



**GROUPE DES ÉCOLES
EIER - ETSHER**

ÉCOLE INTER-ÉTATS D'INGÉNIEURS DE

L'ÉQUIPEMENT RURAL

03 B.P. 7023 OJAGA, DOUGOU 03
BURKINA FASO

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 2003

Présenté par :

HASSANE Abakar Mahamat

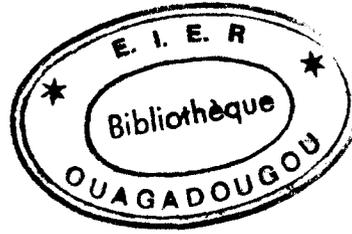
La réalisation des puits dans le cadre
du Projet de Sécurité Alimentaire du
Zondoma : proposition des variantes
pouvant contribuer à la baisse des
coûts de revient des ouvrages.

MENTION :

BIEN

Bénin - Burkina Faso - Cameroun - Centrafrique - Congo - Côte d'Ivoire - Gabon
Guinée - Mali - Mauritanie - Niger - Sénégal - Tchad - Togo

Encadrement
B. DIENG
A. SAVADOGO



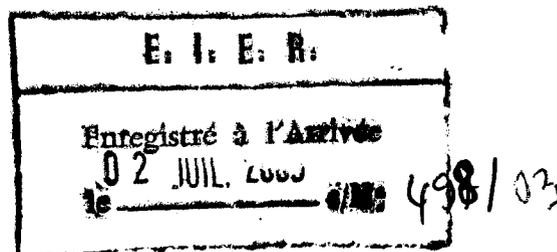
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 2003

Présenté par :

HASSANE Abakar Mahamat

**La réalisation des puits dans le cadre
du Projet de Sécurité Alimentaire du
Zondoma : proposition des variantes
pouvant contribuer à la baisse des
coûts de revient des ouvrages.**

MENTION :



Encadrement
B. DIENG
A. SAVADOGO

DEDICACE

Je dédie ce travail :

- *A la mémoire de mon père, feu ABAKAR Mahamat. Que la terre lui soit légère, «Amen».*
- *A ma mère, Haoua Hassane dont les encouragements et les sages conseils m'ont été toujours utiles.*
- *A mes oncles Dr HAROUN Abakar et Dr Hissein Abakar dont les soutiens moraux et financiers m'ont été indispensables pour achever mes études.*
- *A ma belle sœur Maria GUILLARD qui s'est bien occupée de moi durant une bonne partie de ma vie scolaire.*
- *A ma femme Zara Abdramane et à mes enfants, Mahamat Hassane et Haroun Hassane, pour avoir supporté mon absence.*
- *A mon frère et ami Ahmat M'bodou, Directeur Général D'AGRITCHAD, pour son soutien moral et financier durant 3 ans que j'ai vécu à l'extérieur.*
- *A mon frère et ami capitaine Ali Haggari pour tout ce qu'il a fait pour moi.*
- *A tous ceux qui ont aidé d'une manière ou d'une autre ma famille pendant mon absence.*

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas été possible sans le concours de nombreuses bonnes volontés. Je tiens particulièrement à remercier :

- Mes encadreurs MM. Babacar DIENG, professeur à l'E.I.E.R et Abdoul Salam SAVADOGO ingénieur du Génie Rural au Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma / Africare – Burkina Faso pour avoir accepté de me suivre dans ce travail ; leur disponibilité et leurs conseils m'ont été un apport précieux ; Qu'ils soient louablement gratifiés !
- M. Harold TARVER, Représentant Résident de Africare au Burkina Faso.
- M. Issa KONDA, coordinateur du projet PSAZ pour sa disponibilité.
- MM. TONI Adama, Karim SOULI, Abel ABGA, NANEMA Ambroise, Salomon OUEDRAOGO et Mmes Clarisse TIENDREBEOGO, Alice BATIANA, Zalisa SAWADOGO, et tout le personnel d'Africare pour leur disponibilité et leur très chaleureux accueil lors de mon séjour parmi eux à Gourcy.
- MM. ZABSONRE Pierre et NIKIEMA Lambert de la Direction Régional de l'Agriculture, de Hydraulique et de Ressources Halieutiques (DRAHRH) du Nord à Ouahigouya pour leur disponibilité.
- MM. Jorgen KNUDSEN et Serge OUEDRAOGO du Projet Eau et Environnement du Nord (PEEN) à Ouahigouya pour leur disponibilité.
- Tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail.

AUTEUR : HASSANE Abakar Mahamat

Professeur encadreur: Babacar DIENG

Organisme encadreur : Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma/Africare-Burkina Faso.

THEME:

La réalisation des puits dans le cadre du Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma : Proposition de variantes pouvant contribuer à la baisse des coûts de revient des ouvrages.

RESUME

Le Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma, financé par l'Agence des Etats Unis pour le Développement International (U.S.A.I.D) et développé par Africare a pour but d'améliorer durablement la sécurité alimentaire de la population à travers ses différentes activités. Le volet hydraulique concerne la construction d'une centaine de puits neufs et la réhabilitation de puits traditionnels. De nos jours 80 puits neufs sont réalisés, 39 anciens puits sont réhabilités et 49 puits neufs sont en voie d'exécution. Le coût de construction d'un puits neuf est l'ordre de 4 000.000 francs CFA et la réhabilitation d'un ancien puits coûte environ 350 000 Fcfa.

C'est dans le but de baisser ces coûts de réalisation afin de toucher le maximum de villages et d'améliorer la qualité des puits que ce thème d'étude nous est proposé par Africare.

L'étude a montré que les travaux sont satisfaisants dans l'ensemble ; néanmoins quelques problèmes de mise en œuvre ont été relevés et les solutions sont proposées.

Pour améliorer la qualité technique des ouvrages, il est proposé un guide du tâcheron qui contient des renseignements permettant au tâcheron de maîtriser la technique de mise en œuvre des différentes parties du puits.

Pour réduire les coûts de réalisation des ouvrages, il est proposé au projet :

- L'optimisation du diamètre du puits à travers la construction d'un puits de diamètre moyen $\Phi 1.40$ mètres. Cette proposition permettra au projet de faire une économie de 227 000 francs CFA par puits.
- L'optimisation de la rémunération des tâcherons : une analyse approfondie des frais de tâcheron a montré que ces frais peuvent être revus à la baisse. Ainsi le calcul montre qu'il est possible de faire une économie de l'ordre 238 000 Fcfa par puits sur ce poste.
- Le rehaussement de la participation physique de la population : la participation actuelle de la population est d'environ 15%. Cette proposition vise à ramener la participation de la population à 19%. Ceci permet au projet d'économiser environ 218 750 francs CFA par puits.

D'autres propositions relatives au mode payment des tâcherons, à l'organisation du chantier ont été faites.

Mots clés : Africare, sécurité alimentaire, Zondoma, puits villageois, puits maraîchers, coût de réalisation, participation villageoise, évaluation, qualité des ouvrages.

SOMMAIRE

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS.....	II
RESUME	III
LISTE DE SIGLES ET ABREVIATIONS	VI
LISTE DES ANNEXES	VII
INTRODUCTION.....	8
1. CONTEXTE DE L'ETUDE	9
1.1. PROBLEMATIQUE	9
1.2. OBJECTIF DE L'ETUDE ET RESULTATS ATTENDUS	10
1.3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	10
1.3.1. <i>situation géographique</i>	10
1.3.2. <i>Milieu Physique</i>	10
1.3.3 <i>Milieux humains et socio-économiques</i>	13
1.4. PRESENTATION DU PROJET	15
1.4.1. <i>Objectif et but du projet</i>	15
1.4.2. <i>Zone de couverture</i>	15
1.4.3. <i>partenaires techniques</i>	15
1.4.4. <i>Principales activités</i>	16
2. METHODOLOGIE.....	17
2.1. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	17
2.2. ETUDE DU TERRAIN	17
2.3. SYNTHESE DES DONNEES ET REPONSES AUX PREOCCUPATIONS DU PSAZ.....	19
3. EVALUATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	20
3.1. ACTEURS DE LA SOUS COMPOSANTE PUIITS	20
3.2. STRATEGIE DE REALISATION DU PUIITS	21
3.2.1. <i>puits neufs</i>	21
3.2.2. <i>puits réhabilités</i>	22
3.3. MODE D'EXECUTION DU PUIITS	22
3.3.1. <i>Le fonçage</i>	22
3.3.2. <i>La construction de cuvelage</i>	22
3.3.3. <i>La construction du captage</i>	22
3.3.4. <i>Les équipements de surface</i>	23
3.4. MODE D'ATTRIBUTION DES MARCHES	24
3.5. MODE DE PAYEMENT DES TACHERONS	24
3.6. RESULTATS OBTENUS	25
3.7. ANALYSE CRITIQUE DES OUVRAGES	25
3.7.1. <i>Problèmes relevés</i>	25
3.7.2. <i>LE MANQUE DE MAITRISE DES BENEFICIAIRES DANS LA REALISATION DES FOUILLES</i>	25
3.7.3. <i>Le manque de maîtrise des puisatiers des techniques de dosage du béton</i>	26
3.8. DIFFICULTES RENCONTREES.....	26
3.9. EVALUATION DU COUT DE CONSTRUCTION DES PUIITS	27
3.10. L'OPTIMISATION DU COUT DES PUIITS	27
3.10.1. <i>Le frais de tâcheron</i>	27
3.10.2. <i>Les matériaux</i>	28
3.10.3. <i>La participation de la population</i>	28
3.10.4. <i>Le petit matériel</i>	28
4. TRAITEMENT DES RESULTATS ET PROPOSITIONS DES SOLUTIONS	29

4.1. PROPOSITIONS D'AMELIORATION DE LA QUALITE DES TRAVAUX.....	29
4.1.1. <i>Guide du tâcheron</i>	29
4.1.2. <i>La formation des puisatiers et les animateurs du projet</i>	29
4.1.3. <i>Renforcement du contrôle</i>	30
4.2. PROPOSITIONS DE REDUCTION DES COUTS.....	30
4.2.1. <i>Optimisation du diamètre du puits</i>	30
4.2.2. <i>Optimisation de la rémunération des tâcherons</i>	36
4.2.3. <i>Rehaussement de la participation de la population</i>	41
4.3. AUTRES PROPOSITIONS D'OPTIMISATION.....	42
4.3.1. <i>Amélioration de l'organisation des chantiers</i>	42
4.3.2. <i>Amélioration du mode de règlement des tâcherons</i>	43
CONCLUSION	44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	45
ANNEXES	46

LISTE DE SIGLES ET ABREVIATIONS

AEP	Puits à Eau Potable
C.I.E.H	Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
C.F.A	Communauté Financière Africaine
cm	centimètre
C.R.R.E.A	Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles
C.S.A	Comité de Sécurité Alimentaire
D.P.E.B.A	Direction Provinciale de l'Enseignement de Base et de l'Alphabétisation
D.R.A.H.R.H	Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques du Nord
D.R.R.A	Direction Régionale des Ressources Animales
D.R.E.C.V	Direction Régionale de l'Environnement et du Cadre de Vie du Nord
D.S	District Sanitaire de Ouahigouya
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
IWACO	Bureau d'Etudes néerlandais en Eau et Environnement
mm	millimètre
m	mètre
P.A.M	Programme Alimentaire Mondial
PL 480	Loi Publique 480
PM	Puits Maraîcher
P.S.A.Z	Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma
Φ1.80	Diamètre 1.80 mètres
Φ1.40	Diamètre 1.40 mètres
U.S.A.I.D	Agence des Etats Unis pour le Développement International

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : CARTE ADMINISTRATIVE DU BURKINA	47
ANNEXE 2 : CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION.....	48
ANNEXE 3 : CARTE DE LA ZONE D'INTERVENTION DU PSAZ.....	49
ANNEXE 4 : SCHEMAS ET COUPES DE PUIITS PSAZ	50
ANNEXE 5 : TABLEAU DU DOSAGE EN CIMENT SELON LES PUISATIERS	51
ANNEXE 6 : NOTE DE CALCULS	52
ANNEXE 7 : GUIDE DU TACHERON.....	67

INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays situé dans la zone climatique sub-saharienne de l'Afrique de l'Ouest. La succession des périodes de sécheresse depuis les années 70 a eu un effet désastreux sur le milieu naturel, l'approvisionnement en eau potable des populations, les besoins en eau d'irrigation et des bétails. La sécurité alimentaire y est menacée. Les pluies sont irrégulières et inégalement réparties dans l'espace et dans le temps. La culture pluviale est devenue aléatoire pour assurer la sécurité alimentaire des populations.

C'est face à cette situation que le choix a été fait d'exploiter les eaux souterraines pour relever le niveau de vie de la population. On assiste désormais à une accélération de l'utilisation des ressources naturelles notamment l'eau à des fins économiques et sociales (agriculture, élevage, santé etc.)

En concertation avec le Gouvernement du Burkina Faso, Africare instaure le Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma. Ce dernier a pour but d'améliorer durablement la sécurité alimentaire au niveau communautaire et au niveau des ménages à travers les différentes activités. Le volet construction des puits constitue la sous composante la plus active avec la construction programmée d'une centaine de puits en béton armé et la réhabilitation des puits traditionnels. De nos jours 80 puits sont réalisés. Ces puits sont construits avec la participation des bénéficiaires. Cette étude, sollicitée par le projet cherche des solutions visant à abaisser les coûts de réalisation et à améliorer les qualités des travaux de puits.

Le présent rapport s'articule autour de quatre parties. La première partie est consacrée au contexte de l'étude, plus précisément à la problématique, à la présentation de la zone d'étude et celle du projet. La deuxième partie décrit la méthodologie suivie pour réaliser cette étude. La troisième partie est consacrée à l'évaluation des ouvrages hydrauliques, notamment à la description du processus de réalisation des puits par le projet, à la critique des ouvrages réalisés et à l'analyse des coûts. Enfin la quatrième partie constitue les propositions de solutions.

Ce rapport constitue une pièce au dossier du Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma. Les analyses émises peuvent être contredites et les propositions discutées.

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1. PROBLEMATIQUE

Depuis le début des années 1980, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) publie chaque année des rapports donnant la liste des pays à faible revenu qui ont un déficit alimentaire.

En 1984, sur 117 pays étudiés durant les dix dernières années, 54 ne pouvaient pas produire sur leur terre suffisamment d'aliments pour nourrir leur population. La plupart de ces pays à déficit alimentaire ne pouvaient pas importer suffisamment d'aliments pour combler ce déficit.

En 1996, il y avait 82 pays dans cette catégorie, dont la moitié en Afrique.

Dans ces pays pauvres, la faim et la malnutrition posent souvent des problèmes critiques. On estime que deux milliards d'êtres souffrent de malnutrition et de carences alimentaires. Plus de 840 millions de personnes, dont une proportion plus grande de femmes et d'enfants, sont chroniquement sous-alimentées. Chaque année, environ 18 millions de personnes, surtout des enfants, meurent de faim, de malnutrition et de causes connexes.

En 1996, le Sommet mondial de l'alimentation, tenu à Rome, a donné une résonance internationale à la notion de sécurité alimentaire, définie par la FAO comme l'accès à des « aliments nutritifs et salubres qui permettent de poursuivre une vie saine et active ».

Lors de ce sommet, la communauté internationale s'est engagée à réduire de moitié le nombre de personnes sous-alimentées, d'ici l'an 2015.

En réponse à cet engagement, d'innombrables donateurs ont conçu des plans d'action prévoyant la mise en application de stratégies et mesures visant à améliorer la sécurité alimentaire dans le monde.

L'Initiative Régionale de Sécurité Alimentaire de Africare en Afrique occidentale et Centrale financée par l'Agence des Etats Unis pour le Développement International (U.S.A.I.D) et piloté par Africare répond à cette logique.

A travers les concertations avec le Gouvernement du Burkina Faso, Africare a été orienté pour le choix de la province du Zondoma. Cette nouvelle province, géographiquement située dans la partie sud de l'ancienne province du Yatenga, a été moins desservie par les Organisations Non Gouvernementales Internationales et se présente plus vulnérable en terme de sécurité alimentaire.

L'initiative de Sécurité Alimentaire de Zondoma vise l'amélioration des conditions de vie de la population à travers plusieurs actions dont la réalisation d'une centaine de puits villageois et maraîchers. Ces puits de grand diamètre ($\Phi 1.80$ m) sont construits en béton armé. C'est dans le but d'optimiser les coûts et d'améliorer la qualité des ouvrages que cette étude est menée.

1.2. OBJECTIF DE L'ETUDE ET RESULTATS ATTENDUS

L'objectif de cette étude est de réduire les coûts de réalisations, tout en améliorant les qualités des puits villageois et maraîchers réalisés par Africare dans le cadre du projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma (PSAZ).

A l'issue de cette étude, il sera proposé au PSAZ des mesures visant à optimiser le coût de réalisations et celles relatives à la durabilité des ouvrages.

1.3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.3.1. situation géographique

La province du Zondoma est située à l'extrême nord de la zone semi-aride, dans une zone de plateau qui fait, historiquement, partie du Royaume Mossi du Yatenga. Elle a été créée par le gouvernement du Burkina Faso dans le cadre de la politique de décentralisation administrative en 1996 et couvre une superficie de 2 017 km² divisée en cinq départements (Bassi, Bossou, Gourcy , Léba, Tougo). Le chef lieu de la province, Gourcy, est situé à 140 kilomètres au nord de la capitale Ouagadougou et à 40 kilomètres de Ouahigouya, chef lieu de la province de Yatenga. **(Cf. annexe 1 : la carte administrative du Burkina)**

1.3.2. Milieu Physique

- *Climat et végétation*

Le climat de la province du Zondoma est de type soudano-sahélien. Les migrations du Front Intertropical de convergence déterminent les grands traits de ce climat.

La saison des pluies dure en moyenne trois mois (juillet, août, septembre) et la moyenne annuelle des précipitations de Gourcy sur les 31 dernières années a varié entre 500 mm et 700 mm. L'évaporation potentielle mensuelle, calculée à l'aide de la formule de Penman pour la station de Ouahigouya, varie entre 132 mm en janvier et 215 mm en mai. L'évaporation annuelle s'élève à 2010 mm.

Le régime thermique comporte une période de température maximale en avril-mai (45°C) et une période de la température minimale en janvier (24°C).

Le couvert végétal est constitué par une steppe arbustive. Ce milieu naturel est en voie de dégradation à cause de plusieurs facteurs combinés. Ces facteurs sont entre autres : la sécheresse, les feux de brousse, l'agriculture, le surpâturage, la coupe abusive du bois.

- *Hydrographie*

Le réseau hydrographique de la région n'est pas dense et aucun cours d'eau n'est permanent. Quelques barrages ont été construits.

- *La géologie*

Compte tenu du manque de données spécifiques à la province, la description concernera toute la région (Province de Yatenga et de Zondoma).

L'état des connaissances sur la géologie de la région est basé sur les résultats obtenus au cours de l'exécution des projets d'hydraulique villageoise et urbaine, notamment sur les six (6) études géologiques suivantes : DUCCELLIER 1963, LANGEVIN 1970, HOTTIN et OUEDRAOGO 1975, CLIFFORD, GAMSONRE 1975 et le projet « **Etude des ressources en eau souterraine dans le Yatenga** » (1987 à 1990).

Le substratum est composé en majorité de roches précambriennes, excepté une bande sédimentaire primaire à couverture de Continental Terminal au Nord-Ouest. La subdivision de la superficie de la région en différentes formations géologies est la suivante:

- ✓ Granites et roches associées: 51%
- ✓ Complexe schisteux birrimien: 32%
- ✓ Roches vertes: 4.5%
- ✓ Formations sédimentaires: 12.5%

- *L'hydrogéologie et les ressources en eau*

- ✓ *L'hydrogéologie*

Sur la base des données obtenues des projets d'hydraulique, une subdivision en zones hydrogéologiques est effectuée suivant la nature de la roche mère et la position du niveau statique.

La nature de la roche mère divise la province en quatre classes: granites, schistes, roches vertes, roches sédimentaires.

En complétant les études géologiques de GAMSONRE (1975), de HOTTIN et OUEDRAOGO, le projet « **Etude des ressources en eau souterraine dans le Yatenga** » a établi la carte géologique de la région. (Cf. **annexe 2**)

La position du niveau statique qui indique la présence ou l'absence d'une altération mouillée, subdivise la région en deux parties: la partie nord (région de Banh) et un ensemble de petites enclaves dispersées, où le niveau statique se situe surtout dans la roche dure, et le reste de la région où le niveau statique se rencontre surtout dans l'altération.

Ce niveau statique se situe dans la roche dure à 65 mètres de profondeur dans la région sédimentaire à l'extrême Nord (région de Banh), il se situe à environ 5 mètres dans les bas-fonds principaux et varie de 10 à 30 mètres ailleurs sur les autres formations géologiques.

✓ *Nappes aquifères.*

Dans la région, trois types de réservoirs peuvent être distingués: la cuirasse latéritique, l'altération et la zone des fissures et fractures.

✓ *La cuirasse latéritique*

Elle est caractérisée par une perméabilité élevée, une extension discontinue et une épaisseur qui peut atteindre dix mètres. Pendant les années à pluviosité normale, les cuirasses dans les bas fonds restent noyées en permanence.

✓ *L'altération*

Dans le cas d'une épaisseur saturée élevée, cette partie du sous-sol peut constituer, grâce à sa haute porosité, un réservoir important de l'eau souterraine. Sa perméabilité généralement faible limite ses réserves exploitables.

Dans les zones schisteuses, on rencontre de fortes épaisseurs d'altération en général entre 35 et 45 mètres mais dépassant parfois 70 mètres. Les formations granitiques se caractérisent par des épaisseurs plus faibles qui atteignent au maximum 40 mètres.

- *La zone des fissures*

Elle intéresse les zones broyées et, les fractures avec des largeurs et longueurs très variables, qui drainent directement ou indirectement la nappe d'altération argileuse. Cette zone qui dépend de la géométrie des fissures et des fractures, et du degré d'interconnexions des différents réseaux de fractures peut induire un écoulement régional parfois important.

La pérennité de ce réservoir est déterminée par la situation du niveau piézométrique.

De récentes études montrent que le taux de succès des ouvrages hydrauliques dans la région est d'environ 60%. Les résultats obtenus par le PSAZ à ce niveau sont très satisfaisants.

- *Alimentation an eau*

La politique nationale dans le domaine de l'approvisionnement en eau potable est fondée essentiellement sur le principe du droit à l'eau pour tous. Cette politique a pour but, dans le sous secteur de l'hydraulique villageoise, de fournir, de l'eau potable en quantité suffisante (20 litres par jour et par personne) et de bonne qualité aux populations concernées.

En milieu rural, l'approvisionnement en eau potable se fait grâce aux puits et forages réalisés par les projets d'hydraulique villageoise.

La politique actuelle est celle de l'hydraulique du quartier : tout groupement de 300 habitants a droit à un point d'eau moderne situé à moins de 500 mètres.

Selon la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et de Ressources Halieutiques du Nord, la situation est satisfaisante même s'il existe encore des cas.

1.3.3 Milieux humains et socio-économiques

La province du Zondoma a une population, essentiellement de Mossi, estimée à 134 881 habitants répartie dans cinq départements. Cette population a une histoire d'organisation sociale sous le royaume Mossi, qui facilite le développement d'associations communautaires et, les interventions de l'Etat et des Organisations Non Gouvernementales. Les principales activités de la population sont l'agriculture et l'élevage.

- *L'agriculture*

L'agriculture, activité principale de la population, est essentiellement pluviale. Les précipitations, souvent faibles et inégalement réparties dans le temps et dans l'espace. Les sols, de nature pauvre sont surexploités. La production céréalière est chroniquement déficitaire. L'atteinte de la sécurité alimentaire par une agriculture essentiellement pluviale reste aléatoire. Ce qui amène la population à l'exode.

Les principales cultures pratiquées sont : le sorgho, le mil, l'arachide, le maïs et le riz. Le maraîchage est peu pratiqué à cause du manque d'eau. L'initiative du PSAZ en matière de petite irrigation est bien accueillie par la population.

- *L'élevage*

Les principales espèces élevées sont les petits ruminants, les bovins et la volaille. Les difficultés en matière d'élevage sont liées à la faible maîtrise d'eau et à la pauvreté de la végétation (selon les données du projet, seul le département de Boussou peut prétendre à un pâturage abondant en bonne saison).

C'est pour améliorer l'efficacité dans la gestion du bétail et assurer la sécurité alimentaire que le projet de sécurité alimentaire du Zondoma a identifié la production animale dans ses interventions pour répondre à la variété de contraintes agropastorales qui affectent la province. Les activités de production animale accordent une place de choix pour les troupeaux de démonstration.

- La situation alimentaire

Une étude exploratoire participative conduite par Africare en mai 2000 dans la province du Zondoma a permis de faire les constats suivants par rapport à la question alimentaire et nutritionnelle :

- ✓ Une période de soudure de 3 à 4 mois dans l'année : Pendant cette période les prix des céréales sont très élevés alors que le cheptel, la principale source monétaire se vend à des prix dérisoires. Les substituts de vivres utilisés en période de crise alimentaire sont essentiellement des feuilles de niébé, d'oseille et feuilles sauvages.
- ✓ De nombreuses maladies liées ou non à l'indisponibilité alimentaire telles que la méningite, la rougeole, la varicelle, les conjonctivites, le ver de guinée, le paludisme, le rhume, les toux et les diarrhées aggravent l'insécurité alimentaire.
- ✓ Les aliments régulièrement consommés, disponibles et accessibles financièrement sont des produits agricoles (sorgho, mil, arachide, niébé, légumes). La pratique de l'élevage de petits ruminants, de la volaille et de bovins est courante. Cependant dans la plupart des unités de production, les produits d'élevage ne sont consommés qu'à des occasions exceptionnelles. Ces produits d'élevage sont surtout utilisés comme source de revenu monétaire.
- ✓ Certaines croyances aggravent l'insécurité alimentaire et nutritionnelle. La crainte de la douleur au moment de l'accouchement est très souvent la base de certaines croyances. Ainsi pour les femmes manger des courges ou en manger plus que d'habitude pendant la grossesse, donne un gros bébé, ce qui rend l'accouchement difficile ou prolonge le temps.
- ✓ Le classement des unités de production selon le niveau de sécurité alimentaire a mis en évidence que 54% d'entre elles souffrent d'insécurité alimentaire chronique, 36% d'une insécurité temporaire et seulement 10% sont en sécurité alimentaire.
- ✓ L'insécurité alimentaire est principalement liée à une faible production agricole en raison de plusieurs facteurs. Ces facteurs sont entre autres l'insuffisance des pluies, la pauvreté des sols, l'insuffisance d'une main d'œuvre active.
- ✓ Le déficit en point d'eau, de même que l'éloignement des points d'eau pour la majeure partie des villages.

- ✓ La faible maîtrise de l'eau pour les activités agricoles et pastorales.

C'est dans ce contexte difficile que Africare, fort de ses 26 années d'expérience au Burkina, a développé le Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma (PSAZ).

1.4. PRESENTATION DU PROJET

Le Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma est une initiative quinquennale de 5.5 millions de dollars américains, financé par l'U.S.A.I.D (the United States Agency International Development en français l'Agence des Etats Unis pour le Développement International) à travers le programme P.L. 480 Titre II¹ (Public Law 480 en français Loi Publique 480). Le PSAZ fait partie intégrante des initiatives de Sécurité Alimentaire de Africare en Afrique Occidentale et Centrale, qui comprend les initiatives de Sécurité Alimentaire du Ouaddaï au Tchad, de Goundam au Mali et d'Agadez au Niger.

1.4.1. Objectif et but du projet

Le but du Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma (PSAZ) est d'améliorer la sécurité alimentaire aux niveaux communautaire et ménages de la province du Zondoma.

Les objectifs du PSAZ sont de renforcer les capacités de manière à ce qu'elles résolvent la question de sécurité alimentaire, accroissent la productivité agricole et améliorent la nutrition, particulièrement parmi les enfants et les femmes.

1.4.2. Zone de couverture

Le projet couvre 40 villages sur les 105 que compte la province, répartis dans les 5 départements de la province de Zondoma, soit une population bénéficiaire directe de 65 500 habitants. (cf. **annexe 3 : la carte de la zone d'intervention**)

1.4.3. partenaires techniques

Dans l'objectif d'améliorer la pérennité des interventions, le PSAZ a signé des protocoles d'accord avec plusieurs directions telles :

- La Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques du Nord (DRAHRH);
- La Direction Régionale des Ressources Animales (DRRA) ;
- La Direction Régionale de l'Environnement et du Cadre de Vie du Nord (DRECV) ;
- La Direction Provinciale de l'Enseignement de Base et de l'Alphabétisation du Zondoma (DPEBA) ;

¹ Titre II concerne les programmes d'urgence et, projets ciblés nutritionnels et de développement financés par l'U.S.A.I.D (via le PAM et les ONG américaines locales et internationales).

- Le District Sanitaire de Ouahigouya (DS) ;
- Le Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles (CRREA).

1.4.4. Principales activités

Les PSAZ comporte les interventions suivantes :

- **Renforcement des capacités des communautés** à travers :
 - La mise en œuvre d'un programme de recherche et de planification participative.
 - La formation des associations communautaires en organisation et gestion.
 - Le financement des activités identifiées par les communautés et qui s'adressent aux problèmes de sécurité alimentaire par le mécanisme d'un fonds de sécurité alimentaire.
- **Accroissement de la productivité agricole** par :
 - La mise en place des champs collectifs et des parcelles individuelles de démonstration.
 - La création des points d'eau et la mise en place de petits périmètres maraîchers.
 - La gestion améliorée des ressources animales (mise en place des troupeaux de démonstration).
 - La transformation des produits agricoles.
- **Amélioration de la nutrition des ménages, particulièrement celles des enfants et des mères** par :
 - L'exécution d'un programme de nutrition communautaire.
 - La conduite d'un programme d'éducation en nutrition.
 - La production et la consommation des légumes riches en nutriments.
 - La création des points d'eau potable.

A nos jours une population d'environ de 60 000 habitants a bénéficié des interventions du projet ; 65 500 personnes sont supposées bénéficier du projet d'ici la fin du projet prévue en 2004.

La sous composante puits couvre l'ensemble de la zone du projet et entre dans la composante Amélioration de la Nutrition des Ménages. L'objectif visé est de construire 100 nouveaux puits à la fin du projet.

Dans cette étude l'accent est mis sur la réalisation des ouvrages hydrauliques notamment les puits villageois et maraîchers.

(Signature)

2. METHODOLOGIE

Pour bien mener cette étude, nous l'avons décomposée en 3 phases:

2.1. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Cette phase préparatoire a pour but de mobiliser et d'exploiter l'essentiel de la bibliographie existante sur le thème d'étude. Elle a permis de :

- Prendre contact avec la structure d'accueil.
- Analyser et commenter le Terme de Références.
- Préparer un canevas de travail.
- Collecter les informations relatives aux techniques et aux coûts de réalisation du puits en béton armé.
- Collecter les données relatives à l'approche participative dans un projet d'hydraulique villageoise.
- Collecter les informations relatives au principe de l'intervention de l'ONG Africare en Afrique.

Les résultats issus de cette phase ont été capitalisés sous forme d'un document de travail qui a servi de référence durant toute l'étude.

La principale contrainte dans cette phase était liée à l'indisponibilité d'informations suffisantes sur la stratégie de réalisation des puits par Africare. En effet, les fiches d'entretiens préparées pour cette phase ne répondaient plus à la réalité du terrain et il a fallu les refaire à la phase d'étude.

2.2. ETUDE DU TERRAIN

C'est la phase la plus importante car la qualité de résultats de l'étude en dépend largement. Elle a pour but de recueillir les données nécessaires pour répondre aux préoccupations du PSAZ.

Elle s'est déroulée du 7 au 28 avril 2003. Le séjour dans la zone du projet a eu pour but de découvrir les ouvrages réalisés par les PSAZ, de rencontrer les différents acteurs impliqués et de collecter les renseignements nécessaires pour la rédaction du rapport. Une première visite du chantier a permis d'avoir une vue d'ensemble des travaux de puits. Un séjour dans les villages a permis d'apprécier la qualité technique des ouvrages, de s'entretenir avec les puisatiers et les bénéficiaires.

Le déplacement dans la zone du PSAZ est assuré par le véhicule du projet.

Lors de cette phase, les actions suivantes ont été menées :

- La collecte des données du projet à Gourcy : les documents du projet et les entretiens avec les responsables du projet ont permis de cerner les différents aspects du projet.
- L'entretien avec les responsables de la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et de Ressources Halieutiques du Nord (DRAHRH) basée à Ouahigouya et qui sont chargés du contrôle des travaux d'exécution des puits du PSAZ : Cet entretien a porté sur la politique de l'Etat en matière de l'hydraulique villageoise, le niveau de satisfaction des besoins en eau dans la région, l'intervention de DRAHRH-N au PSAZ, notamment leur rôle et les difficultés rencontrées.
- La prise de contact avec les responsables techniques du Programme Eau et Environnement dans la région Nord (PEEN), basé à Ouahigouya a permis de recueillir les données physiques de la région, de discuter de leurs interventions dans la région et des difficultés rencontrées.
- La visite technique des puits et l'entretien avec les puisatiers ont permis de :
 - Apprécier les résultats techniques des travaux réalisés et ceux en cours.
 - Evaluer les matériels d'exécution et le niveau technique des puisatiers.
 - Apprécier les qualités des matériaux utilisés.
 - Recenser les difficultés rencontrées.
- Les entretiens avec les bénéficiaires ont porté sur :
 - L'évaluation de la participation de la population, leur motivation et leur degré de satisfaction.
 - Les difficultés rencontrées lors de travaux du fonçage.
 - Leur attente par rapport aux ouvrages réalisés ou en cours de l'être.
- Les entretiens avec certains tâcherons à Ouagadougou et à Ouahigouya :

Ces entretiens ont pour but d'évaluer les frais de tâcheron. C'est ainsi que les coûts de matériels du travail, leurs amortissement et les dépenses relatives au personnel d'exécution des travaux ont été estimés.

Les difficultés majeures rencontrées dans cette phase sont:

- La réticence de certains puisatiers à fournir les informations concernant leur traitement, les coûts d'agrégats, leurs dépenses.

- Le problème de communication : la plupart de personnes rencontrées ne parlent pas le français. Ce qui nous oblige à utiliser des interprètes. Ces derniers ont tendance souvent à répondre à la place des villageois. Et ceci peut occasionner des biais.

↳ comment éviter ça ?

La principale contrainte à l'occasion de la visite des puits est relative à l'absence de moyens de descente sécurisés (absence de corde de sécurité, absence de sellette, l'état de corde). Ce qui nous a empêché de descendre au fond du puits pour mieux observer le cuvelage et le captage.

2.3. SYNTHÈSE DES DONNÉES ET RÉPONSES AUX PRÉOCCUPATIONS DU PSAZ

Cette phase a pour but d'analyser et d'interpréter les résultats du terrain, et de rédiger le rapport qui répond à l'attente du Projet.

Les informations recueillies lors de deux précédentes phases ont contribué à faire l'état des lieux, à critiquer les ouvrages hydrauliques réalisés dans le cadre de ce projet, à évaluer les coûts de réalisation et à élaborer des propositions des solutions contribuant à abaisser le coût de réalisation et à améliorer les qualités des ouvrages.

3. EVALUATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Cette évaluation s'est basée sur :

- ❑ Les documents du projet.
- ❑ Les visites techniques des puits.
- ❑ Les informations recueillies auprès des villageois.
- ❑ Les entretiens avec les puisatiers.
- ❑ Les informations recueillies auprès des services techniques de la région.

Il sera fait d'abord une description sommaire de la chaîne de réalisation des puits par le PSAZ et ensuite une analyse critique des ouvrages réalisés.

3.1. ACTEURS DE LA SOUS COMPOSANTE PUIITS

Les principaux acteurs intervenant dans la réalisation des puits sont :

- Le Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma (PSAZ):

Le PSAZ apporte des appuis financiers et techniques à la construction du puits. Il s'agit entre autres de :

- La fourniture de petit matériel de creusage à la population lors du fonçage.
 - Les fournitures des matériaux (ciments et fers) pour la construction du puits.
 - La prise en charge des frais de tâcheron.
 - Le contrôle et la supervision des travaux.
 - La participation à la réception des travaux.
 - La désignation du tâcheron pour l'exécution des travaux.
 - Les conseils techniques lors du fonçage par la population.
 - La formation des bénéficiaires à l'entretien des points d'eau.
- La communauté villageoise : elle est la principale bénéficiaire, par conséquent elle joue un rôle déterminant. Les actions du PSAZ sont participatives et répondent aux besoins identifiés par la population elle-même. Pour la construction des puits, la communauté villageoise intervient dans :
 - Le choix du site de construction du puits.
 - L'exécution du fonçage.
 - La gestion des matériaux de construction à travers les Comités de sécurité Alimentaires (CSA).

- La Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques du Nord (DRAHRH-N) : elle est chargée du contrôle des travaux de puits et intervient pour :

- Le contrôle et la supervision des travaux de puits.
- La préparation des attachements.
- La participation à la réception des puits.
- La participation aux réunions de chantier.
- La participation aux formations des bénéficiaires.

- Le tâcheron : désigné par le PSAZ, il est chargé de l'exécution des travaux spécialisés (cuvelage, captage, équipement de surface).

3.2. STRATEGIE DE REALISATION DU PUIT

Dans le cadre du PSAZ, Africare réalise des puits neufs et réhabilite les puits traditionnels. Les ouvrages neufs sont des puits en béton armé de grand diamètre (1.80 m). On en distingue deux types selon leur vocation:

- Les Puits à Eau Potable (AEP) destinés à la consommation humaine;
- Les Puits Maraîchers (PM) destinés à la petite irrigation villageoise.

La réhabilitation concerne les puits traditionnels pérennes dont les diamètres varient entre 1.00 et 1.20 mètre.

3.2.1. puits neufs

La démarche suivante est adoptée pour la réalisation des puits neufs :

- ✓ Un recensement des besoins en puits a lieu en début de campagne en s'inspirant des plans d'actions des villageois et des nouvelles priorités définies par les communautés.
- ✓ Si la demande est accordée, l'engagement des bénéficiaires est d'effectuer le fonçage jusqu'au toit de la nappe. Le projet mettra à leur disposition le matériel de creusage adéquat (brouettes, pelles, pioches...).
- ✓ Le projet signe un contrat avec un tâcheron pour la construction du cuvelage, la mise en place du captage et l'aménagement de surface. Le projet fournit le fer et le ciment nécessaires à la réalisation des travaux. Le matériel de travail et les agrégats (gravier, sable) sont à la charge du tâcheron.

3.2.2. puits réhabilités

La contribution des bénéficiaires se limite à la livraison des agrégats. Le projet fournit le fer et le ciment, et prend en charge le frais de réhabilitation par le tâcheron.

3.3. MODE D'EXECUTION DU PUITIS

L'exécution comprend quatre phases :

- Le fonçage
- La construction de cuvelage
- La mise en place du captage
- La construction des équipements de surface

Le PSAZ n'intervient pas pour les puits dont la profondeur dépasse 30 mètres sauf si l'on constate une venue d'eau suffisante. L'emploi de l'explosif n'est pas admis.

3.3.1. Le fonçage

Cette opération qui consiste à réaliser la fouille, de la surface du sol au niveau de l'eau, est exécutée uniquement par les bénéficiaires.

Le village cherche et propose un site et le projet fournit le matériel de creusage.

3.3.2. La construction de cuvelage

La technique utilisée est celle de cuvelage en béton armé avec captage autonome.

Le cuvelage est coulé en remontant. Un ancrage de surface, des ancrages intermédiaires placés tous les 10 mètres et un ancrage de base sont réalisés et ont pour rôle de supporter le cuvelage. Le document du projet prévoit un dosage en ciment de 350 kilogrammes de ciment pour un mètre cube du béton.

3.3.3. La construction du captage

Le captage est constitué par une colonne de buses perforées qui sont entourées d'un massif filtrant. Deux techniques sont utilisées pour la construction des buses :

- ✓ Les buses préfabriquées :

Les buses sont construites hors du puits et introduites dans le puits grâce aux engins de levage. Les buses sont empilées les unes sur les autres et leur liaison est assurée par des encoches à angle droit.

Cette technique est très intéressante car elle permet au contrôleur de vérifier les buses avant leur mise en place.

✓ Colonne coulée directement :

Les tâcherons qui ne disposent pas de matériel de lavage construisent directement la colonne du captage au fond du puits. Ils coulent d'abord la trousse coupante puis la colonne de buses par passe de 1 mètre. La perforation des buses est faite après le coulage du béton, juste avant la prise du béton.

Cette technique comporte des risques car il est difficile au contrôleur de vérifier la qualité de la mise en œuvre et en particulier à la perforation des trous de passage d'eau (barbacanes).

Il est très difficile aux puisatiers de travailler dans un espace réduit de réaliser des buses perforées qui doivent être suffisamment perforées et résistantes.

Dans l'une ou l'autre de ces deux techniques, la colonne de captage est munie en sa partie inférieure d'une trousse coupante dont le rôle est de faciliter la descente de la colonne. La technique de havage est celle avec exhaure. L'eau est puisée de façon continue et le maintien à sec du fond de puits permet d'y travailler.

L'évacuation de l'eau est assurée par les seaux ou les cuffats.

Une dalle de fond et un matelas de gravier sont posés au fond du puits où l'on remarque quand même la remontée des éléments fins.

Le dosage des éléments du captage est de 400 kilogrammes de ciment par mètre cube du béton.

3.3.4. Les équipements de surface

Les équipements de surface sont :

✓ **Une margelle** : C'est un « garde-fou » qui protège de la chute des hommes et des animaux. Elle a également pour but de protéger le puits des souillures provenant de la surface. Elle facilite enfin l'utilisation du puits, les usagers pouvant s'appuyer contre elle. Deux types de margelles sont construits :

- Margelle basse de 0.4 mètre de haut et 0.30 mètre d'épaisseur pour les puits maraîchers.
- Margelle haute de 0.8 mètre de haut et 0.20 mètre d'épaisseur pour les puits villageois.

✓ **Un trottoir** : c'est une aire de propreté en béton armé. Il est construit à la périphérie de la margelle sur une largeur de 1 mètre. C'est sur lui que doivent reposer les puisettes. Le trottoir est incliné vers l'extérieur afin de favoriser l'écoulement des eaux de puisage et de les canaliser vers l'abreuvoir.

✓ **Une aire anti-bourbier** : il est à la périphérie du trottoir sur une largeur de 1 mètre. Son but est de maintenir aussi propre que possible les abords du puits, et notamment d'empêcher que le bourbier dû au piétinement des animaux ne s'installe à proximité immédiate. Un pavement de pierres de 0.20 x 0.20 mètre ou un massif de gros gravier, disposé d'une manière concentrique, permet de réaliser efficacement cet anti-bourbier.

✓ **L'abreuvoir** : Il est construit en dehors de l'anti-bourbier. Il a une forme rectangulaire et sert pour l'abreuvement des animaux. Ses dimensions intérieures sont de 4 m x 0.8 m.

Le dosage en ciment pour les équipements de surface est de 350 kilogrammes de ciment pour un mètre cube du béton. (Cf. annexe 4 : Les schémas d'aménagements)

3.4. MODE D'ATTRIBUTION DES MARCHES

Les premiers puits (40 nouveaux puits et 20 puits à réhabiliter) ont été attribués à 5 entreprises après une consultation restreinte. Parmi elles, deux (2) seulement ont achevé les travaux dans les délais. Les trois (3) autres qui ont accusé des retards de plus de huit (8) mois ont vu leurs contrats résiliés. Après cette expérience d'échec, le projet a opté pour une attribution de gré à gré des travaux aux tâcherons. La préférence est accordée aux tâcherons ou entreprises locales.

Ce mode d'attribution de marché a pour avantage de promouvoir l'emploi et l'économie locale et, la valorisation de la compétence locale.

3.5. MODE DE PAYEMENT DES TACHERONS

Le mode paiement du tâcheron défini dans les contrats des travaux se présente comme suit :

- 40 % du montant du marché est versé au tâcheron comme avance de démarrage.
- 50 % du montant est versé à la fin des travaux et à l'issue de la réception provisoire.
- 10% qui représente une retenue de garantie lui est versé après la réception définitive, soit un an après la réception provisoire.

Le montant de l'avance de démarrage semble être élevé à notre avis. Ce mode de paiement ne favorise pas les tâcherons car ces derniers dépensent la totalité de la somme perçue avant le début des travaux et aucun paiement n'est prévu avant la fin des travaux. C'est pourquoi ils sont confrontés aux problèmes financiers durant les travaux.

3.6. RESULTATS OBTENUS

Le projet prévoyait la construction de 100 puits. A la date du 8 juin 2003, soit après 24 mois, la situation des travaux se présente comme suit:

- ✓ 80 puits finis et réceptionnés.
- ✓ 49 puits en cours de construction (cuvelage et captage).
- ✓ 39 puits traditionnels réhabilités.

A la fin de cette campagne, les objectifs du Projet seront dépassés car au total 129 nouveaux puits seront construits.

Les entretiens menés auprès des villageois montrent que les résultats physiques sont satisfaisants. Les villageois affirment disposer désormais de points d'eau pérennes et proches d'eux. Ceci permet de diminuer le temps mis par les femmes pour la recherche d'eau, l'abreuvement des animaux ou la construction des habitations.

Les aménagements de surfaces des puits traditionnels permettent de garder une aire assainie. La margelle empêche la souillure des puits par le ruissellement de surface, qui est la cause de l'éboulement des puits traditionnels en saison des pluies.

Pour les puits maraîchers en cours d'exécution, les villageois espèrent se lancer dans l'activité de culture de contre saison qui améliorera leur condition de vie (amélioration de la situation alimentaire, génération de revenus).

Sur le plan technique, les travaux sont bien exécutés dans leur ensemble. Toutefois la visite et les entretiens avec les puisatiers ont permis de dégager quelques problèmes liés à la mise œuvre. Ces problèmes sont analysés au point suivant.

3.7. ANALYSE CRITIQUE DES OUVRAGES

3.7.1. Problèmes relevés

Sur le plan technique, quelques problèmes liés à la mise en oeuvre ont été identifiés. Ces problèmes sont:

3.7.2. Le manque de maîtrise des bénéficiaires dans la réalisation des fouilles

Malgré les consignes données au départ par l'équipe technique du projet, les villageois ne parviennent pas à réaliser une fouille verticale et régulière. Ces fouilles sont réalisées en vue d'un revêtement ultérieur par un cuvelage en béton. Toute fouille irrégulière oblige à couler un important excédent de béton dont la seule utilité est de rattraper ces irrégularités ; ce rattrapage de surconsommation de béton et augmente le coût des ouvrages. Sur les 9 puits enquêtés, 4 puits ont connu ces problèmes.

3.7.3. Le manque de maîtrise des puisatiers des techniques de dosage du béton de mise en œuvre de différents corps du puits.

L'entretien avec les puisatiers a montré que ces derniers ne maîtrisent pas la technique du dosage du béton. Sur les quatre (4) puisatiers enquêtés, trois (3) ne savent pas doser le béton comme il le faut (cf. annexe 5).

Le dosage du béton est primordial dans la chaîne de réalisation du puits en béton armé. Le coût et la qualité de l'ouvrage en dépendent largement.

Les problèmes afférant à la mise en œuvre sont liés en général à la malfaçon. Ainsi, il a été constaté que :

- La colonne de captage est inclinée pour certains des puits visités.
- Les deux buses de captages de 0,50 mètre de hauteur, abandonnées par les puisatiers sur les puits AEP1 et AEP2 de Bougounam sont insuffisamment perforées. La première compte 63 trous et la deuxième en compte 42 au lieu de 215 trous recommandés (pour une buse de 50 centimètres).
- Le captage était mal réalisé sur le puits maraîcher de PM1 de Tougo. Le projet a donné l'ordre de le détruire et de le refaire. D'autres cas d'incompétences des puisatiers sont signalés par les responsables de la Direction Régionale de l'Hydraulique, chargés du contrôle des travaux.
- Pour la plupart des puits, le massif filtrant est introduit à la fin du havage.

3.8. DIFFICULTES RENCONTREES

Les difficultés rencontrées dans l'exécution des travaux sont de plusieurs ordres :

- Le problème d'approvisionnement des chantiers :

Les puisatiers évoquent la rupture d'approvisionnement en ciment et fer. Ceci retarde les travaux.

- Les difficultés financières des puisatiers.

Les puisatiers affirment être confrontés au manque de moyens financiers lors de l'exécution des travaux. L'avance est encaissée avant le démarrage des travaux, et il n'est prévu aucun autre paiement avant la fin des travaux. (Cf. au 3.5 Mode de paiement du tâcheron).

- Le suivi et le contrôle des travaux :

Le nombre important de chantiers ouverts simultanément, le volume important de travail de l'ingénieur du Génie Rural, les moyens de déplacement limités et la limitation de la mission de contrôle à 6 jours au maximum dans le mois rendent difficile le suivi régulier des chantiers.

3.9. EVALUATION DU COUT DE CONSTRUCTION DES PUIITS

Etablir le prix de revient, c'est totaliser les dépenses qui ont été effectuées pour la construction du puits.

Pour estimer le coût moyen des puits, la démarche suivante est adoptée :

- Estimation de quantité des matériaux (ciment, fers, graviers, sables) par le calcul théorique. Les prix unitaires de ciment et de fers sont fournis par le projet et, les prix du mètre cube des graviers et des sables sont donnés par les tâcherons sur les chantiers.
- La liste de petits matériels de fonçage et leur prix sont fournis par le projet.
- La participation villageoise est estimée grâce à la profondeur du fonçage. Le prix unitaire par mètre de fonçage est celui appliqué par les tâcherons.
- Estimation des frais de tâcheron est faite sur la base du prix moyen par poste appliqué actuellement dans les différents contrats.

Le coût moyen de réalisation d'un puits de diamètre 1.80 mètre et d'une profondeur de cuvelage de 18 mètres avec un captage de 5 mètres se présente comme suit :

- Frais de tâcheron : 2 164 421 Fcfa
- Les matériaux : 1 050 000 Fcfa
- Participation villageoise : 572 634 Fcfa
- Lot de petit matériel : 125 000 Fcfa

Soit un coût total moyen de 3 912 055 Fcfa avec une participation villageoise de 15 %. (cf. **annexe 6**)

3.10. L'OPTIMISATION DU COUT DES PUIITS

L'optimisation du prix de revient des puits est le souci constant des responsables du PSAZ.

L'abaissement du coût de revient des ouvrages passera par une intervention sur les postes suivants :

3.10.1. Le frais de tâcheron

Ce poste est le plus important avec un taux de 55%. Ce taux élevé se justifie par le fait que ce poste comprend des sous postes qui sont:

- ✓ Les agrégats (sables, graviers, eau de gâchage) : les agrégats sont actuellement à la charge du projet à travers le frais de tâcheron. Ce poste représente 5.5% du coût total. Il est possible de transférer tout ou une partie de cette charge vers la participation des bénéficiaires. Il est évident que dans ce cas le coût de réalisation du puits ne change pas mais l'apport financier du projet diminue.

✓ Les frais de main d'œuvre : les frais de main d'œuvre comprennent les frais du personnel, l'amortissement des matériels, la marge bénéficiaire, le carburant, le lubrifiant et l'impôt. Il représente 49.5% du coût de l'ouvrage. Un calcul détaillé permet de vérifier s'il est possible de diminuer le coût.

Le calcul détaillé relatif aux postes amortissement du matériel (outillage, matériel spécialisé et le véhicule) et frais de main d'œuvre est fait en paragraphe 4.2.2

3.10.2. Les matériaux

Ce sont les ciments et les fers à béton qui représentent 27% du coût total. Un usage adéquat permet de faire une économie de matériaux. Pour cela une maîtrise de la composition de dosage et un savoir-faire du puisatier dans la mise en œuvre est indispensable.

Remarquons qu'il va de soi que l'abaissement du prix de revient ne devra être recherché en aucun cas aux dépens de la qualité de l'ouvrage (par exemple en réduisant le dosage en ciment, les qualités des matériaux, des agrégats). Pour l'essentiel c'est la qualification des équipes techniques, leur conscience et leur expérience qui permettent d'obtenir des ouvrages productifs et durables au meilleur coût.

3.10.3. La participation de la population

L'ardeur des villageois à participer au chantier est essentiellement fonction de l'urgence des besoins en eau. Pour les puits du PSAZ, cette participation représente 15% du coût du puits et concerne uniquement la participation physique (le fonçage).

La population manifeste cette ardeur par leur organisation et leur détermination. L'enquête menée autour de 11 puits montre que la population est favorable à une augmentation de sa participation physique ; celle-ci pourrait consister à prendre en charge la collecte des agrégats.

3.10.4. Le petit matériel

Le lot de petit matériel est composé de pioches, pelles, seau, corde, brouette, poulie, barre à mine, gants qui sont le minimum nécessaire pour réaliser le fonçage. Ils représentent 3% du coût du puits. Il n'est pas du tout évident de réaliser une économie sur ces matériels.

4. TRAITEMENT DES RESULTATS ET PROPOSITIONS DES SOLUTIONS

Afin de répondre à l'attente du PSAZ, quelques propositions permettant de réduire le coût de réalisation et d'améliorer la qualité des puits sont faites :

4.1. PROPOSITIONS D'AMELIORATION DE LA QUALITE TECHNIQUE DES TRAVAUX

Dans cette partie, il sera fait au PSAZ, 3 propositions d'amélioration de la qualité des puits : un guide de tâcheron, la formation des puisatiers et les animateurs du projet et le renforcement du contrôle.

4.1.1. Guide du tâcheron

Ce guide, rédigé en langage simple, illustré par des images et schémas, contribuera à la maîtrise par les puisatiers des notions essentielles dans la technique de construction des puits et leur permet d'éviter des erreurs qui occasionnent soit des malfaçons soit des consommations excessives de matériaux. Il y sera abordé :

- ✓ Les qualités des matériaux
- ✓ Le dosage du béton
- ✓ Le façonnage du fer à béton
- ✓ La mise en œuvre du cuvelage, du captage et des équipements de surface.

Nous avons signalé plus haut que la plupart des puisatiers ne maîtrisent pas la technique de mise en œuvre du béton. Ce manuel vient donc à leur secours.

La maîtrise du coût de l'ouvrage passe forcément par la compétence de l'équipe de mise en œuvre. Un choix judicieux des matériaux et une exécution adéquate des puits permettent de garantir la qualité des ouvrages et éviter un gaspillage des matériaux.

Ce guide est en annexe 7.

4.1.2. La formation des puisatiers et les animateurs du projet

Cette formation des puisatiers aura lieu en début de campagne et durera deux jours. Une journée théorique et une journée de sortie sur le terrain. Cette formation sera assurée par l'ingénieur du Génie Rural du projet.

Le nombre de tâcherons et entreprises qui participent au PSAZ est d'environ 45. Chacun d'eux désignera un puisatier. Le per diem de formation est de 2 000 Fcfa par jour et par personne, soit une somme totale de $45 \times 2\,000 = 90\,000$ Fcfa.

Les animateurs du projet recevront également une formation en techniques de réalisations des puits. Ces animateurs, installés dans les villages joueront un rôle important aux côtés des puisatiers.

4.1.3. Renforcement du contrôle

Il est souhaitable que le projet multiplie la mission de contrôle. Cela pourra se faire soit en augmentant la sortie mensuelle des agents de la Direction de l'hydraulique, soit en recrutant un technicien temporairement (pendant la campagne). Ce technicien pourrait être doté d'une moto comme moyen de déplacement.

4.2. PROPOSITIONS DE REDUCTION DES COUTS

Dans cette partie, il sera fait au PSAZ, 3 propositions de réduction de coût : l'optimisation du diamètre du puits, l'optimisation de la rémunération des tâcherons et le rehaussement de la participation de la population.

4.2.1. Optimisation du diamètre du puits

Il sera proposé au PSAZ l'adoption du puits de diamètre moyen $\phi 1.40$ m au lieu de $\phi 1.80$.

- Justification du choix

Le choix de ce diamètre de puits se justifie du fait qu'il convient à une fréquentation peu importante et un habitat dispersé. Sur ce puits 6 à 8 personnes peuvent puiser simultanément. La visite et l'entretien menés auprès des villageois ont montré que le nombre d'exploitants simultanés varie entre 2 et 5. La plupart des villageois utilisent les poulies mises en place par le Projet.

Le puits de diamètre $\phi 1.40$ m convient au cas de PSAZ qui construit des puits de quartier dans un habitat dispersé.

La construction de ce type de puits permet de réduire le coût de réalisation de l'ordre de 227 000 Fcfa par puits. Le détail des calculs ayant donné ces résultats est fourni en annexe 6.

- Le principe d'intervention

Deux variantes seront proposées à ce niveau :

✓ Variante 1 :

- Le fonçage est à la charge des bénéficiaires.
- La construction du cuvelage, de captage, et l'équipement de surface sera faite par un tâcheron après avoir signé un contrat avec le projet. Le tâcheron se chargera du matériel du travail et des agrégats (sables et graviers).

- Le projet fournira le petit matériel de creusage, les matériaux (ciment et fers) et assure les frais de tâcherons.

✓ **Variante 2:**

- Le fonçage et les agrégats seront à la charge des bénéficiaires.
- La construction du cuvelage, de captage, et l'équipement de surface est assurée par un tâcheron après avoir signé un contrat avec le projet.
- Le projet fournira le petit matériel de creusage, les matériaux de construction et assure les frais de tâcherons.

- Description des travaux

Les puits à construire seront de diamètre 1.40 mètre en béton armé de type classique. Il comportera un ancrage de surface, un cuvelage, des ancrages intermédiaires placés tous les 10 mètres de profondeur, une colonne de captage constituée d'un ensemble de buses perforées et un équipement de surface.

Un puits est un ouvrage dont la durée de vie moyenne est de 30 ans. Cette durée de vie dépend forcément de la qualité des matériaux utilisés et de la qualité de mise en œuvre. Sa réalisation passe par les étapes suivantes :

- ✓ **Le fonçage en terrain sec** qui est le creusement du puits proprement dit depuis la surface jusqu'à la nappe phréatique sera entièrement exécuté par les bénéficiaires avec l'appui matériel et technique du projet. La fouille aura un diamètre de 1.60 mètre.
- ✓ **Le cuvelage** : La technique utilisée est celle du cuvelage en béton armé avec ancrages. Il aura une épaisseur de 10 centimètres et sera exécuté en béton armé dosé à 350 kg de ciment au mètre cube du béton.

Le cuvelage sera coulé en remontant qui est la solution technique à privilégier à chaque occasion où cela s'avère possible. On peut procéder par tranches de fonçages mais il ne faut jamais couler d'un seul coup une tranche de plus de deux mètres. Car le coulage sur une grande hauteur provoque la désagrégation du béton.

Le ferrailage placé au milieu de la paroi du cuvelage comprendra :

- Fers horizontaux ϕ 6 mm tous les 15 cm.
- Fers verticaux 22 ϕ 8 mm

Le recouvrement des fers horizontaux ou verticaux sera de 25 cm ; les fers seront terminés par des crochets.

Le ferrailage sera bien noyé dans le béton ; pour cela il sera utilisé des cales perdues en mortier de dimension 4 cm d'épaisseur x 5cm x 5cm.

Un ancrage de surface, un ancrage de base et des ancrages intermédiaires placés tous les 10 mètres seront réalisés.

✓ *Le captage*

Le captage est la partie du puits située au-dessous du niveau de l'eau. Il permet à l'eau de parvenir au puits tout en maintenant les terrains aquifères en place. La crépine, organe essentiel de ce captage, est constituée d'une colonne de buses perforées, en béton. Elle est entourée d'un massif de gravier filtrant. Les buses sont havées par l'intermédiaire d'une trousse coupante. A la base est installée une dalle de fond ou un matelas de gravier en cas de nécessité.

Il existe deux modes d'exécution du captage:

- Association des buses crépinées, fabriquées hors du puits.
- Construction d'une colonne monolithique coulée directement à l'intérieur du puits.

• *Les buses crépinées préfabriquées*

Les buses perforées en béton armé de 1 ou de 0.5 mètre de hauteur auront un diamètre intérieur de 1 mètre. Elles seront perforées par des trous de 8 à 10 mm, inclinées à 45° sur l'horizontale, vers l'extérieur, dont les orifices seront situés tous les 15 cm. Elles comporteront à leur extrémité des moulures leur permettant de se raccorder les unes aux autres de façon à constituer un ensemble rigide. Coulées à l'extérieur du puits dans des coffrages métalliques, elles seront descendues dans les puits les unes après les autres.

Elles seront exécutées en béton armé dosé à 400 kg de ciment au mètre cube et bien vibré.

Le ferrailage sera constitué comme suit :

- Fers horizontaux ϕ 6 mm tous les 15 cm.
- Fers verticaux 16 ϕ 8 mm

Le premier élément de train de buses portera une trousse coupante. Le recouvrement buse-couvelage aura un 1 mètre.

Pour éviter la corrosion par l'eau, les armatures métalliques doivent être entièrement noyées dans le béton, sans contact avec l'extérieur. Pour faciliter le centrage des fers, on utilisera des cales en mortier de 4 cm d'épaisseur x 5 cm x 5 cm, avec un fil d'attache. Ces cales sont placées entre les fers et le moule métallique.

- Colonne coulée directement

Si l'on ne dispose pas de moyens de lavage adéquat, on peut couler la colonne de captage au fond même du puits comme le cuvelage. Cette technique comporte des risques car il est difficile au contrôleur de vérifier la qualité de la mise en œuvre et en particulier à la perforation des trous de passage d'eau (barbacanes).

Pour cette raison, une préférence pourrait être accordée aux tâcherons disposant d'engins de levage pouvant leur permettre d'éviter l'utilisation de cette technique ainsi que les inconvénients et les difficultés qui vont avec.

- Le massif filtrant

Un massif de gravier sera placé entre le terrain et la paroi extérieure des buses. Il permet de filtrer l'eau et d'arrêter les éléments fins comme le sable. Il est constitué de gravier d'un diamètre de 10 mm environ. Le gravier doit être en quartz et arrondi et sera introduit au fur et à mesure de la descente de la colonne.

Nous avons constaté que sur certains puits ce massif est soit grossiers, soit chargé des impuretés. Il est préférable de le tamiser avant son utilisation.

- Dalle de fond

Quand le puits est fait dans des terrains instables, pour éviter que les éléments fins ne remontent, on mettra une couche de gravier au fond du puits, puis on posera dessus une dalle dite de fond qui devra avoir un diamètre un peu plus petit que le diamètre intérieur des buses de captage. Cette dalle aura une épaisseur de 10 cm environ et est percée de trous qui laisseront passer l'eau.

- ✓ Les équipements de surface

Il s'agit de la dernière phase de réalisation d'un point d'eau. Ces équipements sont essentiels pour conserver le puits dans un bon état et pour assurer une bonne qualité de l'eau puisée.

Les équipements de surface devront comprendre, conformément aux plans du projet :

- Une margelle ;
- Un trottoir ;
- Une aire assainie anti-bourbier ;
- Un abreuvoir (pour les puits à Eau Potable);
- Un canal (pour les puits à Eau Potable);
- Un puits perdu (pour les puits à Eau Potable);

Les principes de constructions sont les mêmes que les travaux actuels.

✓ Les matériaux de construction

Les matériaux de construction et l'eau de gâchage devront être de bonne qualité.

▪ Les graviers

Les graviers, qui devront être résistants, sont les plus souvent siliceux ou calcaires. L'emploi de graviers ferrugineux (latérite) est déconseillé. La granulométrie des graviers utilisables pour la composition des bétons sera comprise entre 10 et 25 mm.

▪ Les sables

Les sables devront être bien propres, car un sable qui contient de la terre ou les herbes détruit les qualités du béton. Les granulométries admissibles sont:

- Pour la composition du mortier: entre 0.5 mm et 2 mm.
- Pour la composition du béton: entre 2 mm et 5 mm.

▪ L'eau de gâchage

L'eau du gâchage doit être de bonne qualité. Elle ne doit pas contenir des impuretés.

• Le coût de construction de puits de diamètre 1.40 m

Le coût moyen de réalisation d'un puits de diamètre 1.40 mètre et d'une profondeur de cuvelage de 18 mètres et d'un captage de 5 mètres se présente comme suit (Cf. annexe 6 pour le détail de calcul):

✓ Vairiante1 : participation de la population limitée au fonçage

- Lot de petit matériel :	125 000 Fcfa
- Les matériaux :	854 775 Fcfa
- Frais de tâcheron :	2 132 546 Fcfa
- Participation villageoise :	572 634 Fcfa

Soit un coût moyen de 3 684 955 Fcfa réparti comme suit :

- Apport du projet	3 112 321 Fcfa	soit 85%
- Participation villageoise	572 634 Fcfa	soit 15%.

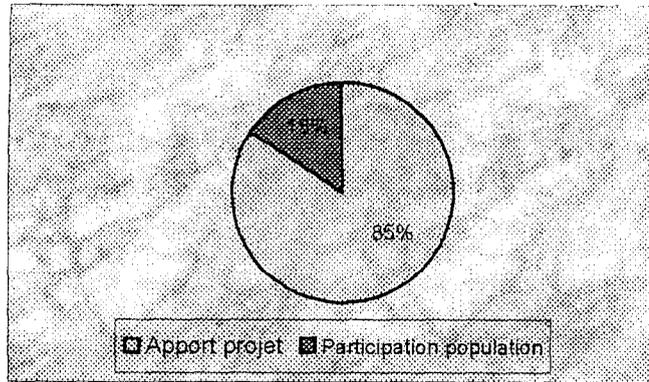


Figure 1 : Répartition du coût par poste

✓ **Variante2** : participation de la population :fonçage+agrégats

- Lot de petit matériel : 125 000 Fcfa
- Les matériaux : 854 775 Fcfa
- Les agrégats 186 875 Fcfa
- Frais de tâcheron : 1 945 671 Fcfa
- Participation villageoise : 572 634 Fcfa

Soit un coût moyen de 3 684 955 Fcfa répartie comme suit :

- Apport du projet 2 925 446 Fcfa soit 79%
- Participation villageoise 759 509 Fcfa soit 21%.

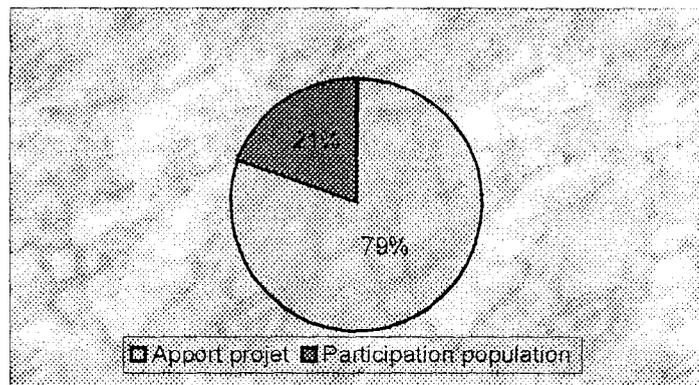


Figure 2 : Répartition du coût par poste

✓ Comparaison des prix de deux types de puits.

Tableau 1 : comparaison des prix de puits(ϕ 1.80 et ϕ 1.40)

Puits ϕ 1.80	Puits ϕ 1.40	différence	%
3 912 055	3 684 955	227 100	6

Ce tableau montre qu'en réalisant un puits ϕ 140, le projet fait une économie de 227 100 Fcfa par puits soit 22 710 000 Fcfa pour les 100 puits initialement prévus.

4.2.2. Optimisation de la rémunération des tâcherons

Dans cette partie, nous analysons la dépense relative au frais de tâcheron. Le but est de vérifier si cette dépense est raisonnable. La démarche est la suivante :

- Estimation du coût de matériels de travail, leur amortissement et leur entretien.
- Estimation des frais du personnel
- Estimation de carburant et lubrifiant

✓ Matériel de travail

La liste de matériels est obtenue grâce à la visite du chantier et leur prix grâce au document du projet et, aux tâcherons à Ouagadougou et à Ouahigouya. Le coût de matériel et leur amortissement se présente comme suit :

Tableau 2: tableau de prix et d'amortissement

Désignation	Durée de vie	Quantité	Prix Unitaire	Prix total	Amortissement annuel
1. Dérick motorisé	10	1	3 500 000	3 500 000	350 000
2. véhicule léger	5	1	6 000 000	6 000 000	1 200 000
3. Chèvre et treuil	5	1	1 750 000	1 750 000	350 000
4. Moules					
- Cuvelage 1.80x1m	5	1	175 000	175 000	35 000
- captage 1.40x1m	5	1	450 000	450 000	90 000
- Trousse coupante	5	1	275 000	275 000	55 000
- Margelle	5	1	525 000	525 000	105 000
- Moule aménag. surf.	5	Ens.	375 000	375 000	75 000
5. Petit équipement					
Fût, outillage et divers	1	ens	50 000	50 000	50 000
Total amortissement					2 310 000

L'amortissement annuel de matériel s'élève à 2 310 000 Fcfa. Il sera amorti sur cinq puits. D'où l'amortissement par puits est de 462 000 Fcfa.

✓ Le frais de personnel

Le frais de personnel est déterminé par mètre linéaire de puits car c'est le mode de paiement le plus utilisé. Le frais de personnel au mètre de puits est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 3: Coût personnel

Désignation	Nombre	Coût/ml/personne	Coût/ml
Chef d'équipe	1	7 500	7 500
puisatier	1	5 250	5 250
Aide puisatier	1	3 350	3 500
Conducteur derrick	1	3 000	3 000
ouvriers	2	1 375	2 750
Total			21 850

Le frais du personnel au mètre linéaire du puits est de 21 850 Fcfa. Le frais pour un puits de 25 mètres est représenté comme suit :

- ✓ Estimation du volume du travail par mètre linéaire.

Le tableau ci – dessous résume le volume du travail ramené au mètre linéaire.

Tableau 4: Estimation de quantité des travaux.

Désignation	Mètre linéaire ou assimilé
Cuvelage	18
Captage	5
Ancrage de surface	1.5
Ancrage intermédiaire	1
Ancrage de base	1
Trousse coupante	1
Margelle	1
Trottoir	1
Abreuvoir	2.5
Puits perdu	1
Total	33

Les travaux sont assimilés à 33 mètres linéaires.

Le frais de personnel pour un puits de 25 mètres est de : $21\ 850 \times 33 = 721\ 050$ Fcfa.

- ✓ Autres consommations

Elles concernent le carburant, l'huile, les agrégats, les eaux et les services divers.

- Le carburant et l'huile : leur coût est déterminé par une estimation du kilomètre à parcourir qui se présente comme suit :
 - 1 Aller-retour : Ouagadougou – Gourcy – Ouagadougou : 280 km
 - 2 Aller- retour : Gourcy – chantier – Gourcy : $2 \times 2 \times 40$: 160 km.
 - Un parcours autour de chantier : 30 km/jour pendant 10 jours: 300 km
 Soit au total une distance à parcourir de 750 km.

La consommation du carburant est de 20 litres au 100 km et le prix est de 500 Fcfa au litres.

Le carburant consommé : $750 \times 0.2 = 150$ litres

Le coût du carburant : $150 \times 500 = 75\ 000$ Fcfa.

Lubrifiant : le coût du lubrifiant est estimé au dizaine du carburant : 7 500 Fcfa.

Le carburant et l'huile coûtent 82 500 Fcfa.

Les coûts des agrégats, eaux et autres consommables sont fournis par les tâcherons et s'élèvent à 300 000 Fcfa.

Tableau 5: Carburant et autres consommations

Désignation	Coût mensuel
Huile et carburant	150 000
Eau et agrégats	300 000
Services divers	100 000
Total	550 000

A partir de ces trois tableaux, nous pouvons déterminer le coût de réalisation (coût du tâcheron) d'un puits de profondeur de 25 mètres.

La marge bénéficiaire (10%) est celle en vigueur au Burkina faso dans le secteur de travaux publics. L'impôt est fixé à 1% du montant du marché car le projet est exonéré des taxes.

Tableau 6: Estimation du frais du tâcheron

Désignation	Montant
Personnel	721 050
Amortissement	462 000
Autres consommations	550 000
Sous total	1 733 050
Marge bénéficiaire	173 305
Impôt	19 256
Total/puits	1 925 611

D'après cette estimation le frais du tâcheron pour la réalisation d'un puits de 25 mètres de profondeur est de 1 925 611 Fcfa au lieu 2 164 421 Fcfa d'après la grille du prix unitaire ; soit une différence de 238 810 Fcfa qui représente un ratio de 11%. Ce calcul montre que dans la situation actuelle, les frais payés aux tâcherons paraissent élevés et qu'il est envisageable pour Africare de les négocier avec une réduction de 10%. Ainsi le coût moyen de réalisation d'un puits s'élève à 3 673 245 Fcfa avec 572 634 Fcfa de participation de la population et 3 100 611 Fcfa d'apport du projet.

Pour outiller Africare dans cette négociation, nous leur proposons à titre indicatif, le prix unitaire par poste.

✓ Proposition d'une grille du prix unitaire

La démarche adoptée est la suivante :

- La répartition des amortissements de petits matériels, de matériels spécialisés, de véhicule et les frais de d'entretien, de carburant et les agrégats sur les différents postes.
- La marge bénéficiaire est fixée à 10% et un impôt de 1% du montant de contrat.

Les différents postes se présentent dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7: les différents postes

Désignation	Postes
1. Préparation	
Installation, amenée et repli	-
2. Fonçage	
Fonçage en terrain tendre	-
Fonçage en terrain dur sec	-
Fonçage sous l'eau	5
3. Ancrages	
Ancrage de surface	1
Cuvelage Dint=1.80 ; ép :0.10m	18
Ancrage intermédiaire en béton armé	1
Colonnes de buses filtrantes	5
Ancrage de base	1
Trousse coupante Dint=1.40 m	1
Dalle de fond	1
Margelle basse	-
Margelle haute	1
Fourniture et pose de massif filtrant	1
4. Aménagement de surface	
Trottoir	1
Anti – borbier	1
Canal+ abreuvoir + puits	1
5. Divers	
Développement	1
Essai de débit simplifié + interprétions	1
Portique, pose poulie sur portique IPN 100	1
Total postes	41

Le nombre total de poste est de 41. Tous les frais seront repartis sur ces postes pour pouvoir définir un coût par poste. Le poste fonçage en terrain tendre n'est pas pris en considération il est exécuté par les bénéficiaires. Le poste fonçage en terrain dur n'est pas également pris en compte car il n'est pas souvent appliqué. Le poste préparation est défini par un forfait.

- Le personnel :

D'après le tableau n°3, le frais du personnel s'élève à 712 050 Fcfa par puits. D'où le frais par poste est de 18 000 Fcfa par poste.

- Les petits matériels

L'amortissement de matériels s'élève à 56 367 Fcfa par puits. Cette charge sera répartie sur tous les postes soit $56\,367/41 = 1\,375$ Fcfa par poste.

- Les matériels spécialisés

Leur amortissement par puits s'élève à 73 333 Fcfa soit un montant par poste de 1 800 Fcfa.

- Le véhicule :

L'amortissement annuel est de 1 200 000 Fcfa soit un amortissement par puits 100 000 Fcfa. L'amortissement par poste est de 2 500 Fcfa.

- Les agrégats : ils sont définis en fonction du volume du poste.

- *Les charges diverses sont également réparties sur les différents postes.*

Le calcul est présenté en annexe 6.

Le tableau ci-dessous présente la grille du prix unitaire.

Tableau 8: Grille du prix unitaire

Désignation	Unité	Prix unitaire
1. préparation		
Installation, amenée et repli	forfait	200 000
2. Fonçage		
Fonçage en terrain tendre	ml	30 600
Fonçage en terrain sec dur	ml	39 860
Fonçage sous l'eau	ml	32 960
3. Ancrage		
Ancrage de surface	U	39 525
Cuvelage D.int.1.80m ;ép0.10m	ml	35 960
Ancrage intermédiaire en béton armé	U	35 960
Colonnes de buses filtrantes	ml	34 800
Ancrage de base en béton armé	U	35 960
Trousse coupante Dint=1.40 m	U	31 950
Dalle de fond	U	32 215
Margelle basse	U	37 655
Margelle haute	U	39 525
Fourniture, pose de massif filtrant	Forfait	55 840
Destruction de buses	U	25 000
4. Aménagement de surface		
Trottoir	U	39 525
Anti-bourbier	U	53 460
Canal+abreuvoir+puits perdu	U	100 000
5. Divers		
Développement	Forfait	69 000
Essai de débit simplifié+interprétation	U	66 875
Portique, pose de poulie sur portique en IPN 100	forfait	89 375

4.2.3. Rehaussement de la participation de la population

Dans cette partie, nous proposons d'augmenter la contribution des villageois. Comme nous l'avons dit plus haut, l'ardeur des villageois à la participation des travaux communautaires est fonction de l'urgence des besoins en eau et de leur disponibilité.

L'enquête menée autour de 11 puits montre que la population est consciente de la difficulté de disposer d'un point d'eau durable et elle est favorable à une augmentation de leur participation physique, surtout à la collecte des agrégats.

Le coût moyen de réalisation d'un puits de diamètre 1.80 mètre et d'une profondeur de cuvelage de 18 mètres et 5 mètres de captage est de 3 912 055 Fcfa répartie comme suit :

✓ **Participation de la population : fonçage (cas actuel du projet).**

- Apport du projet: 3 339 421 Fcfa soit 85%
- Participation villageoise: 572 634 Fcfa soit 15%.

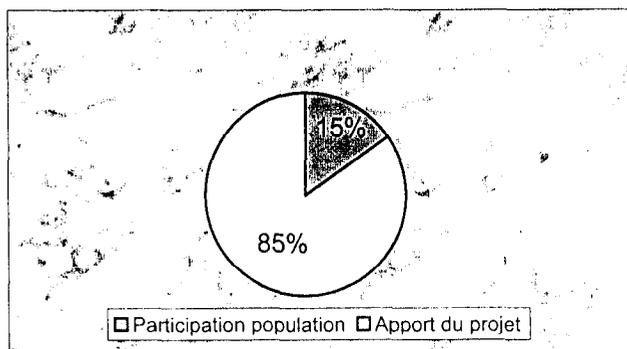


Figure 3: répartition du coût par poste (situation actuelle)

✓ **Participation de la population : fonçage + agrégats (la proposition).**

- Apport du projet 3 170 671 Fcfa soit 81%
- Participation villageoise 741 384 Fcfa soit 19%.

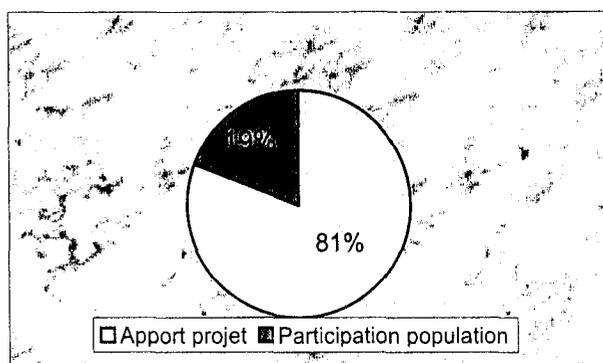


Figure 4: répartition du coût par poste (nouvelle proposition)

Cette approche permet au projet de faire une économie de 218 750 Fcfa (5%), désormais intégré dans la participation physique des bénéficiaires.

4.3. AUTRES PROPOSITIONS D'OPTIMISATION

4.3.1. Amélioration de l'organisation des chantiers

Une limitation de nombre de puits par campagne permettra aux responsables techniques du projet de disposer suffisamment du temps afin de suivre de plus près les travaux et surtout d'apporter un appui technique aux villageois lors du fonçage.

4.3.2. Amélioration du mode de règlement des tâcherons

Pour le mode payement du tâcheron nous proposons ce qui suit :

- 25% comme avance de démarrage
- 25% à la fin des travaux du cuvelage
- 40% à la fin des travaux du captage
- 10% après la réception définitive.

4.3.3. Contribution à l'étude géologique

La connaissance sur la géologie et l'hydrogéologie de la province par un programme spécial est incertaine à cause du manque de moyen financier de l'Etat burkinabé. Il est donc préférable de profiter du projet en cours pour contribuer à la connaissance de la ressource en eau souterraine de la province.

Nous préconisons au service du contrôle d'établir les fiches des puits. Cette fiche comportera:

- La situation géographique du puits.
- Les dimensions et caractéristiques du puits.
- La coupe géologique des terrains traversés.
- Le débit du puits.

CONCLUSION

Le projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma est une initiative ambitieuse qui cherche à responsabiliser la population. Cette dernière est confrontée depuis l'année dernière à une nouvelle difficulté inattendue avec l'arrivée de nombreux ressortissants de la Côte d'Ivoire.

Les puits villageois réalisés par le PSAZ allègent considérablement la souffrance de la population. Les puits maraîchers destinés à la petite irrigation initieront les villageois à l'activité de contre saison.

A la fin de cette campagne, l'objectif du projet, sur le plan hydraulique est largement atteint.

Cette étude, menée dans le souci de baisser les coûts de réalisation et d'améliorer la qualité des puits, a abouti à la proposition de deux types de solutions:

- La première concerne la baisse des coûts de réalisation à travers la construction des puits de diamètre moyen (1.40 m), l'augmentation de la participation physique des bénéficiaires, la révision de grille de prix unitaire des tâcherons et entreprises.
- La seconde est relative à la qualité des ouvrages. Ainsi, il est proposé au projet la formation des puisatiers, le renforcement des contrôles.

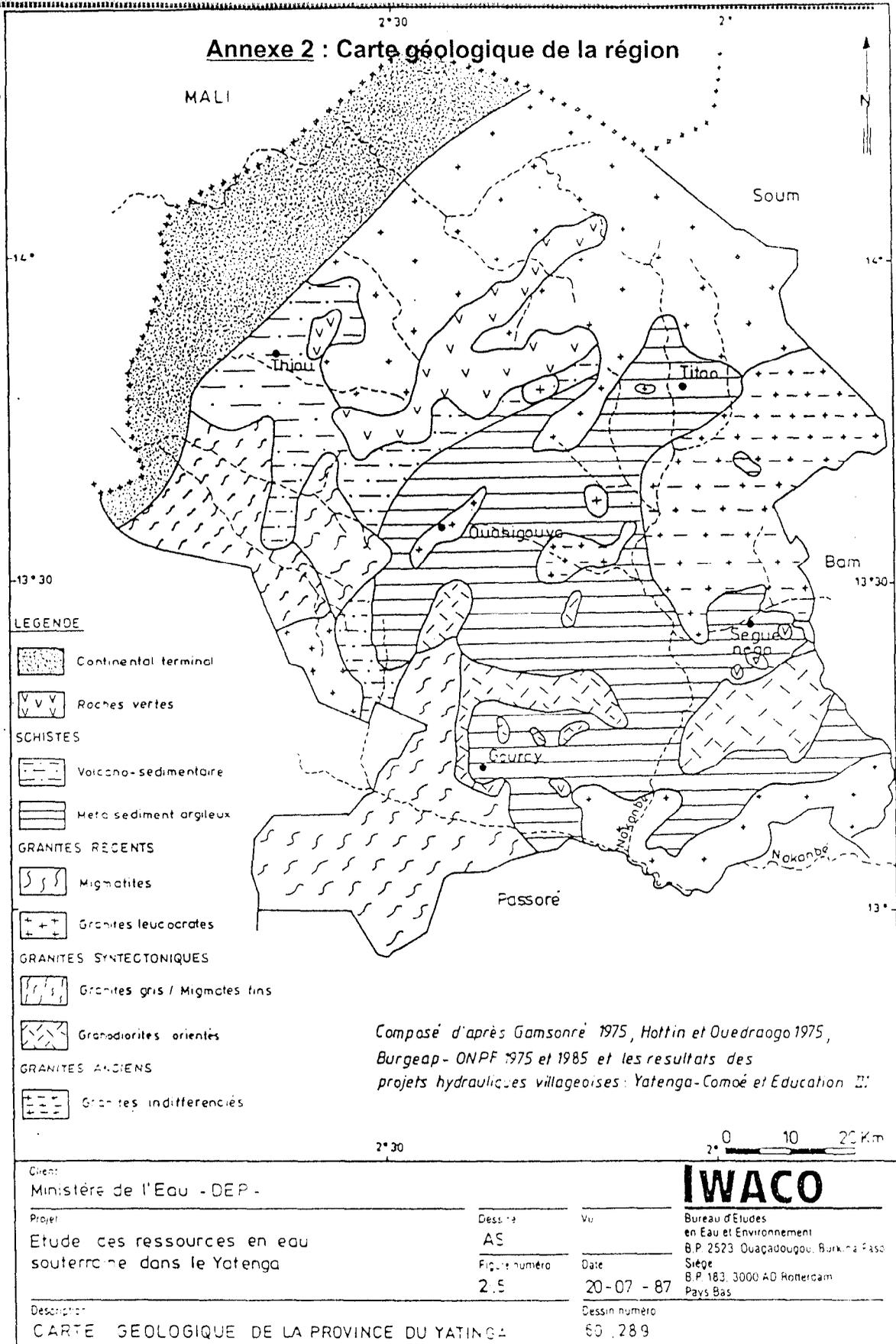
Toutefois la réalisation des ouvrages durables à un coût raisonnable nécessite un effort conjugué de tous les intervenants. Une compétence de l'équipe de mise en œuvre, la rigueur et la présence régulière de l'équipe de contrôle sur les chantiers permettront d'obtenir un résultat satisfaisant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADO ILLA. – Contribution à l'amélioration de la programmation des points d'eau villageois, notamment les puits dans les provinces du Boulgou et du Kouritenga. Mémoire de fin d'études : EIER, 1996, 65p.
2. Babacar DIENG – Support du cours d'Hydrologie, EIER, 1999.
3. BCEOM IEMVT. – Hydraulique pastorale (Techniques rurales en Afrique n°7), Ministère de la Coopération, 1973, 311p.
4. BURGEAP : La construction des puits en Afrique Tropicale, Ministère de la Coopération 1992, 1^{ère} édition, 237p.
5. BURGEAP: La construction des puits en Afrique Tropicale et « l'investissement humain », Ministère de la Coopération, 1974, 1^{ère} édition, 191p.
6. IWACO – CIEH : Rapport Final du Projet « Etude des Ressources en Eau Souterraine de Yatenga », 1990.
7. MAHAMAN ABDOU. Evaluation technique et socio-économique d'un programme d'hydraulique rurale dans la province de Poni au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études :EIER, 1995. 44p.



ANNEXES



Annexe 3 : Carte de la zone d'intervention du PSAZ

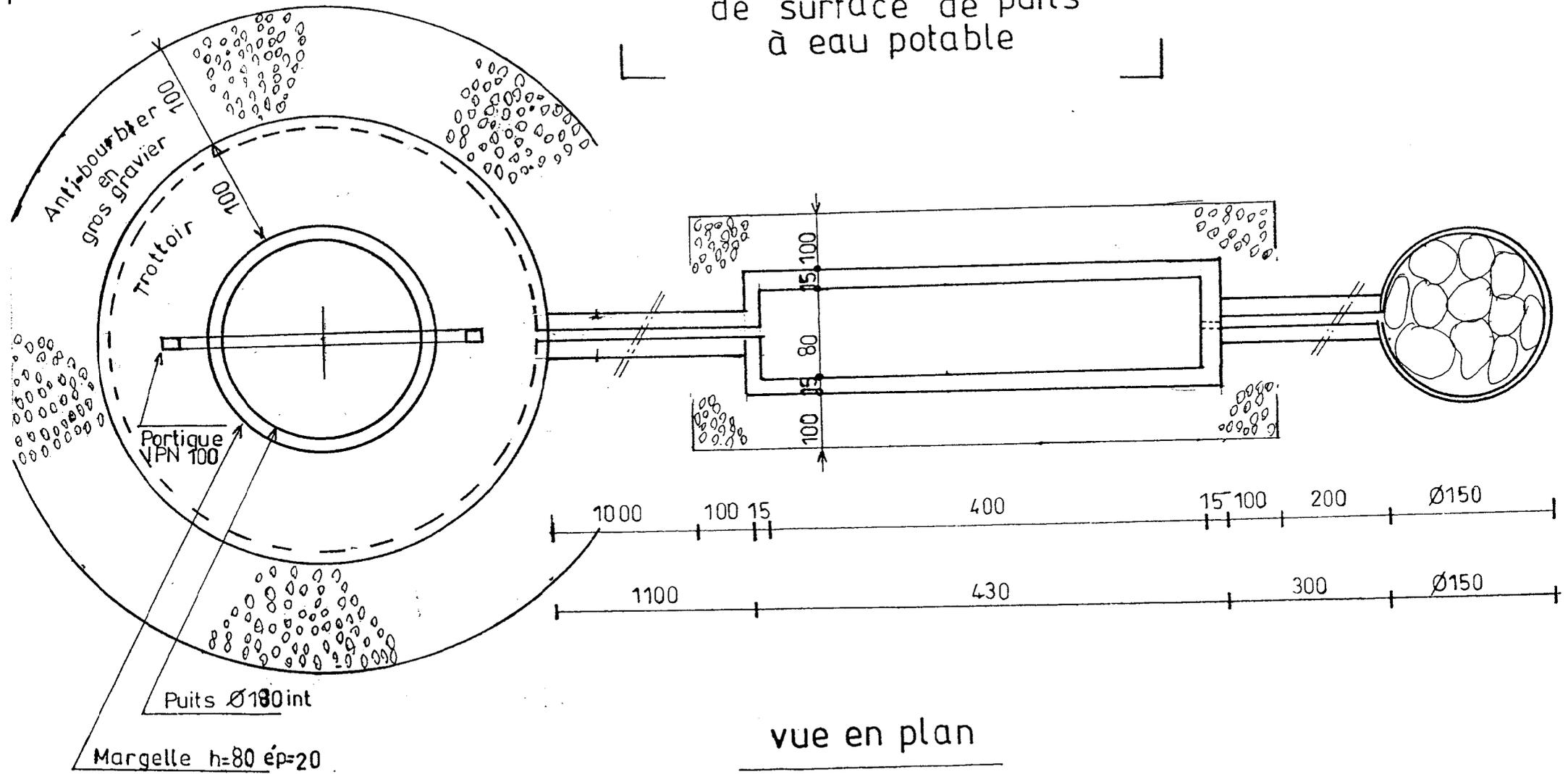
BURKINA FASO
 rovince du ZONDOMA
 Echelle : 1 / 250 000



La réalisation des puits dans le cadre du Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma :
 proposition de variantes pouvant contribuer à la baisse des coûts de revient des ouvrages.

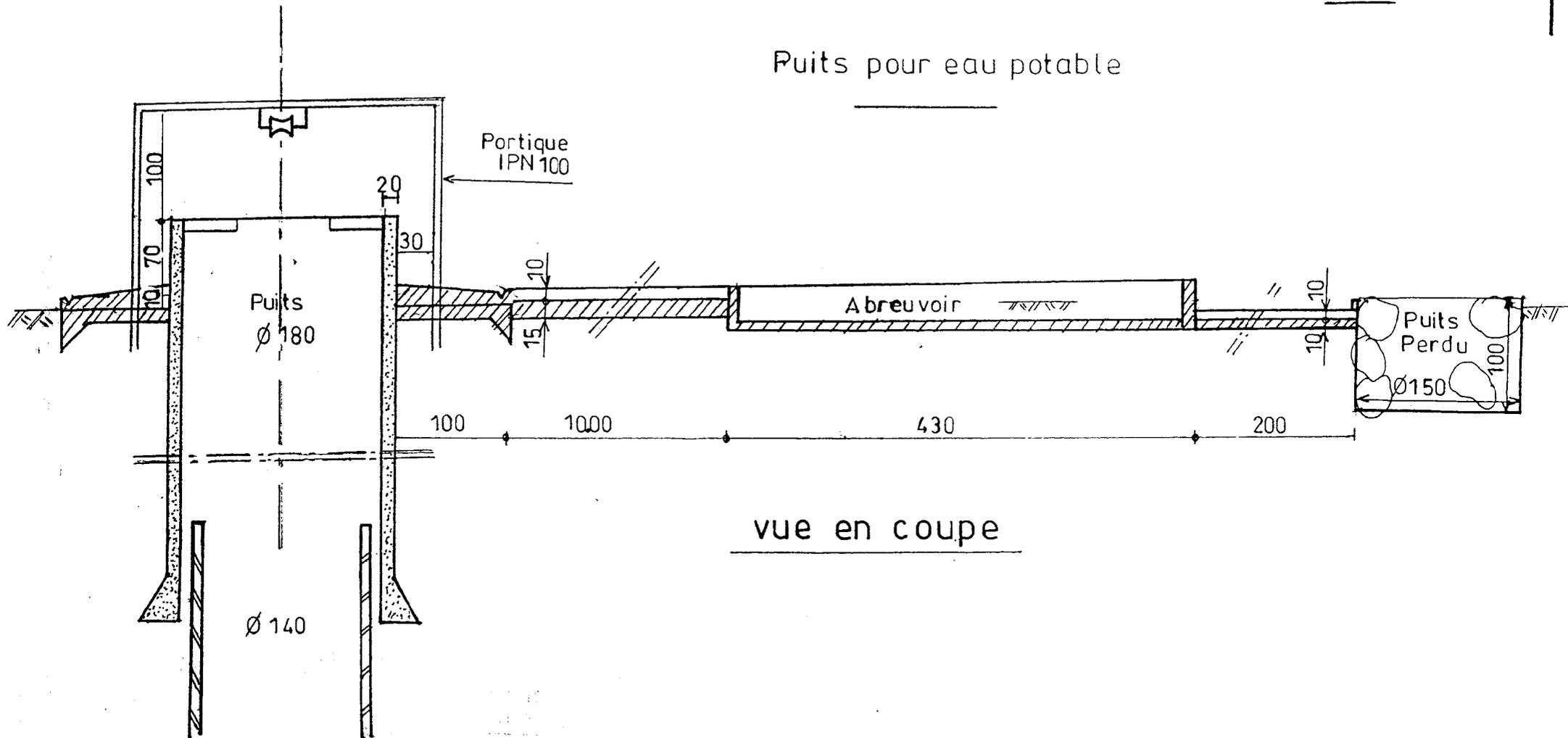
Annexe 4 : schémas et coupes de puits PSAZ

Plans des aménagements de surface de puits à eau potable



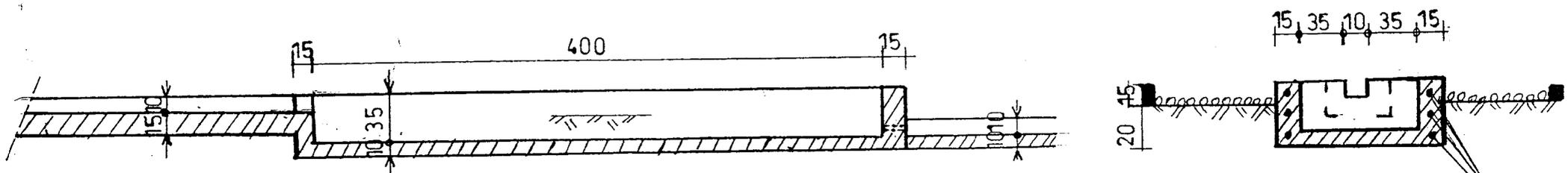
vue en plan

Puits pour eau potable



vue en coupe

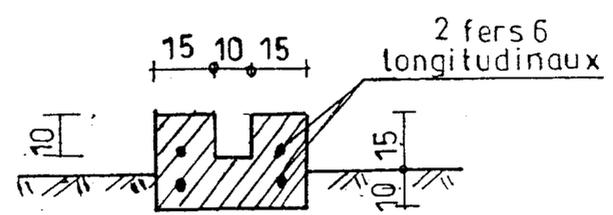
Puits pour eau potable



ECHELLE = 1/40

details abreuvoir

3 fers 6
longitudinaux

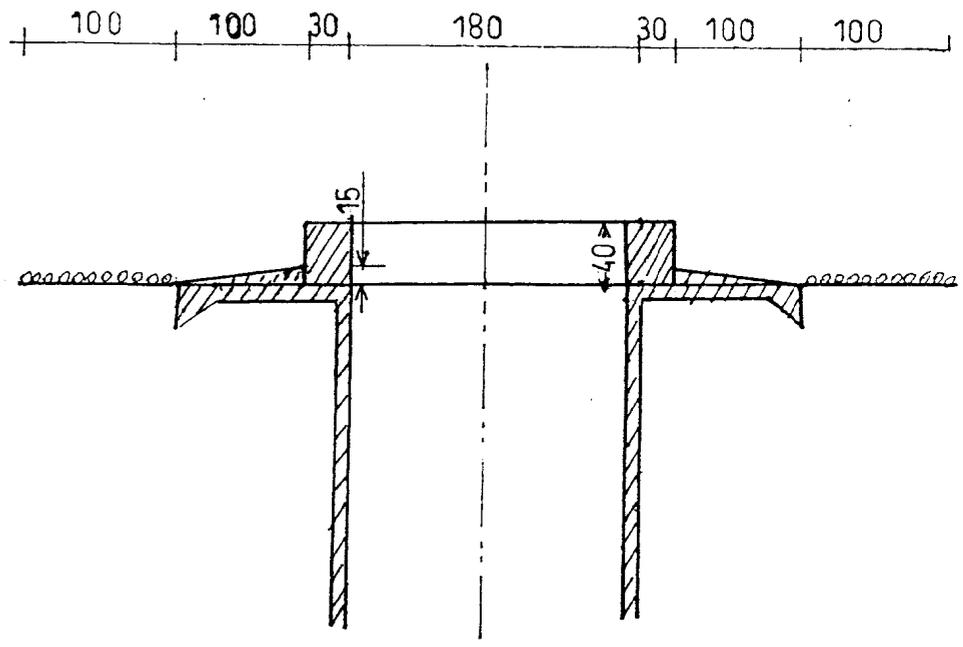
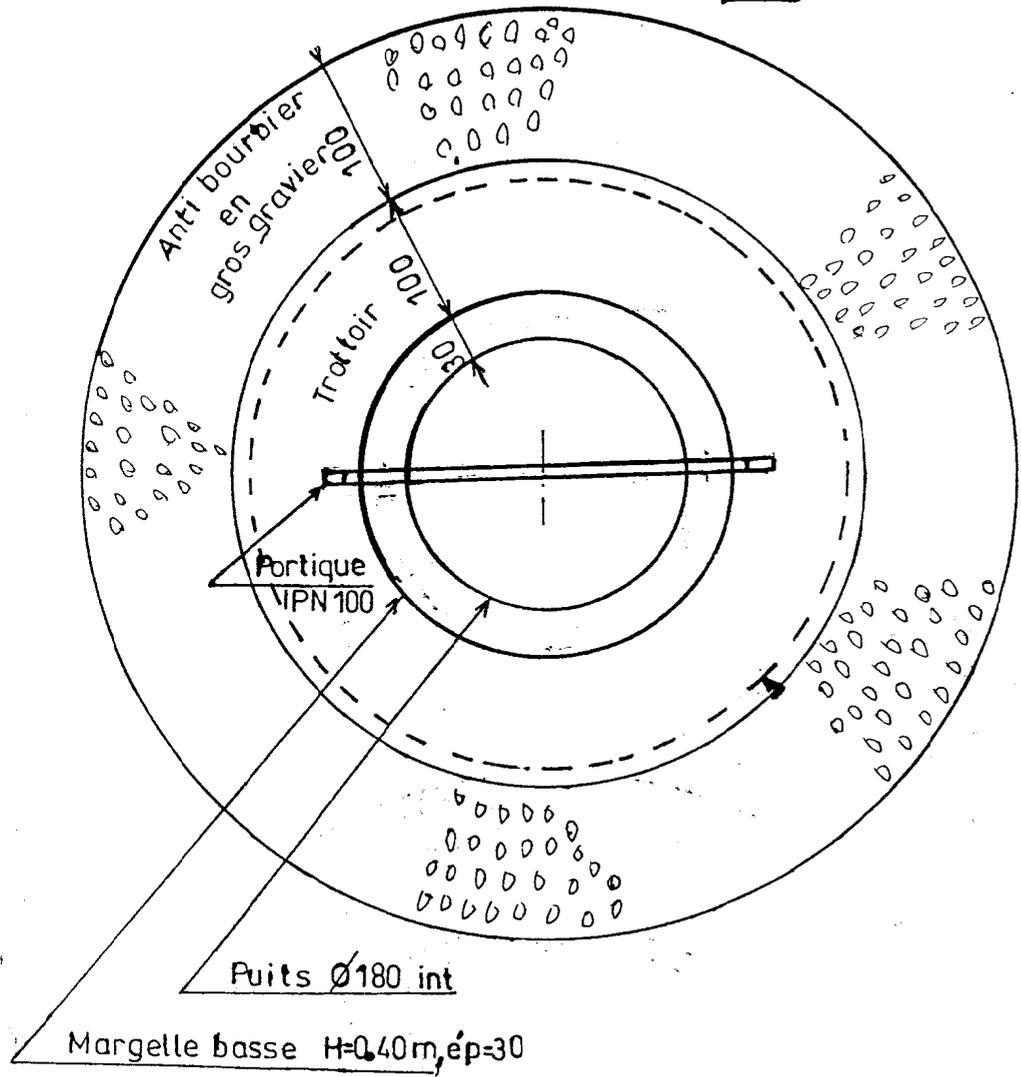


Echelle=1/20

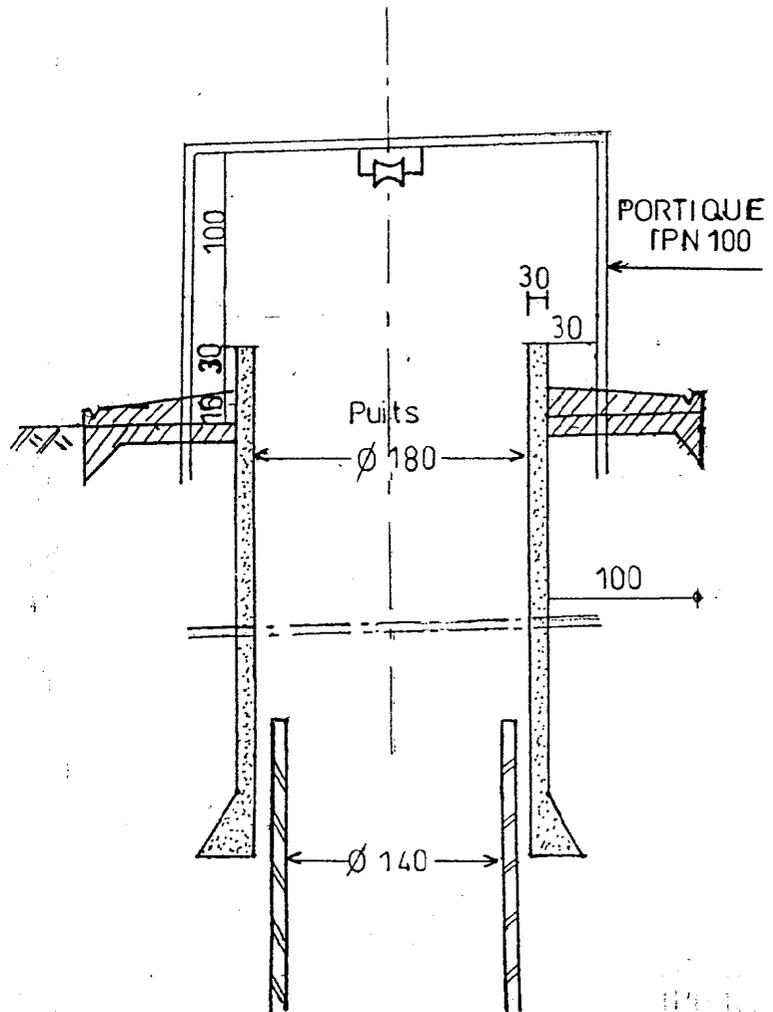
detail canal

Plans des aménagements de surface pour puits maraichers

AFRICARE/PSAZ
Octobre 2002



Puits maraichers



vue en coupe

Annexe 5 : Tableau du dosage en ciment selon les puisatiers

Villages	Code puits	Entreprise ou tâcheron	Dosage selon les puisatiers		Dosage recommandé	
			Cuvelage	captage	Cuvelage	Captage
Bougounam	AEP3	AVOFID	G: 7 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs	G: 3.5 brouettes S: 3 brouettes C: 6 sacs	G: 9.5 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs	G: 7.5 brouettes S: 4 brouettes C: 4 sacs
	AEP4		G: 7 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs	G: 3.5 brouettes S: 3 brouettes C: 6 sacs		
	AEP5	SAWADOGO Souleymane (tâcheron)	G: 18 brouettes S: 8 brouettes C: 4 sacs	G: 4 brouettes S: 3 brouettes C: 4 sacs		
Kogola	PM2	KABORE Martin	G: 16 brouettes S: 8 brouettes C: 2 sacs	G: 5 brouettes S: 4 brouettes C: 4 sacs		
	PM3		G: 8 brouettes S: 4 brouettes C: 2 sacs	G: 5 brouettes S: 4 brouettes C: 4 sacs		
	PM1		G: 8 brouettes S: 4 brouettes C: 2 sacs	G: 5 brouettes S: 4 brouettes C: 4 sacs		
	PM4	BETIA	G: 10 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs	G: 10 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs		
	AEP1		G: 10 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs	G: 10 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs		
	AEP2		G: 10 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs	G: 10 brouettes S: 5 brouettes C: 4 sacs		

*La réalisation des puits dans le cadre du Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma :
proposition de variantes pouvant contribuer à la baisse des coûts de revient des ouvrages.*

ANNEXE 6 : Note de calculs

I. ETUDES DE GENIE CIVIL DES PUIITS EN BETON ARME.....	53
A.CALCUL DES MATERIAUX DU PUIITS DE DIAMETRE Φ 1.80 METRE.....	53
B.CALCUL DES MATERIAUX DE PUIITS DE DIAMETRE Φ 1.40 METRE.....	57
II. ESTIMATION DES COUTS DES PUIITS	62
A. PUIITS DE DIAMETRE 1.80 M.....	62
B. PUIITS DE DIAMETRE 1.40 M.....	63
III. ESTIMATION DES FRAIS DE TACHERON.....	65
A. ESTIMATION DE L'AMORTISSEMENT DE PETITS MATERIELS	65
B. ESTIMATION DE L'AMORTISSEMENT DE MATERIELS SPECIALISES	65
C. ESTIMATION DE L'AMORTISSEMENT DE VEHICULE.....	65
D. ESTIMATION DU GRILLE DU PRIX UNITAIRE.....	66

I. ETUDES DE GENIE CIVIL DES PUIITS EN BETON ARME.

A.CALCUL DES MATERIAUX DU PUIITS DE DIAMETRE $\Phi 1.80$ METRE

1. Cuvelage paroi en béton armé d'une épaisseur de 10 centimètres.

- Dosage du ciment : 350 kg / m³
- Gravier : 800 litres / m³
- Sable : 400 litres / m³

- **Le volume du béton par mètre linéaire est de :**

$$V = 3.14 * \frac{((D_{ex})^2 - (D_{in})^2) * h}{4}$$

V : volume du béton en m³

D_{ex} : diamètre extérieur du puits (2.00 m)

D_{in} : diamètre intérieur du puits (1.80 m)

h : hauteur (1 ml)

Application numérique :

$$V = 3.14 * \frac{(2.00)^2 - (1.80)^2}{4} = 0.560 \text{ m}^3$$

- **Ferraillage.**

Fers horizontaux $\Phi 6$: 1 tous de 0.15 m.

Longueur $l_1 = 3.14 * 1.90 = 5.969$ m ; recouvrement : 0.25 m.

Longueur d'une barre = 5.969 + 0.25 = 6.219 mètres.

Nombre de barres par mètre : 6

Longueur par mètre de cuvelage : 6.219 * 6 = 37.3 m.

Fers verticaux $\Phi 8$: 28 fers de 1 mètre / mètre.

- **Matériaux par mètre linéaire du cuvelage :**

- Volume du béton : 0.596 m³
- Ciment : 0.596*350 = 208.6 kg/ml
- Gravier : 0.596*0.8 = 0.476 m³
- Sable : 0.596*0.4 = 0.238 m³
- Fers horizontaux $\Phi 6$ = 37.3 m.
- Fers verticaux $\Phi 8$ = 28 m.

- **Distance entre les ancrages intermédiaires.**

Poids d'armature au mètre linéaire du cuvelage : 25 kg

Poids du cuvelage d'épaisseur 10cm : 1500 kg au mètre.

Section d'armature tendue : A = 28*0.5=14 cm²

Résistance à la traction d'armature : contrainte admissible*section
= 1400 KgF/cm²*14 cm²=19600 KgF

Résistance armature : 19.6 tonnes en traction.

Poids du cuvelage au mètre : 1.5 tonnes.

La distance entre deux ancrages intermédiaires est le rapport de la résistance à la traction de l'armature par le poids du cuvelage au mètre.

$$\text{Distance} = \frac{19.60}{1.5} = 13 \text{ mètres.}$$

En principe, il faut un ancrage tous les 13 mètres mais pour question de sécurité, on place un ancrage tous les 10 mètres.

2. Buse de captage : paroi en béton armé d'une épaisseur de 10 centimètres.

- Dosage du ciment : 400 kg / m³
- Gravier : 800 litres / m³
- Sable : 400 litres / m³

• Le volume du béton par mètre linéaire de buse est de :

$$V = 3.14 * \frac{((D_{ex})^2 - (D_{in})^2)}{4} * h$$

V : volume du béton en m³

D_{ex} : diamètre extérieur de buse (1.60 m)

D_{in} : diamètre intérieur de buse (1.40 m)

h : hauteur (1 m)

Application numérique :

$$V = 3.14 * \frac{((1.60)^2 - (1.40)^2)}{4} = 0.48 \text{ m}^3$$

Fers horizontaux Φ6 : 1 tous de 0.15 m.

Longueur l₁ = 3.14 * 1.50 = 4.71 m ; recouvrement : 0.25 m.

Longueur d'une barre = 4.71 + 0.25 = 4.96 mètres.

Nombre de barres par mètre : 6

Longueur par mètre de cuvelage : 4.96 * 6 = 29.76 m.

Fers verticaux Φ8:22 fers de 1 mètre / mètre.

• Matériaux par mètre linéaire de buse de captage :

- Volume du béton : 0.48 m³
- Ciment : 0.48*400 = 192 kg/ml
- Gravier : 0.48*0.8 = 0.384 m³
- Sable : 0.48*0.4 = 0.192 m³
- Fers horizontaux Φ6 = 29.80 m.
- Fers verticaux Φ8 = 28 m.

3. Trousse coupante :

$$\text{Section} : \frac{(0.3 + 0.1)}{2} = 0.03$$

$$\text{Diamètre moyen} = \frac{1.70 + 1.40}{2} = 1.55$$

Volume V = Π*Φ*S ; Π = 3.14 ; Φ = 1.55 (diamètre moyen) ; S = 0.03 (section)

$$V = 3.14 * 1.55 * 0.03 = 0.15 \text{ m}^3$$

- **Matériaux par unité de trousse :**

- Volume du béton	=	0.15 m ³
- Ciment : 0.15*400	=	60 kg/ml
- Gravier : 0.15*0.8	=	0.12 m ³
- Sable : 0.15*0.4	=	0.06 m ³
- Fers horizontaux Φ6	=	25.6 m.
- Fers verticaux Φ8	=	14.3 m.

4. Ancrage intermédiaire :

$$\text{section : } S = \frac{0.45 + 0.1}{2} * 0.3 = 0.0825$$

$$\text{Diamètre moyen : } \Phi = \frac{2.0 + 2.6}{2} = 2.3$$

$$\text{Volume } V = \Pi * \Phi * S = 3.14 * 2.3 * 0.0825 = 0.596 \text{ m}^3$$

- **Matériaux par unité d'ancrage intermédiaire :**

- Volume du béton	=	0.6 m ³
- Ciment : 0.6*350	=	210 kg/ml
- Gravier : 0.6*0.8	=	0.48 m ³
- Sable : 0.6*0.4	=	0.24 m ³
- Fers horizontaux Φ6	=	31.5 m.
- Fers verticaux Φ8	=	36.4 m.

5. Ancrage de surface

$$\text{section : } S = (0.4 * 0.1) + \frac{0.4 + 0.1}{2} * 0.3 = 0.115$$

$$\text{Diamètre moyen : } \Phi = \frac{3.4 + 2}{2} = 2.7$$

$$\text{Volume } V = \Pi * \Phi * S = 3.14 * 2.7 * 0.15 = 0.98 \text{ m}^3$$

- **Matériaux par unité d'ancrage de surface :**

- Volume du béton	=	1 m ³
- Ciment : 1*350	=	350 kg/ml
- Gravier : 1*0.8	=	0.8 m ³
- Sable : 1*0.4	=	0.4 m ³
- Fers horizontaux Φ6	=	55.5 m.
- Fers verticaux Φ8	=	50.3 m.

6. Margelle :

Hauteur : 0.80 m épaisseur : 0.20 m

D_{ex} : 2.20 m D_{in} : 1.80 m

$$V = 3.14 * \frac{((D_{ex})^2 - (D_{in})^2)}{4} * h$$

V : volume du béton en m³

D_{ex} : diamètre extérieur de la margelle (2.20 m)

D_{in} : diamètre intérieur de la margelle (1.80 m)

h : hauteur de la margelle (0.80 m)

Application numérique :

$$V = 3.14 * \frac{(2.20)^2 - (1.80)^2}{4} * 0.80 = 1.01 \text{ m}^3$$

- **Matériaux par unité de margelle de h=0.80 m et ép=0.20 m :**

- Volume du béton	=	1 m ³
- Ciment : 1*350	=	350 kg
- Gravier : 1*0.8	=	0.8 m ³
- Sable : 1*0.4	=	0.4 m ³
- Fers horizontaux Φ6	=	29.8 m.
- Fers verticaux Φ8	=	22.4 m.

7. Trottoir

Diamètre intérieur: 2.2m; Diamètre extérieur: 4.2 m; épaisseur: 0.10 m

$$V = 3.14 * \frac{(2.20)^2 - (2.2)^2}{4} * 0.10 = 1 \text{ m}^3$$

- Volume du béton	=	1 m ³
- Ciment : 1*350	=	350 kg
- Gravier : 1*0.8	=	0.8 m ³
- Sable : 1*0.4	=	0.4 m ³
- Fers horizontaux Φ6	=	0 m.
- Fers verticaux Φ8	=	0 m.

8. Canal + abreuvoir

- Volume du béton	=	1.15 m ³
- Ciment : 1.05*350	=	367.5 kg
- Gravier : 1.05*0.8	=	0.92 m ³
- Sable : 1.05*0.4	=	0.46 m ³
- Fers horizontaux Φ6	=	28 m.
- Fers verticaux Φ8	=	19.2 m.

9. Anti- bourbier

Gravier : 2.89 m³

10. Quantité de matériaux pour un puits de 18 mètres de cuvelage et 5 mètres de captage Diamètre 1.80 mètre.

Désignation	V. béton	Ciment	Gravier	Sable	Fer de 8	Fer de 6
Cuvelage (18m)	10.80	3780	8.64	4.32	518	672
Ancrage surface	1	350	0.8	0.4	50.3	55.5
Ancrage intermédiaire	0.6	210	0.48	0.24	36.4	31.5
Ancrage de base	0.6	210	0.48	0.24	29.4	31.5
Captage (5m)	2.4	960	1.92	0.96	110	149
Trousse coupante	0.15	60	0.12	0.06	14.3	25.6
Margelle (0.8*0.2)	1	350	0.8	0.4	22.4	29.6
trottoir	1	350	0.84	0.42		
Anti-bourbier			2.89			
Canal + trottoir	1.15	402.5	0.92	0.46	19.2	28
Total	17.55	6672.5	17.89	7.5	794	1022.9
		134 sacs	18 m ³	8 m ³	66 barres	85 barres

B.CALCUL DES MATERIAUX DE PUIITS DE DIAMETRE Ø1.40 METRE

1. Cuvelage paroi en béton armé d'une épaisseur de 10 centimètres.

- Dosage du ciment : 350 kg / m³
- Gravier : 800 litres / m³
- Sable : 400 litres / m³

- **Le volume du béton par mètre linéaire est de :**

$$V = 3.14 * \frac{((D_{ex})^2 - (D_{in})^2) * h}{4}$$

V : volume du béton en m³

D_{ex} : diamètre extérieur du puits (2.00 m)

D_{in} : diamètre intérieur du puits (1.80 m)

h : hauteur (1 ml)

Application numérique :

$$V = 3.14 * \frac{(2.00)^2 - (1.40)^2}{4} = 0.4712 \text{ m}^3$$

- **Ferrailage.**

Fers horizontaux Ø6 : 1 tous de 0.15 m.

Longueur l₁ = 3.14 * 1.50 = 4.71 m ; recouvrement : 0.25 m.

Longueur d'une barre = 4.71 + 0.25 = 4.96 mètres.

Nombre de barres par mètre : 6

Longueur par mètre de cuvelage : 4.96 * 6 = 29.8 m.

Fers verticaux Ø8: 22 fers de 1 mètre / mètre.

- **Matériaux par mètre linéaire du cuvelage :**

-	Volume du béton :		0.4712 m ³
-	Ciment : 0.4712*350	=	165 kg/ml
-	Gravier : 0.4712*0.8	=	0.377 m ³
-	Sable : 0.4712*0.4	=	0.0.188 m ³
-	Fers horizontaux Φ6=		29.8 m.
-	Fers verticaux Φ8=		22 m.

- **Distance entre les ancrages intermédiaires.**

Poids d'armature au mètre linéaire du cuvelage : 21 kg

Poids du cuvelage d'épaisseur 10cm : 1 170 kg au mètre.

Section d'armature tendue : $A = 22 \times 0.5 = 11 \text{ cm}^2$

Résistance à la traction d'armature : contrainte admissible*section
 $= 1400 \text{ KgF/cm}^2 \times 11 \text{ cm}^2 = 15\ 400 \text{ KgF}$

Résistance armature : 15.4 tonnes en traction.

Poids du cuvelage au mètre : 1.17 tonnes.

La distance entre deux ancrages intermédiaires est le rapport de la résistance à la traction de l'armature par le poids du cuvelage au mètre.

$$\text{Distance} = \frac{15.4}{1.17} = 13 \text{ mètres.}$$

En principe, il faut un ancrage tous les 13 mètres mais pour question de sécurité, on place un ancrage tous les 10 mètres.

2. Buse de captage : paroi en béton armé d'une épaisseur de 10 centimètre.

Dosage du ciment : 400 kg / m³

Gravier : 800 litres / m³

Sable : 400 litres / m³

- **Le volume du béton par mètre linéaire de buse est de :**

$$V = 3.14 \times \frac{((D_{\text{ex}})^2 - (D_{\text{in}})^2)}{4} \times h$$

V : volume du béton en m³

D_{ex} : diamètre extérieur de buse (1.20 m)

D_{in} : diamètre intérieur de buse (1.04 m)

h : hauteur (1 m)

Application numérique :

$$V = 3.14 \times \frac{((1.20)^2 - (1.04)^2)}{4} = 0.2815 \text{ m}^3$$

Fers horizontaux Φ6 : 1 tous de 0.15 m.

Longueur $l_1 = 3.14 \times 1.10 = 3.454 \text{ m}$; recouvrement : 0.25 m.

Longueur d'une barre = $3.454 + 0.25 = 3.7 \text{ mètres.}$

Nombre de barres par mètre : 6

Longueur par mètre de cuvelage : $3.7 * 6 = 22.22$ m.

Fers verticaux $\Phi 8$: 16 fers de 1 mètre espacé de 0.21 mètre / mètre.

• **Matériaux par mètre linéaire de buse de captage :**

- Volume du béton :		0.2815 m ³
- Ciment : $0.2815 * 400$	=	112 kg/ml
- Gravier : $0.2815 * 0.8$	=	0.225 m ³
- Sable : $0.2815 * 0.4$	=	0.113 m ³
- Fers horizontaux $\Phi 6$ =		22.22 m.
- Fers verticaux $\Phi 8$ =		16 m.

3. Trousse coupante :

$$\text{Section : } \frac{(0.3 + 0.1)}{2} = 0.03 \quad \text{Diamètre moyen} = \frac{1.04 + 1.40}{2} = 1.22$$

$$\text{Volume } V = \Pi * \Phi * S ; \Pi = 3.14 ; \Phi = 1.22 \text{ (diamètre moyen)} ; S = 0.03 \text{ (section)}$$

$$V = 3.14 * 1.22 * 0.03 = 0.11 \text{ m}^3$$

$$\text{Fers de 8 mm : } 10 * 2 + 10 + 15 + 20 = 65$$

$$16 * 0.65 = 10.40 \text{ m}$$

$$\text{fers de 6 mm : } 1.15 * 3.14 * 5 = 18.055$$

$$\text{recouvrement : } 0.25$$

$$\text{longueur totale : } 19.31$$

• **Matériaux par unité de trousse :**

- Volume du béton	=	0.11 m ³
- Ciment : $0.11 * 400$	=	44 kg/ml
- Gravier : $0.11 * 0.8$	=	0.09 m ³
- Sable : $0.11 * 0.4$	=	0.04 m ³
- Fers horizontaux $\Phi 6$	=	19.31 m.
- Fers verticaux $\Phi 8$	=	10.40 m.

4. Ancrage intermédiaire :

$$\text{section : } S = \frac{0.45 + 0.1}{2} * 0.3 = 0.0825$$

$$\text{Diamètre moyen : } \Phi = \frac{1.6 + 2.2}{2} = 1.9$$

$$\text{Volume } V = \Pi * \Phi * S = 3.14 * 1.9 * 0.0825 = 0.492 \text{ m}^3$$

$$\text{Fers de 8 mm : } 0.25 + 0.3 + 0.5 + 0.25 = 1.3$$

$$1.3 * 22 = 28.60 \text{ m}$$

fers de 6mm :diamètre moyen : $D_m=1.8$ longueur $L=3.14*1.8*4=22.61$

recouvrement : 1m

longueur totale : 23.61 m.

- **Matériaux par unité d'ancrage intermédiaire:**

-	Volume du béton	=	0.49 m ³
-	Ciment : 0.6*350	=	210 kg/ml
-	Gravier : 0.6*0.8	=	0.394 m ³
-	Sable : 0.6*0.4	=	0.197 m ³
-	Fers horizontaux $\Phi 6$	=	23.61 m.
-	Fers verticaux $\Phi 8$	=	28.60 m.

5. Ancrage de surface

$$\text{section : } S = (0.4*0.1) \frac{0.4 + 0.1}{2} * 0.3 = 0.115$$

$$\text{Diamètre moyen : } \Phi = \frac{3 + 1.4}{2} = 2.2$$

$$\text{Volume } V = \Pi * \Phi * S = 3.14 * 2.2 * 0.115 = 0.79 \text{ m}^3$$

Fers de 8 mm :

$$(0.25 + \sqrt{0.35^2 + 0.35^2} + 0.25) + 0.8 = 1.795$$

$$\text{longueur totale : } L = 1.795 * 22 = 39.49 \text{ m}$$

fers de 6 mm :

diamètre moyen : $D=2.3$ m

Longueur totale : $L=3.14*2.2*6= 43.3$

Recouvrement : 1.5 m

Longueur totale : $L= 43.3+1.5=44.8$ m.

- **Matériaux par unité d'ancrage de surface:**

-	Volume du béton	=	0.79 m ³
-	Ciment : 0.79*350	=	276.5 kg/ml
-	Gravier : 0.79*0.8	=	0.632 m ³
-	Sable : 0.79*0.4	=	0.316 m ³
-	Fers horizontaux $\Phi 6$	=	44.8 m.
-	Fers verticaux $\Phi 8$	=	39.5 m.

6. Margelle :

Hauteur : 0.80 m épaisseur : 0.20 m

 D_{ex} : 1.80 m D_{in} : 1.40 m

$$V = 3.14 * \frac{((D_{ex})^2 - (D_{in})^2)}{4} * h$$

V : volume du béton en m³

D_{ex} : diamètre extérieur de la margelle (1.80 m)

D_{in} : diamètre intérieur de la margelle (1.40 m)

h : hauteur de la margelle (0.80 m)

Application numérique :

$$V = 3.14 * \frac{(1.80)^2 - (1.40)^2}{4} * 0.80 = 0.80 \text{ m}^3$$

• **Matériaux par unité de margelle de h=0.80 m et ép=0.20 m :**

- Volume du béton = 0.80 m³
- Ciment : 0.8*350 = 280 kg
- Gravier : 0.8*0.8 = 0.64 m³
- Sable : 0.8*0.4 = 0.32 m³
- Fers horizontaux Φ6 = 23.55 m.
- Fers verticaux Φ8 = 17.6 m.

Fers de 8 mm : 0.8*22= 17.60

Fers de 6 mm : 3.14*1.50*5=23.55

7. Trottoir

- Volume du béton = 0.88 m³
- Ciment : 1.05*350 = 350 kg
- Gravier : 0.88*0.8 = 0.70 m³
- Sable : 0.88*0.4 = 0.35 m³
- Fers horizontaux Φ6 = 0 m.
- Fers verticaux Φ8 = 0 m.

8. Canal + abreuvoir

- Volume du béton = 1.07 m³
- Ciment : 1.05*350 = 350 kg
- Gravier : 1.05*0.8 = 0.856 m³
- Sable : 1.05*0.4 = 0.428 m³
- Fers horizontaux Φ6 = 28 m.
- Fers verticaux Φ8 = 19.2 m.

9. Anti- boubier

Gravier : 2.77 m³

10. Quantité de matériaux pour un puits de 18 mètres de cuvelage et 5 mètres de captage

Désignation	V. béton	Ciment	Gravier	Sable	Fer de 8	Fer de 6
Cuvelage (16m)	8.64	3024	6.91	3.46	403	536
Ancrage surface	0.78	273	0.62	0.312	39.5	44.8
Ancrage intermédiaire	0.49	171.5	0.39	0.197	28.6	23.6
Ancrage de base	0.49	171.5	0.39	0.197	23.1	23.6
Captage (5m)	1.41	564	1.13	0.564	80	111
Trousse coupante	0.11	44	0.088	0.044	10.4	19.3
Margelle (0.8*0.2)	0.8	280	0.64	0.32	17.6	23.55
trottoir	0.88	308	0.704	0.352		
Anti-bourbier			2.77			
Canal + trottoir	1.07	374.5	0.856	0.428	19.2	28
Total		5210	14.51	5.87	621.4	809.85
		105 sacs	15 m3	6 m3	52 barres	68 barres

II. ESTIMATION DES COUTS DES PUIITS

A. PUIITS DE DIAMETRE 1.80 M

1. Coût de matériaux :

Désignation	Unité	Quantité	P.U	P.T
Ciment	sec	134	5 125	686 750
Fer de8	barre	66	1 750	115 500
Fer de 6	barre	85	1 300	110 500
Fer mou	unité	7	1 750	12 250
Petit matériel	lot	1	125 000	125 000
Gravier	M3	18	6 875	123 750
Sable	M3	8	5 625	45 000
Total				1 218 750

2. Estimation de la participation de la population

Désignation	Unité	Quantité	P.U	P.T
Fonçage	ml	18	31 813	572 634

3. Estimation du frais de tâcheron

Désignation	Unité	Quantité	P. U	P. T
1. préparation				
Installation, amenée et repli	forfait	1	239 375	239 375
2. Fonçage				
Fonçage sous l'eau	ml	5	39 750	198 750
3. Ancrage				
Ancrage de surface	U	1	50 857	50 857
Cuvelage D.int.1.80m ;ép0.10m	ml	18	45 000	810 000
Ancrage intermédiaire en béton armé	U	1	38 250	38 250
Colonnes de buses filtrantes	ml	5	37 500	187 500
Ancrage de base en béton armé	U	1	42 813	42 813
Trousse coupante Dint=1.40 m	U	1	42 188	42 188
Dalle de fond	U	1	27 188	27 188
Margelle basse	U	1	60 375	60 375
Fourniture, pose de massif filtrant	Forfait	1	36 875	36 875
4. Aménagement de surface				
Trottoir	U	1	58 125	58 125
Anti-bourbier	U	1	43 750	43 750
Canal+abreuvoir+puits perdu	U	1	103 125	103 125
5. Divers				
Développement	Forfait	1	69 000	69 000
Essai de débit simplifié+interprétation	U	1	66 875	66 875
Portique, pose de poulie sur portique en IPN 100	forfait	1	89 375	89 375
Total				2 164 421

4. Tableau récapitulatif

Matériaux	Petit matériel	Tâcheron		Population	Total
		Main d'œuvre	agrégats		
1 050 000	125 000	1 945 671	218 750	572 634	3 912 055

B. PUIS DE DIAMETRE 1.40 M

1. Coût des matériaux

Désignation	Unité	Quantité	P.U	P.T
Ciment	sec	105	5 125	538 125
Fer de8	barre	52	1 750	91 000
Fer de 6	barre	68	1 300	88 400
Fer mou	unité	7	1 750	12 250
Petit matériel	lot	1	125 000	125 000
Gravier	m3	15	6 875	103 125
Sable	m3	6	5 625	33 750
Total				991 650

2. Participation villageoise

Désignation	Unité	Quantité	P.U	P.T
Fonçage	ml	18	31 813	572 634

3. Frais de tâcheron

Désignation	Unité	Quantité	P. U	P. T
1. préparation				
Installation, amenée et repli	forfait	1	239 375	239 375
2. Fonçage				
Fonçage sous l'eau	ml	5	39 750	198 750
3. Ancrage				
Ancrage de surface	U	1	50 857	50 857
Cuvelage D.int.1.80m ;ép0.10m	ml	18	45 000	810 000
Ancrage intermédiaire en béton armé	U	1	38 250	38 250
Colonnes de buses filtrantes	ml	5	37 500	187 500
Ancrage de base en béton armé	U	1	42 813	42 813
Trousse coupante Dint=1.40 m	U	1	42 188	42 188
Dalle de fond	U	1	27 188	27 188
Margelle basse	U	1	60 375	60 375
Fourniture, pose de massif filtrant	Forfait	1	36 875	36 875
4. Aménagement de surface				
Trottoir	U	1	58 125	58 125
Anti-bourbier	U	1	43 750	43 750
Canal+abreuvoir+puits perdu	U	1	103 125	103 125
5. Divers				
Développement	Forfait	1	69 000	69 000
Essai de débit simplifié+interprétation	U	1	66 875	66 875
Portique, pose de poulie sur portique en IPN100	forfait	1	89 375	89 375
Total				2 164 421

4. Tableau récapitulatif des coûts

Matériaux	Petit matériel	Tâcheron		Population	Total
		Main d'œuvre	agrégats		
854 775	125 000	1 945 671	186 875	572 634	3 634 955

III. ESTIMATION DES FRAIS DE TACHERON

A. ESTIMATION DE L'AMORTISSEMENT DE PETITS MATERIELS

Désignation	Durée de vie	Nombre	P.U	P.T	Amort/an	Amort/puits
Barre à mine	5 ans	2	17 500	35000	7000	583
Pelles	3 mois	3	1 750	5250	21000	1750
Pioches	3 mois	3	1 500	4500	18000	1500
Truelles	5 ans	2	3 500	7000	1400	117
Marteau masse	5 ans	1	27 500	27500	5500	458
Tenaille	1 an	2	1 200	2400	2400	200
Burin	3 mois	2	1 400	2800	11200	933
Coupe-boulons	3 mois	1	3 500	3500	14000	1167
seau de maçon	3 mois	3	2 500	7500	30000	2500
Brosse métalliques	3 mois	2	1 300	2600	10400	867
poulie	3 mois	2	5 500	11000	44000	3667
Corde	3 mois	120	600	72000	288000	24000
Griffe de 8*6	1 an	1	2 000	2000	2000	167
Scies	1 an	1	4 500	4500	4500	375
Planche de 30*40	3 mois	20	1 750	35000	140000	11667
Brouettes	1 an	2	28 500	57000	57000	4750
jeu de clés	3 ans	1	60 000	60000	20000	1667
Total					676400	56367

Le nombre de poste: 41, le coût par poste: $56\ 367/41=1\ 375$

B. ESTIMATION DE L'AMORTISSEMENT DE MATERIELS SPECIALISES

Désignation	Durée de vie	Nombre	P.U	P.T	Amort/an	Amort/puits
Derrick	10	1	3 500 000	3500000	350000	29167
Treuil	5	1	1 750 000	1750000	350000	29167
Moule cuvelage	10	1	175 000	175000	17500	1458
Moule captage	10	1	450 000	450000	45000	3750
Moule trousse	10	1	275 000	275000	27500	2292
Moule margelle	10	1	525 000	525000	52500	4375
Moule aménag.surf.	10	1	375 000	375000	37500	3125
Total						73333

Le nombre de poste: 41, le coût par poste: $73\ 333/41=1\ 789$

B. ESTIMATION DE L'AMORTISSEMENT DE VEHICULE

Désignation	Durée de vie	Nombre	P.U	P.T	Amort/an	Amort/puits
vehicule	5	1	6 000 000	6 000 000	1200000	100000

Le coût par poste est de: $100\ 000/41=2\ 440$

C. ESTIMATION DE GRILLE DU PRIX UNITAIRE

Désignation	Personnel	Petit matériel	véhicule	m at. spécialisé	Divers	Carburant	Agrégats	Total1	Bénéfice	Total 2	Impôt	Total
1) Préparation												
Installation, aménée, rep												225 000
2) Fonçage												
Fonçage en terrain tendre	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	0	29 761	2976	32 737	331	33 068
Fonçage en terrain sec dur	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659		29 761	2976	32 737	331	33 068
Fonçage sous l'eau	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	0	29 761	2976	32 737	331	33 068
3) Ancrage								0				
Ancrage de surface	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	7750	37 511	3751	41 262	417	41 679
Cuvelage D.int 1,80m; épai 0,10m	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	4650	34 411	3441	37 852	382	38 234
Ancrage intermédiaire en béton armé	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	4650	34 411	3441	37 852	382	38 234
Colonnes de buses filtrantes	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	3643	33 404	3340	36 744	371	37 116
Ancrage de base en béton armé	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	4650	34 411	3441	37 852	382	38 234
Trousse coupante Dint=1,40m	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	1163	30 924	3092	34 016	344	34 360
Dalle de fond	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	1395	31 156	3116	34 272	346	34 618
Margelle basse	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	6123	35 884	3588	39 472	399	39 871
Margelle haute Dint=1,40m épais 0,20	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	7750	37 511	3751	41 262	417	41 679
Fourniture, pose de massif filtrant	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	21933	51 694	5169	56 863	574	57 438
4) Aménagement de surface			2 500					2 500				
Trottoir, largeur 1m; épais 0,10m	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	7750	37 511	3751,14	41 263	417	41 679
Anti-bourbier	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	19869	49 630	4963,04	54 593	551	55 145
Canal+abreuvoir+puits	18 000	1 375	2 500	1 789	2 439	3 659	10075	39 836	3983,64	43 820	443	44 263
5) Divers												
Développement												
Essai de débit simplifié+interprétation												
Portique, pose poulie sur portique en IPN 100												

La réalisation des puits dans le cadre du Projet de Sécurité Alimentaire du Zondoma : proposition de variantes pouvant contribuer à la baisse des coûts de revient des ouvrages.

ANNEXE N°7 : GUIDE DU TACHERON

GUIDE DU TACHERON



INTRODUCTION

Le but de guide est d'aider tous ceux qui participent à la construction des puits modernes en béton armé. Il s'adresse en particulier aux puisatiers du PSAZ. Ces derniers ont fait plus de chantier que d'études et ils se contentent de refaire ce qu'ils ont toujours fait, y compris les erreurs.

Nous avons essayé de le rédiger assez simplement pour qu'il soit accessible à n'importe quel profane. Il aborde les points suivants:

- La définition et constitution d'un puits
- La qualité du béton
- Le dosage du béton
- Le façonnage du fer à béton
- La technique de réalisation du puits

I. DEFINITION ET LA CONSTITUTION D'UN PUIITS

Sachez qu'un puits est un trou vertical circulaire caractérisé par son diamètre, sa profondeur et son débit.

Le puits moderne comprend de haut en bas (voir fig.1):

- L'équipement de surface formé par le trottoir, l'anti-bourbier, la margelle et l'abreuvoir.
- Le cuvelage, constitué par des buses pleines en béton armé, descendu jusqu'au niveau d'eau et maintenu par les ancrages.
- Le captage constitué par des buses crépinées pénétrant suffisamment profond dans l'aquifère pour faire face:
 - aux fluctuations saisonnières du niveau de la nappe,
 - au rabattement dû au puisage.

Ces trois parties sont toutes en béton armé. Il est donc primordial de connaître le façonnage du fer, la formulation et la mise en place du béton.

PUITS EN BÉTON ARMÉ A CAPTAGE AUTONOME

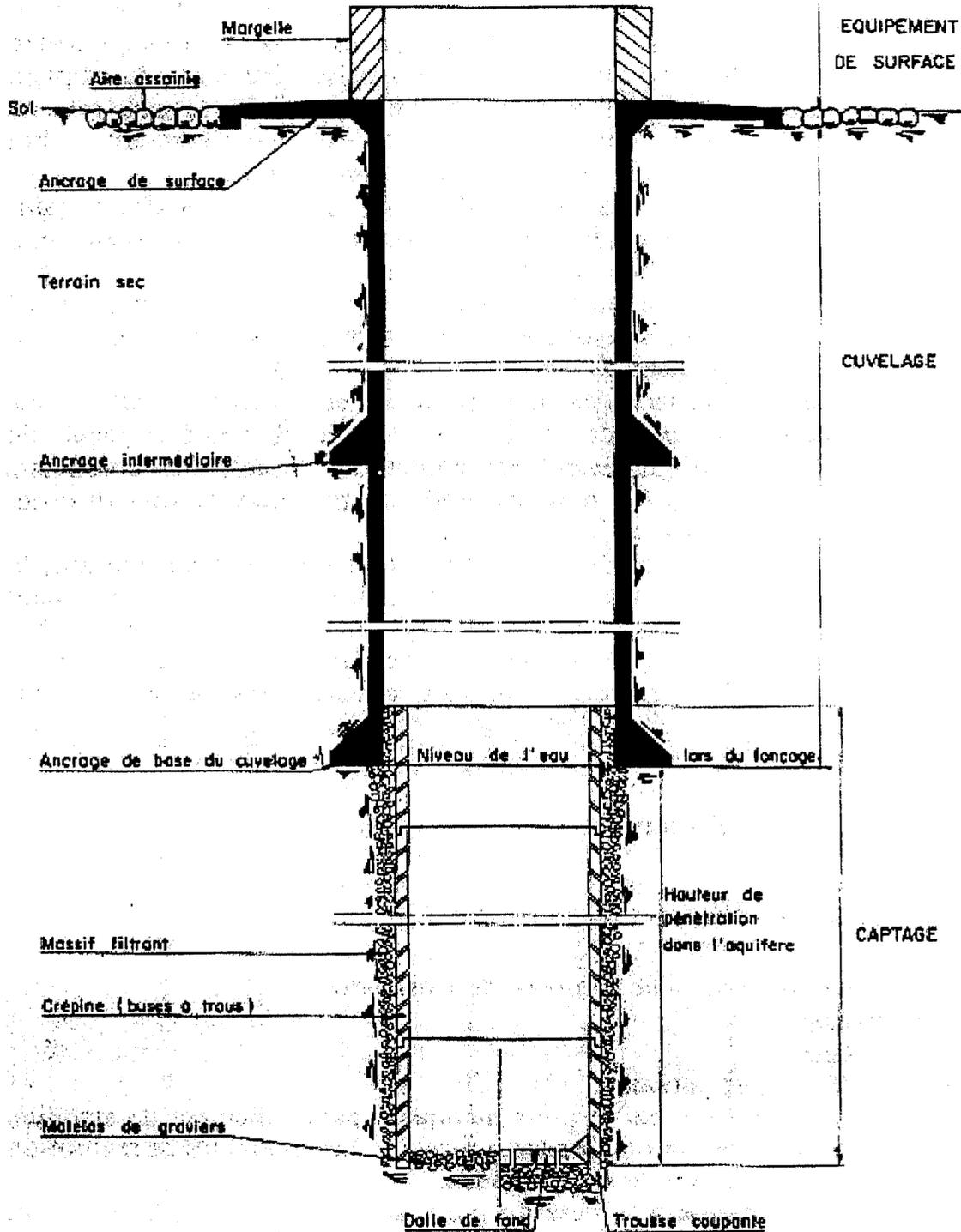
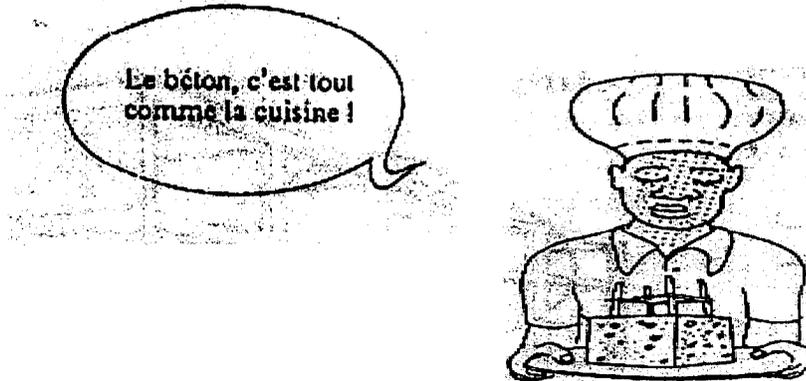


Fig.1 schémas d'un Puits.

II. LE BETON

Le béton est un matériau que tout le monde pense connaître: un peu de sable, un peu de gravier et du ciment, et le tour est joué. Hélas, tout n'est pas si simple. Pour obtenir une bonne résistance, il faudra apporter soin et rigueur en sa fabrication.

Voyons ensemble les principaux éléments entrant dans la composition du mortier.

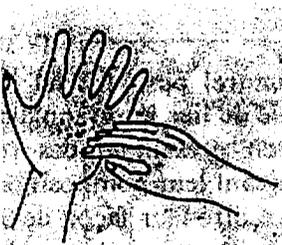


2.1. Les composants du béton.

Les matériaux utilisés pour la construction du puits conditionnent sa longévité. Les sables et les graviers sont souvent prélevés, pour des raisons économiques à très faible distance du chantier et utilisés tels quels, de sorte qu'ils sont chargés d'argile ou de matière organique. Or la présence d'argile est nuisible à la qualité du béton; elle limite sa résistance et facilite le trait au durcissement avec création des fissures.

2.1.1. Le sable

Il faut toujours avoir un sable bien propre, car un sable qui contient de la terre ou les herbes détruit les qualités du béton. Si vous voulez savoir si un sable est propre, roulez en une petite quantité dans la paume de votre main puis observez-la : s'il reste de dépôts de terre rouge ou jaune c'est que votre sable est sale.



Pour débarrasser le sable des impuretés, on doit le laver.

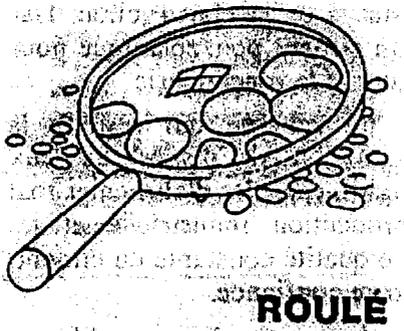
Les granulométries admissibles sont:

- Pour la composition du mortier: entre 0.5 mm et 2 mm.
- Pour la composition du béton: entre 2 mm et 5 mm.

2.1.2. Les graviers

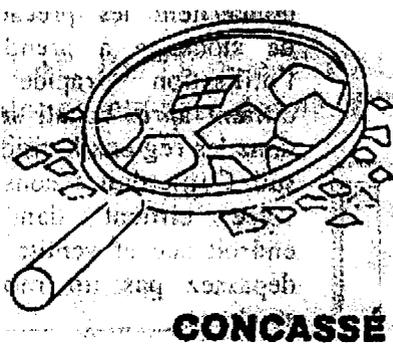
Les graviers, qui doivent être résistants, sont les plus souvent siliceux ou calcaires. L'emploi de graviers ferrugineux (latérite) est déconseillé.

Vous trouverez différentes variétés de graviers selon leur nature et leur taille.



- Nature de gravier.

Il peut s'agir de gravier naturel (on l'appelle roulé à cause de ses bords arrondis, il est d'origine naturelle) ou concassé (il est fabriqué à partir du broyage d'une roche dans une carrière).



- Taille de gravier.

Une fois encore, insistons sur le fait que les graviers doivent parfaitement être propres et il est prudent de les tamiser avant l'emploi. Il faut éviter les graviers qui s'effritent ou partent en poussière (fines), car au cours de malaxage, ces fines, en s'ajoutant au ciment modifieraient la qualité du béton.

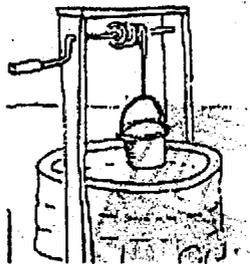
Le mieux est de vérifier la qualité du gravier en l'écrasant entre les doigts.

La granulométrie des graviers utilisables pour la composition des bétons est comprise entre 10 et 25 mm.

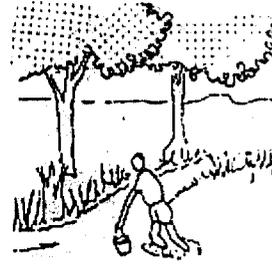
1.2.3. L'eau

L'eau est l'élément le plus courant que vous allez mettre dans votre béton. Mais il faut faire attention. Il ne faut pas utiliser n'importe quelle eau.

L'eau du puits convient à la réalisation du béton. Par contre celle de rivière ne convient pas toujours car elle peut contenir des éléments qui abîmeront votre béton plus tard.



Le puits villageois



La rivière

OUI



Faites attention la qualité.

2.2. LE DOSAGE

Le béton est déversé sous la forme d'une pâte mais il ne faut pas oublier qu'il va durcir et ne restera pas longtemps sous cette forme. Il faut donc savoir produire un béton:

- Bien plastique, c'est à dire qu'on peut couler facilement entre les armatures à l'intérieur du coffrage. On dit en terme technique qu'il doit présenter une bonne ouvrabilité.
- Résistant, c'est à dire que tous les matériaux qui le composent forment après durcissement un tout suffisamment solide pour reprendre les charges que l'élément est appelé à supporter.

Pour obtenir ce béton à la fois résistant et qu'on peut couler facilement entre les armatures, il faut faire un bon dosage correct.

2.2.1. Le gâchage à la main

Faites votre gâchage sur une surface propre (jamais sur la terre). Vous pouvez utiliser un dallage en béton ou une aire aménagée pour l'occasion.



Gachage du béton sur aire à la main

- Mélangez à sec le sable, les graviers et le ciment pour faire un tas homogène.

SABLE



GRAVIER



CIMENT



- Puis faites un cratère au milieu.
- Déversez de l'eau dans le cratère.

EAU



- Malaxer rigoureusement à la pelle jusqu'à obtenir une pâte consistante d'aspect huileux.

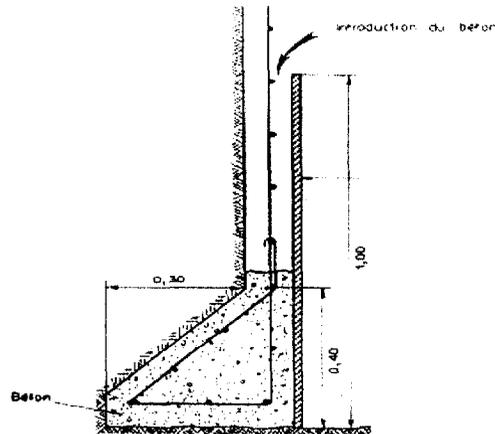


on ne doit plus y ajouter de sable ou du ciment

Vous devez ajouter de l'eau au fur et à mesure jusqu'à la bonne résistance (pas trop liquide, pas trop sec).

2.2.2. Le coulage

Le coulage est la dernière étape de mise en œuvre du béton. Il comprend le transfert du béton jusqu'au coffrage, le déversement du béton et le vibrage.



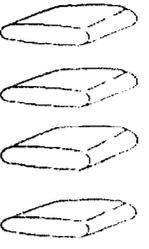
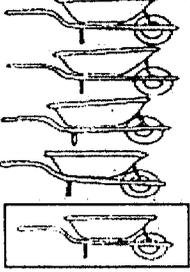
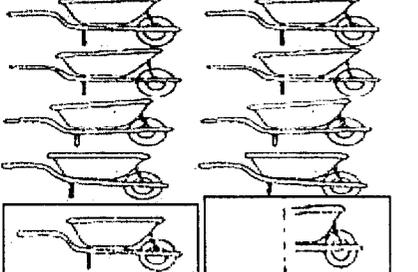
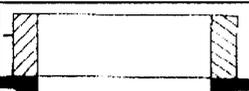
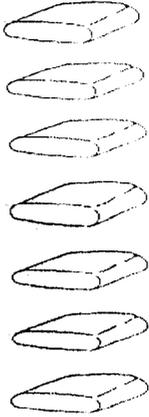
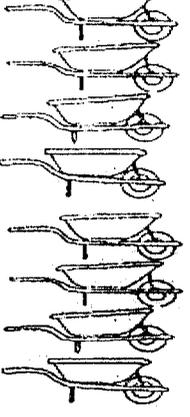
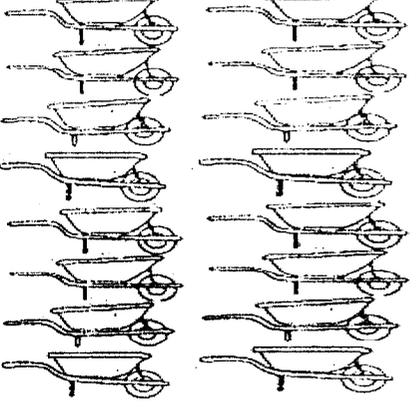
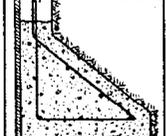
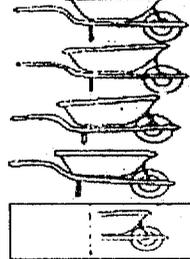
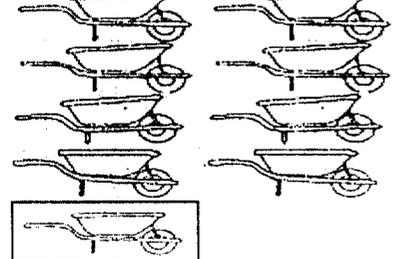
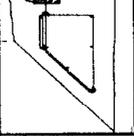
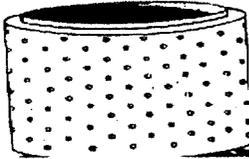
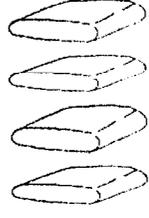
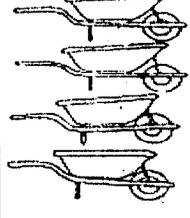
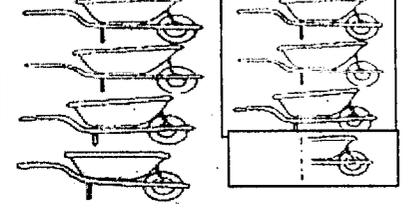
Les erreurs les plus courantes lors cette opération sont le coulage du béton sur une grande hauteur et l'insuffisance de vibration.

Il faut éviter de couler le béton en une seule passe sur une hauteur de plus de deux mètres. Au-delà de cette hauteur, il y aura une ségrégation du béton c'est à dire la séparation des éléments qui constituent le béton.

Le béton doit bien pénétrer partout entre les armatures et les parois du coffrage. A cette fin, il est recommandé de frapper sur les parois du moule afin de mettre en place le béton. Ces coups de marteau permettent la mise en place des différents composants du béton qui se repartissent et se collent entre eux.

Cette opération est souvent négligée et on obtient alors des bétons où les graviers sont mal repartis et où il reste de vide.

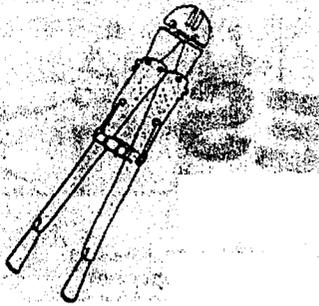
2.2.3 Tableau de dosage

	CIMENT 	SABLE 	GRAVIER 	
CUVELAGE 	 4	 5	 9,5	
MARGELLE 	 7	 8	 16	330 kg
ANCRAGE 	 3	 4,5	 9	
TROUSSE 	 1	 1	 2	
CAPTAGE 	 4	 4	 7,5	400 Kg

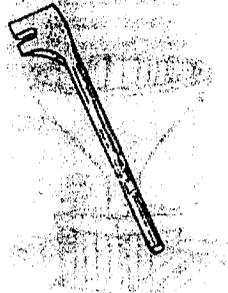
III. LES ARMATURES

3.1 LE MATERIEL DE FAÇONNAGE

cisaille coupe boulon
dite "AMÉRICAINÉ".



Clef à griffe pour
aciars de petit diamètre.



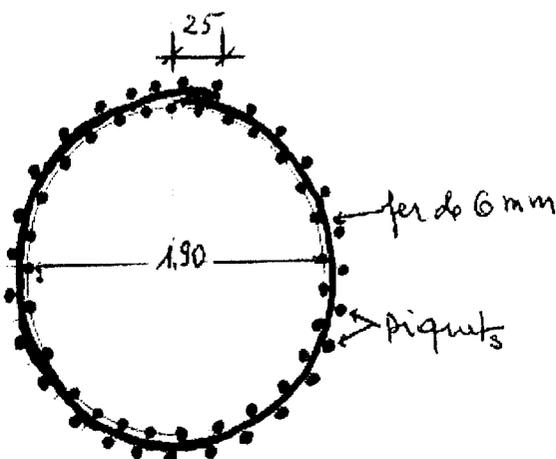
(3) Pince à ferraille pour
fil d'attache.

3.2. LES DIFFERENTS FAÇONNAGES DU FER.

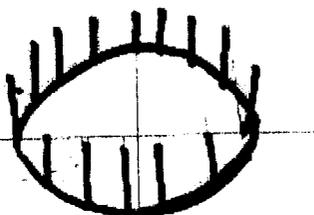
3.2.1. Fer de cuvelage

□ Façonnage de fer de 6 mm :

- Ecartement entre les fers: **15 cm.**
- Recouvrement : **25 cm**
- Longueur : $6.20 + 0.25 = 6.45$ m



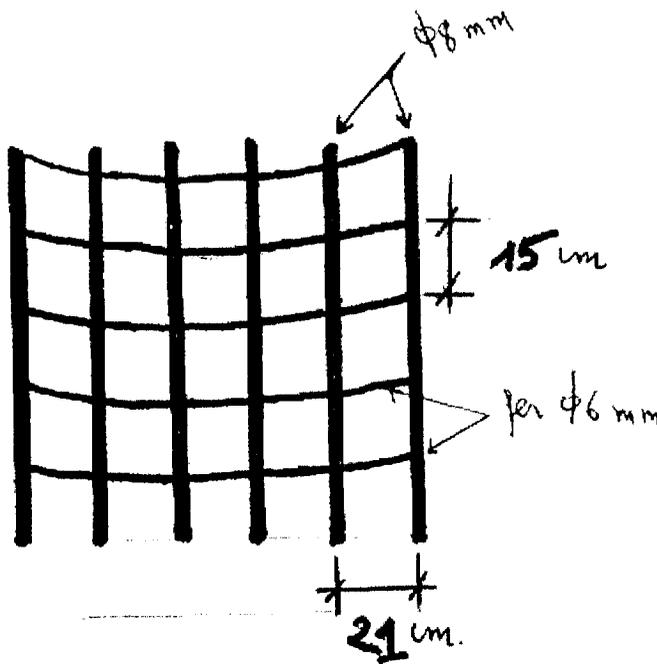
1. Faites au sol un cercle de 1.90 mètre de diamètre au sol.
2. Placer de 30 piquets distants de 20 cm sur ce cercle.
3. Placer un deuxième piquet derrière les piquets précédents à 1 cm.
4. Faites passer votre barre de 6.45 m de longueur à travers les piquets.
5. Attachez les deux bouts par le fer mou.



Pour un mètre de cuvelage il faut 6 cercles de fers de 6mm. Ces cercles seront espacés de 15 cm.

□ **Façonnage de fer de 8 mm**

- 28 fers Φ 8 mm;
- Espacement: 21 cm
- Recouvrement : 25 cm



Les armatures métalliques du cuvelage sont composées de fers de 8 mm disposés verticalement à raison de 28 fers. Ces fers sont croisés horizontalement par des cercles de fers de 6 mm, espacés de 15 cm. Les fers verticaux et horizontaux sont ligaturés aux points où ils se coupent.

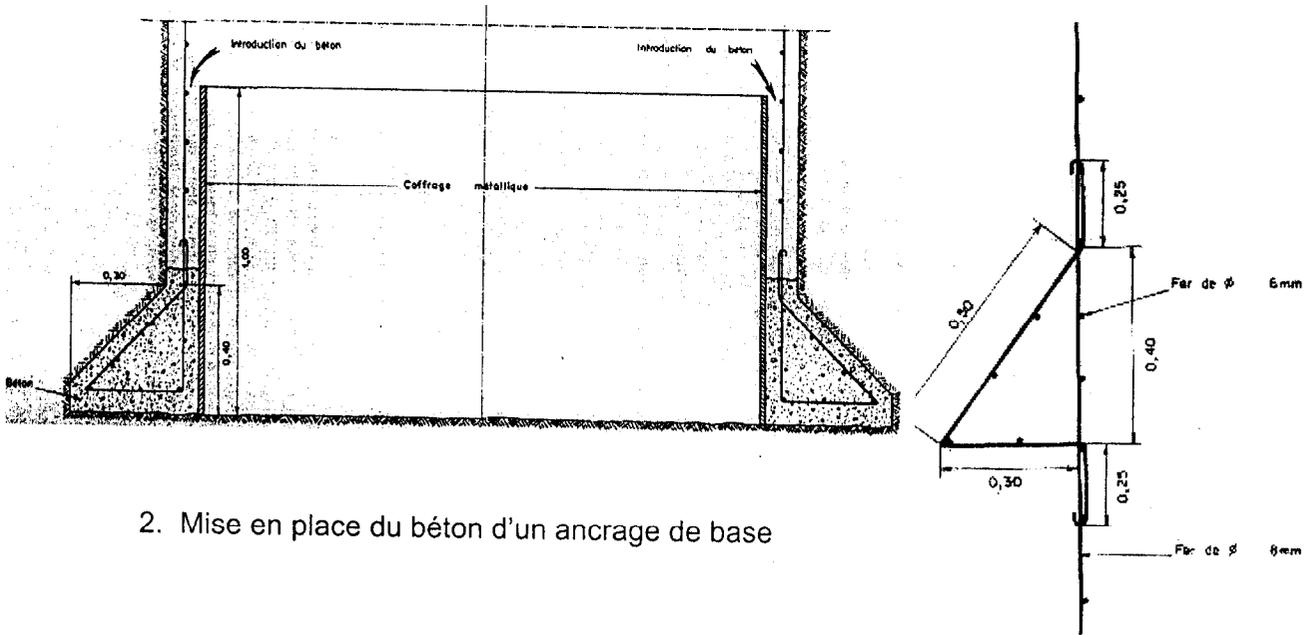
3.2.2 ancrages intermédiaires et de base

Les ancrages intermédiaires sont placés tous les 10 mètres. Leur rôle est de supporter le cuvelage.

On réalise une fouille circulaire débordant celle du puits de 0.30 mètres de large et de 0.40 mètres de hauteurs. Le béton est coulé au même moment que le cuvelage.

Le cuvelage se termine toujours par un ancrage de base qui se construit de la même manière de celle de l'intermédiaire.

1. Façonnage du fer

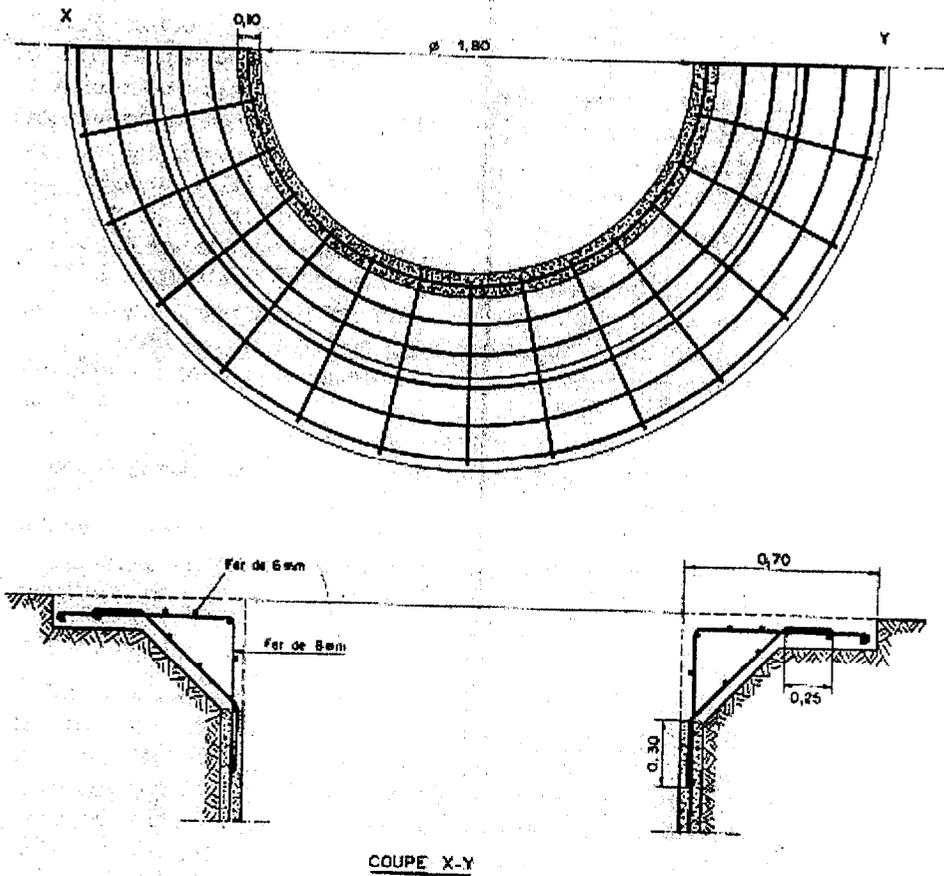


2. Mise en place du béton d'un ancrage de base

3.2. ancrage surface

L'ancrage de surface a pour rôle de supporter le cuvelage.

Ancrage de surface a pour rôle de supporter le cuvelage.



Le ferrailage de l'ancrage de surface est réalisé par le prolongement des fers verticaux du cuvelage et se présente comme suit :

Nombre de cercles de fer de 6 mm : 8 **Espacement de fers: 15 cm.**
Recouvrement minimum: 0.25

Nombre de fer de 8 mm: 28 **Espacement de fers : 21 cm.**

L'ancrage intermédiaire est ferrailé de telle sorte qu'il soit solidaire des armatures du cuvelage.

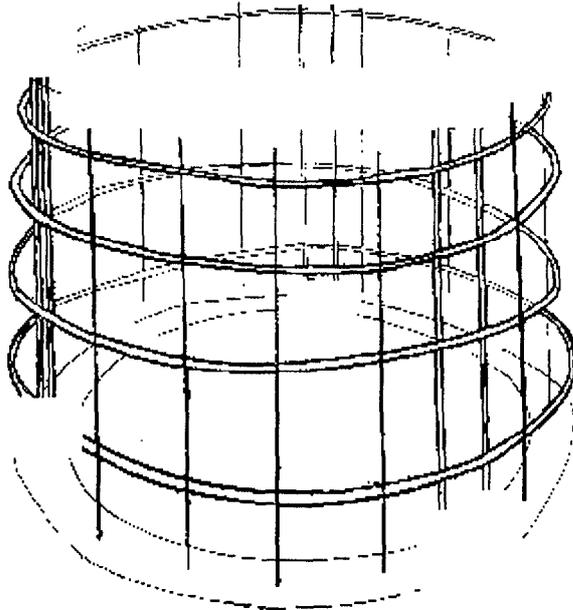
3.2.3. Fer de captage

fer de 6 mm :

- Espacement entre les fers :
- Longueur : $4.70 + 0.25 = 4.95$ m

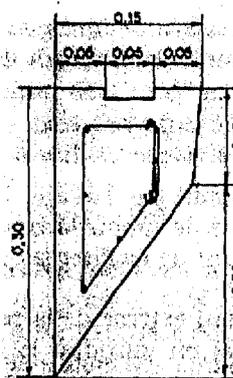
fer de 8 mm

- 15 cm.22 fers Φ 8 mm
- Espacement: 21 cm
- Longueur : 0.95 m

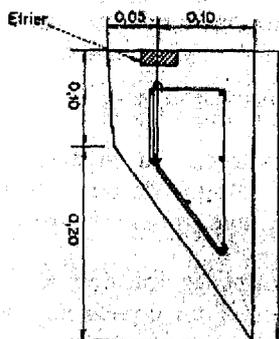


Mise en place du fer de buse de captage

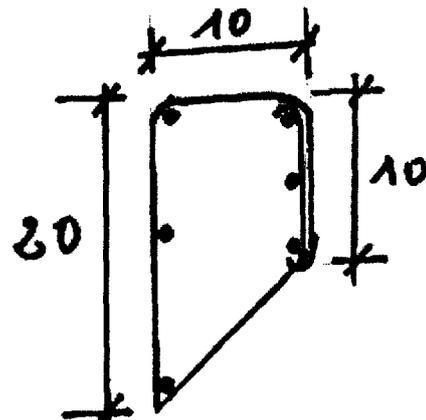
3.2.4. Trousse coupante



A ENCOCHES



A ETRIERS



Façonnage du fer

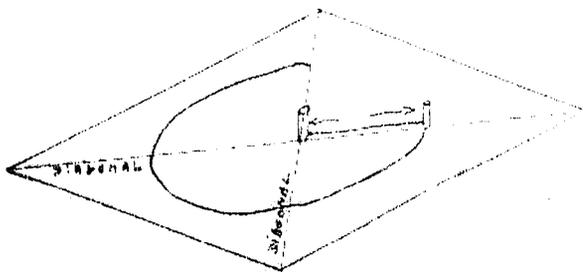
III. TECHNIQUE DE REALISATION DE PUIITS.

La technique des puits semble apparemment simple. Elle exige cependant le strict respect de certains principes pour assurer une bonne durabilité.

L'exécution d'un puits fait manuellement peut être décomposée en quatre phases :

3.1. Le fonçage:

3.1.1. Implantation.



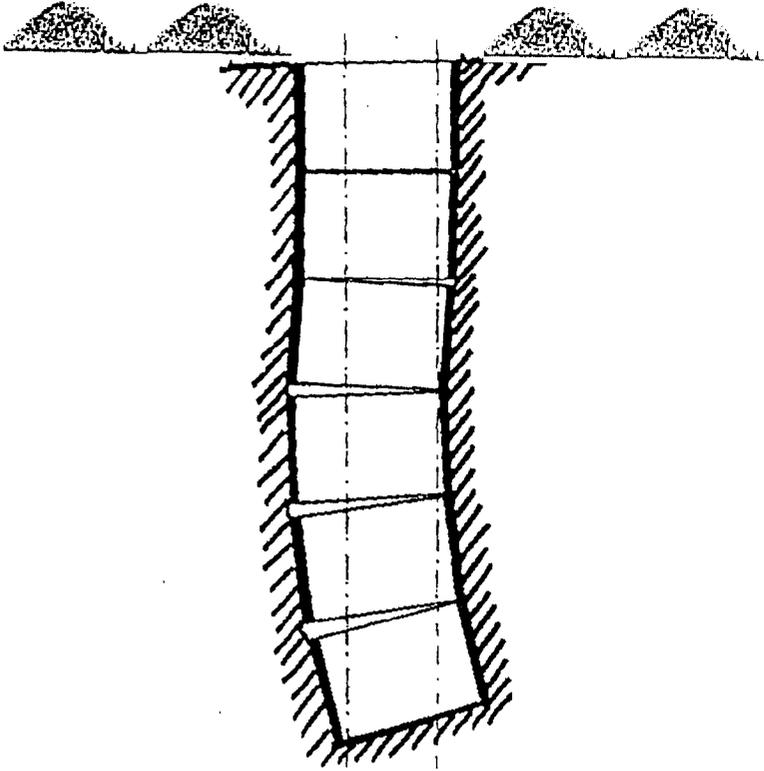
On place un piquet au sol. A l'aide d'un fil rattaché à ce piquet, on trace un cercle de deux de diamètres. Ce cercle au sol représente la fouille et le piquet le centre du puits.

3.1.2. L'exécution de fouille.

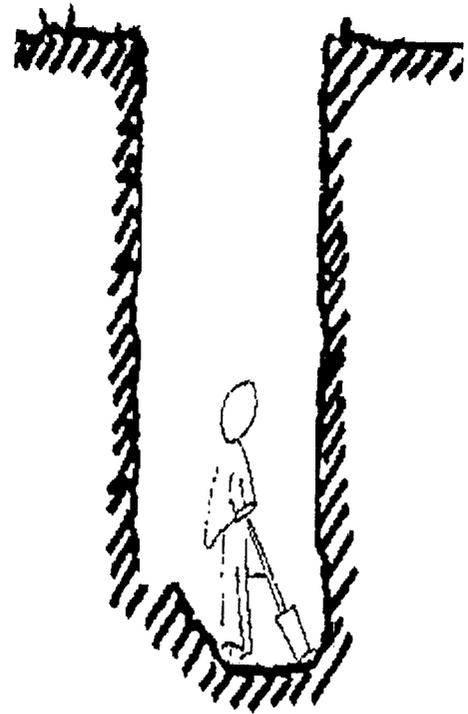
Le fonçage doit être vertical et le diamètre régulier car toutes les parties du terrain enlevées en trop devront être remplacées par le matériau constituant le cuvelage.

Pour faciliter la régularité des fouilles, on utilise un gabarit circulaire. Le centrage du gabarit est vérifié à l'aide d'un fil à plomb.

Réalisation des fouilles : la première image représente une fouille non verticale avec la présence des déblais au bord du puits. C'est l'erreur fréquente qu'il faut éviter. La deuxième image représente le genre de fouille qu'il faut réaliser : verticale avec un diamètre régulier.



NON



OUI

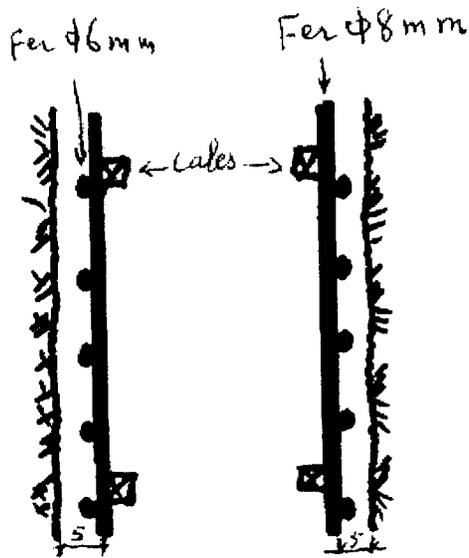


- La fouille doit être verticale et le diamètre régulier.
- Pas de déblai aux alentours immédiats du puits

*P. de la
du puits*

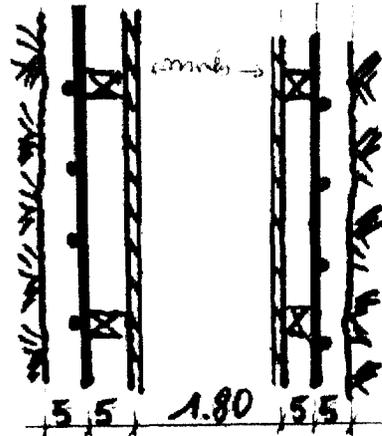
3.2. LE CUVELAGE

Les différentes étapes d'exécution d'un cuvelage:



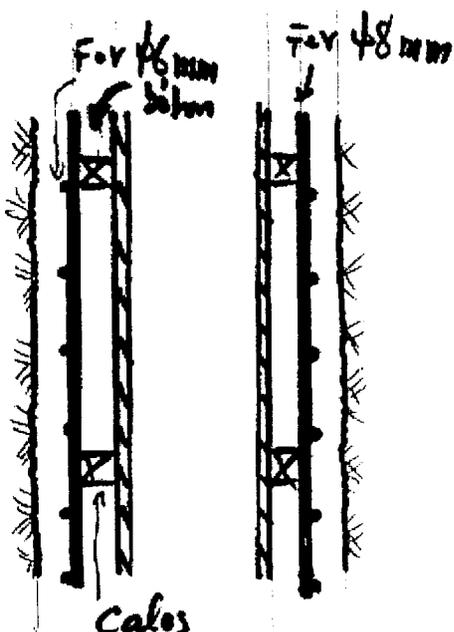
1

Mise en place du ferrailage et de cales de centrage



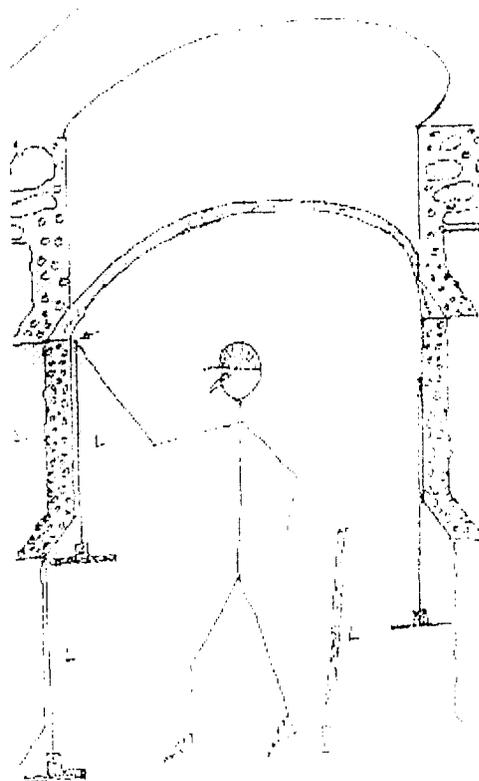
2

Mise en place de coffrage métallique



3

Coulage du béton



4

Décoffrage et vérification de la verticalité du cuvelage.

3.3. CAPTAGE

3.3.1. Buses préfabriquées

Etapas:

1. Mettez en place votre moule intérieur
2. Boulonnez le bien.
3. Placez votre ferrailage et centrez-le grâce aux cales.
4. Placez votre moule extérieur et boulonnez-le correctement
5. Mettez les morceaux de fer dans les trous de barbacanes (**voir photo**).
6. Coulez votre béton. Vibrez le bien par les coups de marteau.
7. Remuez les morceaux de fers de temps en temps avant la prise.
8. Retirez les morceaux de fers au bout de deux heures.
9. Démoulez le béton au moins 8 heures après.

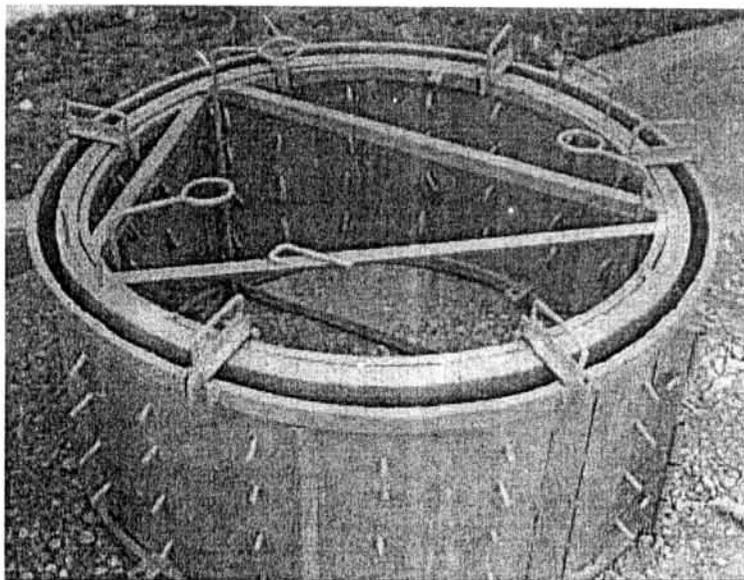
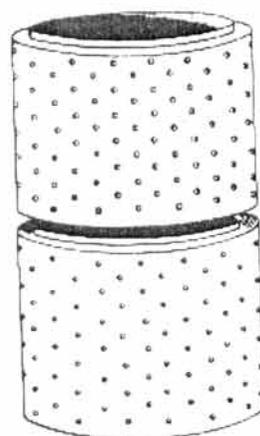


Fig. Moule de buse de captage prête à recevoir le béton.



Buses préfabriquées du captage

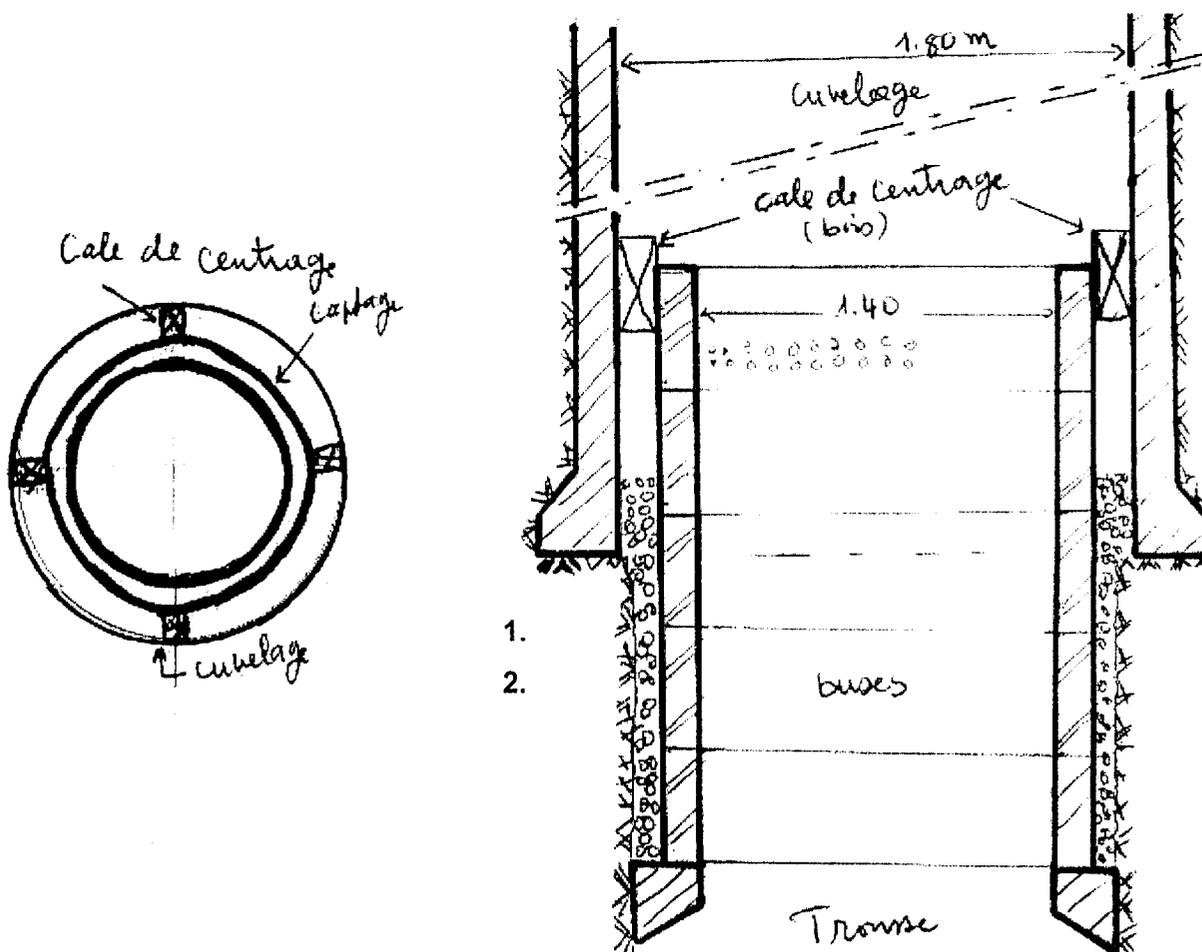
3.3.2. Captage coulé directement

Il se réalise de la même manière que le cuvelage en remontant.

3.4. LA MISE EN EAU

Les étapes à suivre:

1. Mise en place du captage
2. Mise en place du massif filtrant (hauteur 1 mètre)
3. Blocage du captage par 4 cales en bois
4. Début de havage
5. Mise en place du massif filtrant au fur et à mesure de la descente de la colonne.



3.5. Les équipements de surface

Il s'agit de la dernière phase de réalisation d'un point d'eau. Ces équipements sont essentiels pour conserver le puits dans un bon état et pour assurer une bonne qualité de l'eau puisée.

Les équipements de surface doivent comprendre :

- La margelle ;
- Le trottoir ;
- Une aire assainie anti-bourbier ;
- Les abreuvoirs, les zones de lavage ;
- Le système d'exhaure (portique + poulie) ;
- Le puits perdu ;
- La clôture.

La réalisation de ces équipements est simple car tous les éléments seront coulés en surface.