevé, on suivra les étapes suivantes pour la déterminer :

- Estimation de l'investissement ;
- Détermination des coûts d'exploitation ;
- Calcul du prix de revient technique par canalisation (PRT).

Ces étapes sont représentés selon le diagramme suivant :

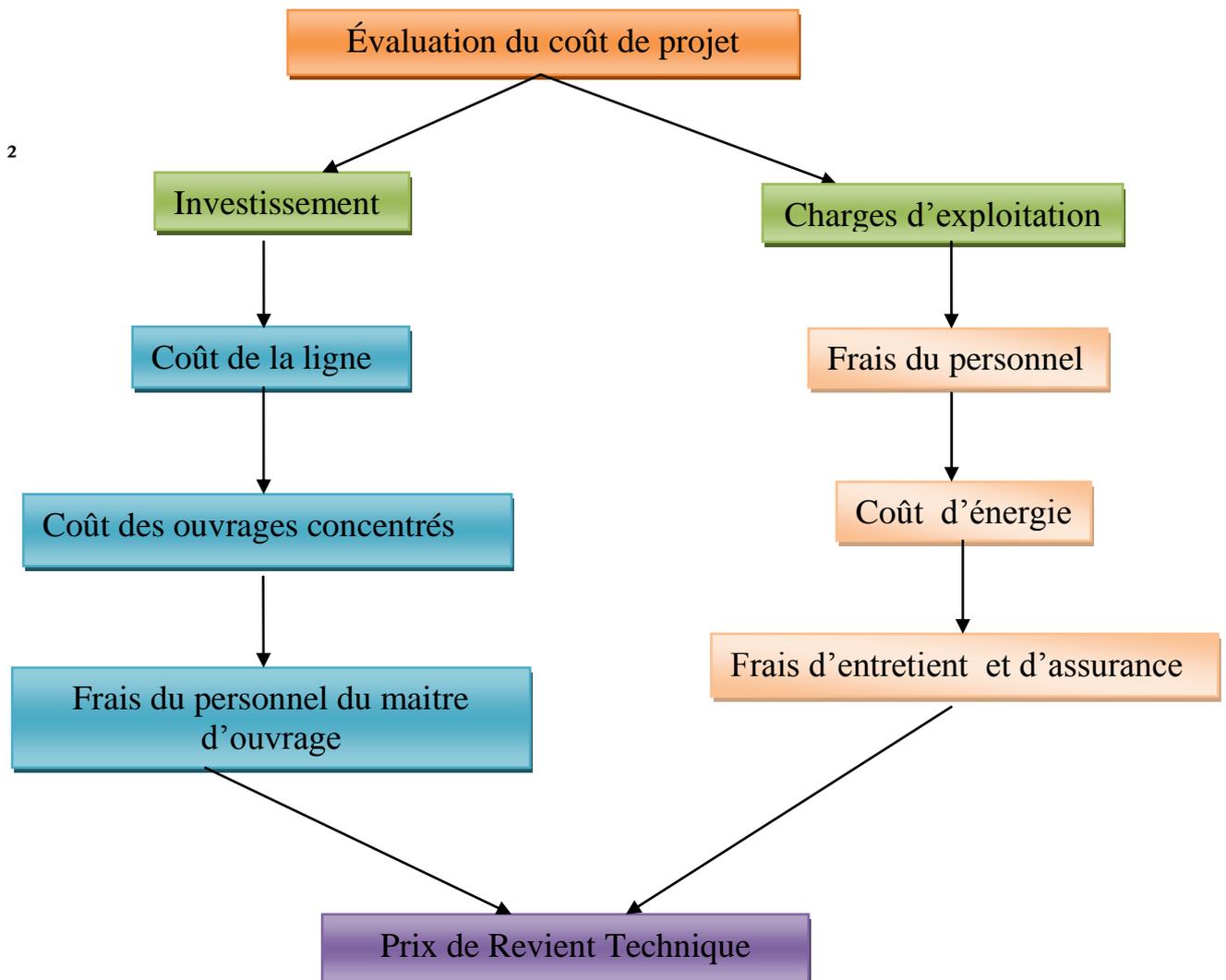


Figure III.6 : diagramme de l'analyse économique

Dans le cadre de notre programme, on a utilisé des prix approximatifs, calculés à partir des prix des projets récents de Naftal dont le projet de Skikda-Berrahal, ces coûts sont en fonction de la longueur du projet, du nombre de station intermédiaire, du nombre de poste de sectionnement.....

III.8.1. Notions de base

III.8.1.1 L'actualisation

L'actualisation permet de trouver la valeur présente actuelle par rapport à l'année de référence d'un montant futur en le multipliant par un coefficient d'actualisation appelé aussi taux d'escompte, autrement dit c'est un instrument permettant la comparaison et l'addition des valeurs monétaires dans le temps (connaître la valeur futur et la valeur actuelle d'une unité monétaire placée à un instant donné).

Le problème posé par l'actualisation est donc celui de la comparaison des sommes d'argent reçues ou dépensées à des dates différentes.

En effet si « U » est le taux d'actualisation pour une période (jours, mois, années...), la valeur future « A_t » en T période de la valeur actuelle « A_0 » est :

$$A_t = A_0 * (1 + U)^t$$

Le coefficient d'actualisation est égale à : $(1 + U)^t$

Le taux d'actualisation dans notre cas est de 10% par an.

On prendra la durée de vie du projet à 20 ans ;

b. Le Facteur de marche

Tout projet de transport par canalisation à son facteur de marche qui représente le nombre de jours de marche du projet sur le nombre des jours de l'année.

III.8.2. Estimation de l'investissement

L'investissement est la somme des coûts supportés par l'entreprise durant la période de construction, il comprend les frais suivants :

a. Coûts de la ligne

Le coût de la ligne comprend les coûts suivants :

- ❖ Prix de l'étude (DA)
- ❖ Fourniture transport et revêtement tubes (DA/ml)

- ❖ Prix de la protection cathodique (Da/ml)
- ❖ Prix des postes de sectionnement (Da/poste)

b. Coûts des ouvrages concentrés :

Le coût des ouvrages concentrés comprend :

- ❖ Le cout du terminal départ. (Da)
- ❖ Le cout du terminal arrivé. (Da)
- ❖ Cout d'une station intermédiaire (Da/station)
- ❖ Cout des gares racleurs (Da)
- ❖ Cout des pièces de rechange (Da)

c. Autres Frais

- ❖ Supervision construction (Da)
- ❖ Supervision mise en service (Da)
- ❖ Formation (Da)
- ❖ Assurance (Da)
- ❖ Frais intercalaire (Da)
- ❖ Frais du personnel du maitre d'ouvrage (Da)
- ❖ Commissions (Da)
- ❖ Investissement d'exploitation (Da)
- ❖ Indemnisation Riverain (Da)
- ❖ Équipement (Da)

III.8.3 Détermination des couts d'exploitation

Les coûts d'exploitation comprennent les sommes dépensé durant toute la durée de vie du projet, ils comprennent les frais suivant :

III.8.3. 1. Frais du personelle

Le personnel prévu pour l'exploitation du projet est le suivant :

a. Personnel pour l'exploitation du terminal de départ

- ❖ Un chef de ligne ;
- ❖ Un mécanicien ;
- ❖ Trois Exploitants;

- ❖ Un Ingénieur de protection cathodique;
- ❖ Un Secrétaire;
- ❖ Un Chauffeur.
- ❖ Quatre agents du poste de sectionnement.

b. Personnel pour l'exploitation des stations intermédiaires

- ❖ Trois responsables ;
- ❖ Trois exploitants ;
- ❖ Un mécanicien ;
- ❖ Quatre agents du poste de sectionnement.

c. Personnel pour l'exploitation du terminal d'arrivée :

- ❖ Trois responsables ;
- ❖ Trois exploitants ;
- ❖ Un mécanicien ;
- ❖ Quatre agents du poste de sectionnement.

d. Personnel pour l'exploitation du poste de sectionnement :

- ❖ Quatre agents

III.8.3 .2. Cout d'énergie

Les coûts d'énergie sont dus principalement à la consommation de l'électricité par les groupes électropompes au niveau du terminal de départ et les stations de pompages intermédiaires.

La consommation de l'énergie est calculée par la formule suivante :

$$CE = (P_{abs}.R.*Fm_a)$$

P_{abs} : énergie absorbée au niveau du terminal de départ et stations de pompages intermédiaires ;

R : Prix de l'énergie en DA/KWh ;

Fm_a : Facteur de marche actualisé.

III.8.3 .3. Frais d'entretien et d'assurance

Les coûts d'entretien comprennent ceux des ouvrages de ligne et des stations ainsi que les terminaux.

Les taux d'entretien et d'assurance annuels sont les suivants :

Ligne :

- ❖ De la première à la cinquième année : 0,25% du coût de la ligne;
- ❖ De la sixième à la dixième année : 0,5% du coût de la ligne ;
- ❖ De la onzième à la quinzième année : 0,65% du coût de la ligne ;
- ❖ De la seizième à la dernière année d'exploitation : 0,9% du coût de la ligne.

Stations et terminaux :

- ❖ De la première à la cinquième année : 0,8% du coût des équipements;
- ❖ De la sixième à la dixième année : 1,25% du coût des équipements;
- ❖ De la onzième à la quinzième année : 1,5% du coût des équipements;
- ❖ De la seizième à la dernière année d'exploitation : 1,75% du coût des équipements.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons abordé tous les points essentiels concernant le dimensionnement d'un pipeline.

Dans le prochain chapitre nous allons développer un programme de calcul qui utilisera les différentes équations développées dans ce chapitre, pour le dimensionnement d'un pipeline.

Chapitre IV

DESCRIPTION DU PROGRAMME DE CALCUL



CHAPITRE IV

DESCRIPTION DU PROGRAMME DE CALCUL

INTRODUCTION

La réalisation d'un projet de transport par pipeline nécessite la détermination des paramètres importants tels que les diamètres commerciaux, l'épaisseur minimale théorique, le gradient hydraulique, le profil de charge, le profil de pression, la solution la plus économique, et son prix de revient par mètre cube.

Pour cela, nous avons développé un programme de calcul dénommé "GPLine" qui nous permettra de déterminer toutes ces caractéristiques, on présentera ce programme dans la première partie de ce chapitre, ainsi que sa procédure de calcul et les différentes formules choisies pour l'élaboration de ce programme.

Dans la deuxième partie de ce chapitre on décrira le logiciel de calcul Pipephase, qui est le plus utilisé pour le dimensionnement des pipelines. En Algérie, la société SONATRACH le considère comme le logiciel le plus fiable dans ce domaine c'est pour cela il est couramment utilisé par la majorité de ces filiales.

Enfin, dans la troisième partie, on effectuera une étude comparative entre notre programme "GPLine" et le Pipephase, afin de le valider, et pour pouvoir l'appliquer par la suite dans notre projet.

IV.1 DESCRIPTION DU PROGRAMME GPLINE

Le GPLine est un programme élaboré sous Matlab qui sert à calculer les diamètres commerciaux, le gradient hydraulique, l'épaisseur minimal théorique...

Il donnera aussi une prévision sur la répartition de charge et de pression ainsi le diamètre économique et son prix de revient par mètre cube.



Données nécessaires pour l'exécution du programme :

Les données nécessaires pour l'exécution de notre programme sont :

- Le débit d'écoulement ;
- L'intervalle des Vitesses ;
- Pression minimale ;
- La pression à l'arrivée ;
- La cote du point de départ ;
- La cote du point d'arriver ;
- La cote du point le plus haut ;
- La masse Volumique du fluide transporté ;
- La distance entre le point le plus haut et le point de départ ;
- La distance entre le point le plus haut et le point d'arriver ;
- Viscosité cinématique ;
- La Valeur de la pression différentielle ;
- Le nombre de poste de sectionnement ;
- Le rendement de la pompe ;
- La rugosité des parois de la canalisation ;
- Les distances cumulées ;
- Les altitudes cumulées ;
- Le facteur de marche de l'ouvrage.

Les résultats qu'on obtient après l'exécution de notre programme

- Le Profil en long du terrain naturel ;
- Les diamètres commerciaux ;
- Le coefficient de frottement ;
- Le nombre de stations de pompage ;
- Le gradient hydraulique,
- Le profil de charge ;
- Le profil de pression,
- NPSH disponible ;
- La hauteur manométrique ;
- Pression absorbée.
- Le cout de l'investissement de l'ouvrage ;
- Le cout d'exploitation de l'ouvrage ;
- Les quantités transportées de l'ouvrage ;
- Le prix de revient technique de l'ouvrage.



Formules mathématique utilisées dans notre programme :

- $D_{\text{int}} = \sqrt{\frac{Q}{1,824 \cdot V}}$

Avec :

D_{int} : Diamètre intérieur (pouce)

Q : Débit (m³/h)

V : Vitesse (m/s)

- $D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - (2 \cdot e)$

Avec :

D_{int} : Diamètre intérieur (m) ;

D_{ext} : Diamètre extérieur (m) ;

e: l'épaisseur standard (m).

- $V = \frac{4 \cdot Q}{3,14 \cdot D_{\text{h}}^2}$

Avec :

V : Vitesse (m/s)

Q : Débit (m³/s)

D_{int} : Diamètre intérieur (m) ;

- $R_e = \frac{VD_{\text{h}}}{\nu}$

Avec :

V : Vitesse (m/s) ;

ν : Viscosité cinématique (m²/s)

D_{h} : Diamètre hydraulique (m) ;

- $\bar{R} = -2 \log_{10} \left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7D_{int}} \right) + \frac{5,5}{Re^{0,9}} \right]$

Avec :

\bar{R} : Le nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement dans un modèle rugueux de référence ;

D_{int} : Diamètre intérieur (m) ;

ε : Rugosité absolue (m) ;

Re : Le nombre de Reynolds.

- $f = -2 \log_{10} \left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7D_{int}} \right) + \frac{10,04}{\bar{R}} \right]$

Avec :

f : Coefficient de frottement de Darcy ;

\bar{R} : Le nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement dans un modèle rugueux de référence ;

D_{int} : Diamètre intérieur (m) ;

ε : Rugosité absolue (m) ;

$$\Delta h_l = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D_{int}}$$

Avec :

Δh_l : Pertes de charge linéaire (m) ;

L : longueur de la conduite en (m) ;

D_{int} : Diamètre intérieur de la conduite en (m) ;

V : Vitesse moyenne de l'écoulement en (m/s) ;

g : accélération de la pesanteur en (m/s²) ;

f : Coefficient de frottement de Darcy

- $h_{ftot} = \Delta h_l + \Delta h_s$

Avec :

h_{ftot} : Pertes de charge totale (m) ;

Δh_l : Pertes de charge linéaire (m) ;

Δh_s : Pertes de charge singulière (m) ;

- $\Delta h_s = 0,05 * \Delta h_l$

Δh_l : Pertes de charge linéaire (m) ;

Δh_s : Pertes de charge singulière (m) ;

- $I = \frac{h_{ftot}}{L_{tot}}$

Avec :

I: Gradient hydraulique ;

h_{ftot} : Pertes de charge totale (m) ;

L_{tot} : Longueur totale.

- $H_a = \left(\frac{P_b * g * 10^4}{\rho} + Z_b + h_{fab} \right)$

H_a : La charge au point 'a' qui vient avant le point 'b' dans le sens de l'écoulement ;

P_b : Pression au point b qui vient après le point 'a' dans le sens de l'écoulement ;

g : accélération de la pesanteur en (m/s²) ;

ρ : La masse volumique (kg/m³) ;

Z_b : La cote du point 'b' (m) ;

h_{fab} : La perte de charge entre les points 'a' et 'b'.

- $\delta = \min [k_e E ; k_r R]$

δ : la contrainte maximale de service ;

E : Limite d'élasticité du métal ;

R : Limite de la rupture du métal ;

K_e, K_r : Coefficients de sécurité .

- $P_{int} = \frac{2 * e * \delta * \alpha}{D_{ext} * \beta}$

P_{int} : Pression intérieure (KPa) ;

e : L'épaisseur du pipeline (mm)

D_{ext} : Diamètre extérieur du pipeline (mm)

δ : La contrainte admissible (Mpa)

α : Le coefficient de tolérance sur l'épaisseur

β : Le coefficient de tolérance sur le diamètre

- $$N_{spt} = \frac{(PT-PS)}{(PD-PS)}$$

N_{spt} : Le nombre de station de pompage à mettre en œuvre ;

PT : La pression totale requise au départ.

PS : La pression d'aspiration aux stations.

PD : La pression de refoulement aux stations.

- $$N_{spi} = N_{spt} - 1$$

N_{spi} : Le nombre de station de pompage à mettre en œuvre ;

N_{spt} : Le nombre de station de pompage intermédiaire ;

- $$H_{mt} = H_g + h_{ftot}$$

Avec :

H_{mt} : Hauteur manométrique (m) ;

H_g : hauteur géométrique (m) ;

h_{ftot} : Pertes de charge totale (m) ;

$$P_{abs} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{mt}}{102 \cdot \eta}$$

Avec :

P_{abs} : énergie absorbée (kw)

ρ : masse volumique du GPL (kg/m^3) :

g : accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

Q : débit transporté (m^3/h) ;

H_{mt} : Hauteur manométrique (m) ;

η : rendement de la pompe

- $NPSH_{disp} = P_{dép} - P_{vap}$

Avec :

$NPSH_{disp}$: NPSH disponible (bar);

$P_{dép}$: Pression de départ (bar) ;

P_{vap} : Pression de vapeur (bar).

- $CE = (P_{abs} * R * Fm_a)$

CE : cout énergétique ;

P_{abs} : Énergie absorbée au niveau du terminal de départ et stations de pompages intermédiaires ;

R : Prix de l'énergie en DA/KWh ;

Fm_a : Facteur de marche actualisée.

- $PRT = \frac{INV_t + EXP_t}{Q_t}$

Avec :

INV_t : L'investissement total (Da)

EXP_t : L'exploitation totale pendant la durée du projet (Da) ;

Q_t : quantités transportées pendant la durée du projet (Da)

IV.2 Procédure de calcul du programme

Le programme calcule à partir des données injectées dans l'interface graphique qu'on a développé afin de faciliter la tâche à l'utilisateur.

Pour éviter d'encombrer l'affichage dans l'interface graphique, on a utilisé quelques données en occurrence, le débit et le facteur de marche.

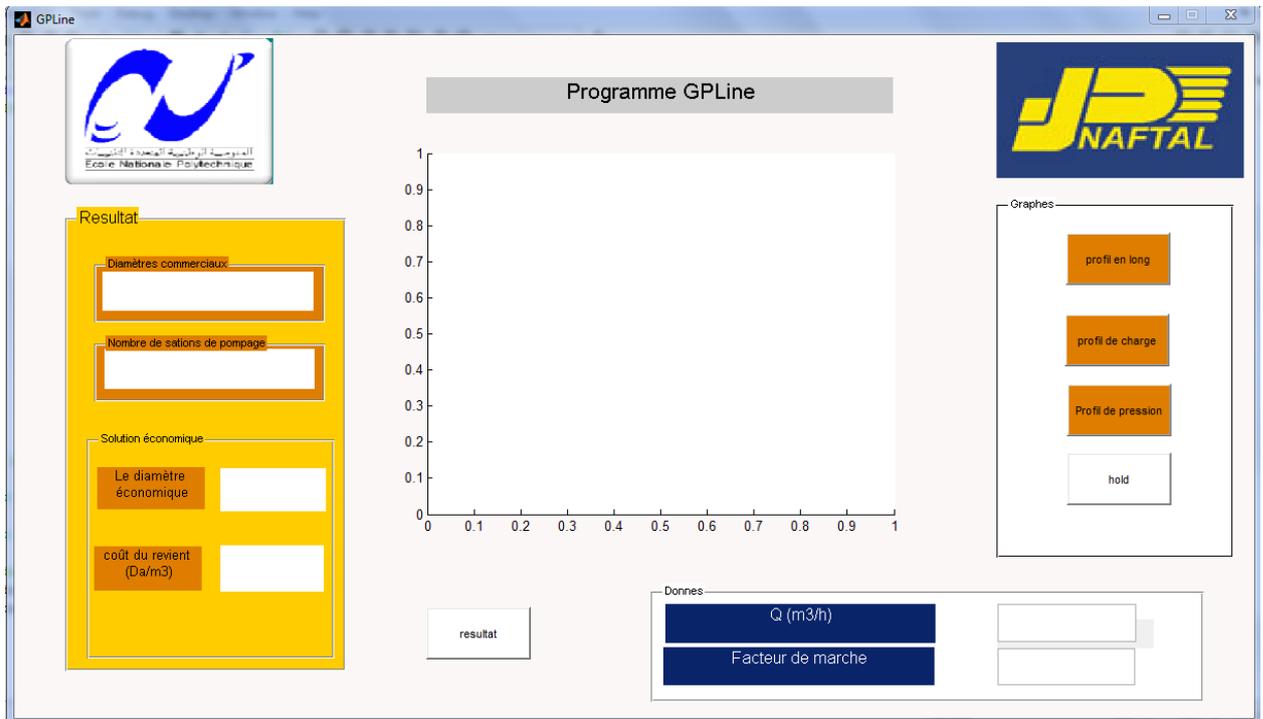


Figure IV.1 : Interface graphique sous Matlab

Les autres données nécessaires pour le calcul seront intégrées dans un fichier Excel nommé "autres données" Pour que Matlab puisse les récupérer grâce à la commande « xlsread », et les Utilisées dans ces calculs, voir Tableau ci-dessous.



Tableau IV.1 : Altitudes et distances cumulées

Altitudes Cumulées	Distances Cumulée
0	2,82
257,97	1,03
375,56	1,03
610,65	2,93
789,99	2,93
932,69	3,75
1106,55	3,22
1530,01	2,49
1685,84	2,5
1969,43	4,68

Tableau IV.2 : Autres données

Le débit en (m^3/s)	L'intervalle de vitesse (m/s)	Épaisseur standard (m)	Pression de vapeur (bar)	La pression à l'arrivée (bar)
0,05555556	[1.5.3]	0,0071	6	10
Altitude du point de départ en (m)	Altitude du point le plus haut départ en (m)	Altitude du point d'arrivée en (m)	La masse volumique en (kg/l)	Distance entre le point de départ et le point le plus haut en (m)
2,82	299,32	25,61	0,572	10707
Distance entre le point le plus haut et le point d'arrivé (mètre)	La viscosité cinématique (m^2/s)	La pression différentielle (bar)	Le poste de sectionnement	Le rendement de la pompe
66936	0,35	90	7	0,75
La rugosité (m)	La gravité (m/s^2)	Le débit en (m^3/h)	Facteur de marche	
0,0000457	10	200	0,8	



Le fichier Excel « autres données » contient les distances et altitudes cumulées qui nous permettront de tracer le profil en long ;

Le programme calculera le palier de diamètres théoriques à partir de l'intervalle de vitesse. À partir de ces diamètres théoriques le programme nous donnera l'intervalle des diamètres commerciaux et il effectuera les opérations nécessaires au calcul du :

gradient hydraulique, la pression de départ en vérifiant que cette pression vaincra le point le plus haut , la charge et la pression tout au long de la canalisation ,le nombre de station de pompage intermédiaire ,la hauteur manométrique, la puissance absorbée.

On utilisera après le fichier Excel « éco.xlsx », dans lequel sont introduits les différents prix nécessaires au calcul du prix de revient technique, qui sont en fonction de la longueur ou du nombre de station de pompage intermédiaire de la puissance absorbée, du débit, du facteur de marche.

Les résultats seront affichés dans un fichier Excel à partir de la fonction « xlswrite », on récupéra à la fin le coût du revient technique des différents diamètres commerciaux, tout en affichant la solution la plus économique qui correspond au prix de revient le moins élevé, comme nous montre la figure ci-dessous (Figure IV.2)

Estimation de l'investissement diamètre 8"			
1.Étude		Montant (milliers Da)	
Étude de base		9594	
Étude de détaillée		43400	
Total1		52994	
		longuer	Post de sectionnement
			77643 7
2.Fournitures Transport et Revêtement Tubes		Montant (Da/ml)	
Fournitures Tubes		1817,433262	 Affectation  Affectation
Inspection Fabrication Tubes en Usine		54,31758366	
Transport Tubes		307,682667	
Prix revêtement		1448,514851	
Total/ml		3627,948364	
		Total 2(Da)	281684794,9
3.Travaux de pose		Montant (Da/ml)	
Installation Chantier		98,24539416	
Manutention/Transport Tubes sur Site		71,4375235	
Piquatage/Ouverture Piste		293,1570372	
Ouverture Tranchée		667,6024564	
Bradage/Cintrage/Prealignement		206,9306931	
Soudage/Raccordement		1021,105402	
Radiographie à 100%		195,8516105	
Revêtement joint mise en fouille		623,2610608	
Ramblais (y compris lit de pose)		417,5585913	
Remise en Etat des lieux et Bornage		141,6468229	
Points spéciaux		607,068555	
Montage des ouvrages concentrés		1041,107908	
Essais Hydrostatiques		173,6683795	
Total		5558,641434	

Figure IV.2.Données extraites à partir d'Excel

IV.3 PIPEPHASE

PIPEPHASE est un simulateur puissant, pour prévoir la distribution de pression, et des températures :

Il y a sept types de fluides « modelables » sur PIPEPHASE :

Composition ;

- pétrole brut ;
- gaz condensat ;
- gaz ;
- liquide ;
- vapeur ;
- pétrole brut compose.

Le type de fluide détermine comment le programme peut obtenir les propriétés physiques nécessaires pour le calcul de chute de pression et de transfert thermique à partir de la banque de données de PIPEPHASE, a partir des corrélations empiriques intégrées, ou a partir d'entrées écrites par l'utilisateur.

IV.4 ÉTUDE COMPARATIVE

Dans ce qui suit, on fera une comparaison entre les résultats obtenus par le logiciel PipePhase et ceux obtenus avec le programme que nous avons développé pour la validation du programme et par conséquent la possibilité de son application aux projets de canalisations GPL.

Pour cela, on a choisi un tracé quelconque dont les données sont inscrites dans le tableau ci-dessous.

IV.1 Données de l'étude comparative

Un profil en long d'une distance de 210 km divisé en tronçons de 15 km chacun, avec un débit constant de $200 \text{ m}^3/h$.

Avec le diamètre 8 " et une épaisseur de 7.1mm on obtient les résultats suivants :



Étude comparative	Profil choisi
Distances cumulées (m)	Altitudes cumulées(m)
0	288
15000	280
30000	288
45000	296
60000	294
75000	294
90000	294
105000	282
120000	287
135000	287,8
150000	288,5
165000	288,8
180000	270
195000	265
210000	260

Tableau IV.3 : Profil en long de l'étude comparative



Les répartitions des pressions et des charges sont données dans le tableau suivant (Tableau IV)

Répartition des pressions		Répartition des charges	
Pipephase	GPLINE	Charge pipephase	Charge Gpline
191,5745352	192,64305	3637,205161	3655,885489
178,5796243	179,219546	3402,021404	3413,208853
164,6903997	165,796043	3167,202791	3186,532217
150,801175	152,372539	2932,384179	2959,855582
137,4708944	138,949036	2697,337314	2723,178946
124,0288266	125,525532	2462,336129	2488,50231
110,5867672	112,102029	2227,335091	2253,825674
97,81543895	98,678525	1992,060121	2007,149038
84,09389498	85,2550214	1757,172989	1777,472402
70,60711067	71,8315178	1522,190047	1543,595767
57,12591909	58,4080143	1287,204879	1309,619131
43,66708578	44,9845107	1052,21059	1075,242495
31,27584168	31,5610071	816,780449	821,7658591
18,1132501	18,1375036	581,6652116	582,0892232
4,950657998	4,714	346,549965	342,4125874

Tableau IV.4. Répartition des pressions et des charges

La présentation graphique de ces résultats est donnée dans les graphes suivants (Figure IV.3, Figure IV.4)

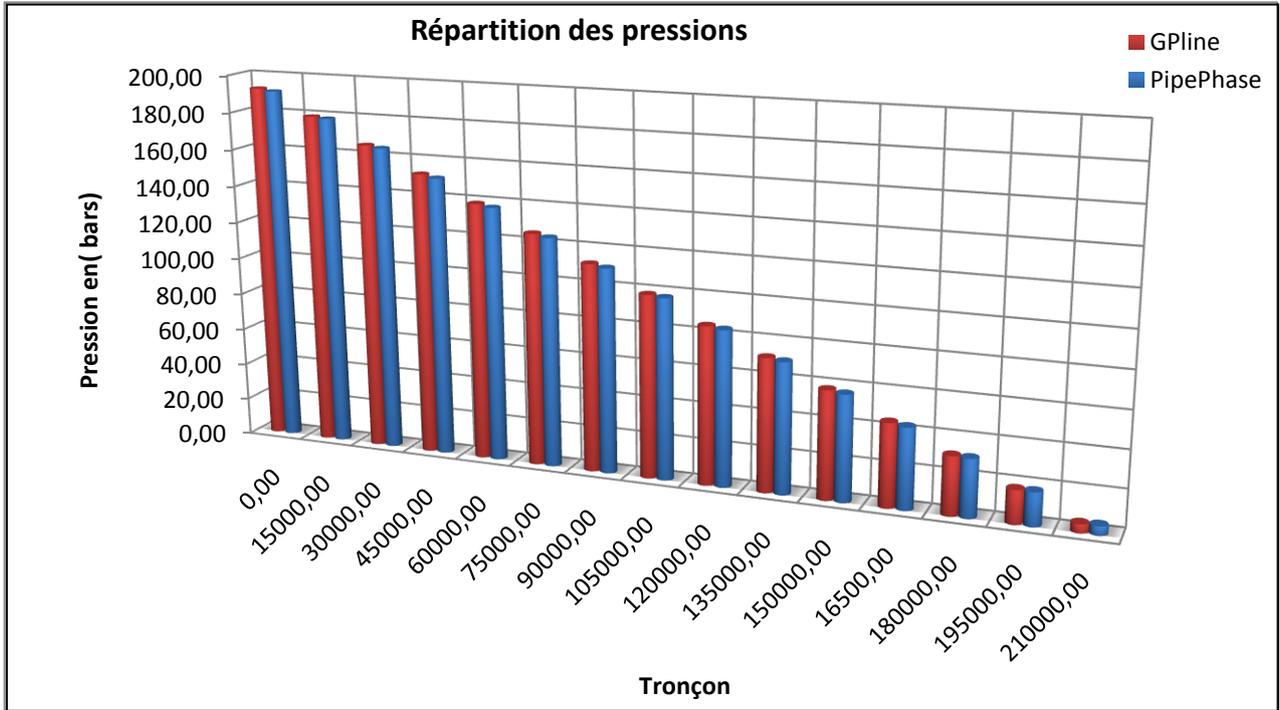


Figure IV.3 : Répartition des pressions pour le 8"

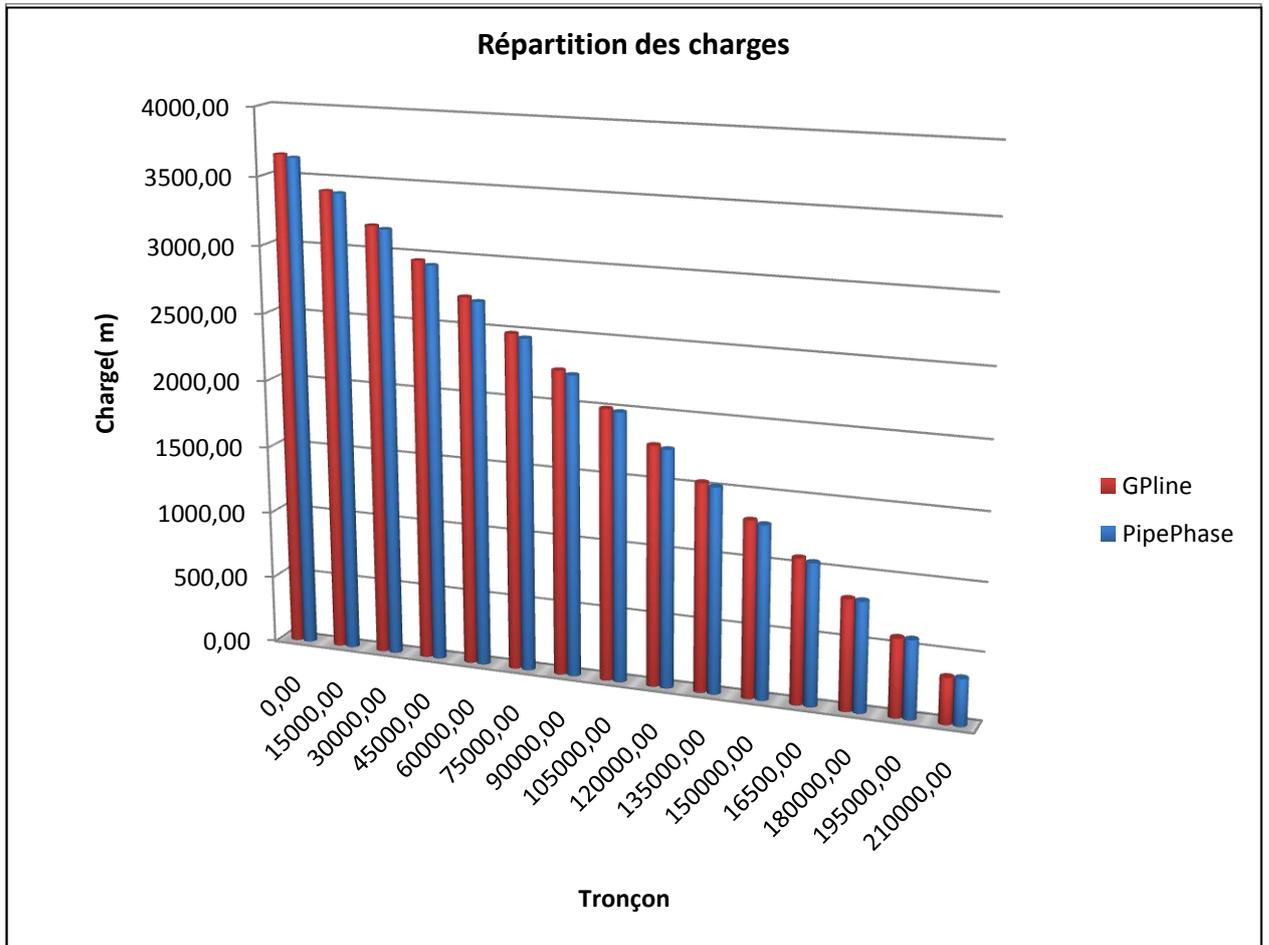


Figure IV.4 : répartition des charges



Répartition des erreurs

ΔP	1,07	0,64	1,11	1,57	1,48	1,50	1,52	0,86	1,16
%	0.56	0.36	0.67	1.04	1.08	1.21	1.37	0.88	1.38
ΔP	1,22	1,28	1,32	0,29	0,02	-0.24			
%	1.73	2.24	3.02	0.91	0.13	4.78			

Tableau IV.5 : Répartition des erreurs en %

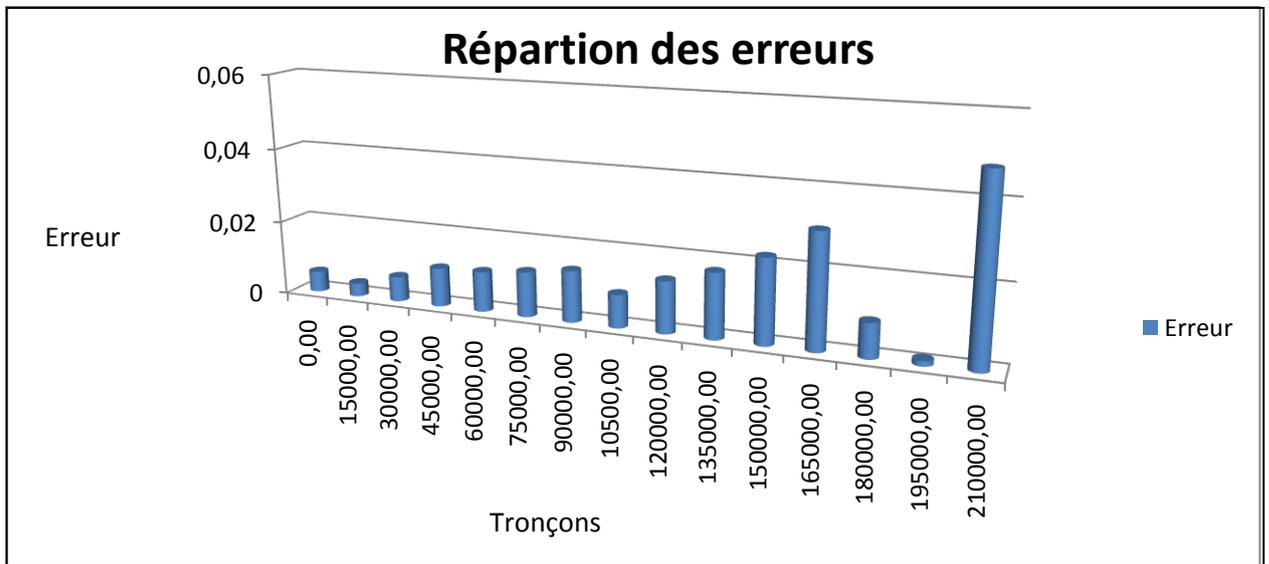


Figure IV.5 : Répartition des erreurs pour le diamètre 8"



Pour le Diamètre 10 " épaisseur 7.1mm les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous (Tableau IV.6).

Tableau IV.6 : répartition des pressions et des charges pour le 10"

Répartition des pressions		Répartition des charges	
Pipephase	GPLINE	Charge pipephase	Charge Gpline
59,41	60,61	1326,59	1347,58
55,86	56,62	1256,51	1269,78
51,41	52,62	1186,79	1207,99
46,97	48,63	1117,08	1146,19
43,08	44,64	1047,14	1074,39
39,08	40,65	977,24	1004,59
35,08	36,65	907,34	934,80
31,76	32,66	837,17	853,00
27,48	28,67	767,39	788,20
23,44	24,68	697,51	719,20
19,40	20,68	627,63	650,10
15,38	16,69	557,74	580,61
12,44	12,70	487,42	492,01
8,72	8,71	417,40	417,21
5,00	4,71	347,39	342,41



Présentation graphique des résultats obtenus (Figure IV.6, Figure IV.7).

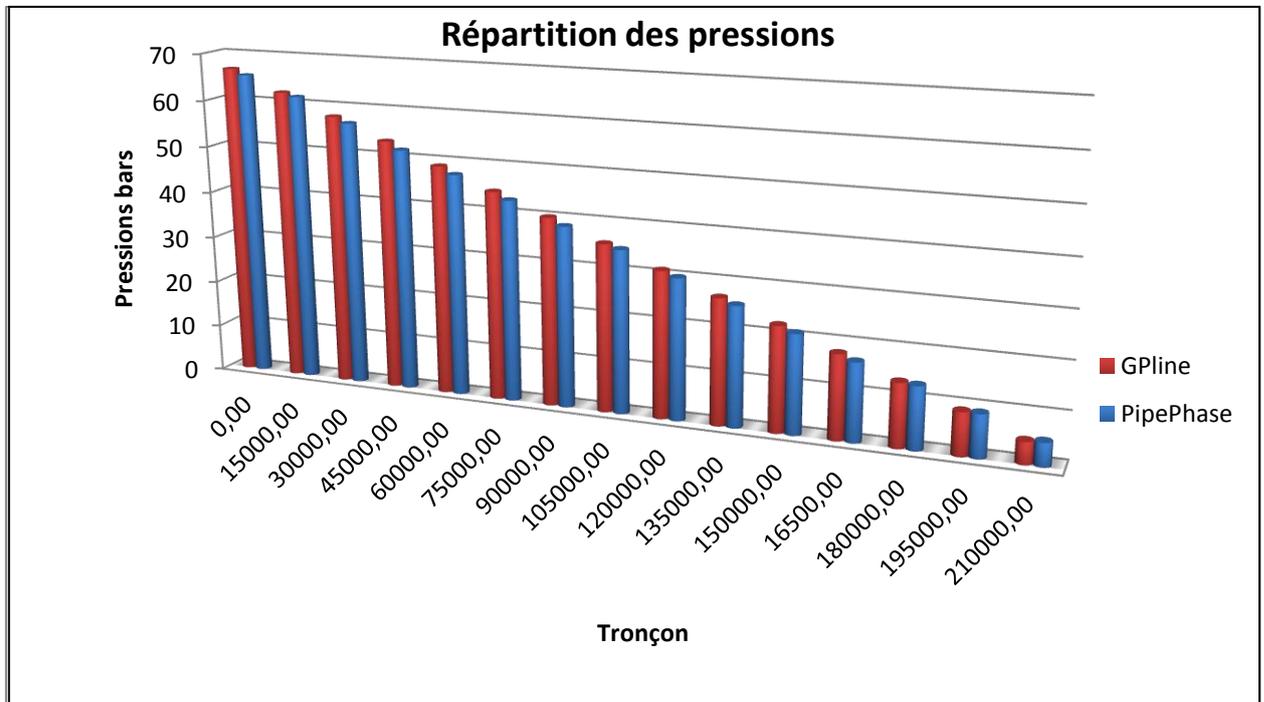


Figure IV.6 : Répartition des pressions

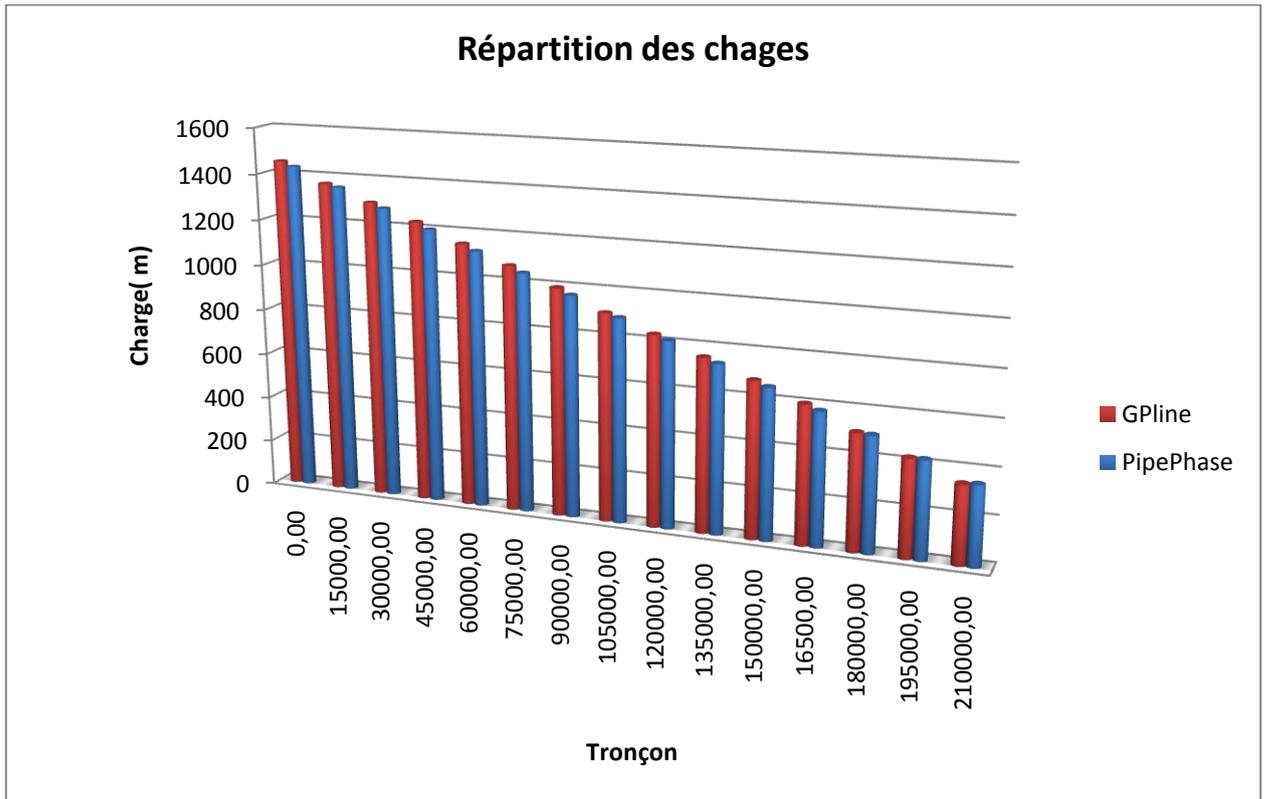


Figure IV.7 : Répartition des chages pour le diamètre 10 "

ΔP	1.04	0.61	1.08	1.55	1.46	1.48	1.50	0.85	1.15
%	0.48	0.3	0.58	0.9	0.93	1.05	1.19	0.76	1.2
ΔP	1,22	1,28	1,32	0,29	0,03	-0,23			
%	1,52	1,98	2,67	0,82	0,14	4,64			

Tableau IV.7 : Répartition des erreurs pour le diamètre 10"

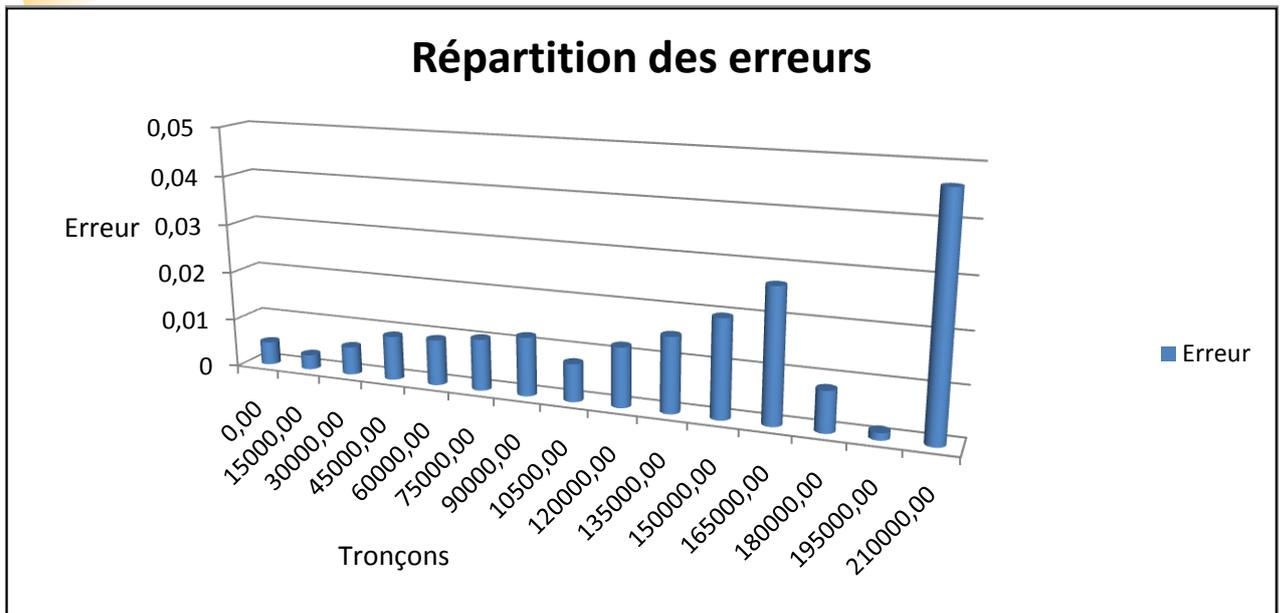


Figure IV.8 : Répartition des erreurs pour le 10"

CONCLUSION

Bien que nous ayons choisi une autre méthode pour la détermination des pertes de charges (Formule de Achour et Bedjaoui), on remarque que nous avons eu pratiquement les mêmes résultats que Pipephase, nous estimons donc qu'il est justifié d'utiliser notre programme pour la suite de notre étude.

Chapitre V

DESCRIPTION DU PROJET



CHAPITRE V

DESCRIPTION DU PROJET

INTRODUCTION

Le transport par canalisation a pris, dans les dernières décennies, une importance de plus en plus grande qui a correspondu à une augmentation constante des quantités de produits mis en œuvre et des consommations, faisant ressortir l'intérêt des moyens de transports massifs.

V.1 PRÉSENTATION DU PROJET

Le projet consiste en la réalisation d'un ouvrage de transport par canalisation dans le but d'alimenter en GPL (Butane et Propane commerciaux issues du complexe de production de GL1K et RA1K) de Skikda le Centre de stockage et distribution (CSD) de Berrahal, à partir du terminal départ GPL Skikda existant.

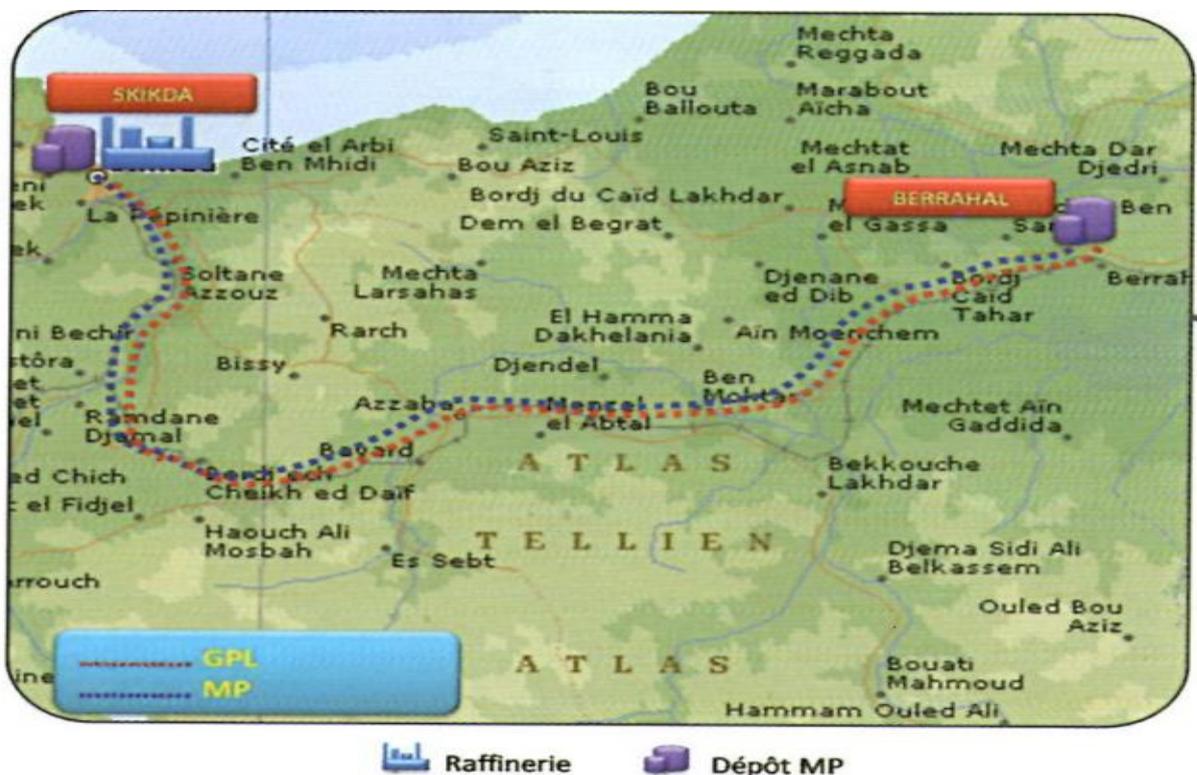


Figure V.I. Parcours du pipeline de SKIKDA jusqu'à BERRAHAL

V.2 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Les canalisations GPL sont composées de :

- une canalisation GPL d'une longueur de 80 km :

Reliant la station départ GPL à SKIKDA et le CDS de BERRAHAL dans la wilaya d'Annaba via sept postes de sectionnements, dans un terrain accessible : plat à 80% et accidenté à 10%.

- Une canalisation GPL d'une longueur d'une longueur de 1,5km : Reliant la station GPL SKIKDA et le centre emplisseur de SKIKDA.
- Un câble de fibre optique : Comprenant les accessoires de raccordement posé dans la même tranchée de la canalisation GPL, destiné à servir comme support de transmission des données et d'information du système de télécommunication et télé conduite.

L'ouvrage est constitué de :

Une canalisation, de longueur 80 Km, destinée à alimenter en GPL (butane et propane commerciaux) le Centre de Stockage et de Distribution (CSD) de BERRAHAL.

V.3 IMPLANTATION DU PROJET

1. Ligne (canalisation) : Wilayas de Skikda et Annaba

2. Terminaux

- Le Terminal départ MP Skikda-Berrahal sera implanté sur le terrain mitoyen au Terminal Départ GPL Skikda-Khroub déjà existant, situé dans la zone industrielle de Skikda.
- Le terminal Arrivé MP de Bezzahal sera implanté à l'intérieur du centre de stockage et de distribution carburants de Berrahal.

V.3.1 la pose de la canalisation

Elle se résume en 7 étapes essentielles :

1. L'opération de sablage des joints

C'est une technique de nettoyages des surfaces en utilisant un abrasif projetés à grande vitesse à l'aide d'air comprimé au travers d'une buse sur la surface à décaper en la désoxydant de l'effet de la rouille qui l'entoure.



Figure V.1. Sablage des

2. L'opération de revêtement

Elle consiste à couvrir la partie soudée en utilisant une bande thermo rétractable en vue d'unifier la couche externe du pipeline.



Figure V.2. Opération de revêtement



3. L'opération de nettoyage de la Tranchée

Elle consiste à nettoyer et aménager préalablement le lit de la conduite des cailloux, d'objets qui peuvent endommager le pipe et d'assurer ainsi sa bonne assise

4. L'opération de mise en fouille et contrôle du revêtement

Cette étape à double opération à savoir le passage du balai électrique qui permet de détecter les éventuelles fissures, ou autres endommagements du pipeline avant sa mise en place dans la tranchée



Figure 4. mise en fouille et contrôle du revêtement

5. L'opération de remblayage du pipeline

Elle consiste à remblayer la tranchée en apportant des matériaux prélevés lors de l'excavation.



Figure 5. Remblayage du pipeline



6. Passage de chaussées

Certaines routes sont touchées par le tracé de ce projet et souvent fréquentées par des véhicules, camions, ou engins.

Une technique de forage appelée « forage horizontale » permet de traverser les chaussées et les points spéciaux sans les endommager par les tranchées.



Figure 6. Passage de chaussées

7. L'opération de balisage

Une fois la remise en état du terrain (épierrage du sol arable et cultivable), on procède à son balisage tout au long du parcours des canalisations pour rappeler la présence du pipeline.



Figure 7.L'Opération de balisage

V.3.2 Terminaux :

1. Terminal de départ

Il est constitué de :

a. Unité Pomperie Principale :

Cette unité est mitoyenne à l'unité de pompage GPL existante du terminal départ Skikda-Khroub, son rôle est d'assurer l'expédition du GPL, venant soit de la pomperie boosters du complexe GL1K soit de la pomperie boosters de la raffinerie RA1K, vers le Terminal Arrivée de Berrahal, et comprend les équipements principaux suivants :

- Un collecteur arrivé Terminal Départ Skikda / Berrahal sur lequel sont installés deux robinets d'isolement motorisés, un pour l'arrivée de GL1K et l'autre pour l'arrivée de RA1K,
- Deux électropompes centrifuges horizontales à vitesse fixe de débit unitaire de 200 m³/h pour le butane. Ces pompes seront montées en parallèle avec leurs robinets d'isolement motorisés munis de système de verrouillage, les filtres, clapets anti retour, instrumentation et tableaux de commande.

Une pompe assurera l'alimentation du Terminal arrivée de Berrahal, l'autre étant en stand-by.

- Un circuit de recyclage de GPL composé d'une vanne de régulation de débit et de deux robinets de barrage assurera le fonctionnement de la pomperie d'expédition pendant les périodes transitoires (séquences de démarrage ou d'interruption),
- Un système de régulation de pression composé de trois lignes de régulation de pression, comprenant une ligne avec vanne de régulation manuelle et deux lignes avec vanne de régulation automatique à motorisation électrique et ses robinets d'isolement.
- Une installation de départ de pistons racleurs composée :
 - ❖ D'une gare de racleur départ,

- ❖ Des tuyauteries
 - ❖ De vannes

 - ❖ Des transmetteur/indicateur de passage de racleur,
 - ❖ Un joint isolant type monobloc,
 - ❖ Une bride d'ancrage
- Un circuit de récupération des purges butane et propane provenant de la gare de racleurs départ, des pompes, du module de régulation et des collecteurs principaux.

Les purges liquides et vapeur et des décharges de soupapes seront raccordées à une citerne instrumentée, installée dans une fosse. La vidange par camion-citerne ou l'expédition vers un stockage seront assurés grâce à une électropompe immergée.

La pompe sera de type centrifuge vertical immergé dans la citerne de purges et montée fixée sur le support du moteur électrique, avec toute son instrumentation de mesure et de contrôle y compris ses auxiliaires montés et raccordés.

- La sécurité de la ligne sera assurée par :
- ❖ Une boucle de régulation de pression limitant la pression dans la canalisation dès que celle-ci s'approche de la PMAS
 - ❖ Un pressostat électronique déclenchant l'arrêt de la pompe en service et la fermeture de la vanne d'isolement motorisée sur une détection de surpression
 - ❖ Deux soupapes de sûreté équipée de vannes d'isolement dont leurs décharges seront raccordées à la citerne de purge.

b. Réseau anti-incendie

Un système de protection anti-incendie sera prévu au terminal départ, Berrahal comprenant :

- Une extension du réseau eau anti-incendie existant du terminal départ existant SKKDA-KHROUB, formé en boucle et munie de vannes d'isolement, au niveau du nouveau terminal départ SKIKDA-BERRAHAL
- Un système d'arrosage d'eau anti-incendie avec rampe de pulvérisateurs,
- Des poteaux anti-incendie
- Des armoires anti-incendie munies de flexibles, raccords, lances, clés tricoises
- Des extincteurs à poudre portables à fixer 9 kg et de 50 kg sur chariots
- Une extension du système de détection incendie et gaz existant pour assurer la protection du nouveau terminal départ Skikda-Berrahal

c. Réseau Électrique

Les nouveaux équipements électriques suivants, en extension de la station de départ existante Skikda-Khroub, comprennent principalement :

- L'extension du poste de livraison de SONELGAZ par l'installation d'une nouvelle cellule départ transformateur 30 kv/5,5 kv
- L'installation d'un nouveau transformateur de 30 kv/5,5kv pour l'alimentation du nouveau tableau MT.

D'un nouveau tableau MT pour l'alimentation électriques des moteurs 5,5 KV

- Raccordement des équipements électrique du nouveau terminal départ aux tableaux existants basse tension
- Éclairage du nouveau terminal départ
- La totalité des câbles électrique nécessaires aux raccordements des équipements électriques du nouveau terminal départ
- L'extension du réseau de terre existant et son raccordement aux nouveaux équipements du nouveau terminal départ GPL Skikda-Berrahal.

d. Système d'automatisation et contrôle/commande

Le système d'automatisation et contrôle/commande du nouveau terminal départ SKIKDA-BERRAHAL se fera à partir de la salle de contrôle existante et sera constitué par :

- L'installation de nouveau bornier intelligents pour le raccordement de la périphérie ou les appareils de terrain comme vannes, transmetteurs, des entrées digitales/sorties digitales de la périphérie, des actionneurs, des capteurs, régulateurs etc.
- L'extension du réseau de communication de terrain existant pour le raccordement des nouveaux appareils de périphérie du nouveau terminal départ.
- L'installation de deux (02) Automates programmables pour les deux (02) moteurs électriques et les deux (02) pompes pour la gestion des commandes, protections, verrouillages, signalisations, traitement des alarmes et le bon fonctionnement de chaque groupe moteur électrique/pompe est assuré par un automate programmable individuel et autonome des autres automates du système d'automatisation du terminal départ, ce qui assure le fonctionnement du groupe moteur/pompe en mode semi-automatique ou manuel. Ces automates sont montés dans les cellules BT - départ moteur.

- L'Extension de l'Automate programmable principal existant pour la gestion de toutes les informations de la périphérie ou en provenance des appareils de terrain du nouveau terminal départ par l'intermédiaire des borniers intelligents.

- L'Extension du poste de conduite par l'installation de 02 nouveaux postes de contrôle/commande (écran 21" + terminal de télé conduite) pour faciliter le contrôle, commande et visualisation simultanée de toute la station de départ SKIKDA.



2. Terminal Arrivée BERRAHAL

a. Unité Terminale Arrivée

Cette installation a pour rôle :

- La réception du GPL (Butane/Propane) en provenance du Terminal Départ (TD) à Travers la canalisation 8'' SKIKDA –BERRAHAL.

- Le comptage transactionnel par débitmètre massique et transfert du GPL ainsi reçu vers les stockages du Centre GPL Vrac de BERRAHAL.

Les équipements principaux de cette unité sont :

- ❖ Une gare de racleur arrivé équipée de ses tuyauteries annexes, vannes, instruments ainsi que :
 - Des transmetteurs/indicateurs de passage de racleur,
 - D'un Joint isolant type monobloc,
 - Et d'une Bride d'ancrage.
- ❖ Un densimètre



- ❖ Une ligne de transfert de GPL vers le Stockage du Centre GPL Vrac composée de :
 - Un manifold de filtration et de comptage de GPL comprenant deux (02) lignes constituées chacune d'un compteur massique type Coriolis avec vanne d'isolement et d'instrumentation associées,
 - Un manifold de régulation de débit /Pression de GPL constitué de trois (03) lignes de régulation, dont une avec vanne de régulation manuelle et deux avec vanne de régulation automatique avec leurs vannes d'isolement.
 - Une ligne de liaison aux installations existantes et nouvelles, divisées en trois départs, muni chacun d'un clapet anti-retour et d'une vanne motorisée.

Ces départs seront raccordés selon les densités des produits respectivement à :

- ➡ Une ligne d'alimentation Butane des deux sphères TK701 et TK702 du Centre GPL Vrac existantes.
- ➡ Une ligne d'alimentation Propane des 02 sphères TK801 et TK802 du Centre GPL Vrac existantes.
- ➡ Une ligne de récupération du mélange (contaminât) résultant de l'interface des produits Butane/Propane transférés selon densité, à stocker dans le cigare de contaminât à installer. Ce cigare est instrumenté.

La vidange du cigare de contaminât par Camion-citerne, sera assurée par une électropompe horizontale monocellulaire dont le refoulement sera relié aux postes de chargement camion-citerne existants.

Cette électropompe aura toute son instrumentation de mesure et de contrôle, y compris les auxiliaires montés et raccordés.

- Un circuit de récupération des purges de Butane et de Propane provenant de la gare de racleur, des modules de régulation, des collecteurs principaux, des filtres et des soupapes de sûreté.

Les purges des installations et de décharge des soupapes seront raccordées à une citerne instrumentée, installée dans une fosse. L'expédition vers le stockage Butane, Propane ou Contaminât selon le produit purgé au niveau du terminal arrivée, seront assurées par une électropompe verticale immergée équipée de son instrumentation et de ses auxiliaires montés et raccordés.

La protection des installations contre les surpressions sera assurée par :

- ❖ Un pressostat déclenchant la fermeture de la vanne motorisée qui alimente le transfert de GPL.
- ❖ Deux soupapes de sûreté équipées de vannes d'isolement, dont la décharge est à raccorder à la citerne de purges.

b. Réseau anti-incendie

Un système de protection anti-incendie sera prévu, comprenant :

- Une extension du réseau eau anti-incendie existant du Centre GPL Vrac et centre emplisseur existants formé en boucle et munie de vannes d'isolement, au niveau du nouveau terminal arrivée BERRAHAL.
- Une extension du réseau eau anti-incendie existant du centre GPL Vrac pour la protection de la citerne de contaminât et pompe projetés.
- Des poteaux anti-incendie
- Des armoires anti-incendie munies de flexibles, raccords, lances, clés tricoises.
- Des extincteurs à poudre portables à fixer 9Kg et de 50 Kg sur chariots.

- Une extension du système de détection incendie et gaz existant du centre enfuteur GPL pour assurer la protection du nouveau terminal arrivée BERRAHAL, du stockage GPL nouveau et existant.

c. Réseau Électrique

Les équipements électriques destinés au terminal arrivé comprennent principalement :

- Un nouveau disjoncteur Basse Tension,
- Un tableau de distribution électrique Basse Tension,
- Une alimentation sans coupure on line,
- Raccordement des équipements électriques du terminal arrivé au nouveau tableau basse tension.
- Éclairage du nouveau terminal Arrivée.

- La totalité des câbles électriques nécessaires aux raccordements des équipements électriques du nouveau terminal départ.
- L'extension du réseau de terre existant au et son Raccordement aux nouveaux équipements d nouveau terminal départ.

d. Système d'automatisation et contrôle /commande

Le système d'automatisation et contrôle/commande du nouveau terminal arrivée BERRAHAL se fera à partir de la salle de contrôle existante et sera constitué :

- L'installation de borniers intelligents pour le raccordement de la périphérie ou les appareils de terrain comme vannes, transmetteurs, des entrées /sorties digitales de la périphérie, des actionneurs, des capteurs, etc.
- L'installation d'un réseau de communication de terrain pour le raccordement des nouveaux appareils de périphérie du nouveau TD.

- L'Extension de l'Automate programmable principale existant pour la gestion de toutes les informations de la périphérie ou en provenance des appareils de terrain du terminal arrivée par l'intermédiaire des borniers intelligents.
- L'installation d'un poste de conduite composé de 02 nouveaux postes de contrôle/commande (écran 21" + terminal de télé conduite) pour le contrôle, commande et visualisation du terminal départ et de l'installation GPL existante.

e. Postes de sectionnement

La canalisation GPL Skikda – Berrahal aura sept (07) postes de sectionnement. Les points Kilométriques (PK) d'implantation seront déterminés par l'étude de tracé en tenant compte de la réglementation en vigueur et les impératifs du relief, des utilités et de l'accès.

Chaque poste de sectionnement comprendra les équipements suivants :

- Un robinet à boisseau sphérique motorisé à passage intégral enterré, de diamètre nominal 8".
- Un by-pass composé de deux (02) robinets de sectionnement manuels, et robinet de soupape.
- Un PDS pour fermeture automatique de la MOV en cas de chute de pression.
- Deux transmetteurs / Indicateurs de pression.
- Un transmetteur / Indicateur de Température.
- Un transmetteur/indicateur de passage de racleur.
- Deux caméras numériques de télésurveillance
- Un poste transformateur 50 KVA 30kv/0,4kv

f. Un système de Protection Cathodique

Les canalisations seront dotées de deux (02) types de protection contre le phénomène de corrosion, une plus de la protection dite " passive" par application d'un revêtement externe sur

les tubes en polyéthylène (PE) tri couche, l'autre par une protection dite "active" par la réalisation d'un système de protection cathodique par soutirage courant.

Ce système de protection cathodique sera conçu et dimensionné pour assurer la protection des deux nouvelles canalisations MP et GPL Skikda-Berrahal et la canalisation GPL TD SKIKDA – TA CE SKIKDA.

Le système de protection cathodique comporte les matériels et équipements principaux suivants :

- Transformateur redresseur,
- Liaisons électriques,
- Anodes Ferro-Silicium-Chrome **fe-Si-Cr**,
- Poussier de coke,
- Résistance variable,
- Éclateur antidéflagrant,
- Électrodes de référence.

g. En plus des protections citées ci-dessus, un système de protection cathodique provisoire, composé d'anodes sacrificielles, sera installé pour protéger la canalisation pendant la durée de réalisation.

h. Systèmes de télécommunication et télé conduite

Il est prévu un système de télécommunication et de télé conduite par liaison en fibre optique posée en parallèle avec les 02 canalisations reliant SKIKDA et BERRAHAL et la canalisation GPL reliant le TD SKIKDA et le TA CE SKIKDA et permettra la communication par VOIX et la transmission des données DATA entre les différents exploitants terminaux et postes de sectionnements des 02 canalisations.

V.4 obstacles traversés

OUEDS	14
AUTOROUTE EST – OUEST	02
ROUTE NATIONALE	07
CHEMIN DE WILAYA	07
ROUTE COMMUNALE	14
VOIE FERRÉE	10
NAPPE DE PIPES	02
CANAL	03

V.5 Caractéristiques du terrain

- ❖ Altitude du point le plus haut : 299.32m PK:11+107.46
- ❖ Altitude du point le plus bas : 1.03m PK:0+243.86
- ❖ Terrain plat : 80%
- ❖ Terrain accidenté: 10%
- ❖ Accessibilité des terrains : accès facile.

CONCLUSION

La réalisation d’un tel projet nécessite la connaissance de tous les paramètres qui entrent en jeu notamment les caractéristiques liées au fluide transporté, la nature du terrain, le profil en long, les pressions de départ et d’arrivé...ect.

Dans ce chapitre, nous avons pu avoir une idée sur les étapes essentielles de la réalisation de cet ouvrage ainsi que toutes les structures relatives à ce projet qui assurent le bon fonctionnement du pipeline.

Dans le prochain chapitre, nous allons développer un outil informatique qui nous sera utile pour arriver à notre objectif essentiel cité dans les chapitres précédents.

Chapitre VI

APPLICATION DU PROGRAMME SUR LE PROJET
SIKIDA BERRAHEL

CHAPITRE VI

APPLICATION DU PROGRAMME SUR LE PROJET SKIKDA BERRAHEL

INTRODUCTION

Le principal objectif de cette étude est de déterminer le diamètre qui conduit au coût le plus bas. Nous avons regroupé dans ce chapitre les principaux résultats techniques et économiques, obtenus par notre programme « GPLine ».

VI.1 Données utilisées

Les données que nous avons utilisées sont énumérées dans le tableau suivant :

Tableau VI.1: Données de base

L'intervalle de vitesse (m/s)	Épaisseur standard (m)	Pression minimale (bar)	La pression à l'arrivée (bar)	La cote du Terminal de départ (m)	La cote du point le plus haut	La pression différentielle (bar)
[1,5-3]	0,0071	6	10	2,82	299,32	90
La cote du Terminal arrivée (m)	La masse volumique (kg/l)	La longueur entre le terminal départ et le point le plus haut (m)	La longueur entre le terminal d'arrivée et le point le plus haut (m)	La viscosité cinématique (m ² /s)	Le rendement de la pompe	La rugosité absolue (m)
25,61	0,572	6,69.10 ⁴	10707	0,35	0,75	4,57.10 ⁻⁵
Limite d'élasticité (Kg/mm ²)	Limite à la rupture (Kg/mm ²)	Coefficient d'élasticité (zone I)	Coefficient de rupture (zone I)	Coefficient d'élasticité (zone II)	Coefficient de rupture (zone II)	Type d'Acier
29	42	0,67	0,47	0,75	0,59	5L X42 (sans soudure)
Le coefficient de tolérance sur l'épaisseur		Le coefficient de tolérance sur le diamètre		Facteur de marche de l'ouvrage		
0,15		0,0075		0,8		



Les résultats techniques obtenus par notre programme sont les suivants :

Diamètres commerciaux

Tableau VI.2: Diamètres commerciaux obtenus

Diamètres commerciaux	
8"	10"

a. Diamètre 8 "

Tableau VI.3: Résultats obtenus pour le 8 "

Le nombre de Reynolds	$1.0699.10^6$
Le coefficient de frottement	0.0151
La perte de charge totale (m)	$1.2147. 10^3$
Le gradient hydraulique	0.0156
La pression de départ (bar)	80.94
NPSH disponible (bar)	74.94
La contrainte d'Acier (bar)	19,43
L'épaisseur théorique en Zone I (mm)	20,8
L'épaisseur théorique en Zone II (mm)	14,8
L'épaisseur commerciale en Zone I (mm)	22 ,23
L'épaisseur commerciale en Zone II (mm)	14,8
Nombre de station de pompage intermédiaire	0
Hauteur manométrique (m)	$1.2176. 10^3$
Puissance absorbée (Kw)	5.06



Tableau VI.4 : Répartition des pressions et des charges (8'')

Distance	Altitude	Pression	Charge
0	2,82	79,5759752	1415,16838
257,97	1,03	79,3451178	1411,13241
375,56	1,03	79,2398864	1409,2927
610,65	2,93	79,0295043	1405,61469
789,99	2,93	78,8690129	1402,8089
932,69	3,75	78,7413107	1400,57634
1106,55	3,22	78,5857233	1397,85628
1530,01	2,49	78,2067689	1391,2312
1685,84	2,5	78,0673166	1388,79323
1969,43	4,68	77,8135318	1384,35643
2407,27	4,68	77,4217087	1377,50638
2566,51	4,68	77,2792048	1375,01505
2931,86	3,88	76,952253	1369,29911
3202,41	3,93	76,7101377	1365,06632
3701,16	5,28	76,2638062	1357,26333
3839,83	5,28	76,1397104	1355,09382
4064,49	13,2	75,9386621	1351,57899
4265,98	18,6	75,7583487	1348,42665
4604,83	30,44	75,4551117	1343,12531
4820,03	34,86	75,2625292	1339,75848
5008,21	37,88	75,0941269	1336,81439
5111,43	37,88	75,0017553	1335,1995
5321,53	36,93	74,8137367	1331,91246
5585,25	14,65	74,5777336	1327,78653
5801,25	8,58	74,3844352	1324,40719
6081,09	9,01	74,1340063	1320,02906
6356,13	18,71	73,8878729	1315,72603
6478,08	17,87	73,7787398	1313,81811
6596,01	21,31	73,6732043	1311,97308
6735,01	21,21	73,5488131	1309,79841
7284,87	12,31	73,0567433	1301,19579
7499,35	52,21	72,8648051	1297,84023
7617,9	53,65	72,7587147	1295,9855
7785,91	73,56	72,6083625	1293,35697
8036,82	67,58	72,383823	1289,43145
8256,28	79,08	72,1874282	1285,99798
8395,66	62,13	72,062697	1283,81736
8529,55	91,28	71,9428789	1281,72264



8715,98	115,09	71,7760426	1278,80592
8933,07	173,62	71,5817687	1275,40952
9175,75	225,21	71,3645943	1271,61277
9335,28	271,44	71,2218309	1269,1169
9480,24	266,93	71,0921061	1266,84899
9721,14	271,44	70,8765247	1263,08008
9827,95	257,32	70,7809404	1261,40903
10016,58	266,85	70,6121354	1258,45789
10220,6	266,19	70,4295578	1255,26598
10504,79	294,34	70,1752361	1250,81979
10707,39	299,32	69,9939293	1247,65009
10981,39	286,77	69,7487267	1243,36333
11203,83	259,78	69,549665	1239,88324
11332,59	239,61	69,4344377	1237,86877
11601,98	229,44	69,1933605	1233,65413
11786,98	228,38	69,027804	1230,75979
11943,82	221,97	68,8874478	1228,30601
12131,75	208,63	68,7192692	1225,36583
12334,36	199,26	68,5379535	1222,19597
12514,51	178,75	68,3767372	1219,3775
12686,69	191,33	68,2226533	1216,68373
12950,07	186,77	67,9869545	1212,56312
13208,77	177,68	67,7554438	1208,51573
13516,93	184,23	67,4796713	1203,69453
13676,94	185,88	67,3364783	1201,19116
13982,35	211,41	67,0631668	1196,41299
14096,02	213,65	66,9614435	1194,63461
14270,43	212,19	66,805364	1191,90594
14373,71	221,01	66,7129387	1190,29012
14781,31	229,33	66,3481773	1183,91317
14999,69	179,86	66,152749	1180,49659
15399,46	138,8	65,7949948	1174,24215
15905,81	110,17	65,341862	1166,32025
16877,89	41,55	64,4719474	1151,11195
17002,6	29,82	64,3603444	1149,16085
17202,08	27,9	64,1818297	1146,03996
17379,84	27,72	64,0227522	1143,25889
17565,74	27,64	63,8563903	1140,35046
18266,94	35,67	63,2288862	1129,38011
18516,69	32,69	63,0053849	1125,47274
19681,29	32,81	61,9631841	1107,25245



20368,54	32,5	61,3481639	1096,50035
20818,94	38,97	60,9451008	1089,45379
21489,15	40,59	60,3453297	1078,96828
21810,25	43,63	60,0579773	1073,94464
22319,61	51,68	59,6021509	1065,97564
22669,32	64,35	59,2891953	1060,50439
22952,71	65,18	59,0355895	1056,07073
24129,09	60,29	57,9828468	1037,66613
24240,98	60,03	57,8827164	1035,9156
24431,9	68,45	57,7118621	1032,92864
24740,9	78,07	57,4353379	1028,0943
24854,04	70,34	57,3340889	1026,32421
25039,07	54,67	57,1685055	1023,4294
25553,04	57,35	56,7085536	1015,38828
25806,86	56,9	56,48141	1011,41724
26026,13	58,73	56,2851852	1007,98674
26419,83	81,81	55,932863	1001,82726
26653,61	79,33	55,7236532	998,169742
26848,88	80,99	55,5489061	995,114722
27052,82	81,99	55,3664001	991,924058
27300,11	72,1	55,1451002	988,055179
27404,32	77,45	55,0518427	986,424802
28003,29	113,55	54,5158243	977,053851
28443,15	117,23	54,1221935	970,172194
28554,54	117,23	54,0225105	968,429485
28825,9	103,77	53,7796704	964,184028
29054,49	117,41	53,5751052	960,607713
29327,04	113,78	53,3312001	956,343638
29708,44	112,71	52,9898852	950,376594
29925,62	109,58	52,7955307	946,978789
30058,89	112,86	52,6762674	944,893765
30196,25	109,51	52,5533439	942,744753
30396,54	114,44	52,3741043	939,611194
30565,79	120,35	52,2226424	936,963259
30788,17	125,08	52,0236345	933,4841
31425,4	140,96	51,4533772	923,514567
31534,61	151,31	51,3556452	921,805965
31882,97	157,66	51,0438977	916,355835
32281,15	196,42	50,6875664	910,126265
32386,07	191,53	50,5936734	908,48478
32629,15	168,54	50,3761411	904,681767



32768,31	170,03	50,2516068	902,504594
33011,89	175,58	50,033627	898,693758
33234,61	177,61	49,8343148	895,209279
33343,12	186,77	49,7372092	893,511629
33534,91	196,78	49,5655762	890,511053
33646,23	208,25	49,4659559	888,76944
33819,8	200,54	49,3106281	886,053918
34067,45	201,22	49,0890061	882,179407
34179,4	180,63	48,988822	880,427937
34360,59	159,55	48,826675	877,593199
34808,67	151,4	48,4256881	870,582939
34947,02	142,36	48,3018787	868,418438
35138,93	134,09	48,1301384	865,415985
35262,83	131,22	48,0192602	863,477556
35558,12	126,57	47,7550051	858,857712
35928,67	140,17	47,4233998	853,060417
36087,52	140,91	47,2812449	850,575191
36194,05	137,41	47,1859112	848,908518
36301,2	134,27	47,0900227	847,232144
36525,65	137,77	46,8891623	843,7206
36971,72	122,45	46,4899742	836,741786
37411,69	119,04	46,0962449	829,858407
37829,15	116,17	45,7226598	823,3272
38202,86	114,64	45,3882267	817,480466
38623,66	111,71	45,0116527	810,897004
38793,4	111,77	44,8597523	808,241404
38931,67	111,77	44,7360144	806,078154
39073,71	114,42	44,6089028	803,855923
39380,95	131,49	44,3339537	799,04912
39606,8	130,98	44,1318404	795,515672
39727,55	130,54	44,0237812	793,626525
39858,97	130,23	43,9061734	791,570445
40095,42	127,55	43,6945743	787,871159
40310,91	125,22	43,5017322	784,499794
40459,84	123,32	43,3684547	782,169768
40618,53	123,02	43,226443	779,687046
40787,09	123,82	43,0755986	777,049906
40948,36	127,02	42,9312781	774,526819
41201,06	140,38	42,7051368	770,5733
41466,76	135,66	42,4673618	766,416395
41630,85	145,81	42,3205176	763,849189



41866,04	129,08	42,110046	760,169616
42161,95	111,77	41,8452361	755,540071
42371,46	108,04	41,6577455	752,262265
42614,26	106,38	41,4404638	748,463632
42746,2	105,21	41,3223906	746,399417
42939,3	104,11	41,1495854	743,378346
43089,06	102,75	41,0155651	741,035334
43406,81	101,39	40,7312106	736,064101
43608,74	100,32	40,5505034	732,904884
43804,46	99,81	40,3753535	729,842823
43961,39	99,22	40,2349168	727,387636
44100,02	98,37	40,1108568	725,218755
44214,21	98,22	40,0086681	723,43224
44634,86	95,27	39,6322283	716,851125
44766,82	97,77	39,5141373	714,786596
44885,66	99,99	39,4077874	712,927331
45033,65	100,88	39,2753511	710,612012
45153,77	101,72	39,1678557	708,732721
45473,84	96,8	38,8814249	703,725191
46134,99	70,58	38,2897616	693,381427
46290,6	68,87	38,1505062	690,946892
46469,57	67,34	37,9903459	688,146887
46635,2	67,02	37,8421236	685,555587
46942,95	71,62	37,5667181	680,740805
47120,22	70,33	37,4080791	677,967397
47305,03	73,26	37,2426926	675,076024
47604,34	85,91	36,97484	670,393286
47861,18	76,82	36,7449938	666,374997
48109,07	88,6	36,523157	662,496731
48251,14	94,94	36,3960185	660,27403
48432,42	104,68	36,233791	657,437884
48677,11	107,24	36,0148179	653,609683
49252,59	101,44	35,4998207	644,606235
49581,99	130,6	35,2050405	639,452736
49736,45	122,22	35,0668142	637,036193
49989,08	94,78	34,8407356	633,083769
50409,47	92,88	34,4645285	626,506722
50724,34	116,07	34,1827512	621,580546
51214,56	77,75	33,7440532	613,911001
51391,81	73,84	33,5854322	611,137905
51601,73	75,84	33,3975747	607,853684



51946,47	75,02	33,0890668	602,460189
52092,31	72,54	32,9585546	600,178506
52219,34	71,44	32,8448754	598,191108
52362,4	72,59	32,716851	595,952919
52595,02	81,05	32,5086793	592,313554
52906,5	89,45	32,2299357	587,440415
53213,33	90,76	31,9553535	582,640026
53448,52	76,68	31,7448819	578,960453
53663,05	65,95	31,552899	575,604108
53888,88	61,75	31,3508036	572,070973
54097,9	62,04	31,1637516	568,800832
54614,39	58,55	30,7015446	560,72029
54957,86	52,68	30,3941732	555,346664
55148,24	72,55	30,2238021	552,368148
55280,17	83,05	30,1057379	550,304089
55447,86	88,62	29,9556721	547,680561
55595,33	94,69	29,8237011	545,373376
55849,63	114,42	29,596128	541,394825
56286,2	60,33	29,2054414	534,56464
56947,39	42,01	28,6137423	524,22025
57547,02	55,2	28,0771333	514,838974
57728,56	68,95	27,9146731	511,99876
57937,33	36,54	27,7278448	508,732531
58142,37	54,79	27,5443544	505,524658
58342,25	74,46	27,3654818	502,397513
58684,26	49,45	27,0594169	497,04673
58795,86	42,8	26,9595461	495,300736
58917,41	36,54	26,8507709	493,399073
59737,95	77,05	26,1164695	480,561635
59991,48	44,12	25,8895854	476,59513
60461,94	33,45	25,4685707	469,234732
61279,86	30,22	24,7366139	456,438285
62750,8	36,54	23,4202693	433,425268
63425,41	36,54	22,8165607	422,870921
64204,75	36,54	22,1191291	410,678062
64922,5	36,54	21,4768145	399,448785
65240,68	25,52	21,1920751	394,470824
66239,39	22,58	20,2983293	378,845897
66771,95	22,08	19,8217412	370,513938
67217,06	36,54	19,4234122	363,550143
68169,05	21,29	18,5714761	348,656156



68883,63	21,32	17,9319983	337,476474
68990,41	36,54	17,8364409	335,805889
69866,81	24,25	17,0521503	322,094515
70057,91	36,54	16,8811348	319,104735
71028,47	26,71	16,0125805	303,920218
71349,35	23,46	15,7254249	298,900015
71750,22	22,92	15,3666862	292,628361
71912,89	22,55	15,2211128	290,083371
72045,7	22,11	15,1022611	288,005544
72208,71	21,65	14,9563834	285,455235
72854,82	18,77	14,3781794	275,346773
73317,03	17,71	13,9645476	268,115447
73801,01	36,54	13,5314338	260,543527
74554,88	23,05	12,8567953	248,749149
74804,27	18,57	12,6336162	244,847415
74958,03	19,71	12,4960163	242,441823
75900,44	28,83	11,6526534	227,697716
76066,54	32,41	11,5040104	225,099063
76724,98	36,54	10,9147723	214,797698
76844,3	29,61	10,8079928	212,930923
77104,12	25,25	10,5754798	208,866011
77529,13	23,98	10,1951383	202,216683
77644,32	25,61	10,0920547	200,414523



b. diamètre 10" :

Tableau VI.5: Résultats obtenus pour le 10"

Le nombre de Reynolds	$8,43.10^5$
Le coefficient de frottement	0.0147
La perte de charge totale (m)	$3,613. 10^2$
Le gradient hydraulique	0,0156
La pression de départ (bar)	32.13
NPSH disponible (bar)	26.13
La contrainte d'Acier (bar)	19,43
L'épaisseur théorique en Zone I (mm)	10.0
L'épaisseur théorique en Zone II (mm)	7,3
L'épaisseur commerciale en Zone I (mm)	11,1
L'épaisseur commerciale en Zone II (mm)	7,8
Nombre de station de pompage intermédiaire	0
Hauteur manométrique (m)	$1.2176. 10^3$
Puissance absorbée (Kw)	5.06



Tableau VI.6: Répartition des pressions et des charges (10'')

Distance	Altitude	Pression	Charge
0	2,82	30,7588913	561,722855
257,97	1,03	30,6902294	560,522472
375,56	1,03	30,6589313	559,975303
610,65	2,93	30,5963592	558,881384
789,99	2,93	30,5486256	558,046881
932,69	3,75	30,5106442	557,382871
1106,55	3,22	30,4643692	556,573867
1530,01	2,49	30,35166	554,603427
1685,84	2,5	30,3101839	553,87832
1969,43	4,68	30,2347029	552,558722
2407,27	4,68	30,1181663	550,521369
2566,51	4,68	30,0757826	549,780395
2931,86	3,88	29,9785401	548,080352
3202,41	3,93	29,9065299	546,821431
3701,16	5,28	29,7737813	544,500652
3839,83	5,28	29,7368726	543,855394
4064,49	13,2	29,6770765	542,810008
4265,98	18,6	29,6234474	541,872437
4604,83	30,44	29,5332582	540,295703
4820,03	34,86	29,4759801	539,294337
5008,21	37,88	29,4258936	538,418699
5111,43	37,88	29,3984203	537,938397
5321,53	36,93	29,3424996	536,960762
5585,25	14,65	29,2723072	535,733622
5801,25	8,58	29,2148161	534,728533
6081,09	9,01	29,1403332	533,426384
6356,13	18,71	29,0671278	532,146571
6478,08	17,87	29,0346693	531,579114
6596,01	21,31	29,0032808	531,030363
6735,01	21,21	28,9662842	530,38357
7284,87	12,31	28,8199321	527,824966
7499,35	52,21	28,7628455	526,82695
7617,9	53,65	28,731292	526,275314
7785,91	73,56	28,686574	525,493532
8036,82	67,58	28,6197912	524,326
8256,28	79,08	28,5613792	523,30481



8395,66	62,13	28,5242814	522,656249
8529,55	91,28	28,4886449	522,033233
8715,98	115,09	28,4390243	521,165739
8933,07	173,62	28,381243	520,155578
9175,75	225,21	28,3166507	519,026341
9335,28	271,44	28,2741898	518,284018
9480,24	266,93	28,2356069	517,609491
9721,14	271,44	28,1714884	516,488538
9827,95	257,32	28,1430595	515,99153
10016,58	266,85	28,0928533	515,113799
10220,6	266,19	28,0385508	514,164455
10504,79	294,34	27,9629101	512,842065
10707,39	299,32	27,9089856	511,899328
10981,39	286,77	27,8360571	510,624354
11203,83	259,78	27,7768519	509,589298
11332,59	239,61	27,7425808	508,990154
11601,98	229,44	27,6708793	507,736631
11786,98	228,38	27,6216392	506,87579
11943,82	221,97	27,5798943	506,145984
12131,75	208,63	27,5298744	505,27151
12334,36	199,26	27,4759472	504,328727
12514,51	178,75	27,427998	503,490455
12686,69	191,33	27,3821701	502,689268
12950,07	186,77	27,3120683	501,463711
13208,77	177,68	27,243212	500,25993
13516,93	184,23	27,1611914	498,826003
13676,94	185,88	27,1186027	498,081446
13982,35	211,41	27,037314	496,660315
14096,02	213,65	27,0070593	496,131387
14270,43	212,19	26,9606379	495,319824
14373,71	221,01	26,9331487	494,839242
14781,31	229,33	26,8246608	492,942602
14999,69	179,86	26,7665363	491,926438
15399,46	138,8	26,6601325	490,066232
15905,81	110,17	26,5253611	487,710089
16877,89	41,55	26,2666299	483,186816
17002,6	29,82	26,2334367	482,606516
17202,08	27,9	26,1803426	481,678298
17379,84	27,72	26,1330296	480,851147
17565,74	27,64	26,08355	479,986118
18266,94	35,67	25,8969168	476,723301



18516,69	32,69	25,8304427	475,561167
19681,29	32,81	25,5204699	470,142061
20368,54	32,5	25,3375497	466,944156
20818,94	38,97	25,2176701	464,848359
21489,15	40,59	25,0392853	461,729744
21810,25	43,63	24,9538206	460,235604
22319,61	51,68	24,818248	457,865455
22669,32	64,35	24,7251683	456,238188
22952,71	65,18	24,6497405	454,91952
24129,09	60,29	24,3366323	449,4456
24240,98	60,03	24,3068514	448,924954
24431,9	68,45	24,2560356	448,036567
24740,9	78,07	24,1737914	446,598731
24854,04	70,34	24,1436778	446,072269
25039,07	54,67	24,0944297	445,211289
25553,04	57,35	23,9576302	442,819689
25806,86	56,9	23,8900728	441,638616
26026,13	58,73	23,8317114	440,618311
26419,83	81,81	23,7269232	438,78635
26653,61	79,33	23,6646997	437,698527
26848,88	80,99	23,6127262	436,789898
27052,82	81,99	23,558445	435,840927
27300,11	72,1	23,4926257	434,690239
27404,32	77,45	23,4648889	434,20533
28003,29	113,55	23,3054655	431,418208
28443,15	117,23	23,1883913	429,371456
28554,54	117,23	23,1587434	428,853137
28825,9	103,77	23,0865176	427,590447
29054,49	117,41	23,0256755	426,526774
29327,04	113,78	22,9531329	425,258547
29708,44	112,71	22,8516185	423,48382
29925,62	109,58	22,7938134	422,473241
30058,89	112,86	22,7583419	421,85311
30196,25	109,51	22,7217818	421,213948
30396,54	114,44	22,6684721	420,28196
30565,79	120,35	22,6234241	419,494407
30788,17	125,08	22,5642349	418,459631
31425,4	140,96	22,3946282	415,494478
31534,61	151,31	22,3655606	414,986303
31882,97	157,66	22,2728402	413,365318
32281,15	196,42	22,1668596	411,51251



32386,07	191,53	22,1389338	411,024298
32629,15	168,54	22,074235	409,8932
32768,31	170,03	22,0371959	409,245662
33011,89	175,58	21,972364	408,112238
33234,61	177,61	21,9130843	407,075879
33343,12	186,77	21,884203	406,570962
33534,91	196,78	21,8331557	405,678526
33646,23	208,25	21,8035265	405,160533
33819,8	200,54	21,7573287	404,352879
34067,45	201,22	21,6914135	403,200516
34179,4	180,63	21,6616166	402,679591
34360,59	159,55	21,6133906	401,83648
34808,67	151,4	21,4941285	399,751478
34947,02	142,36	21,457305	399,107709
35138,93	134,09	21,4062257	398,214715
35262,83	131,22	21,3732482	397,638185
35558,12	126,57	21,2946531	396,264144
35928,67	140,17	21,1960265	394,539904
36087,52	140,91	21,1537466	393,800745
36194,05	137,41	21,1253923	393,305041
36301,2	134,27	21,096873	392,806451
36525,65	137,77	21,0371328	391,762043
36971,72	122,45	20,9184057	389,686394
37411,69	119,04	20,8013022	387,63913
37829,15	116,17	20,69019	385,696609
38202,86	114,64	20,5907224	383,957665
38623,66	111,71	20,4787212	381,999602
38793,4	111,77	20,4335428	381,20977
38931,67	111,77	20,3967405	380,566373
39073,71	114,42	20,3589348	379,905434
39380,95	131,49	20,277159	378,475788
39606,8	130,98	20,2170462	377,424864
39727,55	130,54	20,1849071	376,862992
39858,97	130,23	20,149928	376,251469
40095,42	127,55	20,0869939	375,151222
40310,91	125,22	20,0296386	374,148506
40459,84	123,32	19,989999	373,455507
40618,53	123,02	19,9477617	372,717092
40787,09	123,82	19,9028973	371,93275
40948,36	127,02	19,8599733	371,18233
41201,06	140,38	19,792714	370,006469



41466,76	135,66	19,7219946	368,770116
41630,85	145,81	19,67832	368,006574
41866,04	129,08	19,6157213	366,91219
42161,95	111,77	19,5369611	365,535264
42371,46	108,04	19,4811974	364,560374
42614,26	106,38	19,4165732	363,43058
42746,2	105,21	19,3814557	362,816638
42939,3	104,11	19,3300597	361,918107
43089,06	102,75	19,2901992	361,221245
43406,81	101,39	19,2056261	359,742693
43608,74	100,32	19,1518799	358,803075
43804,46	99,81	19,0997865	357,892352
43961,39	99,22	19,0580177	357,162127
44100,02	98,37	19,0211196	356,517055
44214,21	98,22	18,9907265	355,985707
44634,86	95,27	18,8787652	354,028343
44766,82	97,77	18,8436424	353,414308
44885,66	99,99	18,8120116	352,861323
45033,65	100,88	18,7726223	352,172697
45153,77	101,72	18,7406508	351,613756
45473,84	96,8	18,6554602	350,124409
46134,99	70,58	18,4794868	347,047952
46290,6	68,87	18,4380693	346,323869
46469,57	67,34	18,3904342	345,491087
46635,2	67,02	18,3463497	344,720379
46942,95	71,62	18,2644382	343,28836
47120,22	70,33	18,2172556	342,463489
47305,03	73,26	18,1680661	341,603533
47604,34	85,91	18,088401	340,210786
47861,18	76,82	18,0200398	339,015661
48109,07	88,6	17,9540608	337,862181
48251,14	94,94	17,9162471	337,201103
48432,42	104,68	17,8679971	336,357572
48677,11	107,24	17,8028698	335,218983
49252,59	101,44	17,6496986	332,541165
49581,99	130,6	17,5620247	331,008404
49736,45	122,22	17,5209132	330,289672
49989,08	94,78	17,4536726	329,114136
50409,47	92,88	17,3417805	327,157982
50724,34	116,07	17,257974	325,692831
51214,56	77,75	17,1274958	323,411744



51391,81	73,84	17,0803185	322,586966
51601,73	75,84	17,0244456	321,610168
51946,47	75,02	16,9326888	320,006028
52092,31	72,54	16,8938716	319,327406
52219,34	71,44	16,860061	318,736311
52362,4	72,59	16,8219838	318,070626
52595,02	81,05	16,7600691	316,988201
52906,5	89,45	16,6771648	315,538825
53213,33	90,76	16,5954981	314,111086
53448,52	76,68	16,5328994	313,016703
53663,05	65,95	16,4757995	312,018454
53888,88	61,75	16,4156921	310,967624
54097,9	62,04	16,3600588	309,995014
54614,39	58,55	16,2225885	307,591687
54957,86	52,68	16,1311697	305,993456
55148,24	72,55	16,0804977	305,107581
55280,17	83,05	16,0453828	304,493686
55447,86	88,62	16,00075	303,713392
55595,33	94,69	15,9614991	303,027186
55849,63	114,42	15,8938139	301,84388
56286,2	60,33	15,7776154	299,812437
56947,39	42,01	15,6016314	296,735793
57547,02	55,2	15,4420324	293,945601
57728,56	68,95	15,3937132	293,100861
57937,33	36,54	15,3381465	292,129414
58142,37	54,79	15,2835725	291,175324
58342,25	74,46	15,230372	290,245244
58684,26	49,45	15,1393417	288,653806
58795,86	42,8	15,109638	288,13451
58917,41	36,54	15,0772859	287,568915
59737,95	77,05	14,8588889	283,750786
59991,48	44,12	14,7914088	282,571062
60461,94	33,45	14,66619	280,381922
61279,86	30,22	14,4484903	276,575985
62750,8	36,54	14,0569812	269,73142
63425,41	36,54	13,8774254	266,592331
64204,75	36,54	13,6699943	262,965914
64922,5	36,54	13,4789561	259,626086
65240,68	25,52	13,3942686	258,145534
66239,39	22,58	13,1284494	253,498346
66771,95	22,08	12,9867019	251,020243



67217,06	36,54	12,8682303	248,949061
68169,05	21,29	12,6148463	244,51927
68883,63	21,32	12,4246519	241,194193
68990,41	36,54	12,396231	240,697326
69866,81	24,25	12,1629662	236,619269
70057,91	36,54	12,1121025	235,730045
71028,47	26,71	11,8537759	231,213844
71349,35	23,46	11,7683696	229,720728
71750,22	22,92	11,6616731	227,855404
71912,89	22,55	11,6183764	227,098469
72045,7	22,11	11,5830274	226,480479
72208,71	21,65	11,5396402	225,721962
72854,82	18,77	11,36767	222,715489
73317,03	17,71	11,244647	220,564738
73801,01	36,54	11,1158297	218,312687
74554,88	23,05	10,9151778	214,804786
74804,27	18,57	10,8487995	213,644327
74958,03	19,71	10,8078743	212,928852
75900,44	28,83	10,5570401	208,543639
76066,54	32,41	10,5128305	207,770744
76724,98	36,54	10,3375785	204,706897
76844,3	29,61	10,30582	204,151678
77104,12	25,25	10,2366657	202,942686
77529,13	23,98	10,1235439	200,965034
77644,32	25,61	10,0928847	200,429033

Afin de mieux voir les affichages des résultats obtenus, nous avons fait une impression écran des profils en long, pressions et de charges et profil de pression :

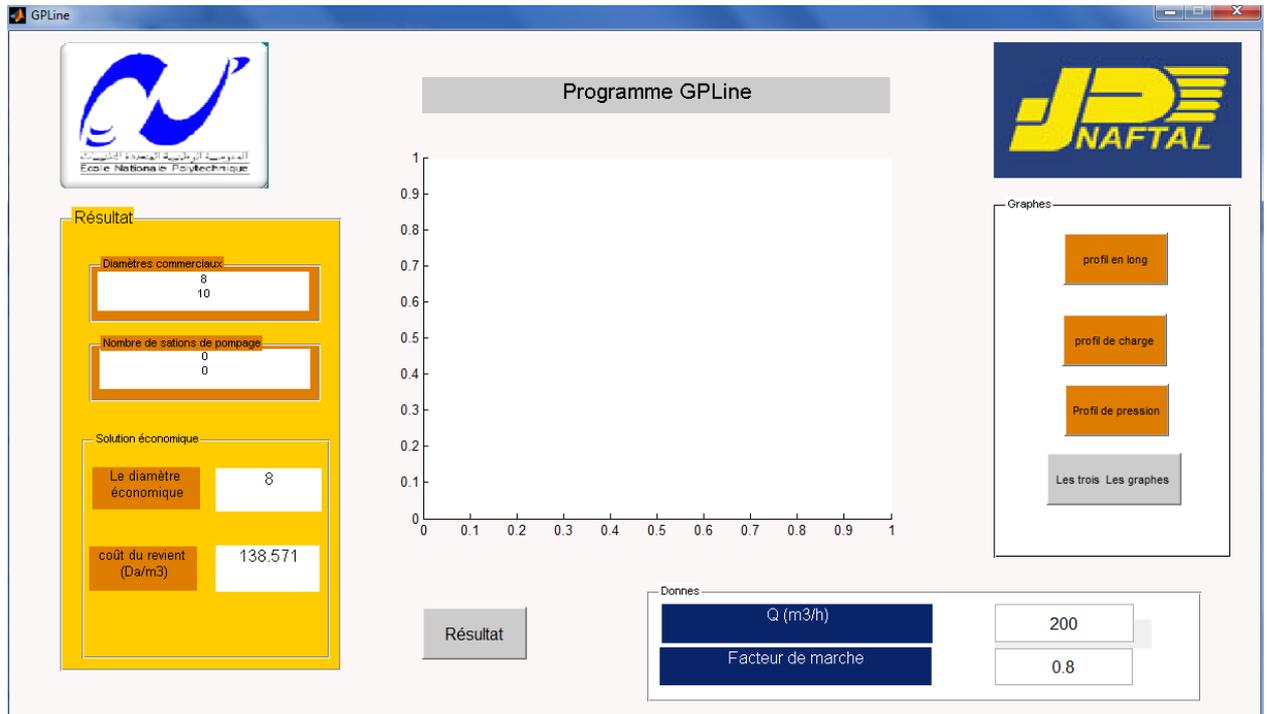


Figure VI.1 : Affichage des diamètres du diamètre économique

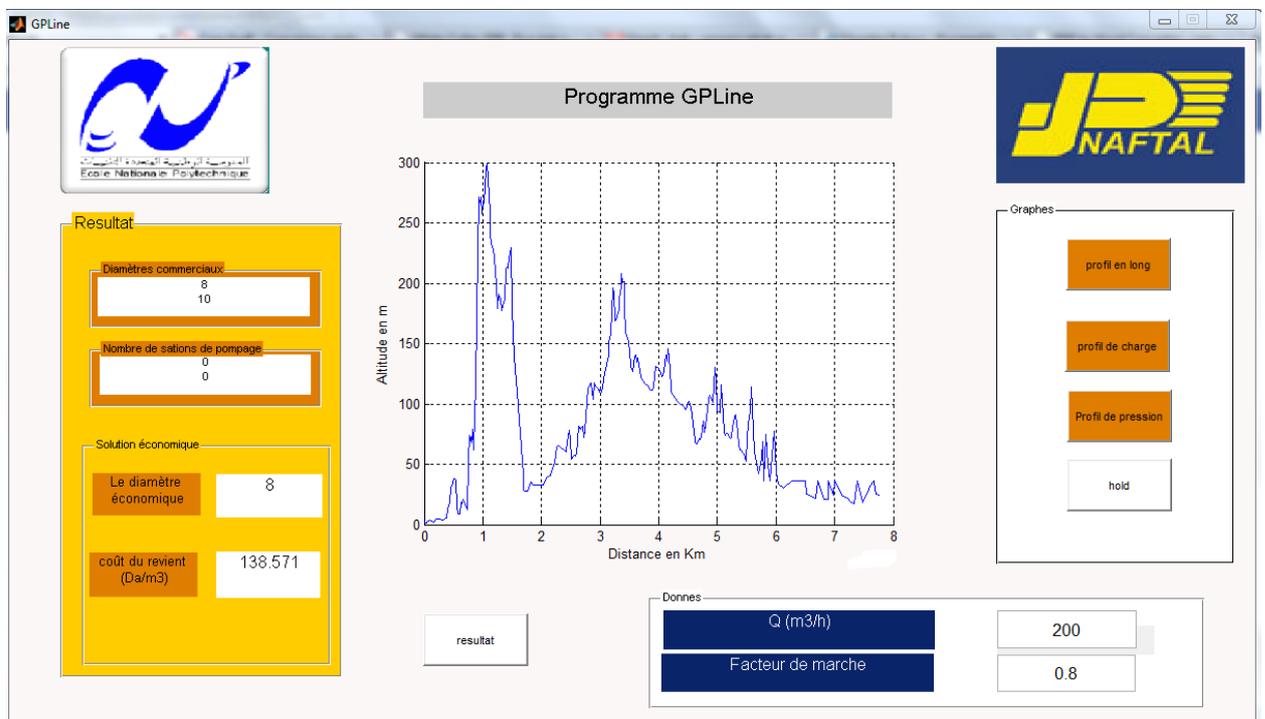


Figure VI.2 : Affichage du profil en long

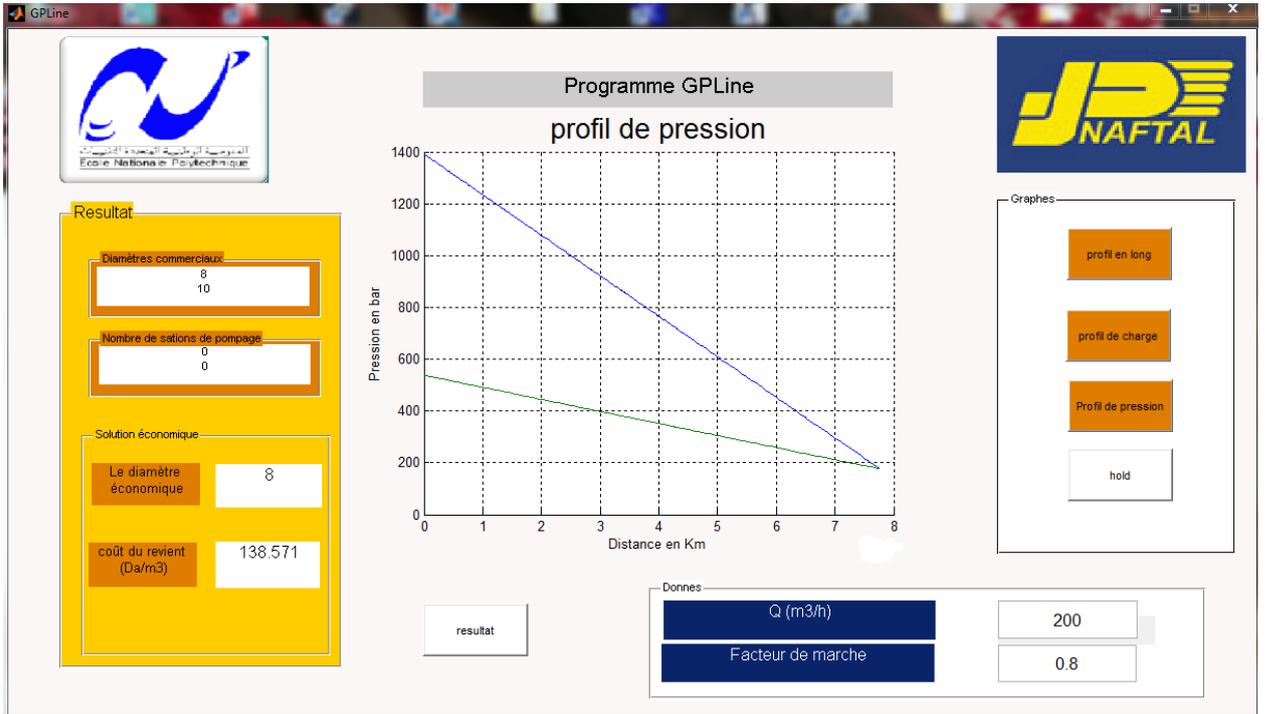


Figure VI.3 : Affichage du profil de pression

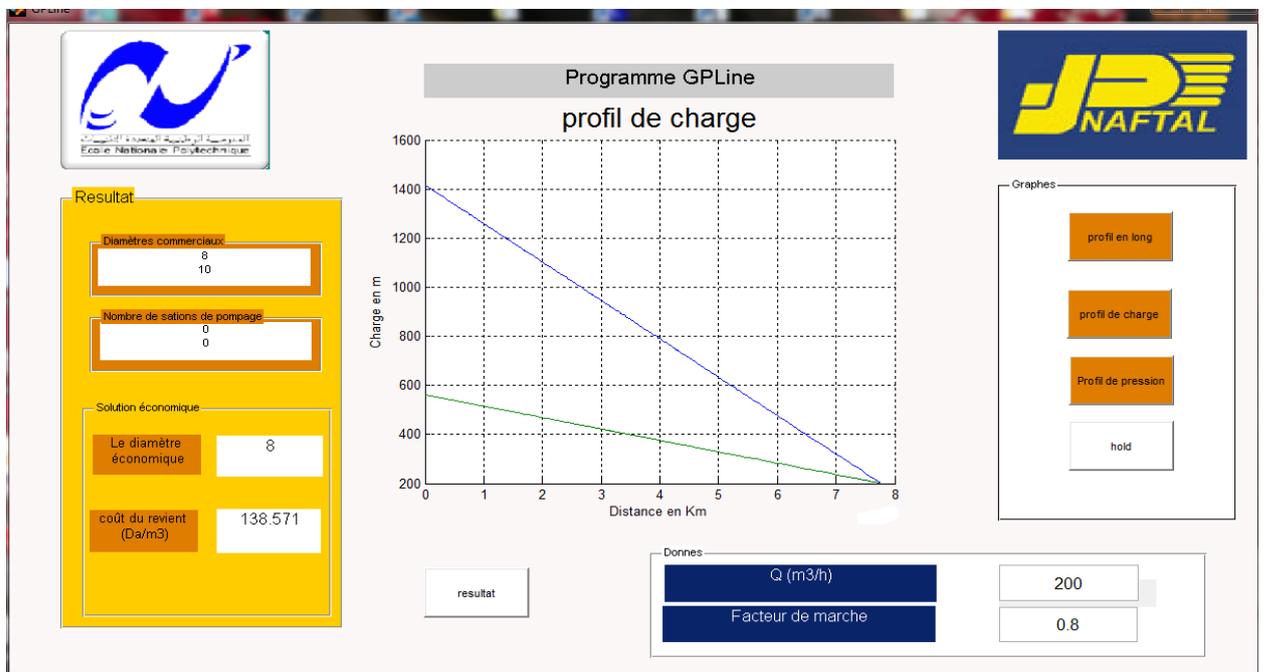


Figure VI.4 : Affichage du profil de charge



- **Les résultats économiques pour le diamètre 8'' :**

Tableau VI.7:Résultats économiques 8''

Coût total d'exploitation (Da)	598910541
Coût total d'investissement (Da)	1357495232
quantités transportés total (m^3)	13125872
coût total (Da)	1956405773
coût de revient technique (Da/m^3)	138

- **Les résultats économiques pour le diamètre 10'' :**

Tableau 8:Résultats économique 10''

Coût total d'exploitation (Da)	473678593
Coût total d'investissement (Da)	1704487410
quantités transportés total (m^3)	13125872
coût total (Da)	2178166003
coût de revient technique (Da/m^3)	152

CONCLUSION

On constate que le diamètre le plus économique est le diamètre 8'', avec un prix de revient technique de $138 Da/m^3$.

Ces résultats montrent l'importance de l'étude technico-économique vis la différence total de cout entre les deux diamètres commerciaux, qui s'élève $221760230 Da$, sur la durée de vie du projet.

Chapitre VII

Hygiène Sécurité Environnement

Chapitre VII

HYGIÈNE SÉCURITÉ ET ENVIRONNEMENT(HSE)

INTRODUCTION

Le terme HSE désigne l'ensemble des mesures d'hygiène, de sécurité et de l'environnement qui contribuent à protéger les activités, la santé des personnes et à assurer le respect de l'environnement. Très souvent indissociable les unes des autres, ces trois disciplines participent à l'amélioration du fonctionnement de l'entreprise ou de la collectivité.



Figure VII.1 Hygiène Sécurité et Environnement

VII.1 Les exigences HSE de la loi relative aux hydrocarbures

La nouvelle loi sur les hydrocarbures n°05-07 du 28 avril 2005, promulguée le 19 juillet 2005 a introduit un ensemble de dispositions, auxquelles doivent se soumettre toutes les compagnies pétrolières exerçant sur le territoire national, dans le domaine du HSE-Sonatrach au même titre que toutes les autres compagnies pétrolières, doit se conformer à ces exigences. Cet article met en exergue ces nouvelles exigences HSE.

La sécurité constitue une préoccupation majeure et occupe une place privilégiée dans le processus de modernisation, d'amélioration du fonctionnement des installations du Groupe. Aussi, le renforcement de la sécurité est tributaire de la transparence, à tous les niveaux, particulièrement de l'information liée aux statistiques du nombre d'accidents / incidents.

A travers l'adoption de sa politique HSE, Sonatrach s'est engagée à ce que la préservation de l'environnement soit un critère de performance, un facteur de concurrence, un élément de mesure

de sa contribution au développement durable par l'exploitation rationnelle des ressources naturelles et le reflet certain d'un engagement citoyen.

VII.2 La politique de Naftal en matière de HSE

Naftal s'inscrit pleinement dans la politique du groupe SONATRACH et donc dans une stratégie intégrée et globale pour affirmer la position du Groupe dans l'économie nationale.

Le souci de la société est l'amélioration continue des performances, tant en matière de protection de la santé de nos travailleurs, de nos clients, qu'en matière de préservation de l'environnement, s'inscrivant ainsi dans une perspective dynamique de réduction voir d'élimination des incidents /accidents et des impacts sur l'environnement dus aux activités de la société.

VII.2.1 Direction HSE de la Branche GPL

Missions principales de la Direction HSE (Health, Safety & Environnement) sont

- Participe à la définition de la politique de la Société en matière HSE en adéquation avec la politique du groupe Sonatrach ;
- Met en œuvre la politique HSE arrêté au niveau Société pour la Branche.

VII.2.2 Tâches & responsabilités

- Définit et intègre des actions inhérentes à l'aspect HSE dans le budget de fonctionnement et d'investissement ;
- S'assure de la mise à disposition des ressources au niveau des entités centrales et opérationnelles;
- Veille au respect de la réglementation en matière HSE ;
- Assure l'efficacité du processus HSE par la mesure périodique des indicateurs et la mise à jour permanente de son tableau de bord ;
- Approuve le programme d'audits internes, et s'assure de sa mise en œuvre et réalise les audits ponctuels;

- Assure la gestion des écarts relevés et la communication périodique de l'état d'avancement des actions préconisées;
- Veille à la mise en œuvre des programmes d'exercice de sécurité au niveau des entités opérationnelles ;
- S'assure de la mise en œuvre des procédures inhérente à l'aspect HSE ;
- Exploite au quotidien les solutions HSE et les réactions sur tout événement impactant la santé, la sécurité et l'environnement;
- Assure les tâches de liaison avec les entités internes et externes à l'entreprise ;
- Analyse, approuve et transmet les rapports périodiques.

VII.3 Identification des sources de danger et des mesures compensatoires associées

VII.3.1. Typologie des dangers

Il est considéré de manière générale qu'il existe deux sortes de dangers :

Ceux d'origine interne et ceux d'origine externe.

a. Dangers d'origine interne

Il s'agit alors d'une défaillance du matériel, cette défaillance n'étant pas due à un événement extérieur. Parmi les défaillances, sont distinguées :

- Les défaillances intrinsèques liées à un dysfonctionnement ou à une panne du matériel,
- Les défaillances extrinsèques pour lesquelles le matériel défaillant n'est pas en cause. Ces défaillances font suite à une mauvaise conception de l'installation ou une mauvaise exploitation du matériel

b. Dangers d'origine externe

Dans ce cas, le danger d'origine externe résulte de la défaillance du matériel, elle-même consécutive à une agression externe. Le niveau de sécurité intrinsèque de celui-ci n'est pas en cause. La défaillance intervient, par exemple, dans les cas suivants :

- ◆ Autres activités de l'ouvrage,
- ◆ Activités extérieures à l'ouvrage,
- ◆ Risque naturel.

Seuls les événements majeurs ont été retenus. L'identification de la gravité d'un événement a été faite d'une part sur la base des quantités mises en œuvre, et d'autre part en fonction des conséquences que l'environnement serait susceptible d'engendrer en terme de distances d'effets toxiques, thermiques ou d'effets de surpression.

VII.3.2 D'autres types de Dangers

a. Dangers liés au fluide transporté

- ◆ Le produit transporté est du butane et propane principalement.
- ◆ Le butane et propane sont extrêmement inflammables.

En phase gazeuse à haute dose, ils peuvent avoir un léger effet anesthésique, et/ou un effet asphyxiant, par raréfaction de la teneur en oxygène de l'atmosphère. En phase liquide, ils peuvent provoquer des brûlures froides.

En cas de fuite, le butane ou le propane étant plus lourd que l'air se répandent au niveau du sol et sont susceptibles de s'accumuler dans les points bas en l'absence de ventilation.

L'échauffement accidentel intense d'un récipient de butane ou propane (en cas d'incendie par exemple) peut conduire à sa rupture et à la dispersion du produit dont l'inflammation des vapeurs peut, dans certaines conditions, conduire à une déflagration ou à une explosion (BLEVE).

Définition du phénomène de BLEVE

Le mot BLEVE est acronyme provenant de l'anglais et signifie :

Boiling

Liquid

Expanding

Vapor

Explosion



Nous pourrions traduire cette expression en français par une explosion due aux vapeurs en expansion d'un liquide en ébullition.

Le phénomène de BLEVE a toujours été une crainte pour les services d'incendies. Tous les intervenants dans ce domaine ont déjà entendu parler d'un événement où un BLEVE est survenu. Plus près de nous, il y a quelques années (en 2004 sur la plateforme pétrochimique de Skikda). Plusieurs morts sont à déplorer suite à une BLEVE survenu dans la zone.

b. Les dangers liés à la canalisation GPL

1. Dangers liés à l'environnement

Les risques liés à l'environnement concernent six domaines :

- **Géomorphologie**

Risque de glissements des terrains marneux et calcaires qui sont très présents tout le long du tracé du pipeline.

- **Géologie**

La région est classée zone à forte activité sismique
Risque lié aux crues des oueds qui traversent le pipe.

- **Hydrologie et hydrogéologie**

La région est classée zone à forte activité sismique
Risque lié aux crues des oueds qui traversent le pipe.

- **Végétation**

Risque des feux de forêt et des zones de végétation que traverse la pipe.

- **Climatologie**

Risque de foudre
Risque d'érosion.

- **Activité humaine**

Acté de sabotage et de malveillance.

- **Les risques liés à la foudre**

Le courant électrique se fraye un passage en choisissant, à partir de zone d'ionisations possibles (pointes métalliques, arbres, objets métalliques, objets organiques...) les trajets qui présentent la plus faible résistance électrique possible.

La foudre peut donc parvenir à l'ouvrage soit directement, au niveau des portions aériennes, soit indirectement, par effet sur des éléments proches (pylônes, arbres) et transmission dans le sol.

Elle peut aussi toucher les installations annexes de l'ouvrage : stations de pompage, gares racleurs.

Les situations de danger identifiées au niveau d'un site GPL, sont les suivantes :

- ❖ Rupture d'une canalisation,
- ❖ Rejet liquide ou gazeux au niveau des soupapes,
- ❖ Rupture de piquages instrumentation,
- ❖ Rupture de flexible (refoulement compresseur,...),
- ❖ Fuite de joint ou de garniture (bride, pompe,...),
- ❖ Fuite suite à une corrosion (cas pouvant a priori être exclu de par le retour d'expérience).

Les dangers liés à la canalisation sont de deux types :

- Dangers liés à la conception,
- Dangers liés au fonctionnement.

2. Danger liés à l'activité humaine

Deux types de risque ont été déterminés :

Les agressions par travaux et les agressions par accidents.

2.1. Les agressions par travaux

Travaux de fouilles, terrassement, curage...

Ce type de travaux risque de détériorer le revêtement et de provoquer une perte de confinement.

Conformément à la réglementation, tout projet éventuel de réalisation de travaux, pouvant être à l'origine d'une agression sur la canalisation, doit être soumis à l'exploitant de l'ouvrage afin que celui-ci puisse arrêter, en accord avec l'exécutant des travaux, les mesures à prendre pendant les travaux pour assurer la stabilité de l'ouvrage et sauvegarder la sécurité des personnes et de l'environnement.

La procédure à suivre est la suivante:

Lors de tout projet de réalisation de travaux sur le territoire d'une commune, le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage doit se renseigner auprès de l'APC de la commune concernée

sur l'existence d'ouvrages. Ceux-ci doivent alors émettre une Demande de Renseignement adressée à NAFTAL.

De plus, NAFTAL doit être prévenu pour tout chantier entraînant le franchissement du pipeline par des engins lourds. Des protections supplémentaires sont alors prévues pour le pipeline : remblais, pose de dalles ...

1. Chocs par Engins, Grues, Camions

L'intervention d'engins effectuant des travaux à proximité des pipelines suit une procédure particulière décrite précédemment.

Compte tenu des profondeurs d'enfouissement de l'ouvrage et des protections prévues aux traversées de voies de communication, le risque d'agression par des engins sur le cheminement enterré de l'ouvrage est limité.

A noter qu'au niveau des installations annexes, la circulation de véhicule est interdite sauf en cas de travaux. Dans ce cas, l'entrée de véhicule sur l'installation fait l'objet de procédures particulières comprenant notamment l'établissement d'un permis de travail.

2. Travaux à chaud

- ▶ Des travaux sur les conduites avoisinant les pipelines font l'objet des procédures de demandes décrites précédemment.
- ▶ Des précautions seront prises pour éviter tout risque d'inflammation d'une fuite en cas de travaux avec points chauds (protection des conduites avec des bâches, mousses, détecteurs de gaz ...).
- ▶ Les travaux effectués à l'intérieur des installations annexes (stations de pompage, gares racleurs,) font l'objet de procédures particulières (permis de travail, permis de feu) et sont réalisés sous la surveillance du personnel d'exploitation.

3. Dangers liés à la conception

1. Matériaux

Les causes de dangers liées aux matériaux peuvent être de deux types :

- ❖ Cause ayant trait à la résistance du matériau dans les conditions de service,
- ❖ Cause ayant trait à la réactivité des matériaux avec les produits transportés.

Les dangers engendrés sont :

- Un danger de perte de confinement par rupture d'origine purement mécanique d'un matériel,
- Un danger de dégradation dû à des matériaux incompatibles.

Les compensations sont prévues :

- Dès la conception, par le choix des matériaux, pour tous les accessoires de l'ouvrage : tubes, coudes, tés, réductions, brides, joints, vannes, corps de pompe... Ces matériaux sont compatibles avec les produits transportés et adaptés aux conditions de service,
- Lors de la réalisation par des procédures d'inspection et de contrôles des travaux neufs et d'entretien,
- En exploitation, par des procédures permettant d'éviter des conditions de service extrêmes.

2. Équipements de l'ouvrage

Les causes de dangers peuvent être :

Soit des défauts des matériaux de base :

- fissurations,
- ségrégations d'inclusions,
- porosité des corps moulés.

Soit des défauts d'assemblage :

- mauvais montage des organes de sectionnement,
- soudures défectueuses,
- revêtement défectueux,
- mauvais montage des joints.

Soit une dégradation de la qualité dans le temps :

- perte d'étanchéité des organes de sectionnement,
- perte d'étanchéité externe des presse-étoupes, joints.

Les risques sont de deux types :

- ❖ Perte de confinement :

- par éclatement d'un élément de l'ouvrage,
- par fuite localisée.

❖ Mauvais sectionnement en ligne.

c. Dangers Liés Au Fonctionnement

Les risques liés au fonctionnement de l'ouvrage sont les suivants :

- Obturation par un corps étranger,
- Non-ouverture des soupapes de sécurité,
- Non-fermeture des soupapes de sécurité,
- Dilatation des parties aériennes,
- Contraintes mécaniques dues aux cycles de pression,
- Coup de bélier,
- Présence de vapeurs inflammables dans les enceintes confinées,
- Défaillance de la protection cathodique due aux courants vagabonds interférents,
- Surremplissage d'une cuve.

VII.4 COUP DE BÉLIER

Ce phénomène est généralement la conséquence de la fermeture rapide d'un organe de sectionnement sur une canalisation de fluide incompressible. La colonne de fluide est brutalement stoppée et son énergie cinétique provoque la création d'une onde de pression qui parcourt la canalisation en sens inverse: cette pression, venant se rajouter à la pression de service, peut amener des contraintes mécaniques anormales.

Les surpressions maximales engendrées par les coups de bélier ont été prises en compte dès la conception dans la pression de calcul pour la détermination des caractéristiques de l'ouvrage et de la pression maximale de service. A noter qu'au niveau des tronçons longs de l'ouvrage, l'onde de surpression est naturellement amortie.

Les procédures d'exploitation prennent en compte ce phénomène. Il s'agit notamment de réaliser l'arrêt des groupes de pompage avant la fermeture des vannes, et la réduction des débits de livraison dans les terminaux avant leur fermeture.

Enfin, l'arrêt des groupes de pompage par les sécurités ou par le personnel d'exploitation est réalisé de façon échelonnée afin d'éviter un arrêt brutal du flux dans l'ouvrage.



VII.5 MOYENS DE SECOURS EXTERNES

Un service d'astreinte est assuré pour les appels venant du 18. Le centre de secours est équipé :

- ❖ D'un fourgon pompe tonne léger
- ❖ Un fourgon premier secours
- ❖ Moto pompe remorquable
- ❖ Véhicules de secours aux asphyxiés et brûlés
- ❖ Camion d'interventions diverses
- ❖ Véhicule de secours routier
- ❖ Réserve d'émulseurs en bidons de 15 litres

Ils peuvent être placés en moins de 15 minutes.

En cas de nécessité, les pompiers des localités limitrophes peuvent prêter main forte et disposent des équipements en plus de la zone industrielle de Berrahal.

Les pompiers au niveau des terminaux doivent connaître bien les deux sites pour intervenir. Les éléments dont ont besoin les services de secours sont :

❖ **Accessibilité du site engins de secours :**

A l'issue des travaux, les terminaux devra posséder une voie utilisable par les véhicules de secours sur trois façades, cette voie devant répondre aux caractéristiques dimensionnelles et de résistance d'une voie échelle.

❖ **Compartimentage**

Les parois verticales coupe-feu de degré 2 heures, constituant l'enveloppe doivent permettre une limitation du risque de propagation Vis – à – Vis des terminaux aussi la façade doit être coupe-feu de degré 2 heures sur une distance de 8 mètres.

❖ **Réalisation de la défense incendiée.**

Le compartimentage par parois coupe-feu de degré 2 heures, limite la taille du plus grand compartiment à une surface de 420 m² (surface du bâtiment d'enfûtage).

Aussi, le débit d'eau incendie disponible pour le bâtiment enfûtage devra être de 63 m³ /heure (en plus des débits nécessaires à l'alimentation des RIA) pendant 2 heures consécutives.

Le dossier construction indique qu'un débit de 300 m^3 , et une pression de 7 bars pour le stockage GPL.

Le débit total qui sera pris en compte pour lutter contre l'incendie généralisé compte tenu de la configuration existante doit être minimum de 363 m^3 .

En sachant que, l'utilisation de la bache ou bassin incendie dans lequel les servies incendie se mettraient en aspiration ne pourra être envisagée que pour une fraction de débit ne dépassant pas $1/3$ des besoins totaux, et à la condition que ces réserves soient utilisables toute l'année, en toutes conditions météorologiques (gel, sécheresse, etc.), le volume de la bache doit être de 121 m^3 au minimum.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons vu les différents types de dangers qui peuvent interrompre ou arrêter carrément le fonctionnement de notre pipeline.

Nous avons pu également mettre en exergue les moyens de secours pour mieux protéger la canalisation et augmenter sa durée de vie tout en respectant l'aspect environnemental qui fait partie des préoccupations constantes et prioritaires de chaque individu.

Conclusion générale

La problématique à laquelle nous avons essayé de répondre dans ce modeste travail : est le dimensionnement optimal d'un pipeline sur la base du cout le plus faible.

Les résultats obtenus sont le fruit de deux études complémentaires, technique et économique, L'étude technique s'est basée sur le choix des équations à utiliser, pour la détermination des différentes variables: leurs diamètres extérieurs et intérieurs, ainsi que les pertes de charge, la distribution de pression, le nombre de stations de pompage....

L'étude économique sert quand à elle, à déterminer la variante la moins couteuse, en calculant son prix de revient par mètre cube pour la durée de vie du projet. Et cela, en tenant compte du cout d'investissement, du cout de l'exploitation, ainsi que des quantités transportées.

Dans le cadre de ce travail, un outil a été développés sous forme d'un programme de calcul avec interface graphique dénommée GPLine qui suit les étapes de calcul pour le dimensionnement des pipelines. Cet outil, a été validé, en effectuant une étude comparative au logiciel Pipephase : logiciel utilisé par SONATRACH et ses différentes filiales. L'outil développé a été appliqué au projet Skikda-Berrahal objet du travail confié par l'entreprise NAFTAL.

Ce projet nous a permis de confronter l'aspect théorique pour lequel nous avons été formés à un cas pratique. Cette mise en application nous a amené à appréhender toutes les difficultés qui peuvent survenir dans ce type de projet et l'enrichissement qu'il peut apporter.

Bibliographie :

E.SHACHI MENNON (2004) « LIQUID PIPELINE HYDRAULICS », Edition

L.L.Faulkner ;

GENOB, J.V, (1980). « Transport Des Hydrocarbures Liquides Et Gazeux Par Canalisation ». Edition Technip ;

TROUVAY & CAUVIN, 2001. Piping Equipement ;

REVUE PRIMAGAZ. Les G.P.L. Novembre 2005 ;

REVUE NAFTAL NEWS Octobre 2010 ;

KHELOUI,NEHAL., 2010. «Etude de l'évacuation du gaz naturel. APPLICATION AU PROJET GR5 (REGGANE-HASSI R'MEL), Projet de fin d'études, département hydraulique, ENP ;

DEKAR,DEKOUN., 2009. « DIMENSIONNEMENT DE LA CANALISATION GPL ARZEW-BLIDA », Projet de fin d'études, département hydraulique, ENP
Code barre : PH00409A ; Cote PH00409.

Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 05, Juin 2006, pp.197-200

Code barre : PH03984A ; Cote : PH00409

DOCUMENTS TECHNIQUE NAFTAL.

Webographie :

<http://www.naftal.dz/accueil.php>

Annexe 1

Création d'un projet sur PIPEPHASE

Double click sur l'icône de PIPEPHASE, et une fenêtre s'ouvre, c'est le bureau de PIPEPHASE, où nous trouvons tous les fichiers déjà créés. Si nous souhaitons créer un nouveau fichier, sur la barre d'outils nous avons "créé une nouvelle simulation", nous cliquons dessus, et la fenêtre figure 1.1 va apparaître, et là nous pouvons donner un nom à notre projet.



Figure 1.1 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape 1

Si nous souhaitons créer un nouveau fichier, sur la barre d'outils nous avons "créé une nouvelle simulation"

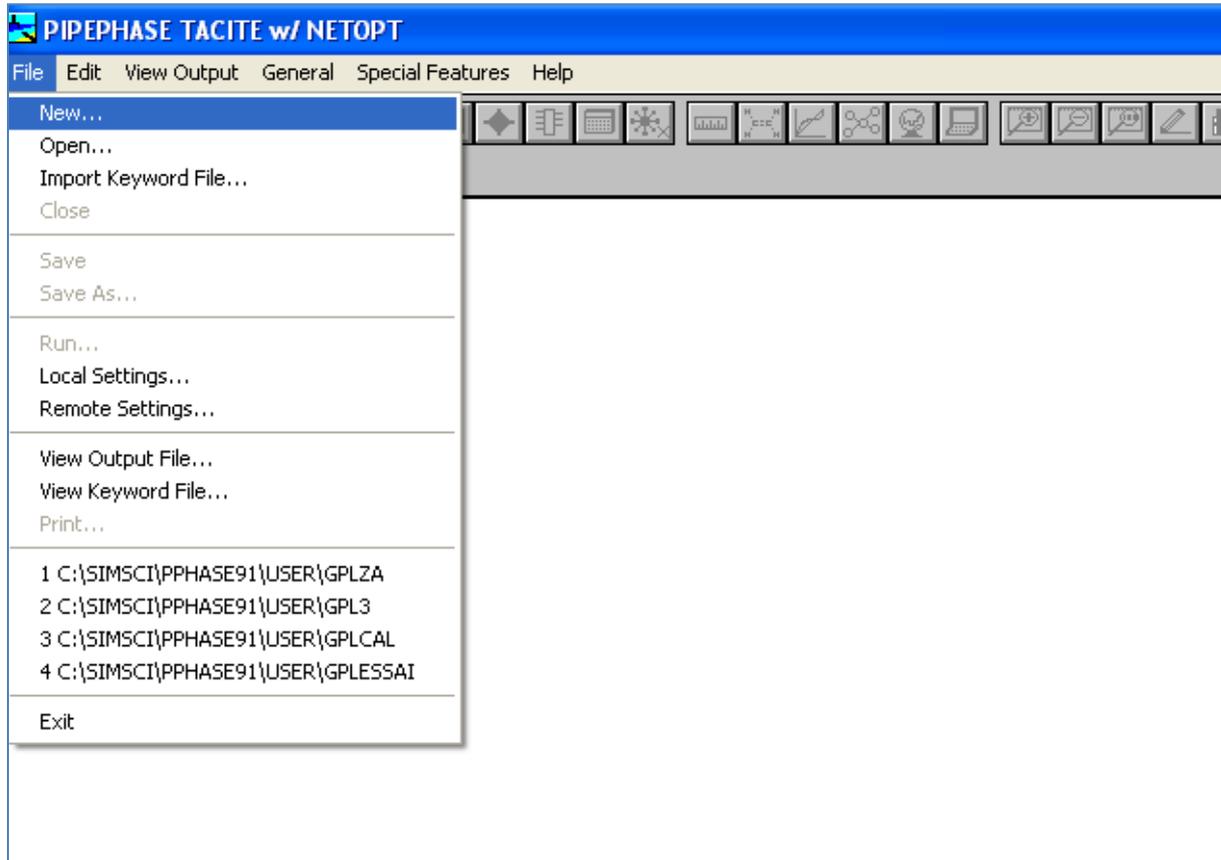


Figure 1.2 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape 2

Nous cliquons dessus, et la fenêtre figure 1.3 va apparaître :

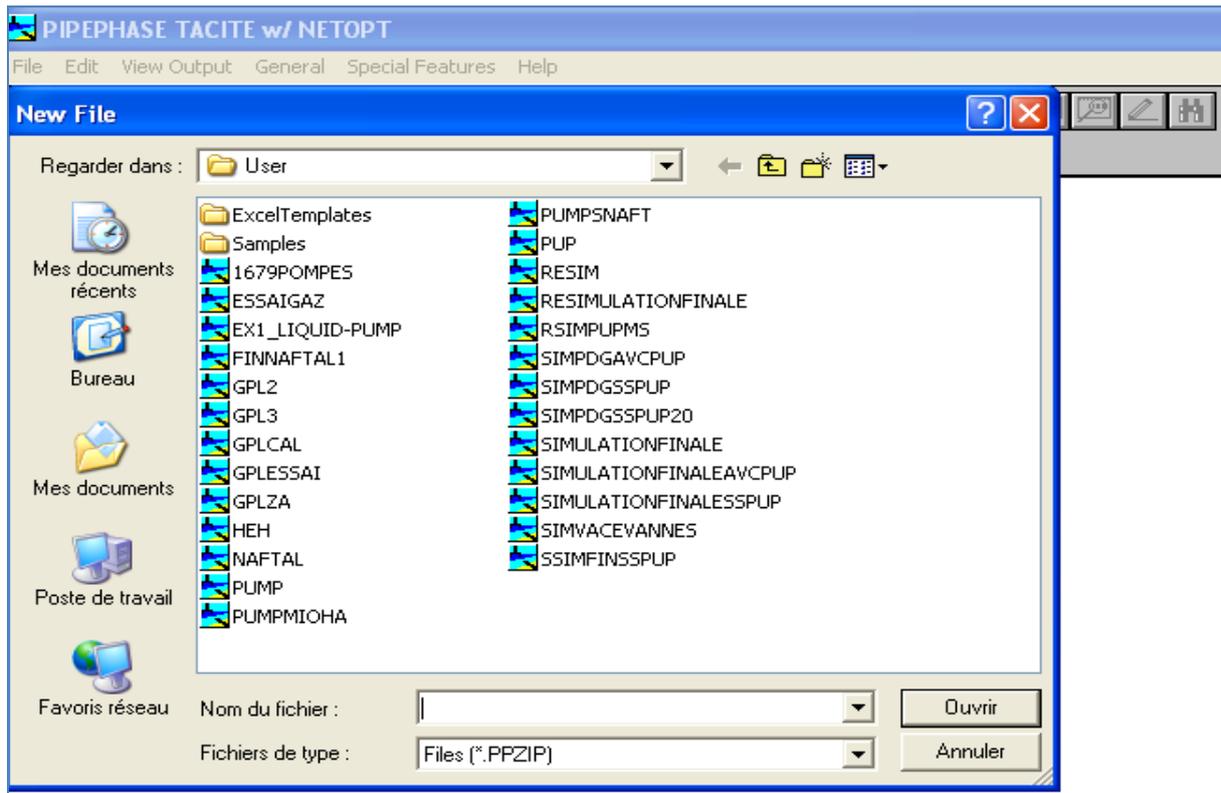


Figure 1.3 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape3

On donne un nom à notre simulation :

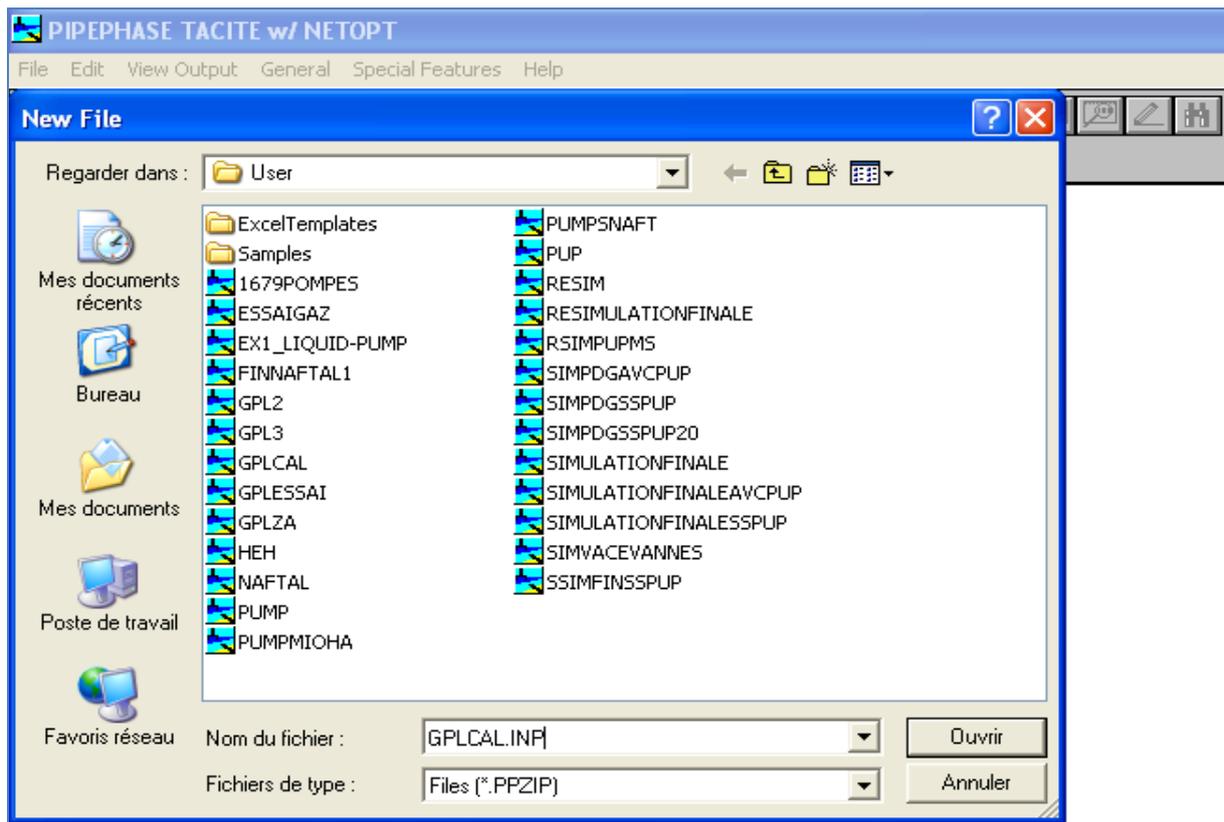


Figure 1.3 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape3

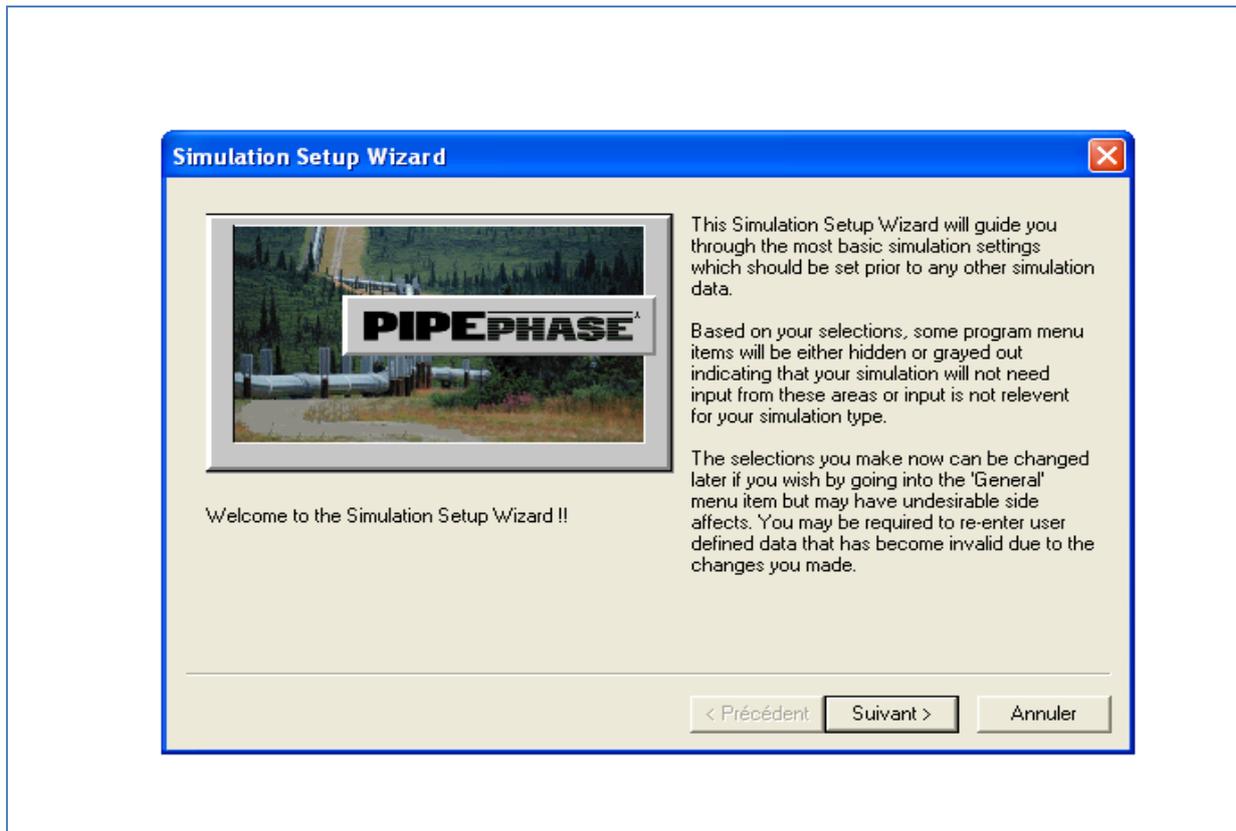


Figure 1.4 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape4

Nous sélectionnons le type de simulation "Network Model"

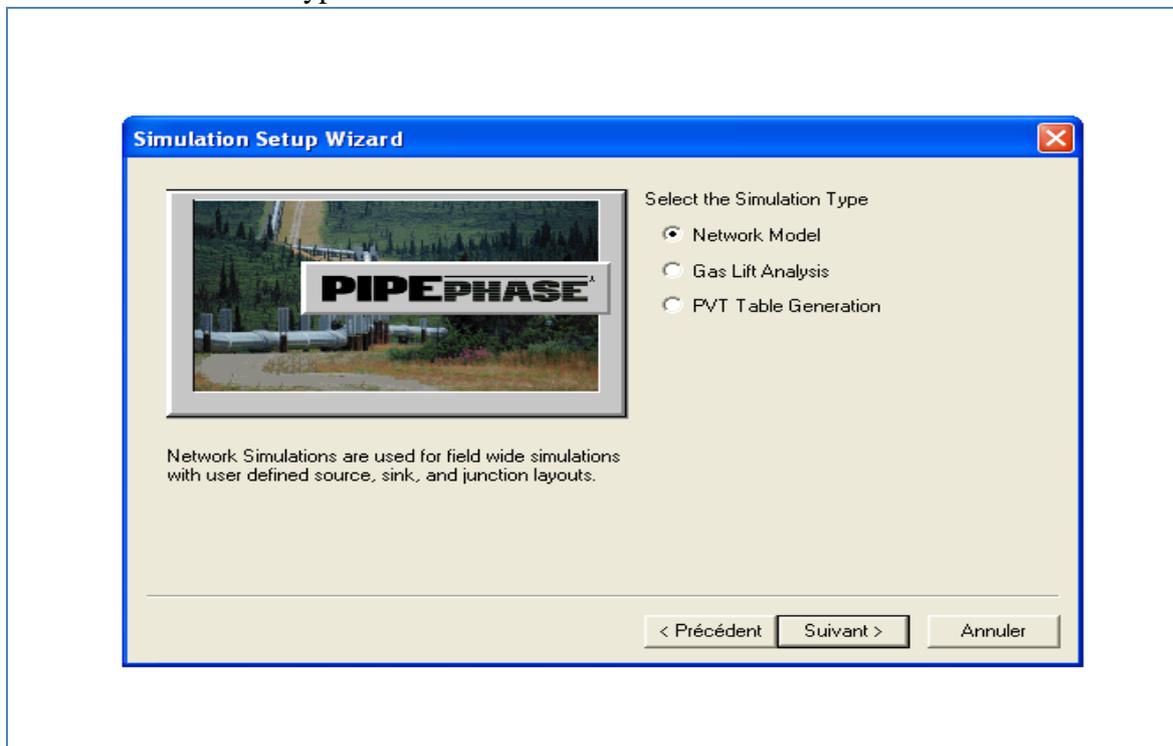


Figure 1.5 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape5

Nous choisissons le type de fluide :

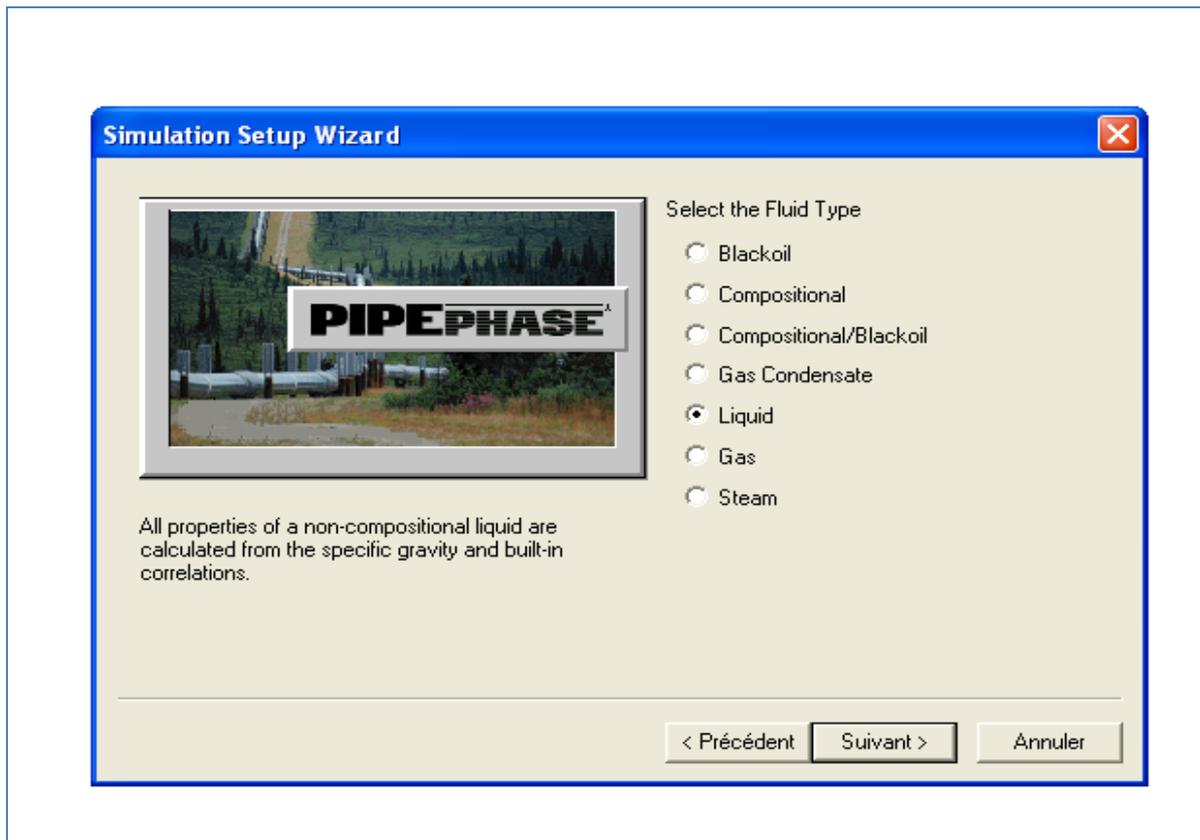


Figure 1.6 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape6

Nous choisissons le système d'unité :

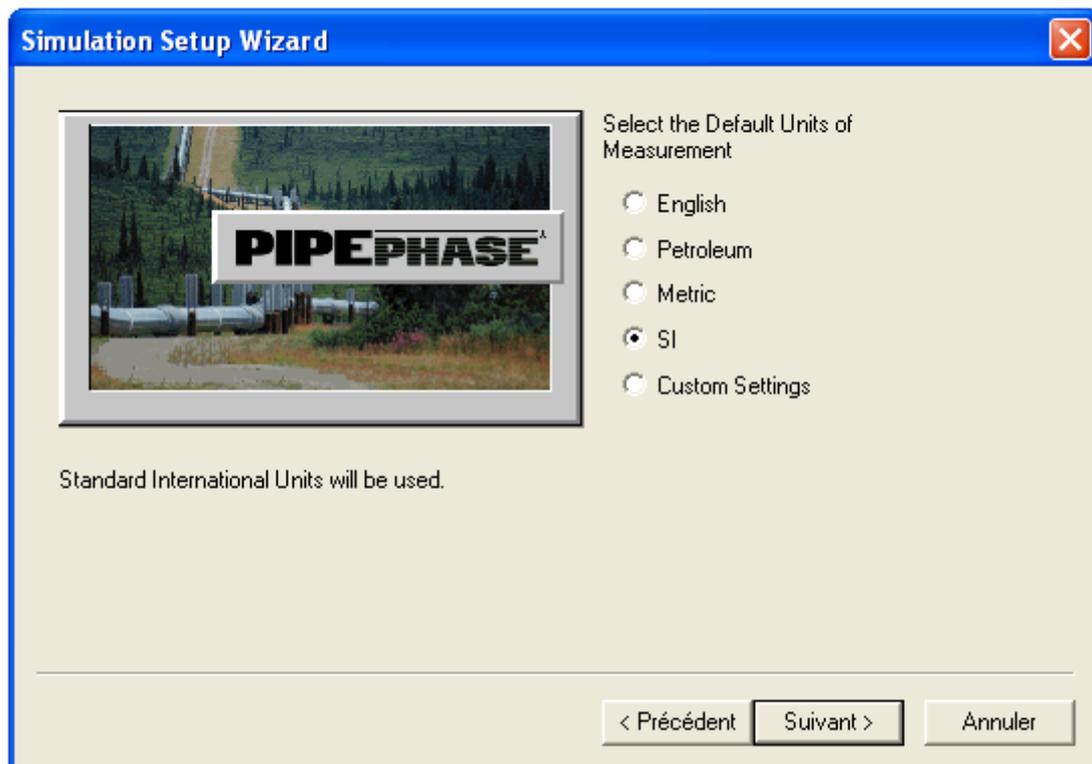


Figure 1.7 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape7

Nous confirmons notre choix :

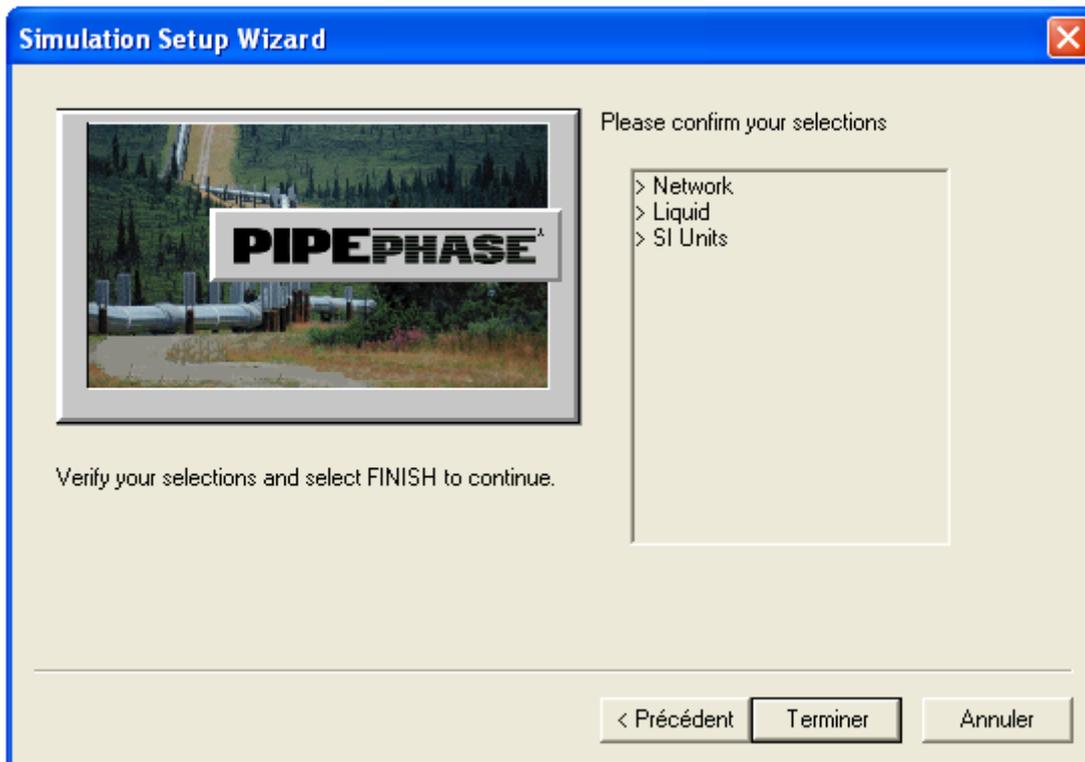


Figure 1.8 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape8

Nous introduisons les données du fluide et de la conduite de la conduite :

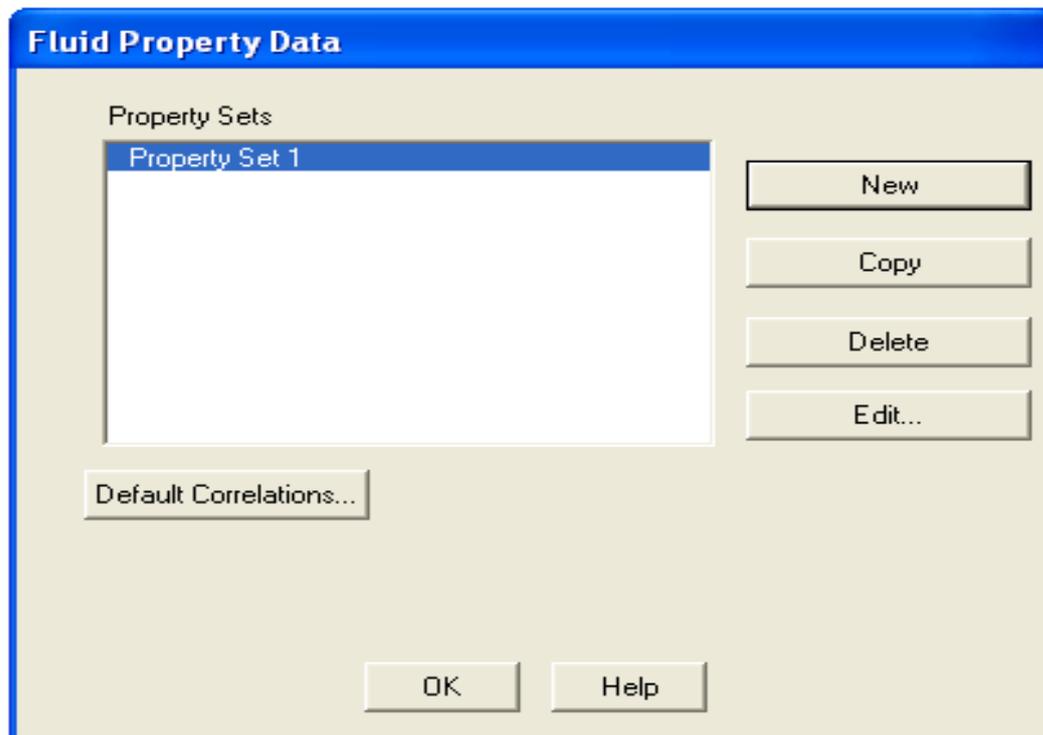


Figure 1.9 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape9

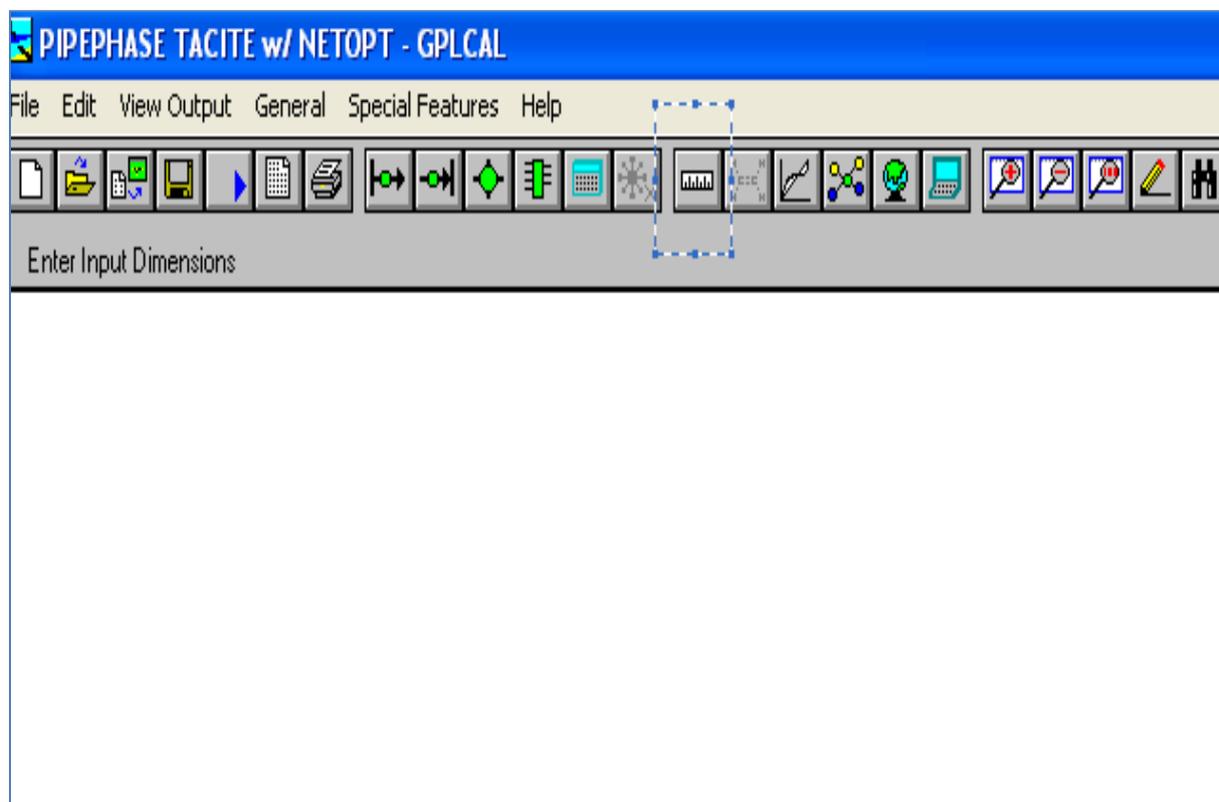


Figure 1.10 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape10

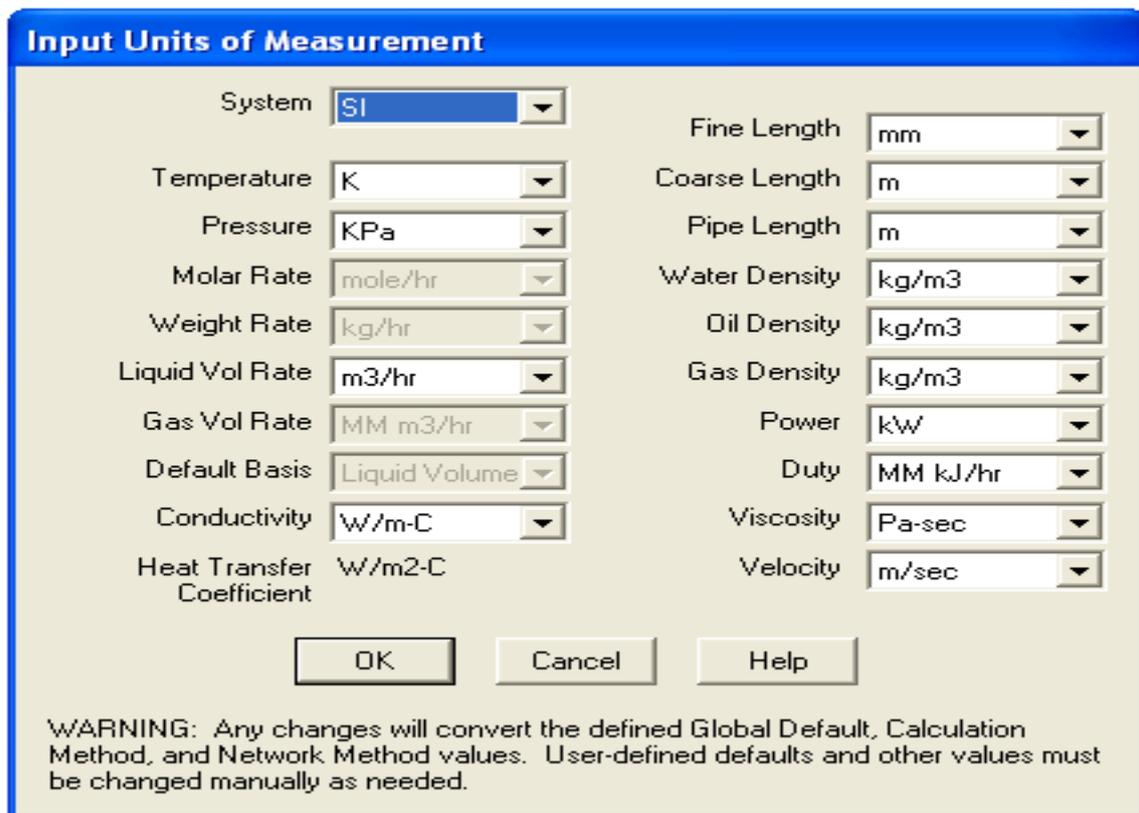


Figure 1.11 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape 11

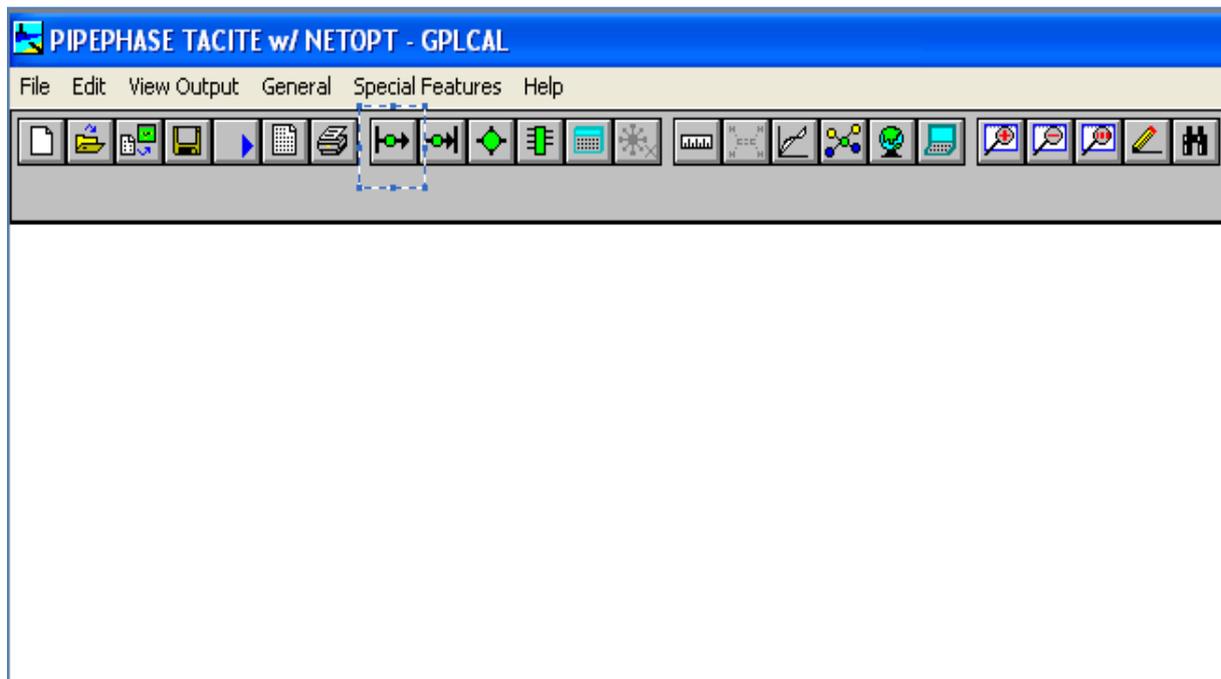


Figure 1.12 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape 12

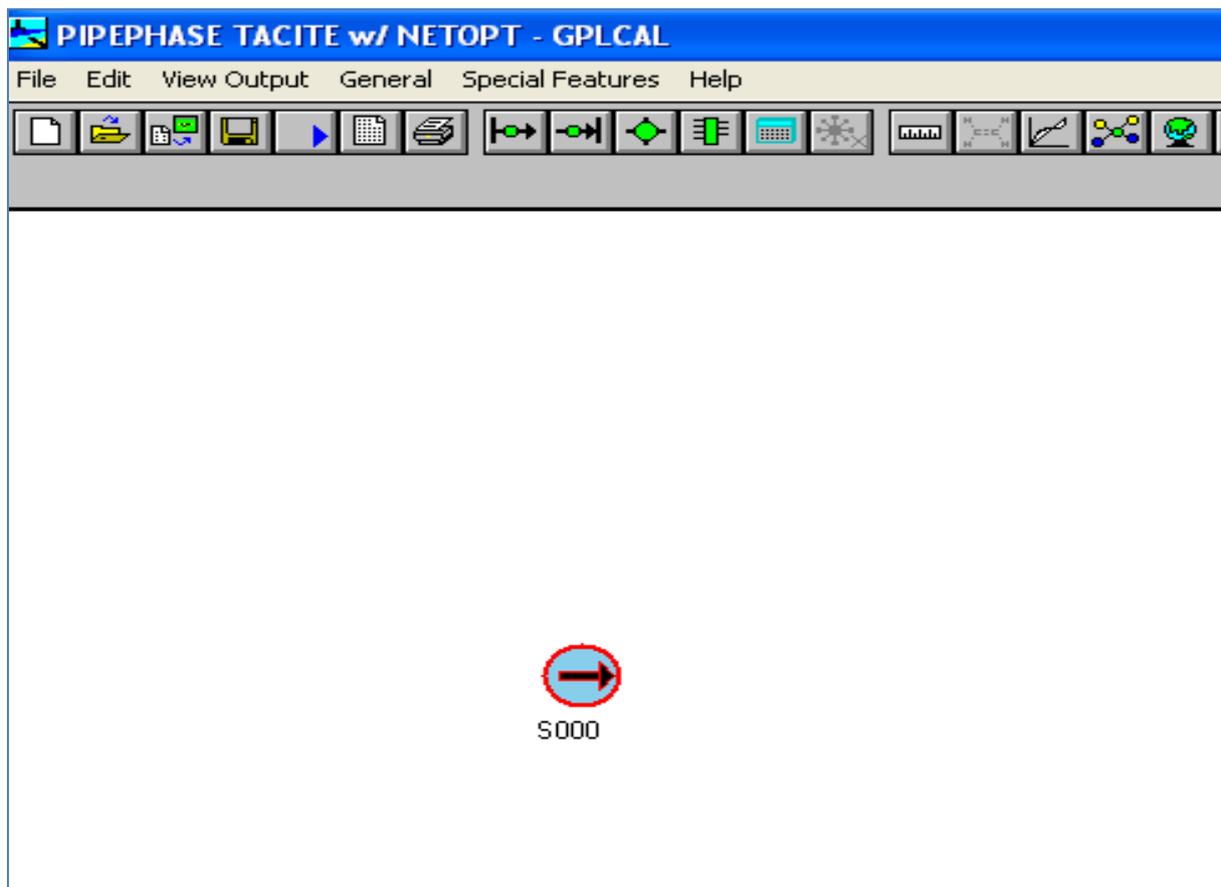


Figure 1.13 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape13

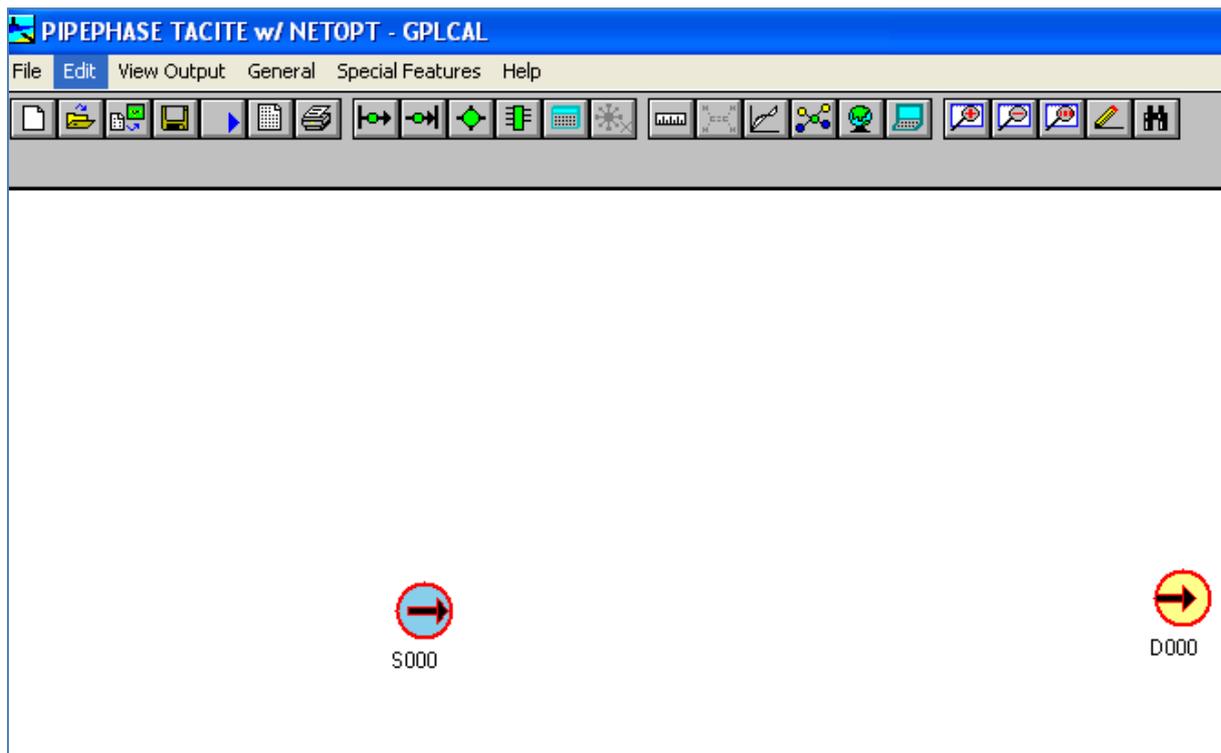


Figure 1.14 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape14

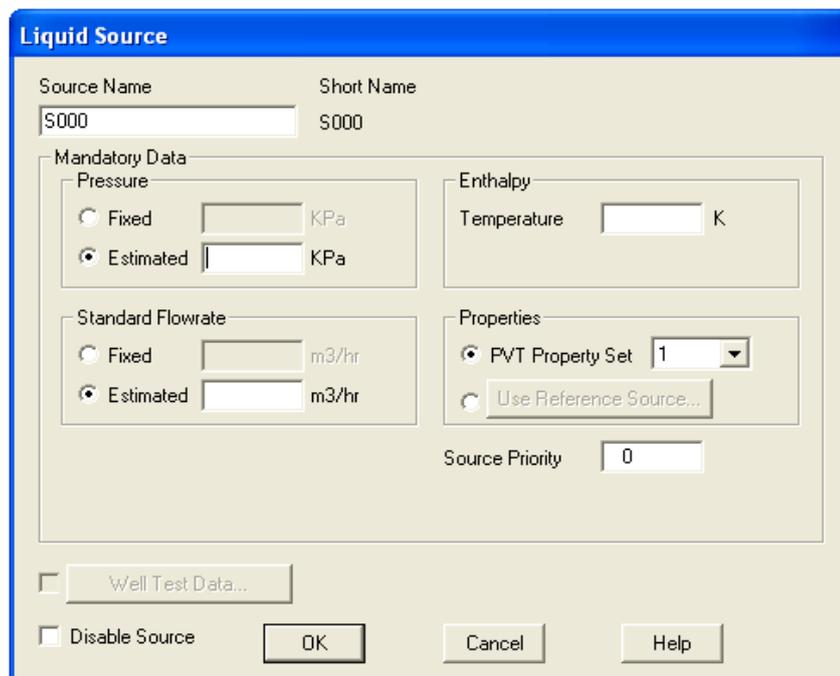


Figure 1.15 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape15

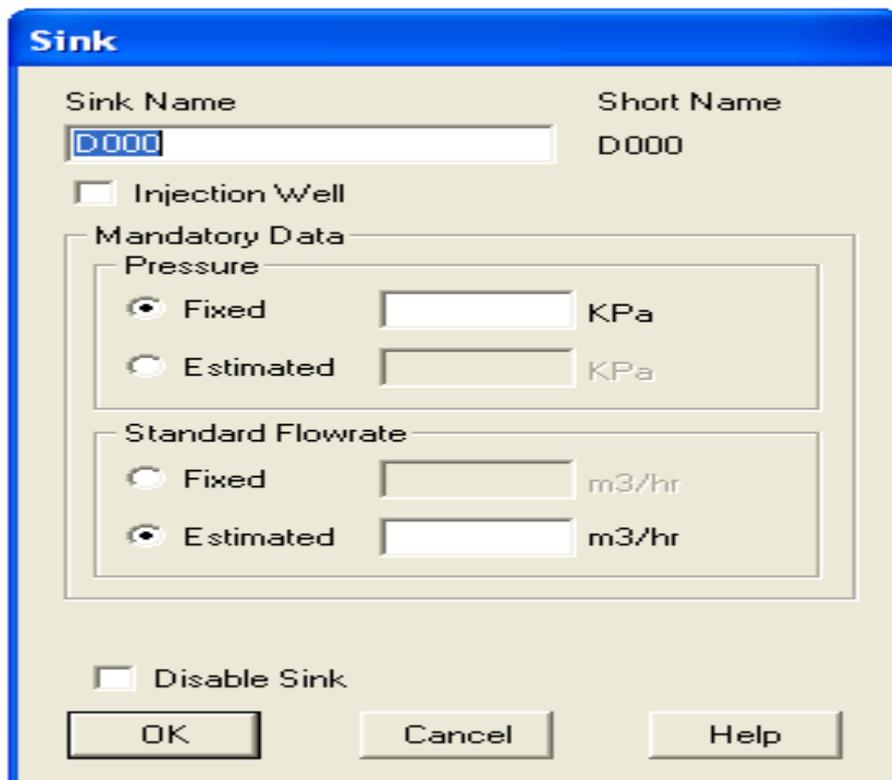


Figure 1.16 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape 16

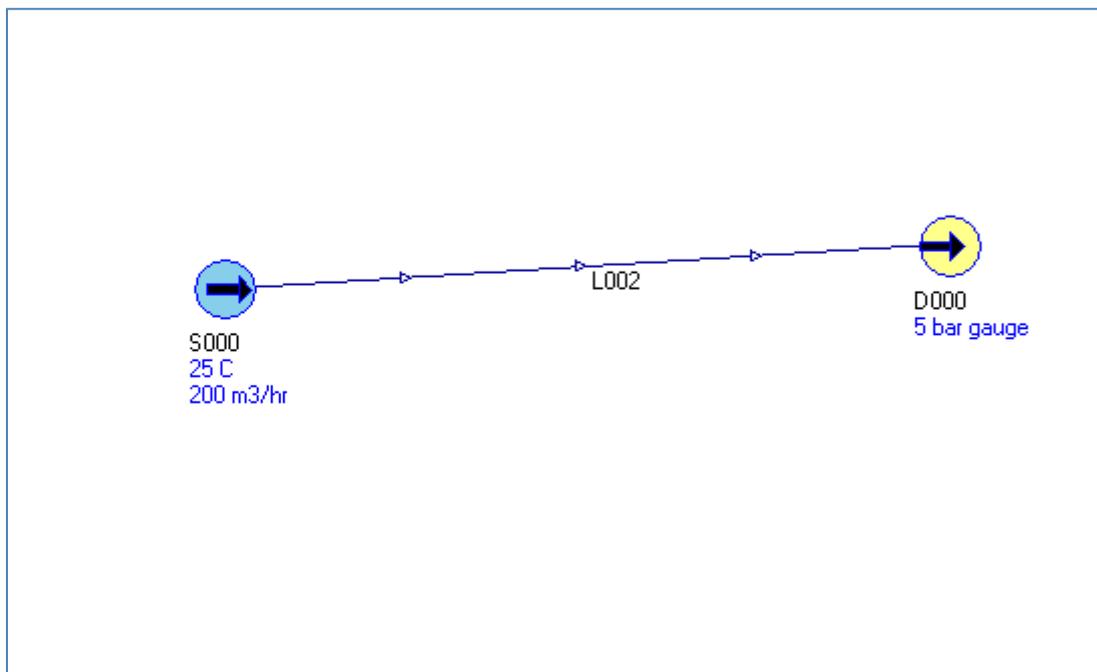


Figure 1.17 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape 17

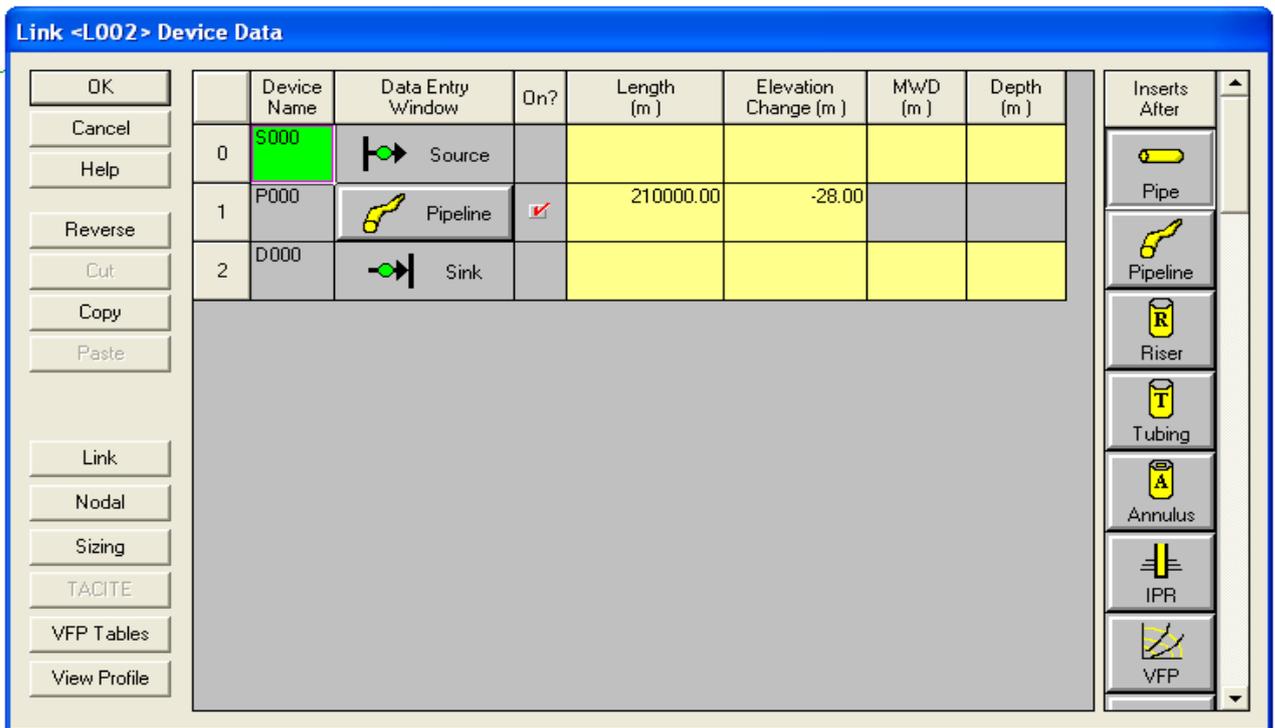


Figure 1.18 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape 18

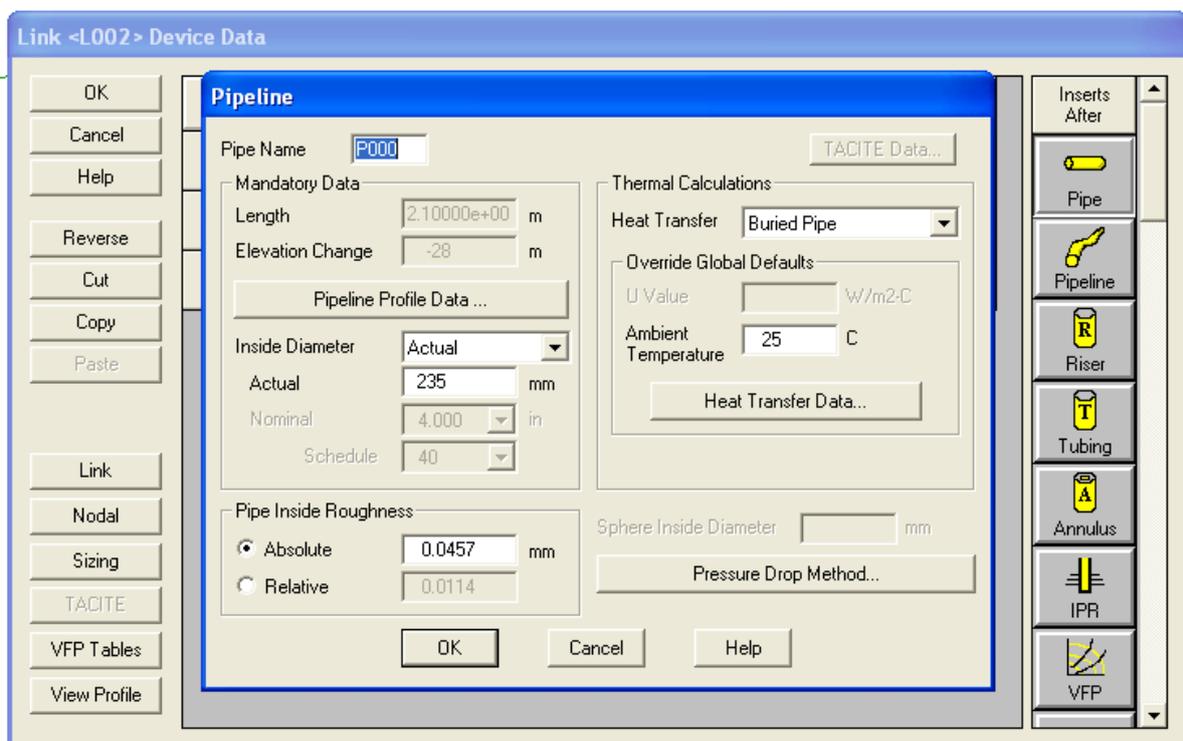


Figure 1.19 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape 19

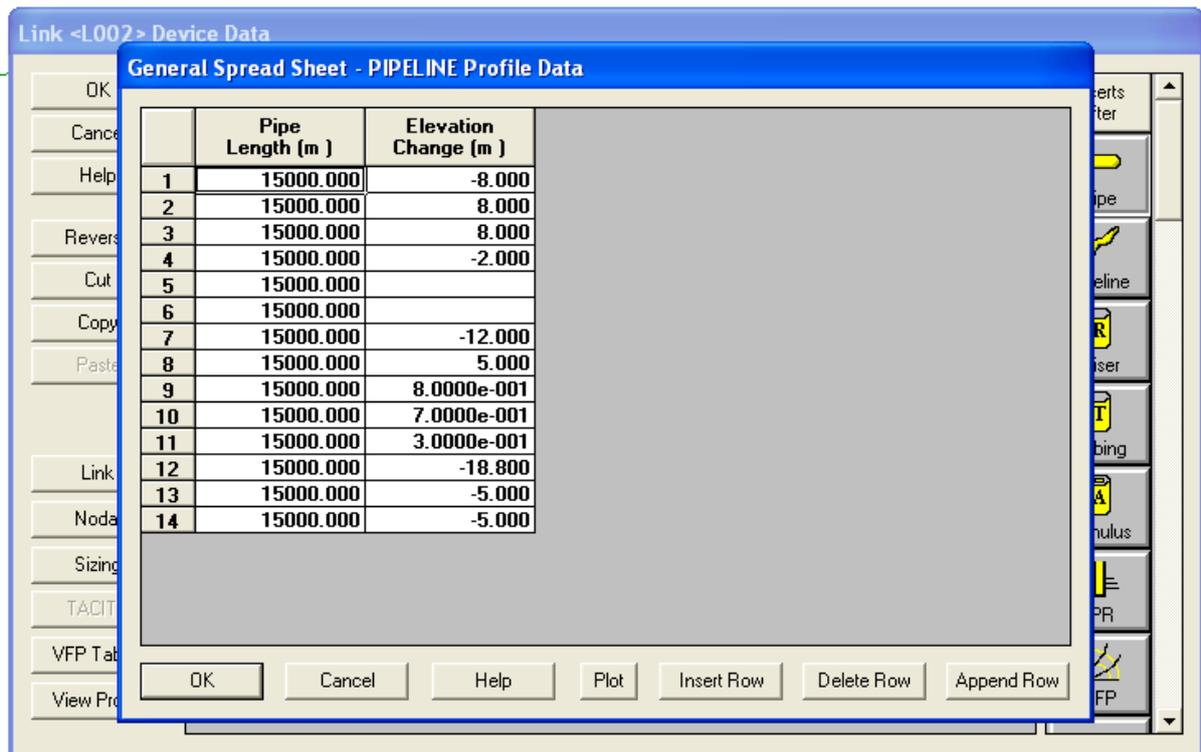


Figure 1.20 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape20

Pour lance la simulation, sur la barre d'outils nous avons "Exécuter la simulation", nous cliquons dessus :

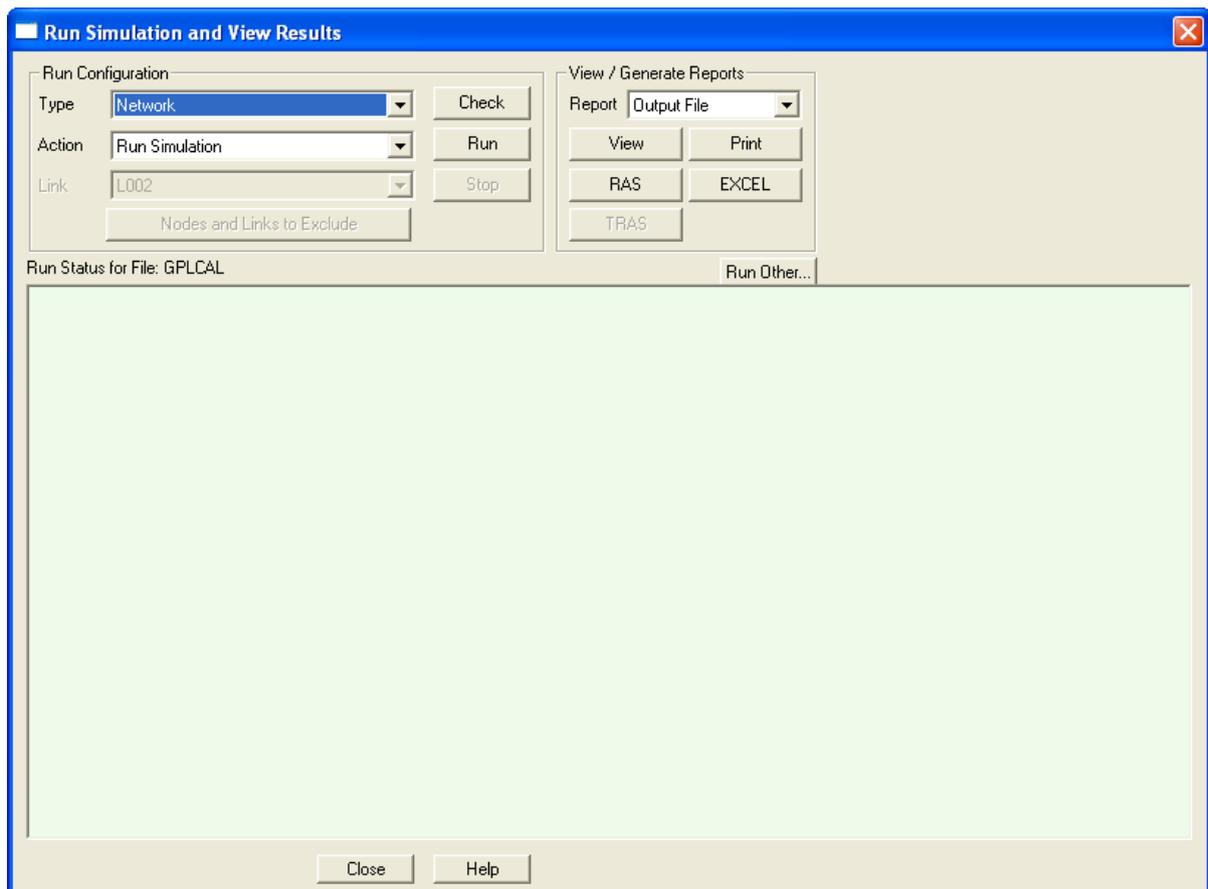


Figure 1.21 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape21

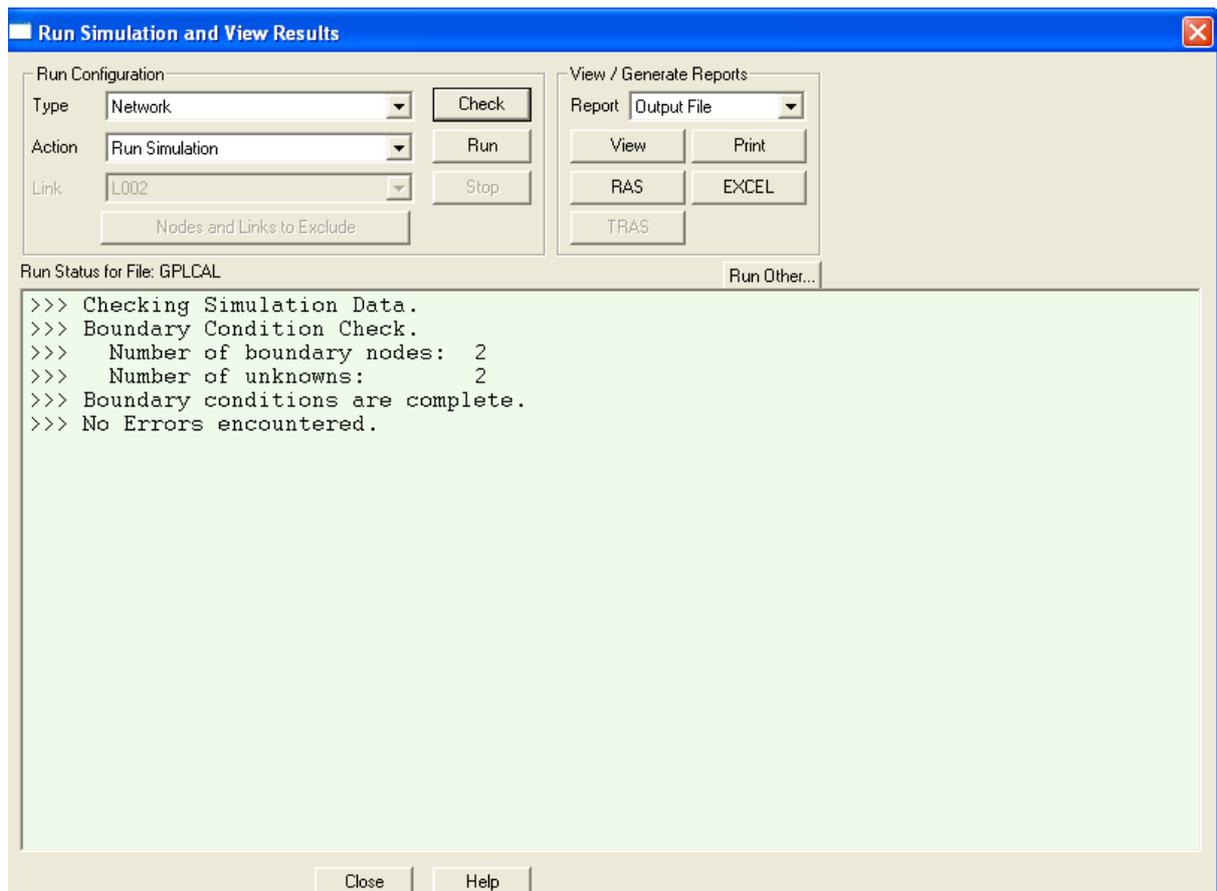


Figure 1.22 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape22

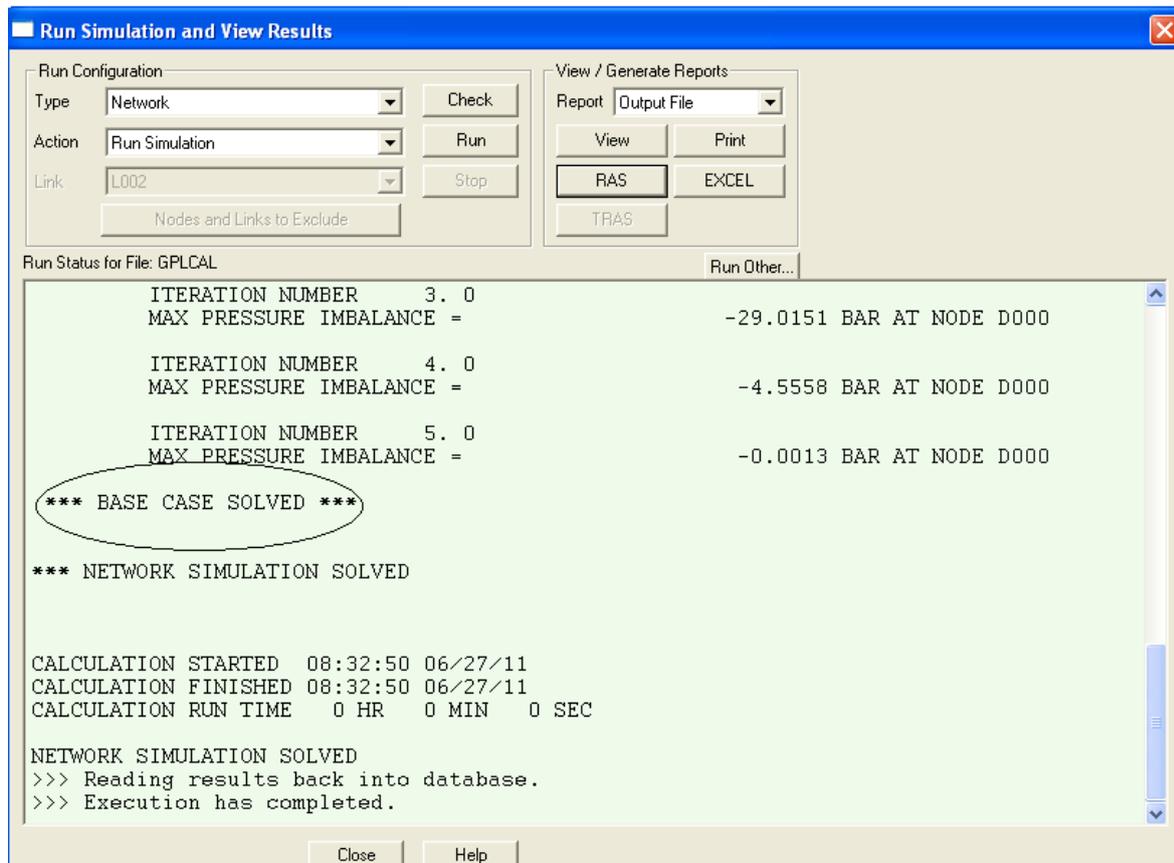


Figure 1.23 : Création d'un projet en utilisant PIPEPHASE, étape23

ANNEXE 2 : ANALYSE ECONOMIQUE

I. Diamètre de 8'' :

❖ ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT :

1.Étude	Montant (milliers Da)
Étude de base	9594
Étude de détaillée	43400
Total1	52994

2. Fournitures Transport et Revêtement Tubes	Montant (Da/ml)
Fournitures Tubes	1817,433262
Inspection Fabrication Tubes en Usine	54,31758366
Transport Tubes	307,682667
Prix revêtement	1448,514851
Total/ml	3627,948364
Total 2(Da)	281684794,9

3.Travaux de pose	Montant (Da/ml)
Installation Chantier	98,24539416
Manutention/Transport Tubes sur Site	71,4375235
Piquatage/Ouverture Piste	293,1570372
Ouverture Tranchée	667,6024564
Bradage/Cintrage/Prealignement	206,9306931
Soudage/Raccordement	1021,105402
Radiographie à 100%	195,8516105
Revêtement joint mise en fouille	623,2610603
Ramblais (y compris lit de pose)	417,5585913
Remise en Etat des lieux et Bornage	141,6468229
Points spéciaux	607,068555
Montage des ouvrages concentrés	1041,107908
Essais Hydrostatiques	173,6683795
Total	5558,641434
Total 3 (Da)	431589596,8

4.Protection Cathodique	Montant(Da)
Étude	1935479,722
Fourniture	3393000
Travaux	4326366,437
Total 4	9654846,159

5.Poste de Sectionnement	Montant (Da)
Poste de Sectionnement	3142285,714
Total 5	21996000

Coût de la ligne (Da)	744978231,9
-----------------------	-------------

6.Ouvrages concentrés	Montant(Da)
Terminal Départ GPL	138142000
Terminal Arrivée	28256000
Gare racleurs	1570000
Pièces de Rechange	15698000
Frais d'une Station de pompage intermediaire	653997000
Frais des Stations de pompage intermediaire (total)	0
Total6	183666000

7.Autres	Montant(milliers Da)
Supervision Construction	27280
Supervision mise en Service	11904
Formation	17980
Assurance	22310
Interêt Intercalaire	7203
Frais du personnel du maître d'ouvrage	4913
Comissions	900
Investissement d'Exploitation	92491
Indemnisation Riverain	50000
Équipement	193870
Total 7 (DA)	428851000
Total=Total1+Total2+Total3+Total4+Total5+Total6+Total7	1357495232

❖ **FRAIS D'EXPLOITATION PENDANT LA DUREE DE VIE DU PROJET :**

Exploitation du terminal de départ	Nombre	Salaire	Montant/Mois	Montant/an	Année	Montant Milliers Da
Chef de ligne	1	75000	75000	900000	1	7986
Mécanicien	1	68000	68000	816000	2	8784,6
Exploitants	3	68000	204000	2448000	3	9663,06
Ingénieur protection Cathodique	1	68000	68000	816000	4	10629,366
secrétaire	1	30000	30000	360000	5	11692,3026
Chauffeur	1	40000	40000	480000	6	12861,53286
Agent du poste de sectionnement	4	30000	120000	1440000	7	14147,68615
Total			605000	7260000	8	15562,45476
					9	17118,70024
					10	18830,57026
					11	20713,62729
					12	22784,99001
					13	25063,48902
					14	27569,83792
					15	30326,82171
					16	33359,50388
					17	36695,45427
					18	40364,9997
					19	44401,49967
					20	48841,64963
					Total1(DA)	457398146

Exploitation d'une station de pompage intermédiaire	Nombre	Salaire	Montant/Mo	Montant/an	Année	Montant Milliers Da
Mécanicien	1	68000	68000	816000	1	5174,4
Exploitants	3	68000	204000	2448000	2	5691,84
Agent du poste de sectionnement	4	30000	120000	1440000	3	6261,024
Total			392000	4704000	4	6887,1264
					5	7575,83904
					6	8333,422944
					7	9166,765238
					8	10083,44176
					9	11091,78594
					10	12200,96453
					11	13421,06099
					12	14763,16708
					13	16239,48379
					14	17863,43217
					15	19649,77539
					16	21614,75293
					17	23776,22822
					18	26153,85104
					19	28769,23615
					20	31646,15976
					Total2	0

Exploitation du terminal d'arrivée	Nombre	Salaire	Montant/Mo	Montant/an	Année	Montant Milliers Da
Mécanicien	1	68000	68000	816000	1	5174,4
Exploitants	3	68000	204000	2448000	2	5691,84
Agent du poste de sectionnement	4	30000	120000	1440000	3	6261,024
Total			392000	4704000	4	6887,1264
					5	7575,83904
					6	8333,422944
					7	9166,765238
					8	10083,44176
					9	11091,78594
					10	12200,96453
					11	13421,06099
					12	14763,16708
					13	16239,48379
					14	17863,43217
					15	19649,77539
					16	21614,75293
					17	23776,22822
					18	26153,85104
					19	28769,23615
					20	31646,15976
					Total3 (DA)	296363757,4

Exploitation d'un poste de sectionnement	Nombre	Salaire	Montant/Mo	Montant/an	Année	Montant Milliers Da
Agent du poste de sectionnement	4	30000	120000	1440000	1	1440
					2	1584
					3	1742,4
					4	1916,64
					5	2108,304
					6	2319,1344
					7	2551,04784
					8	2806,152624
					9	3086,767886
					10	3395,444675
					11	3734,989143
					12	4108,488057
					13	4519,336862
					14	4971,270549
					15	5468,397604
					16	6015,237364
					17	6616,7611
					18	7278,43721
					19	8006,280931
					20	8806,909025
					Total4 (DA)	82475999,27

	Pabs	R (MilliersDa	Facteur de	Année	Montant Milliers Da
Coût d'Énergie	5,057664719	0,0015	0,130806	1	8,693093886
	5,057664719	0,0015	0,143887	2	9,562403274
	5,057664719	0,0015	0,158276	3	10,5186436
	5,057664719	0,0015	0,174103	4	11,57050796
	5,057664719	0,0015	0,191514	5	12,72755876
	5,057664719	0,0015	0,210665	6	14,00031463
	5,057664719	0,0015	0,231732	7	15,4003461
	5,057664719	0,0015	0,254905	8	16,94038071
	5,057664719	0,0015	0,280395	9	18,63441878
	5,057664719	0,0015	0,308435	10	20,49786066
	5,057664719	0,0015	0,339278	11	22,54764672
	5,057664719	0,0015	0,373206	12	24,80241139
	5,057664719	0,0015	0,410526	13	27,28265253
	5,057664719	0,0015	0,451579	14	30,01091779
	5,057664719	0,0015	0,496737	15	33,01200956
	5,057664719	0,0015	0,546411	16	36,31321052
	5,057664719	0,0015	0,601052	17	39,94453157
	5,057664719	0,0015	0,661157	18	43,93898473
	5,057664719	0,0015	0,727273	19	48,3328832
	5,057664719	0,0015	0,8	20	53,16617152
				Total5 (DA)	497896,9479

	Montant (Da)	Année		Montant Da	Année
Frais d'entretien et d'assurance	1862445,58		1	1550,96	1
	Ligne	1862445,58	2	Stations	1550,96
		1862445,58	3		1550,96
		1862445,58	4		1550,96
		1862445,58	5		1550,96
		3724891,16	6		2423,375
		3724891,16	7		2423,375
		3724891,16	8		2423,375
		3724891,16	9		2423,375
		3724891,16	10		2423,375
		4842358,51	11		2908,05
		4842358,51	12		2908,05
		4842358,51	13		2908,05
		4842358,51	14		2908,05
		4842358,51	15		2908,05
		6704804,09	16		3392,725
		6704804,09	17		3392,725
		6704804,09	18		3392,725
		6704804,09	19		3392,725
		6704804,09	20		3392,725
	Total6	85672496,7		Total7	51375550
	Total=Total1+Total2+Total3+Tot	461364597,6			
	Total d'ex potation=Total1+Total2+Total3+Total4+Total5+Total6+Total7	598910541,2			

❖ **QUANTITE TRANSPORTER PENDANT LA DUREE DE VIE DU PROJET :**

Facteur de marche actualisé	Année	Quantités Transportés (M ³)
0,130806393	1	229172,7999
0,143887032	2	252090,0799
0,158275735	3	277299,0879
0,174103309	4	305028,9967
0,191513639	5	335531,8964
0,210665003	6	369085,086
0,231731504	7	405993,5946
0,254904654	8	446592,9541
0,28039512	9	491252,2495
0,308434632	10	540377,4745
0,339278095	11	594415,2219
0,373205904	12	653856,7441
0,410526495	13	719242,4185
0,451579144	14	791166,6604
0,496737058	15	870283,3264
0,546410764	16	957311,659
0,601051841	17	1053042,825
0,661157025	18	1158347,107
0,727272727	19	1274181,818
0,8		1401600
		Total (m ³)
		13125872

RECAPUTULATIFS DES RESULTATS :

Coût total d'exploitation (Da)	598910541
Coût total d'investissement (Da)	1357495232
quantités transportés total (m ³)	13125872
coût total (Da)	1956405773
coût de revient technique (Da/m ³)	138

II. Diamètre de 10'' :

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT :

1.Étude	Montant (milliers Da)
Étude de base	9594
Étude de détaillée	43400
Total1	52994

2. Fournitures Transport et Revêtement Tubes	Montant (Da/ml)
Fournitures Tubes	2726,149893
Inspection Fabrication Tubes en Usine	81,47637549
Transport Tubes	461,5240005
Prix revêtement	2172,772277
Total/ml	5441,922547
Total 2(Da)	422527192,3

3.Travaux de pose	Montant (Da/ml)
Installation Chantier	147,3680912
Manutention/Transport Tubes sur Site	107,1562852
Piquetage/Ouverture Piste	439,7355558
Ouverture Tranchée	1001,403685
Bradage/Cintrage/Prealignement	310,3960396
Soudage/Raccordement	1531,658103
Radiographie à 100%	293,7774157
Revêtement joint mise en fouille	934,8915904
Ramblais (y compris lit de pose)	626,337887
Remise en Etat des lieux et Bornage	212,4702344
Points spéciaux	910,6028324
Montage des ouvrages concentrés	1561,661862
Essais Hydrostatiques	260,5025692
Total	8337,962151
Total 3 (Da)	647384395,3

4.Protection Cathodique	Montant(milliers Da)
Étude	1989
Fourniture	3393
Travaux	4446
Total 4	9828

5. Poste de Sectionnement	Montant (Da)
Poste de Sectionnement	3142285,714
Total 5	21996000

Coût de la ligne (Da)	1091970410
------------------------	------------

6. Ouvrages concentrés	Montant(Da)
Terminal Départ GPL	138142000
Terminal Arrivée Berrahal	28256000
Gare racleurs	1570000
Pièces de Rechange	15698000
Frais d'une Station de pompage intermédiaire	653997000
Frais des Stations de pompage intermédiaire	0
Total6	183666000

7. Autres	Montant(milliers Da)
Supervision Construction	27280
Supervision mise en Service	11904
Formation	17980
Assurance	22310
Intérêt Intercalaire	7203
Frais du personnel du maître d'ouvrage	4913
Commissions	900
Investissement d'Exploitation	92491
Indemnisation Riverain	50000
Équipement	193870
Total 7 (Da)	428851000
Total=Total1+Total2+Total3+Total4+Total5+Total6+Total7	1704487410

FRAIS D'EXPLOITATION PENDANT LA DUREE DE VIE DU PROJET :

Exploitation du terminal de départ	Nombre	Salaire	Montant/Mois	Montant/an	Année	Montant Milliers Da
Chef de ligne	1	75000	75000	900000	1	7986
Mécanicien	1	68000	68000	816000	2	8784,6
Exploitants	3	68000	204000	2448000	3	9663,06
Ingénieur protection Cathodique	1	68000	68000	816000	4	10629,366
secrétaire	1	30000	30000	360000	5	11692,3026
Chauffeur	1	40000	40000	480000	6	12861,53286
Agent du poste de sectionnement	4	30000	120000	1440000	7	14147,68615
	Total		605000	7260000	8	15562,45476
					9	17118,70024
					10	18830,57026
					11	20713,62729
					12	22784,99001
					13	25063,48902
					14	27569,83792
					15	30326,82171
					16	33359,50388
					17	36695,45427
					18	40364,9997
					19	44401,49967
					20	48841,64963
					Total1 (Da)	457398146

Exploitation d'une station de pompage intermédiaire	Nombre	Salaire	Montant/Mois	Montant/an	Année	Montant Milliers Da
Mécanicien	1	68000	68000	816000	1	5174,4
Exploitants	3	68000	204000	2448000	2	5691,84
Agent du poste de sectionnement	4	30000	120000	1440000	3	6261,024
	Total		392000	4704000	4	6887,1264
					5	7575,83904
					6	8333,422944
					7	9166,765238
					8	10083,44176
					9	11091,78594
					10	12200,96453
					11	13421,06099
					12	14763,16708
					13	16239,48379
					14	17863,43217
					15	19649,77539
					16	21614,75293
					17	23776,22822
					18	26153,85104
					19	28769,23615
					20	31646,15976
					Total2 (Da)	0

Exploitation du terminal d'arrivée		Nombre	Salaires	Montant/Mois	Montant/an	Année	Montant Milliers Da
Mécanicien	1	68000	68000	816000	1	5174,4	
Exploitants	3	68000	204000	2448000	2	5691,84	
Agent du poste de sectionnement	4	30000	120000	1440000	3	6261,024	
Total			392000	4704000	4	6887,1264	
					5	7575,83904	
					6	8333,422944	
					7	9166,765238	
					8	10083,44176	
					9	11091,78594	
					10	12200,96453	
					11	13421,06099	
					12	14763,16708	
					13	16239,48379	
					14	17863,43217	
					15	19649,77539	
					16	21614,75293	
					17	23776,22822	
					18	26153,85104	
					19	28769,23615	
					20	31646,15976	
					Total3 (Da)	296363757,4	

Exploitation d'un poste de sectionnement		Nombre	Salaires	Montant/Mois	Montant/an	Année	Montant Milliers Da
Agent du poste de sectionnement	4	30000	120000	1440000	1	1440	
					2	1584	
					3	1742,4	
					4	1916,64	
					5	2108,304	
					6	2319,1344	
					7	2551,04784	
					8	2806,152624	
					9	3086,767886	
					10	3395,444675	
					11	3734,989143	
					12	4108,488057	
					13	4519,336862	
					14	4971,270549	
					15	5468,397604	
					16	6015,237364	
					17	6616,7611	
					18	7278,43721	
					19	8006,280931	
					20	8806,909025	
					Total4 (Da)	82475,99927	

	Pabs	R (MilliersDa/Kwh)	Facteur de marche	Année	Montant Milliers Da
Coût d'Énergie	1,512487968	0,0015	0,130806393	1	2,599658269
	1,512487968	0,0015	0,143887032	2	2,859624096
	1,512487968	0,0015	0,158275735	3	3,145586505
	1,512487968	0,0015	0,174103309	4	3,460145156
	1,512487968	0,0015	0,191513639	5	3,806159671
	1,512487968	0,0015	0,210665003	6	4,186775639
	1,512487968	0,0015	0,231731504	7	4,605453203
	1,512487968	0,0015	0,254904654	8	5,065998523
	1,512487968	0,0015	0,28039512	9	5,572598375
	1,512487968	0,0015	0,308434632	10	6,129858213
	1,512487968	0,0015	0,339278095	11	6,742844034
	1,512487968	0,0015	0,373205904	12	7,417128437
	1,512487968	0,0015	0,410526495	13	8,158841281
	1,512487968	0,0015	0,451579144	14	8,974725409
	1,512487968	0,0015	0,496737058	15	9,87219795
	1,512487968	0,0015	0,546410764	16	10,85941774
	1,512487968	0,0015	0,601051841	17	11,94535952
	1,512487968	0,0015	0,661157025	18	13,13989547
	1,512487968	0,0015	0,727272727	19	14,45388502
	1,512487968	0,0015	0,8	20	15,89927352
				Total5 (D)	148895,426

		Montant Da	Année	Montant Milliers Da	Année
Frais d'entretien et d'assurance		2729926,024	1	1550,96	1
	Ligne	2729926,024	2	1550,96	2
		2729926,024	3	1550,96	3
		2729926,024	4	1550,96	4
		2729926,024	5	1550,96	5
		5459852,048	6	2423,375	6
		5459852,048	7	2423,375	7
		5459852,048	8	2423,375	8
		5459852,048	9	2423,375	9
		5459852,048	10	2423,375	10
		7097807,662	11	2908,05	11
		7097807,662	12	2908,05	12
		7097807,662	13	2908,05	13
		7097807,662	14	2908,05	14
		7097807,662	15	2908,05	15
		9827733,686	16	3392,725	16
		9827733,686	17	3392,725	17
		9827733,686	18	3392,725	18
		9827733,686	19	3392,725	19
		9827733,686	20	3392,725	20
	Total6 (Da)	125576597,1		Total7 (Da)	51375550
	Total=Total1+Total2+Total3+Total4	296577551			
	Total d'exploitation=Total1+Total2+Total3+Total4+Total5+Total6+Total7		473678593,6		

**QUANTITE TRANSPORTER PENDANT LA DUREE DE VIE DU
PREOJET :**

Facteur de marche actualisé	Année	Quantités Transportés (M ³)
0,130806393	1	229172,7999
0,143887032	2	252090,0799
0,158275735	3	277299,0879
0,174103309	4	305028,9967
0,191513639	5	335531,8964
0,210665003	6	369085,086
0,231731504	7	405993,5946
0,254904654	8	446592,9541
0,28039512	9	491252,2495
0,308434632	10	540377,4745
0,339278095	11	594415,2219
0,373205904	12	653856,7441
0,410526495	13	719242,4185
0,451579144	14	791166,6604
0,496737058	15	870283,3264
0,546410764	16	957311,659
0,601051841	17	1053042,825
0,661157025	18	1158347,107
0,727272727	19	1274181,818
0,8	20	1401600
Total (m ³)		13125872

RECAPUTULATIFS DES RESULTATS :

Coût total d'exploitation (Da)	473678593
Coût total d'investissement (Da)	1704487410
quantités transportés total (m ³)	13125872
coût total (Da)	2178166003
coût de revient technique (Da/m ³)	152

