

9/92

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

GENIE HYDRAULIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDE

sujet

**Elaboration d'Une Methodologie
pour l'Estimation des Couts de
Conception et de Réalisation
des Réseaux d'Assainissement
sur la Base d'un
Avant-Projet Sommaire**

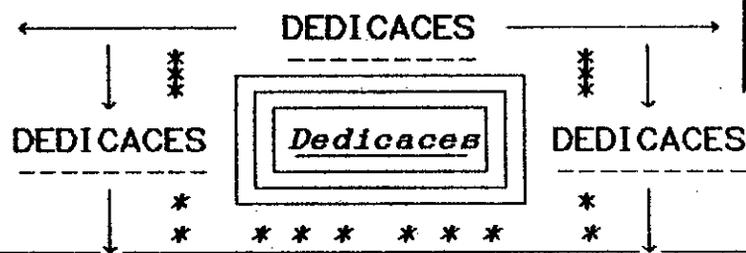
Proposé Par :
M. CHERRERED

Etudié Par :
MAACHE MUSTAPHA
MESSAOUDI SAID

Dirigé Par :
M. CHERRERED

PROMOTION : 1991 / 92





**-Je me fais le plaisir de dédier le fruit de mes labeurs et la récolte de mes efforts en témoignage de mon profond respect;*

- *—> A celle qui a toujours su me consoler dans les moments difficiles de ma vie studentine ; **MA MERE***
- *—> A celui qui a soufflé en moi, dès mon jeune age, l'amour des études; **MON PERE***
- *—> A tous les membres de ma famille particulièrement ma soeur unique.*
- *—> A celle que le destin me réserve ; **MA FUTURE EPOUSE***
- *—> A tous mes amis(es)*
- *—> A tous les Hydrauliciens de mon pays surtout ceux de l'ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE.*

MESSAOUDI said

**-Je dédie ce modeste travail*

- *—> A la mémoire de **MON PERE***
- *—> A **MA MERE** et à **MA MERE** et encore à **MA MERE***
- *—> A mes Soeurs (Malika, Zakia, Zoubida, Zahia, Fatouma)*
- *—> A mes frères Allaoua, Omar, Amar*
- *—> A mes nièces (Samia)², Souad, Bahia, Karima, Nadia, Nassima.*
- *—> A mes neveux; Wicky, Toutou, Ahmed, Mourad, Yazid, Rachid, Yahia, Kamel, Ali, Amirouche, Rabah, Hakim , Kader, Mohand*
- *—> A Celle que le destin a choisi d'être ma fidèle **COMPAGNE***
- *—> A mes Cousines et Cousins Rafik , amirouche ,...*
- *—> A mes amis(es) de USTHB notamment ceux de G.C et HYD.*
- *—> A mes collègues et amis(es) de l'E.N.P promotion 1992*
- *—> A mes copains Hamou, Karim, Nazih, Mourad (Joe), Adjae, Menad Nadir, Halim, Akli, Salah, Kamal, makhloûf, Hamidou, Alilou*
- *—> A tous ceux qui ont contribué à ma formation(**ENP/USTHB**)*

*Sincèrement et Amicalement votre : **MAACHE Mustapha***

RESUME

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

RESUME

Le travail exposé dans ce rapport de P.F.E consiste à définir des méthodes de calcul du cout nécessaire à l'étude et la réalisation d'un réseau d'assainissement sur la base d'un AVANT-PROJET SOMMAIRE (A.P.S), puis d'élaborer un outil informatique prototype correspondant à l'utilisation de ces méthodes, et enfin de définir l'impact de la variation des paramètres de conception sur le cout.

Nous espérons que cette tentative puisse contribuer à lever l'impasse de la prévision des dépenses que vit notre pays en matière d'assainissement et qui engendre très souvent la mauvaise gestion des budgets.

SUMMARY

This final studies project report consist to define the reckoning cost's methods necessary in studing and realising "the Cleanser Net System" founded in a summary forward project, then to elaborate an informatique means similar corresponding to the use of these methods. finally, to define the effect of the variation into the conceptique parametres over the cost.

We wish that this attempt will contribute to raise the financial dead lock affecting our country in matter of "cleansing" (assainissement) caused by the expendditure bad forecasting that often begets the bad gestion.

ملخص

الدراسة المقترحة في هذه الأطروحة لتبني لشهادة مهندسين تولى
تحتوي على النقاط التالية:
← تحديد طرق مناسبة لحساب ثمن تكلفتنا الدراسة وانجازنا
شبكة تطهير من المياه (المستعملة + المطر) وذلك بالاعتماد
على ما قبل المشروع المختصر (A.P.S) لدراسة طرق الحساب
← إعداد أداة إحصائية توجية ملائمة لدراسة طرق الحساب
تلك
← دراسة أثر تغير عوامل التنظيم على ثمن التكلفة.
نرجو أن تكون هذه المحاولة قد ساهمت ولو نسبياً في حل
المشكلة المالية التي تعيثها بلادنا خاصة في ميدان
التطهير من المياه (للمستعملة + المطر) والراجع إلى التوقع السيئ
للمهاريق.

* * *
* TABLE DES MATIERES *
* * *

	Page
<u>INTRODUCTION</u>	08
Chap I - <u>GENERALITES</u>	10
I-1 - LES DIFFERENTS NIVEAUX D'APPROCHE DU COUT	10
I-1-1- <i>Point de départ</i>	
I-1-2- <i>Le programme</i>	
I-1-3- <i>Avant projet sommaire (A.P.S)</i>	
I-1-4- <i>Avant projet détaillé</i>	
I-2 - POURQUOI PHASE A.P.S	12
I-3 - OBJECTIF DE L'ETUDE	13
I-4 - LES DIFFERENTS COUTS	14
I-5 - SCHEMA GENERAL DE L'ETUDE	15
Chap II - <u>PREVISION DES DEPENSES</u>	16
II-1-LES ELEMENTS DISPONIBLES AU NIVEAU DE L'A.P.S	16
II-1-1- <i>Le dossier descriptif</i>	
II-1-2- <i>Les plans</i>	
II-1-3- <i>Les dimensions</i>	
II-1-3-1- <i>Methode approchée</i>	
II-2- LES ELEMENTS DE DEPENSES	18
II-3- LES DEPENSES COMPOSEES	19
II-3-1- <i>Dépenses de terrassement</i>	
II-3-2- <i>Dépenses de fourniture</i>	
II-3-3- <i>Dépenses de mise en oeuvre</i>	
II-4- INDICATEURS ECONOMIQUES DE DEPENSES	20
II-4-1- <i>Indicateurs relatifs aux descriptifs</i>	
II-4-2- <i>Indicateurs relatifs au tracé</i>	
II-4-3- <i>Indicateurs relatifs aux dimensions</i>	

PREMIERE PARTIE

Chap III- COUT DE L'ETUDE DE CONCEPTION	22
III-1-INTRODUCTION	22
III-2-METHODES DE CALCUL	22
III-2-1- <i>Méthode faisant intervenir le nombre d'intervenants</i>	
III-2-2- <i>Méthode faisant intervenir les taches</i>	
III-3-SYNTHESE	25
III-3-1- <i>Durée de l'étude "D"</i>	
III-3-1-1- <i>Durée projet courant (dc)</i>	
III-3-1-2- <i>Coéfficient (majorateur, minorateur)</i>	
III-3-1-3- <i>Le prix unitaire (/jour d'étude)</i>	
Chap IV - COUT DES TRAVAUX PREPARATOIRES	29
IV-1-INSTALLATION DE CHANTIER	29
IV-1-1- <i>Définition</i>	
IV-1-2- <i>Cout de l'opération</i>	
a) <i>Barraquement pour bureaux, gardinage, atelier, dépôt...</i>	
b) <i>Pose des clôtures</i>	
c) <i>Frais divers</i>	
IV-1-3- <i>Estimation forfaitaire</i>	
IV-2-RELEVES TOPOGRAPHIQUES SIMPLES SUR CHANTIER	34
IV-2-1- <i>Définition</i>	
IV-2-2- <i>Cout de l'opération</i>	
IV-3-REALISATION DES SONDAGES	34
IV-3-1- <i>Définition</i>	
IV-3-2- <i>Cout de l'opération</i>	
IV-4-DESSOUCHAGE ET ABATTAGE D'ARBRES	35
IV-4-1- <i>Définition</i>	
IV-4-2- <i>Cout de l'opération</i>	
IV-5-DEBROUSSAILLAGE ET DECAPAGE	36
IV-5-1- <i>Définition</i>	

IV-5-2- <i>Coût de l'opération</i>	
IV-6-DEPLACEMENT EVENTUEL D'UN RESEAU EXISTANT	
IV-6-1- <i>Définition</i>	
IV-6-2- <i>Coût de l'opération</i>	
IV-7-DRAINAGE PREALABLE DES EAUX	
IV-7-1- <i>Définition</i>	
IV-7-2- <i>Coût de l'opération</i>	

Chap V - COUT DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

V-1-METHODES ET MOYENS D'APPROCHE DES DIFFERENTES QUANTITES DE MESURE	42
V-1-1 <i>Nature du sol</i>	
V-1-2 <i>Le type de terrassement</i>	
V-1-3 <i>Technique à utiliser</i>	
V-1-4- <i>Volume de terrassement</i>	
V-1-4-1-Cas d'une zone urbanisée	
V-1-4-2-Cas d'une zone vierge (non urbanisée)	
V-A-TERRASSEMENT EN TRANCHEE	44
V-A-1- <i>Excavation des fouilles</i>	44
V-A-1-1-Définition	
V-A-1-2-Coût de l'opération	
a) Terrassement en déblais à l'engin mécanique pour creusement des tranchées [terrains non rocheux]	
b) Terrassement en déblais à l'engin mécanique [terrains rocheux]	
c) Terrassement en déblais à la main	
V-A-2- <i>Blindage et talutage</i>	45
V-A-2-1-Introduction	
V-A-2-2-Coût de l'opération	
V-A-3- <i>Evacuation des déblais</i>	46
V-A-3-1-Définition	
V-A-3-2-Coût de l'opération	
V-A-4- <i>Remblaiement avec matériaux de déblais</i>	47
V-A-4-1-Coût de l'opération	
V-A-5- <i>Remblaiement avec matériaux d'apport</i>	

V-A-5-1-Coût de l'opération

V-B-TERRASSEMENT EN TUNNEL 48

V-B-1- Introduction

α)-Exécution des puits verticaux

α)-1-cout de l'opération

β)-Exécution des tunnels

β)-1-Introduction

β)-2-cout de l'opération

Chap VI - COUT DES CANALISATIONS ET ACCESSOIRES 51

VI-1-ASSECHEMENT DE LA TRANCHEE 51

VI-1-1- Methode de calcul

VI-1-1- Unité de mesure

VI-2-LIT DE POSE 53

VI-2-1- Définition

VI-2-1- Méthodes de calcul

VI-3-POSE DE CANALISATION 55

VI-3-1- La forme

VI-3-1- Dimension

VI-3-1- Nature des matériaux constitutifs

VI-3-1- Technique de mise en oeuvre

VI-3-1- Quantité de mesure

VI-4-CONTROLE APRES POSE 56

VI-4-1- Controle des canalisations

VI-4-2- Controle des joints

VI-4-3- Controle des regards et branchements

VI-4-4- Controle du compactage

Chap VII- COUT DES OUVRAGES ANNEXES 61

VII-1-DETERMINATION DES QUANTITES DE MESURE 61

VII-2-1- Méthode et moyens d'approches

a)-Nombre de branchement particulier

b)-Nombre de bouches d'égouts

c)-Nombre d'ouvrage d'accès au réseau

d)-Nombre de tompans

VIII-2-PREVISION DES OUVRAGES PARTICULIERS	63
VII-2-1- Les déversoirs d'orage	
VII-2-2- Les bassins de déssablement	
VII-2-3- Siphons	
VII-2-4- Les bassins de retenue ou d'infiltration	
VII-2-5- Bassins de rétention de pollution	
VII-2-6- Poste de relèvement ou de refoulement	
VII-2-7- Réservoir de chasse	
VII-2-8- Stations d'épuration des eaux usées	

Chap VIII-COUT DES TRAVAUX DE REFECTIONS 67

VIII-1-DEMOLITION DE LA CHAUSSEE, TROTTOIRS ET CANIVEAUX	67
VIII-1-1- Démolition de la chaussée ou trottoirs	
VIII-1-2- Démontage des bordurettes et canivaux	
VIII-2-DEMOLITION ET REPARATION DES COLLECTEURS DEFAILLANTS	69
VIII-3-REFECTION DE LA CHAUSSE, TROTTOIRS ET CANIVAUX	69
VIII-3-1- Refection de la chaussée	
VIII-3-1-1- Coût de l'opération	
VIII-3-2- Refection du trottoir	
VIII-3-2-1- Coût de l'opération	
VIII-3-3- Refection des bordures, bordurettes (canivaux)	
VIII-3-3-1- Coût de l'opération	
VIII-4-PLANS DE RECOLLEMENT DES TRAVAUX	71
VIII-4-1- Introduction	
VIII-4-2- Cout de l'opération	

DEUXIEME PARTIE

SYSTEME INFORMATIQUE DE CALCUL DES COUTS	74
I-1- INTRODUCTION	74
I-2- CARACTERISTIQUES GENERALES	74
I-2-1- Définitions et notations	

- a) Tronçons
- b) Tâches
- c) Modalités

I-2-2- *Processus du système informatique*

I-3- DIFFERENTS NIVEAUX D'ESTIMATION	76
I-4- FONCTIONNEMENT DU SYSTEME	79
I-4-1- <i>Introduction des données</i>	
I-4-2- <i>Les fichiers</i>	
a) Fichier modalités	
β) Fichier prix unitaires	
γ) Fichier quantités	
λ) Fichiers variables	
I-5- STRUCTURE GENERALE DU SYSTEME	80
I-6- ORGANIGRAMME GENERAL DE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME	83

TROISIEME PARTIE

ETUDE DE LA RELATION PARAMETRES DE CONCEPTION - COUT 89

I- INFLUENCE DES PARAMETRES DE CONCEPTION SUR LE COUT DE L'ETUDE	90
I-1- <i>Influence temporelle</i>	91
I-1-1- Influence de la durée d'intervention de l'Ingénieur	
I-1-2- Influence de la durée d'intervention du Technicien	
I-1-3- Influence de la durée d'intervention du Dessinateur	
I-1-4- <i>Interprétation.</i>	94
I-1-5- <i>Conclusion.</i>	96
I-2- <i>Influence numérique des intervenants</i>	97
I-2-1- Influence du nombre d'Ingénieurs	
I-2-2- Influence du nombre de Techniciens	
I-2-3- Influence du nombre des Dessinateurs	
I-2-4- <i>Interprétation et conclusion</i>	99
I-3- <i>Comparaison des résultats et conclusion</i>	102

II- INFLUENCE DE LA LONGUEUR DU RESEAU SUR LE COUT

DE REALISATION

II-1- *Introduction*

II-2- *Description sommaire du réseau de BLIDA*

II-3- *Algorithme*

II-4- *Interprétation et conclusion*

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE

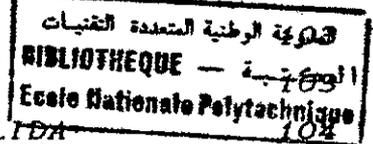
105

109

114

118

120



INTRODUCTION

La décision d'assainir une zone d'habitation dépend de nombreux critères. Parmi lesquels le critère de choix économique est sans doute prépondérant.

Le rôle du technicien sera de fournir à la collectivité locale (représentée par ses élus) ces critères de choix techniques et économiques.

Or, il apparaît souvent que ces critères sont fournis lorsque le projet est très avancé, que la décision d'aménagement est déjà prise.

D'où l'importance et la stratégie de cette étude qui consiste à établir un moyen d'estimation du coût d'un projet de conception et de réalisation d'un réseau d'assainissement à une phase préliminaire qu'est l'avant projet sommaire A.P.S .

L'intérêt de cette étude peut consister à connaître les conséquences financières de tel ou tel choix afin de maîtriser les problèmes budgétaires (évaluation objective) ou permettre la comparaison aisée de plusieurs solutions d'aménagement et la possibilité de faire un choix économique (évaluation comparative).

Selon la nature et l'importance du projet étudié l'estimation du coût de réalisation à une étape préliminaire de conception peut présenter de grandes incertitudes.

Le problème essentiel à aborder est double; il réside dans les deux difficultés suivantes:

- l'évaluation quantitatives de certains paramètres de mesure liés au projet et qui influent directement sur le coût.

- la non disponibilité, dans notre pays, de quelques prix élémentaires nécessaires à l'approche du coût.

Notre objectif n'est pas de fournir des résultats de coûts des équipements d'assainissement mais de proposer des moyens et des méthodes

GENERALITES

Avant d'entrer dans le détail du problème c'est -à-dire dans l'exposé des méthodes d'estimation du coût, nous avons jugé nécessaire de présenter un peu globalement quelques notions caractéristiques liées de près ou de loin au problème du coût d'une opération d'aménagement.

I-1: LES DIFFERENTS NIVEAUX D'APPROCHE DU COUT

Quelque soit le type de projet, un des problèmes fondamentaux qui se pose à l'aménageur est la connaissance de son coût le plus en amont possible de sa conception.

Un problème qui paraît insoluble étant donné le manque de données rencontrées.

La conception d'une opération d'aménagement s'effectue en différentes étapes au cours de chacune d'elles le projet est entièrement défini avec un degré de précision fixe (fig1)

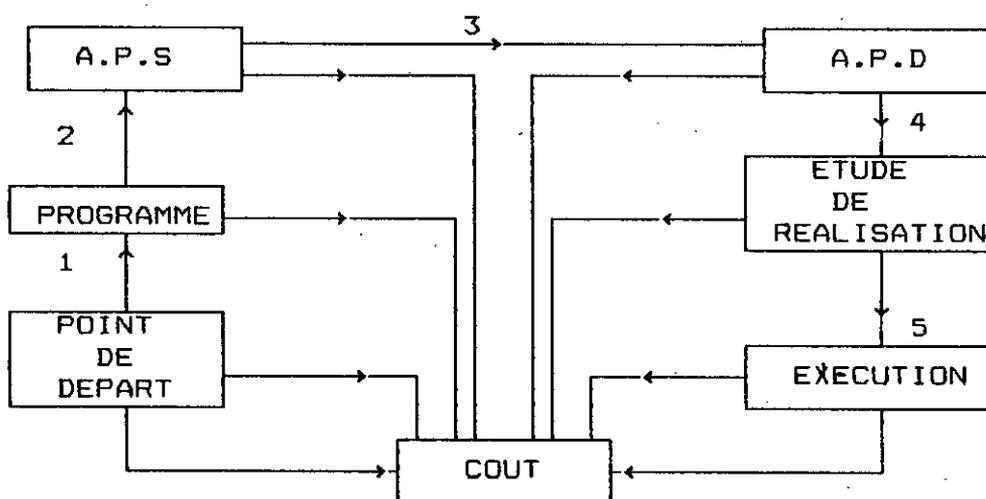


fig1

Une estimation du coût doit se faire à chaque phase du processus

de conception afin de prévoir (même approximativement) les conséquences budgétaires qui peuvent être engendrées par des variations de quelques "indicateurs économique" variables dans le temps, dues par exemple à des modifications techniques imprévues.

I-1-1: **POINT DE DEPART**

c'est une première étape à laquelle apparaît l'idée ou le besoin de concevoir. A ce niveau, on n'a qu'une idée globale de l'opération.

I-1-2: **LE PROGRAMME**

Le programme est considéré comme la formalisation des désirs du maître de l'ouvrage. Il doit contenir des descriptions qualitatives et quantitatives de la commande en terme d'objectifs tout en respectant les besoins et les contraintes.

Le bilan de cette phase se termine par une définition détaillées de l'ouvrage comprenant deux catégories d'éléments:

- *Les éléments constatés: ensemble de données et contraintes;
- *Les éléments imposés: ensemble de besoins et exigences;

La traduction de ces divers éléments conduit à choisir des quantités très utiles pour les évaluations;

- surface du terrain;
- nombre de logements concernés;
- nombre d'habitants desservis;
- nature et état du sol.

Dans certains cas on pourra peut-être avoir des hypothèses raisonnables sur:

- les équipements (type);
- temps de réalisation (fourchette);
- les dimensions du réseau.

C'est à partir de cet ensemble d'informations que peut se faire une estimation du coût d'objectif, mais avec des incertitudes considérables vu le manque de paramètres de mesure valables.

I-1-3: **AVANT PROJET SOMMAIRE (A.P.S)**

Sur la base du programme , le maitre d'oeuvre établit un A.P.S en effectuant des recherches et études dans le but de le traduire graphiquement et d'en dégager les possibilités technique les mieux adaptées aux besoins.

Elles portent sur;

- les contraintes d'environnement de l'opération dans l'espace et dans le temps.
 - un programme éventuel de reconnaissances(sondage et étude du sol) et l'appréciation des résultats de ces reconnaissances.
 - une solution d'ensemble à retenir pour l'ensemble des ouvrages ainsi que leur répartition et leur liaison dans le temps. Le choix d'une solution d'ensemble préconisée doit être justifié notamment par référence à la notion du coût global.
- Du point de vue de l'ouvrage, nous sommes ici dans la phase primordiale des choix techniques et des prédimensionnements.

I-1-4: **AVANT PROJET DETAILLE (A.P.D) ET PROJET.**

Ses étapes se caractérisent par une précision définitive apportée aux choix effectués lors de l'A.P.S.

A ce stade tous les paramètres et données nécessaires à la réalisation de l'opération sont établis. On ne parle plus d'estimation de coût mais "d'évaluation réelle".

I-2: **POURQUOI PHASE A.P.S ?**

Les raisons de ce choix s'appuient sur les points principaux suivants;

- comme il a été vu précédemment , la phase A.P.S est le moment privilégié de la conception, c'est -à -dire le moment où sont effectués les principaux choix conditionnant la suite des études. C'est à ce moment que l'étude des variantes peut s'effectuer avec le maximum d'efficacité , le nombre d'éléments ou d'informations ou directement sous-entendus n'est encore pas très important, l'homogénéité est ainsi plus facile à vérifier.

Plus tard au niveau de l'A.P.D, il sera en général TROP TARD pour mettre en cause des décisions prises auparavant.

Le temps d'études supplémentaires et leurs coûts constituent

souvent des éléments redhibitaires. C'est donc dès ce stade - et non seulement à celui de l'A.P.D - que l'on doit faire porter les efforts de l'aide à la connaissance du coût de réalisation d'un projet futur.

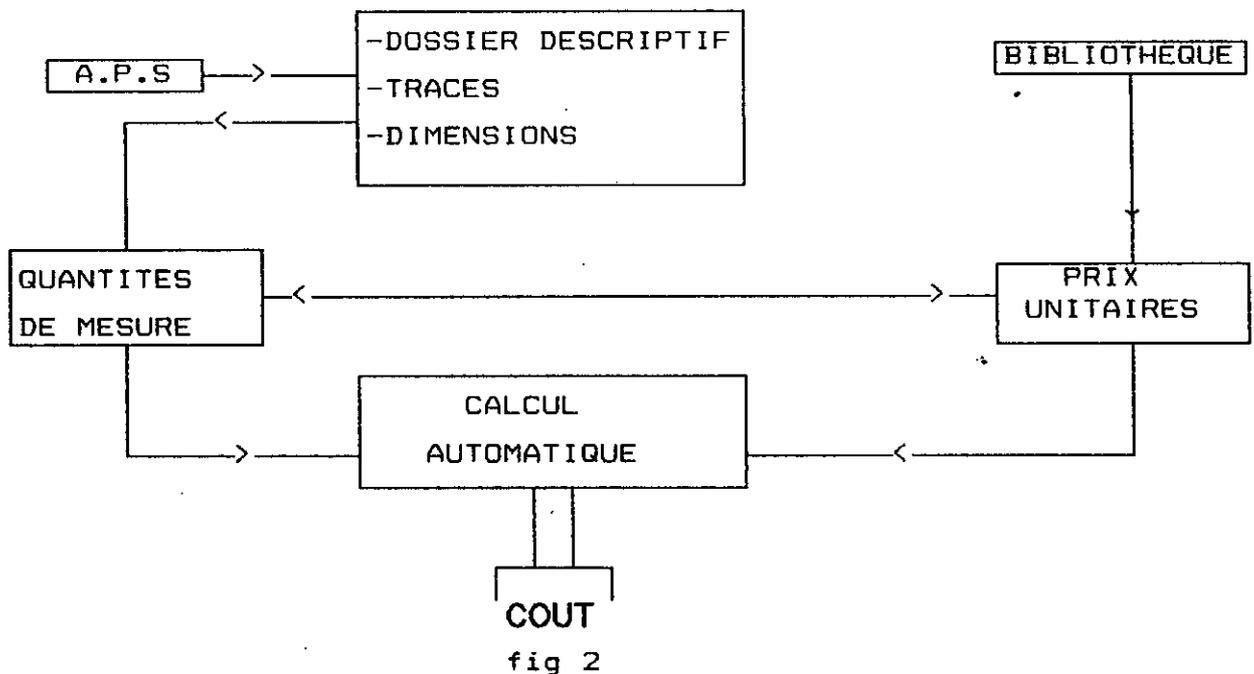
I-3: **OBJECTIFS DE L'ETUDE**

Nous voudrions fournir un élément de calcul du coût aux collectivités locales avant les décisions. Nous avons pensé à chercher une méthode ou un moyen de quantification du maximum de paramètres de mesure sur la base des données disponibles à l'étape l'A.P.S (tracé en plan, dimensions...).

Le but essentiel est d'établir un système informatique qui permettrait le calcul du coût total avec le plus de souplesse possible.

Le calcul se fera par simples combinaisons entre paramètres de mesure et prix unitaires correspondant.

Ces derniers seront fournis par une bibliothèque de prix unitaires (bordereaux) (fig2)



I-4 : **LES DIFFERENTS COUTS**

Il faudrait savoir que le coût global d'une opération de drainage par réseaux d'assainissement est composée de plusieurs composantes à savoir:

-LE COUT D'INVESTISSEMENT: correspond au coût des études et des travaux associé à un projet bien défini dans l'espace.

-LE COUT FINANCIER : représente essentiellement les intérêts des emprunts contractés par la commune pour la réalisation de de l'équipement.

-LE COUT D'ENTRETIEN : correspond au coût des entretiens courants et les réparations.

Ces trois coûts ne sont pas indépendants, leur importance respective dépend de la "stratégie de l'opération".

En réalité si la connaissance minimum du coût global (investissement, financier, entretien) est, souhaitable, il faut bien admettre sa difficulté à une étape de conception comme l'A.P.S.

Néanmoins, notre travail sera orienté vers l'estimation du coût d'investissement (étude+réalisation) qui, généralement conditionne les prises de décisions de continuité ou d'arrêt de l'opération, donc les autres coûts en dépendent. (fig3)

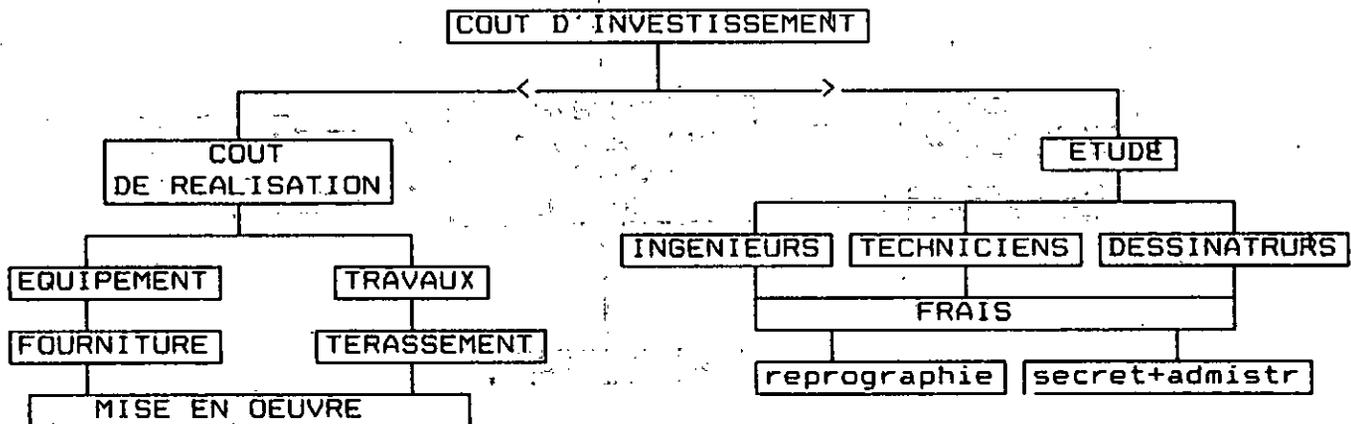


fig 3

CHAPITRE II

PREVISION DES DEPENSES

II-1 LES ELEMENTS DISPONIBLES AU NIVEAU DE L'A.P.S

A la phase sommaire l'aménageur n'aura entre ses mains comme données disponibles que trois types:

- Un descriptif sommaire;
- Les plans;
- Les dimensions.

II-1-1 LE DOSSIER DESCRIPTIF

Il contient une description sommaire du futur projet de point de vue destination, site et équipement. Les ouvrages et éléments constitutifs sont définis en terme de besoin.

II-1-2 LES PLANS

En assainissement, seul le tracé en plan peut être disponible à lequel on peut rajouter les croquis et coupes des ouvrages types. On peut s'inspirer, par ailleurs, des profils en longs et en travers des réseaux déjà réalisés lorsque le futur réseau leur ait spatialement voisin.

II-1-3 LES DIMENSIONS

Un prédimensionnement est déjà fait au stade de l'A.P.S. Celui-ci permet d'évaluer le diamètre approximatif de conduites en se basant sur l'une des méthodes suivantes:

- Méthode rationnelle;
- Méthode de caquot;...

II-1-3-1 METHODE APPROCHEE

Nous nous proposons d'exposer la méthode rationnelle

$$D = [(n/k_3) \times Q_p / \sqrt{I}]^{3/8}$$

n:coefficient de manning

$k_3 = 0.3117$:(coefficient d'homogénéité des unités).

Q_p :debit de pointe (m^3/s)

I:pente hydraulique de l'ouvrage en %

./Fixer le diamètre commercial ou normalisé par $DN > D$.

./Calcul des caractéristiques à pleine section ;

$$Q_{ps} = (k_3/n) * DN^{8/3} * \sqrt{I}$$

$$V_{ps} = 4Q_{ps} / 3.14 * DN$$

./Effectuer le rapport $r_q = Q_p / Q_{ps}$ et lire r_v, r_h sur le nomogramme

./Calculer la vitesse effective et la hauteur de remplissage dans la conduite ; $V = r_v * V_{ps}$ et $H = Q_{ps} * r_h$.

./Verifier la compatibilité avec les normes fixées, s'il ya discordance rapporter les corrections nécessaires et procéder aux itérations de calcul jusqu'à obtention d'un résultat satisfaisant.

si $Q_p = 0.1 Q_{ps}$	$0.6 m/s < V < 3 \text{ à } 4 m/s$
-----------------------	------------------------------------

et

si $Q_p = 0.01 Q_{ps}$	$0.3 m/s < V < 3 \text{ à } 4 m/s$
------------------------	------------------------------------

$H > 1/5 DN$

./Calculer le temps de concentration t_c en aval du noeud considéré

$$t_c(\text{aval}) = t_c(\text{amont}) + t_1$$

avec $t_1 = L / (60 * r_v * V_{ps})$ [$t_c(\text{aval})$] = min

L:longueur de la conduite (m)

V_{ps} :vitesse d'écoulement à pleine section (m^3/s)

r_v :rapport lu sur le nomogramme.

./Passer ensuite au noeud suivant en prenant le maximum des deux temps de concentration $t_c(\text{aval})$ calculé et $t_c(\text{aval})$ mesuré.

et ainsi de suite .

II-2 LES ELEMENTS DE DEPENSES

L'analyse plus ou moins détaillée des postes clés de dépenses relatifs à la réalisation d'un réseau d'assainissement, qui rappelons le, sont au nombre de deux;

1-Les équipements :

-éléments préfabriqués;

- Les matériaux;
- Materiel de travail;

2-Les travaux :

nous a permet d'en déduire qu'à la phase de l'A.P.S, la base de données disponibles ne permet pas de déterminer tous les détails des éléments de dépense. Sinon ce n'est plus une estimation sommaire du coût, mais une étude détaillée qu'il est impossible de traiter à ce stade de l'A.P.S .D'ou l'orientation des dépenses suivant les trois axes principaux suivants:

- Les terrassements;
- Fourniture des équipements de construction.
- Mise en oeuvre des équipements et éléments constituant les ouvrages.

L'analyse du coût se fera par référence à des dépenses composées

II-3 **LES DEPENSES COMPOSEES**

On distingue trois types:

II-3-1- **DEPENSES DE TERRASSEMENT:**

Elles comprennent les terrassements en fouille, les déblaiements, les remblaiements et le transport des déblais en dépôt et le transport des matériaux d'apport .

Le prix de revient de ces dépenses est basé sur ;

- *Le coût de la main d'oeuvre nécessaire;
- *Le coût d'utilisation du materiel et engins de terrassement.

II-3-2 - **LES DEPENSES DE FOURNITURE:**

Ce sont les dépenses relatives aux achats et transport des équipements du réseau tel que:

- La fourniture des canalisations, des matériaux et autres éléments préfabriqués.

II-3-3- **DEPENSES DE MISE EN OEUVRE:**

On distingue la mise en oeuvre des matériaux et éléments préfabriqués constituant l'ouvrage.

II-4 **INDICATEURS ECONOMIQUES DE DEPENSE**

Ce sont tous les paramètres permettant la mesure plus ou moins précise des dépenses qui peuvent être engendrées par la réalisation du projet .

II-4-1- **INDICATEURS RELATIFS AU DESCRIPTIF :**

Le dossier descriptif permet d'avoir une idée sur la nature, le type et la destination des éléments de l'opération. Il permet de nous renseigner sur le nombre d'habitants et leur croissance ainsi que leurs besoins, et toutes les caractéristiques de l'urbanisme telles que : -Le pourcentage d'espace revêtu, la nature géologique du sol, localisation géographique.

II-4-2- **INDICATEURS RELATIFS AU TRACÉ :**

Dans notre cas, zone vierge, on ne dispose que du tracé en plan. En plus, on peut avoir les profils en long et en travers des anciens réseaux.

On peut en tirer donc les longueurs moyennes des différents tronçons, la surface d'emprise des travaux ainsi que d'autres paramètres qu'on verra dans les chapitres qui vont suivre, tels que :

- La surface totale du terrain ou du bassin versant;
- La profondeur moyenne du réseau .

II-4-3- **INDIATEURS RELATIFS AUX DIMENSIONS :**

Dans notre cas, on suppose qu'un prédimensionnement est déjà fait. (voir chap II-1-3)

On dispose donc des diamètres des canalisations (On calcul un diamètre moyen par tronçon) ainsi que la capacité moyenne de stockage du réseau.

II-5- **LES QUANTITES DE MESURE ET LEURS UNITES**

Le degré de précision des résultats d'une estimation du coût dépend de celui des données disponibles, ainsi que des paramètres de mesure

Prévision des Dépenses

définis. Leur quantification est exprimée en terme de :

- Volume ———>—— Metre cube du materiau élaboré ;
- Surface ———>—— Metre carré (hectare) couvert ;
- Longueur ———>—— Metre linéaire ;
- Nombre ———>—— Unité ;
- Durée ———>—— Heure ou jour de service ;
- Pourcentage —>—— %

CHAPITRE III

COUT DE L'ETUDE DE CONCEPTION

III-1 INTRODUCTION:

L'étude des projets d'assainissement en Algerie est scindée généralement en trois phases , réparties comme suit;

ETAPE I :ETUDE PRÉLIMINAIRE - SCHÉMA DIRECTEUR.

ETAPE II :TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES.

ETAPE III :PROJET D'EXECUTION;

-III 1 lot canalisation

-III 2 lot génie civil

-III 3 lot électromécanique éventuelle

(pour tout détail se référer à l'annexe)

III-2 MÉTHODES DE CALCUL

Théoriquement, nous savons que pour évaluer la tâche "étude" nous pouvons procéder de différentes méthodes.

Tout dépend des paramètres disponibles ou pouvant être évalués (ap-
chés) au niveau d'un A.P.S et des prix unitaires correspondant.

Nous pouvons donc proposer deux méthodes;

PREMIERE METHODE:Méthode faisant intervenir le nombre d'intervenants

DEUXIEME METHODE:Méthode faisant intervenir les tâches.

III-2-1 METHODE FAISANT INTERVENIR LE NOMBRE D'INTERVENANTS

Nous proposons, à priori, le tableau suivant;

(voir page suivante)

TÂCHE	PARAMÈTRES DE MESURE			COÛT DE L'ÉTUDE (D.A /j)
	INTERVENANT		DURÉE DE L'ÉTUDE (jours)	
	TYPE INTERVENANT	nombre INTERVENANT		
ÉTUDE	ingénieurs	Ning ?	Ding ?	$C_{ing} = N_{ing} \times D_{ing} \times Q_{ing}$
	techniciens	Ntec ?	Dtec ?	$C_{tec} = N_{tec} \times D_{tec} \times Q_{tec}$
	déssinateurs	Ndes ?	Ddes ?	$C_{des} = N_{des} \times D_{des} \times Q_{des}$
	secrétariat administration	ESTIMATION FORFAITAIRE (F.F.T) (Csea)		
	frais de reprographie	ESTIMATION FORFAITAIRE (Cr) (F.F.T)		

TABLEAU DES INTERVENANTS DANS L'ÉTUDE
TABLEAU N°1

REMARQUE 1

L'étude d'un projet d'assainissement fait intervenir les différents types d'intervenants à savoir;

ingénieurs : on peut dénombrer deux sortes d'ingénieurs

INGENIEURS PERMANENTS:

- 1/ ingénieur sur site
- 2/ ingénieur hydrologue
- 3/ ingénieur génie-civil
- 4/ ingénieur hydraulicien

INGENIEURS NON PERMANENTS:

- 5/ ingénieur électronique
- 6/ ingénieur électromécanicien
- 7/ ingénieur électricien

techniciens : On peut dénombrer les techniciens suivants;

- 1/ technicien topographe
- 2/ technicien en canalisation
- 3/ technicien génie civil

déssinateurs : Le plus souvent, l'étude exige deux types de

déssinateurs;soient

1/déssinateur projeteur

2/déssinateur exécuteur

Les frais de secrétariat, d'administration et reprographie sont estimés la plus part du temps forfaitairement.

Le coût de l'étude est donc donné par;

$$\text{COUT(etude)} = \text{Cing} + \text{Ctec} + \text{Cdes} + \text{Csea} + \text{Cr}$$

REMARQUE 2

Dans le cas ou l'entreprise consernées par l'étude ne termine pas son projet d'étude dans les délais fixés, il lui sera appliqué une pénalité de retards.

Le montant total des pénalités est déterminé par la formule suivante:

$$\text{Pr} = (\text{M.N}) / (\text{D}) \quad [\text{Pr}] = (\text{D.A}) / \text{J}$$

P:montant total de la pénalité

M:montant total de la convention

D:delai contractuel exprimé en jour;

N:nombre de journées de retard;

Dans ce cas ,le coût de l'étude sera donné par;

$$\text{COUT total(etude)} = \text{COUT convention(etude)} + \text{Pr} \quad \text{avec}$$

$$\text{COUT convention(étude)} = \text{Cing} + \text{Ctec} + \text{Cdes} + \text{Csea} + \text{Cr} \quad \text{tel que}$$

$$\text{Cing} = \text{Ning} \cdot \text{Ding} \cdot \text{Qing} \quad ; \quad \text{Csea} : \text{f.f.t}$$

$$\text{Ctec} = \text{Ntec} \cdot \text{Dtec} \cdot \text{Qtec} \quad ; \quad \text{Cr} : \text{f.f.t}$$

$$\text{CDES} = \text{Ndes} \cdot \text{Ddes} \cdot \text{Qdes} \quad ; \quad \text{Pr} : \text{pénalité retard}$$

III-2-1-1 INTERPRÉTATION ET CRITIQUE

Comme on le constate, cette méthode est basée sur la définition des intervenants.

Pour estimer le coût de l'étude, on a donc besoin des prix unitaires, du nombre et de la durée d'intervention de chaque type d'intervenant. Les prix unitaires peuvent être connus à l'A.P.S puisque les salaires journaliers respectifs de l'ingénieur, du technicien et du déssinateur sont disponibles dans les bordereaux.

Le problème réside, en revanche, dans les deux autres paramètres du coût à savoir le nombre et la durée d'intervention qui ne sont pas forcément disponibles à l'A.P.S .

A cet egard, nous devons dire qu'il n'existe pas de méthodes stan-

dars pour les évaluer. On ne peut les approcher qu'en s'inspirant de l'expérience des connaisseurs en la matière .

III-2-2- METHODE FAISANT INTERVENIR LES TACHES

Comme on va le constater, cette méthode est basée sur la définition des tâches exigées avant la réalisation du projet.

Nous proposons donc le tableau des tâches suivant;

	TACHES	PARAMETRE DE MESURE	P.U(D.A)/j	COUT (DA)
ETUDE	Recueil données de base	Durée : Dr	Qr ?	Cr=Dr.Qr ?
	Étude topographique	Dt	Qt ?	Ct=Dr.Qr ?
	Étude géotechnique du sol	Dg	Qg ?	Cg=Dg.Qg ?
	Étude du tracé et Dimensionnement-Schema directeur	Dd	Qd ?	Cd=Dd.Qd ?

TABLEAU DES TÂCHES DE L'ÉTUDE

TABLEAU N°2

III-2-2-1 INTERPRÉTATION ET CRITIQUE

Pour évaluer le coût de l'étude par cette méthode , il faut au préalable disposer du prix unitaire et de la durée d'intervention de chaque tâche.

nous signalons que les prix unitaires ne sont pas forcément tous fixés au stade de l'A.P.S .

Par ailleurs, il n'existe pas de méthode pouvant nous permettre de quantifier la durée de chaque tâche .

III-3 SYNTHESE:

Maintenant la question qui se pose est la suivante:

Peut-on disposer de données nécessaires au niveau d'un A.P.S pour estimer le coût de l'étude ?

Considérons toujours la tâche "ETUDE" avec la première méthode et écrivons le coût sous la forme:

$$\text{COUT} = D \times Q + C_{sea} + C_r \quad \text{avec}$$

D: durée de l'étude en jour

Q: prix élémentaire par jour d'étude.

C_{sea}: frais de secrétariat et administration

C_r: frais de reprographie estimé forfaitairement.

Explicitons les différents termes de cette équation

III-3-1 **durée de l'étude : "D"**

Au niveau d'un A.P.S, on peut très bien avoir une estimation approximative sur la durée de l'étude .Cette estimation sera basée plus sur l'expérience que sur une analyse de tâches nécessaires et durées respectives.

D'une façon générale, les tâches sont les mêmes pour toute étude d'assainissement.

C'est seulement le paramètre durée qui varie selon l'ampleur du réseau à réaliser (petit, moyen, grand...)

On peut donc évaluer une durée pour un projet d'importance courante en ALGERIE et faire intervenir un facteur "majorateur" ou "minorateur" pour un projet d'importance respectivement plus grande ou plus petite.

On aura donc; **durée projet = durée projet courant x coefficient**

III-3-1-1 **DUREE PROJET COURANT: (dc)**

Il est évident que la durée d'un projet courant sera définie en se basant ^{sur} les connaissances antécédantes et actuelles c'est -à- dire les projets déjà réalisés.

C'est pourquoi il serait préférable de se renseigner éventuellement au près des bureaux d'études spécialisés.

En cas d'absence d'informations, il faudrait se contenter d'une moyenne des durées de plusieurs projets de même importance approximativement; de préférence 10 à n projets de l'H.P.C (HYDRO-PROJET-CENTRE); entreprise nationale des études d'assainissement.

$$D_c = (\sum D_i) / n$$

III-3-1-2 **COEFFICIENT (majorateur, minorateur)**

Pour pouvoir évaluer ce coefficient, il faudrait récolter et disposer des données suivantes;

./disposer de plusieurs projets P₁, P₂, ... P_n .
plus n est grand plus l'estimation sera meilleure.

./Pour chaque projet, il faudrait disposer de :

- la durée d'étude D_i
- la longueur L_i du réseau
- la surface S_i drainée par le réseau

-le nombre Ne de logement ou d'eqh

Les projets Pi sont déjà réalisés donc Di, Li et Ne sont systématiquement connus à l'A.P.S .

Il n'est pas impératif de connaître tous les paramètres projet, un seul paramètre suffit; Li par exemple.

Nous rappelons qu'au stade de L'A.P.S, Li, Si et Ne sont normalement connus pour le futur projet à réaliser.

Les étapes à suivre pour déterminer ce coefficient sont:

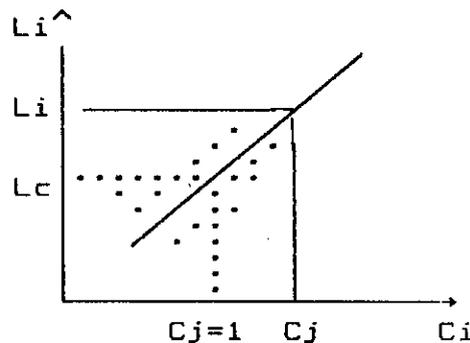
./A chaque projet Pi ,on associe le rapport $C_j = D_j / D_c$

./On reporte le point M dans le plan tel que:

$$M \begin{pmatrix} C_j \\ \text{PARAMETRE PROJET} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_j \\ Li \text{ ou } Si \text{ ou } Ne \end{pmatrix}$$

On obtient n points dans le plan

./On essaye d'ajuster à ces points une courbe par exemple une droite qui passera par le maximum de points.(La courbe n'est pas forcément une droite).



LONGUEUR DU RÉSEAU EN FONCTION DE LA CONSTANTE Ci
 graphe n°1

On peut alors déterminer les paramètres de cette droite ainsi ajustée

$$Li / Si / Ne = A.Cj + B$$

Sachant que les paramètres projet futur sont disponibles à l'A.P.S, on peut aisement déterminer le coefficient C correspondant

$$C_x = D_x / D_c \Rightarrow \boxed{D_x = C_x \times D_c}$$

III-3-1-3- LE PRIX UNITAIRE (/jour d'étude)

Pour déterminer le prix unitaire par jour d'étude, on refait les mêmes étapes que précédemment dans le but de déterminer le nombre d'intervenants du futur projet tel que;

$K_j = N_j / N_c$ avec N_c : nombre d'intervenant du projet courant

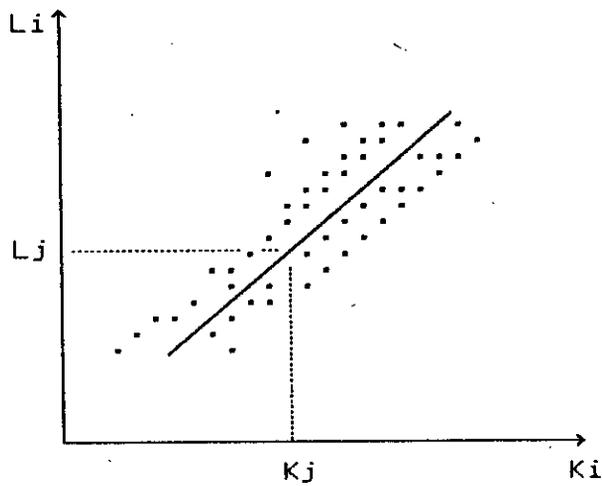
→ $N_j = K_j \cdot N_c$

$P.U./\text{jour d'étude} = N_j \cdot (P.U./\text{intervenant/jour})$

prix unitaire disponible
à l'A.P.S

Le coût de l'étude sera donc égale à :

$\text{COUT ETUDE} = N_j \times D_j \times (P.U / \text{jour d'étude})$



graphe 2

LONGUEUR DU RÉSEAU EN FONCTION DE
LA CONSTANTE K_i

Chapitre IV

COUT DES TRAVAUX PREPARATOIRES

Ce chapitre comprend toutes les modalités nécessaires avant d'entamer les travaux d'exécutions nécessaires à la mise en place d'un réseaux d'assainissement.

Une étude analytique des différents cas nous a permis de distinguer les différentes tâches essentielles suivantes :

- 1 - Installation de chantier
- 2 - Relevés topographiques simples sur chantier.
- 3 - Réalisation des sondages (pour étudier le sol)
- 4 - Dessouchage et abattage d'arbres
- 5 - Débroussaillage (et décapage)
- 6 - Déplacement éventuel des réseaux existants
- 7 - Drainage préalable des eaux.

IV-1 INSTALLATION DE CHANTIER

IV-1-1 / DEFINITION :

Cette tâche comprend toutes les installations relatives à l'organisation des travaux et du personnel exécutant, ainsi que toutes les dépenses et les charges indirectes telles que les salaires du personnel administratif et de la maintenance.

La préparation et l'installations du chantier constituent donc l'un des premiers éléments nécessaires au bon déroulement des travaux.

IV-1-2/ COUT DE L'OPÉRATION :

Le coût de l'opération est généralement estimé forfaitairement, mais on peut l'approcher approximativement en essayant d'estimer le prix prévisionnel de chaque sous tâche ou élément de

tâche. Pour cela on propose une installation type d'une grandeur ou d'une importance moyenne.

*-Moyens matériels:

- Des barraquements ou des roulottes avec leurs accessoires (généralement leur nombre varie entre 4 et 6)
- Une construction en dure ou hangar en préfabriqué (pvc) pour (w.c, foyer, magasin, ...)
- Un camion citerne .
- un tracteur agricole.
- Un véhicule léger pour usage du personnel administratif.
- Un véhicule de transport en commun.
- Une clôture
- un transformateur.
- Un groupe électrogène.

*-Moyens Humains :

- Un conducteur de travaux.
- Un chef de chantier.
- Un assistant administratif.
- Un assistant magasinier et un magasinier.
- 4 gardiens (par brigade).
- Un électromécanicien.
- 3 chauffeurs.

Le coût de cette installation est représenté par le coût de location de tous ces éléments, comme l'indique les bordereaux recueillis auprès des entreprises de réalisation telle que " KANAGAZ "(voir annexe).

On note le coût de ce poste par C_{ic} .

a / Barraquements pour Bureaux Gardénage, Atelier, Dépôt :

Ces barraquements sont préfabriqués ,démontables en bois ou en acier (éventuellement des roulottes).On peut les estimer

par unité louée.

$$C_{bar} = f(N_{br}, \text{type de baraque, capacité, accessoires})$$

$$C_{bar} = N_{br} \times P_{lr} * C_{lh}$$

C_{bar} : coût de location des baraques.

$$P_{lr} = 24 \times dp \times PU_r$$

C_{lr} : coût de location des roulottes

PU_r : prix de location / H

$$C_{lh} = dp \times PU_h$$

C_{lh} : coût de location hangar

PU_h : prix de location / H

dp : durée de projet (j)

b / Pose des Clôtures:

Ces clôtures servent à limiter et à isoler la zone des travaux pour des raisons de sécurité .

On estime généralement le coût de cette opération par "metre linéaire " de clôture posée. Donc la quantité de mesure utilisée est le "périmètre de la zone" qui est facilement calculable à partir d'un plan de site par exemple.

$$C_{cl} = L_{cl} \times PU_{cl}$$

où PU_{cl} : prix du ml de clôture

~~De la durée de projet~~

c / Frais divers:

On fait introduire dans ces frais toutes les charges indirectes de chantier c'est-à-dire les frais généraux du chantier tels que les salaires du personnel administratif, gardiennage, sécurité ainsi que le personnel de la maintenance ,et les frais de location des véhicules destinés à l'usage de l'administration et du personnel du chantier.

$$C_{fd} = C_{lv} + C_{spm} + C_{ctr}$$

où C_{lv} : coût de location des véhicules.

Coût des Travaux Préparatoires
Coût des Travaux Préparatoires

- C_{sc} : salaire électromécanicien (DA/H)
- C_{spm} : salaires du personnel de chantier
- C_{scf} : salaire chauffeur (DA/H)
- C_{cr} : coût de la consommation en carburant.

Tous ces salaires sont disponibles au niveau des entreprises du
Généralement, on estime le coût de location des véhicules d'après
réalisation (par exemple "RENDREZ-VOUS" "JOURNALS")
le "barème des prix de location matériel" propre à chaque
entreprise et d'après l'installation type de chantier citée
précédemment.

En ce qui concerne l'estimation du coût de la consommation
de carburant, on l'estime généralement pour une distance comprise
entre 70km

$$C_{lv} = 24 \times (C_{lv} + C_{tr} + C_{lcc} + C_{lcc}) \times dp$$

effectué, voir la bibliographie

- consultées: "Coût de travaux de Génie Civil" R. Gillard
- ou C_{lv} : coût de location de véhicule léger (DA/H)
- La distance (70km \rightarrow 100km) est équivalente à (100/70) de
- carburant par véhicule et par jour en moyenne.
- C_{tr} : coût de location de tracteur (DA/H)
- C_{lcc} : coût de location d'un transport en commun (DA/H)
- C_{lcc} : coût de location d'un camion citerne (DA/H)

On estime les salaires du personnel de maîtrise, de
maintenance et d'administration pour un cas type; c'est-à-dire pour
les moyens humains cités précédemment.

On supposant que ce personnel travaille 44h /semaine,
à raison de : $44 \times 4 = 176$ h/mois
D'après l'enquête effectuée auprès des entreprises
nationales et selon $h = 5.86$ h/jour par "C.N.A." dans la série
On peut écrire:
chantier à (2.5 % à 5 %) du coût total des travaux, toutes taxes
comprises et conformément à la bibliographie citée précédemment.

$$C_{spm} = 5.86 \times dp \times (C_{sct} + C_{scc} + C_{sas} + C_{saa} + 2 C_{sm} + 4 C_{sg} + C_{sem} + 3.C_{scf}$$

$$C_{sc} = C_{tt} \times a \% \quad a = (2.5\% \rightarrow 5\%)$$

dp : durée de projet (J) en de l'importance du projet

- C_{sct} : salaire conducteur de travaux (DA/H)
- ou C_{scc} : salaire chef de chantier (DA/H)
- C_{sas} : salaire assistant de sécurité ((DA/H)_a(%))
- C_{sm} : salaire magasinier (DA/H)
- C_{sg} : salaire gardien (DA/H)

IV-2 - RELEVES TOPOGRAPHIQUES SIMPLES SUR CHANTIER

IV-2-1 / DEFINITION :

Avant d'entamer les travaux d'exécution, on procède par relevé topographique sur chantier à l'aide d'un niveau de chantier afin d'avoir une idée sur la pente moyenne du terrain et de fixer certains points (stations) repérables pour servir de référence lors de l'implantation du réseau dans l'espace (tracé en plan, profil en long ,...).

IV-2-2 / COUT DE L'OPERATION :

Le coût de cette opération dépend du nombre de stations à relever et de la nature du cheminement (terrain accidenté ou non) et l'existence ou non d'un repère connu (borne,...).

$$\text{Coût} = f(\text{ nombres de stations }) = C_{rtp}$$

$$C_{rtp} = N_{st} \times PU_{rtp}$$

où PU_{rtp} : Prix de relevé topographique par station.
 N_{st} : Nombre de station; généralement =3

On peut l'estimer, par ailleurs, par :

$$C_{rtp} = d_{rtp} \times PU_{tp}$$

où d_{rtp} : durée de l'opération.
 PU_{tp} : prix /jour de relevé topographique.

IV-3 REALISATION DES SONDAGES

IV-3-1 / DEFINITION :

On effectue des sondages pour connaître la nature géologique, mécanique et hydrographique du sol et faire une première

reconnaissance de l'itinéraire que peut prendre le tracé du réseau en plan

IV-3-2/ COÛT DE L'OPERATION:

Le coût du sondage peut être approché à la phase sommaire du projet car il dépend du nombre de sondes (carrotage) effectués, de la nature du sol et de la technique utilisée.

$$\text{COÛT} = f(\text{Nds, nature du sol}).$$

On ne peut que l'estimer forfaitairement selon l'importance et la grandeur du projet.

Si on pouvait estimer ce coût, on aurait écrit:

$$C_{sd} = N_{sd} \times \text{pu/sonde} ;$$

$$N_{sd} = N_{sdH} \times \text{surface} ;$$

ou bien $C_{sd} = \text{surface à sonder} \times \text{pu/ha sondé}$

avec $N_{sd} = \text{nombre de sondes}$

pu/sonde: prix unitaire par sonde

pu/ha sondé: prix unitaire par hectare sondé

peut être évalué par expérience

IV-4 DESSOUCHAGE ET ABATTAGE D'ARBRES

IV-4-1/ DEFINITION:

Cette opération consiste à enlever (arracher) les arbres en totalité y compris les racines. L'opération peut inclure aussi l'élagage ou la taille éventuelle d'arbres ou arbustes.

IV-4-2/ COÛT DE L'OPERATION:

Designons le coût de cette opération par CAD.

$$\text{CAD} = f(\text{nombre d'arbres à abattre, diamètre arbre, surf. déssouchée})$$

quantité de mesure du coût:

→ nombre d'arbre N_{arbi} (de diamètre D_i)

→ surface à déssoucher S_{ds} (m² ou ha)

prix unitaire:

Le prix unitaire /metre carré de surface déssouchée. est disponible à l'A.P.S sinon il est déterminé par l'expérience.

On peut disposer aussi d'un prix unitaire/arbre arrachée

—————→ (PU)_{arb} (pour des D:donnés)

$$CAD = (PU)_{DS} \times S_{DS}$$

ou bien

$$CAD = \sum (PU)_i \times N_{ARB}$$

i:indique l'arbre de diamètre Di

IV-5 **DEBROUSSAILLAGE ET DECAPAGE**

IV-5-1/ DEFINITION:

On entend par débroussaillage et décapage l'opération d'enlever les broussailles, les épines, le gazon et toutes les impurtés et les débris végétaux et animaux.

IV-5-2/ COUT DE L'OPERATION:

Le coût de l'opération se dévise en deux coûts principaux

$$C_{DD} = C_{DBR} + C_{DCP} \quad \text{avec}$$

C_{DD} = coût de broussaillage et décapage.

C_{DBR} = coût débroussaillage.

C_{DCP} = coût décapage.

quantité de mesure du cout:

—————→ S_{DEC}: surface à decaper

—————→ S_{DEB}: surface à débroussailler.

prix unitaire:

Le prix unitaire est donné en D.A par mètre carré.

Nous signalons que:

1/ S_{DEC} est donnée par le projeteur.

2/ SDEB est calculée par la relation;

$$SDEB = l_{et} \times L(tr) \times \alpha(\%)$$

L(tr): longueur du tronçon à déterminer sur le tracé en plan.

l_{et} : largeur d'emprise des travaux donnée par la relation: $l_{et} = l_f + 2 \times 4$
on prend 4m de part et d'autre de la fouille pour la circulation d'engins et l'elagage. Généralement $l_{et} = 12m$

$$CDBR = (PU)_{DEB} \times SDEB \quad \text{ET} \quad CDCP = (PU)_{DEC} \times SDEC$$

avec; (PU)_{DEB}: prix de débroussaillage par mètre de surface à débroussailler, soit il est fourni par les bordereaux des prix, soit déduit de l'expérience.

(PU)_{DEC}: prix de décapage par mètre carré de surface à décaper .même chose que (PU)_{DEB}.

IV-6 DEPLACEMENT EVENTUEL D'UN RESEAU EXISTANT

IV-6-1/ DEFINITION:

C'est une opération qui consiste à déplacer éventuellement un réseau ou une partie de réseau existant pour ne pas gêner les travaux d'une part et pour ne pas interrompre le fonctionnement du réseau déplacé d'autre part.

En pratique, les réseaux suivants peuvent être concernés:

- Cable téléphonique,
- Cable électrique,
- Conduite d'A.E.P,
- Conduite de gaz.

IV-6-2/ COUT DE L'OPERATION:

Cette opération est estimée forfaitairement.

$C_{DR} = f(\text{nature du réseau, la longueur concernée, accessoires utils})$

$$C_{DR} = \sum LRD_i \times PU_i$$

LRD_i : longueur du réseau (i) déplacé en mètre(m).

PU_i : prix unitaire par mètre linéaire du réseau déplacé.

Ces prix sont soit estimés forfaitairement soit déduits par expérience ou bien après enquête auprès des services concernés.

IV-7 DRAINAGE PREALABLE DES EAUX SUPERFICIELLES:

IV-7-1/ DÉFINITION:

Il s'agit de drainer la partie du réseau affectée par l'eau dans le but de faciliter la réalisation des fouilles et la mise en place des canalisations.

IV-7-2/ COUT DE L'OPERATION:

On note C_{DPE} : coût du drainage.

$C_{DPE} = f(\text{mode d'exécution, volume à évacuer, durée de l'opération})$

quantité de mesure du coût:

—————> soit D_D la durée de l'opération.

$$D_D = V_v / Q_i \quad V_v: \text{volume à évacuer (m}^3\text{)}$$

prix unitaire:

Un prix unitaire par heure de pompage est disponible sur les bordereaux des prix.

$$C_{DPE} = (PU)_d \times D_D$$

ou encore

$$C_{DPE} = (PU)_{sd} \times S_d$$

(PU) : prix unitaire par mètre carré drainé; dépend
de la technique de drainage, de l'état du sol
(maraicageux, nappe, ...)

S : surface à drainer en m².

Nous proposons en fin de ce chapitre le tableau récapitulatif
du coût suivant: (voir page d'après)

TACHES CONSTITUTIVES	UNITE	QUANTITE DE MESURE DU COUT		PARAMETRES DE MESURE DU COUT	OBSERVATIONS
		INTITULE	MODE DE CALCUL		
INSTALLATION DE CHANTIER	FFT	Préparation et installation de chantier	$C_{ic} = a(\%) \cdot C_t$	- Importance du projet. - Equipement déployé	$2.5 < a(\%) < 5$ C_t : cout des travaux
INSTALLATION TYPE DE CHANTIER 1- Barraquement	U	Nombre de baraques	N_{br}	- Type, capacité des baraques - Accessoires	$4 < N_{br} < 6$
2- Pose des clôtures	M	Périmètre d'emprise des travaux	L_{cl}	- Hauteur de clôture - Type de clôture	L_{cl} : mesure par un curvimètre sur un plan.
3- Frais divers 3-1/ Location véhicules	H	Durée de location	$D_{lv} = D_t$	- Type, nombre de véhicule 1vl, 1t, 1vt, 1cc	D_t : Durée de réalisation
3-2/ Salaire du personnel de maîtrise	J	Durée opérationnelle	$D_{op} = D_t$	- Type et nombre de salairiés	Chaque salairié travaille 5.86h par jour
3-3/ Consommation en carburant	M ³	Volume de carburant consommé	$V_{cc} = N_v \cdot V_{cu} \cdot D_t$	- Type et nombre de véhicule en service - Distance parcourue par jour.	$N_v = 4$ $V_{cu} = (10+15)l$ D_t : durée des travaux
RELEVES TOPOGRAPHIQUES SIMPLÉS SUR CHANTIER	U	Nombre de stations à relever	N_{st}	- Nature du cheminement - Existence ou non d'un repère connu	$N_{st} = 3$ (en général)
REALISATION DES SONDAGES	FFT / U	Nombre de sondes	N_s	- Nature sol - Technique de sondage - Importance du projet.	F.F.T : Estimation forfaitaire
DESSOUCHAGE ET ABATTAGE D'ARBRES	U	Nombre d'arbre à abattre	N_{arb}	- Diamètre D des arbres	

(pour la suite du tableau voir page suivante)

DEBROUSSAILLAGE	M ²	Surface à débroussailler	$L(tr) \times LET \times \lambda$ $LET = 1f + 2 \times 4(m)$	-Technique de débroussaillage	$LET \cong 12M$ en général 1f: largeur de fouille
DECAPAGE TERRE VEGETALE	M ²	Surface à décaper	S_{dec}	-Epaisseur	$Ep = (20 + 90)cm$
DEPLACEMENT EVENTUEL D'UN RESEAU EXISTANT	FFT / M	Longueur du réseau déplacé	$L_{rd} = L(tr) \times \beta$	-nature du réseau -accessoires utiles	$\beta(\%)$: se détermine sur le plan du réseau déplacé

Tableau récapitulatif des différentes tâches des travaux préparatoires

Tableau n°3

CHAPITRE V

COUT DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

On va essayer de définir dans ce chapitre toutes les tâches nécessaires aux travaux de terrassement en fouille et toutes les dépenses qui leur sont affectées .

Le calcul du prix de revient des terrassements en fouille est basé sur deux éléments essentiels.

- Le coût d'utilisation du matériel et engins de terrassement;
- Le coût de la main d'oeuvre nécessaire.

On distingue deux types de terrassements :

- A - TERRASSEMENT EN TRANCHEE.
- B - TERRASSEMENT EN TUNNEL.

Dans ces deux cas, la nature et l'état du sol conditionnent l'utilisation de telle ou telle technique.

V-1/: METHODES ET MOYENS D'APPROCHE DES DIFFERENTES QUANTITES DE
MESURE:

Dans ce qui suit, on va essayer d'exposer les moyens ou les méthodes d'approches des différents quantités de mesure du coût relatifs au travaux de terrassement.

On délimite sur le tracé les différents tronçons du réseau et on indique pour chacun:

1-1/-La nature du sol: Déterminée d'après une étude de sol préalable déjà faite.

1-2/-Le type de terrassement: On distingue deux types; en tranchée et en tunnel.

Le type se définit d'après la nature du sol et la profondeur d'enfoncement approximative des conduites et selon les conditions locales (maintient de la circulation) et selon le plan de situation.

1-3/-Technique à utiliser: On définit les outils et les engins de terrassement sur la base du degré de développement du pays ou des entreprises de travaux publics et selon la cadence des

travaux souhaités.

1-4/-Volume de terrassement: L'approche du volume de terrassement est une opération pratiquement impossible en raison de l'indisponibilité des données nécessaires à cette phase d'étude qu'est l'A.P.S.

L'implantation du réseau n'est pas fixée dans le sous sol, la profondeur de fouille, paramètre essentiel, n'est donc pas connue à l'A.P.S. Neanmoins on proposera quelques indications et dispositions techniques pouvant aider à son approche suivant la nature de l'opération envisagée.

1-4-1 —> cas d'une zone urbanisée:

Généralement on approxime la profondeur moyenne du réseau projeté à celle du réseau existant déjà (car il est rare de construire un réseau neuf dans cette zone. En effet l'ancien réseau impose au des points de passage obligatoire donc des profondeurs approchées.

1-4-2 —> cas d'une zone vierge (non urbanisée)

Dans ce cas le problème devient plus complexe et plus délicat. Dans ce genre d'étude c'est l'expérience qui détient le dernier mot c'est pourquoi on se base sur les critères suivants:

ou
$$\left\{ \begin{array}{l} * / \quad l_f \leq 2m \quad \text{et} \quad P_f > 1m \quad , \quad l_f: \text{largeur de fouille} \\ * / \quad l_f > 2m \quad \text{et} \quad P_f > l_f/2 \quad , \quad P_f: \text{profondeur de fouille} \end{array} \right.$$

* / On détermine le profil en long d'une tranchée pour permettre la pose des conduites en respectant la pente prévue dans le projet.

* / l'utilisation meilleure du relief du terrain en gardant une pente aussi voisine que celle du terrain pour éviter les tranchées trop profondes, un terrain trop pendu à l'amont et trop plat à l'aval.

* / Comparaison du nouveau réseau à un autre déjà réalisé de caractéristiques géométriques, physiques et fonctionnelles très proches et de supports (terrain) presque de même nature.

La profondeur de fouille est généralement fixée par le projeteur.

Cout des Travaux de Terrassement

La largeur de fouille est donnée par la relation:

$$l_f = D(\text{ext}) \times \Delta \quad (\text{mètre}) \\ = D(\text{ext}) + 0.60$$

Δ : coefficient majorateur >1 réglementaire

0.60m = 2 x 0.30m : distance de part et d'autre de la conduite permettant de maitre à l'aise l'ouvrier pendant la pose de canalisation.

Le volume de la fouille sera donc :

$$V_f = L_f \cdot P_f \cdot l_f \quad \text{avec: } L_f: \text{longueur de fouille}$$

V-A/ TERRASSEMENT EN TRANCHEE

- 1- Excavation des fouilles.
- 2- Blindage.
- 3- Talutage.
- 4- Evacuation des déblais.
- 5- Remblaiement avec matériaux de déblais.
- 6- Remblaiement avec matériaux d'apport.

V-A-1 Excavation des Fouilles :

V-A-1-1 DEFINITION: Les dépenses dues à cette tâche dépendent de la nature du sol (sol rocheux, non rocheux), du type de terrain (terrain de culture ou prairie, voie public), des dimensions de la fouille et du procédé de terrassement utilisé (à la main ou en engin mécanique).

V-A-1-2 COUT DE L'OPERATION:

On distingue deux cas:

a/ Terrassement en déblais à l'engin mécanique pour creusement des tranchées de profondeur P_f pour terrains non rocheux.

(pu)_i: prix unitaire par m³ pour une profondeur P_f

pu₁ —————> 0 < P_f < 2m

pu₂ —————> 2 < P_f < 3m

Cout des Travaux de Terrassement

pu3	→	3	<	Pf	<	4m
pu4	→	4	<	Pf	<	5m
pu5	→	5	<	Pf	<	6m
pu6	→			Pf	>	6m

La quantité de mesure du prix: volume de fouille V_{fi}

L'unité de mesure: mètre cube (m^3)

Paramètre de mesure :- nature du sol.

- profondeur de fouille.

- procédé utilisé.

Le volume de fouille par tronçon est:

$$V_{fi} = L(\text{tr}) \cdot lf \cdot P_{fi}$$

$L(\text{tr})$: longueur du tronçon considéré.

avec: mesuré directement sur le tracé en plan sur la base du plan de masse.

lf : largeur de fouille fonction du diamètre du tronçon.

P_{fi} : fixée par le projeteur.

Le cout sera dans ce cas:

$$\text{COUT}(\text{exc}) = V_{fi} \times \text{pu}_i$$

b/Terrassement en déblais à l'engin mécanique (pour terrain rocheux)

/ La quantité de mesure : volume de fouille (V_f)

/ Unité de mesure : m^3

$$V_f = L(\text{tr}) \cdot lf \cdot P_f$$

c/Terrassement déblais à la main:

/ Quantité de mesure : Idem

/ Unité: m^3

V-A-2/ Blindage et Talutage:

V-A-2-1 INTRODUCTION: L'entrepreneur est responsable des éboulements

Il doit prendre les dispositions techniques pour éviter tout

Coût des Travaux de Terrassement

effondrement et assurer la sécurité du personnel. A cet effet, il peut talluter la fouille, l'étayer ou la blinder suivant les circonstances.

Le blindage est préconisé sinon imposé si:

- largeur de fouille: $lf \leq 2/3 Pf$
- $Pf \geq 1.30m$

V-A-2-2 COUT DE L'OPERATION: La quantité de mesure qui nous permet d'approcher le coût du blindage est bien la surface latérale de la tranchée à blinder telle que:

$$S_{bl} = 2 \times S_{lf}$$

avec: S_{bl} : surface totale à blinder

S_{lf} : surface latérale de fouille

$$= L(tr) \cdot Pf$$

/ Quantité de mesure du coût: S_{bl}

/ Unité de mesure: m^2

/ paramètre influançant le coût: * -type de blindage (bois, métallique)

* -technique utilisée (à la main, ...)

REMARQUE

Le coût du talutage dépend de la surface des parois à étayer

/Quantité de mesure: surface des parois à étayer.

/Unité de mesure: m^2

/Paramètres de dépense: la technique utilisée (à la main, à l'engin)

$$S_T = \frac{S_{bl}}{\sin \alpha} = 2 \times \frac{L(tr) \cdot Pf}{\sin \alpha}$$

α : angle de talutage.

V-A-3 Evacuation des Déblais:

V-A-3-1 DEFINITION: Le montant des dépenses de cette tâche dépend essentiellement de la nature du matériau à évacuer ainsi que de la

Cout des Travaux de Terrassement

distance évacuation.

V-A-2 COUT DE L'OPERATION: Le cout de l'évacuation des déblais est estimé par m^3 de déblais à évacuer.

La quantité de mesure du cout est intitulée "volume de déblais à évacuer"

$$V_{de} = V_f - V_d. \text{réutilisé}$$

/Quantité de mesure: V_{de}

/Unité de mesure: m^3

/Paramètres influençant le cout: -Nature du matériau
-Distance d'évacuation.

Remarque: Distance d'évacuation

./Evacuation dans un rayon $\leq 1KM$ \longrightarrow (PU)₁

./Evacuation dans un rayon $> 1KM$ \longrightarrow (PU)₂

tel que $(PU)_2 = (PU)_1 + \alpha \cdot V_{de}$

α : plus value en dinars par m^3

./Evacuation dans un rayon $\leq 5KM$ \longrightarrow (PU)₃

V-A-3 Remblaiement avec Matériaux de Déblais:

V-A-3-1 COUT DE L'OPERATION: La quantité de mesure nous permettant d'estimer le cout de remblaiement avec matériaux de déblais est le volume de déblais à réutiliser calculé par:

$$V_{dr} = V_f \times \beta(\%) \quad \text{en } m^3$$

V_{dr} : Volume de déblais réutilisé.

avec: V_f : Volume de fouille

$\beta(\%)$: portion réutilisée.

V-A-5 Remblaiement avec Matériaux d'apport:

V-A-5-1 COUT DE L'OPERATION: Le cout de remblaiement avec matériaux

Cout des Travaux de Terrassement

d'apport dépend de la nature, des dimensions et de la disponibilité du matériau ainsi que de la distance d'apport.

/Quantité de mesure du cout: volume de matériaux à apporter.

/Unité de mesure: m^3

/Paramètres de mesure: -Nature et dimensions.

-Distance d'apport.

$$V_{ma} = V_{de} - V_{lp} - V_{con}/2 \quad \text{tel que:}$$

V_{lp} : Volume de lit de pose = $L(tr) \cdot lf \cdot Ep$ ($Ep=15cm$)

V_{de} : volume de déblais à évacuer

$V_{con} = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot L(tr)$

V-B TERRASSEMENT EN TUNNEL

V-B-1/ INTRODUCTION:

Lorsqu'une tranchée à ciel ouvert n'est pas possible en site urbain, on procède à poser les canalisations par fonçage horizontal ou quasi horizontal. Or cette opération s'effectue à partir d'un puit blindé pour assurer la sécurité des ouvriers.

Cette technique est limitée pour des diamètres compris entre 400mm et 1200mm avec une portée de 40m.

Cette opération comporte deux tâches à savoir:

$\alpha/$ * - Exécution des puits verticaux.

$\beta/$ * - Exécution des tunnels.

$\alpha/$ Exécution des puits verticaux:

$\alpha-1$ COUT DE L'OPERATION: Le coût de cette tâche dépend du volume de terre arrachée et de la surface du blindage utilisé.

On admet que le diamètre du puit est $D_p=1600mm$

alors:

$$V_{\text{terre arrachée}} = 3.14. D_p^2 / 4 \times P_{tu}$$

D_p: diamètre du puit.

avec: P_{tu}: profondeur du tunnel.

pi: 3.14

/Quantité de mesure: V_{ta}: volume de terre arrachée

/unité de mesure: m³

/paramètres de mesure: -Nature du sol.

-outilles de forage.

-Diamètre du puit D_p

β/ Exécution des tunnels:

β-1: INTRODUCTION: Cette technique constitue un procédé d'exécution d'usage assez courant depuis quelques années.

Son principe consiste en un passage de section creuse en métal horizontalement dans le sol à une profondeur relativement importante à partir d'une base fixe vers une cible déterminée.

Plus précisément, elle consiste en un passage d'un tube en acier à l'intérieur duquel une tanière solidaire d'une vis sans fin perce le front d'attaque et évacue les déblais vers la base du travail. Cette vis est entraînée par un moteur situé à l'arrière du puit .

β-2: COUT DE L'OPERATION: La seule quantité de mesure qui peut nous renseigner sur le coût d'exécution des tunnels est la longueur du tunnel.

$$L_{tu} = L(tr) \times (\%)$$

/Unité de mesure: mètre linéaire ml

/Paramètres de mesure: -Nature du sol (tendre et homogène, meuble)

-Type, nature du matériau et outil de forage
(acier, amiante ciment (éternite), ...)

-Diamètre des tunnels.

***** Tableau de taches des travaux de terrassement *****

	TACHES CONSTITUTIVES	UNI TE	QUANTITE DE MESURE DU COUT		PARAMETRES DE MESURE DU COUT	OBSER-VATION
			INTITULE	MODE DE CALCUL		
EN T R A N C H É E	EXCAVATION DES FOUILLES	M ³	volume de fouille	$V_f = L(ctr) \cdot lf \cdot Pf$	-nature du sol -dimension fouille -procédé de terrassement	Pf: fournie par le projeteur
	EVACUATION DES DEBLAIS	M ³	volume de déblais à évacuer	$V_{d.e} = V_f - V_{d.réut}$	-nature du matériaux à évacuer -distance évacuation	
	REMBLAIMENT AVEC MATERIAUX DE DEBLAIS	M ³	volume de déblais à réutiliser	$V_{d.réut} = V_f \cdot \beta(\%)$	-nature du matériaux	β : f ^t de . foisonnement . nature et état du sol
	REMBLAIMENT AVEC MATERIAUX D'APPORT	M ³	volume de matériaux à apporter	$V_{m.a} = V_{de} - V_{lp} - \frac{V_c}{2}$ $V_{lp} = L(ctr) \cdot lf \cdot Ep$ $V_c = 3.14 \frac{D^2}{4} \cdot L(ctr)$	-nature, dimension, disponibilité du matériel d'apport. -distance d'apport	Ep = 15Cm
	BLINDAGE	M ²	surface latérale à blinder	$S_{bl} = 2x S_{lat.f}$	-type blindage -technique de blindage	$S_{lat.f} = L(ctr) \cdot Pf$
	TALUTAGE	M ²	Surface latérale à taluter	$S_{ta} = 2x \frac{S_{lat.f}}{\sin(\alpha)}$	technique de talutage	α : angle talutage
EN T U N N E L	EXECUTION DES PUIITS VERTICAUX	M ³	volume de terre arrachée	$V_{t.ar} = 3.14 \frac{D_p^2}{4} \cdot l$	-nature sol -diamètre du puit Dp -outils de forage	$D = 1600mm$ p
	EXECUTION DES TUNNELS	M	longueur du tunnel	$L_{tun} = L(ctr) \cdot \alpha(\%)$	-nature sol -diamètre -type, nature de l'outil de forage	α : portion tronçon exécutée en tunnel

Tableau n°4

CHAPITRE VI

COUT DES CANALISATIONS ET ACCESSOIRES

VI-1/ **ASSECHEMENT DE LA TRANCHEE**

Les mouvements (tassement, gonflement, affaissement, ...) des terrains provoqués le plus fréquemment par la présence d'eau dans le sol peuvent entraîner la rupture ou le déjointement des canalisations. Il convient donc de prendre des mesures destinées à assécher la fouille.

Pour cela, on citera les principales techniques employées, quelques unes étant complémentaires:

- Epuisement par pompage,
- Drainage par drains perforés,
- Rabatement de la nappe ;
- Congélation des sols.

VI-1-1/ **METHODE DE CALCUL**

Le coût de l'assèchement de la tranchée est évalué par référence à la technique utilisée; par exemple , l'épuisement par pompage (technique la plus repondue en ALGERIE) , son coût est évalué en fonction de la durée de pompage et de la puissance d'absorption des pompes exprimée en débit.

En effet, si on se réfère aux bordereaux de l' E.N.H.U.C (unite de Rouiba), deux possibilités sont à citer;

- pompage des eaux (pompe de 0-50 l/s)
- pompage des eaux (pompe de 50-100 l/s)

VI-1-2 **UNITES DE MESURE**

L'unité de mesure du coût de l'assèchement de la tranchée est:

- l'heure de pompage (H)
- le metre lineaire drainé (Md)

La question qu'on peut se poser est la suivante:

Pour l'adoption d'une telle ou telle unité ,peut-on au niveau d'un A.P.S disposer respectivement de la durée de pompage ou de la longueur drainée ?

Pour H, le temps de pompage n'est pas forcément disponible à l'A.P.S puisque le volume d'eaux à drainer est lui même une inconnue, ceci malgré la disponibilité du prix unitaire (voir annexe).

Pour Md, la longueur drainée peut être évaluée à l'A.P.S telle que:

$$L(\text{drainée})_i = L(\text{tronçon})_i$$

ou $L(\text{tronçon})_i$ est connue sur la base du tracé en plan disponible à l'A.P.S. Mais reste à savoir est-ce que le prix unitaire par mètre asséché est disponible ?

Franchement, aucun de tous les bordereaux qu'on s'est procuré ne signale ce prix unitaire. → PROBLEME !!

SOLUTION ! → COMBINAISON DES DEUX METHODES .

On a $q = V/T_p \Rightarrow T_p = V/q$ avec

$\left\{ \begin{array}{l} V: \text{volume à vouloir pomper} \\ q: \text{debit d'une pompe (connu à l'A.P.S)} \\ T_p: \text{temps de pompage à vouloir estimer.} \end{array} \right.$

Or; $V = lf.L(\text{tr}).h$ avec $lf = D(\text{ext}) + 0.60$

$\left\{ \begin{array}{l} lf: \text{largueur de fouille en METRE (évaluée à l'A.P.S)} \\ D(\text{ext}): \text{diamètre extérieur du tronçon en METRE} \\ L(\text{tr}): \text{longueur du tronçon en METRE} \\ h: \text{hauteur d'eaux à pomper au-dessus du fond de} \\ \text{fouille, fonction du niveau de la nappe.} \\ \text{(connue à l'A.P.S) en METRE} \end{array} \right.$

Connaissant donc h on peut déterminer V et par conséquent estimer le temps de pompage T_p .

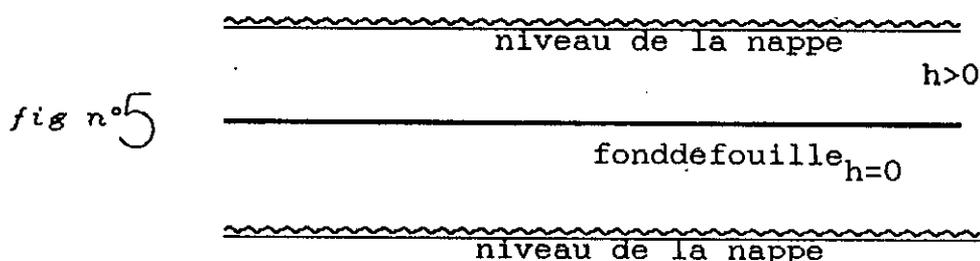
Si pour un tronçon i, on utilise plus d'une seule pompe alors;

$Q = n.q$ avec n: nombre de pompes identiques

le temps de pompage T_p sera égal à:

$$T_p = (L(\text{tr}).lf.h) / Q$$

En général $h=0$ car le niveau de la nappe est souvent plus profond que le fond de fouille.



NIVEAU DE LA NAPPE PAR RAPPORT AU FOND DE FOUILLE

On aura par la suite;

$$\text{COUT} = \text{quantité} \times \text{prix unitaire}$$

$$\text{COUT/tronçon} = T_p \times \text{pu(D.A/heure)}$$

Si par contre le prix unitaire par mètre drainé était disponible on peut écrire:

$$\text{COUT/tronçon} = L(\text{tr}) \times \text{pu(D.A/Ml)}$$

$$\text{COUT(réseau)} = L(\text{réseau}) \times \text{pu(D.A/Ml)}$$

VI-2/ LIT DE POSE "berceau de la conduite"

V-2-1/definition:

On entend par lit de pose la couche généralement de sable disposée sur le fond de fouille et sur laquelle la conduite devrait être posée pour éviter les efforts de réaction ponctuels de sol sur celle-ci.

Son épaisseur est en principe précisée dans le marché. Elle ne peut être inférieure à 0.10 mètre. Elle est souvent égale à 15cm.

On distingue deux cas :

- La pose en terrain stable ;
- La pose en terrain aquifère.

Dans le premier cas, la pose est réalisée sur un lit de sable ou de matériau équivalent (grève, tout-venant criblé,...).

Dans le second cas, les dispositions constructives selon l'importance des risques sont les suivantes:

- la pose d'un tapis anticontaminant perméable à l'eaux en enveloppe de matériaux d'appoint utilisés en lit de pose .
- la pose sur gros béton ou sol ciment dosé à (100-150 Kg/m³) ou autre moyen de stabilisation du fond de fouille.
- la réalisation d'un "berceau" en béton armé ou non dosé à 250 Kg/m³ suivant les efforts et le degré d'instabilité du fond fouille.

VI-2-2/ methode de calcul:

Les frais de cette tâche comprennent:

- Fourniture des matériaux (sable, gravier, béton,...) ;
- Transport; fonction de la distance d'apport;
- Mise en oeuvre dans la tranchée y compris le réglage des pentes et compactage et toutes sujétions.

REMARQUE 1

Si le lit de pose est réalisé en béton alors il faut distinguer selon le degré d'instabilité du fond de fouille ;

TYPE DE BETON	DOSAGE (Kg/M ³)	PRIX UNITAIRE
1	100-150 (Kg/m ³)	pu(1)
2	200-250 (Kg/m ³)	pu(2)
3	300-350 (Kg/m ³)	pu(3)
beton armé	350 (Kg/m ³)	pu(4)

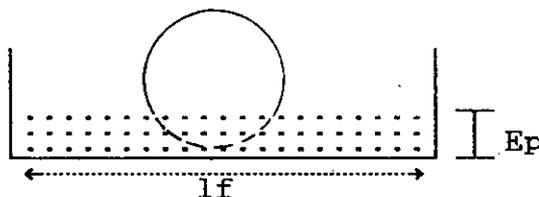
TYPES DE BETONS POUR LIT DE POSE
TABLEAU N°5

Le coût du lit de pose est estimé en général au mètre cube de matériau élaboré avec application d'un prix unitaire englobant tous les frais évoqués précédemment (transport,...)

Ainsi le volume de matériaux à utiliser pour la réalisation du lit de pose sera :

$$V_{lp} = L(\text{tr}) \times l_f \times E_p \quad \text{ou}$$

V_{lp} : volume du lit de pose en M³ par tronçon
 $L(\text{tr})$: longueur du tronçon en M
 l_f : largeur de fouille du tronçon en M
 E_p : épaisseur du lit de pose, fixée par le projeteur.



LIT DE POSE DE LA CONDUITE

fig 6

nous proposons le tableau suivant:

N° DU TRONCON	LONGUEUR L(tr) DU TRONCON	D(ext)	LARGUEUR lf DE FOUILLE	MATERIAUX ELABORE	VOLUME DE POSE /M ³	PRIX /TRONCON	PRIX CUMULE

TABLEAU RECAPITULATIF DE COUT DU LIT DE POSE

TABLEAU N° 6

VI-3/ **POSE DE CANALISATION:**

Le coût des canalisations est évalué par référence à plusieurs paramètres comme:

- La forme (circulaire, ovoïde, ...)
- Les dimensions (D(ext), L(tr))
- nature des matériaux constitutifs
- technique de mise en oeuvre (préfabriqué ou coulé en place)

VI-3-1/la forme: On distingue trois formes de conduites en fonction des débits d'eaux à transporter et du type de système (unitaire, séparatif, ...). Soient circulaire, ovoïde et égouts à banquettes.

La forme des conduites est généralement définie après l'étude hydrologique sommaire du bassin versant. La forme est donc disponible au stade de l'A.P.S. puisque les résultats de l'étude hydrologique le sont à priori.

En ALGERIE, les canalisations les plus utilisées sont circulaires.

VI-3-2/dimensions: Un prédimensionnement est déjà fait au stade de l'A.P.S. Celui-ci permet d'évaluer le diamètre approximatif de conduite en se basant sur l'une des méthodes citées précédemment (II-1-3)

VI-3-3/nature des matériaux constitutifs: Le choix d'un matériau se fait sur la base de plusieurs critères :

- Répondre à des caractéristiques mécaniques, hydrauliques, d'étanchéité.
- Bon rapport qualité/prix .
- Facilité de mise en oeuvre.
- Les risques de dégradations.
- etc...

Il est donc nécessaire de savoir ce qu'on veut avant de se fixer tel ou tel matériaux

VI-3-4/technique de mise en oeuvre: On distingue deux techniques de mise en oeuvre : -Pose de canalisation préfabriquée.
-Canalisation coulée en place.

VI-3-5/QUANTITE DE MESURE:

Pour chaque tronçon, on mesure sur le tracé en plan du réseau sa longueur et on définit la forme, la nature des matériaux constitutifs et la technique de mise en oeuvre de la canalisation.

Nous proposons ainsi le tableau récapitulatif de coût suivant:

n° du tronçon	L(tr)	forme du tronçon	D(ext)	matériaux constitutif	technique de mise en oeuvre	prix / Ml	prix /tronçon	cumule
1	2	3	4	5	6	7	8	9

TABLEAU RECAPITULATIF DU COUT DES CANALISATIONS

TABLEAU N° 7

Le prix de la colonne(7) du tableau ne représente pas seulement le prix d'achat du Ml de conduite mais aussi les frais ;

- De fourniture et transport à pied d'oeuvre .
- De pose des tubes sur le lit de pose .
- De l'assemblage des tuyaux et toutes sujétions.

Nous signalons par ailleurs que ce prix /Ml est disponible sur les bordereaux des prix (voir annexe).

Le coût de la colonne (8) est obtenu par le produit de deux colonnes (2)×(7)

$$\text{COUT/tronçon(D.A)} = \text{L(tr)} \times \text{prix(D.A/Ml)}$$

VI-4/ CONTROLE APRES POSE

On distingue deux types de contrôles;

- Contrôle d'étanchéité (conduite, joints, regards,...)
- Contrôle de compactage des remblais.

Rappelons que le principe de l'essai d'étanchéité consiste à remplir en eaux (ou en fumée pour les grosses canalisations) le réseau sous une charge puis à mesurer le volume d'eaux nécessaire au maintien de cette pression.

Si on se réfère à l'un des bordereaux de prix qu'on s'est procuré auprès de l'H.P.C (HYDRO-PROJET-CENTRE) de KOUBA, nous dirons que le coût de ces essais est évalué avec celui des poses de canalisations.

Par ailleurs, on peut évaluer le coût de ces mêmes essais autrement;

VI-4-1/ a/contrôle des canalisations:

10% de la longueur du réseau est consignée par cet essai.

Le coût est évalué par mètre linéaire de tronçon, par référence:

- aux dimensions des conduites,
- à la technique utilisée,
- à la durée de l'essai.

si la conduite est en béton cette durée est égale à 24^h si non à 30 minutes.

VI-4-2/ b/contrôle des joints:

Le coût dans ce cas est évalué par unité de joint, par référence:

- aux dimensions des joints;
- à la technique utilisée;

grande conduite → essai à la fumée → ECONOMIE.

Pour ce qui est du nombre de joints, celui-ci peut être évalué à l'A.P.S .

VI-4-3/ c/contrôle des regards et branchements:

Le coût est évalué par unité de regard (resp:branchement) par référence :

- à la technique utilisée;
- aux dimensions;
- à la durée de l'essai; fonction des matériaux.

Le nombre de regards et de branchements peut être évalué à l'A.P.S.

(pour toutes explications se référer au chapitre réservé aux "OUVRAGES ANNEXES")

Le coût sera exprimé par l'équation générale suivante:

$\text{COUT} = \text{QUANTITE DE MESURE} \times \text{PRIX UNITAIRE}$

CANALISATION:

$$C_c = L(\text{tr}) \times Q(\text{tr})$$

avec:

Q(tr):fourni par le bordereau des prix.

L(tr):mesurée sur tracé en plan, disponible à l'A.P.S

JOINTS:

$$C_j = N_j \times Q_j$$

$$C_j = 2(L_f \times Q_j) / \sqrt{2} \times L_{\text{moy}}(\text{tr}) - \sqrt{2}$$

avec:

L_f:longueur de fouille ou longueur du réseau disponible à l'A.P.S sur le tracé en plan .

L_{moy}(tr):longueur moyenne d'un tronçon disponible à l'A.P.S

Q_j:prix unitaire ou prix forfaitaire;

REGARDS:

$$C_r = N_r \times Q_r$$

$$Cr = 1 + E [L(tr)/dmoy] \times Qr$$

avec

E:partie entière

dmoy:distance moyenne entre deux regards
en général dmoy=50m

Qr:prix unitaire de l'essai d'étanchéité d'un regard.

BRANCHEMENT:

$$Cb = Nb \times Qb$$

avec

Nb:nombre de branchements;disponible à l'A.P.S

Qb:prix unitaire de l'essai d'étanchéité sur un branchement.

VI-4-4/ CONTRÔLE DU COMPACTAGE

Il est souhaitable que la réception des travaux soit liée à un contrôle du compactage.

Il incombe donc au maître d'œuvre de préciser dans les pièces du marché, la méthodologie, le mode opératoire de ces essais de compactage. Ces techniques de contrôle de compactage sont plus ou moins complexes et leur mise en œuvre est donc plus ou moins aisée;

- le gamma densimètre
- l'essai à la plaque
- l'essai à la dynaplaque
- le pénétromètre statique et dynamique.

VI-4-4-1/ COUT DU CONTROLE DE COMPACTAGE:

Il est évident que le coût des essais de compactage varie selon;

- La technique utilisée,
- Les dimensions des fouilles (Lf,lf).

Le coût du contrôle de compactage est donc évalué par mètre carré de surface contrôlée; surface qu'on peut facilement mesurer connaissant la longueur totale du réseau Lf et la largeur de fouille lf. Ces deux quantités sont bien entendu connues à l'A.P.S. En effet, lf est déterminée à partir des dimensions des canalisations par la relation;

$$lf = D(ext) + 0.06 \quad (m)$$

avec $D(\text{ext})$ =diamètre extérieur de la conduite
et L_f est mesurée directement sur le tracé en plan.

La surface maximale à compacter sera donc :

$$S_{\text{comp}}(\text{tr}) = L_f \times l_f \quad (\text{m}^2)$$

Par application d'un prix unitaire à chaque (m^2) contrôlé (voir annexe) on peut estimer donc le coût de cette opération;

$$C_{\text{com}} = Q_{\text{com}} \times q_{\text{com}}$$

$$C_{\text{com}} = S_{\text{com}} \times q_{\text{com}}$$

En fin de ce chapitre, nous proposons le tableau récapitulatif :

TÂCHE CONSTITUTIVE	UNI TE	QUANTITE DE MESURE DU COUT		PARAMETRES DE MESURE DU COUT	OBSER- TIONS	
		INTITULE	MODE DE CALCUL			
C A N A L I S A T I O N S	drainage de fouille	M_{ou} H	temps de pompage	$Tp = \frac{L(tr).lf.h}{Q}$	- type de drainage	
	fourniture et mise en place d'un lit de sable	M^2	volume du lit de pose	$Vlp = L(tr).lf.Ep$	-nature, dimension -diste d'apport -dosagee ciment (lit de sable en béton ou en béton armé)	Ep : fixée par le projet- eur
	fourniture transport pose conduites et toutes sujetions	M	longueur du tronçon (conduite)	$L(tr)$ (tracé en plan)	-type: forme, serie - dimension -nature matériau -technique de mise en oeuvre -classe résistance	
E T A N C H E I T E C O M P A C T A G E	essai sur canalisat°	M	longueur du tronçon	$Lc = \alpha(\%) \times L(tr)$	-dimensions -durée l'essai -technique utilisée	$\alpha(\%) = 10$
	essai sur les joints	U	nombre de joints	$Nj = \frac{2Lf}{L_{moy}(tr)} - N_v$	-dimensions -technique utilisée	
	essai sur regards	U	nombre de regards	$Nr = 1 + \frac{E L(tr)}{d_{moy}}$	-dimensions -durée essai -technique utilisée	
	essais sur branchement	U	nombre de branchemen	Nbr	-dimensions -technique utilisée	
	essai de compactage	U	nombre de branchement	$S_{comp} = L(tr).lf$	dimensions fouille technique de mise en oeuvre	lf: fixé L(tr): mesuré

tableau 8

COUT DES OUVRAGES ANNEXES

Les ouvrages annexes jouent un rôle fondamental dans l'exploitation rationnelle et correcte des réseaux d'assainissement mais leur réalisation occupe une grande part du coût total de construction du réseau.

Le calcul de cette part de coût est basée essentiellement sur la prévision et la connaissance;

- des différents types d'ouvrages à réaliser,
- du nombre de chaque type d'ouvrage à réaliser.

Il existe deux types d'ouvrages annexes :

- *ouvrages systématiques
- *ouvrages particuliers

VII-1/ DETERMINATION DES QUANTITES DE MESURE

VII-1-1/.methodes et moyens d'approches

Au stade de l'A.P.S la position et le nombre d'ouvrages type ne sont pas forcément fixés .

Le nombre de ces ouvrages est une quantité de mesure très importante, leur coût représentant une partie considérable du coût total.

VII-1-1-1/Nombre des branchements particuliers:

A partir du plan de masse, on détermine le nombre approximatif des branchements particuliers en considérant les deux observations suivantes :

- le nombre de constructions desservis ,
- leur implantation vis à vis de la conduite principale.

(le tracé du réseau étant défini sur la base du plan de masse de l'urbanisation).

VII-1-1-2/Nombre de bouches d'égouts (avaloir de rue) :

Leur périodicité dépend non seulement de la densité des constructions mais aussi de la possibilité d'admettre un ruissellement plus ou moins long en surface. Les bouches d'égouts sont implantées aux points bas des voies.

En fonction des observations citées ci-dessus, on positionne les bouches d'égouts, un par longueur de référence qui représentera la distance entre bouches d'égouts. (40 m)

VII-1-1-3/Nombre d'ouvrages d'accès au réseau :

(cheminée ou regards de visite)

On peut positionner et prévoir le nombre de ces ouvrages en se référant aux deux critères suivants,

- Ces ouvrages sont toujours placés à chaque changement de direction, de pente ou de type de section.

- La distance maximale entre deux regards est de l'ordre de 60 mètres. Les regards sur canalisations doivent être placés en moyenne tous les 50 mètres.

Nous disposons d'un tracé en plan, (direction des canalisations) d'un plan topographique (pente du terrain qu'on suppose égale à celle du réseau), des dimensions (sections des conduites) et des distances moyennes ou réglementaires entre regards ⇒ d'où un nombre approximatif de regards.

remarque:

On distingue plusieurs types de regards. Chaque type a son propre prix unitaire par unité de regards; soient

(voir page suivante)

TYPE	DIMENSION (M×M)	PROFONDEUR (M)	PRIX UNITAIRE
1	0.80 × 0.80	2.00	pu(1)
2	1.40 × 1.40	3.50	pu(2)
3	1.40 × 1.40	3.90	pu(3)
5	1.40 × 1.40	3.70	pu(5)
6	1.40 × 1.40	4.10	pu(6)
9	1.40 × 1.40	5.40	pu(9)
10	1.40 × 1.40	4.70	pu(10)

DIFFERENTS TYPES DE REGARDS

TABLEAU N° 09

VII-1-1-4/Nombre de tompons

Connaissant le nombre de regards, on peut aisément définir le nombre de tompons.

Chaque tompon est défini par:

- sa forme (circulaire ,carré)
- matériaux constitutifs (fonte,beton,...)
- ses dimensions
- sa série(légère,lourde)

VII-2/ PREVISION DES OUVRAGES PARTICULIERS:

Leur prévision est liée à la connaissance du fonctionnement du réseau et à la prévision des procédés d'entretien et de curage.

VII-2-1/Les déversoirs d'orage (réseau unitaire) :

Leur installation dépend des conditions de précipitations dans la région de la zone à assainir.

Leur estimation devrait se faire au coup par coup (trop de différence dans les ouvrages)

VII-2-2/-Les bassins de déssablement :

Leur estimation devrait se faire aussi au coup par coup.

VII-2-3/-Siphons:

Même chose ; estimation coup par coup.

Ils sont fonction des obstacles (rivières,...) que devra franchir le réseau.

VII-2-4/-Bassin de retenue ou d'infiltration:

(eaux pluviales en réseau unitaire)

Estimation au coup par coup .

Leur estimation dépend des dimensions du réseau.

VII-2-5-/-Bassin de rétention de pollution:

Estimation au coup par coup.

Leur installation dépend du degré de pollution en graisses et en hydrocarbure des eaux résiduaires de certains établissements.

VII-2-6-/-Poste de relèvement ou de refoulement:

Leur estimation devrait se faire au coup par coup .

Leur installation dépend d'une part du nombre d'immeubles situés en sous sol à un niveau inférieur à l'égout, et d'autre part de certains

tronçons du réseau qui, en l'absence d'un tel dispositif de relevage devrait se situer à une profondeur d'autant plus importante que le réseau est développé.

VII-2-7-/-Reservoirs de chasse:

Leur estimation se fait aussi au coup par coup .

Leur installation dépend de la faible pente de quelques tronçons.

VII-2-8-/-Station d'épuration des eaux usées:

Elle est constituée d'un ensemble de cellules élémentaires selon

les différents traitements à réaliser. Le choix de ces cellules se fait sur un maximum de renseignements mais cela dans le but d'avoir un ensemble cohérent et ne pas nuire au coût de fonctionnement. Son estimation se fait au coup par coup, mais en s'inspirant des stations d'épurations déjà réalisées dans le passé, on pourra estimer le coût d'investissement d'une station future.

En fin de chapitre, nous vous proposons le tableau récapitulatif ci-dessous (voir page d'après)

TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTES TACHES DES OUVRAGES ANNEXES

TACHES	UNITE	QUANTITE de MESURE du COUT		PARAMETRES de MESURE du COUT	observa- tions
		UNTITULE	MODE de CALCUL		
MONTAGE des REGARDS de VISITE	U	NOMBRE de REGARDS de VISITE	$Nrv = 1 + E \left[\frac{L(tr)}{dmoy} \right]$	-préfabriqué ou coulé sur place -dimensions(D,haut)	E:partie entière dmoy=50m
MONTAGE BOUCHES D'EGOUT	U	NOMBRE de BOUCHES d'EGOUTS	$Nbe = \left[\frac{L(tr)}{dmoy} \right]$	-type :ordinaire ou sélectif	dmoy=40m
MONTAGE SIPHON	U	LONGUEUR SIPHON	L(siphon)	- diamètre - type(cave,cloche,..)	
CONSTR- UCTION D.ORAGE	U	NOMBRE DE DEVERSOIR D'ORAGE	N(D.O)	-dimensions(capacité) - nature matériaux	réseau unitaire
MONTAGE STATION EPURAT°	U	NOMBRE de STATION d'EPURATION	UNE(01)STATION PAR RESEAU	-type d'installation - nature des équipements	
CONSTR- UCTION BASSIN RETENUE ou d'INFI- LTRAT°	U	NOMBRE de BASSINS de RETENUE ou INFILTRAT°	N(B.R),N(B.I)	-dimension(capacité) -nature des matériaux	
CONSTRU CTION BASSINS de DESSABL EMENT	U	NOMBRE de BASSINS de DESSABLE N(B.D)	N(B.D)	- dimensions -nature matériaux	
MONTAGE des BRANCHE -MENTS	U	NOMBRE de BRANCHEMENT	N(B)	- type de branchement -dimensions accéssoirs	
MONTAGE RESERV. CHASSE	U	NOMBRE de RESERVOIR de CHASSE	N(R.C)	- dimensions -nature des matériaux	
MONTAGE POSTE RELEVÉ.	U	NOMBRE de POSTE de RELEVEMENT	N(P.R)	-nature équipement -dimensions(D,hauteur) -nature matériaux	
MONTAGE des TOMPONS	U	NOMBRE de TOMPONS	$N(T)=Nrv$	- type:forme,serie - dimensions(D...) - matériaux constit.	Nrv: nombre regards

TABLEAU N°10

COUT DES TRAVAUX DE REFECTIONS

A fin d'entamer les travaux de terrassements facilement et dans de très bonnes conditions, il est indispensable de démolir la chaussée, les canivaux, les trottoirs et de démonter les bords de la chaussée.

On va essayer dans ce chapitre d'énumérer toutes les tâches qui peuvent survenir lors de la finition des travaux de refection d'un réseau ancien; pour une zone déjà urbanisée.

On peut diviser les tâches de ce poste de dépenses comme suit:

- 1-*/ Démolition de la chaussée, trottoirs et canivaux .
- 2-*/ Démolition et réparation des collecteurs défailants.
- 3-*/ Refection de la chaussée, trottoirs et canivaux .
- 4-*/ Plan de Recollement des Travaux .

VIII-1/ **DEMOLITION DE LA CHAUSSEE, TROTTOIRS ET CANIVAUX**

VIII-1-1/ Démolition de la chaussée ou trottoirs :

$$C_{dct} = f(\text{surface de la chaussée à démolir})$$

- *- Quantité de mesure du coût: S_{cd} : surface chaussée démolie
- *- Prix unitaire par mètre carré de chaussée (resp: trottoir) démolie : varie selon la nature et le type de la chaussée ou trottoirs.

$$S_{cd} = [l_f + (2 \times 0.30)] \times L(tr)$$

l_f : largeur de fouille
 $L(tr)$: longueur du tronçon
 0.30M : distance de sécurité de part et d'autre de la tranchée.

Le coût de la démolition de la chaussée outrottoirs est donné par:

$$C_{dct} = PU \times S_{cd} \quad (*)$$

PU: prix unitaire par M² de chaussée démolie.

S_{cd}: surface de la chaussée à démolir.

Remarque:

- Les types de chaussées sont :
- 1 - Chaussée goudronnée
 - 2 - Chaussée en pavés
 - 3 - Trottoir (dalles de ciment)

VIII-1-2/ Démontage des bordures et caniveaux :

On note le coût de cette tâche par C_{dbc}

$$C_{dbc} = f(\text{longueur de la bordure})$$

- Quantité de mesure du coût : Longueur de la bordure : L_{bc}
- Prix unitaire par mètre linéaire
- Paramètres de mesure du coût :
 - Technique d'exécution
 - Nature du matériaux constitutifs
 - La réutilisation ou non des anciennes bordures

$$L_{bc} = L(tr) \times \alpha(\%)$$

α(%): Ce pourcentage se détermine à partir du plan de masse.

$$\alpha = (L_{bc} / L(tr)) \times 100$$

$$C_{dbc} = PU \times L_{bc} \quad (*)$$

$$C_{dctc} = C_{dct} + C_{dbc} \quad (**)$$

C_{dctc}: Coût démolition de la chaussée, trottoir ainsi que démontage des bordures (caniveaux)

VIII-2/ **DEMOLITION ET REPARATION DES COLLECTEURS DEFAILLANTS**

Si le réseau est très ancien, on est amené à démolir les collecteurs défectueux afin de les remplacer par d'autres. Dans ce cas des frais supplémentaires de réfection viennent s'ajouter au coût de canalisations et accessoires évoqué dans le chapitre VI. Il s'agit en l'occurrence du coût de démolition et du coût de renovation de ces collecteurs défectueux.

Ces deux derniers sont évalués chacun par mètre linéaire avec application d'un prix unitaire par mètre linéaire de conduite respectivement démolie et renouvelée, disponible sur les bordereaux de prix.

On distingue donc les deux coûts suivants:

Démolition:
$$C_{dem} = \sum_{i=1}^n L(tr)_i \times (PU)_{dem}$$

Renovation:
$$C_{ren} = \sum_{i=1}^n L(tr)_i \times (PU)_{ren}$$

n étant le nombre de tronçons défectueux

L(tr): longueur du tronçon i à vouloir remplacer; quantité disponible à l'A.P.S

(PU)_{dem}, (PU)_{ren} : Prix unitaires de démolition et de rénovation par mètre linéaire de conduite.

VIII-3- / **REFECTION DE LA CHAUSSEE, TROTTOIRS ET CANIVAUX**

Dans le cas de réfection ou de rénovation d'un ou plusieurs tronçons d'un réseau déjà existant, le maître d'ouvrage est dans l'obligation de remettre en état la chaussée et les trottoirs.

Cette opération nécessite les tâches suivantes :

- 1* - Réfection de la chaussée.
- 2* - Réfection des trottoirs.
- 3* - Réfection des bordures, bordures (canivaux).
- 4* - Repose des poteaux d'éclairage.

VIII-3-1/ Refection de la chaussée :

VIII-3-1-1/ Cout de l'opération

- La quantité de mesure qui nous permis d'approcher le coût de refection de la chaussée est :

/ S_{cr} : Surface de la chaussée à réparer ($S_{cd} = S_{cr}$)

- Le prix unitaire est donné par mètre carré (m^2)

- Le paramètre qui influence le coût est :

/ Type de la chaussée (goudronnée ,en pavée ,...)

VIII-3-2/ Refection du trottoir:

VIII-3-2-1/ Cout de l'opération

- La quantité de mesure qui nous permis d'estimer le coût de refection des trottoirs est :

/ S_{tr} : Surface du trottoir à réparer

$$S_{tr} = S_{tr \text{ démolé}}$$

- Le prix unitaire est donné par mètre carré (m^2)

- Les paramètres qui influencent le coût sont :

/ Type du trottoir (matériaux constitutif).

/ Dimensions des dalles.

VIII-3-3/ Refection des bordures, bordurettes (caniveaux)

VIII-3-3-1 / Cout de l'opération

Le coût de cette opération dépend du type de bordures ou bordurettes à poser (béton ,pierres taillées ,...) et de leur nature (neuves ;achetées, réutilisées après démontage).

On note le coût de cette tâche par : C_{rbb}

- Quantité de mesure : L_{rep} longueur des bordures à réparer déterminée sur le tracé en plan du réseau.

Cout des travaux de réfections

- Prix unitaire est donné par mètre linéaire de bordure à réparer.
- Les paramètres qui influencent le coût de cette opération:
 - / Type
 - / Réparation provisoire ou définitive

$$L_{rep} = L_{tr} \times \beta(\%)$$

tel que:

β : Pourcentage de la longueur du tronçon à réparer.

$$\beta = (L_{rep} / L_{tr}) \times 100$$

$$C_{rbb} = PU \times L_{rep}$$

C_{rbb} : Coût de refecton des bordures et bordurettes

VIII-4/ PLANS DE RECOLLEMENT DES TRAVAUX

VIII-4-1/ Introduction :

Sur la base des plans fournis par la ville , à l'échelle habituelle l'entrepreneur reporte le plan de situation du réseau nouvelement construit en plusieurs exemplaires (généralement trois et un reproductible) en précisant les caractéristiques des canalisations (section, longueur, nature ,classe) ainsi que le type des ouvrages annexes en particulier les différentes côtes du radier.

On note aussi les plans des ouvrages speciaux .

Ce travail permet aux autorités techniques de la ville de trouver une base sérieuse d'appréciation des risques de l'encombrement du sous sol urbain .

VIII-4-2/ Cout de l'opération :

- La quantité de mesure du coût de cette opération est :

L(tr) :longueur du tronçon .

- Le prix unitaire est donné par mètre linéaire (ml).
- Le paramètre qui influence le coût est:nombre d'exemplaires

REMARQUE :

En Algérie, cette opération est généralement estimée forfaitairement.

On note le coût de cette opération par : C_{pr}

$$C_{pr} = PU \times L(tr)$$

	TACHES CONSTITUTIVES	UNI TE	QUANTITE DE MESURE DU COUT		PARAMETRES DE MESURE DU COUT	OBSERVATIONS
			INTITULE	MODE DE CALCUL		
P R E P A R A T I O N	DEMOLITION CHAUSSEE OU TROTTOIR	M ²	Surface chaussée/ trottoir à démolir	$S_{cd} = [1f + 2 \times 0.30] \times L(ctr)$	-Type de chaussée ou trottoir	On prend 0.90m de part et d'autre de la fouille.
	DEMONTAGE DES BORDURETTES ET CANIVEAUX	M	Longueur bordures/ caniveaux à démonter	$L_{bc} = L(ctr) \times \alpha(\%)$	-Type -A evacuer ou à réutiliser	$\alpha(\%)$: se détermine à partir du plan de masse.
	DEMOLITION DES COLLECTEURS DEFAILLANTS	M	Longueur du collecteur défaillant	$L_{dem} = L(ctr) \times \beta(\%)$	-Dimensions -nature du matériau constitutif -technique de démolit°	
R E F E C T I O N	REFECTION DES COLLECTEURS DEFAILLANTS	M	Longueur collecteur à réparer ou à remplacer	$L_{ref} = L_{dem}$	-Dimensions -Type de collecteur -Technique derefection	
	REFECTION DE LA CHAUSSEE	M ²	Surface de chaussée à réparer.	$S_{cr} = S_{c.démolie}$	-Type de chaussée; goudronnée, en pavées	
	REFECTION DU TROTTOIRS	M ²	Surface du trottoir à réparer	$S_{tr} = S_{t.démoli}$	-Dimensions -Type de trottoir	
	REFECTION DES BORDURES, BORDURETTES (CANIVEAUX)	M	Longueur bordures à réparer	$L_{b.ref} = L(ctr) \times \delta$	-Type de bordure -nature; neuve, réuti lisable. -Réparation provisoire ou définiti ve	$\delta(\%)$: pourcen tage se détermine à partir du plan de masse
	PLAN DE RECOLLEMENT	M / FFT	Longueur du réseau	$L_{pr} = L_{res} = \sum L(ctr)$	-Nombre d'exemplaire -Type de papier	F.F.T: estimation forfaitaire

Tableau n° 11

PARTIE : II NUMERIQUE

CHAPITRE IX

SYSTEME INFORMATIQUE DE CALCUL DES COÛTS

I-1/ **INTRODUCTION**

Pour le technicien l'outil informatique se révèle très intéressant lors de l'étude des projets. Cependant la qualité d'un tel système dépend de la facilité de son utilisation donc de sa souplesse.

Dans notre étude d'estimation du coût, nous avons pensé à élaborer un système (simple) grâce à une méthode analytique basée sur la formation des coûts .

Le calcul se fera à partir des paramètres de mesures qualitatifs et quantitatifs et des prix unitaires correspondants .

I-2/ **CARACTERISTIQUES GENERALES**

Il est évident que pour une souplesse de traitement de ce problème, le système doit être conversationnel. Il doit laisser également la responsabilité du choix au concepteur, donc il doit se limiter à fournir une évaluation économique. L'étude des variantes doit être possible.

IX-2-1/ **DEFINITIONS ET NOTATIONS**

Pour une meilleure compréhension de notre approche du problème, nous exposons ci-dessous les termes de base nécessaires.

a)- Tronçon:

En assainissement le tronçon est défini par une canalisation se trouvant entre deux noeuds successifs. Parmi ses caractéristiques l'homogénéité dans :

- * Section et pente.
- * Nature et qualité de canalisation .
- * En techniques de pose et de travaux

b)- Taches:

La construction d'un réseau est l'aboutissement d'une suite chronologique de réalisation .
Certaines de ces réalisations peuvent faire l'objet d'une décomposition en un nombre fini d'exécutions élémentaires. Chacune d'elles est appelée " Tâche " .

c)- Modalités:

D'après les bordereaux de prix recueillis auprès des entreprises consultées, on remarque que le prix unitaire d'une tâche n'est pas unique car il dépend du mode de réalisation retenu, de la nature du matériau impliqué et de certaines données supplémentaires. Chacune de ces variantes possibles pour une tâche donnée est appelée " Modalité " .

Etant données ces trois définitions de base, de nombreux problèmes se posent :

-*/ Au stade de l'A.P.S, est il indispensable de prendre en compte toutes les tâches définies dans les bordereaux des prix ? Certaines tâches ne sont-elles pas " non mesurables " ou encore négligeables (financièrement parlant) vis à vis d'autres.

-*/ Pour une tâche donnée, le projeteur n'a pas obligatoirement toutes les données qualitatives nécessaires aux choix de la modalité, et de même certaines données quantitatives nécessaires au calcul des quantités sont ignorées du projeteur ou sont inquantifiables à la phase sommaire .

-*/ Certains postes de travail sont estimés forfaitairement ou avec des méthodes jugées confidentielles par certaines entreprises de réalisation .

I-2-2/ **PROCESSUS DU SYSTEME INFORMATIQUE**

Les étapes du processus correspondent au schéma représenté à la page N°82

I-3/ **DIFFERENTS NIVEAUX D'ESTIMATION**

Le degré de précision d'une estimation de coût varie selon que le chargé de l'étude prend en compte lors de son évaluation du coût du projet les différents éléments du réseaux. On distingue plusieurs niveaux d'estimation conditionnés par les prix élémentaires dont on peut disposer et surtout par la disponibilité des paramètres quantitatifs .

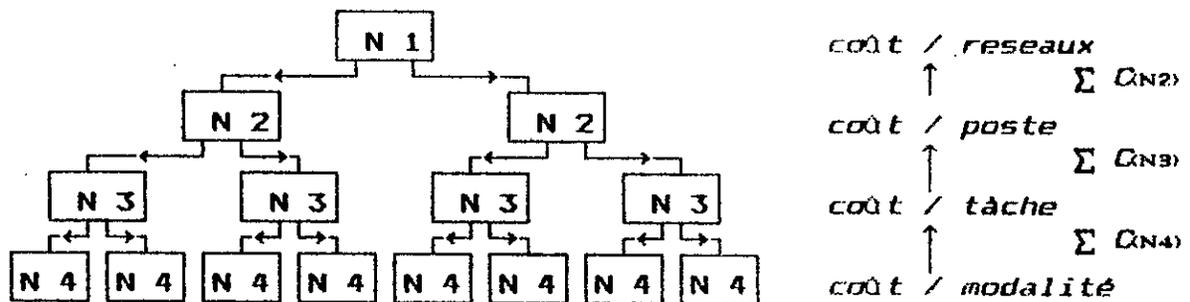


figure n° : 7

$C(Ni)$: coût au niveau Ni

NIVEAU N1

$C1 = Q1 \times P1$

Tel que :

- C1 : Coût au niveaux 1
- Q1 : Quantité de mesure au niveaux 1 qui peut être :
 - * - Longueur moyenne du réseau
 - * - Nombre moyen d'habitants desservis
 - * - Nombre de logements desservis
 - * - ...etc

P1 : prix unitaire aux niveaux 1 qui peut être :
 par exemple : prix unitaire / mètre linéaire du réseau

Ces prix unitaires n'existent pas en Algérie. En général, ils sont calculés par des méthodes statistiques (corrélation), et ils sont fonction de plusieurs paramètres de référence tels que :

- * - diamètre moyen de la canalisation
- * - type d'équipement
- * - ...

NIVEAU N2

$$C2 = \sum_{i=1}^n (Q2 \times P2)_i \quad \text{Tel que}$$

- i : Indice qui indique le poste de travail (varie 1 → n)
- n : Nombre de postes de travail
- C2 : Coût au niveau 2
- Q2 : Quantité de mesure au niveau 2 qui peut être :
 - * - volume des fouilles
 - * - longueur du tronçon de réseau
 - * - ...
- P1 : prix / unité de mesure.

Ces prix unitaires ne sont pas aussi disponibles en Algérie, néanmoins on peut calculer les prix composés de certains postes de dépenses sous réserve de la disponibilité des prix élémentaires des tâches composant chaque poste considéré.

NIVEAU N3

$$C3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Q3 \times P3)_{ij} \quad \text{Tel que :}$$

- n : nombre de postes de travail
- m : nombre de tâches / poste

C3 : Coût au niveau 3

Q3 : quantité de mesure d'une tâche j au poste i.

par exemple : * - Extraction des déblais .

* - pose de canalisation

* - ...

P3 : prix / unité de mesure.

Les prix unitaires de certaines tâches ne sont pas disponibles sur les bordereaux de prix utilisés par les entreprises car ils sont propre à une modalité bien définie .

NIVEAU N4 :

$$C4 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l (Q4 \times P4)_{ijk}$$

Tel que :

n : nombre de postes de travail

m : nombre de tâches / poste de travail

l : nombre d'éléments de tâche (modalité) / tâche

C4 : Coût au niveau 4

Q4 : Quantité de mesure relative à la modalité k et à la tâche j et au poste i

P4 : prix / unité de mesure de la modalité considérée.

Si on suit l'ordre d'énumération des différents niveaux d'estimation du coût d'un réseau d'assainissement donné, on remarque que le degré de précision du calcul de coût augmente en allant du niveau N1 vers le niveau N4, c'est-à-dire que le niveau d'estimation N4 est le plus précis.

En général, à ce niveau d'estimation, il est impossible d'avoir des des précisions suffisantes sur les quantités de mesure car le projet n'est défini que sommairement.

Nous signalons que l'outil infomatique élaboré dans le cadre de notre projet de fin d'étude se limite uniquement à l'estimation

du coût au niveau N4 pour la simple raison d'indisponibilité de données tels que les prix unitaires relatifs au autres niveaux d'estimation N1, N2 et N3.

Il nous etait impossible, par ailleurs, par manque de temps de faire une analyse statistique pour déduire ces prix unitaires nécessaires à chaque niveau d'estimation . Chose qui peut faire le thème d'un autre projet complémentaire.

I-4 / FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

I-4-1 / INTRODUCTION DE DONNEES

La souplesse de notre programme permet grâce à son caractère conversationnel l'introduction de données par l'utilisateur en lui laissant une liberté de choix particulièrement pour les valeurs estimées forfaitairement. Cette souplesse se voit clairement dans le calcul du coût des travaux préparatoires où la liberté du choix de la méthode à utiliser pour l'estimation du coût d'une ou plusieurs tâches est respectée.

Si le réseau n'existe pas (nouveau) on commence d'abord par introduire par clavier le nombre de tronçons du réseau puis leurs caractéristiques (longueur, profondeur de fouille, diamètre, procédé d'exécution de certains travaux,..). Si par contre le réseau existe (ancien), on l'appelle en tapant son nom par clavier .

I-4-2 / LES FICHIERS

Nous avons crée trois fichiers :

- 1 - fichier modalités " MODA.DAT "
- 2 - fichier prix unitaires " PRIX.UNI "
- 3 - fichier quantités de mesure " QATD.DAT "

En plus de ces trois fichiers fixes, on distingue quatre autres fichiers (unités) variables c'est-à-dire qui prennent le nom du projet considéré tel que;

- * - fichier étude "(nom de projet).ETD" → unité 20
- * - fichier travaux "(nom de projet).TRV" → unité 10

* - fichier des adresses de sections et de diamètres propre à chaque tronçon ."(nom de projet).ADR" → unité 11

* - fichier des adresses des ouvrages annexes
"(nom de projet).ADP" → unité 12

α/ **Fichier Modalités**

C'est un fichier à accès direct contenant toutes les modalités existantes sur les bordereaux de prix des entreprises Algeriennes.

β/ **Fichier Prix unitaires**

C'est un fichier à accès direct contenant les prix unitaires correspondant aux modalités stockées à la même adresse.

γ/ **Fichier quantités**

C'est un fichier à accès direct contenant les quantités de mesures fixes pour certaines tâches, variables pour d'autres (varient plusieurs fois pendant une exécution) tantôt ses éléments prennent des valeurs nulles et tantôt non nulles. Cette variation sert à rendre la formule de base du calcul de coût plus flexible possible; elle permet au programme de ne prendre en compte pendant une itération qu'une seule valeur non nulle.

λ/ **Fichiers variables**

Ces fichiers sont anonymes et l'utilisateur doit leur donner le même nom que ceux du projet et des différentes extensions pour chaque unité en respectant le menu qui s'affiche pendant l'exécution du programme à chaque fois que la nécessité se fera sentir.
[(--.ETD) ,(--.TRV) ,(--.ADR) ,(--.ADP)] .

I-5 / **STRUCTURE GENERALE DU SYSTEME**

La structure générale du système est représentée sur le schéma de la page suivante.(81)

I-6 / **ORGANIGRAMME GENERALE DU FONCTIONNEMENT DE SYSTEME**

L'organigramme de notre système est représenté sur la page N°: 83

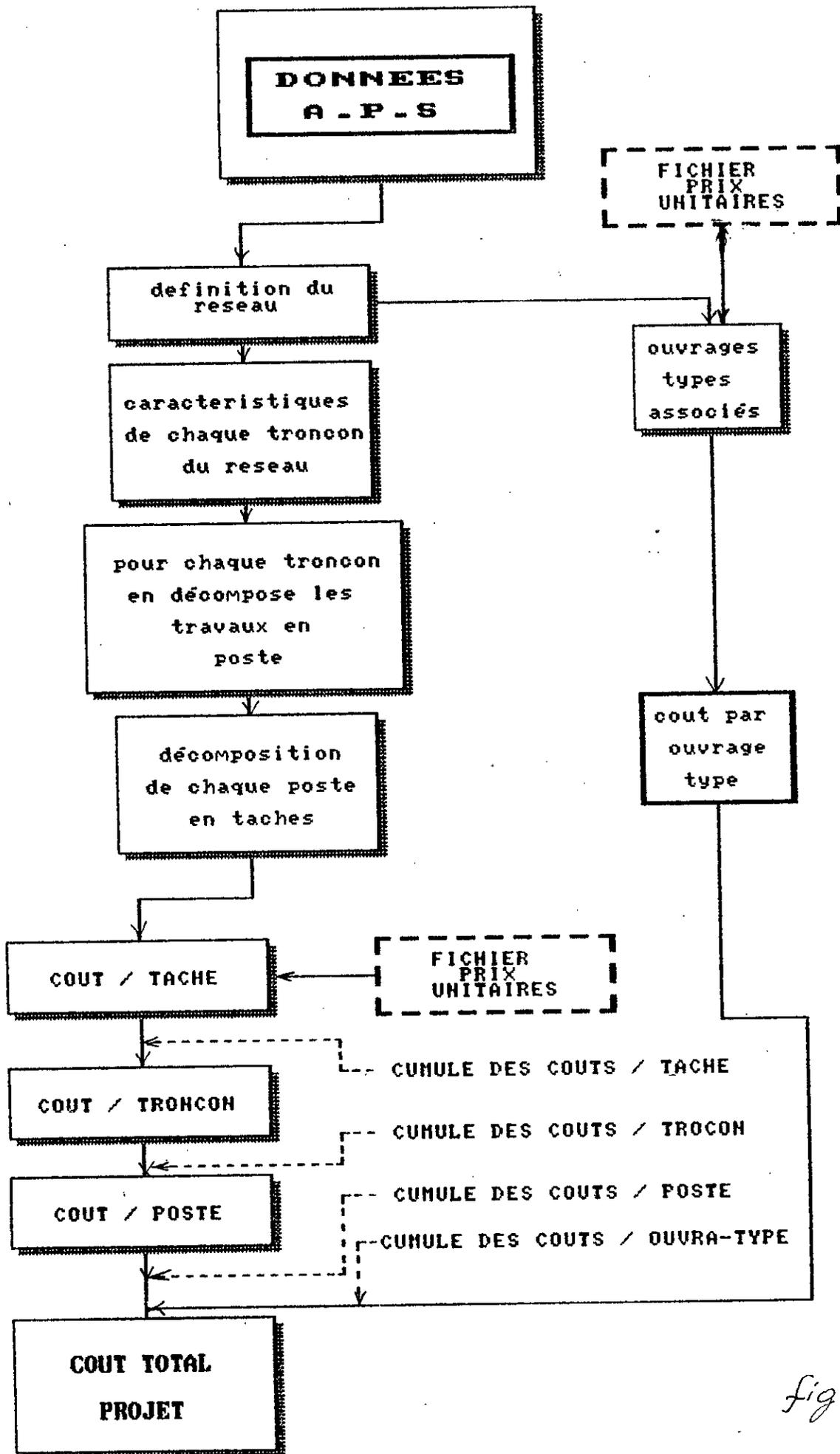
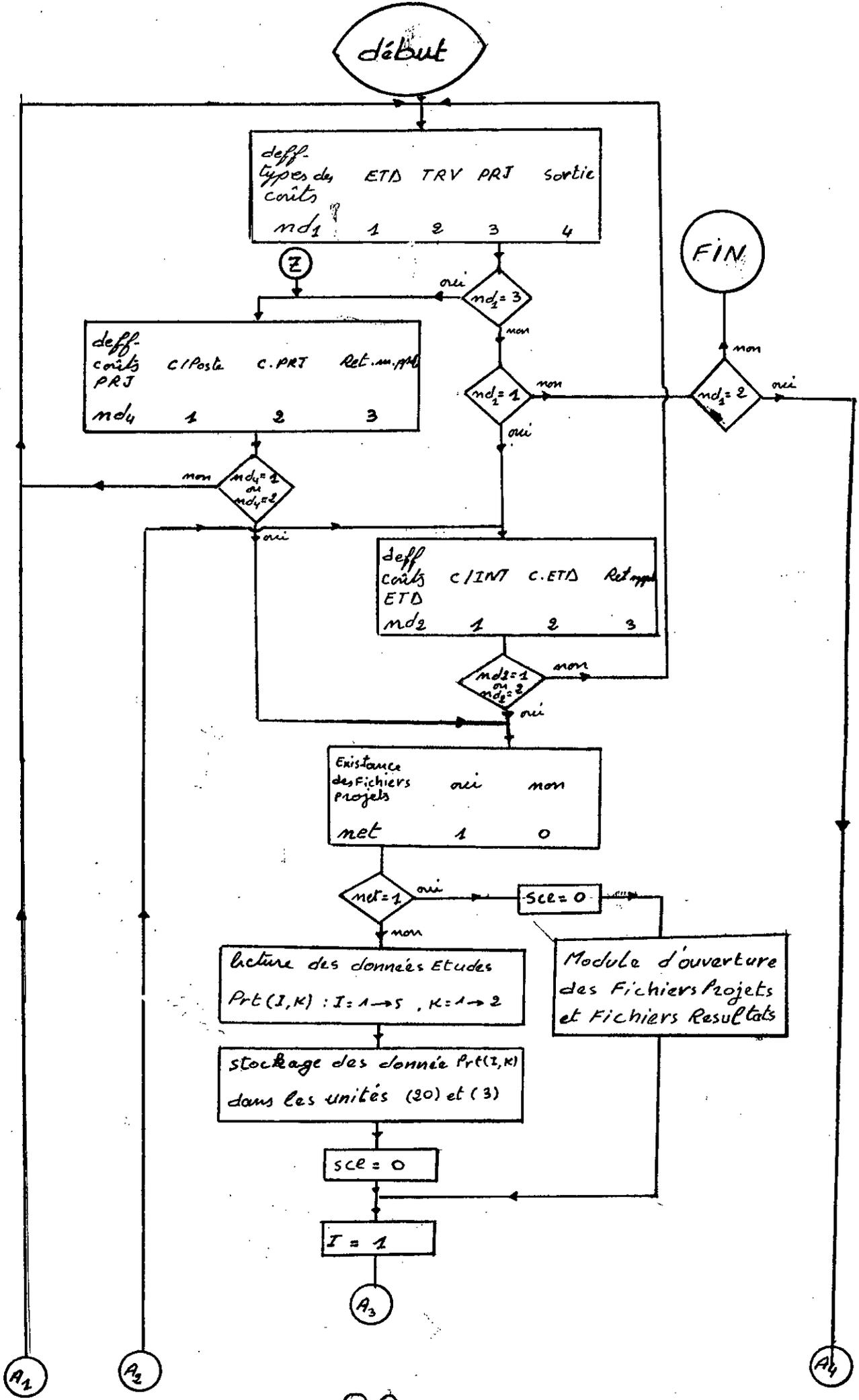
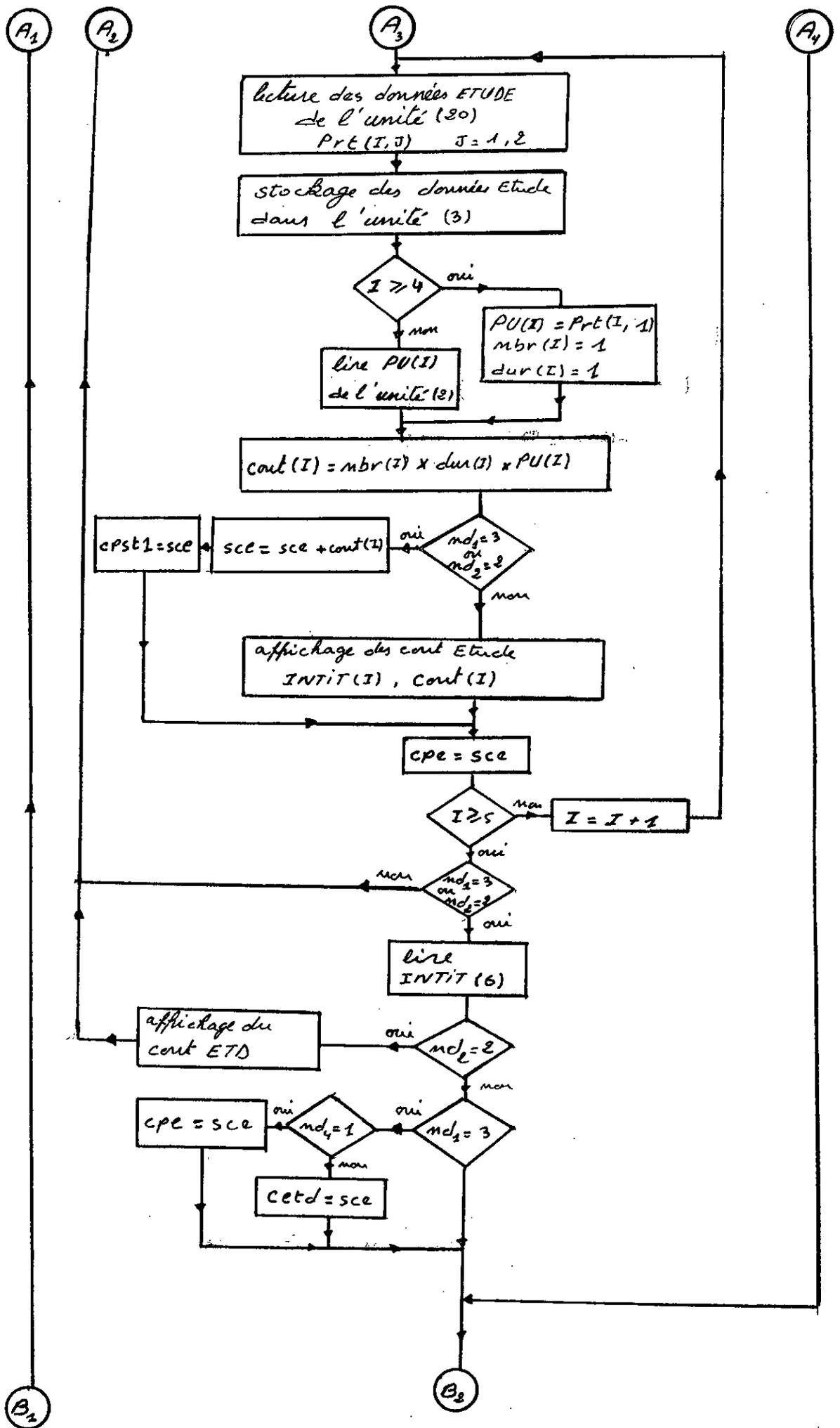
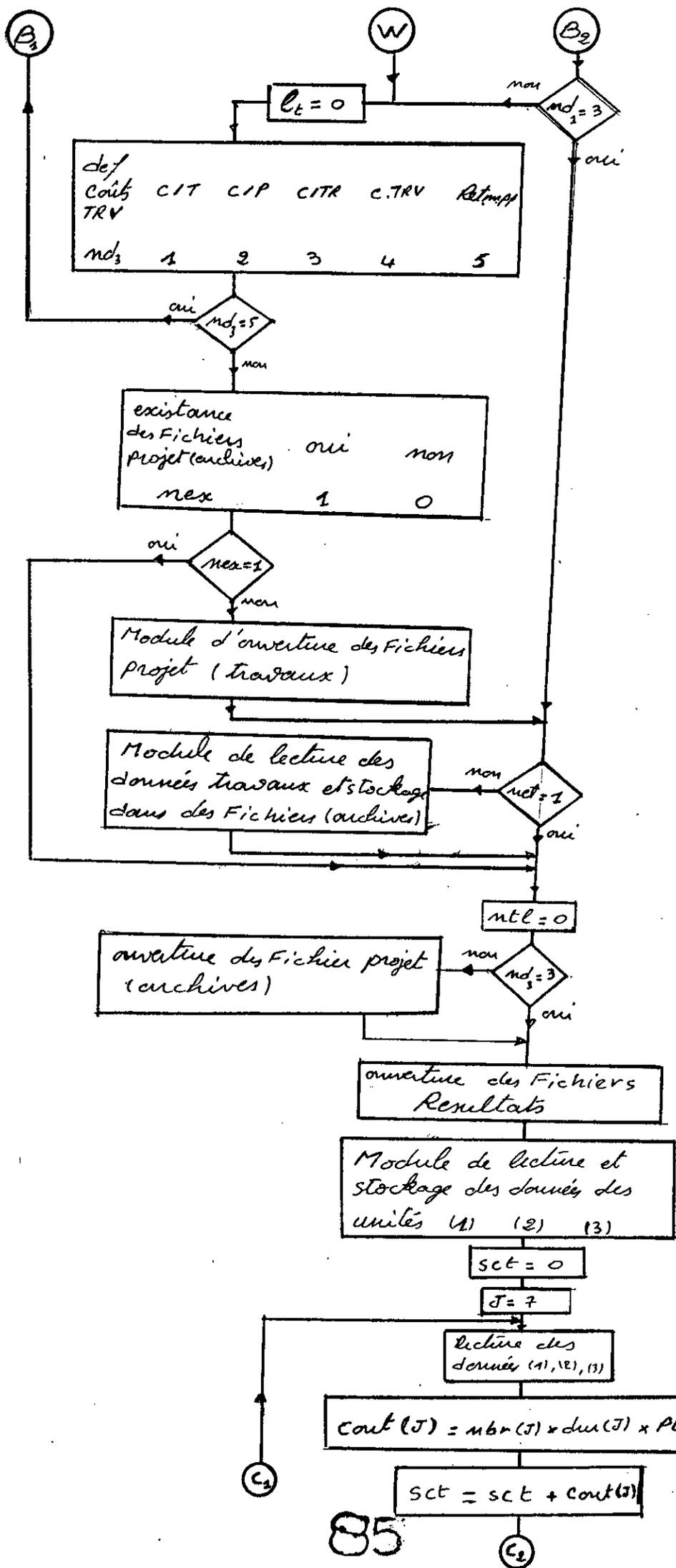


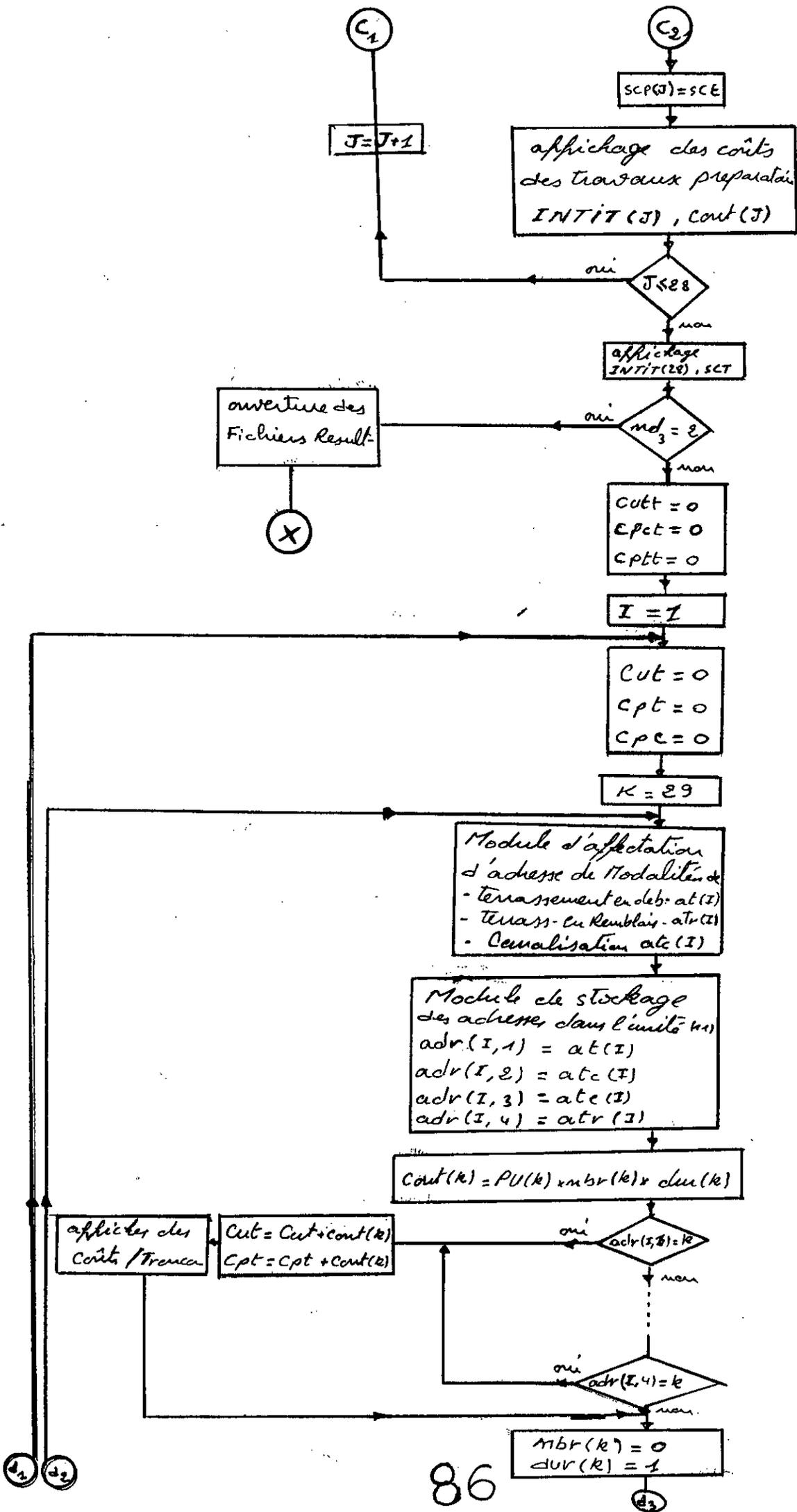
fig: 9

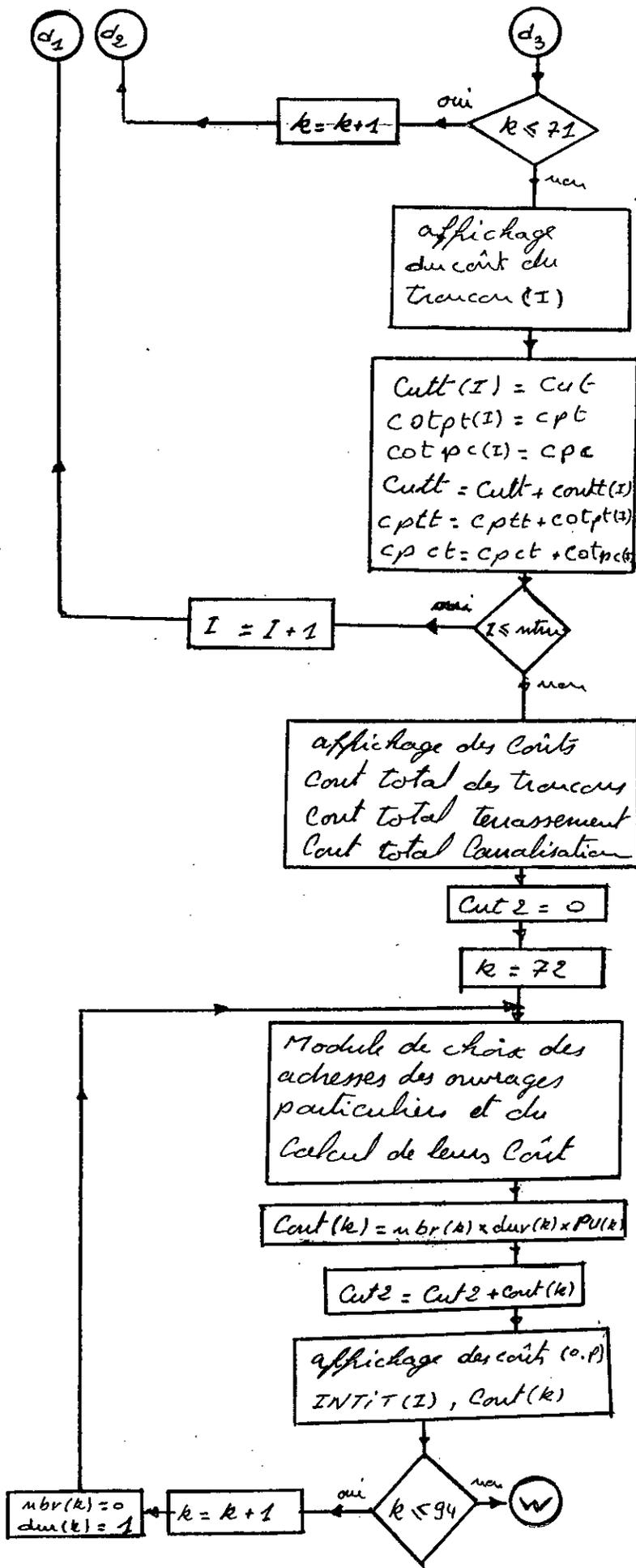
ORGANIGRAMME DE PROCESSUS DU SYSTEME INFORMATIQUE

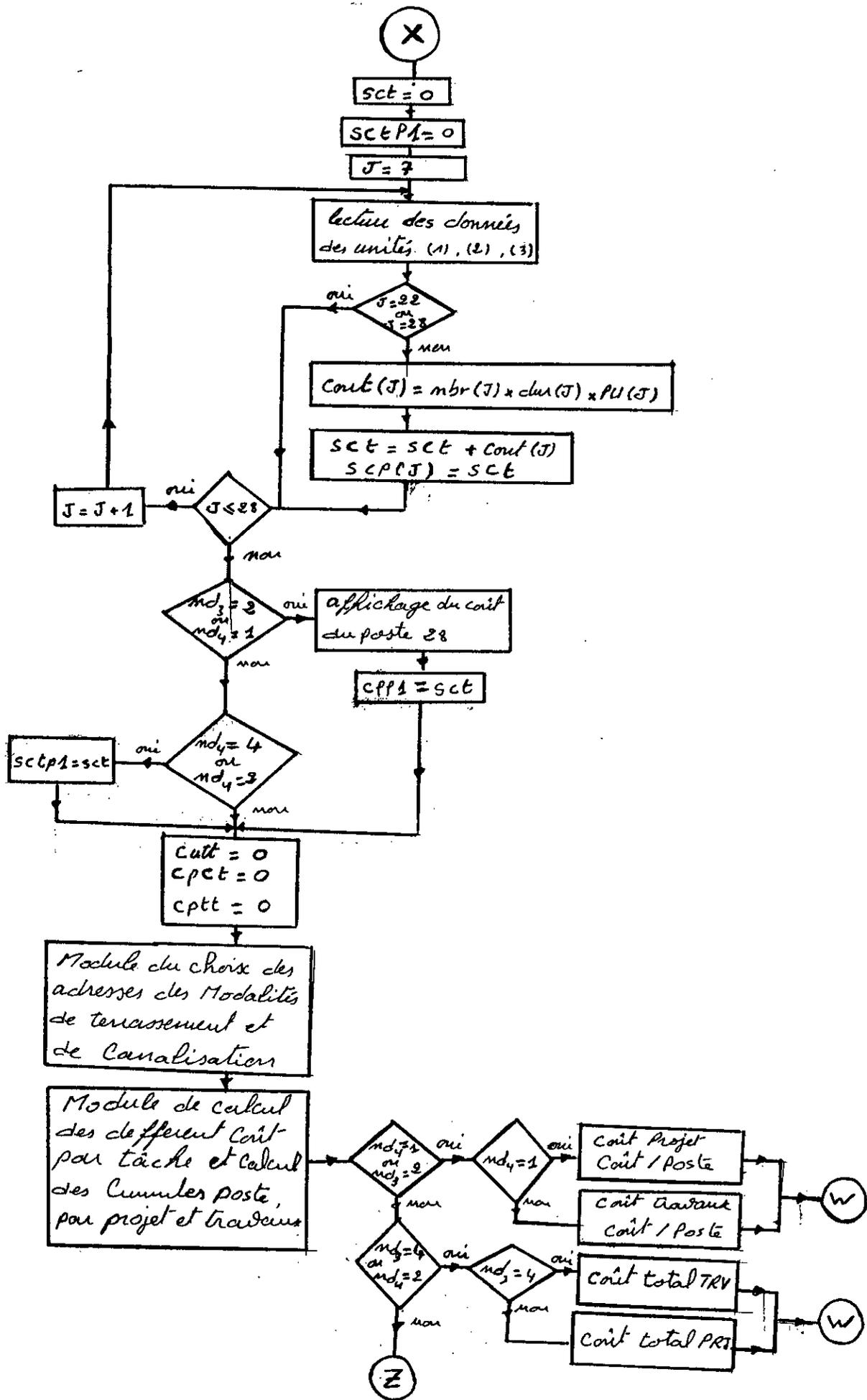












TROISIEME PARTIE

ETUDE DE LA RELATION :

PARAMETRES DE CONCEPTION → COUT

Il est très intéressant dans une opération d'assainissement de connaître quels sont les paramètres de conception qui influent directement sur le coût d'investissement des projets à vouloir réaliser. Ceci afin de pouvoir contrôler à l'avenir la variation des dépenses qui s'en suit.

C'est pourquoi, on a jugé intéressant de compléter notre étude méthodologique par une partie consacrée à l'étude de la relation

PARAMETRE DE CONCEPTION → COUT

On espère ainsi contribuer à orienter et à éclairer les décideurs et les responsables techniques dans leur choix des meilleures solutions économiques pour de tels projets.

A/ INFLUENCE DES PARAMETRES DE CONCEPTION
SUR LE COUT DE L'ETUDE

On se propose d'étudier l'influence de deux paramètres de mesure importants sur le coût de l'étude, à savoir:

α / Le nombre de chaque type d'intervenant c'est-à-dire

N_{ing} : Nombre d'Ingénieurs $\longrightarrow N_1$

N_{tec} : Nombre de Techniciens $\longrightarrow N_2$

N_{des} : Nombre de Dessinateurs $\longrightarrow N_3$

β / La durée d'intervention de chaque type d'intervenant

c'est-à-dire: D_{ing} : Durée d'intervention de l'Ingénieur D_1

D_{tec} : Durée d'intervention du Technicien D_2

D_{des} : Durée d'intervention du dessinateur D_3

L'équation qui régit le coût de l'étude en fonction de ces paramètres est donnée par:

$$\text{COUT(étude)} = \sum_{i=1}^3 N_i D_i (\text{PU})_i + C_f$$

avec:

$$C_f = C_r + C_{sea}$$

C_f : frais forfaitaires totaux de l'étude.

C_r, C_{sea} : deux constantes

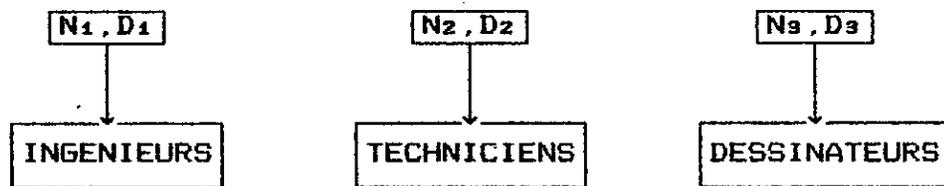
C_r : frais de reprographie

C_{sea} : frais de secrétariat et administration

$(\text{PU})_1, (\text{PU})_2, (\text{PU})_3$: Etant respectivement le salaire journalier, dans un bureau d'étude, de l'Ingénieur, du Technicien, et du Dessinateur. Ces trois paramètres sont quantifiables au stade de l'A.P.S .

Les variables sont donc au nombre de six; $N_1, N_2, N_3, D_1, D_2, D_3$

Relation paramètres de conception - Coût



Notre objectif est d'étudier l'influence de chacune de ces variables (paramètres) sur le coût de l'étude.

$$C(\text{étude}) = F(N_1, N_2, N_3, D_1, D_2, D_3)$$

On constate bien que l'impact de ces paramètres sur le coût apparaît sous deux aspects:

- * Influence temporelle (D_1, D_2, D_3), et
- * Influence numérique (N_1, N_2, N_3)

I-1/ INFLUENCE TEMPORELLE

I-1-1/ Influence de la durée d'intervention de l'INGENIEUR:

On veut mettre en évidence l'influence de D_{ing} . Pour cela, on se fixe les autres paramètres de manière à supprimer l'influence numérique.

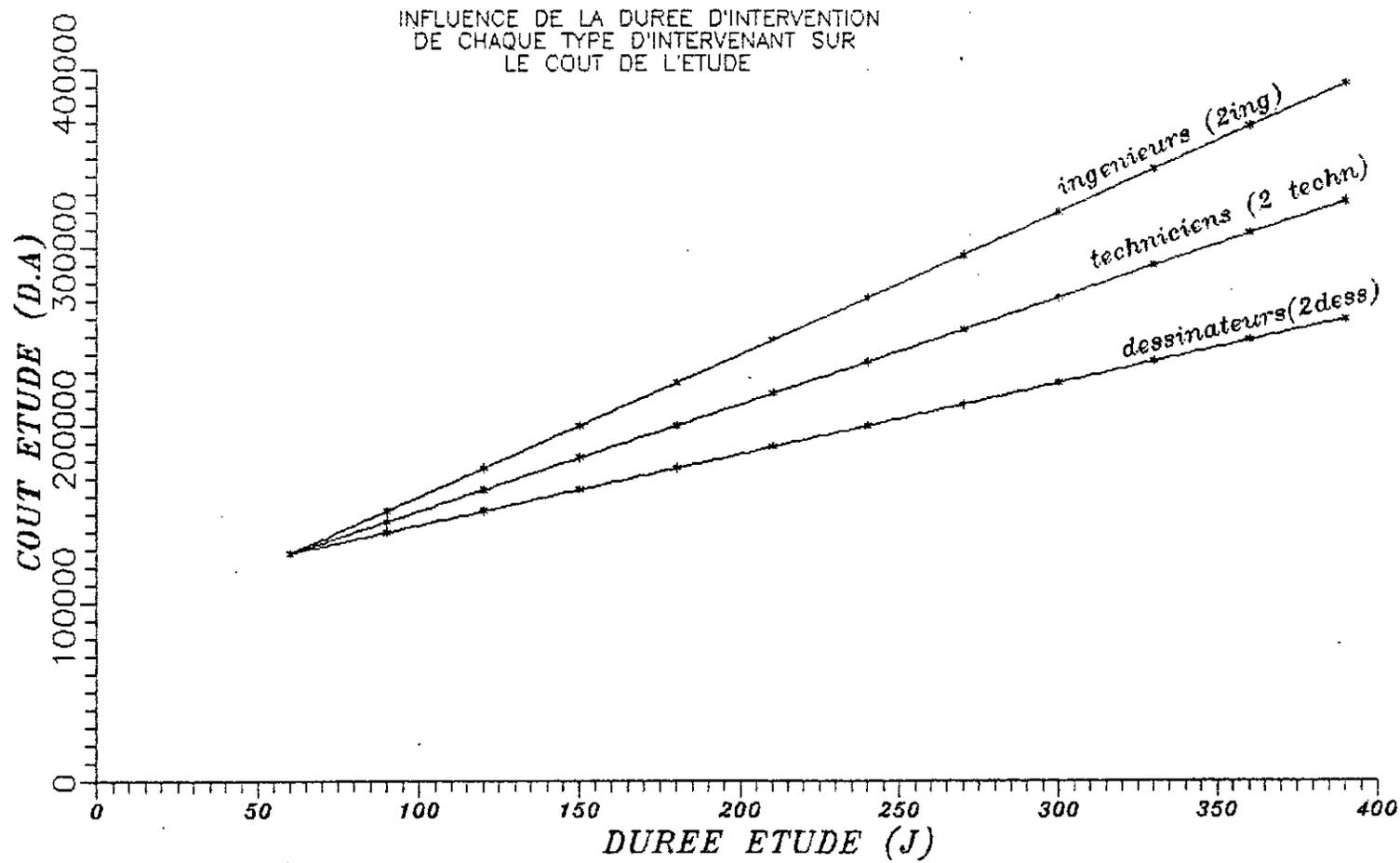
Soit

$$N_1 = N_2 = N_3 = N = 2$$

et $D_2 = D_3 = D = 2 \text{ mois}$ avec $D_1 = D_{ing}$ variable

On admet qu'il n'existe pas de projet d'assainissement dont la durée d'étude est inférieure à deux mois.

On a adopté $N=2$ pour un bureau d'étude de moyen service, soit un personnel actif de six personnes (02 Ingénieurs, 02 Techniciens et 02 Dessinateurs).



Graphe 03

Avec les données fixées précédemment, nous avons obtenu les résultats du tableau suivant:

DUREE D ₁ (jours)	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
COU ETUDE (10 ³ D.A)	128	152	176	200	224	248	272	296	320	344	368	392

Influence de la Durée d'intervention de l'INGENIEUR
sur le Cout de l'Etude

tableau n°12

1-1-2/Influence de la Durée d'Intervention du TECHNICIEN:

On se fixe cette fois-ci:

D₁= D₃= D= 2mois avec D₂ variable

avec toujours N₁= N₂= N₃= N= 2

Après avoir fait varier D₂ de 2mois à 13mois, on a obtenu les résultats du tableau suivant:

DUREE D ₂ (jours)	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
COU ETUDE (10 ³ D.A)	128	146	164	182	200	218	236	254	272	290	308	326

Influence de la Durée d'intervention du TECHNICIEN
sur le Cout de l'Etude

tableau n°13

I-1-3/ Influence de la Durée d'Intervention du DESSINATEUR:

On maintient toujours :

$$N_1 = N_2 = N_3 = N = 2$$

et $D_1 = D_2 = D = 2$ mois avec D_3 variable

En faisant varier D_3 de 2 mois à 13 mois, on aboutit aux coûts suivants:

DUREE D_3 (jours)	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
COUT ETUDE (10^9 D.A)	128	140	152	164	176	188	200	212	224	236	248	260

Influence de la durée d'intervention du DESSINATEUR
sur le Cout de l'Etude

tableau n°14

I-1-4/ INTERPRÉTATION

Reprenons les trois tableaux précédents .

Les trois courbes correspondantes sont reprises sur le graphe n°3

Tableau n° 15

	DUREE (jours)	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
D_1	COUT de 1 ^{re} ETUDE (10^9 D.A)	128	152	176	200	224	248	272	296	320	344	368	392
D_2	COUT de 1 ^{re} ETUDE (10^9 D.A)	128	146	164	182	200	218	236	254	272	290	308	326
D_3	COUT de 1 ^{re} ETUDE (10^9 D.A)	128	140	152	164	176	188	200	212	224	236	248	260

Impact de la durée d'intervention sur le cout de l'étude

-La première remarque bannale qu'on peut faire est que le coût de l'étude est proportionnel à la durée c'est-à-dire à la durée d'intervention de chaque type d'intervenant.

L'équation du coût de l'étude est de la forme :

$$C(\text{étude}) = \alpha D + \beta$$

si $D \rightarrow \infty \Rightarrow C(\text{étude}) \rightarrow \infty$

-Remarquons aussi que pour une durée d'intervention commune aux trois types d'intervenants, on a toujours :

$$C(\text{étude})_{\text{ing}} > C(\text{étude})_{\text{tec}} > C(\text{étude})_{\text{des}}$$

Ceci s'explique aisément par le fait que le salaire journalier de l'Ingénieur est toujours supérieur à celui du Technicien et du Dessinateur.

On aura par conséquent l'équivalence logique :

$$C(\text{étude})_{\text{ing}} > C(\text{étude})_{\text{tec}} > C(\text{étude})_{\text{des}} \quad \Leftrightarrow \quad \text{Inf}_{\text{ing}} > \text{Inf}_{\text{tec}} > \text{Inf}_{\text{des}}$$

avec

$$N_1 = N_2 = N_3$$

Inf:abréviation du mot influence

On notera qu'un mois d'intervention simultanée de deux Ingénieurs dans l'étude engendrerait une augmentation du coût de l'étude :

$$\text{DELTA } C(\text{étude})_{\text{ing}} = 28000 \text{ D.A}$$

soit par Ingénieur :

$$\begin{aligned} \delta C(\text{étude})_{\text{ing}} &= 28000/2 \\ &= 14000 \text{ (D.A) / Ingénieur / mois} \end{aligned}$$

Pour un Technicien, un mois d'étude supplémentaire affecterait le même coût d'une variation positive de:

$$\begin{aligned} \delta C(\text{étude})_{\text{tec}} &= 18000/2 \\ &= 9000 \text{ (D.A) / Technicien / mois} \end{aligned}$$

Un tacher de réduire la durée d'intervention des ingénieurs en que d'engager un Dessinateur. cher que le recrutement d'un Technicien et encore plus onéreux Recruter un Ingénieur dans un bureau d'étude revient plus

I-1-5/ CONCLUSION

De plus, l'influence d'un semestre de travail de l'Ingénieur sur le coût totale de l'étude est l'équivalent de celle de dix mois de travail du Dessinateur. Technicien.

L'influence de cinq mois de travail de l'Ingénieur sur le coût de l'étude est l'équivalent de l'influence de six mois de travail du Technicien. * - deux Ingénieurs; * - deux Techniciens; * - deux Dessinateurs;

On peut affirmer d'après le tableau x que pour un bureau d'étude composé du personnel technique suivant :

Inf(1 mois) ^{tec}	= 1.55 Inf(1 mois) ^{tec}
Inf(1 mois) ^{ing}	= 2.33 Inf(1 mois) ^{ing}
Inf(1 mois) ^{des}	= 1.50 Inf(1 mois) ^{des}

Ce qui signifie en terme d'influence:

6C(étude) ^{tec}	= 1.55 6C(étude) ^{tec}
6C(étude) ^{ing}	= 2.33 6C(étude) ^{ing}
6C(étude) ^{des}	= 1.50 6C(étude) ^{des}

Remarques :

6(étude)^{des} = 12000/2 = 6000 (D.A)/dessinateur/mois

Un mois d'étude supplémentaire par Dessinateur engendrerait un accroissement du coût de l'étude de:

augmentant leur nombre mais reste à savoir l'influence de ce nombre sur le coût de l'étude → optimisation.

Si le technicien se montre plus compétent et plus efficace c'est -à-dire qu'il peut accomplir le travail d'un Ingénieur en respectant les échéances contractées, il est préférable de l'engager.

I-2/ **INFLUENCE NUMERIQUE DES INTERVENANTS**

I-2-1/ Influence du Nombre d'Ingénieurs

Pour mettre en évidence l'influence de $N_1 = N_{ing}$ sur le coût de l'étude, on se fixe la durée d'intervention de chaque type d'intervenant telle que:

$D_1 = D_2 = D_3 = D = 5$ mois (durée de l'étude d'un projet courant)
et $N_1 = N_2 = N = 2$ mois avec N_1 VARIABLE (1 à 5)

Après avoir fait varier N_1 de 1 à 5, on a obtenu les résultats suivants:

NOMBRE	01	02	03	04	05
COUT de l'ETUDE (10 ⁹ D.A)	155	215	275	335	395

Influence du Nombre d'Ingénieurs sur
le Cout de l'Etude

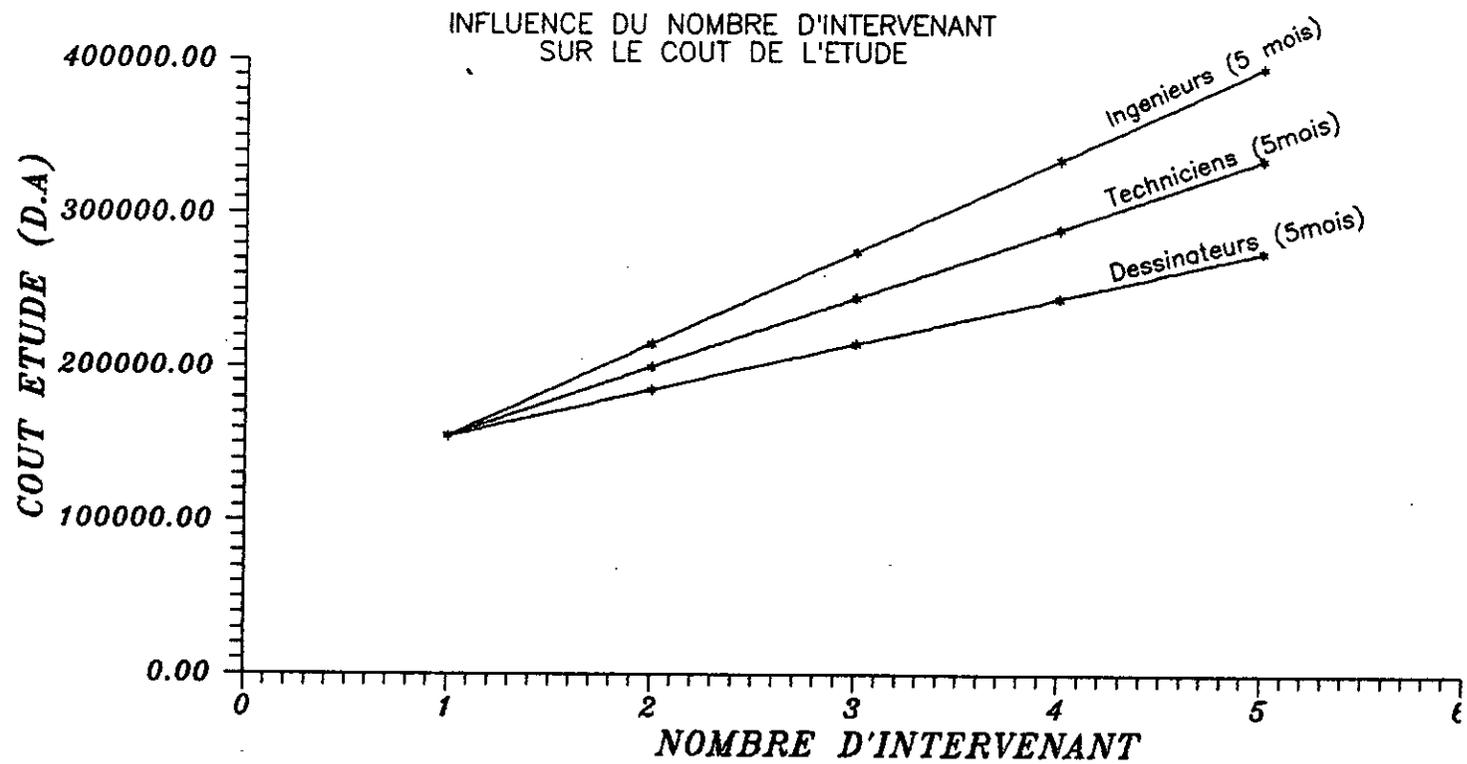
tableau n° 16

I-2-2/ Influence du Nombre de Techniciens

On se fixe cette fois-ci

$N_1 = N_3 = N = 2$ avec N_2 VARIABLE

sous réserve toujours de l'égalité: $D_1 = D_2 = D_3 = D = 5$ mois



Graphe 04

Relation Paramètres de Conception - Cout

En faisant varier N_2 de 1 à 5, on aboutit aux valeurs du tableau ci-dessous;

NOMBRE	01	02	03	04	05
COUT de l'ETUDE (10 ⁹ D.A)	155	200	245	290	335

Influence du Nombre de Technicien sur
le Cout de l'Etude
tableau n° 17

I-2-3/ Influence du Nombre de Dessinateurs

Afin d'éliminer l'influence temporelle, on maintiendra l'égalité:

$$D_1 = D_2 = D_3 = D = 5 \text{ mois}$$

On se fixe aussi: $N_1 = N_2 = N = 2$ AVEC N_3 VARIABLE

On aboutit au tableau suivant:

NOMBRE	01	02	03	04	05
COUT de l'ETUDE (10 ⁹ D.A)	155	185	215	245	275

Influence du Nombre de Dessinateur sur
le Cout de l'Etude
tableau n° 18

I-2-4/ INTERPRETATION et CONCLUSION

Reprenons les trois derniers tableaux dont les valeurs sont reportées sur le graphe n° 04

Relation Paramètres de Conception - Coût

	NOMBRE	01	02	03	04	05
N_1	C(étude) (10^9 D.A)	155	215	275	335	395
N_2	C(étude) (10^9 D.A)	155	200	245	280	335
N_3	C(étude) (10^9 D.A)	155	185	215	245	275

tableau n°19

La première remarque qui "saute aux yeux" est que le coût de l'étude est proportionnel au nombre d'intervenants.

$$N_i \longrightarrow \infty \quad \rightarrow \quad C \longrightarrow \infty$$

Remarquons aussi que si le nombre d'intervenant est le même pour chaque type, on a forcément:

$$C(\text{étude})_{ing} > C(\text{étude})_{tec} > C(\text{étude})_{des}$$

Ceci s'explique aussi par le fait que le salaire journalier de l'Ingénieur est supérieur à celui du Technicien et du Dessinateur.

$$\begin{aligned}
 C(\text{étude}) &= C(\text{étude})_{ing} + C(\text{étude})_{tec} + C(\text{étude})_{des} + C_f \\
 &= N_1 D_1 (PU)_1 + N_2 D_2 (PU)_2 + N_3 D_3 (PU)_3 + C_f \\
 \text{or;} \quad &= \text{I} + \text{II} + \text{III} + C_f
 \end{aligned}$$

$$D_1 = D_2 = D_3 = D$$

et si $N_1 = N_2 = N_3 = N$ on a toujours $I > II > III$

car l'inégalité: $(PU)_1 > (PU)_2 > (PU)_3$ est toujours vraie.

Cela veut dire que l'influence du paramètre "nombre d'Ingénieurs" est plus importante que celle de tout autre nombre.

Par conséquent, on dira que plus les Ingénieurs sont nombreux dans un bureau d'étude plus le coût de l'étude d'un projet d'assainissement est onéreux.

ceci se voit clairement sur le graphe n°4 notamment lorsque

Relation paramètres de conception- cout

le nombre d'intervenants excède trois (03), et l'écart entre les droites devient remarquable.

Le recrutement d'un Ingénieur dans un B.E dont le personnel technique est constitué de deux INGENIEURS, deux TECHNICIENS et de deux DESSINATEURS, pour un projet courant (durée d'étude= 05mois) engendrerait une variation positive (augmentation) du coût d'étude chiffrée à :

$$\text{DELTA } C(\text{étude})_{\text{ing}} = 60000 \text{ D.A}$$

soit une augmentation moyenne par mois d'étude de:

$$\begin{aligned} \delta C(\text{étude})_{\text{ing}} &= 60000/5 \\ &= 12000 \text{ D.A /mois/Ingénieur} \end{aligned}$$

Le recrutement d'un technicien dans le même B.E engendrerait un sur coût d'étude évalué à:

$$\text{DELTA } C(\text{étude})_{\text{tec}} = 45000 \text{ D.A en 5 mois}$$

soit un sur coût mensuel moyen de:

$$\begin{aligned} \delta C(\text{étude})_{\text{tec}} &= 45000/5 \\ &= 9000 \text{ (D.A)/mois/Technicien} \end{aligned}$$

Le recrutement cette fois-ci d'un dessinateur toujours dans le même B.E affecterait le coût de l'étude d'un sur coût chiffré à

$$\text{DELTA } C(\text{étude})_{\text{des}} = 30000 \text{ D.A}$$

soit un sur coût mensuel de:

$$\begin{aligned} \delta C(\text{étude})_{\text{des}} &= 30000/5 \\ &= 6000 \text{ (D.A)/mois/ Dessinateur} \end{aligned}$$

Par conséquent, on peut affirmer que pour un projet d'assainisse-

ment courant (durée d'étude de 05 mois), le recrutement d'un Ingénieur est approximativement équivalent au recrutement simultané d'un Technicien et d'un Dessinateur par mois d'étude.

01 INGENIEUR $\leftrightarrow \simeq \rightarrow$ 01 TECHNICIEN + 01 DESSINATEUR

Par ailleurs, le recrutement d'un Ingénieur est exactement équivalent au recrutement de deux Dessinateurs par mois d'étude.

01 INGENIEUR $\leftrightarrow \rightarrow$ 02 DESSINATEURS

I-3/ COMPARAISON DES RÉSULTATS ET CONCLUSION

Résumons les résultats qu'on a obtenu dans le tableau suivant:

	<i>Influence de la durée d'intervention</i>	<i>Influence du nombre d'intervenants</i>	<i>Différence</i>
INGENIEUR	14000 (D.A)/mois/ING	12000 (D.A)/mois/ING	14 %
TECHNICIEN	9000 (D.A)/mois/TEC	9000 (D.A)/mois/TEC	00 %
DESSINATEUR	6000 (D.A)/mois/DES	6000 (D.A)/mois/DES	00 %

Tableau récapitulatif des résultats de l'étude de la relation paramètres de conception - cout de l'ETUDE

tableau n°20

Les résultats ci-dessus révèlent que:

le recrutement d'un nouveau Ingénieur pour accomplir un seul mois d'étude revient 14 % moins cher qu'un mois supplémentaire effectué par un Ingénieur faisant déjà parti du personnel technique d'un bureau d'étude de moyen service.

$$\begin{aligned} (14000 - 12000) \times 100 / 14000 &= (1/7) \times 100 \\ &= 14 \% \end{aligned}$$

Le recrutement d'un Technicien pour accomplir un mois d'étude est financièrement équivalent à un mois de travail d'un Technicien déjà recruté au paravant.

Même remarque pour le Dessinateur.

Après quoi, on peut conclure que concernant les Ingénieurs, leur durée d'intervention dans l'étude d'un projet d'assainissement influe plus sur le coût que leur nombre. Par conséquent il serait préférable de recruter plus d'Ingénieur lorsque le projet à vouloir étudier est très important; projet non courant (Dnc >>Dc)

Pour les deux autres types d'intervenants, l'influence des paramètres "durée d'intervention" et "nombre d'intervenant" sur le coût de l'étude est similaire.

Néanmoins on préconisera de maintenir un nombre constant de Techniciens (resp: Dessinateurs) pour un projet courant mais si le projet est de grande ampleur alors la nécessité de recruter se fera sentir.

B/ INFLUENCE DE LA LONGUEUR DU RÉSEAU SUR LE COUT DE REALISATION

II-1/ Introduction

Le coût de réalisation de toute opération d'aménagement en l'occurrence d'assainissement a toujours représenté la partie la plus importante des dépenses.

Aussi, il serait très intéressant d'illustrer les paramètres de conception gouvernant la variation de cette part considérable du coût d'investissement.

C'est pourquoi, on se propose d'étudier la relation ;

PARAMETRES DE CONCEPTION - COUT DE REALISATION

sur l'exemple du réseau d'assainissement de la ville de BLIDA.

Nous signalons que les caractéristiques de ce réseau (nombre de tronçons, diamètres, longueurs,...) ainsi que les modalités de réalisation seront proposées en annexe.

Apparemment le seul paramètre de conception qui mérite d'être étudié c'est bien la longueur du réseau L_{res}

Pourquoi la longueur du réseau ?

La longueur du réseau pour trois raisons:

→ les réseaux déjà réalisés et qu'on a eu la chance de consulter ont révélés que le coût des canalisations représentait très souvent la part la plus importante du coût de réalisation, proportionnellement à la longueur du réseau.

→ la seconde, est que la quasi-totalité des tâches des différents postes de dépenses sont fonctions de la longueur des tronçons.

→ la longueur du réseau est l'une des caractéristiques principales disponible à la phase A.P.S. Mieux vaut donc prévoir son influence sur le coût avant le lancement des travaux.

II-2/ Description sommaire du réseau de BLIDA

Le réseau de la ville de BLIDA est composé de 28 tronçons dont les diamètres varient entre 0.3m et 0.7m.

Chaque tronçon est caractérisé par:

- son diamètre normalisé;
- sa longueur;

la longueur totale du réseau est de : $L_{reso} = 1638$ mètres

- la profondeur de fouille P_f ;
- matériaux constitutif de la conduite;

toutes les conduites sont en béton armé.

- type de terrassement;

le terrassement se fait avec engin mécanique.

- nature du sol (non rocheux);

le rayon d'évacuation des déblais Rev est tel que:

$$1\text{Km} < \text{Rev} < 5\text{Km}$$

le remblaiement s'effectue avec matériaux de déblais.

Le nombre de regards est lié à la longueur du réseau par la relation:

$$\text{Nrv} = 1 + E \left[\frac{\text{Lreso}}{\text{dmoy}} \right]$$

Nous rappelons que:

E : partie entière

dmoy : distance réglementaire entre deux regards fixée à

$$\text{dmoy} = 50\text{m}$$

pour le réseau de BLIDA Nrv = 33 (type 1 → h=2.00m)

Les tompons des regards sont du type V.I.A (800x800)mm en fonte

Le nombre de bouches d'égouts est lié à la Lreso par :

$$\begin{aligned} \text{Nbe} &= E \left[\frac{\text{Lreso}}{\text{dmoy}} \right] && \text{avec } \text{dmoy} = 40\text{m} \\ &= 41 \end{aligned}$$

Le nombre de branchement particulier a été évalué à partir du plan de masse du réseau de BLIDA. → N(B) = 130

REMARQUE

Les ouvrages annexes particuliers ne sont pas pris en considération dans le coût de réalisation car le réseau de BLIDA est un réseau ordinaire courant

II-3/ ALGORITHME

Il s'agit de faire varier judicieusement la longueur du réseau et voir par la suite comment varie le coût de réalisation. La variation de la longueur du réseau n'est pas faite arbitrairement mais selon un algorithme bien défini dans la mesure où le pas de variation est fonction des deux caractéristiques spécifiques du réseau à savoir la longueur du réseau et le nombre de tronçon.

soit l'expression de récurrence par tronçon :

$$L(\text{tr})_i + \delta L(\text{tr}) = L(\text{tr})_{i+1}$$

le pas de variation $\delta L(\text{tr})$ est tel que :

$$\delta L(\text{tr}) = \frac{L_{\text{res}0}}{N}$$

$$= 58.5 \text{ m}$$

$L_{\text{res}0}$: longueur du réseau
de BLIDA = 1698 m
 N : nombre de tronçons
 $N = 28$

15 points nous en suffit pour tracer la courbe:

$$C(\text{réalisation}) = F(L_{\text{res}0})$$

$$L(\text{tr})_i^j + \delta L(\text{tr}) = L(\text{tr})_{i+1}^j \quad \left| \begin{array}{l} j: \text{indice du point } j=1,15 \\ i: \text{indice du tronçon } i=1,27 \end{array} \right.$$

Les longueurs deviennent:

$$L_{\text{res}j} = \sum_{i=0}^{27} L(\text{tr})_i^j$$

$j=0$ $L_{\text{res}0}$: longueur initiale du réseau de BLIDA

A chaque $L_{\text{res}j}$ correspond un coût de réalisation Cr_j ; soit en tout 15 points M_j tels que :

$$M_j \left[L_{\text{res}j}, Cr_j \right]$$

REMARQUE

Dans le but d'économiser le temps d'exécution du programme informatique élaboré, on a pensé à réduire le nombre de tronçons $N=28$ pour le ramener à $N=5$ sans affecter quantitativement la valeur du coût de réalisation, de la manière suivante:

- Tous les tronçons ayant le même diamètre $D(\text{ext})$ seront représentés par un seul tronçon de caractéristiques:

$D(\text{ext}) = \text{diamètre commun ;}$

$$L(\text{tr}) = \sum_{i=1}^k L(\text{tr})_i \quad \left| \begin{array}{l} k: \text{nombre de tronçons} \\ \text{ayant le même diamètre} \end{array} \right.$$

Après quoi, on a obtenu les résultats du tableau suivant:

relation paramètres de conception-cout

TRONCON i	01	02	03	04	05	CUMULE	
DIAMETRE (m)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7		
L O N G U E U R S (M)	j=01	276.75	523.80	188.00	487.50	161.50	1638.00
	j=02	335.24	582.30	246.48	546.00	219.98	1930.00
	j=03	393.72	640.78	304.96	604.48	278.46	2219.00
	j=04	452.20	699.26	363.44	662.96	336.94	2515.00
	j=05	510.68	757.74	421.92	721.44	395.42	2798.00
	j=06	569.16	816.22	480.40	779.90	453.90	3100.00
	j=07	627.64	874.70	538.88	838.38	512.38	3387.00
	j=08	686.12	933.18	597.36	896.86	570.86	3684.00
	j=09	744.60	991.66	655.84	955.34	629.34	3977.00
	j=10	803.08	1050.14	714.32	1013.82	687.82	4269.00
	j=11	861.56	1108.62	772.80	1072.30	746.30	4562.00
	j=12	920.04	1167.10	831.28	1130.78	804.78	5854.00
	j=13	978.52	1225.58	889.76	1189.26	863.26	5146.00
	j=14	1037.00	1284.06	948.24	1247.74	921.74	5439.00
	j=15	1095.48	1342.54	1006.72	1306.22	830.22	5731.00

Tableau de variation de la longueur du réseau de
BLIDA
tableau n°21

A chaque série de 5 tronçons correspond une et une seule longueur du réseau soit un seul coût de réalisation.

Pour les 15 séries de tronçons les coûts de réalisation trouvés sont résumés dans le tableau de la page suivante:

Ce tableau est constitué de cinq colonnes.

La première représente le cumule des tronçons de chaque série; soit la dernière colonne du tableau n°21

La 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} ligne des coûts de réalisation ont été obtenues en considérant que le montant des travaux préparatoires représente respectivement 2.5%, 5%, 7.5% et 10% du coût de réalisation, travaux préparatoires (T.P) non compris.

LONGUEUR du RESEAU L _{resj} (M)	COÛT de REALISATION (DA) $\alpha = 2.5 \%$	COÛT de REALISATION (DA) $\alpha = 5 \%$	COÛT de REALISATION (DA) $\alpha = 7.5 \%$	COÛT de REALISATION (DA) $\alpha = 10 \%$
1638	5128445.95	5253530.00	5378614.043	5503698.09
1930	6061189.08	6209022.96	6356856.84	6504690.72
2219	6888015.58	7056015.96	7224016.34	7392016.72
2515	7918030.40	8111153.10	8304275.77	8497398.47
2798	8817932.42	9033003.94	9248075.46	9463146.98
3100	9750644.40	9988465.00	10226285.60	10464106.20
3387	10679192.10	10939660.20	11200128.30	11460596.40
3684	11611844.32	11895060.03	12178275.75	12461491.46
3977	12539977.00	12845830.10	13151683.20	13457536.30
4269	13468500.10	13797000.10	14125500.10	14455400.10
4562	14397022.90	14748169.80	15099316.70	15450463.60
4854	15238743.57	15610420.24	15982096.91	16353773.58
5146	16229898.90	16625750.10	17021601.30	17417452.50
5439	17158121.74	17576510.07	17994998.41	18413486.74
5731	18090644.74	18531879.98	18973115.22	19414350.46

Tableau de variation du coût de réalisation en fonction de la longueur du réseau

(Le coût des travaux préparatoires est estimé à $\alpha\%$ du coût de réalisation)

tableau n° 22

Nous rappelons à l'occasion que l'estimation du coût des travaux préparatoires (T.P) de cette manière là est préconisée par la bibliographie française et est utilisée par quelques entreprises de réalisation Algériennes.

EXEMPLE:

On a:

$$C(\text{réalisation}) = C(\text{sans T.P}) + C(\text{T.P})$$

Relation Paramètres de Conception - Cout

or $C(T.P) = \alpha(\%) \times C(\text{sans T.P})$
donc $C(\text{réalisation}) = C(\text{sans T.P}) \times \left[1 + \frac{\alpha(\%)}{100} \right] (*)$
avec $2.5\% < \alpha(\%) < 10\%$

Les différentes courbes $Cr = F_{\alpha}(L_{res})$ sont reportées sur les graphes 1, 2, 3, 4

II-4/ INTERPRÉTATION ET CONCLUSION

Remarquons que pour différents pourcentages $\alpha(\%)$ des travaux préparatoires, on a proportionnalité entre la longueur du réseau et le coût de réalisation puisque chaque mètre linéaire de conduite prolongée engendre systématiquement des frais supplémentaires. Par ailleurs, pour une longueur fixe, le coût de réalisation croît en fonction du montant des travaux préparatoires autrement dit en fonction du pourcentage $\alpha(\%)$ comme le montre l'expression (*):

$$C(\text{réalisation}) = C(\text{sans T.P}) \times \left[1 + \frac{\alpha(\%)}{100} \right]$$

lorsque $\alpha(\%) \longrightarrow \infty \rightarrow C(\text{réalisation}) \longrightarrow \infty$
avec: L_{res} fixe

On remarque aussi que la variation du coût de réalisation pour des pourcentages successifs est relativement négligeable par rapport au coût de réalisation extrême, ce qui explique le rapprochement des quatre droites du graphe, qui n'a rien avoir avec l'échelle. Si le coût des travaux préparatoires du réseau de BLIDA est estimé à $\alpha(\%)$ du coût de réalisation alors le prolongement de la longueur du réseau d'un mètre de conduite reviendrait suivant la valeur de α à :

$\alpha = 2.5\%$	\longrightarrow	$\delta L_{res} = 1m$	alors	$\delta Cr = 2861 \text{ (DA) / M1}$
$\alpha = 5\%$	\longrightarrow	$\delta L_{res} = 1m$	alors	$\delta Cr = 2931 \text{ (DA) / M1}$
$\alpha = 7.5$	\longrightarrow	$\delta L_{res} = 1m$	alors	$\delta Cr = 3000 \text{ (DA) / M1}$
$\alpha = 10\%$	\longrightarrow	$\delta L_{res} = 1m$	alors	$\delta Cr = 3070 \text{ (DA) / M1}$

Relation Paramètres de Conception - Cout

Autrement dit, chaque mètre linéaire ajouté engendrerait une variation croissante (positive) du coût de réalisation représentée selon $\alpha(\%)$ par les δCr ci-dessus.

Cette variation du coût de réalisation est représentée géométriquement par la pente respective de chaque droite.

Par conséquent un prolongement de ΔL mètres de la longueur du réseau affecterait le coût de réalisation d'une augmentation de :

$$\Delta C_r = \xi(\alpha) \cdot \Delta L$$

avec:

ΔL : Prolongement en (m) de la longueur du réseau

$\xi(\alpha)$: Coefficient de variation fonction de α

ΔC_r : Cout supplémentaire

Réseau de BLIDA $L_{res} = 1638m$

On veut prolonger ce réseau de 100m

On se fixe $\alpha = 5\%$, Pour réaliser ce prolongement il faudrait investir encore une somme de:

soit

$$\begin{aligned} \delta Cr &= \text{pente}(\alpha=5\%) \times \delta L_{res} \\ \delta Cr &= 2931 \times 100 \\ &= 293\ 100 \text{ (DA)} \end{aligned}$$

Les graphes tracés pour différentes estimations de $\alpha(\%)$ ont montré que le coût de réalisation est lié à la longueur du réseau par la relation:

$$C_r = A \cdot L_{res} + B \quad (A, B) \text{ des constantes}$$

résultat qu'on pouvait incontestablement prévoir. ! pourquoi?

On rappelle que le coût de réalisation est le cumule du coût de deux types de tâches à savoir:

- tâches dont le coût est linéairement dépendant de la longueur du réseau soit;

$$C(\text{tâche}_i) = a_i L_{res} + b_i \quad i=1, n$$

n: nombre de tâches type 1

- tâches dont le coût est indépendant de la longueur du réseau

par exemple:

* / coût des travaux préparatoires C(T.P);

* / coût des branchements particuliers C(B.P)

Puisque le coût de réalisation est le cumule du coût de toutes ces tâches, on écrira donc:

$$Cr = \sum_{i=1}^n (a_i L_{res} + b_i) + C(T.P) + C(B.P)$$

Après développement de la somme, on aboutit finalement à:

$$Cr = A.L_{res} + B$$

$$A = \sum_{i=1}^n a_i ; A = f(\text{caractéristiques du réseau, prix élémentaires, ...})$$

$$B = \sum_{i=1}^n b_i + C(T.P) + C(B.P) \quad \text{avec; } b_i = 0 \quad \text{en général}$$

$$B = f(\text{pourcentage } \alpha, \text{ nombre de branchement particulier})$$

Ce qui confirme finalement l'axiome suivant:

Mathématiquement la somme de plusieurs equations de droites est forcément une equation de droite tant que la variable est unique, en l'occurrence la longueur du réseau.

En Algérie, l'enveloppe financière contractée à la réalisation d'un réseau d'assainissement est en général fixée, et si par la suite on s'amuse à avantager les travaux préparatoires (α élevé) ceci se répercutera négativement sur les autres postes essentiels de dépenses (terrassément, canalisations, ouvrages annexes) ce qui s'explique mathématiquement par:

$$\begin{aligned} Cr &= A.L_{res} + C(T.P) + C(B.P) \\ &= A.L_{res} + B \end{aligned}$$

avec généralement : $C(T.P) \gg C(B.P)$

Cr : coût contracté de réalisation du projet fixé par l'enveloppe

financière.

Si $C(T.P)$ croit indéfiniment ($\alpha \rightarrow \infty$) avec C_r constant, alors le terme $A.L_{res}$ doit logiquement décroître.

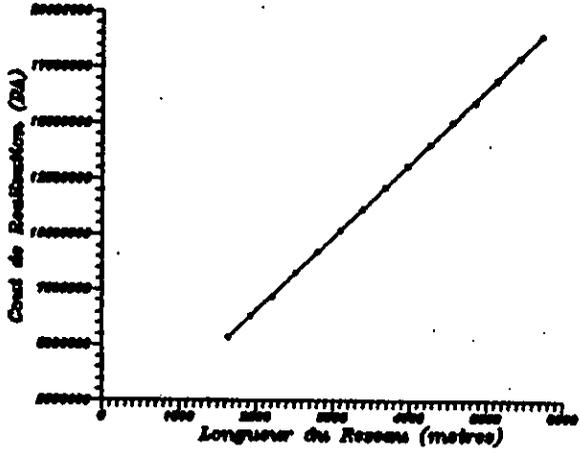
Or le coefficient A est fixe et sa valeur est importante donc L_{res} doit décroître ($L_{res} \rightarrow 0$)

Si la longueur du réseau décroîtra alors deux conséquences sont irréfutables à savoir:

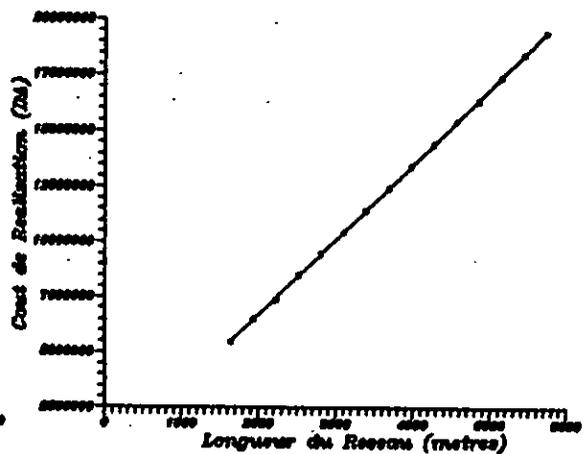
- l'enveloppe d'argent ne va pas suffir à réaliser toute la longueur du réseau prévue dans le marché; ($L_{réalisée} < L_{prévue}$) ce qui signifie qu'il faudrait emprunter de l'argent \rightarrow coût financier croîtra!!

- la conception du réseau sera modifiée par suite du changement de sa longueur prévue. Cela engendrerait donc des frais supplémentaires de révision de l'étude déjà faite.

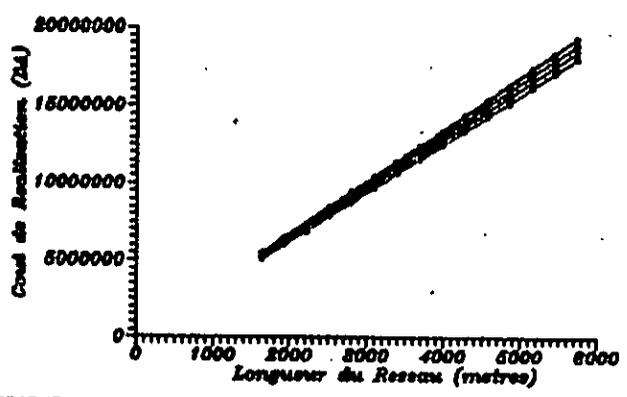
Nous devons dire, par ailleurs, que plus les travaux préparatoires sont couteux plus le mètre linéaire du réseau reviendrait plus cher.



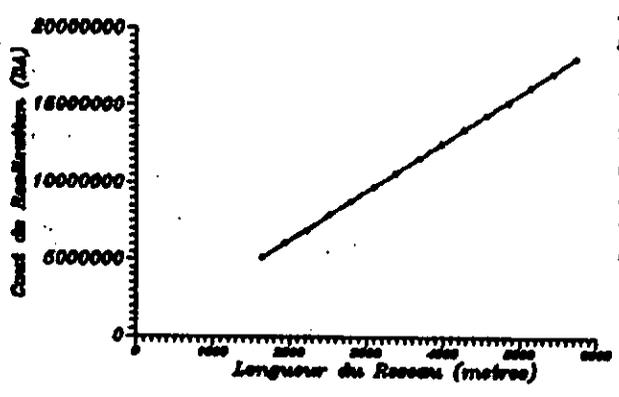
GRAPHE : 07 Influence de la longueur du réseau sur le Coût de réalisation (T.Preparatoires estimes a 7.5')



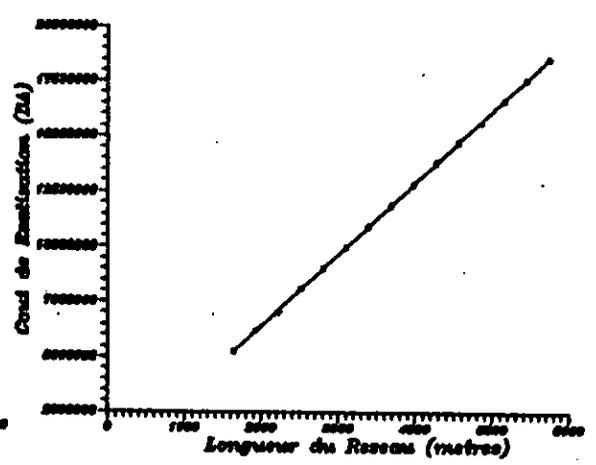
GRAPHE : 08 Influence de la longueur du réseau sur le coût de réalisation (T.Preparatoires estimes a 10')



GRAPHE : 09 INFLUENCE DE LA LONGUEUR DU RÉSEAU SUR LE COÛT DE RÉALISATION



GRAPHE : 05 Influence de la Longueur du réseau sur le Coût de Réalisation (T.Preparatoires estimes a 2.5')



GRAPHE : 06 Influence de la Longueur du réseau sur le coût de réalisation (T.Preparatoires estimes a 5')

CONCLUSION GENERALE

Suite à cette étude, nous avons constaté que quelque soit la méthode d'estimation utilisée celle-ci est issue d'un constat sur le passé et présent qu'on tente d'extrapoler. c'est pourquoi nous affirmons que "l'expérience" est un atout très puissant qui permet une grande maîtrise de ce genre de problème. Nous devons dire par ailleurs que l'estimation du cout à une phase comme l'A.P.S est un problème lié directement au degré de connaissance du projet à vouloir réaliser.

Nous avons montré combien il est difficile, pour ne pas dire impossible, de définir certaines données qualitatives et quantitatives de mesure, difficulté due principalement à l'aspect sommaire et limité que présente la phase de départ; l'A.P.S .

Nous avons essayé d'analyser le problème et de proposer quelques démarches qui pourraient bien aider et éclairer l'aménageur dans la la prévision des dépenses relative aux réseaux d'assainissement. La récapitulation de nos résultats dans des tableaux en est la preuve Ces démarches sont axées sur trois points principaux:

- 1- Définition de l'ossature générale du réseau.
- 2- Définition et décomposition des travaux.
- 3- Prévision et quantification des éléments du réseau (travaux, et équipement).

Nous espérons que cette tentative puisse contribuer à lever l'impasse financière que traverse notre pays en matière d'assainissement en raison de la mauvaise sinon l'absence totale de la notion de PREVISION .

Avant de clôturer cette conclusion, nous tenons finalement à recommander à ceux qui veulent compléter cette recherche une autre

méthode de prévision des coûts de conception et de réalisation des réseaux d'assainissement que nous exposons sommairement cidessous; il s'agit d'une approche statistique.

APPROCHE STATISTIQUE

Cette méthode consiste à tenter de quantifier la nature des relations entre des variables chiffrées, éventuellement séparées en classe pour mettre en évidence les influences qualitatives.

La technique la plus simple consiste à rechercher des relations linéaires entre deux variables, relations d'autant plus fortes que le coefficient de corrélation qui les lie est proche de la valeur de 1.

Pour aller plus loin il est possible de compléter cette recherche en utilisant les méthodes de régression multiples.

On peut ainsi exprimer un coût à partir d'une relation linéaire de plusieurs indicateurs économiques indépendants entre eux.

A titre d'illustration, on peut très rapidement mettre en évidence des relations du type:

* / LINEAIRE $Z = AX + BY + C$

* / PUISSANCE $Z = AX^B Y^C$

* / EXPONENTIELLE $Z = Ae^{(BX+CY)}$

* / LOGARITHME $Z = A \log X + B \log Y + C$

X, Y : sont les variables explicatives indépendantes.

(non nécessairement limitées à deux)

Z est la variable expliquée, pour notre cas un coût

A, B, C sont des paramètres dépendant de l'échantillon étudié.

PARAMETRES DE L'APPROCHE STATISTIQUE

La méthode statistique présente l'avantage de la simplicité de mise en oeuvre, par contre elle nécessite des modalités pas toujours aisées à réaliser;

Il est nécessaire de disposer de données. Ces données doivent être fiables, non soumises à critique, représentatives d'une population

(homogène et suffisamment nombreuses pour en tirer des lois significatives), complètes.

Les données brutes issues des enquêtes nécessitent parfois une préparation avant le traitement statistique (actualisation des coûts)

PRECAUTIONS ET LIMITES D'UTILISATION

Les précautions qui s'imposent sont alors:

a- La rigidité de la liaison: coefficient de corrélation ρ^2 .

Plus le coefficient de corrélation est proche de 1, plus la rigidité est forte, plus le résultat a des chances d'être bon.

b- La nature et le nombre d'éléments de l'échantillon étudié.

Il va de soit que plus le nombre d'élément soit important plus on a des chances d'avoir une conclusion correcte. Ensuite la nature de l'échantillon, c'est-à-dire les valeurs numériques qui caractérisent chaque individu, a une influence sur le résultat. Ce résultat ne pouvant être extrapolé à un domaine autre que celui défini à partir de l'échantillon.

c- La probabilité d'obtenir un résultat dans une fourchette acceptable ou tout du moins connue.

La confiance qu'il est possible d'accorder à une formule issue d'une analyse statistique peut se mesurer. Elle est fonction du nombre d'individus de la population et des valeurs numériques caractérisant ces individus (en particulier moyenne et écart-type).

ORIENTATION

COUT DE L'ETUDE

Nous laissons le type de relation au choix (linéaire, puissance,...)

et nous proposons les variables explicatives indépendantes suivantes:

-/ Nombre de logement N_L

-/ Longueur du réseau L_{RES}

Il s'agit donc de trouver une formule empirique du type:

$$\text{Cout de l'étude} = C(\text{ETUDE}) = F(N_L, L_{\text{RES}})$$

COUT DE RÉALISATION

Nous laissons de même le type de relation au choix. Et nous proposons les variables explicatives suivantes:

- / longueur du réseau L_{RES} (en mètre)
- / Nombre de logement N_L
- / Surface aménagée en hectares S_{AM}
- / Pente moyenne du terrain P_T (en %)

La formule empirique à rechercher sera de la forme:

$$\text{Cout de réalisation} = C(\text{REALISATION}) = F(L_{\text{RES}}, N_L, S_{\text{AM}}, P_T)$$

BIBLIOGRAPHIE

- 1/ *Les réseaux d'assainissement de qualité*
Conception et Exécution 2^{ème} édition
Rédigé par le centre d'assistance technique et
de documentation C.A.T.E.D (septembre 1987)

- 2/ *Hydraulique urbaine*
appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance
Jacques BONNIN
Edition EYROLLES 86

- 3/ *Les réseaux d'assainissement*
Calcul, Application, Perspectives
2^{ème} édition revue et argumentée (1984)
Regis BOURRIER

- 4/ *Cahier de cours d'assainissement*
promotion 1991-1992
CHERRERED Merzouk

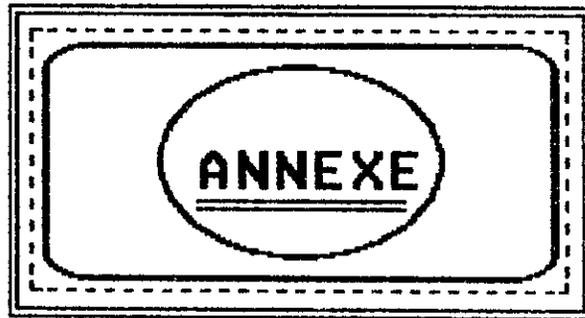
- 5/ *Méthodes d'estimation des couts des réseaux sur la base*
d'un avant-projet sommaire
Assainissement-voirie-eau potable (D.E.A)
M. CHERRERED

- 6/ *Guide de l'assainissement en milieu urbain et rural*
tome I et tome II
CEP édition (édition du moniteur), PARIS, 1987
C. COSTE

- 7/ *Cout des travaux de Génie-Civil*
R. GILLARD

R. GILLARD

- 8/ *Bordereaux de prix unitaires*
Valeurs mars 92 Projet de m'sila
- 9/ *Département de Génie-civil et urbanisme de l'I.N.S.A de LYON*
Sciences et techniques de l'assainissement.
- 10/ *Utilisation du matériel*
Revue publiée par le Centre National d'Assistance Technique
C.N.A.T (1988)
- 11/ *Marchés contractés par l'HYDRO-PROJET-CENTRE (H.P.C) de Kouba*
avec quelques A.P.C et A.P.W .
Etude de l'évacuation des eaux nuisibles et pluviales d'EL-AFROUN
(1990)
Assainissement de SI MUSTAPHA--ISSER. (1990)
Assainissement des centres ruraux de la commune OULED SLAMA.(1989)
Assainissement et aménagement du bassin versant de OULED OUCHEIH
(1987)
Assainissement du bassin versant de OULED KERMA à l'intérieur du
parc zoologique (1986)
- 12/ *Liste des couts de location des différents équipements.*
KANAGAZ (1991)



ANNEXES**ANNEXE 1****COUT DE L'ETUDE DE CONCEPTION**Etape I: ETUDE PRELIMINAIRE - SCHEMA DIRECTEUR

L'E.N.H.P.C. organisera une mission de reconnaissance pour collecter les informations auprès des organismes et administrations concernés par l'étude .

Sur la base des résultats obtenus et du plan de masse , un schéma directeur sera élaboré et soumis à la critique de l'administration .

Etape II: TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

Il sera procédé aux levés topographiques suivants :

- Profils en long . Avec une échelle adéquate.
- Levé de site des ouvrages projetés .

Etape III: PROJET D'EXECUTION

III-1 Lot Canalisation : Cette phase comportera :

- Une notice technique
- Un plan de masse du système de collecte des eaux usées
- Cahier des clauses techniques particulières ,bordereaux des prix, détails estimatifs de tous les travaux .

III-2 Lot Genie-civil : Cette phase d'étude portera sur les ouvrages particuliers (Exemple déversoir d'orage, station de relevage,...)

et comportera :

- Le plan général d'implantation des ouvrages .
- Les plans de détails
- Les plans de coffrage et ferrailage
- Cahier des clauses techniques particulières ,bordereaux des prix et détails estimatifs de l'ensemble des travaux .

III-3 Lot Electro-mécanique eventuel :

- Schéma de puissance
- Schéma de télécommande ,de télésignalisation
- Plan de poste de transformation type SONEGAZ

- schéma d'éclairage et de câblage
- plan d'équipement hydraulique .

COUT DES CANALISATIONS ET ACCESSOIRES

On distingue trois formes de conduites en fonction des débits d'eaux à transporter et du type de système du réseau (unitaire,...).

a/Conduites circulaires:

En général pour les petites sections ($D \leq 600\text{mm}$). Le diamètre est la dimension caractéristique.

b/Conduites ovoïdes:

Pour les grandes sections afin d'obtenir une vitesse d'écoulement aussi constante que possible quelque soit le débit, et permettre un accès relativement facile au réseau. Elles sont caractérisées par leurs sections ovales (petit et grand diamètre) et l'épaisseur de leur paroi. Il existe des catalogues qui décrivent toutes les formes normalisées. La plupart de ces conduites sont coulées en plan.

c/Les égouts à banquettes:

Pour les réseaux unitaires seulement .

Il est évident que cout des canalisations varie selon la nature de leur matériaux constitutifs. On distingue:

Le grés, P.V.C, l'amiante ciment, béton armé, béton non armé.

Le choix d'un matériau se fait sur plusieurs critères:

- Répondre à des caractéristiques mécaniques, hydrauliques, d'étanchéité,...
- Bon rapport qualité/prix ,
- Facilité de mise en oeuvre,
- Les risques de dégradation
- etc..

CONTROLE APRES POSE

Le contrôle de qualité de la mise en oeuvre s'impose encore plus que dans les autres domaines de la construction, pour trois raisons principales:

1/ Les canalisations sont situées en infrastructure. Il est impossible de détecter à postériori les malfaçons.

2/ Les réseaux sont souvent posés dans des nappes phréatiques en bordure de rivière, ou à proximité des sources, d'où la nécessité qu'ils soient étanches.

3/ Les ouvrages coûtent en investissement, mais davantage encore quand il s'agit de réparation générant des coûts supplémentaires difficultés d'accès, de circulation des usagers, environnement encombré par les réseaux, divers risques pour les constructions riveraines, Remise en état des revêtements superficiels.

En conséquence, il est indispensable de réaliser scrupuleusement les tests garantissant le résultat.

COUT DES TRAVAUX ANNEXESOUVRAGES SYSTEMATIQUES:

Il relie les égouts à la surface. Ils permettent la collecte des eaux et la visite des réseaux, parmi lesquels nous citons:

1- Les regards de visite:

Permettent l'accès au réseau pour son curage et sa ventilation.

Un regard de visite comprend:

- Un radier en béton armé préfabriquée ou coulé sur place et posé sur un lit de propreté.

- Une cunette de hauteur au moins égale au rayon de la canalisation pour les eaux pluviales ou les effluents unitaire.

- Des banquettes inclinées à 10% environ afin d'éviter l'accumulation des boues.

- Une cheminée verticale de section circulaire ou carrée, dont

- Une cheminée verticale de section circulaire ou carrée, dont la dimension (côte ou diamètre) doit être supérieure à 90cm (1m si l'échelle de descente est en saillie)
- Un dispositif de recouvrement (Tampon en fonte, ou en béton).
- Une échelle de descente.

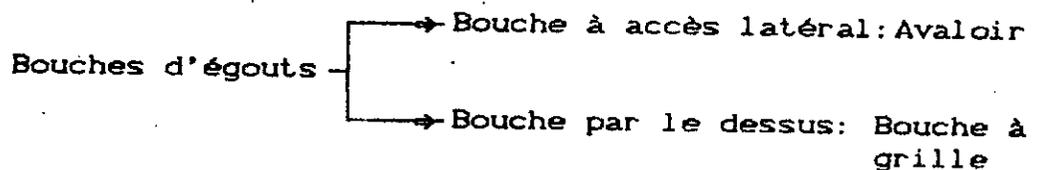
2-Branchements particuliers:

Collectent les eaux usées et éventuellement les eaux pluviales des immeubles. Leur établissement incombe aux particuliers.

3-Les bouches d'égouts:

Collectent les eaux de pluie et de lavage des chaussées. Elle comprennent:

- Un radier lisse en béton comportant un fond plat et quatre plages inclinées à 45° (collecte des sables).
- Un branchement de raccordement à l'égout (diamètre minimum 30cm).
- Une cheminée verticale préfabriquée ou coulée en place.
- Un cadre supérieur supportant l'ouvrage de collecte proprement dit: Avaloir ou bouche à grille.



OUVRAGES PARTICULIERS (SPECIAUX)

Sont liés aux conditions de fonctionnement du réseau, aux procédés d'entretien et de curage et à la topographie des bassins versants; on distingue:

1-Les deversoirs d'orage:

Installés uniquement sur les réseaux unitaires. Ils permettent d'évacuer, directement dans le cours d'eau récepteur le plus proche, la partie excédentaire du débit par rapport au débit maximal admissible à l'aval.

2-Les bassins de desablement:

Permettent de diminuer la charge de M.E.S (matières en suspension décantables et non décantables).

3-Les siphons:

Servent à franchir les obstacles notamment les rivières.

4-Les bassins de retenue ou d'infiltration:

Les bassins de retenue sont des réservoirs d'accumulation d'eau pluviale destinés à régulariser les débits lors des fortes précipitations. Leur intérêt est évident car ils permettent une diminution notable des sections à l'aval, donc une économie importante.

Les bassins versants assurent pour leur part l'évacuation d'une partie ou de la totalité du débit vers la nappe phréatique par percolation à travers le sol. Intéressant si les risques de pollution sont faibles.

5-Bassins de rétention de pollution:

Ils sont conçus à l'aval des émissaires avant rejet dans le milieu récepteur pour assurer :

- La rétention des flottants,
- Le piégeage des graisses et hydrocarbures,
- Le déssablement des effluents.

6-Les postes de relevement ou de refoulement:

la nécessité de relever ou de refouler un effluent peut s'imposer quand l'évacuation gravitaire n'est pas possible d'un point de vue technique ou n'est pas intéressante d'un point de vue économique. Ils sont nécessaires dans le cas des bassins versants très plats.

7-Les réservoirs de chasse:

Ce sont des dispositifs qui permettent d'assurer le rinçage de certains tronçons d'égouts dont la faible pente ne permet pas d'obtenir une vitesse de l'effluent suffisante pour entraîner les

matières.

technique ou n'est pas intéressante d'un point de vue économique.

Ils sont nécessaires dans le cas des bassins versants très plats.

ingenieurs
techniciens
dessinateurs
secretariat-administration (F.F.T)
frais de reprographie (F.F.T)
*** MONTANT DE L'ETUDE
location hangar (en p.v.c)
barraquement pour bureaux, gardinage, ...
pose des clotures (Sce)
cout de location vehicule leger
cout de location tracteur
cout de location d'un transp-commun
cout de location d'un camion citerne
salaire conducteur de travaux
salaire chef de chantier
salaire assistant de securite
salaire magasinier
salaire electromecanicien
salaire chauffeurs
salaire des gardiens
consommation en carburant

*** INSTALLATION DE CHANTIER

relevés topog- simple sur chantier (Sx)
abattage d'arbres
debroussaillage+decapage+dessouchage
deplacement eventuel d'autres reseaux
drainage prealable des eaux + assechement de la tranche

*** TRAVAUX PREPARATOIRES

terrassment engin-mec sol non roch ;0<pf<2m ϵ
terrassment engin-mec sol non roch ;2<pf<3m ϵ
terrassment engin-mec sol non roch ;3<pf<4m ϵ
terrassment engin-mec sol non roch ;4<pf<5m ϵ
terrassment engin-mec sol non roch ;5<pf<6m ϵ
terrassment engin-mec sol rocheux ;pf>6m ϵ
terrassment manuel
execution des puits verticaux
execution des tunnels
blindages
talutage (taiemnt des parois)
reglage de fond de fouille et nivelement
evacuation des deblais ;Rev<=1Kms ϵ
evacuation des deblais ;1<Rev<5Kms ϵ
evacuation des deblais ;Rev >5Kms ϵ
remblais avec materiaux de deblais
remblais en T.V.O
remblais en TUFF

*** TRAVAUX DE TERRASSEMENTS

lit de pose en sable ;Ep=15Cms ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D100 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D200 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D300 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D400 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D500 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D600 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D700 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D800 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D900 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D1000 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D1100 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D1200 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D1250 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D1500 ϵ
four.transp.bardage.pose canalisation ;BA.D1800 ϵ

Fichier

moda_dak

four.transp.bardage.pose canalisation ;AC.D600¿
*** CANALISATION
regard de visite (80*80) ;h=2m¿
regard de visite type 2 ;h=3.5m¿
regard de visite type 3 ;h=3.9m¿
regard de visite type 4 ;h=3.7m¿
regard de visite type 5 ;h=4.1m¿
regard de visite type 9 ;h=5.4m¿
regard de visite type 10 ;h=4.7m¿
F.T.Pose tompon en fonte type V.I.A ;850*850¿
F.T.Pose tompon en fonte type V.I.A ;800*800¿
F.T.Pose tompon en fonte type V.I.A ;800*600¿
F.T.Pose tompon en fonte type V.I.A ;DN600¿
F.T.Pose tompon en Beton Arm
bouches d'egouts et avaloirs
branchements particuliers DN250
boites de branchement ;0.40 x 0.40¿
deversoir d'orage ;type 1¿
deversoir d'orage ;type 2¿
deversoir d'orage ;type 3¿
deversoir d'orage ;type 4¿
deversoir d'orage ;type 5¿
*** DEVERSOIR D'ORAGE
*** OUVRAGES PARTICULIERS
*** PLAN DE RECOLLEMENT
***** COUT TOTAL DU PROJET *****

FICHER

Prix.Umi

400.00
300.00
200.00
5000.00
15000.00
.00
20.75
18.30
600.00
10.90
20.40
28.10
40.20
84.00
70.00
65.00
63.00
63.00
45.00
39.00
6.50
.00
1500.00
800.00
700.00
1500.00
100.00
.00
90.00
120.00
135.00
150.00
169.00
180.00
629.00
580.00
223.00
.00
.00
120.00
14.00
20.00
50.00
58.00
80.00
225.00
295.00
.00
200.00
60.00
80.00
100.00
720.00
1120.00
1400.00
1700.00
2000.00
2050.00
2100.00
2500.00
3000.00
3350.00

ANNEXE 3

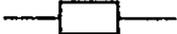
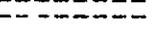
Période de retour T=10ANS

$$\Sigma = L_{res} = 1638 \text{ M}$$

TRONCON	DIAMETRE (CM)	LONGUEUR (CM)	TRONCON	DIAMETRE (CM)	LONGUEUR (CM)
01	0.3	55	15	0.4	48.5
02	0.4	102	16	0.5	54
03	0.7	29	17	0.5	54
04	0.7	65	18	0.3	77
05	0.4	83.05	19	0.4	55.75
06	0.3	52.25	20	0.4	59
07	0.4	27.5	21	0.4	59
08	0.6	50.25	22	0.4	70
09	0.6	50.25	23	0.6	54
10	0.6	45.25	24	0.6	54
11	0.6	46.25	25	0.6	90
12	0.3	92.50	26	0.7	33.75
13	0.5	80	27	0.7	33.75
14	0.4	19	28	0.6	97.5

Caractéristiques géométriques du réseau de BLIDA

(Diamètres, Longueurs des tronçons)

	Regard de visite		: Diamètre/ Pente
	Regard de branchement		: Longueur
	Avaloir à grille		Caniveau
	Sens de l'écoulement		Buse drain
	Collecteur projeté		
02 :	Numéro du regard		

Légende d'un réseau d'assainissement sur un plan de masse

