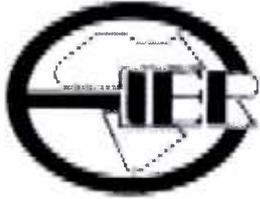




Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs

Office National de l'Eau



De l'Équipement Rural



et de l'Assainissement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE 2000

THEME :

Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau Autonomes de l'ONEA

Présenté par : TRAORE Garantigui

Encadrement : Mr. Denis ZOUNGRANA



E. I. E. B.

Enregistré à l'Archivage

le **11** JUIL. 2000

417.00

REMERCIEMENTS

Je remercie du fond du cœur :

- ❑ **Monsieur ZOUGRANA Denis pour le soutien constant qu'il m'a accordé pendant le déroulement de ce travail;**
- ❑ **Monsieur OUBGA Harouna et tout le personnel de l'ONEA qui n'ont ménagé aucun effort pour me fournir les informations nécessaires à la réalisation de ce document;**
- ❑ **Monsieur TRAORE Yaranga et ses vaillants frères qui n'ont ménagé aucun effort pour soutenir mes charges scolaires;**
- ❑ **Toute la communauté malienne : élèves et étudiants, enseignants et autres cadres maliens résidant à Ouagadougou, qu'il me soit permis de leur remercier du climat chaleureux qu'ils m'ont accordé pendant trois ans, et leur témoigner toute ma gratitude ;**
- ❑ **Toute la 29^{ème} promotion de l'EIER, merci pour trois ans de discussions chaleureuses et instructives au sein d'une enceinte qui est source d'une véritable intégration africaine.**
- ❑ **Toutes les personnes qui, de près ou de loin ont contribué à la réussite de mon parcours scolaire: de KOYAN à OUAGADOUGOU, en passant par DOMBILA, N'TJIBOUGOU, DIO, KATI, et enfin BAMAKO.**



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- la mémoire de mon grand père Feu MORIBA TRAORE dont je n'ai pas eu la chance de côtoyer;
- à toute la famille TRAORE, partout où un élément se trouve dans le monde, je lui exprime à travers ces quelques lignes toute ma gratitude.

SOMMAIRE

LISTES DES PRINCIPAUX TABLEAUX.....	3
LISTES DES FIGURES	3
LISTES DES ANNEXES.....	3
RESUME	4
I°) INTRODUCTION.....	6 ×
II) CONTEXTE DE L'ETUDE	6 ×
III) OBJET DE L'ETUDE.....	7 ×
IV) PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE (VOIR PROVINCE DE GANZOURGOU SUR CARTE ADMINISTRATIF DE BURKINA ET ZORGHO SUR CARTE ADMINISTRATIVE DE ZORGHO ; EN DÉBUT DU DOCUMENT)	7
1°) MILIEU PHYSIQUE.....	7
2°) MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE.....	8
V) APPROCHE METHODOLOGIQUE.....	8 ×
VI) GENERALITES.....	9
1°) CENTRES SEMI-URBAINS.....	9
2°) CLIMAT	10
3°) PLUVIOMETRIE	10
4°) RUISSELLEMENT	11
5°) INFILTRATION	11
VII°) ALIMENTATION EN EAU POTABLE	11 ×
1°) PROBLEMATIQUES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES CENTRES SEMI-URBAINS... 11 ×	
<input type="checkbox"/> PROBLÈME SPÉCIFIQUE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA COMMUNE DE ZORGHO	12 ×
2°) BESOINS EN EAU.....	12 ×
2-1°) VU D'ENSEMBLE.....	12 ×
3°) RESSOURCES EN EAU.....	15 ×
4°) SYSTEME D'ALIMENTATION DES CENTRES SEMI-URBAINS.....	18 ×
VIII°) ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES P.E.A. VISITES (CAS DE ZORGHO).....	22 ×
1°) SITUATION HYDROGEOLOGIQUE DES P.E.A. VISITES	23 ×
2°) COMMENTAIRE SUR LE FONCTIONNEMENT DES P.E.A.	23 ×
3°) CONCLUSIONS.....	30 ×
IX) ANALYSE ECONOMIQUE DES SYSTEMES D'ALIMENTATION.....	31 ×
X°) MODIFICATION DU DISPOSITIF.....	32 ×
1°) OBJECTIFS.....	32 ×
2°) MODIFICATION.....	32 ×
3°) CONCEPTION ET FONCTIONNEMENT DU NOUVEAU SYSTEME (CF. AU SCHEMA DE CONCEPTION)	34 ×
5°) DIMENSIONNEMENT DES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS.....	35 ×
5°) MISE EN ŒUVRE DES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS.....	53 ×
X) PROPOSITION D'UN MODE DE GESTION (FACTURATION DE L'EAU DES BORNES FONTAINES).....	54 ×

XI°) ANALYSE ECONOMIQUE.....	56	✕
1°) L'AVANT MÉTRÉ DES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS	56	✕
2°) ESTIMATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS INITIAUX.....	58	✕
3°) ESTIMATION DES COÛTS D'ENTRETIEN ET DE FONCTIONNEMENT	62	✕
4°) CALCUL DU PRIX DE REVIENT DU M ³ D'EAU DISTRIBUÉE	66	✕
5°) PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION DES INVESTISSEMENTS INITIAUX.....	67	✕
6°) VALEUR ACTUELLE NETTE ET TAUX DE RENTABILITÉ INTERNE DES UNITÉS DE PRODUCTIONS À LA 15 ^{ÈME} ANNÉE DE LEUR MISE EN EXPLOITATION :	67	✕
XI°) CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	68	✕
XII°) LES NOTES DE CALCULS	71	
1°) CALCULS DES PERTES DE CHARGES LINÉAIRES.....	71	
2°) DÉTERMINATION DU DIAMÈTRE THÉORIQUE DES CONDUITES.....	71	
3°) CALCULS DU RENDEMENT HYDRAULIQUE DES POMPES	71	
4°) CALCULS DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE DISSIPÉE SUR L'ARBRE DU MOTEUR D'ENTRAÎNEMENT	71	
5°) CALCUL DE LA CÉLÉRITÉ DE PROPAGATION DES ONDES DANS LES CONDUITES	72	
6°) CALCUL DU PRIX DE REVIENT DU M ³ D'EAU DISTRIBUÉE	72	
7°) CALCUL DE LA VALEUR ACTUELLE NETTE (VAN) ET DE LA PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION (P _{REC.}) DES INVESTISSEMENTS.....	72	
I) Tableaux des résultats de l'analyse économique du poste PEA1	73	
II) Tableaux des résultats de l'analyse économique du poste PEA2	74	
XIII°) LES ANNEXES	76	
ANNEXE I : DES TERMES DE RÉFÉRENCE DU THÈME DE MÉMOIRE.....	76	
ANNEXE II DU CALCUL DES RENDEMENTS HYDRAULIQUES ÉQUIPEMENTS DES PEA EXISTANTS.....	77	
ANNEXE III : DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE DES EAUX DES POSTES D'EAU AUTONOMES DE L'ONEA ET DEUX FORAGES À POMPES MANUELLES DE LA COMMUNE DE ZORGHO	78	
ANNEXE IV DES CONSIGNES D'UTILISATION DES EAUX DES FORAGES À POMPE MANUELLE	83	
1°) OBJECTIFS	83	
2°) L'UNITÉ D'AÉRATION ET DE DÉFERISATION	83	
2-1°) Conception et Description du fonctionnement (schéma)	83	
2-2°) Vérification de l'adaptabilité du dispositif	84	
ANNEXE V : DES COURBES DE FONCTIONNEMENT DES GROUPES DE POMPAGE.....	86	
ANNEXES VI : DES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES ÉLECTRO-POMPES.....	87	
ANNEXE VII :	88	
ANNEXE VIII : CARACTERISTIQUES DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES	89	
TABNLEAU N° 30 : Caractéristiques des unités hydrogéologiques	89	
TABNLEAU : Caractéristiques des unités hydrogéologiques du département de ZORGHO	90	
BIBLIOGRAPHIE.....	91	

Listes des principaux tableaux

- Tableau N°4 : L'évolution de la population de ZORGHO	Page 10
- Tableau N°5 : des hauteurs de précipitations sur ZORGHO de 1990 à 1999..	Page 10
- Tableau N°8: des consommations spécifiques de la commune de ZORGHO ...	Page 14
- Tableau N°10 : de l'évolution de la demande global en eau de la population de ZORGHO entre 1995 et 2005.....	Page 14
- Tableau N°11: des ressources en eau surfaciques de la commune de ZORGHO	Page 15
- Tableau N°12: de la répartition des forages et puits à grands diamètres de la commune de ZORGHO.....	Page 17
- Tableau N°14 : des statistiques de production des deux postes entre janvier 1998 et avril 2000	Page 26
- Tableau N°17 : de la simulation de la capacité du château d'eau de PEA1	Page 43
- Tableau N°18 : de la simulation de la capacité du château d'eau de PEA2	Page 45
- Tableau N°22 : du devis estimatif des coûts d'investissements du poste PEA1 ..	Page 58
- Tableau N°23 : du devis estimatif des coûts d'investissements du poste PEA2 ..	Page 60
- Tableau N°24 : des productions et des charges d'exploitations par poste	Page 66
- Tableau N°25 : du prix de revient du m ³ d'eau distribuée, par poste	Page 76
- Tableau N°26 : de la période de récupération des investissements	Page 67
- Tableau N°28 : des résultats des flux financiers du poste PEA1	Page 73
- Tableau N°29 : des résultats des flux financiers du poste PEA 2.....	Page 74

Listes des figures

- Figure N°1 du schéma de conception d'un PEA	Page 21
- Figure N°2 de la variation des statistiques de productions des deux poste	Page 31
- Figure N°3 du schéma de conception du nouveau système.....	Page 35
- Figure N°4 du graphique représentatif de la simulation de la capacité de stockage du château du poste PEA1	Page 43
- Figure N°5 du graphique représentatif de la simulation de la capacité de stockage du château du poste PEA2	Page 45
- Figure N°6 du schéma d'ensemble des équipements du poste PEA1.....	Page 56
- Figure N°7 du schéma d'ensemble des équipements du poste PEA2.....	Page 58

Listes des annexes

- ANNEXE I : du thème de mémoire.....	Page 76
- ANNEXE II : du calcul des rendement des équipements existants.....	Page 77
- ANNEXE III : des résultats de l'analyse physico-chimiques des eaux des PEA et des forages à pompes manuelles	Page 78
- ANNEXE IV des consignes d'utilisation des eaux des forages à pompes manuelles dont le taux de fer est élevé.....	page 83
- ANNEXE V : des spécifications techniques détaillées des pompes....	Page 85
- ANNEXE VI : Du graphique représentatif de l'épaisseur d'altération des forages de la commune	Page 86
- ANNEXE VII : Du graphique représentatif de la consommation spécifique de la population de la commune de ZORGHO.....	Page 86

RESUME

Au BURKINA FASO comme dans la plupart des pays en voie de développement, l'alimentation en eau potable des centres semi-urbains se heurte à de nombreux problèmes. Ces problèmes se manifestent surtout par :

- ❑ L'inexistence d'une politique nationale adaptée aux centres semi-urbains en matière d'approvisionnement en eau potable ;
- ❑ La non maîtrise de l'explosion démographique avec pour conséquence, la création des habitations dispersées ;
- ❑ Le faible revenu des populations, mettant en cause tout investissement relativement important par crainte des problèmes de rentabilité et de gestion.

L'acuité avec laquelle se pose le problème de disponibilité en eau au BURKINA FASO comme dans la plupart des pays sahéliens mal arrosés par des cours d'eau permanents, le faible revenu des populations des localités concernées, conduisent à la réalisation des systèmes modestes qui sont en rapport avec les possibilités financières et la capacité de gestion des bénéficiaires.

Au Burkina FASO et dans les centres à viabilité économique relativement appréciable, l'ONEA a installé des Postes d'Eau Autonomes dont la gestion relativement simple, pourra être assurée par les bénéficiaires. Cependant, certains des forages de ces postes sont exploités à un rendement très inférieur à leur capacité de production réelle. Cela à cause de l'urgence qui a conduit à l'équipement de ces forages et ayant pour conséquence l'installation des groupes de pompage dont les capacités nettement inférieures ne permettent pas une exploitation des forages à leurs rendements optimums.

La faiblesse du rendement de ces PEA au niveau desquels l'eau est vendue à prix modéré, l'évolution croissante de la demande, due à l'explosion démographique, ont conduit l'ONEA à proposer la présente étude afin de proposer un système qui permettra d'améliorer les qualités de ses services, et un mode de gestion qui puisse pérenniser le système. L'étude a été ciblée à cet effet aux Postes d'Eau Autonomes de la commune de ZORGHO.

La méthodologie adoptée a consisté à suivre la démarche suivante :

- L'analyse et l'interprétation des caractéristiques hydrogéologiques des nappes de ces forages ;
- L'analyse et l'interprétation des statistiques de production des PEA ;
- Le diagnostic des PEA.

Cette démarche méthodologique a permis d'obtenir les résultats suivants :

- ❑ **L'aptitude de la nappe à supporter une exploitation intensive** : L'épaisseur d'altération saturée des forages de la commune de ZORGHO est en moyenne de 20m. Situé en zone soudanienne où les pluviométries sont relativement importantes, une telle épaisseur d'altération saturée laisse croire que les forages peuvent être soumis à une exploitation journalière de 100m³ sans menacer d'assécher la nappe.
- ❑ **La détermination d'un volume journalier réellement exploitable pour le forage de chaque poste** : le diagnostic révèle un volume journalier exploitable de 100m³ pour le PEA1 et 90m³ pour le PEA2 alors que les statistiques de production montre une exploitation journalière d'environ de 40m³ actuellement.
- ❑ **La conception d'un système permettant de mobiliser le volume exploitable et le mettre à la disposition des consommateurs** : les études techniques montrent que l'exhaure du volume réellement exploitable, peut être obtenu en installant un groupe de pompage plus performant. A partir de ces productions journalières on pourra alimenter trois bornes fontaines, ceci permettant de décongestionner les PEA et rapprocher d'avantage, les consommateurs des lieux de services.

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

- ❑ **La proposition d'un mode de valorisation et de gestion des ressources mobilisées** : la valorisation des ressources mobilisées ressort des facteurs de rapprochement, et des coûts d'investissements et de fonctionnement des installations. Le prix de revient du m³ d'eau distribuée résultant des investissements et des charges d'exploitation des nouveaux équipements est de **127F CFA** pour le PEA1 et **141F CFA** pour le PEA2.
- ❑ Une tarification de 200F CFA/m³ permet une récupération des investissements au bout de sept et permettra une gestion entièrement autonome des unités de production.

Mots clés : Burkina FASO, ZORGHO, centres semi-urbains, ONEA, AEP, PEA, BE, énergie, économie.

I°) INTRODUCTION

La plupart des systèmes d'alimentation en eau potable dans les centres semi-urbains ont été mis en place pour répondre à des besoins spécifiques du moment. Cela est dû au fait qu'il n'y a pas de politique nationale d'alimentation en eau potable qui soit adaptée aux centres semi-urbains, eut égard à leurs caractéristiques spécifiques qui leurs éloignent des deux grands volets d'alimentation en eau potable au BURKINA FASO à savoir :

- Le programme d'hydraulique villageoise pour les villages
- Le programme hydraulique urbain pour les villes.

On assiste donc à l'installation des systèmes mitigés allant des puits à grands diamètres à des mini-réseaux d'adduction, en passant par des forages à pompes manuelles, les postes d'eau autonomes, et les bornes fontaines. L'explosion démographique, liée au développement du niveau d'urbanisation du centre, fait que tout système mis en place se trouve être dépassé au bout de quelques années. Les moyens financiers limités des centres ne leur permettant pas de faire face à des investissements lourds, on ne peut que procéder à une amélioration des performances du système existant pour répondre à des besoins urgents et cela, dans les rapports de coûts acceptables. Soucieux de faire mieux, au tant que possible, et pour satisfaire un grand nombre de consommateurs, l'ONEA (l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement) œuvre pour l'amélioration de ses prestations dans ses localités de desserte. A cet effet, il se trouve confronté à des problèmes de rentabilité et de gestion pour les centres semi-urbains. Cependant certaines de leurs sources d'alimentation constituent les forages érigés en postes d'eau autonomes dont les capacités de production sont largement en dessous de la productivité réelle des forages. Dans les centres où le problème d'eau se pose avec beaucoup d'acuités, et pour améliorer la rentabilité des unités de productions, il convient de penser à la valorisation des ressources excédentaires non exploitées.

Ce thème de mémoire s'inscrit dans cette optique de l'ONEA à savoir : l'amélioration du mode d'alimentation en eau des populations d'une localité à partir d'un diagnostic du système existant.

Il marque la fin de formation d'Ingénieurs de l'Équipement Rural de l'EIER.

II) CONTEXTE DE L'ETUDE

Lors des travaux de l'étude sur la planification du secteur « AEP et Assainissement » au Burkina FASO, il a été constaté une grande diversité dans l'appréciation des centres secondaires, caractérisés par :

- un peuplement relativement faible,
- des habitations dispersées,
- des revenus faibles des populations ayant pour conséquence, un niveau de vie peu élevé,
- une croissance démographique difficile à maîtriser,
- Les besoins ne sont pas bien définis.

Cette diversité due à leurs caractéristiques propres, a fait que dans l'élaboration de la politique nationale en matière d'AEP, les planificateurs ne les avaient pas pris en compte. En effet, la politique nationale d'AEP au Burkina FASO distingue deux volets :

- ❖ L'alimentation en eau potable des centres urbains et semi-urbains (volet hydraulique urbaine) ;
- ❖ L'alimentation en eau potable des zones rurales (volet hydraulique villageoise).

Aucun de ces deux programmes ne s'adapte aux centres secondaires bien que ces derniers ne diffèrent pas beaucoup des centres semi-urbains.

Ainsi, l'alimentation des centres secondaires présente depuis, des contraintes particulières rendant difficile son développement :

- ❖ Les critères à retenir pour l'alimentation en eau potable des centres sont difficiles à cerner ; eut égard à leurs caractéristiques spécifiques ;
- ❖ La crainte de la rentabilité économique des systèmes compte tenu de l'expérience acquise sur les centres déjà équipés par l'ONEA ;
- ❖ La faiblesse de la demande ou de la sous exploitation de certaines installations d'AEP.
- ❖ Les projections se trouvent souvent dépassées à cause de l'explosion démographique, difficile à maîtriser.

Malgré toutes ces contraintes, l'alimentation en eau potable pour ces centres reste toujours une priorité, car l'eau étant un droit naturel pour tout le monde. C'est pourquoi l'ONEA œuvre pour l'amélioration de ses prestations dans ces centres en améliorant les modes de service et de gestions de l'eau. La présente étude s'inscrit dans ce cadre.

III) OBJET DE L'ETUDE

L'objectif global de cette étude est l'amélioration des systèmes d'alimentation en eau potable ainsi que les modes de gestions dans les centres semi-urbains, et cela, en s'appuyant sur une étude de cas. L'objectif global résulte des objectifs spécifiques qui sont :

- Disposer des indicateurs de choix pour les systèmes d'AEP des centres semi-urbains ;
- Apporter une modification au PEA et cela dans les rapports de coûts acceptables avec une fiabilité technique élevée. Le dispositif qui sera mis en place devant contribuer à l'amélioration du système d'alimentation et permettre l'accès à l'eau pour un grand nombre de consommateurs ;
- Proposer un mode de gestion qui puisse pérenniser ce système.

Le cas spécifique traité dans le cadre de ce mémoire est celui de la commune de ZORGHO.

IV) PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE (voir province de Ganzourgou sur carte administratif de Burkina et Zorgho sur carte administrative de Zorgho ; en début du document)

Cette étude est ciblée sur la commune de ZORGHO. Chef lieu de la province de GANZOURGOU (carte N°1), elle est située au Centre Est du Burkina FASO (carte N°2) entre les 12°15' de la latitude Nord, et 0°30' de la longitude Ouest sur l'axe routier OUAGADOUGOU-NIAMEY (RN4). Il est distant de la ville de Ouagadougou (capitale du pays) de 110km et est limité :

- A l'Est, par les villages de Digré et de Bissiga ;
- A l'Ouest, par les villages de Yougoulmandé et de Zempasgo ;
- Au Sud par les villages de Gandéogo et Nédogo, au Sud-Est par le village de Tamesweogo et au Sud-Ouest par les villages de Doiné et Boudry ;
- Au Nord par le village Débèga.

Elle est découpée en six (6) secteurs constitués chacun par des quartiers.

1°) MILIEU PHYSIQUE

La commune de ZORGHO est située à l'altitude moyenne de 300m, avec un relief peu accidenté présentant des pentes faibles, des affleurements granitiques et quelques dépressions. Ne disposant pas de cours d'eau pérennes, les dépressions constituent des axes de drainage des eaux pluviales pendant l'hivernage. C'est d'ailleurs sur ces axes que sont construites les digues pour former les retenues d'eau dans la commune. On dénombre deux dans le centre urbain (Zorgho 1 et 2), et trois autres dans les quartiers Bankoumba, Bangbili et Tamidou.

2°) MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE

L'ensemble des services techniques et administratifs chargés de promouvoir le développement à la base, sont présents à Zorgho ; à travers des directions ou des services provinciaux. L'activité économique la plus dominante est le petit commerce appuyé par la présence d'un marché.

V) APPROCHE METHODOLOGIQUE

Pour répondre de façon satisfaisante aux termes de référence, nous avons adopté une méthodologie qui a consisté à suivre la démarche suivante :

- ◆ L'exploitation des données de bases et des études antérieures ;
- ◆ Le diagnostic du système d'alimentation en eau existant dans la zone concernée ;
- ◆ L'analyse et l'interprétation des résultats des deux phases précédentes ;
- ◆ La proposition et la conception d'un système permettant d'améliorer les systèmes d'alimentation en eau de l'ONEA dans la commune de ZORGHO.

1°) EXPLOITATION DES DONNEES DE BASES

Les données de bases concernent :

- ❖ Les statistiques de production des postes d'eau de ZORGHO, les résultats des essais de pompage du forage du poste PEA1;
- ❖ Un plan topographique de l'extension Ouest de la commune de ZORGHO à l'échelle 1/2000^{ème}. Ce plan a permis la localisation du site d'implantation du forage du poste PEA1, le calage des cotes des différents nœuds de service ainsi que celui de son château d'eau.
- ❖ Un plan parcellaire à l'échelle 1/2000^{ème} de la même zone d'extension a permis le tracé de la conduite de distribution.
- ❖ Un plan topographique présentant le parcellaire de la zone Est a permis la localisation du site d'implantation du forage du poste PEA2, le tracé de la conduite de distribution, le calage des cotes des nœuds de service ainsi que celles de son château d'eau.

2°) APPROCHE DU DIAGNOSTIC SUR SYSTEME EXISTANT

Les postes d'eau autonomes constituent les systèmes d'alimentation en eau gérés par l'ONEA, à ZORGHO.

Le diagnostic a constitué à l'analyse des statistiques de production, les caractéristiques hydrogéologiques des forages, et les caractéristiques techniques des groupes électro-pompes immergés pour le pompage. Ceux-ci nous ont conduit à effectuer des travaux de terrains au niveau du site.

Les travaux de terrains ont consisté à la compréhension du fonctionnement des installations, à des enquêtes auprès des ménages, et des entretiens avec les gérants.

Les enquêtes auprès des ménages ont permis de recueillir leurs avis par rapport au mode d'approvisionnement en eau, leurs appréciations par rapport aux tarifs actuels de vente de l'eau, leur éloignement par rapport aux points de desserte le plus proche.

3°) APPROCHE D'ANALYSE ET INTERPRETATION DES ETAPES PRECEDENTES

Cette phase a permis l'estimation de la capacité de production actuelle des postes d'eau, leurs limites de productivité, ainsi que les facteurs limitant cette productivité.

L'analyse des caractéristiques hydrogéologiques des nappes, des résultats des essais de pompages du forage du poste PEA1, et des statistiques de production actuelles des postes, a permis de dégager les capacités de production réelle des postes et du volume d'eau réellement exploitable contenu dans les aquifères.

4°) APPROCHE D'UNE PROPOSITION ET CONCEPTION D'UN SYSTEME

Les résultats de la phase précédente ont permis de dégager des perspectives d'amélioration du système, à l'adoption et à la conception d'un système permettant d'améliorer l'accès à l'eau pour les populations de la ville.

VI) GENERALITES

1°) CENTRES SEMI-URBAINS

1-1°) Définition d'un centre semi-urbain

Jusqu'à ce jour, la définition du concept « centre semi-urbain » pose du problème et ne peut qu'être relative. La distinction entre milieu rural et milieu urbain n'est pas encore claire et est fonction du niveau de développement de chaque pays. Le milieu urbain est considéré comme des agglomérations allant de la capitale aux chefs lieu de région ; tout le reste étant considéré comme des villages. Cependant, le milieu urbain est entouré par des groupements d'habitations dans les périphéries, et qui ont des caractéristiques propres : la spontanéité des constructions, leur mode et niveau de vie peu élevé etc. Ces types de zones peuvent aussi être classés dans les zones semi-urbaines.

Les centres ayant un niveau de développement économique relativement appréciable, possédant ou non des infrastructures de base (école, centre de santé, marché... etc.) avec un degré de peuplement relativement important, peuvent être considérés comme centres semi-urbains.

Aussi, les gros villages dont la population excède 10000 habitants sont classés dans les centres secondaires, ne présentant donc pas de grande différence avec les centres semi-urbains. Ces centres évoluent progressivement vers les centres semi-urbains. Il convient donc de les classer parmi les centres semi-urbains dans le cadre des projets d'alimentation en eau potable.

Dans le cadre de notre étude, « le milieu semi-urbain » représentera les centres secondaires actuellement desservis par l'ONEA, aussi bien que ceux présentant une viabilité économique suffisante.

1-2°) Peuplement des centres semi-urbains

Il résulte de ce qui précède que le niveau de peuplement des centres semi-urbains présente des caractéristiques particulières. Ces caractéristiques étant considérées comme indicateurs à leur identification. Elles se manifestent par :

- ❖ Nombre d'habitant supérieur à 10000 ;
- ❖ Population possédant un niveau de développement relativement viable.

Le tableau qui suit montre l'évolution de la population des centres secondaires de 1990 à 2010 dans la province de GANZOURGOU.

Tableau n°3 : L'évolution de la population des centres semi-urbains (source : rapport de la DEP établi en 1991)

Années	1990	1995	2000	2005	2010
Centres secondaires	51630	76747	102076	159710	205784
Centres secondaires viables	33944	38093	42546	46826	51447
Centres secondaires potentiels	23636	31450	39533	56084	69557

Les chiffres sur les années 2000 et 2010 sont obtenus en considérant un taux d'accroissement de 5.2% ; 1.9% et 4.4% respectivement pour les centres secondaires, les centres secondaires viables, et les centres secondaires potentiels. Ces taux ont été observés entre les années 1990 et 1995.

1-3°) Population de ZORGHO

En 1998, la population de la commune de ZORGHO était de 18660hts soit 7% du total de la province à cette date (266104hts).

La projection de la population entre 1996 et 2005 est présentée dans le tableau suivant.

Tableau n 4: L'évolution de la population de ZORGHO (Source : Recensement local de 1996 et 1998)
Les projections ont été faites avec un taux de croissance de 3.26% par an ; taux observé entre les années 1996 et 1998.

Années	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Populations	17501	18071	18660	19268	19896	20544	21213	21904	22618	23355

On constate que la population résidente de la commune passera de 17501hts en 1996 à 23355hts en 2005. Ce qui signifie qu'il faut prévoir le renforcement des capacités des infrastructures et équipements existants, notamment les systèmes d'alimentation en eau potable.

2°) CLIMAT

Le régime climatique conditionne beaucoup la création et la pérennité des ressources en eau. Le climat de la zone est de type soudanien. Les isohyètes sont compris entre 700mm et 1000mm. Les pluies commencent en général vers la fin du moi d'avril et prennent fin à la mi octobre, voir début décembre.

Le vent le plus dominant est l'harmattan qui souffle pendant la saison sèche, de direction Nord-Est avec une vitesse moyenne de 12km/h. Il y a aussi la mousson qui souffle pendant une courte durée de l'année, et quelques brunes sèches correspondant à une inversion de température.

3°) PLUVIOMETRIE

Elle permet l'alimentation des réservoirs d'eaux surfaciques (cours d'eaux) et souterraines. La hauteur pluviométrique moyenne annuelle observée sur les dix dernières années est de 754mm (cf. aux données fournies par la Direction de la Météorologie Nationale sur le poste de ZORGHO de 1980 à 1999). Le tableau suivant donne les résultats de ces mesures.

Tableau N°5 des hauteurs de précipitation sur ZORGHO de 1990 à 1999

Années	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Hauteurs de pluie (mm)	549	745	801	729	1201	766	654	610	681	802

Cette quantité, bien que modeste, sert beaucoup à l'alimentation de la nappe lorsque la zone présente une couche d'altération conséquente, aussi bien qu'à l'alimentation des cours d'eaux ayant un réservoir de volume important. La pluviométrie est influencée par les facteurs climatiques suivants :

- ❖ Le vent : il conditionne la direction des masses d'air humides des zones de basse pression vers les zones de haute pression.
- ❖ La température¹ : Elle agit sur l'ETP (évapotranspiration), et l'hygrométrie. La température moyenne maximale observée entre 1980 et 1994 est de 34,7°C et la minimale moyenne est de 21,2°C. L'amplitude thermique moyenne est de 13,5°C.

L'humidité relative moyenne observée est de 48%.

4°) RUISSELLEMENT

C'est la part de la pluie qui provoque l'écoulement. Il est conditionné par l'importance de cette pluie et la perméabilité du sol. Ce sont les eaux de ruissellement qui alimentent les réservoirs d'eaux superficielles.

5°) INFILTRATION

C'est la part des pluies qui pénètre dans le sol et lorsqu'elles sont suffisantes, permettent d'alimenter les nappes. Elle est fonction de la quantité de pluies qui tombe sur une surface donnée, et la perméabilité du sol couvert par cette surface. Elle varie entre 3% et 7% des hauteurs des précipitations dans les régions soudano-sahéliennes et en zone de socle.

$$\text{Infiltration} = P - \text{ETP} - \text{Utilisation} - \Delta S \text{ avec :}$$

P = pluviométrie de l'année ;

ETP = évapotranspiration de la zone

ΔS = Variation de stock (nulle car tout s'assèche avant les prochaines pluies).

VII°) ALIMENTATION EN EAU POTABLE

1°) PROBLEMATIQUES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES CENTRES SEMI-URBAINS

L'alimentation en eau potable des centres semi-urbains se heurte à de nombreux problèmes. Ces problèmes sont principalement dus à leurs spécificités qui sont que :

- ◆ L'approche d'une solution par l'hydraulique villageoise conduit à créer un nombre important de puits et de forages, dans le souci de satisfaire les besoins en eau des populations. Ce souci de satisfaire les populations se fait contre un coût d'investissement insupportable eut égard aux moyens très limités des populations. Aussi, la faisabilité technique et la disponibilité des ressources en eau ne sont pas toujours évidentes pour atteindre une telle ambition.
- ◆ Une approche de solution par la méthode d'hydraulique urbaine (réseau d'adduction d'eau) se heurte à la question de viabilité économique et des problèmes de modes de gestion à mettre en place pour assurer la pérennité du système ;
- ◆ Le niveau de vie peu élevé des centres ;
- ◆ La migration fréquente des populations rendant difficile l'évaluation des besoins en eau, nécessaire à toute étude de projet d'AEP ;
- ◆ La disposition dispersée des habitats sur l'espace occupé ;

¹ Le poste de ZORGHO ne disposant pas de station agro-météorologique, nous avons considéré les relevés de la station de MOGTEDO qui est non loin de ZORGHO.

- ◆ La mauvaise perception que les populations ont par rapport au paiement de l'eau. En effet, elles considèrent l'eau comme une ressource naturelle dont tout le monde a droit ; droit qu'elles considèrent comme étant absolument nécessaire et gratuit.
- **Problème spécifique d'alimentation en eau potable de la commune de ZORGHO**

Le problème spécifique de l'alimentation en eau potable de la commune de ZORGHO se manifeste par :

- L'inexistence des ressources superficielles pérennes ;
- La non maîtrise des eaux de surface ;
- La non maîtrise du peuplement qui est en forte progression avec l'évolution du niveau d'urbanisation, ayant pour conséquence l'installation d'un flux de migrants venant des coins de brousse;
- L'absence d'entretien courant sur les forages à motricité humaine, d'où des pannes techniques fréquentes et la non maîtrise de la qualité de l'eau refoulée par les pompes ;
- La difficulté de faire des projections à cause de la non maîtrise du peuplement ;
- L'extension de la commune sur les quartiers périphériques aux habitations dispersées ;
- L'absence d'une gestion planifiée dans l'utilisation des ressources en eau.

Aujourd'hui, il convient de rapprocher les positions des différents partenaires autour de cette ressource naturelle précieuse qu'est l'eau. Les uns et les autres doivent donc comprendre que :

- ❖ L'eau est un droit pour tout le monde ; mais, l'on ne peut réclamer de ce droit que lorsqu'on reconnaît sa valeur précieuse en sachant la préserver et en évitant son gaspillage ;
- ❖ L'eau en tant que ressource naturelle, a un prix car n'étant disponible devant la porte de quiconque en tant qu'eau potable, que lorsque l'on investit pour sa mobilisation, son traitement, son transport et sa distribution ;
- ❖ La pérennité des équipements des systèmes d'alimentation en eau ressort du devoir de tout le monde : Investisseurs, concepteurs, usagers, et surtout les organes de gestion ;
- ❖ Eut égard aux faibles ressources des localités les décideurs politiques doivent fortement s'impliquer dans les investissements initiaux, les entretiens et les renouvellements devant être assurés par les organismes de gestion.

2°) BESOINS EN EAU

2-1°) Vu d'ensemble

Les besoins en eau d'une collectivité s'expriment sous diverses formes :

- ❖ Les besoins d'usages domestiques (eaux de boissons, cuisson, vente, toilette, linges, construction, usages divers) ;
- ❖ Les eaux destinées à de petites irrigations (maraîchage) ;

Notre étude s'intéressera aux besoins d'usages domestiques correspondant à la demande en eau potable. Les demandes en eau dépendent des hypothèses de consommation des différents milieux. Ces hypothèses sont définies en fonction de deux critères :

- ❖ La consommation spécifique ;
- ❖ Le taux de desserte de l'ONEA.

2-2°) Demande en eau des centres semi-urbains

Les résultats de l'étude sur « LE BILAN D'EAU AU BURKINA FASO » donnent les consommations spécifiques dans les centres semi-urbains et autres localités. Ces résultats

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

montrent que la consommation spécifique dans les centres secondaires est fonction du taux de service de l'ONEA.

Entre 1990 et 2005, l'évolution de la consommation spécifique est portée dans le tableau suivant :

Tableau N° 6: L'évolution de la consommation spécifique des centres semi-urbains en l/s

Milieux	1990	1995	2005
Centres secondaires desservis par l'ONEA	35	42	62
Centres secondaires non desservis par l'ONEA	20	20	25
Centres secondaires en étude viable desservis par l'ONEA	20	20	36
Centres secondaires en étude non viable desservis par l'ONEA	20	24	25
Centres secondaire en étude non viable, centres secondaire potentiels, villages restants	20	20	25

Ces résultats permettent de calculer les besoins en eau en suivant l'évolution de la population dans les centres entre 1990 et 2005. Cependant, ces données doivent être prises avec beaucoup de prudence ; car l'évolution des centres semi-urbains est si spectaculaire que toute projection sur une période de plus de dix ans se trouve être erronée.

2-3°) Les demandes en eau pour la zone ONEA de ZORGHO

La zone ONEA de ZORGHO concerne toute la ville de la commune.

Les demandes en eau des centres semi-urbains avaient été évaluées par la DEP depuis 1991.

Le tableau suivant donne l'évolution de la consommation spécifique de la commune de « ZORGHO » entre 1990 et 2005, zone desservie par l'ONEA (selon la projection de la DEP dans son rapport établi en 1991).

Tableau N° 7 des demandes en eau du département de ZORGHO entre 1990 et 2005
(zone desservie par l'ONEA)

Année	1990	1995	2000	2005
Consommation spécifique	20	24	30	36
Population	12009	13783	15480	17489
Demandes en eau (m ³ /j)	240	284	394	504

Nous constatons une discordance entre les projections faites ici et les résultats des recensements locaux de 1996 et 1998 sur le peuplement d'une part, et le résultat de notre enquête sur la consommation spécifique d'autre part, résultats présentés dans le tableau suivant. Ceci montre la complexité des études par projection sur les centres semi-urbains. Ainsi, les demandes en eau des populations dépendent des facteurs suivants :

- Le niveau de vie du consommateur (sa capacité à entreprendre des activités demandant une utilisation de l'eau) ;
- Le niveau de service mis à la disposition de la population (distance séparant les consommateurs du lieu de desserte, prix de vente de l'eau, qualité de l'eau desservie etc.).

Elle augmente lorsque les conditions d'alimentation offertes à l'abonné s'améliorent.

Pour avoir donc, une estimation aussi approchée que possible des demandes en eau, nous avons procédé à une enquête auprès des ménages de la commune. L'enquête a été ciblée sur un échantillon hétérogène de 48 ménages représentant toutes les couches sociales de la zone. Elle a permis de dégager la consommation spécifique moyenne de la zone. Le tableau suivant donne les résultats de cette enquête.

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

Tableau N° 8 des consommations spécifiques en eau de la commune de ZORGHO (résultat de l'enquête sur le terrain :avril 2000)

Consommation spécifique en l/j/hbt]10-20]]20-30]]30-40]]40-50]]50-60]]60-70]]70-80]]80-90]	Total
Nombre de ménages	8	16	10	4	0	6	2	2	48
Pourcentage (%)	17	33	21	8	0	13	4	4	100

L'analyse de ce tableau montre que 33% de la population consomme entre 20 litres et 30 litres par jour, et 21% entre 30 litres et 40 litres. Ceux-ci représentent la majorité de la population. La consommation spécifique moyenne centrée pondérée donne : $C_{msp} = 37 \text{ l/j/hbt}$. Il faut noter que l'enquête a été réalisée à une période où la demande est très élevée (période de chaleur). Les résultats obtenus correspondent donc à une demande de pointe. Compte tenu de l'évolution du niveau d'urbanisation du centre, avec la présence des infrastructures et équipements de base (lycée provincial, santé, écoles primaires, ONATEL, SONABEL, SONAPOST, auberge, administrations locales, etc.), nous considérons que la consommation spécifique pourra croître de 2% par an avec l'introduction de nouvelles activités. Nous ferons une projection sur cinq (5) ans par crainte de ne pas voir les résultats de notre étude erronés sur une période d'étude relativement longue. Ceux-ci permettent de suivre l'évolution de la consommation spécifique et de la demande en eau des populations entre 2000 et 2005. Le tableau qui suit donne cette évolution en fonction de celle de la population.

Tableau N° 9 de l'évolution de la demande en eau de la population entre 2000 et 2005

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Populations	19896	20544	21213	21904	22618	23355
Consommation spécifique de pointe en l/j/hbt	37	38	39	40	41	42
Demandes en eau des populations en m ³ /j	736	781	827	876	927	981

Cette demande concerne tous les besoins en eau d'usage domestique y compris celles destinées à l'abreuvement du bétail ainsi que les résidences administratives. On ajoutera à celles-ci, les demandes en eau des équipements et infrastructures collectives. Pour le calcul des besoins des structures collectives, nous avons émis des hypothèses basées sur la règle de l'équivalent homme. Ainsi pour les structures collectives existantes, les besoins ont été estimés à 5m³/j et, l'évolution de la demande globale de 2000 à 2005 se présente comme suit

Tableau N° 10 de l'évolution de la demande globale en eau de la population entre 2000 et 2005

Populations	19896	20544	21213	21904	22618	23355
Consommation spécifiques en l/j/hbt	37	38	39	40	41	42
Demandes en eau des populations en m ³ /j	741	786	832	882	932	986

3°) RESSOURCES EN EAU

3-1°) Eaux de surface

Elles comprennent les eaux des cours d'eau, lacs, barrages etc. Ces eaux proviennent surtout des pluies qui, par infiltration, servent souvent à alimenter les nappes. En contact avec l'air libre, elles se polluent rapidement.

Le réseau hydrographique est très peu marqué sur l'ensemble du pays. Les cours d'eau pérennes sont très inégalement répartis sur le pays.

La commune de ZORGHO dispose de cinq (5) retenues d'eau qui restent encore temporaires. Il s'agit des barrages de Bankoumba, Tamidou, Bangbili, Zorgho1, et Zorgho2. Le tableau suivant donne les capacités de stockage de ces barrages.

Tableau N° 11 des ressources en eau de surface dans la commune de Zorgho.

Retenues	Capacités (m ³)	Superficie (ha)
Bankoumba	100000	10
Tamidou	20000	3
Bangbili	80000	3
Zorgho1	60000	5
Zorgho2	400000	10

Il faut noter que ces retenues sont utilisées par des particuliers pour faire des briques et des cultures maraîchères notamment : les choux, les tomates, les aubergines, les oignons etc. Ce type de culture peut prendre un volume d'eau de 10000 à 13000m³/ha/an après la fin des pluies. Cette quantité est importante pour une localité qui ne dispose pas de ressource en eau conséquente pour l'approvisionnement en eau potable des populations.

3-2°) Eaux souterraines

Elles alimentent la plus grande majorité des populations qui vivent dans les centres semi-urbains et ruraux disposant d'un réseau d'adduction d'eau potable ou non. Elles présentent les avantages suivants :

- ◆ Exemptes de bactéries pathogènes ;
- ◆ Ne nécessitent pas de traitements onéreux ;
- ◆ Se trouvent à proximité immédiate des agglomérations.

Cependant, elles présentent quelques inconvénients :

- ◆ La salinité souvent élevée : surtout dans les zones où la nappe communique avec la mer ;
- ◆ Nécessitent un pompage plus ou moins énergétique ;
- ◆ Les débits d'exploitation sont faibles, d'où le besoin de recourir à plusieurs ouvrages de captage.

3-2-1°) Vu d'ensemble

Le sous-sol du Burkina FASO est caractérisé par des formations infra précambriennes et primaires. Il s'agit des roches dures (granitiques) parfois métamorphisées : grès, quartziques, schistes. On y trouve quelques formations sédimentaires (argiles, calcaires et dolomies) et des roches vertes.

Les roches dures soumises à des contraintes, se fracturent ou se fissurent en formant des altérations (altérites) constituant les poches de stockage des eaux d'infiltrations, ou des fissures constituant les chemins de drainages de ces eaux. A cet effet, la porosité efficace est de l'ordre de 2 à 5% pour les altérations et de l'ordre de 0.1 à 0.2% pour les fissures.

Ces deux phénomènes avec les fonctions qu'ils assurent, sont à la base des formations aquifères plus ou moins marquées.

3-2-2°) Rappels de définition sur quelques concepts

□ Ressource en eau souterraine

C'est la quantité d'eau pouvant être extraite d'un domaine circonscrit pendant une période donnée, compte tenu des critères ou des contraintes techniques, socio-économiques, politiques et environnementales. Son évaluation repose sur le comportement hydrodynamique et hydro-chimique de l'aquifère. Une ressource en eau doit satisfaire aux exigences d'une demande d'utilisation, tant en quantité qu'en qualité.

- On appelle **Réserve totale en eaux souterraines**, c'est la quantité totale d'eau gravitaire contenue dans le volume aquifère, à une date donnée, délimitée par son toit, son mur et ses limites d'extension latérale, ou stockée au cours d'une période moyenne annuelle, dans un système hydrologique.
- La **Réserve régulatrice des aquifères à nappe libre**, le volume d'eau aquifère contenu dans la zone de fluctuation de la surface piézométrique d'un aquifère à nappe libre.
- On appelle **Réserve permanente des aquifères**, la part de la réserve totale non renouvelés.
- On appelle **Réserve en eau souterraine exploitable**, le volume d'eau maximal qu'il est possible en pratique d'extraire de la réserve totale d'un aquifère, temporairement ou définitivement dans les conditions économiques acceptables.
- La **Potentialité d'exploitation d'une aquifère** est la quantité d'eau totale estimée contenue dans cet aquifère.
- L'**Exploitation intensive** est le système d'hydraulique d'alimentation en eau potable le plus souvent utilisé dans les centre semi-urbains. Elle consiste à réaliser les ouvrages ponctuels de captage à grands débits sur des superficies limitées.
- L'**Exploitation extensive** est le système de type d'hydraulique villageoise d'alimentation en eau potable. Elle consiste à réaliser de nombreux ouvrages de captage à faibles débits ponctuels sur une grande superficie.
- On appelle **Recharge** la part des précipitations qui parvient à la nappe.

3-2-3°) Situation hydrogéologique

La situation hydrogéologique sur l'ensemble des régions du Burkina FASO peut être appréciée à partir des unités hydrogéologiques. Ainsi la cartes « RESSOURCES EN EAU DU BURKINA FASO » élaborée par le Ministère de l'eau en 1991, défini les unités hydrogéologiques ainsi que leurs caractéristiques sur l'ensemble du pays (cf. Tableau N°30, annexe VIII).

Chaque unité hydrogéologique est définit par un code géologique qui caractérise la partie profonde du sous-sol, et un code pédologique caractérisant la partie superficielle. Les caractéristiques principales des unités hydrogéologiques observées sur les coupes de forage sont :

- ◆ La profondeur moyenne de forage ;
- ◆ Les débits moyens de forage positifs ;
- ◆ Le niveau statique moyen de la nappe ;
- ◆ La réserve totale de la nappe ;
- ◆ La capacité de recharge annuelle de la nappe ;
- ◆ L'aptitude de la nappe à l'exploitation intensive ou extensive.

3-2-4°) Analyse et interprétations des caractéristiques des unités hydrogéologiques de la Province de GANZOURGOU

La province de GANZOURGOU est caractérisée par cinq (5) unités hydrogéologiques dont les caractéristiques sont données dans le tableau n° 2, annexe VIII). La situation d'eau est plus ou moins favorable. Les unités hydrogéologiques les plus favorables occupent 38% de la superficie totale du département de ZORGHO.

♦ Ressource en eau souterraine de la commune de ZORGHO :

Le socle du département de ZORGHO est caractérisé par les unités hydrogéologiques « BF » et « GF », très favorable à la production d'eaux souterraines. Les statistiques montrent que pour une profondeur de forage de 51.5m en moyenne, on peut obtenir un débit moyen de production de 3.6m³/h. Les capacités de recharge sont plus ou moins acceptables (5 à 50mm/an). Cependant, l'inquiétude sévit au niveau des réserves totales qui sont faibles (comprises entre 0 et 400 mm) avec des potentialités d'exploitation intensive et extensive bonne. Le niveau statique de la nappe montre une couche d'altération proche soit en moyenne, à 17 m du terrain naturel. L'épaisseur d'altération saturée moyenne observée sur la banque de données des forages déjà réalisés est supérieure à 15 m (environ 20 m) ; ce qui lui offre une possibilité d'exploitation de 100m³/j sans menacer d'assécher la nappe. Le niveau statique de la nappe est compris entre 2.18m et 25.27m.

Les forages constituent encore aujourd'hui la principale source d'approvisionnement en eau de la commune. Il y existe un puits à grand diamètre et 56 forages positifs dont trois postes d'eau autonomes (PEA) alimentés par l'énergie électrique fournis par la SONABEL, le reste étant équipé de pompe à motricité humaine. Parmi ces trois postes d'eau autonomes (PEA), deux sont gérés par les représentants de l'ONEA, le troisième étant une réalisation d'une entreprise privée (LOCOMAT). Parmi les forages, 9 sont à grand débit (Q>5m³/h) susceptibles de supporter une forte pression de pompage. Ils représentent un débit journalier de 651m³ dont le pompage par un moyen d'exhaure performant permettra d'améliorer la capacité de service de l'ONEA. Aujourd'hui la majorité de la population s'approvisionne aux postes d'eau autonomes considérés comme sources fournissant l'eau de meilleure qualité. Le tableau qui suit donne la répartition des puits à grand diamètre et forages par secteur dans la commune de Zorgho.

Tableau N° 12 de la répartition des forages et puits à grand diamètre dans la commune de ZORGHO

Secteurs	Nombre de forages	Nombres de puits à grand diamètre
1	11	
2	9	
3	6	
4	8	
5	5	1
6	17	
Total	56	1

Si nous utilisons le critère de nombre de personnes par point d'eau, nous avons actuellement dans la commune de Zorgho 344 habitants par point d'eau en moyenne. Ce nombre est largement au-dessous de la norme nationale qui est 500 personnes par point d'eau. Cependant le problème demeure toujours.

4°) SYSTEME D'ALIMENTATION DES CENTRES SEMI-URBAINS

Ici, le milieu semi-urbain sera réduit aux centres secondaires actuellement desservis par l'ONEA.

Les centres semi-urbains sont dans la plupart des cas alimentés par des puits à grands diamètres (et/ou traditionnels pour certains), les forages avec pompes manuelles, les postes d'eau autonomes (P.E.A), et souvent, les mini-réseaux d'adduction.

Le choix des systèmes peut être opéré en évaluant les paramètres suivants considérés comme critères de base :

- ❖ La quantité d'eau à fournir, et la densité des points d'eau ;
- ❖ La qualité de l'eau résultant du système;
- ❖ La sûreté de l'approvisionnement (l'aptitude de la nappe au système d'alimentation, la pérennité des ressources en eau disponibles dans la zone);
- ❖ Le coût d'investissement du système ;
- ❖ Les coûts de fonctionnement et d'entretien ;
- ❖ Les effets environnementaux ;
- ❖ Le rapprochement du consommateur au point de desserte ;
- ❖ Le degré de concentration des populations qui est étroitement lié aux facteurs socio-économiques et culturels.

4-1°) Les puits traditionnels

C'est le moyen d'exhaure utilisé par les populations pour capter l'eau souterraine à l'aide de forage réalisé à la main. Le diamètre est variable selon l'aptitude de l'opérateur à pouvoir faire des mouvements à l'intérieur du puits. Son exécution ne demande pas trop d'exigence technique et le profil de la coupe présente une forme irrégulière. Les parois sont instables et ne résistent pas aux eaux de ruissellement. Leurs capacités de production varient en fonction de la fréquence d'utilisation et sont souvent nulles en période sèche. Ils présentent les inconvénients d'être temporaires et exposés à la pollution car n'étant pas munis de dispositif de protection.

4-2°) Les puits à grands diamètres

a) Définition

Ce sont des puits modernes dont la réalisation demande des techniques modernes avec des appareils plus sophistiqués. Le diamètre est de 1.40m ou 1.80m selon l'importance du débit de pompage. Ils sont réalisés en béton armé et pénètrent sous le niveau statique de la nappe. Un puits de ce type est capable de produire 3 à 5m³/h lorsque la clientèle est importante.

b) Coût de réalisation d'un puits à grand diamètre en zone de socle

Le coût est fonction du diamètre de foration, de la profondeur d'équipement, ainsi que de la disponibilité des matériaux utilisés dans la zone. Le tableau qui suit est une estimation du coût des matériaux entrant dans la réalisation du mètre linéaire au Burkina FASO.

Tableau n° 13 du coût des matériaux de réalisation d'un puit moderne en zone de socle

Désignations	Unités	Prix unitaires	Quantité		Prix total	
			φ1.80m	φ1.40m	φ1.80m	φ1.40m
Graviers	m ³	5000	0.57	0.46	2850	2300
Sable	m ³	5000	0.29	0.23	1450	1150
Ciment	kg	100	230	180	23000	18000
Fers	φ8 ml	175	17	13.3	2975	2328
	φ6 ml	90	10.5	8	945	720

En zone de socle, les coûts d'exécution des travaux s'estiment à 105000F CFA le mètre linéaire. Il résulte de la somme due aux indemnités de sorties des techniciens du terrain, des frais de location des engins de travaux, ainsi que les frais de rémunération des manœuvres. Ainsi, le coût de réalisation des puits à grands diamètres s'estime à 144320 f CFA le mètre linéaire pour φ1.80m et 139325F CFA pour φ1.40m. Ce sont les coûts moyens de réalisation du mètre linéaire des puits en zone de socle. Sachant que le niveau dynamique de la nappe à ZORGHO tourne autour de 50 m de profondeur, il est possible d'évaluer le coût de réalisation d'un puits moderne. Nous aboutissons à des valeurs moyennes de 7216000F CFA pour φ1.80m et 6966250F CFA pour φ1.40m.

4-3°) Les forages avec pompes manuelles

a) Définition

Un forage est un moyen d'exhaure des eaux souterraines pouvant être réalisé par des techniques diverses : forage par rotation à la boue, battage ou percussion à cadence lente, par sondeuses ou marteau fonds de trou. Cette dernière est mieux adaptée aux zones de socle constituées de terrain dur. Le fonctionnement de ces pompes est assuré par une motricité humaine.

b) Conception des forages à pompes manuelles

Les forages sont constitués principalement de bas en haut, de :

- ❖ Un tube plein avec fond servant de piège à sable (ou tube de décantation) ;
- ❖ des crépines : qui constituent la partie captant du forage et sont placées (de manière continue ou parfois discontinue) en faces des venues d'eau de l'aquifère et du massif filtrant ;
- ❖ Le tube d'exhaure : tube en acier ou en PVC plein relié aux crépines et les surmontant ;
- ❖ La chambre de pompage : c'est un équipement permettant l'installation d'une pompe immergée d'un diamètre ne dépassant pas le tube d'exhaure. C'est un tube en acier ou en PVC, surmontant le tube d'exhaure (étanchéité avec cimentation) et descendant de quelques mètres au-dessous du niveau de rabattement maximal prévisible. La capacité de production d'un forage à motricité humaine est de 1m³/h en zone de socle.

c) Coût de réalisation d'un forage à pompe manuelle en zone de socle

Il est fonction de la nature du terrain, des équipements d'exhaure, et surtout de la profondeur de foration, mais aussi de la qualité de service que l'on attend de l'unité de forage.

L'analyse sur les forages déjà réalisés permet de déduire qu'un forage en zone de socle, équipé d'une pompe dont le débit atteint au moins 3m³/h coûte en moyenne 148 000F CFA par mètre linéaire.

Pour une zone comme ZORGHO où le niveau dynamique de la nappe se situe aux environs de 50 m de profondeur, on peut estimer à 7 400 000F CFA, le coût moyen d'un forage à pompe manuelle.

4-3°) Les postes d'eau autonomes (PEA)

a) Définition

Un PEA est un système compact d'équipements installés en tête d'un forage et qui assure de façon autonome : le pompage, le stockage, le traitement et la distribution d'eau potable.

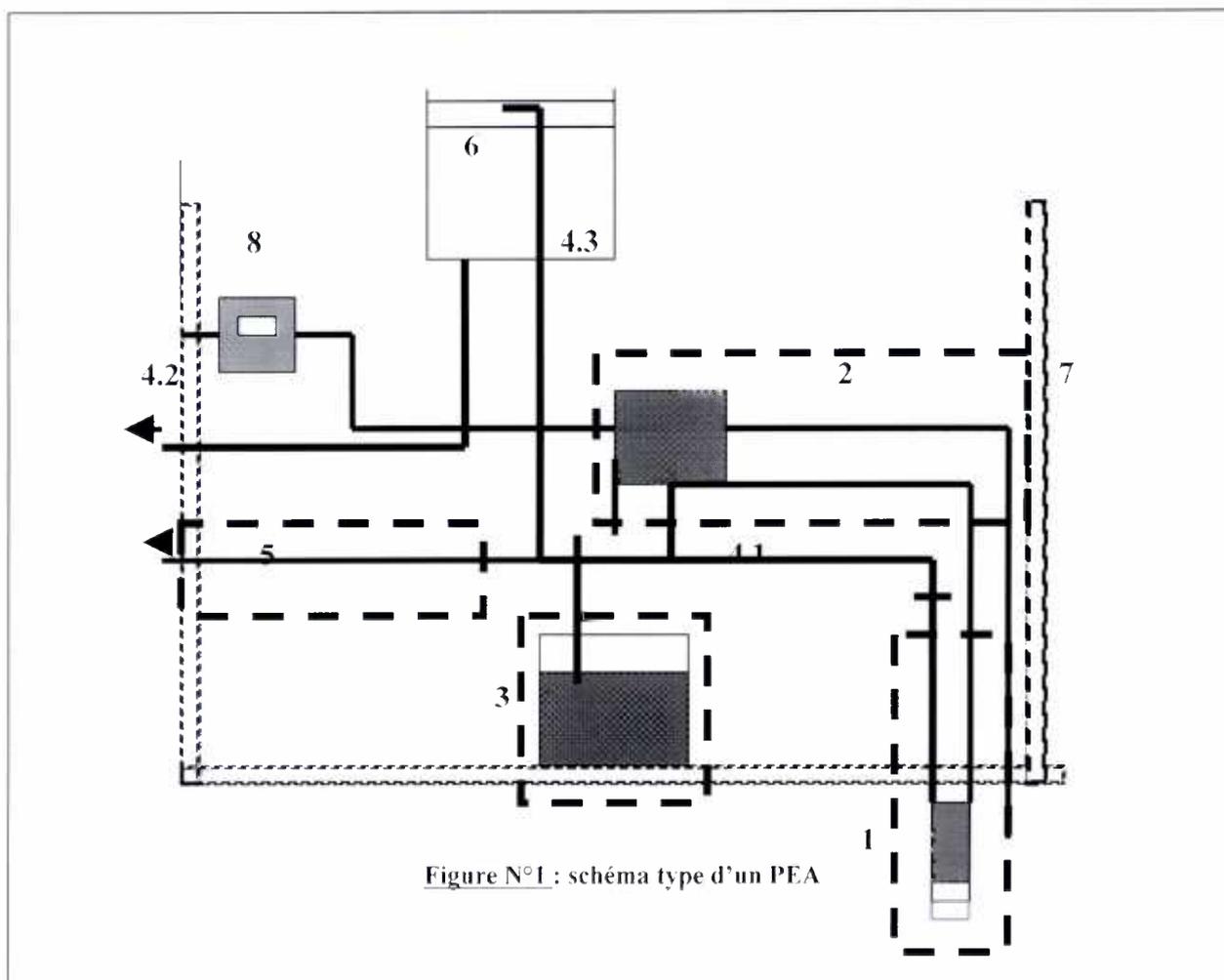
b) Historique des PEA

En 1984, un déficit pluviométrique sans précédent a provoqué une grave pénurie d'eau à Ouagadougou, aussi bien que dans certains centres secondaires du Burkina FASO. Celle-ci a été très ressentie dans les quartiers périphériques où le réseau de l'ONEA n'était pas encore installé. Le ministère de l'Eau a donc élaboré un programme de réalisation des forages qui a été financé par la Caisse Centrale de Coopération Economique (actuelle Agence française de Développement). Ce programme a été renforcé par la phase 2 du programme d'hydraulique villageoise des pays du Conseil de l'Entente. Cette phase avait prévu pour le volet « Burkina FASO », les forages à grands débits.

C'est ainsi que :

- ❖ Dans le cadre du premier programme : 28 postes d'eau autonome ont été construits à Ouagadougou et dans certains centres entre 1984 et 1992.
- ❖ Dans le cadre du programme des pays du conseil de l'Entente : 4 postes d'eau autonomes ont été construits entre juillet 1992 et mai 1993 dans les centres de LAYE et GUILONGOU dans la province de l'Oubritenga, POA et NABADOGO dans la province de Bulkiemdé.

c) Conception des Postes d'Eu Autonomes



LEGENDE

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 1- pompage; | 6- château |
| 2- automatisation | 8- électrification |
| 3- chloration | |
| 4-1- circuit d'eau; | |
| 4-2 et 5 : fontainerie; | |

Le pompage est effectué au moyen d'une pompe immergée alimentée par une source d'énergie électrique. L'eau pompée est stockée dans une cuve d'un volume utile de 5m^3 posée sur un bâtis maçonné. Le traitement est assuré par injection de chlore au moyen d'une pompe doseuse asservie. La distribution se fait directement aux usagers par une rampe de robinets fixés au bâti. En zone de socle, et en région soudano-sahélienne, une PEA peut produire $100\text{m}^3/\text{j}$ sans assécher la nappe.

d) Coût de réalisation d'un PEA en zone de socle

Le coût d'un poste d'eau autonome résulte du coût de réalisation du forage sur lequel il est installé, plus les coûts afférents à la fourniture et à l'installation des groupes électro-pompes qui assurent l'exhaure, des systèmes d'alimentation en énergie, de l'équipement de stockage et des équipements annexes.

Pour les zones de socle type de ZORGHO, le coût d'un forage moins de groupe électro-pompe tourne aux environs de 7 839 400F CFA. Le coût du PEA s'obtient en ajoutant le coût de construction d'un château ayant un volume d'environ 5m³ et d'une pompe doseuse qui assure l'injection du chlore dans la conduite de refoulement du château. Un château de ce type peut coûter environ 4 800 000F CFA et une pompe doseuse coûte environ 400 000F CFA. Le coût d'un PEA revient donc à 13 040 000F CFA environ.

4-4°) Les mini-réseaux d'adduction

a) Définition

C'est le mode d'alimentation qui consiste à procéder à une ramification de taille modeste à partir d'une zone de production. Il a pour but principal de rapprocher les consommateurs du point de desserte soit par des branchements particuliers (branchement individuel), soit par des bornes fontaines. Dans le cas des bornes fontaines, les lieux d'implantation seront choisis en tenant compte des exigences techniques, et autour d'une position barycentrique permettant l'alimentation d'un maximum de consommateur.

b) Conception

Le mini-réseau d'adduction est constitué de :

- ❖ Une zone de production (forage, puits, rivière, etc.) moins d'un dispositif de pompage et de stockage ;
- ❖ Une source d'alimentation en énergie électrique pour les pompes (groupe électrogène, plaques solaires, ou une société d'électricité) ;
- ❖ Un dispositif de traitement dont la complexité est fonction de la source d'eau captée ;
- ❖ Un réseau de distribution plus ou moins ramifié de taille modeste, constitué de conduites dont les caractéristiques dépendent des choix opérés par le concepteur.

c) Coût de réalisation d'un mini-réseau d'adduction

Le coût d'un mini-réseau d'adduction est fonction de l'importance de la ramification aussi bien que celui des équipements situés en amont. Il résulte du coût du dispositif initial de service par pompage simple, plus les excédents de coût engendrés par l'adjonction du réseau ramifié.

VIII°)ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES P.E.A. VISITES (cas de ZORGHO)

Il y a trois postes d'eau autonome à ZORGHO dont deux sont les propriétés de l'ONEA.

Notre étude s'intéresse aux postes d'eau de l'ONEA (PEA 1 et PEA 2).

Situé à 500 m du lycée provincial de ZORGHO, le poste n° 1 se trouve dans le secteur 6 de la commune. Foré depuis 1981, il a été transformé en poste d'eau autonome en 1985.

Le poste n° 2 se situe dans le secteur n° 1 de la commune de ZORGHO, près de l'hôpital.

Foré depuis 1983, il a été transformé en poste d'eau autonome en 1985.

La transformation de ces deux forages en postes d'eau avait pour objectif, l'amélioration du système d'alimentation en eau potable de la commune et répondait au besoin de cette époque.

1°) SITUATION HYDROGEOLOGIQUE DES P.E.A. VISITES

Le forage du poste d'eau N°1 se situe dans une zone de pegmatites macro grenues contenues dans un granite à biotite. Ses codes géologiques et hydrogéologiques sont respectivement : « PGP » et « BF ». Les venues d'eau importantes se situent entre 31.62m et 75m. L'épaisseur d'altération saturée est de 26m. Il est situé au centre d'un maillage hydrographique qui lui offre une position favorable à la recharge. Foré à une profondeur de 85 m, il est capable de produire un débit de 15.5m³/h sur un tubage de PVC DN112 avec un rabattement maximum de 4.68m. Le niveau statique de la nappe se situe à une profondeur de 15.5m, ce qui lui offre une profondeur d'eau totale de 69m.

Le forage du poste N°2 présente les caractéristiques hydrogéologiques un peu différentes de celles du forage du poste N°1. Les codes géologiques et hydrogéologiques sont respectivement : « PG » et « GV ». Les venues d'eau se situent aux environs de 20 m l'épaisseur d'altération saturée est estimée à 30m. Avec un tubage en PVC DN110, il peut offrir un débit de production de 6m³/h. Foré à 60 m de profondeur, le niveau statique de la nappe se situe à 9.20m, ce qui lui offre une profondeur d'eau de 50.80m.

2°) COMMENTAIRE SUR LE FONCTIONNEMENT DES P.E.A.

Ces commentaires sont le résultat des travaux de terrain et des interprétations des résultats des études relatives aux diagnostics et fonctionnement des postes.

Les travaux de terrain ont constitué :

- ❖ A la visite et au diagnostic des installations ;
- ❖ A l'étude sur le mode de gestion des PEA ;
- ❖ A l'enquête auprès des populations sur les modes d'approvisionnement en eau et les difficultés liées à l'alimentation en eau. Elle a en outre permis de faire une estimation de la consommation spécifique des habitants de la commune.

2-1°) Visites des installations

Elle a concerné les deux postes de l'ONEA et les éléments ciblés sont :

- ❖ Les équipements hydrauliques ;
- ❖ Le système d'alimentation en énergie ;
- ❖ Les équipements électriques ;
- ❖ Et les conditions de services des consommateurs.

2-2-1°) Description et diagnostic des PEA

La conception des deux postes est identique à quelques éléments près (cf. au schéma suivant).

a) Poste d'eau autonome N°1 (PEA1)

Les éléments constitutifs sont :

- ❖ Le système d'alimentation en énergie ;
- ❖ Le forage et les équipements d'exhaure ;
- ❖ Les équipements hydrauliques externes
- ❖ L'équipement sanitaire.

a-1°) Système d'alimentation en énergie

L'alimentation en énergie est actuellement assurée par le réseau électrique de la SONABEL. L'installation électrique est constituée principalement des éléments suivants :

- ❖ Une ligne triphasée de connexion au réseau basse tension (BT) de la SONABEL ;
- ❖ Un compteur d'énergie électrique (10/30A) ;
- ❖ Un transformateur 380V/6KA ;
- ❖ Un compteur de durée de fonctionnement ;
- ❖ Un dispositif d'asservissement muni d'un contacteur de mise sous/hors tension de l'installation ;
- ❖ Les fils de connexion de la pompe au réseau électrique.

Le problème posé par ce système d'alimentation se manifeste surtout par des coupures fréquentes. La capacité de production actuelle ne permettant pas un volume de stockage important, on assiste à cet effet à des pénuries d'eau pouvant durer un à deux jours tant que la coupure d'électricité persiste. Il faut noter que la remise sous tension de l'installation n'entraîne pas forcément la disponibilité de l'eau pour la clientèle.

a-2°) Le forage et les équipements d'exhaure

Situé dans une zone de pegmatites macro grenues, le forage a une profondeur totale de 85m. L'interprétation des essais de pompage a montré que la nappe possède une transmissivité de $4.4 \times 10^{-4} m^2 / s$ et un débit spécifique de $2.5 m^3/h/m$

Le forage est équipé par un groupe électro-pompe immergé de marque KSB-CORA de type 4-49/12. Il est installé à une profondeur de 32m.

Les dimensions caractéristiques du forage sont :

- ❖ Diamètre de forage $\phi 7''$ de 0 à 26 m avec un tubage de 152/163 ($\phi 6''$) en PVC ;
- ❖ Diamètre de forage $\phi 6''$ tubage $\phi 112.5/125$ en PVC entre 26 m et 85 m ;
- ❖ Les crépines haute et basse se situent respectivement à 37 m et 82 m

a-3°) Les équipements hydrauliques externes

Les équipements hydrauliques situés hors du forage sont :

- ❖ Le château d'eau métallique ayant un volume total de stockage de $5 m^3$;
- ❖ La conduite de refoulement en fonte ductile et de diamètre DN30 ;
- ❖ La conduite de décharge du château (« trop plein ») en fonte ductile et de diamètre DN30 ;
- ❖ La conduite de vidange du château en fonte ductile et de diamètre DN30 ;
- ❖ Un compteur d'eau de DN30 et PN16 ;
- ❖ Une ventouse de DN25 et PN25 ;
- ❖ Un manomètre qui n'est plus fonctionnel.

a-4°) l'équipement d'assainissement

Il est constitué d'un puits perdu auquel communique une conduite enterrée servant de drain pour les eaux d'assainissement du poste.

b) Poste d'eau autonome N°2 (PEA2)

Tout comme le poste N°1, préalablement un forage simple, il a été transformé en poste d'eau autonome en 1985.

Le système d'alimentation en énergie, ainsi que les équipements hydrauliques externes restent les mêmes que pour le poste N°1. Cependant, on note l'absence d'un système d'assainissement.

Le forage est équipé par un tubage en PVC DN110 avec une profondeur de foration de 60m. Non loin, à 50 m environ, se situe un autre forage à pompe manuel susceptible d'influencer sa capacité de production.

L'exhaure est assurée par un groupe électro-pompe immergé de marque KSB-CORA et de la série 4-40/10. Les électrodes basse et haute se situent respectivement à 44 m et 45m.

Les crépines basses et hautes se situent respectivement à 41 m et 54m.

c) Rendements hydrauliques des électro-pompes installées

c-1°) Rappel

Les groupes de pompage fonctionnent avec un rendement optimum lorsque les caractéristiques de fonctionnement sont choisies dans une plage dit de fonctionnement normal. Ici, nous déterminons les performances actuelles des groupes de pompage en comparant les rendements actuels aux caractéristiques de fonctionnement nominal. Il consiste à la détermination des énergies réellement consommées et celle dissipées par effet joule sur l'arbre du moteur.

Les groupes électro-pompes installés sont de marque KSB-CORA.

c-2°) Rendements

♦ Calcul des pertes de charges linéaires

Nous utiliserons la formule de Manning. Les paramètres utilisés sont :

- ΔH = pertes de charges linéaires dans la canalisation ;
- K_s = coefficient de Manning ; $K_s=80$ pour les conduites en fonte.
- Q = débit de refoulement (m^3 / s) ;
- D = diamètre de conduite (m)

♦ Applications numériques

- Pour le poste N°1 : $\eta_H = 62\%$
- Pour le poste N°2 : $\eta_H = 61\%$.

Ces rendements sont dans les plages acceptables car, ils sont supérieurs à 60%.

2-2°) Analyse sur le fonctionnement des postes d'eau autonomes

2-2-1°) Présentation des statistiques de production des postes

Le tableau suivant donne les productions cumulées des deux postes et les productions mensuelles déduites de ces cumuls pour chaque poste de janvier 1998 à avril 2000.

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

Tableau N°14 des statistiques de production des deux postes de janvier 1998 à avril 2000

Année 1998													
Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Production cumulée (m ³)	1335	1192	1071	3282	1026	1744	851	823	530	4709	1793	2494	20850
Moyenne journalière (m ³ /j)	43.06	42.57	34.55	109.40	33.10	58.13	27.45	26.55	17.67	151.90	59.77	80.45	
PEA 1 (m ³ /j)	23.39	23.12	18.77	59.43	17.98	31.58	14.91	14.42	9.60	82.51	32.47	43.70	11326
PEA 2(m ³ /j)	19.67	19.45	15.78	49.97	15.18	26.55	12.54	12.13	8.07	69.39	27.30	36.75	9524
Année 1999													
Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Production cumulée (m ³)	1845	1928	2133	2626	2407	2139	1606	1554	1009	1007	1928	2143	22325
Moyenne journalière (m ³ /j)	59.52	68.86	68.81	87.55	77.65	71.30	51.81	50.13	33.63	32.48	64.27	69.13	
PEA 1 (m ³ /j)	32.33	37.41	37.38	47.55	42.18	38.73	28.14	27.23	18.27	17.64	34.91	37.55	12127
PEA 2(m ³ /j)	27.19	31.45	31.43	39.98	35.47	32.57	23.67	22.90	15.36	14.84	29.36	31.58	10198
Année 2000													
Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Production cumulée (m ³)	1333	2002	2088	2811									
Moyenne journalière (m ³ /j)	43	69.03	67.35	93.70									
PEA 1 (m ³ /j)	23.36	37.50	36.59	50.90									
PEA 2(m ³ /j)	19.64	31.53	30.76	42.80									

2-2-2°) Commentaires sur les statistiques de production des postes

L'analyse du tableau montre que les volumes de production maximale ont été enregistrés en avril pour les années 1998 et 1999 pendant que les volumes de production minimale ont été enregistrés en septembre pour l'année 1998, septembre et octobre en 1999.

Si la différence entre les productions de septembre et d'octobre de l'année 1998 est considérable (4179m³), elle est peu marquée pour l'année 1999. Le cas exceptionnel de l'année 1998 pourrait s'expliquer par le fait qu'il est eu cumul dans la facturation, c'est à dire qu'une partie de la production du mois de septembre soit facturée avec celle du mois d'octobre. Le même phénomène s'observe entre les mois de mars et d'avril de la même année.

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

Le graphique suivant illustre bien l'évolution de la production des deux postes au cours des deux dernières années.

Graphique représentatif des statistiques de production des postes d'eau de ZORGHO

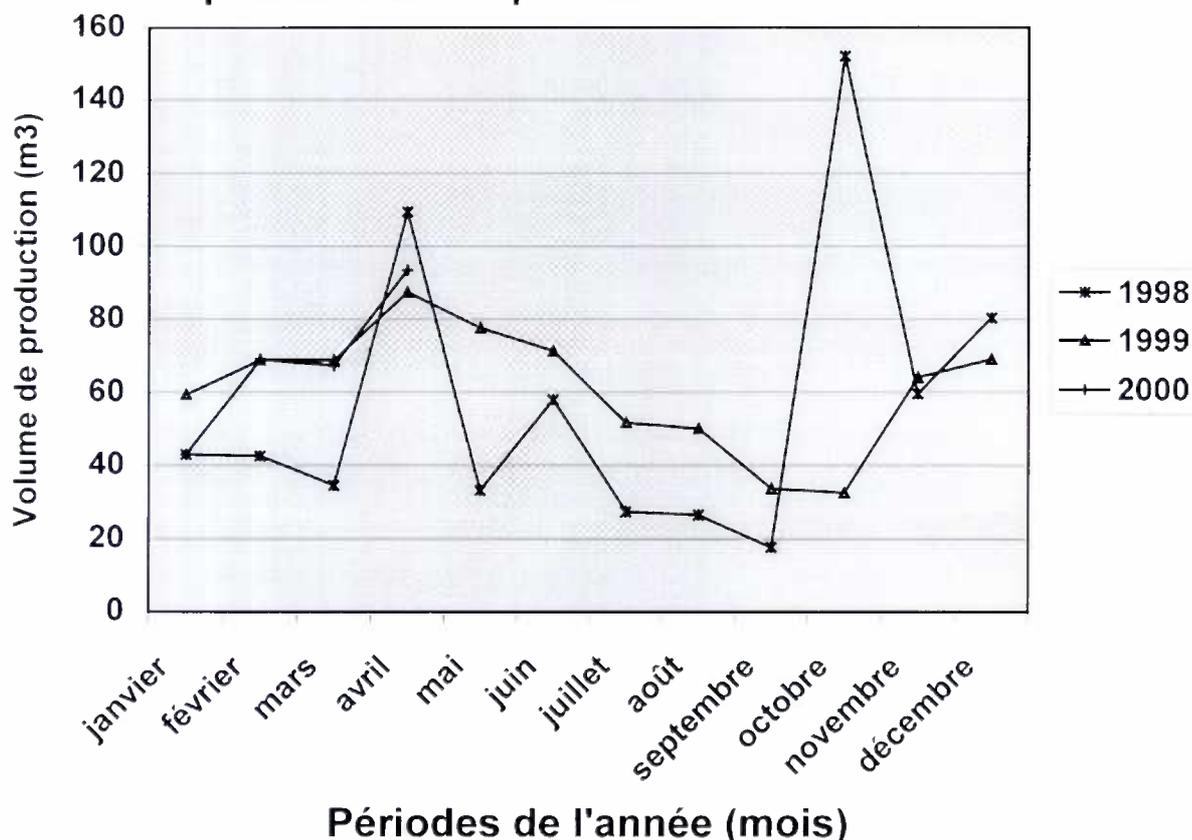


Figure N°2 de la variation des productions mensuelles des deux postes

L'allure de la courbe, pour l'année 1998 présente des paliers en zigzags n'évoluant pas dans une direction régulière. Cette courbe présente certainement des anomalies dues à l'incohérence des données. Elle ne permet donc pas de faire une analyse correcte sur l'évolution des consommations.

Par contre, celle de l'année 1999 présente une allure plus ou moins régulière. Elle présente des paliers ascendants entre janvier et avril, descendant entre mai et septembre, pratiquement stable entre septembre et octobre, et ascendants entre octobre et décembre.

Le phénomène a un rapport avec l'évolution de la demande de la population au cours de l'année. En effet, les demandes en eau des populations commencent à croître à partir de la fin des pluies (début du mois de novembre) jusqu'en janvier où elles baissent relativement. Cette période correspondant à l'accentuation de la saison froide où les demandes en eau diminuent jusqu'en février. A partir du mois de mars, les demandes croissent à nouveau, due à la canicule de chaleur jusqu'en fin mai, période correspondant à la tombée des premières pluies. Une baisse relative est encore constatée entre mai et octobre, période de la saison pluvieuse où les demandes en eau sont faibles.

En outre, les productions restent dans les plages de la capacité de production des groupes électro-pompes installés (40m³/j pour 10 heures de pompage par jour) pour les périodes de

fortes demandes (de novembre en mai), et leurs restent inférieures pour les périodes de faibles demandes (de mai en septembre).

Nous pouvons donc conclure que la capacité des nappes n'est pas un facteur limitant à l'augmentation des capacités de production des postes, car les capacités maximales sont enregistrées à une période de l'année où les nappes sont à leur capacité de production minimale (avril en mai).

Les productions inférieures aux débits nominaux des pompes s'expliquent par les raisons suivantes :

- Pendant la saison des pluies et la période froide, les demandes en eau des populations baissent à cause des conditions climatiques particulières.
- Les pannes techniques qui interviennent souvent sur les installations, les coupures d'électricité entraînent souvent l'arrêt du fonctionnement des postes.

Nous constatons que le forage assure à n'importe quel moment de l'année, le volume d'eau dont les groupes de pompage sont à mesure de mobiliser. Mais, ce volume est plafonné par la capacité de production des pompes. Ceci nous permet d'affirmer que la capacité de production des postes d'eau est en partie limitée par celle des groupes de pompage installés. Ce qui confirme les résultats de l'analyse que nous avons mené du point de vue hydrogéologique.

Les résultats des analyses hydrogéologiques et des statistiques de production permettent de conclure que les deux postes sont aujourd'hui à mesure d'assurer un volume de production journalière de 60m^3 et que cette production pourrait être améliorée lorsque l'on installe des équipements conséquents.

2-2-3°) Postes N°1 (PEA 1)

Le poste N°1 a un débit de production actuel de $3.96\text{m}^3/\text{h}$, soit 25.5% du débit d'exploitation prévisionnel qui était de $15.5\text{m}^3/\text{h}$ à sa date de foration en 1981. Le forage est donc exploité au quart de sa capacité de production réelle.

L'exhaure est assurée par un groupe électro-pompe dont la capacité de production nominale est de $4\text{m}^3/\text{h}$ sous une hauteur manométrique de 40m. Si le groupe a rendement relativement acceptable par rapport au débit nominal (99%), il reste un facteur limitant pour l'augmentation de la capacité de production du poste quand on sait que le forage peut produire un débit horaire de 15.5m^3 .

L'épaisseur d'altération mesurée est de 26 m, cela laisse croire que la nappe est à mesure de supporter un temps de pompage journalier de 10 heures pour mobiliser un volume d'eau de $100\text{m}^3/\text{jour}$.

La situation géomorphologique exceptionnelle du forage, au centre d'un maillage hydrographique, lui confère des potentialités d'exploitations intensive et extensive bonnes avec une capacité de recharge de la nappe très bonne, et des réserves en eau permanentes pendant toute l'année. Ceci est particulièrement important, car elle nous offre la possibilité de soumettre la nappe à un pompage intensif sur une durée relativement longue de la journée sans menacer d'assécher la nappe.

La capacité de stockage du château (le volume actuel de 5m^3) ne permet pas d'assurer le stockage d'un volume important pour constituer des réserves de prévention des pénuries pouvant découler des coupures d'électricité. Aussi, le château avec ce volume, ne peut pas faire face à un pompage continu du groupe immergé. Avec le débit actuel de production ($3.96\text{m}^3/\text{h}$), le temps de pompage nécessaire au remplissage du château est de 1h30mn au maximum.

La capacité du château ne peut satisfaire que 0.70% de la demande journalière actuelle de la population en cas de coupure d'électricité ou de pannes techniques.

Cette capacité très limitée du château est également un facteur limitant à l'amélioration des performances du poste.

Le service commence à 6h00 et prend fin à 19h00, ce qui correspond à un temps de fonctionnement de 13h/j pour le poste. Une autre alternative serait de prévoir un mode de service régulateur à l'aval pour pouvoir augmenter le débit de production sans augmenter la capacité de stockage du château.

2-2-4° Postes N°2 (PEA 2)

Tout comme le poste d'eau autonome N°1, le poste N°2 a un débit de production très inférieur au débit d'exploitation prévisionnel du forage qui était de $6\text{m}^3/\text{h}$ à sa date de foration.

Le groupe électro-pompe qui assure l'exhaure a un débit de production nominal de $4\text{m}^3/\text{h}$ sous une hauteur manométrique totale de 40m. Il a un débit de production actuel de $3.33\text{m}^3/\text{h}$ soit 83% de son débit nominal et 55% du débit d'exploitation prévisionnel du forage. Tout comme pour le poste N°1, la capacité de production très limitée du groupe de pompage constitue un facteur limitant à l'augmentation de la capacité de production du poste.

L'épaisseur d'altération saturée est estimée à 30 m, cela laisse croire que le forage peut supporter un temps de pompage journalier au moins égal à 10 heures sans menacer d'assécher la nappe avec une production journalière de $100\text{m}^3/\text{j}$.

Le code hydrogéologique du forage « GV », est caractéristique d'un aquifère aux potentialités d'exploitations extensives bonne et intensive médiocre, mais présentant une capacité de recharge bonne.

Le service commence à 6h00 et prend fin à 19h00 soit une durée de fonctionnement de 13h/j pour le poste

2-3° Perspectives d'amélioration de la capacité de production des postes d'eau autonomes (PEA)

Les deux postes possèdent des caractéristiques favorables à l'augmentations de leur capacité de production, ainsi qu'à l'amélioration du système d'alimentation en eau de la commune.

2-3-1° Poste N°1 (PEA1)

Le forage de PEA1 est en situation géomorphologique exceptionnelle, au centre d'un maillage très dense, avec des réserves bonnes et des potentialités extensives comme intensive bonnes. Les résultats des essais de pompage ont conduit à un débit d'exploitation confirmé de $15.5\text{m}^3/\text{h}$ avec un rabattement maximum de 4.68m.

On pourra donc augmenter la capacité de production actuelle de ce poste de $3.96\text{m}^3/\text{h}$ à $15.5\text{m}^3/\text{h}$, de même que le temps de pompage journalier en équipant le forage par un groupe de pompage plus performant. Ainsi, on aura une production journalière de 100m^3 deux fois plus que la production actuelle qui dépasse à peine $40\text{m}^3/\text{j}$. Dans ce cas, ce poste pourra faire face à 13.5% des besoins actuels de la population et 10% de ces besoins en 2005.

La profondeur totale d'eau (69 m), les épaisseurs d'altération saturées (26 m), et les capacités de recharge de la nappe permettent d'assurer un temps de pompage relativement long avec un débit de production relativement important, sans menacer d'assécher la nappe.

2-3-2° Poste N°2 (PEA2)

Le forage se situe dans une zone dont les caractéristiques hydrogéologiques ne sont pas très favorables à une exploitation intensive de la nappe, mais une exploitation extensive ne menacerait pas la nappe. Sa capacité pourra donc être renforcée en réalisant d'autres forages à coté. Le débit d'exploitation prévisionnel est limité à $6\text{m}^3/\text{h}$. Le manque de résultats d'essais de pompage limite la fiabilité par rapport à ses capacités d'extension. Cependant, il présente

une épaisseur d'altération saturée supérieure à 10m (30 m d'épaisseur d'altération), ce qui laisse croire qu'il pourra être soumis à un temps de pompage journalier au moins égal à 10 heures avec un volume journalier de 100m³.

Le débit de pompage de 6 m³/h sur une durée de pompage de 10 heures par jour pourra être obtenu en équipant le forage par des équipements plus performants. Ainsi, le poste assurera une production journalière de 90m³/j, cette production journalière correspond à 12% de ces besoins actuels de la population et 9% d ces besoins en 2005.

2-3-3°) Conclusion sur le commentaire du fonctionnement des postes

Les deux postes sont actuellement exploités à un niveau de production très inférieur à leur capacité de production réelle. Le poste N°1 est exploité à un rendement de 25.5% et le poste N°2 à 55.5% de leurs capacités prévisionnelles de production. Cela est en grande partie dus à la capacité de production nominale très limitée des groupes de pompage.

Les groupes électro-pompes installés sont de marque KSB-CORA de types 4-49/12 et 4-40/10 respectivement pour PEA 1 et PEA2. Ces pompes sont capables de produire 4 m³/h sous des hauteurs manométriques respectives de 49 m, et 32m.

Il convient donc de penser à une valorisation de la ressource supplémentaire qui restent inexploitées, ressource qui pourrait contribuer à l'amélioration de la qualité de service des ouvrages et à l'équilibre financier des unités de production.

2-4°) Mode de gestion actuel des postes

La gestion des postes est assurée par le service ONEA de KOUPELA par l'intermédiaire des gérants de postes basés à ZORGHO. Nos observations sur le terrain et l'analyse des conclusions de l'entretien que nous avons eut à faire avec les gérants font ressortir les problèmes suivants :

- ❖ La demande est trop élevée par rapport à la capacité de production actuelle des postes. Ceci a pour conséquence, l'impatience des clients et une bousculade énergétique devant les postes de service.
- ❖ La bousculade provoque des pertes d'eau non négligeables quand on sait que la quantité disponible ne suffit pas pour répondre aux besoins actuels des populations et eut égard aux nombreux vases de 20 litres renversés par jour.
- ❖ Ce dernier problème a pour conséquence, l'inondation de la margelle des forages entraînant un dysfonctionnement de tout système d'assainissement mis en place. Cela peut donc constituer une source de contamination à laquelle il faut une solution d'urgence.
- ❖ La réparation des pannes techniques prend souvent du temps à cause de l'éloignement des agents chargés du travail, basés à KOUPELA.
- ❖ La plus part des gérants se plaignent de l'ensoleillement des postes. Cela rend les conditions de service un peu pénibles pendant la période de fort ensoleillement.
- ❖ Souvent, le non-paiement des factures de consommation qui peut entraîner des disputes entre les gérants et les personnes concernées.

3°) CONCLUSIONS

Le problème de la rentabilité économique et technique des postes d'eau de ZORGHO s'exprime en terme de mobilisation des ressources excédentaires inexploitées susceptibles de contribuer à l'équilibre social et financier des systèmes d'alimentation en eau de la ville.

IX) ANALYSE ECONOMIQUE DES SYSTEMES D'ALIMENTATION

L'analyse économique d'un système d'alimentation impose qu'on prenne en considération les éléments suivants :

- ❖ Les coûts d'investissements initiaux des différents équipements ;
- ❖ Les coûts d'entretien et de fonctionnement comprenant : la maintenance des ouvrages, la fourniture des matières consommables, le salaire du personnel permanent, les coûts afférents au renouvellement des équipements et la rechange des pièces;
- ❖ La capacité de production des installations ;
- ❖ Le rendement des systèmes d'alimentation en énergie.

Ici, l'objectif recherché est de faire une comparaison sur la rentabilité économique des différents systèmes d'alimentation en eau dans le contexte de la ville de ZORGHO.

Nous avons estimé les coûts d'investissement des différents systèmes, plus haut. Nous retenons que les coûts des différents systèmes varient dans l'ordre croissant des forages à pompes manuelles, des puits à grands diamètres, des postes d'eau autonomes, aux mini-réseaux d'adduction. Le coût moyen de chaque système dépend de l'importance de l'installation qui résulte de la demande et de la qualité de service à satisfaire.

Les coûts d'entretien et de fonctionnement sont fonction de la nature du système qui, elle aussi est tributaire de la qualité de service à assurer.

Les frais d'entretien peuvent être évalués à partir de l'estimation des besoins en personnel et matériels que requiert l'installation. Il en ressort que le coût d'entretien et de fonctionnement est tributaire du niveau d'équipement de l'installation.

On retiendra que le coût de fonctionnement des postes d'eau autonomes et des mini-réseaux d'adduction sont dans les mêmes rapports et supérieur à ceux des forages à motricité humaine et des puits à grand diamètre.

Par une approche globale, les frais d'entretien et de fonctionnement annuel peuvent être évalués en pourcentage des coûts constants des équipements. Ainsi, pour les équipements ci-dessous cités nous avons les estimations suivantes :

- Station de pompage : 16% ;
- Groupes de pompage seul : 33% ;
- Station de traitement : 12 à 14% ;
- Bâtiment du génie civil : 0.5 à 1% ;
- Installation mécanique : 1% ;
- Installation électrique : 2% ;

Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau Atonomes de l'ONEA

- Réservoir métallique en acier : 5% ;
- Réservoir en maçonnerie : 3% ;
- Réservoir en béton armé : 2% ;
- Conduites : 1%.

Une analyse économique concluante impose qu'on fasse apparaître les rapports des coûts globaux sur les productions annuelles valorisées.

X°) MODIFICATION DU DISPOSITIF

Le diagnostic des PEA aboutit à la conclusion que les forages sont actuellement exploités à un niveau de service inférieur à leurs capacités de production réelles et qu'il est possible d'améliorer la performance de ces PEA en installant des équipements plus performants. Cependant, l'équipement des forages ne permettra que leur exploitation à un niveau de service optimal.

1°) Objectifs

L'objectif de cette modification est de proposer des solutions techniques permettant d'augmenter le niveau de service des postes en assurant l'exhaure de l'excédent de volume non exploité, et permettre sa valorisation. Ceci contribuera à l'amélioration des systèmes d'alimentation en eau des populations de la ville dans les rapports de coûts acceptables. Ainsi on tiendra compte de la réserve exploitable de la nappe pour chaque forage, des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de la nappe, ainsi que le souhait exprimé par la population, par rapport au mode d'alimentation en eau.

2°) Modification

Cette modification devant conduire à la valorisation des ressources disponibles non exploitées, toute modification du système demande les opérations suivantes :

- ❖ L'installation d'un groupe de pompage permettant la mobilisation des ressources en excédent ;
- ❖ Le renforcement de la capacité de stockage des châteaux ou une régulation du service à l'aval pour économiser sur la capacité du château ;
- ❖ L'installation d'une unité de traitement pour faire face à la perturbation éventuelle de la qualité de l'eau et garantir sa potabilité, compte tenu de la contamination ultérieure de l'eau après l'exhaure ;
- ❖ La mobilisation de l'énergie nécessaire au fonctionnement des groupes de pompage ainsi que les installations de l'unité de traitement.

L'importance des groupes de pompage aussi bien que celle des équipements de l'unité de traitement, dépendront de la capacité des forages à assurer un service demandé par les utilisateurs.

2-1°) Propositions alternatives de modification du système

Les groupes de pompage pouvant garantir l'exhaure des ressources disponibles étant mis en place, nous disposons de différents choix technologiques permettant la valorisation de ces ressources. Il s'agira donc de proposer des techniques adéquates de distribution de l'eau dans les limites du volume d'eau disponible.

Le choix peut être opéré suivant deux options :

1^{ère} option

Elle consistera à procéder aux opérations suivantes :

- Installer un château ayant un volume permettant d'assurer le stockage des ressources mobilisées ;
- Concevoir un réseau ramifié pouvant être alimenté par le château
- A partir de la ramification, procéder à des branchements particuliers par adduction d'eau courante dans les ménages, et des branchements publics par l'installation des bornes fontaines. Le volume d'eau exploitable fixera le nombre de bornes fontaines ou de branchements particuliers possibles.

2^{ème} option

Il s'agira de procéder à une distribution par branchements collectifs en installant des bornes fontaines sur une rampe de conduite distributrice alimentée à partir du château.

Le choix de la position géographique de la conduite, sera porté sur les zones stratégiques, où la demande est forte et les sites doivent permettre la réalisation des opérations techniques nécessaires à l'implantation d'une borne fontaine. Ainsi, on installera une borne fontaine sur une distance minimale de 300 m, le long de la conduite distributrice. La longueur de la conduite ainsi que le nombre des bornes fontaines seront fixés dans les limites du volume d'eau exploitable par jour.

2-2°) Choix d'une option

Le choix de l'option dépend d'un certain nombre de facteurs :

- Le volume d'eau disponible ;
- La sûreté du fonctionnement du système résultant de l'option et sa viabilité ;
- Les coûts d'investissements, de fonctionnement et d'entretien ;

Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau Atonomes de l'ONEA

- La qualité du service souhaité par les bénéficiaires ;
- La possibilité d'assurer le rapprochement des consommateurs au lieu de service ;
- La volonté des populations à payer l'eau à un prix qui est en rapport avec les coûts d'investissements et d'entretien, donc la fiabilité de la rentabilité financière du système ;
- Les effets environnementaux et l'aptitude à assurer une qualité saine pour l'eau jusqu'au lieu de service.

Les résultats de nos analyses ont prouvé un volume d'eau excédentaire journalier exploitable d'au moins 60m^3 pour le PEA1 et 50m^3 pour le PEA2 soit un total de $110\text{m}^3/\text{j}$.

Les choix techniques devront permettre la mobilisation, le stockage, et la distribution et la valorisation de ce volume excédentaire.

Le souhait exprimé par les populations par rapport à la qualité de service est le rapprochement des lieux de service par l'adduction d'eau courante pour éviter tout risque de contamination au cours du transport dans les conditions d'hygiène non requises. Mais, le volume d'eau disponible ne permet pas d'assurer une adduction d'eau courante qui se révèle être onéreuse pour une quantité de ressource faible. Cependant, notre objectif sera de faire en sorte que les lieux de service soient situés aussi proche que possible des consommateurs.

Le pourcentage des consommateurs payant l'eau avec les revendeurs d'eau à un prix triple de celui du lieu de service, lève toute équivoque sur la volonté de la population à payer l'eau à un prix raisonnable. En effet, les revendeurs vendent l'eau à une valeur de $1000\text{F CFA}/\text{m}^3$, contre une valeur de $300\text{F CFA}/\text{m}^3$ au niveau du poste, soit une marge nette de $940\text{F CFA}/\text{m}^3$. Ainsi, nous pensons que l'option 2 est la mieux adaptée à notre situation. Elle consistera à tirer une conduite à partir du château, conduite sur laquelle, on installera des bornes fontaines sur les endroits stratégiques considérés comme zones de forte demande.

3°) Conception et fonctionnement du nouveau système (cf. au schéma de conception)

Il s'agit pour les deux postes, de procéder à la conception d'un nouveau système permettant la mobilisation, le traitement, le stockage et la distribution des ressources d'eau exploitables.

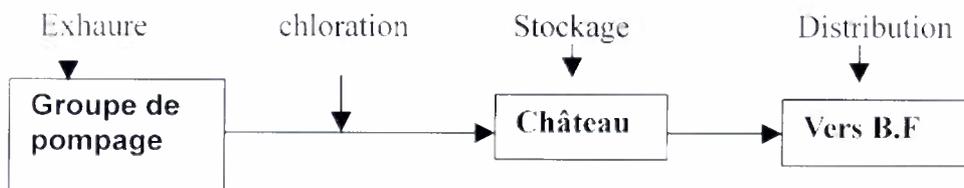
Ainsi, notre système fonctionnera comme suit :

- ◆ Les groupes de pompage assureront l'exhaure du débit réellement exploitable ($100\text{m}^3/\text{j}$) pour le forage du poste PEA1 et $90\text{m}^3/\text{j}$ pour le poste PEA2) ;
- ◆ A partir du château, une conduite de distribution d'eau sera branchée et assurera la desserte par gravitation ;

Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau Atonomes de l'ONEA

- ◆ Une pompe doseuse permettra l'injection du chlore dans la conduite de refoulement ;
- ◆ Des bornes fontaines seront installées en des endroits stratégiques ;
- ◆ Une vanne sera prévue à l'amont de chaque point de déserte pour permettre les entretiens courants sur la conduite de distribution ;
- ◆ L'alimentation des groupes de pompages et autres besoins énergétiques sera assurée par la ligne électrique de la SONABEL.

Le schéma général du système dont nous venons de concevoir se présente comme suit :



4°) Schémas de conception :

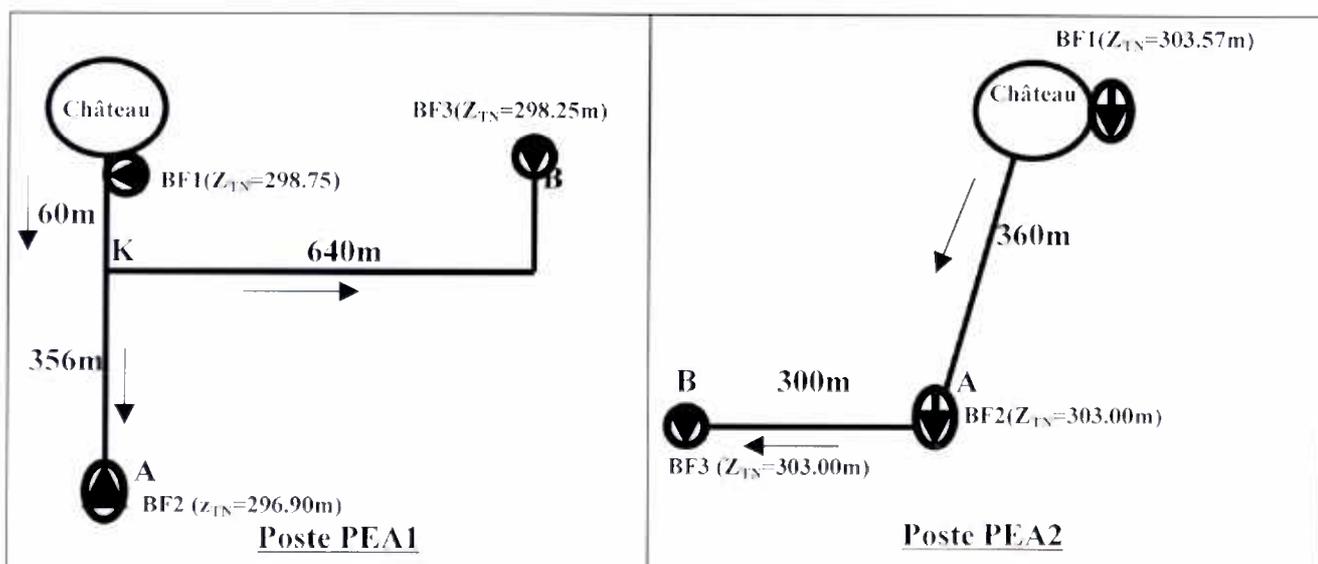


Figure : N°3 du schéma de conception

5°) Dimensionnement des différents équipements

5-1°) Objectif de service

Pour permettre le dimensionnement des différents équipements, nous nous sommes fixé des objectifs définis par la pression minimale de service, et le débit qui doit transiter au niveau de chaque borne fontaine. Ainsi, les différents équipements seront dimensionnés de façon à assurer une pression minimale de 5mCE au niveau de chaque borne fontaine, et deux têtes de robinet par borne fontaine. Ce nombre de robinet réduit à deux à pour objet de faciliter leur

gestion par les exploitants, dont l'habilité ne permet pas toujours de gérer plusieurs têtes de robinets à la fois.

4-2°) Les équipements de distribution

4-2-1°) Les bornes fontaines

Chaque borne sera équipée par deux robinets de desserte. Le branchement à la conduite de distribution se fera par un té de raccordement auquel communique un tube en fonte galva permettant l'alimentation des robinets de déserte. Un compteur sera installé sur chaque borne fontaine afin de permettre la facturation et le suivi des consommations journalières.

a) Débit de service d'une borne fontaine

Le débit de service dépend du nombre de robinets de désertes installés sur les bornes fontaines, et du coefficient de simultanéité (k) du fonctionnement des robinets de déserte. Les normes fixent ce coefficient par la formule suivante

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}} : n \text{ étant égal à 2 robinets de déserte par borne fontaine.}$$

On obtient donc $K=1$.

Le débit par borne fontaine varie de 0.5l/s à 2l/s selon qu'il y aurait 1, 2 ou 3 têtes de robinet. Nous choisirons le débit par borne fontaine de façon à répartir le volume d'eau disponible (par BF) sur le temps de service pour la distribution (6 heures à 19 heures). Compte tenu du fait qu'à certains moments de la journée le débit de service varie en fonction de la demande, nous considérerons un temps moyen de service continu égal à 10 heures par jour. Cela correspond à un débit de service continue de $3.33\text{m}^3/\text{h}$ pour le poste PEA1 et $3\text{m}^3/\text{h}$ pour le poste PEA2.

Le débit de service doit aussi satisfaire les conditions de service à l'amont. C'est à dire, permettre un temps de stockage minimal pour une particule d'eau se trouvant dans le château, afin de pouvoir garantir le temps de contact minimal avec le chlore avant d'être distribuée. Ce temps de contact minimal est estimé à 30 minutes. La satisfaction de ce temps de contact résulte d'un compromis entre le volume du château et le débit de service des bornes fontaines.

b) Dimensionnement du tuyau en fonte galva alimentant les robinets de desserte

Il s'agit de déterminer le diamètre économique permettant de délivrer le débit de service (Q) avec une vitesse comprise entre 0.5m/s et 1.50m/s. Le diamètre théorique peut être obtenu par la formule de l'EIER, formule qui assure une vitesse économique de 0.67m/s. Le débit de service des bornes fontaines est de 0.926l/s pour le poste PEA1 et 0.833l/s pour le poste PEA2. Les résultats des calculs sont fournis dans le tableau suivant :

Postes	Q(l/s)	D _m (mm)	DN(mm)	Vitesse (m/s)
PEA1	0.926	40.12	40/50	0.67
PEA2	0.833	38.21	40/50	0.66

Tableau N°15 du diamètre des tuyaux galva

c) Nombre et emplacement des bornes fontaines à installer

Le nombre de bornes fontaines dépendra du volume d'eau disponible et du temps de service journalier admissible pour chaque lieu de service.

Nous considérerons un temps de service journalier continu de 14 heures choisi entre 6h00 et 19h00. Ce qui imposera un volume journalier de 33.33m³ à délivrer par borne fontaine pour le poste PEA1 et 30m³ par jour et par borne fontaine pour le poste PEA2. Ces volumes journaliers ont été choisis en conformité avec les consommations journalières des bornes fontaines de l'ONEA.

Si :

- V est le volume d'eau disponible,
- V_u le volume à délivrer par borne fontaine,
- N_b le nombre de bornes fontaines, on a $N_b = \frac{V}{V_u}$

Les calculs donnent 3 bornes fontaines pour chaque forage.

Les emplacements des bornes fontaines seront choisis de façon à :

- Minimiser les coûts d'investissements initiaux ;
- Faciliter leurs gestions ;
- Les rapprocher d'un plus grand nombre de consommateurs;
- permettre les opérations techniques nécessaire à leur réalisation.

Les coûts d'investissements initiaux sont minimisés en choisissant une distance minimale acceptable (300 m) entre les bornes fontaines, et un site à topographie favorable, nécessitant moins d'énergie pour assurer le service de la borne.

Les sites sont choisis de façon à ce qu'elles soient accessibles à un plus grand nombre d'utilisateurs.

c-1°) Emplacements des bornes fontaines du poste PEA1

◆ Borne fontaine 1 (BF1) :

Elle est située au pied du château sur le site du poste d'eau. Elle permettra d'assurer la desserte des clients proches de ce coin et de garder les anciens clients du PEA.

◆ Borne fontaine 2 (BF2) :

Ce site a été choisi en raison de sa situation topographique favorable (cote terrain naturel égal à 296.90m soit une différence d'altitude de 1.75m par rapport à celle du château), mais surtout par sa position géographique (près d'une zone résidentielle dont la plupart des résidents s'approvisionnent en payant jusqu'à 1000FCFA/m³, l'eau avec les revendeurs). Elle est située à 416 m du château.

◆ Borne fontaine 3 (BF3) :

Elle est située à 700 m du château sur une voie d'accès. Ce site a été choisi en raison de ses situations géographiques et topographiques favorables (altitude basse et située à un carrefour près d'un lieu de culte). Elle permettra d'assurer la desserte des clients proches de ce coin.

c-2°) Emplacements des bornes fontaines du poste PEA2

◆ Borne fontaine 1 (BF1) :

Elle est située au pied du château sur le site du poste d'eau et correspond au nœud de service « château ». Elle permettra d'assurer la desserte des clients proches de ce coin et de garder les anciens clients du PEA.

◆ Borne fontaine 2 (BF2) :

Ce site a été choisi en raison surtout de sa position géographique (près d'un carrefour où l'accès est très facile). Il est situé à 360 m du château et correspond au nœud de service « A ».

◆ Borne fontaine 3 (BF3) :

Il est situé à 660 m du château sur une voie d'accès et correspond au nœud de service « B ». Ce site a été choisi en raison de ses situations géographiques et topographiques favorables. Elle assurera la desserte des clients proches de ce coin.

d) L'équipement sanitaire

Les bornes fontaines seront munies d'un équipement sanitaire pour assurer l'évacuation des eaux perdues pendant le service et par les fausses manœuvres sur les robinets de service. Sa position sera judicieusement choisie de façon à éviter qu'il ne nuise pas au bon fonctionnement des bornes fontaines.

d-1°) Conception et fonctionnement de l'équipement sanitaire

Compte tenu de l'importance des pertes constatées sur le terrain, et vue le risque sanitaire qui s'y rattache, nous pensons que ces eaux doivent être récupérées et évacuées de façon à ne pas nuire à la santé des utilisateurs.

Ainsi l'équipement sanitaire doit permettre la récupération et l'évacuation de l'excédent qui ne serait pas utilisé. Il sera donc constitué d'un puits perdu assurant l'évacuation de cet excédent.

Le puits perdu communiquera avec la terrasse des bornes fontaines par un tuyau ménagé dans son bord supérieur.

d-2°) Dimensionnement de l'équipement sanitaire

d-2-1°) Hypothèses et objectifs de service

L'objectif est de récupérer les eaux perdues au lieu de service des bornes fontaines, leur évacuer et leur mettre hors d'état de nuire à la santé et à l'hygiène publique. Pour permettre le dimensionnement de l'ouvrage, nous avons émis les hypothèses suivantes :

- ❖ Les pertes représentent 6% du volume journalier, auprès des bornes fontaines. Ce qui correspond à 2m^3 de volume d'eau perdue par jour ;
- ❖ Le puits perdu doit pouvoir assurer l'évacuation des deux tiers des pertes soit 0.667m^3 par jour le restant pouvant être évacuer par évaporation.

d-2-2°) Dimensions du puits perdu

Les dimensions sont fixées par les paramètres suivants :

- La profondeur maximale (h) du puits perdu ($3\text{m} \leq h \leq 6\text{m}$) ;
- Le taux d'infiltration du sol ($I=20\text{l/m}^2/\text{j}$)

Nous considérons une section circulaire qui a une bonne stabilité par rapport à la section rectangulaire et dont la profondeur sera de 3m. le dimensionnement consistera maintenant à fixer le diamètre (D) du puits perdu.

L'infiltration se fait par les parois latérales du puits. Le volume utile du puits est déterminé

par la formule suivante : $V_u = Q \times \text{temps}$ et le diamètre par : $D = \sqrt{\frac{4 \times V_u}{\pi \times l \times h}}$

Nous obtenons $D=2.66m$, nous retiendrons $D=2.70m$.

Les dimensions caractéristiques du puits perdu sont :

- ◆ **Forme circulaire**
- ◆ **Profondeur $h=3.00m$**
- ◆ **Diamètre $d=2.70m$**

4-2-2°) Dimensionnement des tronçons de conduite de distribution

Les dimensions d'un tronçon de conduite sont fixées par les conditions d'écoulement en charge, compatibles avec le débit de service. Ainsi, chaque tronçon de conduite sera dimensionné de façon à ce qu'il puisse transiter le débit de service demandé au niveau des bornes fontaines situées en aval. On respectera les conditions limites de vitesse à savoir : $0.50m/s \leq V \leq 1.50m/s$ pour éviter le dépôt et limiter l'énergie cinétique due aux pertes de charges trop élevées, pouvant provoquer des perturbations à l'intérieur des canalisations.

Le diamètre intérieur théorique est calculé par la formule de l'EIER qui donne une vitesse économique de $0.67m/s$. Le diamètre de pose est obtenu en choisissant le diamètre commercial respectant les conditions de vitesse d'écoulement dans les conduites.

Les calculs conduisent à des diamètres normalisés se situant dans les séries DN42/50 et DN63/75 pour le poste PEA2 et DN63/75 et DN42/50 en PVC pour le poste PEA1. Nous avons retenu les DN42/50 pour uniformiser les diamètres des canalisations.

Les résultats sont portés dans le tableau suivant.

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

Tableau N°16 des caractéristiques des conduites distributrices

Poste PEA1						
Tronçons	Longueurs (m)	Débits (l/s)	D _{th} (mm)	DN (mm) en PVC	Vitesse V(m/s)	ΔH totale (m)
Château-K	60	1.85	55	42/50	1.34	0.27
K-A	356	0.926	40	42/50	0.67	0.41
K-B	640	0.926	40	42/50	0.67	0.73
Poste PEA2						
Château-A	360	1.667	53	42/50	1.20	1.36
A-B	300	0.833	38	42/50	0.60	0.28

4-3°) Les équipements de stockage

4-3-1°) Emplacements des châteaux

Nous avons prévu un château pour chaque poste et l'emplacement sera choisi au pied des forages pour assurer le service habituel des PEA, l'alimentation des conduites de distributions des bornes fontaines et minimiser les coûts des conduites de refoulement.

4-3-2°) Capacité utile des châteaux

La capacité d'un château résulte en général d'un compromis entre :

- L'économie en énergie consommée par les équipements de pompage ;
- La quantité de matériaux rentrant dans sa réalisation ;
- le système de régulation de la station de pompage
- Le temps de contact minimal à assurer entre le chlore et une particule d'eau pompée avant d'être distribuée.

On économise sur la consommation d'énergie en choisissant la période de pompage dans la plage des heures creuses où le nombre d'utilisateur de l'énergie électrique est faible. Ceci a pour intérêt, une diminution de la facture d'électricité.

On réalise une économie considérable sur le volume du château en faisant coïncider la période de pompage avec les heures de pointe où l'eau est utilisée au fur et à mesure qu'elle est pompée. Ce qui correspond malheureusement à la période de pointe de l'utilisation d'énergie électrique.

Le temps de contact minimal à assurer entre l'eau et le chlore est estimé à 30minutes.

Le temps de pompage journalier est de 10 heures avec des volumes exploitables de $100\text{m}^3/\text{j}$ pour le forage de PEA1 et $90\text{m}^3/\text{j}$ pour celui de PEA2 sur une durée de pompage de 12 heures par jour.

En faisant le bilan de la variation horaire entre le cumul du volume d'eau consommé dans la journée et celui pompée, leur différence donne le volume minimal d'eau que le château doit être à mesure de stocker pour les heures correspondantes. Ainsi, le volume du château sera la valeur maximale résultant de ce bilan de variation horaire. Aucune de ces valeurs ne peut être négative, cela pouvant entraîner une pénurie au niveau des bornes fontaines.

Ceci a permis de déterminer la capacité utile des châteaux.

4-3-2-1°) Le château du poste de PEA1

Le volume journalier exploitable est de 100m^3 . Le débit moyen de pompage est de $10\text{m}^3/\text{h}$, ce qui correspond à un temps de fonctionnement de 10 heures par jour. Le débit délivré au niveau des fontaines est de 3.33m^3 par heure et par borne fontaine soit $10\text{m}^3/\text{h}$ pour les trois bornes fontaines. Nous considérons que le service des bornes fontaines s'arrête à partir de 19h00 comme c'est le cas actuellement observé sur les PEA qui sont à ZORGHO. Cependant, pendant les heures creuses (entre 12 h et 13 h), le service n'est pas continu. Nous avons donc émis l'hypothèse que les 30% du volume horaire seront consommés pendant ces heures, ce qui correspond à un débit de $1\text{m}^3/\text{h}$ soit $3\text{m}^3/\text{h}$ pour l'ensemble des trois bornes fontaines. En choisissant une période de fonctionnement judicieuse, on optimise le volume du château tout en économisant sur la consommation d'énergie électrique. C'est ce que nous avons fait en choisissant les heures de fonctionnement de la pompe de 6 h à 12 h, et de 13 h à 17h. Compte tenu des heures de fonctionnement de la pompe, le débit d'exploitation des bornes fontaines sera régulé de façon à permettre le service continu et assurer le temps de contact minimal entre le chlore et l'eau dans la limite de la capacité de stockage du château. La variation maximale de volume observée dans la journée entre le cumul du volume d'eau pompée et celui du volume d'eau consommée est $\Delta V_{\text{max}}=3.5\text{m}^3$ (comme le montre le tableau ci-dessous). Nous avons retenu un volume de **$V=5\text{m}^3$** pour le château.

Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau Atonomes de l'ONEA

Tableau N°17 de simulation de la capacité du château d'eau de PE1.

Temps (heures)	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Volume pompé (m ³)	10	10	10	10	10	10	10	0	10	10	10	0
Cumul du pompage (m ³)	10	20	30	40	50	60	70	70	80	90	100	100
Cumul de la consommation	9.5	19	28.5	38	47.5	57	66.5	69.5	79	88.5	98	100
ΔV (m ³)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	0.5	1	1.5	2	0

Graphique représentatif de la simulation de la capacité du château du poste PE1

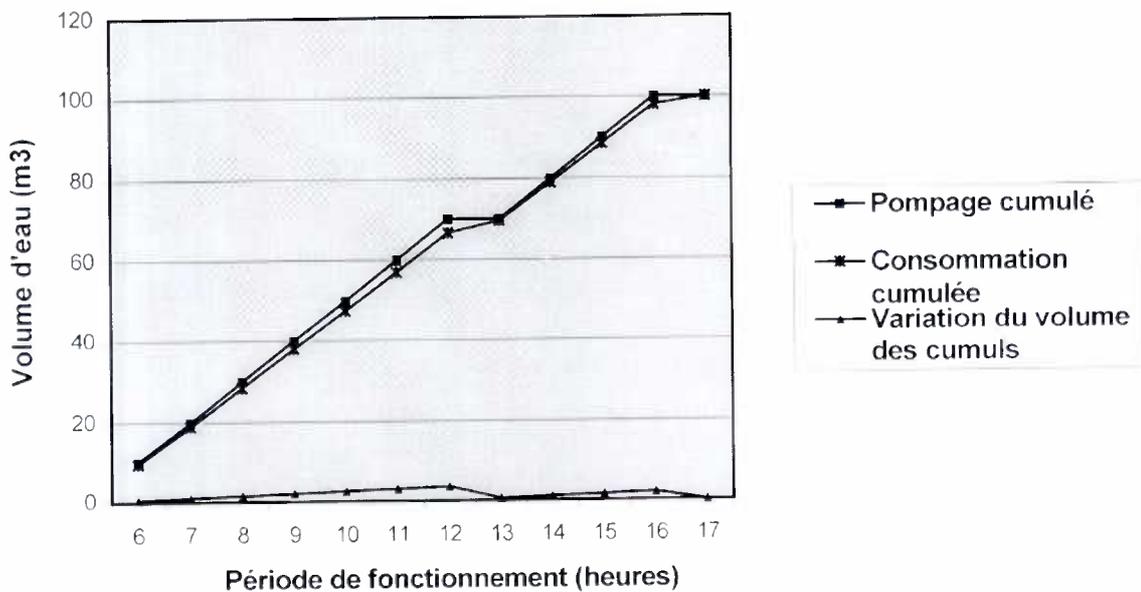


Figure N°4

• Dimensions géométriques du château

Nous considérerons pour le château, une section circulaire de diamètre D_1 , de hauteur utile h_1 , et de volume V_1 .

Nous fixons la hauteur utile dans les plages de valeurs suivantes : $1.50m \leq h_1 \leq 3m$.

Pour $h_1=1.60m$, on obtient $D_1=2.00m$.

Nous retiendrons pour le château, les dimensions caractéristiques suivantes :

- ❖ **Forme circulaire**
- ❖ **Hauteur utile $h_1=1.60\text{m}$**
- ❖ **Diamètre de la section circulaire**
 $D_1=2.00\text{m}$
- ❖ **Volume utile $V_1=5.00\text{m}^3$**

♦ Vérification du temps de contact entre le chlore et la masse d'eau pompée

Le temps minimal de contact à assurer entre le chlore et une particule d'eau pour assurer l'efficacité du chlore est de 30 minutes. Le débit d'alimentation de la conduite de distribution est au plus égal à 1.852l/s soit $6.667\text{m}^3/\text{h}$. Cela correspond à un temps de vidange de 60 minutes pour un château d'eau de 6.67m^3 . Pour un château de 5m^3 , le temps de vidange serait de 45 minutes. Cela signifie que toutes les particules d'eau contenues dans le château auront un temps de contact minimal de 45 minutes lorsque le mélange avec le chlore est homogène. L'injection du chlore se faisant dans la conduite de refoulement, nous pouvons considérer que le mélange est homogène, et par conséquent, le temps minimal de contact avec le chlore est garanti.

4-3-2-2°) Le château du poste de PEA2

Le volume journalier exploitable est de 90m^3 . Le débit moyen de pompage est de $8\text{m}^3/\text{h}$, ce qui correspond à un temps de fonctionnement de 13 heures par jour. Le débit délivré au niveau des fontaines est de $3\text{m}^3/\text{h}$ et par borne fontaine soit $9\text{m}^3/\text{h}$ pour les trois bornes fontaines. Cependant, pendant les heures creuses (entre 12 h et 15 h), le service n'est pas continu. Comme pour PEA1, nous avons donc émis l'hypothèse que c'est la moitié du volume horaire qui est consommé entre 12 heures et 13 heures, ce qui correspond à un débit de $1.24\text{m}^3/\text{h}$ soit $3.73\text{m}^3/\text{h}$ pour l'ensemble des trois bornes fontaines.

Les heures de fonctionnement de la pompe seront choisies de 6 h à 12 h, 13 h à 18h.

La variation maximale de volume observée entre le volume d'eau pompée et celui consommée est de $\Delta V_{\text{max}}=5.07\text{m}^3$. Nous avons retenu un volume de $V=5.50\text{m}^3$ pour le château.

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

Tableau N°18 de simulation de la capacité du château d'eau de PEA2.

Temps (heures)	6h-7h	7h-8h	8h-9h	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Volume pompé (m ³)	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	0	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	0
Cumul du pompage (m ³)	8.25	16.5	24.75	33	41.25	49.50	49.50	57.75	66	74.25	82.50	90.75	90.75
Cumul de la consommation	7.45	14.19	22.35	29.8	37.25	44.70	48.43	55.88	63.33	70.78	78.23	85.68	90
ΔV (m ³)	0.8	1.6	2.4	3.2	4	4.8	1.07	1.87	3.33	3.47	4.27	5.07	0.75

**Graphique représentatif de la simulation de la capacité du
château du poste PEA2**

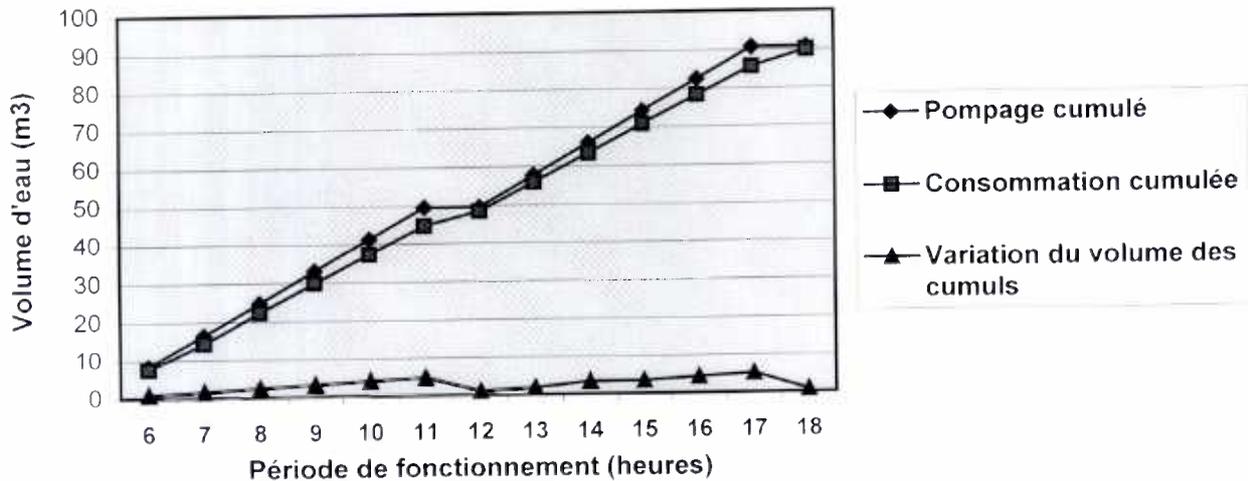


Figure N°5

• **Dimensions géométriques du château**

Les dimensions géométriques sont fixées par les mêmes hypothèses que pour le poste PEA1

Nous retiendrons pour le château, les dimensions caractéristiques suivantes :

- ❖ **Forme circulaire**
- ❖ **Hauteur utile $h_2=1.75\text{m}$**
- ❖ **Diamètre de la section circulaire $D_2=2.00\text{m}$**
- ❖ **Volume utile $V_2=5.50\text{m}^3$**

♦ Vérification du temps de contact entre le chlore et la masse d'eau pompée

Le débit d'alimentation de la conduite de distribution est au plus égal à 1.667l/s soit 6m³/h. Cela correspond à un temps de vidange de 60 minutes pour un château d'eau de 6m³ soit un minimal de 10mn/m³. Pour un château de 5.5m³, le temps de vidange serait 60 minutes environ. Cela signifie que toutes les particules d'eau contenues dans le château auront un temps de contact minimal de 50 minutes avec un mélange homogène. L'injection du chlore se faisant dans la conduite de refoulement, nous pouvons considérer que le mélange est homogène, et par conséquent, le temps minimal de contact avec le chlore est garanti

4-3-3°) Hauteurs géométriques du radier des châteaux

Les hauteurs géométriques des radiers seront fixées de façon à satisfaire une pression de service minimale 5mCE au niveau du nœud de service le plus élevé.

Les paramètres qui rentrent en jeux sont :

- La cote (Z_X) du nœud de service X ;
- Les pertes de charge totales (ΔH_{C-X}) entre le nœud X et le château C ;
- La pression (P_X) à assurer au nœud X.

Ainsi, pour chaque nœud de service, nous avons la relation suivante :

$$Z_C = Z_X + P_X + \Delta H_{C-X} ; Z_C \text{ étant la cote du radier du château.}$$

Les pertes de charges linéaires sont déterminées par la formule de MANNING et STRICKLER, auxquelles s'ajoutent les pertes de charges singulières. Nous avons pris les pertes de charges singulières égales à 10% des pertes de charges linéaires.

4-3-3-1°) Le château du poste PEA1

Nous avons 3 nœuds de service dont un est situé au pied du château (voir le tracé de la conduite sur le plan).

Le tableau suivant donne les valeurs des différents paramètres pour les 3 nœuds de service.

Tableau N°19 des caractéristiques des nœuds de service pour le poste PEA1

Nœuds de service	Cote TN (Z_X) (m)	Pression minimale (mCE)	Pertes de charges totales ΔH_{C-X} (m)	Cote minimale du radier Z_C (m)	Pression de service réellement obtenue P_X (m)
Château	298.75	5	0	303.75	5.50
A	296.90	5	0.68	302.58	6.67
B	298.25	5	1.00	304.25	5.00

Le nœud le plus contraignant est le nœud « B », sa cote géométrique est plus élevée que celui des autres. Nous choisirons donc $Z_C=304.25\text{m}$ comme cote de radier du château.

4-3-3-2°) Le château du poste PEA2

Nous avons 3 nœuds de service dont un est situé au pied du château (voir le tracé de la conduite sur le plan des nœuds).

Le tableau suivant donne les valeurs des différents paramètres pour les 3 nœuds de service.

Tableau N°20 des caractéristiques des nœuds de service pour le poste PEA2

Nœuds de service	Cote TN (Z_N) (m)	Pression minimale (mCE)	Pertes de charges totales ΔH_{C-X} (m)	Cote minimale du radier Z_C (m)	Pression de service réellement obtenue P_X (m)
Château	303.57	5	0	308.57	8.07
A	303.00	5	1.36	309.36	7.28
B	303.00	5	1.64	311.64	5.00

Le nœud le plus contraignant est le nœud « B » et c'est lui qui impose une cote de 311.64m au radier du château.

4-4°) Les équipements de forage

4-4-1°) groupe de pompage

Le choix des groupes de pompage tient compte de plusieurs facteurs :

- La source de l'eau pompée ;
- Le marnage du plan d'eau ;
- Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau ;
- La hauteur de refoulement ;
- Les pertes de charges linéaires et singulières qu'il faut vaincre pour assurer le refoulement dans le château.

Pour les deux sites, les sources de l'eau pompée sont des forages dont les eaux sont claires et ne contiennent pas de matériaux lourds. Le marnage est fonction du rabattement maximum du niveau de la nappe qui tourne autour de 5m pour les deux sites.

4-4-1-1°) Description des besoins

Il s'agit de choisir un groupe de pompage capable d'assurer l'exhaure d'un forage dont le niveau dynamique se situe à une profondeur H_{ND} par rapport au sol. La hauteur de refoulement se situe à une altitude H_R par rapport au sol.

Notre choix se fera parmi les groupes immergés de forage.

4-4-1-2°) Calcul de la hauteur manométrique

Elle est déterminée par la somme de toutes les pertes sur la conduite de refoulement et la hauteur géométrique du château.

❖ Hauteur géométrique H_G du château par rapport au niveau dynamique de la nappe :

$$H_G = Z_R + H_{ND} + h \text{ avec } h, \text{ comme hauteur de la cuve du château.}$$

❖ Hauteur manométrique HMT : $HMT = H_G + \Delta H$, ΔH étant la somme de toutes les pertes de charge dans la conduite de refoulement, y compris les pertes de charges singulières.

4-4-1-2°) Choix des groupes de pompage

4-4-1-2-1°) Groupe de pompage du poste PEA1

- Le débit à pomper est de $10\text{m}^3/\text{h}$ soit 3.33l/s ;
- La hauteur géométrique est par rapport au terrain naturel $H_R=5.50\text{m}$
- La profondeur du niveau dynamique de la nappe est $H_{ND}=30\text{m}$
- Les pertes de charges linéaires s'élèvent à 0.16m dans la conduite de refoulement ; on s'accorde une perte de charge singulière de 2m .
- La hauteur manométrique sera donc : $HMT = H_R + 30\text{m} + 2 + \Delta h = 37.66\text{m}$

La pompe sera choisie dans les groupes spécialisés à partir des caractéristiques suivantes :

- $HMT=37.70\text{m}$
- Diamètre de forage $\phi_f=4''$;
- Débit de pompage $Q=10\text{m}^3/\text{h}$

En consultant la plage d'utilisation des groupes spécialisés, le groupe le mieux adapté est celui immergé de forage. Les catalogues des constructeurs guident vers les marques GRUNDFOS. La pompe choisie est de la série SP8-15 (2.2kw). les principales spécifications techniques sont :

- HMT=37.70m ;
- Débit $Q=10.30\text{m}^3/\text{h}$;
- Puissance nominale $P_N=2.2\text{kw}$;
- Vitesse de rotation $N=2820\text{tr}/\text{min}$;
- Fréquence de fonctionnement ; $f=50\text{Hz}$
- Rendement du moteur $\eta_m=69\%$
- Nombre d'étage 8

❖ Calculs énergétiques

◆ Calcul du rendement hydraulique (η_H)

Le rendement hydraulique est défini par le rapport de la puissance utile fournie par la pompe sur sa puissance nominale

Les calculs conduisent aux résultats suivants :

- $P_u=1.06\text{kw}$
- $P_N=2.2\text{kw}$
- $\eta_H=48.1\%$

◆ Calcul de l'énergie dissipée sur l'arbre du moteur par effet Joule

L'énergie dissipée sur l'arbre du moteur est donnée par le rapport entre la puissance utile et le rendement du moteur d'entraînement de l'arbre de la pompe et le rendement de la pompe, elle-même.

Le rendement du moteur est $\eta_m=69\%$.

Nous obtenons $P_m=3.20\text{kw}$, ce qui correspond à une consommation d'électricité journalière de 32kwh pour 10 heures de fonctionnement par jour soit une mensuelle de **959.80kwh**.

4-4-1-2-2°) Groupe de pompage du poste PEA2

- Le débit à pomper est de $6\text{m}^3/\text{h}$ soit $1.67\text{l}/\text{s}$;
- La hauteur géométrique est $H_R=Z_C-Z_{TN}+h$, h étant la hauteur de la cuve de la château.
- La profondeur du niveau dynamique de la nappe est $H_{ND}=50\text{m}$
- La hauteur géométrique est : $H_R=8.07\text{m}$
- Les pertes de charges s'élèvent à 0.36m dans la conduite de refoulement ; on s'accorde une perte de charge singulière de 2m.
- La hauteur manométrique sera donc : $HMT=60.43\text{m}$.

La pompe sera donc choisie dans les groupes spécialisés à partir des caractéristiques suivantes :

- HMT=60.50m
- Diamètre de forage $\phi_f=4''$;
- Débit de pompage $Q=6\text{m}^3/\text{h}$;

En consultant la plage d'utilisation des groupes spécialisés, le groupe le mieux adapté est celui immergé de forage. Les catalogues des constructeurs guident vers les marques GRUNDFOS. La pompe sera choisie dans la série SP de cette marque.

Nous choisirons donc la pompe SP8-15 ayant les caractéristiques suivantes :

- HMT=60.80m ;
- Débit $Q=8\text{m}^3/\text{h}$;
- Puissance nominale $P_N=2.2\text{kw}$;
- Vitesse de rotation $N=2820\text{tr}/\text{min}$;
- Fréquence de fonctionnement ; $f=50\text{Hz}$
- Rendement du moteur $\eta_m=69\%$
- Nombre d'étage 8

❖ Calculs énergétiques

◆ Calcul du rendement hydraulique

Le rendement hydraulique est défini par le rapport de la puissance utile fournie par la pompe sur sa puissance nominale.

Les calculs conduisent aux résultats suivants :

- $P_u=1.32\text{kw}$
- $P_N=2.2\text{kw}$
- $\eta_H=60\%$

◆ Calcul de l'énergie dissipée sur l'arbre du moteur par effet Joule

L'énergie dissipée sur l'arbre du moteur est donnée par le rapport entre la puissance utile et le rendement du moteur d'entraînement de l'arbre de la pompe.

Le rendement du moteur est $\eta_m=69\%$.

Nous obtenons $P_m=3.19\text{kw}$, ce qui correspond à une consommation d'électricité journalière de 38.26kwh pour 12 heures de fonctionnement soit une mensuelle de **1147.83kwh**.

4-4-2°) Conduites de refoulement

Les conduites de refoulement pour les deux sites seront connectées aux électro-pompes d'exhaure et communiqueront avec l'unité de stockage dans laquelle se fait le refoulement.

Le choix d'une conduite de refoulement est dicté par les considérations techniques et économiques. Il faut en effet limiter la consommation d'énergie en minimisant les pertes de

charge résultant d'un petit diamètre tout en minimisant l'investissement initial par un diamètre minimal acceptable pour la conduite. Nous choisirons les conduites ayant une pression de service nominale de $P_N=10$ bars pour les PVC.

Le refoulement pur a une longueur de 40.90m pour PEA1 et 65.00m pour PEA2.

Les débits transitant dans ces conduites sont de 3.33l/s pour PEA1 et 2.29l/s pour PEA2.

Le diamètre de la conduite sera choisi en respectant les conditions limites de vitesse dans les canalisations en charge. Le diamètre économique théorique peut être déterminé par la formule de l'EIER. On prendra le diamètre commercial immédiatement supérieur.

Les résultats sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°21 dimensions des caractéristiques des conduites de refoulement

Postes	Q(l/s)	D _{th}	DN	Vitesse (m/s)
PEA1	3.33	78.83	PVC DN80/90	0.79
PEA2	2.29	60.78	PVC DN63/75	0.73

Les conduites seront équipées d'une vanne de sectionnement, d'un manomètre et d'une ventouse de purge d'air. Le manomètre permettra de contrôler la pression dans la conduite.

◆ Calcul et Vérification des coups de bélier dans les conduites de refoulements

Les coups de bélier proviennent des variations de pression dans les conduites, variations pouvant résulter de l'arrêt brusque des pompes suite à une coupure d'électricité ou de fermeture brusque des vannes de sectionnement. L'objectif est de vérifier la possibilité de production d'onde de coup de bélier afin de prévoir les équipements qui s'imposent.

◆ -1° Calculs

La valeur maximale de la variation de pression produite par le coup de bélier est donnée par la

relation suivante : $\Delta H = \frac{a \times V_0}{g}$ avec : a = célérité de la propagation des ondes dans la

conduite en m/s, V_0 = vitesse d'écoulement dans la conduite avant le phénomène d'oscillation des ondes (m/s) ; g = accélération de la pesanteur ($g=9.81$ m/s²).

Les valeurs extrêmes de la pression dans la conduite pendant le coup de bélier sont :

$P = H_G \pm \Delta H$, avec H_G = hauteur géométrique de la conduite de refoulement.

◆ -2°) Résultats

◆ -2-1°) Forage du poste PEA1

La conduite est en PVC DN80, $K=33.33$. On obtient $a=397.73\text{m/s}$.

La vitesse initiale dans la conduite est de 0.79m/s .

La valeur de la variation de pression est donc $\Delta H=32.03\text{m}$

La hauteur géométrique est $H_G=37.400\text{m}$;

Les valeurs extrêmes de la pression sont :

$$P1=69.43\text{m}$$

$$P2=5.37\text{m}$$

La pression maximale n'atteint pas les 10bars de la pression nominale de fonctionnement des conduites et la minimale est positive. Il n'y a donc pas de risque de surpression ni de dépression. La protection contre les coups de bélier n'est donc pas nécessaire.

◆ -2-2°) Forage du poste PEA2

La conduite est en en PVC DN63. On obtient $a=397.73\text{m/s}$.

La vitesse initiale dans la conduite est de 0.73m/s .

La valeur de la variation de pression est donc $\Delta H=29.60\text{m}$

La hauteur géométrique est $H_G=59.87\text{m}$;

Les valeurs extrêmes de la pression sont :

$$P1=89.47\text{m}$$

$$P2=30.27\text{m}$$

La pression maximale n'atteint pas les 10bars de la pression nominale de fonctionnement des conduites et la minimale est positive. Il n'y a donc pas risque de surpression ni de dépression. La protection contre les coups de bélier n'est donc pas nécessaire.

4-5°) Les équipements de l'unité de traitement

Les résultats de l'analyse physico-chimique attestent que le système de chloration actuellement utilisé est performant. Il garantit à l'eau toutes ces qualités de potabilité. C'est donc la chloration que nous préconisons. Cette chloration se fera à l'aide d'une pompe doseuse et d'un bac de chloration

◆ La pompe doseuse

Elle sera munie d'un clapet anti-retour, et à débit réglable entre 2 et 4l/h pour permettre la chloration au taux de 1g/m^3 par injection dans la conduite de distribution. Elle sera raccordée

à l'armoire de commande pour permettre un fonctionnement simultané avec les pompes du forage.

5°) Mise en œuvre des différents équipements

5-1°) Les équipements de distribution

La partie aérienne de la conduite de distribution sera en fonte ductile (raccordement au château) ayant un diamètre compatible avec celui du PVC enterrée se raccordant (DN42/50)

La partie enterrée sera posée à une profondeur de 80 cm sur une couche de sable de 10cm. Le raccordement des conduites se fera par des joints plastiques. Celui aux bornes fontaines se fera par l'intermédiaire des tés de raccordement dont l'étanchéité sera assurée par des fibres flexibles.

Des vannes de sectionnement seront prévus sur chaque prise le long de la conduite pour permettre l'isolement des tronçons pendant les réparations.

Les conduites seront posées dans les fosses de 50 cm de largeur, et protégées par un grillage bleu de pré-signalisation.

Les tuyaux des bornes fontaines passeront dans des massifs de béton pour permettre la dissipation de l'énergie due à la pression de l'eau régnante dans la conduite. Cette disposition assure une pérennité pour les bornes fontaines.

Le puits perdu communique avec la terrasse des fontaineries à l'aide d'une conduite en fonte ductile DN80 sur une longueur 5m. La fouille aura une section circulaire pour qu'elle soit stable. Elle sera remplie de gravillons de 5 cm de diamètre.

5-2°) Les équipements de forage

Les pompes seront installées en dessous du niveau de rabattement maximal observé lors des essais de pompage. Elles seront connectées aux conduites de refoulement par l'intermédiaire des colonnes montantes de diamètres DN70 pour PEA2 et DN90 pour PEA. Ainsi, un réducteur de diamètre sera nécessaire pour PEA1. Chaque colonne de refoulement sera fixée par de colliers.

Les pompes seront munies de trois électrodes :

- Une électrode haute ;
- Une électrode basse ;
- Et une électrode de masse.

Elles seront connectées au réseau d'électricité de la SONABEL par l'intermédiaire des câbles d'alimentation du moteur.

La conduite de refoulement sera fixée par des colliers sur des supports métalliques à la sortie du forage et dans les changements de direction pour amortir les perturbations dues à la pression de l'eau dans la conduite. Elles seront aussi munies de ventouses de purge d'air, d'un manomètre, et d'une vanne de sectionnement.

5-3°) Les équipements de stockage

Le château sera métallique et munis des éléments suivants :

- ❖ Un by-pass ;
- ❖ Une conduite d'évacuation de trop plein dont la cote est située à 10 cm au-dessus du refoulement dans le château, et à 10 cm en dessous de la cuve du château. Elle communiquera avec le canal de drainage le plus proche ;
- ❖ Une conduite de vidange communiquera avec le trop plein et permettra la vidange du château pour les nettoyages et les travaux de réparation ;
- ❖ Une échelle permettra d'assurer l'accès à la cuve du château ;

X) PROPOSITION D'UN MODE DE GESTION (Facturation de l'eau des Bornes fontaines)

L'érection des PEA en borne fontaine(BF), entraînera des incidences liées à des modifications sur les habitudes de service et de consommation. Elle entraînera une amélioration du niveau de service. Le niveau de service ne permettant pas une prise en charge immédiate des installations par un comité de gestion, nous pensons que la gestion doit rester dans la main de l'ONEA pour au moins les dix premières années de la mise en exploitation des BF. Pendant cette période, l'ONEA doit pouvoir :

- Récupérer ses fonds de premiers investissements ;
- Ré dynamiser le comité de gestion des forages afin de les préparer à la prise en charge totale des installations dans un futur très proche ;
- Créer une épargne permettant de préparer le comité de gestion à procéder aux renouvellements des investissements, et à augmenter le nombre de BF par la mise en exploitation de nouveaux forages.
- Créer au sein du comité une cellule d'animation pour la localité, préparant les consommateurs à s'adapter aux nouvelles technologies mise en place. Elle devra convaincre les populations à prendre l'eau au prix comptant, plus cher que l'eau des forages à motricité humaine ne garantissant pas à l'eau, ses qualités bactériologiques après

Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau Atonomes de l'ONEA

l'exhaure. Dans cette démarche, la cellule devra s'appuyer sur le fait que les BF garantissent à l'eau, ses qualités bactériologiques après l'exhaure et constituent aussi un moyen de rapprochement des consommateurs des lieux de service d'où un gain de temps pour les populations.

◆ Facturation de l'eau servie au niveau des bornes fontaines

L'eau doit être vendue au même prix sur l'ensemble des six bornes fontaines. Le prix de vente sera fixé de façon à :

- Couvrir les frais d'entretien et de fonctionnement des installations ;
- Générer une épargne permettant d'assurer le renouvellement des investissements.

Une facturation autour du tarif habituel des bornes fontaines de l'ONEA est souhaitable. Un tarif raisonnable pourra être fixé à partir des résultats des calculs du prix de revient du m³ d'eau distribuée.

Le mode de valorisation de l'eau restera la même que celui des PEA actuels. Les bornes fontaines autres que celles placées au lieu de service des PEA, seront confiées à des abonnés ordinaires qui, tout en vendant l'eau au tarif fixé par l'ONEA, s'occupent de l'entretien de leurs bornes fontaines, tandis que ceux situés au niveau des PEA devront rester dans les mains des gérants actuels de ces PEA. Ils sont responsables de leurs bornes fontaines et s'occuperont par conséquent, de la réparation de toute panne intervenant après le compteur d'abonné.

L'eau leurs sera facturée régulièrement en fonction de l'indication du compteur posé au niveau de leur BF. Ils pourront solliciter l'intervention des agents de l'ONEA contre facturation des frais d'interventions.

Les frais d'entretien des unités de pompage, de traitement, et de distribution pourront être payés dans les ressources générées par la vente de l'eau. Les services d'entretien peuvent être assurés à cet effet, soit par l'ONEA, soit par une société qui sera rémunérée dans la limite des ressources disponibles.

Les exploitants des BF seront soumis aux règles de pénalités en vigueur par rapport au retard dans le paiement des factures, ou tout autre mauvais comportement pouvant nuire au bon fonctionnement des postes ou à la distribution de l'eau aux populations.

XI°) ANALYSE ECONOMIQUE

L'objectif de cette analyse est de déterminer le prix de revient du m³ d'eau distribuée et prévoir l'incidence de la modification sur le fonctionnement actuel des installations. Elle consistera donc à procéder aux opérations suivantes :

- Le métré des différents équipements ;
- L'estimation des coûts d'investissements initiaux ;
- Le calcul des coûts de fonctionnement et d'entretien des différents équipements ;
- L'estimation du prix de revient du m³ d'eau distribué pour chaque unité de production (forage) ;
- L'étude par des hypothèses de tarification, de la rentabilité financière des unités de production (On entend par unité de production, l'ensemble des bornes fontaines alimentés par un même système de pompage, de traitement, de stockage et de distribution).

1°) L'avant métré des différents équipements

1-1°) Equipements du poste PEA1 (Cf. au schéma suivant et du schéma d'installation hydraulique)

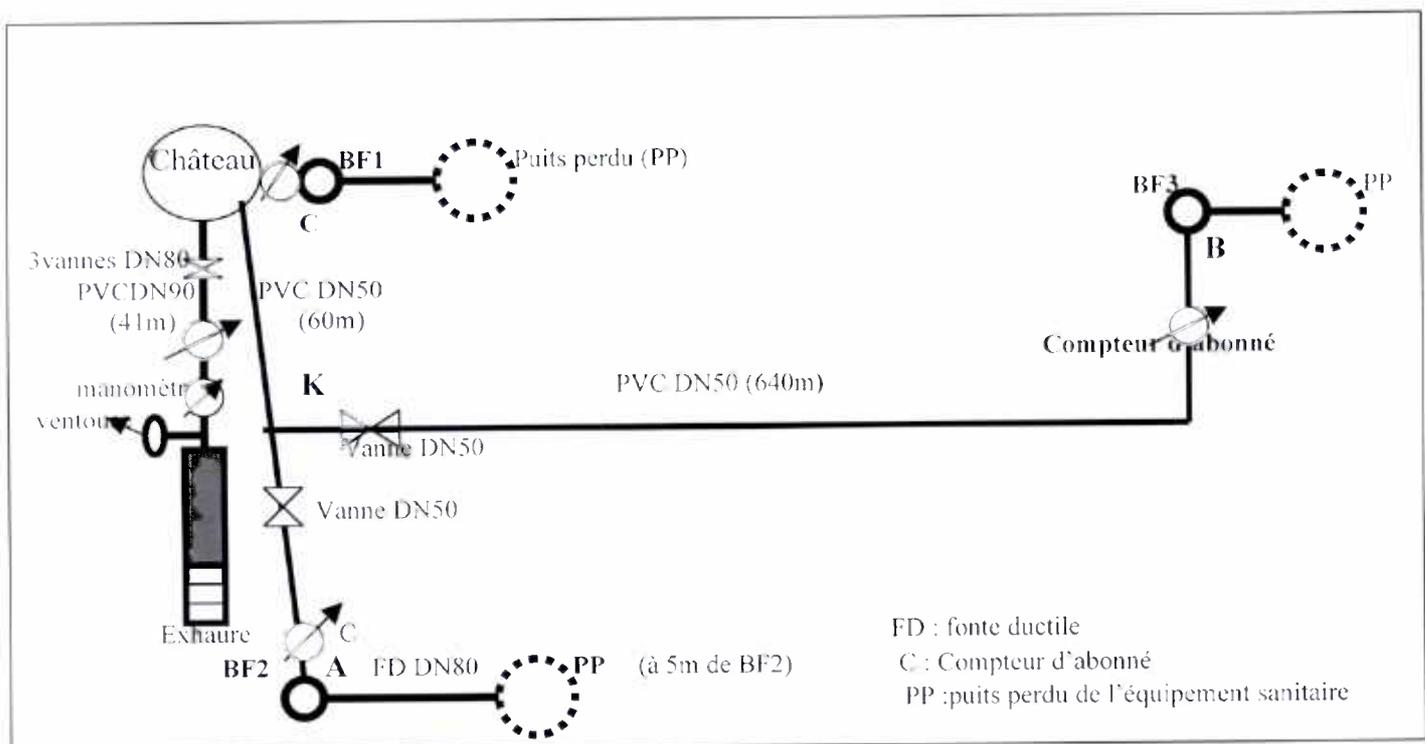


Figure N°6

1-1-1°) Les équipements de forage

Ils concernent :

- L'équipement d'exhaure : un groupe électro-pompe immergé, dont la puissance nominale du moteur est 2.2kw ;
- Une conduite de refoulement en PVC DN80/90 sur une longueur de 41m
- Les organes annexes : vannes de sectionnement, ventouses, etc.

1-1-2°) Les équipements de stockage

Le stockage concerne le château, les organes annexes (vannes de sectionnement, conduites de trop plein, conduites de vidange, etc.).

Le château a un volume utile de $5.5m^3$. Il sera réalisé en tôle d'acier métallique.

Nous estimons la longueur de la conduite de vidange à 50m. Ils seront en PVC DN80/90.

Nous avons aussi les vannes de vidange et les vannes de sectionnement.

1-1-3°) Les équipements de distribution

Les équipements de distribution concernent :

- Les conduites de distribution ;
- Les bornes fontaines et les équipements annexes.

Les conduites de distribution sont constituées des diamètres DN42/50 sur 1056m

Les bornes fontaines sont au nombre de trois(3). Chaque borne fontaine est équipée de :

- 2 robinets vannes de service ;
- Un té de raccordement branché sur un DN42/50 ;
- Un tuyau galva DN40 de 2m ;
- Un massif de béton servant d'encrage pour le tuyau galva des robinetteries ;
- L'équipement sanitaire constitué d'un puits perdu réalisé dans une fouille de 3m de profondeur et 2.70m de diamètre. Cela correspond à un volume de fouille et de gravillon de $17.20m^3$.

1-2°) Equipements du poste PEA2 (cf. au schéma suivant et du celui d'installation hydraulique)

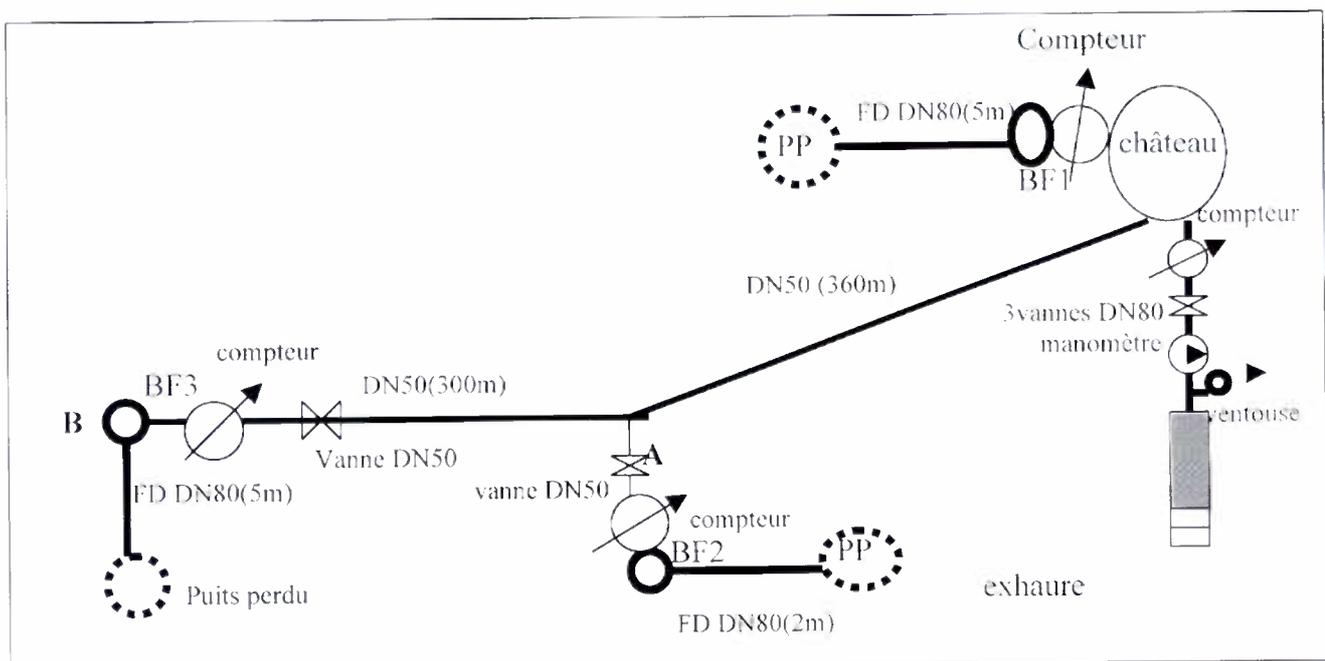


Figure N° 7

1-2-1°) Les équipements de forage

Ils concernent :

- L'équipement d'exhaure : un groupe électro-pompe immergé, dont la puissance nominale du moteur est 2.2kw ;
- Une conduite de refoulement en PVC DN63/75 sur une longueur de 75m
- Les organes annexes : vannes de sectionnement, ventouses, etc.

1-2-2°) Les équipements de stockage

Le stockage concerne le château, les organes annexes (vannes de sectionnement, conduites de trop plein, conduites de vidange, etc.).

Le château a un volume utile de 5.0m³. Il sera réalisé en tôle d'acier métallique.

Nous estimons la longueur de la conduite de vidange à 50m. Il sera en PVC DN80/90. Nous avons aussi les vannes de vidange et les vannes de sectionnement.

1-2-3°) Les équipements de distribution

Les équipements de distribution concernent :

- Les conduites de distribution ;
- Les bornes fontaines et les équipements annexes.

Les conduites de distribution sont constituées des diamètres DN42/50 sur 660m.

Les bornes fontaines sont au nombre de six (6). Chaque borne fontaine est équipée de :

- 2 robinets vannes de service ;
- Un té de raccordement branché sur un DN42 ;
- Un tuyau galva DN40 de 2m ;
- Un massif de béton servant d'encrage pour le tuyau galva des robinetteries ;
- L'équipement sanitaire constitué d'un puits perdu réalisé dans une fouille de 3 m de profondeur et 2.70m de diamètre. Cela correspond à un volume de fouille et de gravillon de 17.20m³.

2°) Estimation des coûts d'investissements initiaux

Le présent coût est établi sur la base des résultats de l'avant métré des ouvrages et des coûts unitaires des équipements et opérations nécessaires à la réalisation des différents ouvrages.

Les coûts unitaires ont été choisis conformes au contenu des bordereaux de prix fournis par l'ONEA.

Le tableau suivant donne les coûts unitaires, les résultats de l'avant métré, et les coûts globaux des différents équipements.

2-1°) Coûts d'investissements pour le poste PEA1

Tableau N°22 du devis estimatif des équipements du poste PEA1.

N° d'ordre	Désignation des ouvrages	Unités	Quantité	Prix unitaires (FCFA)	Prix totaux (FCFA)
1	Installation du chantier	ff	1	400 000	400 000
	Sous total 1				400 000
2	Equipements de forage				
2-1	◆ Réalisation d'un forage de	u	1	5 500 000	5 500 000

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

2-2	débit d'exploitation 10m ³ /h ◆ Démontage d'une pompe existante fourniture et pose d'une nouvelle pompe de 10m ³ /h refoulant à 38.20m	u	1	1 500 000	1 500 000
2-3	◆ Fourniture et installation d'une armoire électrique pour commande d'une pompe de 2.2kw avec accessoires	U	1	450 000	450 000
2-4	◆ Regard de visite de 1.50mx1mx1.30m avec couverture en tôle métallique	U	1	312 000	312 000
2-5	◆ Conduite de refoulement au château :DN80/90	ml	41	3695	151495
2-6	◆ Fourniture et pose d'une vanne de sectionnement DN80	u	1	160 000	160 000
2-7	◆ Fourniture et pose d'une ventouse DN40 +compteur DN50	u	1	165 000	165 000
2-8	◆ Fourniture et installation d'un parafoudre	u	1	200 000	200 000
2-9	◆ Fourniture et installation d'une sonde lumineuse	u	1	750 000	750 000
Sous total 2					9 188 495
3	<u>Equipement de stockage</u>				
3-1	◆ Construction d'un château d'eau métallique de volume utile égal à 5.5m ³ dont les cotes radier et hauteur de la cuve se situent à 5.90m et 8.90m du sol	u	1	5 000 000	5 000 000
3-2	◆ Fourniture et pose des robinets vannes DN75/80	ff	3	6 500	19 500
	◆ Une crépine à l'entrée de la conduite de distribution	ff	1	25000	25000
<u>Sous total 3</u>					5 044 500
4	<u>Equipement de distribution</u>				
4-1	❖ Fourniture et pose des conduites en PVC DN42/50	ml	1056	1076	1 136 256
4-2	◆ Fourniture et pose des raccords des conduites PVC DN42/42	U	10% des conduites		113 626
4-3	◆ Fourniture et pose des robinets vannes DN42/50	U	3	160 000	480 000
4-4	◆ Fourniture et pose d'une bouche à clé	U	3	5 500	16 500

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

4-5	◆ Fourniture et pose d'un té de raccordement DN42/50	U	3	10 000	30 000
4-6	◆ Fourniture et pose d'un bouchon DN42/50	u	1	2 500	2 500
4-7	◆ Fourniture et pose d'une borne fontaine, y compris le massif de béton	U	3	1 200 000	3 600 000
4-8	◆ Fourniture de sable pour la pose des conduites	M ³	91.08	2250	204 930
4-9	◆ Fouille en terrain ordinaire	M ³	528	702	370 656
4-10	◆ Fouille et remplissage d'un puits perdu pour l'équipement sanitaire	u	3	95 794	287 382
	Sous total 4				6 241 850
5	Equipements de traitement				
5-1	◆ Fourniture et installation d'une pompe doseuse	U	1	400 000	400 000
5-2	◆ Fourniture et installation d'un bac de chloration plus pompe agitateur	U	1	400 000	400 000
	◆ Clapet anti-retour	ff	1	25 000	25 000
	Sous total 5				825 000
6	◆ Total en tout taxe				21 699 845
	◆ Imprévus	5% du total			1 084 992
	◆ Total général TTC				22 784 837

Le coût du présent devis est estimé à 22 784 837F CFA TTC (vingt deux millions sept cents quatre vingt quatre mille huit cents trente sept francs CFA tous taxes comprises).

Les taxes sur la valeur ajoutée s'élevant à 18%, le coût hors taxe serait de 19 309 184F CFA.

2-2°) Coûts d'investissements pour le poste PEA2

Tableau N°23 du devis estimatif des équipements du poste PEA2.

N° d'ordre	Désignation des ouvrages	Unités	Quantité	Prix unitaires (FCFA)	Prix totaux (FCFA)
1	Installation du chantier	ff		400 000	400 000
	Sous total 1				400 000
2	Equipements de forage				
2-1	◆ Réalisation d'un forage de débit d'exploitation 8m ³ /h	u	1	5 500 000	5 500 000
2-2	◆ Démontage d'une pompe existante fourniture et pose d'une nouvelle pompe de	u	1	1 500 000	1 500 000

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

2-3	8m ³ /h refoulant à 60.80m ◆ Fourniture et installation d'une armoire électrique pour commande d'une pompe de 2.2kw avec accessoires	U	1	450 000	450 000
2-4	◆ Regard de visite de 1.50mx1mx1.30m avec couverture en tôle métallique	U	1	312 000	312 000
2-5	◆ Conduite de refoulement au château :DN63/75	ml	75	1615	121 125
2-6	◆ Fourniture et pose d'une vanne de sectionnement DN75/80	u	1	140 000	140 000
2-7	◆ Fourniture et pose d'une ventouse DN40 +compteur DN50	u	1	165 000	165 000
2-8	◆ Fourniture et installation d'un parafoudre	u	1	200 000	200 000
2-9	◆ Fourniture et installation d'une sonde lumineuse	u	1	750 000	750 000
	Sous total 2				9 138 125
3	Equipement de stockage				
3-1	◆ Construction d'un château d'eau métallique de volume utile égal à 5m ³ dont les cotes radier et hauteur de la cuve se situent à 10.03m et 13.03m du sol	u	1	5 000 000	5 000 000
3-2	◆ Fourniture et pose des robinets vannes DN75/80	ff	3	6 500	19 500
	◆ Une crépine à l'entrée de la conduite de distribution	ff	1	25000	25000
	Sous total 3				5 044 500
4	Equipement de distribution				
4-1	◆ Fourniture et pose des conduites en PVC DN42/50	ml	660	1076	710 160
4-2	◆ Fourniture et pose des raccords des conduites PVC DN42	U	10% des conduites		71016
4-3	◆ Fourniture et pose des robinets vannes DN42/50	U	3	6 500	19 500
4-4	◆ Fourniture et pose d'une bouche à clé	U	3	5 500	16 500
4-5	◆ Fourniture et pose d'un té de raccordement DN42/DN42	U	3	10 000	30 000
4-6	◆ Fourniture et pose d'un bouchon DN42/50	U	1	2 500	2 500
4-7	◆ Fourniture et pose d'une				

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

	borne fontaine, y compris le massif de béton	U	1	1 200 000	3 600 000
4-8	◆ Fourniture de sable pour la pose des conduites	M ³	33	2250	74250
4-9	◆ Fouille en terrain ordinaire	M ³	330	702	231660
4-10	◆ Fouille et remplissage d'un puits perdu pour l'équipement sanitaire	U	3	95 794	287 382
4-12	Sous total 4				5 042 968
5	Equipements de traitement				
5-1	◆ Fourniture et installation d'une pompe doseuse	U	1	400 000	400 000
5-2	◆ Fourniture et installation d'un bac de chloration plus pompe agitateur	U	1	400 000	400 000
	◆ Clapet anti-retour	ff	1	25 000	25000
	Sous total 5				825 000
6	◆ Total en tous taxe				20 450 593
	◆ Imprévus	5% du total			1 022 530
	◆ Total général en tout taxe				21 473 123

Le coût du présent devis est estimé à **21 473 123 CFA TTC (vingt un millions quatre cents soixante treize mille cent vingt trois francs CFA, tous taxes comprises)**.

Les taxes représentant 18%, la valeur des investissements hors taxe serait de 18 197 562F CFA.

3°) Estimation des coûts d'entretien et de fonctionnement

Les coûts d'entretien et de fonctionnement sont estimés annuellement. Ils comprennent :

- ❖ Une partie proportionnelle ;
- ❖ Le renouvellement et l'entretien des installations.

3-1°) La partie proportionnelle

Elle comprend :

- L'énergie électrique consommée par les groupes de pompes et la pompe doseuse ainsi que par les autres équipements ;
- Le traitement de l'eau pompée par l'hypochlorite de calcium sur la base de 1g/m³.

3-1-1°) Poste PEA1 :

L'énergie électrique consommée par l'électro-pompe est estimée à 32kwh/j. Cela correspond à une consommation annuelle globale de 11680kwh/an dont 20% seront consommées en heures creuses. Cette quantité sera majorée de 1% pour tenir compte de la consommation des autres appareils électriques (lampes d'éclairage etc.), et de 5% pour tenir compte du vieillissement ultérieur des pompes. Les consommations énergétiques s'élèveront donc à 12380kwh/an.

L'hypochlorite de calcium est injecté à dose de 0.001kg/m³ d'eau. Le volume consommé par jour est de 100m³, ce qui correspond à une quantité de 0.1kg d'hypochlorite par jour soit 36.5kg par an.

3-1-2°) Poste PEA2 :

L'énergie électrique consommée par l'électro-pompe est estimée à 38.26kwh/j. Cela correspond à une consommation annuelle globale de 13965kwh/an dont 17% seront consommées en heures creuses. Cette quantité sera majorée de 1% pour tenir compte de la consommation des autres appareils électriques (lampes d'éclairage etc.), et de 5% pour tenir compte du vieillissement ultérieur des pompes. Les consommations énergétiques s'élèveront donc à 14802.80kwh/an.

L'hypochlorite de calcium est injecté à dose de 0.001kg/m³ d'eau. Le volume consommé par jour est de 90m³, ce qui correspond à une quantité de 0.09kg d'hypochlorite par jour soit 32.85kg par an.

3-2°) Le renouvellement et entretien de l'installation

- ❖ Le renouvellement sera calculé sur la base de la durée de vie légale des différents équipements et ouvrages, durée de vie admise par les industriels et concepteurs de projet. Ainsi cette durée a été choisie comme suit :
 - Château d'eau, conduites de distribution, branchements des bornes fontaines : pour 40 ans ;
 - Les pompes, les installations électriques pour une durée de vie de 15ans.
- Nous étalerons notre étude sur une période de 15 ans aux risques de ne pas voir nos résultats erronés pour une durée d'étude plus longue.
- ❖ L'entretien courant de l'installation concerne les interventions ponctuelles pour la conservation des superstructures, les réparations des fuites pouvant engendrer l'achat de

nouveaux matériels, les entretiens périodiques des installations de pompage et électromécanique, le nettoyage du château.

❖ Calculs

➤ Partie proportionnelle

▪ Energie électrique consommée

- Le coût énergétique annuel est donné par la relation suivante : $CE = TF \times p + TP \times t \times P$
avec :

CE= coût énergétique annuel ;

TF= tarif fixe applicable par kW souscrits par an ;

T= durée de fonctionnement annuelle de l'installation en heure ;

TP= terme proportionnel du tarif applicable F CFA/kWh consommé.

Au Burkina FASO, ces tarifs sont fixés comme suit :

- TF=20.083F CFA/kWh
- TP= 57F CFA/kWh en heures pleines et 108F CFA/kWh en heures de pointe et en basse tension.

Les heures pleines sont comprises entre 0heure et 10heures et de 14h à 16h, les autres périodes de la journée étant considérées comme heures de pointe.

▪ -1°) PEA1

- Consommation totale annuelle : 12380kwh dont 30% en heures de pointes et 70% en heures pleines

La consommation de 12380kwh correspond à une puissance souscrite de 3.40kw pour 10 heures de fonctionnement régulier par jour.

La durée moyenne de fonctionnement des installations est 3650 heures, calculée sur la base de 10 heures de fonctionnement par jour. Ainsi, le coût énergétique de l'installation sera :

- Fonctionnement en heures pleines $CE_1=402\ 104.48$ F CFA ;
- Fonctionnement en heures de pointe $CE_2= 495\ 206.80$ F CFA

Le coût global énergétique est de $CE_1=897\ 311$ F CFA/an.

▪ -2°) PEA2

- Consommation totale annuelle : 14802.80kw dont 36% en heures de pointes et 64% en heures pleines

La consommation de 14802.80kwh correspond à une puissance souscrite de 3.69kw pour 11 heures de fonctionnement régulier par jour.

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

La durée moyenne de fonctionnement des installations est 4015 heures, calculée sur la base de 11 heures de fonctionnement par jour. Ainsi, le coût énergétique de l'installation sera :

- Fonctionnement en heures pleines $CE_1=540\ 511.40\ \text{F CFA}$;
- Fonctionnement en heures de pointe $CE_2= 576\ 047.50\ \text{F CFA}$

Le coût global énergétique est de $CE_1=1\ 116\ 559\ \text{F CFA/an}$.

▪ **Traitement de l'eau**

▪ **-1°) PEA1**

La quantité d'hypochlorite utilisée est de 0.1kg par jour soit 36.50kg par an.

Nous évaluons le prix d'achat de l'hypochlorite à 5000F CFA/kg. Le volume traité par jour est 100m³.

Le coût annuel de traitement s'élèvera à **182 500 F CFA**.

▪ **-2°) PEA2**

La quantité d'hypochlorite utilisée par an est de 32.85kg. Avec le prix de 5000f/kg, le coût annuel revient à **164 250F CFA**.

➤ **Les renouvellements et les entretiens**

- ◆ Le renouvellement se fera conformément à la fin de la durée de vie légale des investissements initiaux.

Ainsi, on a les renouvellements tous les 15 ans pour les pompes, les équipements de traitement et les appareillages électromécaniques, et les renouvellements tous les 40ans pour les équipements de distribution, le château, les ouvrages de génie civil.

La valeur des investissements de renouvellement s'élève donc à :

- 3 72500F CFA tous les 15 ans et pour chaque poste ;
- 17 974 845F CFA pour le poste PEA1 et 16 725 593F CFA pour le poste PEA2 tous les 40 ans.

◆ **Les frais d'entretien :**

Les frais d'entretien ont été fixés en appliquant un pourcentage à la valeur d'achat des équipements. Ainsi nous avons appliqué les taux suivants :

- 10% pour les électro-pompes, les équipements de traitement et les armoires de commande ;

➤ 1% pour les équipements hydrauliques et de Génie Civil.

Les frais d'entretien s'élèvent donc à :

➤ 552 249F CFA pour le poste PEA1

➤ 539 756F CFA pour le poste PEA2

- Les investissements initiaux s'élèvent à 22 784 837F CFA pour le poste PEA1 et
21 473 123F CFA pour le poste PEA2 :

- Les dépenses annuelles s'élèvent à 1 632 060F CFA pour le poste PEA1 et
1 820 565FCFA pour le poste PEA2;

- La production annuelle est 36500m³ pour le poste PEA1 et 32850m³ pour le poste PEA2.

Tableau récapitulatif

Tableau N°24 des productions et des charges d'exploitation par poste.

postes	Charges annuelles (F CFA)		Productions annuelles (m ³ de volume d'eau)
	Charges	Valeurs	
PEA1	◆ Energie	897 311	36 500
	◆ Traitement de l'eau	182 500	
	◆ Frais d'entretien	552 249	
	◆ <u>Total 1</u>	<u>1 632 060</u>	
PEA2	◆ Energie	1 116 559	32 850
	◆ Traitement de l'eau	164 250	
	◆ Frais d'entretien	539 756	
	◆ <u>Total 2</u>	<u>1 820 565</u>	

4°) Calcul du prix de revient du m³ d'eau distribuée

Le calcul du prix de revient du m³ d'eau distribué consiste à faire le rapport entre la somme des dépenses actualisées y compris les dépenses d'investissements initiaux et nouveaux, et la somme des productions actualisées au cours d'une période bien déterminée.

Nous considérons un taux d'actualisation de 10%.

Les calculs d'actualisation nous conduisent aux résultats suivants :

Tableau N°25 du prix de revient du m³ d'eau distribuée par poste.

Postes	Prix de revient du m ³ d'eau distribuée (FCFA)
PEA1	127
PEA2	141

Si ces prix de revient sont supérieurs au tarif actuel de vente de l'eau, fixé par l'ONEA (96FCFA/m³ pour les PEA), il reste largement en dessous du prix à la borne fontaine (187F CFA/m³) encore mieux en dessous du prix des fontainiers et revendeurs d'eau de ZORGHO (respectivement 300F CFA/m³ et 1000F CFA/m³).

5°) Période de récupération des investissements initiaux

La période de récupération d'un investissement correspond à la date en laquelle, on pourra récupérer la valeur de l'investissement à partir des revenus qu'il génère. Pour le cas de cette étude, c'est la période à partir de laquelle, l'ONEA pourra récupérer ces investissements à compter de la date de mise en exploitation des bornes fontaines. Elle correspond à la date en laquelle la somme des flux de trésorerie actualisées devient nulle.

Dans cette étude, nous n'avons pas pris en compte la valeur résiduelle des équipements et ouvrages existant, ni les emprunts et les autres sources d'entrée de fond.

Les paramètres pris en compte sont :

- Les investissements initiaux et les renouvellements ;
- Les dépenses annuelles ;
- Les productions annuelles

Nous valorisons les productions annuelles à raison de 200F CFA/m³ d'eau distribuée au niveau des bornes fontaines. Ce tarif n'est pas très loin du tarif actuellement appliqué sur les bornes fontaines de l'ONEA (187F CFA/m³) et reste inférieur au prix de livraison aux consommateurs dans la commune de ZORGHO.

Le tableau suivant présente les valeurs des différents paramètres sur les 15 premières années et pour les deux postes.

Tableau N°26 des périodes de récupération des investissements par poste.

Postes	Période de récupération des investissements	
	Avant actualisation	Après actualisation
PEA1	4ans	5ans et 5mois
PEA2	4ans et 6mois	6ans et 4mois

6°) Valeur actuelle nette et taux de rentabilité interne des unités de productions à la 15^{ème} année de leur mise en exploitation :

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

La valeur actuelle nette (VAN) d'un investissement à une période donnée, correspond au cumul des trésoreries actualisées à cette date.

Le taux de rentabilité interne (TRI) à une période donnée d'un investissement, correspond au taux d'actualisation qui annule la valeur actuelle nette à cette date.

Les calculs conduisent aux résultats suivants :

Tableau N°27 des calculs de la VAN et du taux de rentabilité par poste.

Postes	Valeur actuelle nette à la 15 ^{ème} année au taux d'actualisation de 10% (F CFA)	Taux de rentabilité interne (%)
PEA1	20 325 965	22.43
PEA2	14 651 457	20.52

6°) Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse économique

postes	Prix de revient du m ³ d'eau distribuée (F CFA)	Période de récupération après actualisation	VAN avec un taux d'actualisation de 10%	Taux de rentabilité interne (%)
PEA1	127	5ans et 5mois	20 325 965	22.43
PEA2	141	6ans et 4mois	14 651 457	20.52

XI°) CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les ouvrages et équipements qui sont conçus dans le cadre de cette étude constitueront un patrimoine pour la commune. Leur pérennité, et l'efficacité du service qu'ils rendront requièrent l'implication de toutes les catégories sociales de la commune, à savoir :

- ☛ Les autorités locales ;
- ☛ Les consommateurs ;
- ☛ Les fontainiers ;
- ☛ Les exploitants des installations ;
- ☛ Les non-utilisateurs.

Ainsi, ils doivent bénéficier de la protection civile des autorités locales en tant, que patrimoine de la commune.

Les consommateurs sont tenus de respecter les conditions et règles d'utilisation des bornes fontaines. Ils doivent éviter toute manœuvre pouvant causer des dommages aux ouvrages. Les fontainiers doivent veiller à la protection des bornes fontaines et feront en sorte que l'eau soit mise à la disposition des populations, tant qu'elle est disponible au niveau des bornes fontaines.

Les exploitants procéderont au recouvrement des factures dans un délai permettant d'assurer le fonctionnement normal des installations. Ils veilleront au bon fonctionnement des installations.

Pour assurer la viabilité financière, le tarif de l'eau doit être fixé à un niveau tel que tous les besoins en espèces seraient couverts, à l'exception des besoins urgents qui pourrait entraîner des fluctuations tarifaires inacceptables. Ce concept de maintien de la liquidité concerne également à long terme, la création d'une marge d'autofinancement pour les extensions ultérieures, notamment, l'équipement de nouveaux forages pour renforcer la capacité des deux forages actuellement exploités. Le service des bornes fontaines ainsi conçues doit être

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

autonome et ne doit supporter aucune charge extérieure, autres que celles provenant des frais d'exploitation de leurs sources d'approvisionnement.

Le prix de revient du m³ d'eau distribuée est estimé à **127F CFA**, pour le poste PEA1 et **141FCFA** pour le poste PEA2. Ces prix de revient ont été calculés avec un taux d'actualisation de 10%. Le système de vente actuel hiérarchisé des exploitants des PEA aux revendeurs d'eau, livre l'eau aux consommateurs à un tarif variant de 300 F CFA/m³ à 1000FCFA/m³ selon que l'on s'abonne au niveau des PEA ou chez les revendeurs. Les tarifs en vigueur fixés par l'ONEA sont de 96F CFA/m³ au niveau des PEA et 187F CFA/m³ au niveau des bornes fontaines. Nous pensons donc que le prix de revient du mètre cube distribué, obtenu sur les bornes fontaines, dans le cadre de cette étude est raisonnable et que le tarif de 200FCFA/m³ peut être appliqué aux fontaines de ZORGHO, eut égard aux prix réels auxquels l'eau est livrée aux consommateurs par les exploitants des PEA et les revendeurs d'eau.

L'analyse financière effectuée sur la base d'une tarification de 200FCFA/m³ montre que les investissements initiaux pourront être récupérés au bout de six (6) ans pour le poste PEA1, en dégageant une trésorerie nette de 1 900 519FCFA la même année. Sur cette même base, les investissements initiaux pour le poste PEA2 pourront être recouverts au bout de sept (7) ans en dégageant une trésorerie nette de 1 649 116FCFA la même année. La durée de vie de l'investissement le moins lourd étant de 15 ans, nous pensons que le projet est nettement rentable.

A partir de la 6^{ème} année, le poste PEA1 disposera d'un fond de trésorerie qui lui permettra de faire face à de nouveaux investissements et des renouvellements pour les années futures. Le poste PEA2 dispose de ces mêmes faveurs dès le début de la 7^{ème} année.

Au terme de cette étude, nous pouvons dire qu'il n'y a pas de technologie spécifique, économiquement efficace pour l'approvisionnement en eau des centres semi-urbains. L'efficacité d'un système dépend des conditions physiques et socio-économiques de la zone concernée. Ces conditions influencent les coûts d'investissement alourdissant ainsi l'opportunité de certaines technologies qui pourrait être profitables.

Cependant, le choix d'un système doit tenir compte des éléments suivants, considérés comme paramètres fondamentaux :

- La disponibilité des ressources en eau ainsi que leur nature ;
- La quantité de volume d'eau mobilisable ;
- La qualité de la ressource d'eau disponible ;
- La sûreté de l'approvisionnement à partir de la ressource disponible ainsi que son adaptabilité au système que l'on veut choisir ;
- Les coûts d'investissements initiaux et futurs ;
- Les coûts de fonctionnement et d'entretien des équipements résultant du système choisi ;
- La densité des concessions habitées ;
- Le rapprochement des populations aux points de desserte;
- Les effets environnementaux ;
- La capacité et la volonté des populations à s'engager pour disposer d'une source d'approvisionnement en eau potable, le plus proche possible de leurs habitations.

Enfin, nous pensons qu'une étude similaire sur les PEA des autres centres permettra à l'ONEA de dégager des perspectives d'amélioration de ces prestations dans ces localités.

LES NOTES DE CALCULS

XII°) LES NOTES DE CALCULS

1°) Calculs des pertes de charges linéaires

La formule utilisée est celle de Manning.

$$\Delta H = \frac{10.29 \times Q^2}{K_s^2 \times D^{16/3}} \times L \text{ avec :}$$

- ΔH = pertes de charges linéaires dans la canalisation ;
- K_s = coefficient de Manning (120 pour les PVC et 80 pour les fontes ductiles) ;
- Q = débit de refoulement (m^3 / s) ;
- D = diamètre de conduite (m)

2°) Détermination du diamètre théorique des conduites

La formule utilisée est celle de l'EIER selon laquelle : $D_{th} = 0.997 \times Q^{0.46}$, avec :

Q = débit d'écoulement dans la conduite en m^3 et D_{th} , diamètre théorique de la conduite en m.

3°) Calculs du rendement hydraulique des pompes

L'énergie fournie par la pompe est donnée par l'expression suivante : $P_u = \varpi \times Q \times HMT$

avec :

P_u = puissance utile de la pompe ;

ϖ = poids volumique du liquide pompé (9.81KN/m³ pour l'eau).

Le rendement hydraulique est : $\eta_H = \frac{P_u}{P_N}$.

4°) Calculs de l'énergie mécanique dissipée sur l'arbre du moteur d'entraînement

Elle est donnée par le rapport de la puissance réellement fournie sur le rendement mécanique

du moteur. On a donc : $P_m = \frac{P_u}{\eta_m \times \eta_H}$ avec :

- P_m = énergie dissipée ;
- P_u = puissance utile fournie ;
- η_m = rendement du moteur
- η_H : rendement hydraulique

5°) Calcul de la célérité de propagation des ondes dans les conduites

Elle est donnée par : $a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \times \frac{D}{e}}}$ avec :

- $K=33.33$ pour les PVC ;
- D = Diamètre de la conduite,
- e = épaisseur de la conduite.

6°) Calcul du prix de revient du m^3 d'eau distribuée

C'est le rapport de la somme des investissements actualisés sur la somme des productions actualisées.

Ainsi, si :

- PR est le prix de revient considéré ;
- I_0 = valeur des investissements initiaux ;
- I_i la somme de tous les emplois à l'année i du projet ;
- Q_i le volume d'eau distribuée à l'année i du projet ;
- Et n = durée de la période d'étude,
- Le taux d'actualisation étant « a », dans le cadre de notre étude, nous avons pris $a=10\%$

On a : $PR = \frac{I_0 + \sum_1^n \left(\frac{1 - (1+a)^{-n}}{a} \right) \times I_i}{\sum_1^n \left(\frac{1 - (1+a)^{-n}}{a} \right) \times Q_i}$ pour des productions et des emplois constants sur toute

la durée de l'étude.

7°) Calcul de la valeur actuelle nette (VAN) et de la période de récupération ($P_{rec.}$) des investissements

La VAN est le flux de trésorerie actualisée à une période donnée. On a donc : pour des productions et des emplois constants sur toute la durée de l'étude ;

$$\diamond VAN = -I_0 + \sum \frac{(R_i - I_i) \times (1 - (1+a)^{-n})}{a}, \text{ Avec } R_i = \text{recettes à l'année } i.$$

**Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau
Atonomes de l'ONEA**

❖ La période de récupération correspond à la date en laquelle le flux de trésorerie devient

$$\text{nulle. On a donc : } R_{rc} = n / \sum_{i=1}^n \frac{(R_i - I_i) \times (1 - (1 + a)^{-n})}{a} - I_0 = 0$$

Le tableau suivant donne les valeurs des différents paramètres poste par poste.

1) Tableaux des résultats de l'analyse économique du poste PEA1

Tableau N°28 des résultats des calculs des flux financiers du poste PEA1

Années	Production (F CFA)	Inve/RnlIt (F CFA)	Dépenses (F CFA)	Total des emplois (F CFA)	Flux financiers (F CFA)	Cumuls des flux financiers (F CFA)	Flux actualisés (F CFA)	Cumuls des flux actualisés (F CFA)
0	0	22 784 837	0	22 784 837	-22 784 837	-22 784 837	-22 784 837	-22 784 837
1	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	-17 116 897	5 152 673	-17 632 164
2	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	-11 448 957	4 684 248	-12 947 916
3	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	-5 781 017	4 258 407	-8 689 509
4	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	-113 077	3 871 279	-4 818 230
5	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	5 554 863	3 519 345	-1 298 885
6	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	11 222 803	3 199 404	1 900 519
7	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	16 890 743	2 908 549	4 809 069
8	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	22 558 683	2 644 136	7 453 205
9	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	28 226 623	2 403 760	9 856 964
10	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	33 894 563	2 185 236	12 042 201
11	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	39 562 503	1 986 578	14 028 779
12	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	45 230 443	1 805 980	15 834 759
13	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	50 898 383	1 641 800	17 476 560
14	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	56 566 323	1 492 546	18 969 106
15	7 300 000	0	1 632 060	1 632 060	5 667 940	62 234 263	1 356 860	20 325 965

Avec un taux d'actualisation de 10%, l'ONEA arrive à récupérer ses investissements au bout de 6 ans et dégage une trésorerie nette de 1 900 519F CFA la même année.

II) Tableaux des résultats de l'analyse économique du poste PEA2

Tableau N°29 des résultats des calculs des flux financiers du poste PEA1

Années	Productions (F CFA)	Inv/RnlIt (F CFA)	Dépense (F CFA)	Total emplois (F CFA)	Flux financiers (F CFA)	Cumuls des flux financiers (F CFA)	Flux actualisés (F CFA)	Cumuls des flux actualisés (F CFA)
0	0	21 473 123	0	21 473 123	-21 473 123	-21 473 123	-21 473 123	-21 473 123
1	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	-16 723 688	4 317 668	-17 155 455
2	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	-11 974 253	3 925 153	-13 230 302
3	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	-7 224 818	3 568 321	-9 661 981
4	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	-2 475 383	3 243 928	-6 418 053
5	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	2 274 052	2 949 025	-3 469 028
6	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	7 023 487	2 680 932	-788 095
7	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	11 772 922	2 437 211	1 649 116
8	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	16 522 357	2 215 646	3 864 762
9	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	21 271 792	2 014 224	5 878 986
10	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	26 021 227	1 831 113	7 710 099
11	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	30 770 662	1 664 648	9 374 747
12	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	35 520 097	1 513 316	10 888 063
13	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	40 269 532	1 375 742	12 263 806
14	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	45 018 967	1 250 674	13 514 480
15	6 570 000	0	1 820 565	1 820 565	4 749 435	49 768 402	1 136 980	14 651 457

Avec un taux d'actualisation de 10%, l'ONEA arrive à récupérer ses investissements au bout de 7 ans et dégage une trésorerie nette de 1 649 116F CFA la même année.

La VAN se lit sur les cases de croisement des dernières lignes et des dernières colonnes du tableau.

Période de récupération :

□ Pour le poste PEA1 : $P_R = 5ans + \frac{-(-1298885) \times 12mois}{1900519 - (-1298885)} \approx 5ans + 5mois$ après actualisation.

□ Pour le poste PEA2 : $P_R = 6ans + \frac{-(-788095) \times 12mois}{1649116 - (-788095)} \approx 6ans + 4mois$

LES ANNEXES

XIII°) LES ANNEXES**ANNEXE I : des termes de référence du thème de mémoire****THEME DE MEMOIRE : L'AMELIORATION DE L'ALIMENTATION EN
EAU POTABLE DE LA VILLE DE ZORGHO A PARTIR DES POSTES
D'EAU AUTONOMES DE L'ONEA**

L'alimentation en eau potable des villages et villes secondaires est assurée par les puits et forages. La quasi-totalité des forages est réalisée dans le cadre des programmes d'hydrauliques villageoises et est équipée de pompes manuelles.

La faible performance de ce dispositif d'exhaure recommande un forage pour 500 habitants sur la base de 20 litres par jour et par habitant.

Pour les centres secondaires d'environ 10 000 habitants, il faudra 20 forages pour couvrir les besoins en eau. Ce qui est très onéreux quand on sait qu'un forage en zone de socle coûte environ 7 000 000F CFA. L'option d'alimenter ces centres par un mini-réseau d'adduction rencontre l'épineuse question de rentabilité et de gestion.

L'expérience des Postes d'Eau Autonomes (PEA) de la ville de Ouagadougou montre qu'un forage en zone de socle peut produire 100m³ sans menacer d'assécher la nappe. Cette production couvre les besoins de 5000 personnes sur la même base de 20l/j/hbt.

L'expérience de ces PEA pourrait être une alternative pour les centres semi-urbains.

ETUDES

Les études qui ne sont pas limitatives consistent à réaliser les tâches suivantes :

- Faire l'historique des PEA ;
- Faire une étude comparative des coûts des différentes solutions d'alimentation en eau potable qui sont :
 - ❖ Les forages ;
 - ❖ Les PEA ;
 - ❖ Les mini-réseaux d'adduction .
- Proposer un dispositif de service qui soit à mesure d'améliorer l'accès à l'eau ;
- Proposer les mesures qui puissent pérenniser le système.

Annexe II du calcul des rendements hydrauliques équipements des PEA existants

Rendements

◆ Calcul des pertes de charges linéaires

Nous utiliserons la formule de Manning. Les paramètres utilisés sont :

- ΔH = pertes de charges linéaires dans la canalisation ;
- K_s = coefficient de Manning ; $K_s=80$ pour les conduites en fonte.
- Q = débit de refoulement (m^3 / s) ;
- D = diamètre de conduite (m)

◆ Calcul des pertes de charges singulières (J1)

Elles sont fonctions du niveau d'équipement des installations. Nous prendrons une moyenne maximale de 2m.

◆ Calcul des pertes de charges totales (Jt(m))

C'est la somme des pertes de charges singulières et totales.

$$Jt = \Delta H + J1$$

◆ Hauteur manométrique (HMT(m))

$$HMT = H_G + Jt \text{ avec :}$$

H_G = Hauteur géométrique correspondant à la différence entre l'altitude de refoulement et la cote de pose des pompes.

◆ Puissance absorbée sur l'arbre du moteur : P(KW)

$$P = \frac{Q \times HMT \times \rho}{3600 \times \eta} \text{ avec :}$$

$$Q(m^3 / h)$$

$$\rho = 9.81 KN / m^3 \text{ (poids volumique de l'eau)}$$

η = rendement du moteur électrique qui l'entraîne.

◆ Applications numériques

➤ Pour le poste N°1

$$Q = 3.96 m^3 / h \text{ et } L=42.65m$$

on trouve : $\Delta H=23.61m$; $Jt=25.61m$; $HG=37.65m$;

$$HMT = 37.65 + 25.61 = 63.26m \quad HMT = 37.65 + 25.61 = 63.26m \quad HMT = 37.65 + 25.61 = 63.26m$$

$$\eta = 62\%$$

➤ Pour le poste N°2

$$Q = 3.96 m^3 / h \text{ et } L=55.60m$$

on trouve : $\Delta H=21.78m$; $Jt=23.78m$; $HG=50.65m$;

$$HMT = H_g + Jt = 50.65 + 23.78 = 74.43m$$

$$\eta = 61\%$$

Ces rendements sont dans les plages acceptables car, ils sont supérieurs à 60%.

Annexe III : des résultats de l'analyse physico-chimique des eaux des postes d'eau autonomes de l'ONEA et deux forages à pompes manuelles de la commune de ZORGHO

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

- Analyse n°1 du 25/04/2000 sur l'échantillon du poste PEA1
- Date de prélèvement : 21/04/2000
- Date de réception : 21/04/2000
- Identité du préleveur : TRAORE Garantigui
- Identité du demandeur : Office National de l'EAU et de l'Assainissement (ONEA) au BURKINA FASO
- Lieu d'analyse : laboratoire de Génie Sanitaire de l'EIER.

Paramètres	Unités	Valeurs observées	Valeurs inférieures ou égales recommandées par la CEE
Température	°C		
pH à 25°C	[H ⁺]	6.8	6.5-8.5
Conductivité électrique à 20°C	µ/Cm	229	400
Turbidité	NTU	0	1
Oxygène dissous	Mg/l	-	6.5-8
Titre alcalimétrique (TA)	°F	0	
Titre alcalimétrique complet	°F	8.2	
Dureté totale	°F	7	50°F
Calcium (C ⁺⁺)	Mg/l	20	100
Magnésium (Mg ⁺⁺)	Mg/l	4.8	50
Sodium (Na ⁺)	Mg/l	9	100
Potassium (K ⁺)	Mg/l	2.5	12
Fer total (Fe)	Mg/l	0.03	0.3
Aluminium	Mg/l	-	0.05
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Mg/l	0	0.5
Carbonates (CO ₃ ⁻)	Mg/l	0	
Bicarbonates (HCO ₃)	Mg/l	100	
Chlorures (Cl)	Mg/l	15	200
Sulfates (SO ₄ ⁻)	Mg/l	11	250
Nitrites (NO ₂ ⁻)	Mg/l	0	0.1
Nitrates (NO ₃)	Mg/l	18	50
Orthophosphates (PO ₄ ⁻)	Mg/l	0.49	5
Phosphore (P)	Mg/l	0.14	2

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

- Analyse n°2 du 25/04/2000 sur l'échantillon du poste PEA2
- Date de prélèvement : 21/04/2000
- Date de réception : 21/04/2000
- Identité du préleveur : TRAORE Garantigui
- Identité du demandeur : Office National de l'EAU et de l'Assainissement (ONEA) au BURKINA FASO
- Lieu d'analyse : laboratoire de Génie Sanitaire de l'EIER.

Paramètres	Unités	Valeurs observées	Valeurs inférieures ou égales recommandées par la CEE
Température	°C		
pH à 25°C	[H ⁺]	7	6.5-8.5
Conductivité électrique à 20°C	μ/Cm	303	400
Turbidité	NTU	0.1	1
Oxygène dissous	Mg/l	-	6.5-8
Titre alcalimétrique (TA)	°F	0	
Titre alcalimétrique complet	°F	12	
Dureté totale	°F	10	50°F
Calcium (Ca ⁺⁺)	Mg/l	30.4	100
Magnésium (Mg ⁺⁺)	Mg/l	5.8	50
Sodium (Na ⁺)	Mg/l	11.5	100
Potassium (K ⁺)	Mg/l	2.5	12
Fer total (Fe)	Mg/l	0.04	0.3
Aluminium	Mg/l	-	0.05
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Mg/l	0.03	0.5
Carbonates (CO ₃ ⁻)	Mg/l	0	
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	Mg/l	146.4	
Chlorures (Cl)	Mg/l	15	200
Sulfates (SO ₄ ⁻)	Mg/l	0	250
Nitrites (NO ₂)	Mg/l	0	0.1
Nitrates (NO ₃)	Mg/l	18.0	50
Orthophosphates (PO ₄ ⁻)	Mg/l	0.61	5
Phosphore (P)	Mg/l	0.20	2

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE

- Analyse n°3 du 25/04/2000 sur l'échantillon du forage à pompe manuelle S₂ du secteur 2
- Date de réception : 21/04/2000
- Identité du préleveur : TRAORE Garantigui
- Identité du demandeur : Office National de l'EAU et de l'Assainissement (ONEA) au BURKINA FASO
- Lieu d'analyse : laboratoire de Génie Sanitaire de l'EIER.

Paramètres	Unités	Valeurs observées	Valeurs inférieures ou égales recommandées par la CEE
Température	°C		
pH à 25°C	[H ⁺]	6.8	6.5-8.5
Conductivité électrique à 20°C	µ/Cm	234	400
Turbidité	NTU	0.77	1
Oxygène dissous	Mg/l	-	6.5-8
Titre alcalimétrique (TA)	°F	0	
Titre alcalimétrique complet	°F	10.4	
Dureté totale	°F	6.5	50°F
Minéraux			
Calcium (C ⁺⁺)	Mg/l	18	100
Magnésium (Mg ⁺⁺)	Mg/l	4.8	50
Sodium (Na ⁺)	Mg/l	10	100
Potassium (K ⁺)	Mg/l	3	12
Fer total (Fe)	Mg/l	1.03	0.3
Aluminium	Mg/l	-	0.05
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Mg/l	0	0.5
Ionisés			
Carbonates (CO ₃ ⁻)	Mg/l	0	
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	Mg/l	126.9	
Chlorures (Cl ⁻)	Mg/l	12.5	200
Sulfates (SO ₄ ⁻)	Mg/l	7	250
Nitrites (NO ₂ ⁻)	Mg/l	0	0.1
Nitrates (NO ₃ ⁻)	Mg/l	15.4	50
Orthophosphates (PO ₄ ⁻)	Mg/l	0.23	5
Phosphore (P)	Mg/l	0.07	2

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE

- Analyse n°4 du 25/04/2000 sur l'échantillon du forage à pompe manuelle S₄ du secteur 4
- Date de réception : 21/04/2000
- Identité du préleveur : TRAORE Garantigui
- Identité du demandeur : Office National de l'EAU et de l'Assainissement (ONEA) au BURKINA FASO
- Lieu d'analyse : laboratoire de Génie Sanitaire de l'EIER.

Paramètres	Unités	Valeurs observées	Valeurs inférieures ou égales recommandées par la CEE
Température	°C		
pH à 25°C	[H ⁺]	6.8	6.5-8.5
Conductivité électrique à 20°C	μ/Cm	258	400
Turbidité	NTU	0.01	1
Oxygène dissous	Mg/l	-	6.5-8
Titre alcalimétrique (TA)	°F	0	
Titre alcalimétrique complet	°F	10.3	
Dureté totale	°F	6	50°F
Calcium (Ca ⁺⁺)	Mg/l	16	100
Magnésium (Mg ⁺⁺)	Mg/l	4.8	50
Sodium (Na ⁺)	Mg/l	13	100
Potassium (K ⁺)	Mg/l	2.5	12
Fer total (Fe)	Mg/l	0.92	0.3
Aluminium	Mg/l	-	0.05
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Mg/l	0	0.5
Carbonates (CO ₃ ⁻)	Mg/l	0	
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	Mg/l	125.7	
Chlorures (Cl)	Mg/l	17.5	200
Sulfates (SO ₄ ⁻)	Mg/l	2	250
Nitrites (NO ₂)	Mg/l	0	0.1
Nitrates (NO ₃)	Mg/l	12.3	50
Orthophosphates (PO ₄ ⁻)	Mg/l	0.63	5
Phosphore (P)	Mg/l	0.21	2

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

- Analyse n°5 du 25/04/2000 sur l'échantillon du forage à pompe manuelle A₄ de l'auberge (du secteur 4)
- Date de réception : 21/04/2000
- Identité du préleveur : TRAORE Garantigui
- Identité du demandeur : Office National de l'EAU et de l'Assainissement (ONEA) au BURKINA FASO
- Lieu d'analyse : laboratoire de Génie Sanitaire de l'EIER.

Paramètres	Unités	Valeurs observées	Valeurs inférieures ou égales recommandées par la CEE
Température	°C		
pH à 25°C	[H ⁺]	6.6	6.5-8.5
Conductivité électrique à 20°C	μ/Cm	253	400
Turbidité	NTU	0.06	1
Oxygène dissous	Mg/l	-	6.5-8
Titre alcalimétrique (TA)	°F	0	
Titre alcalimétrique complet	°F	10.2	
Dureté totale	°F	9.2	50°F
Calcium (Ca ⁺⁺)	Mg/l	20	100
Magnésium (Mg ⁺⁺)	Mg/l	18.2	50
Sodium (Na ⁺)	Mg/l	9	100
Potassium (K ⁺)	Mg/l	3	12
Fer total (Fe)	Mg/l	1.2	0.3
Aluminium	Mg/l	-	0.05
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Mg/l	0.04	0.5
Carbonates (CO ₃ ⁻)	Mg/l	0	
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	Mg/l	124.4	
Chlorures (Cl ⁻)	Mg/l	21	200
Sulfates (SO ₄ ⁻)	Mg/l	2	250
Nitrites (NO ₂ ⁻)	Mg/l	0	0.1
Nitrates (NO ₃ ⁻)	Mg/l	13.2	50
Orthophosphates (PO ₄ ⁻)	Mg/l	0.33	5
Phosphore (P)	Mg/l	0.11	2

ANNEXE IV des consignes d'utilisation des eaux des forages à pompe manuelle

1°) objectifs

Suite à la requête formulée par les populations par rapport à la qualité des eaux provenant des forages à pompes manuelles, nous avons prélevé des échantillons au niveau des PEA de l'ONEA et trois autres forages à pompe manuelle de la ville. L'objectif étant de faire une comparaison entre la qualité d'eau provenant des pompes manuelles et celles provenant des PEA d'une part et donner une suite à la requête formulée par la population d'autre part.

Les résultats des analyses physico-chimiques présentés plus haut prouvent que les eaux provenant des PEA ne présentent aucun risque sanitaire du point de vue physico-chimique. Cependant, celles provenant des forages à pompes manuelles présentent des teneurs en fer supérieures aux normes de la CEE par rapport à la potabilité des eaux de consommation. Nous proposons un dispositif rudimentaire à coût faible pouvant être installé au niveau des forages à pompes manuelles et qui pourrait diminuer le taux de fer dans ces eaux et améliorer leur potabilité.

C'est un dispositif qui assure l'aération et la déferisation des eaux de forage à un coût modéré.

2°) L'unité d'aération et de déferisation

Pour l'aération et la déferisation, nous proposons le dispositif rudimentaire expérimenté par le CREPA et qui donne d'excellent résultat avec un coût de réalisation modéré. Le dispositif choisis à cet effet est le type « AF » métallique. Il comporte deux parties principales une zone d'aération et de filtration. Le corps est métallique et il peut être déplacé d'un site à l'autre.

2-1°) Conception et Description du fonctionnement (schéma)

Il présente les éléments suivants :

- ◆ Une conduite d'alimentation connectée au tuyau de refoulement de la pompe. Elle est munie à son extrémité, d'un système de perforation assurant une répartition uniforme de l'eau en fines gouttelettes sur la surface d'aération.
- ◆ Un fût de hauteur 60 cm contenant du gravier quartz grossier (de perméabilité $K=10\text{m/s}$) compris entre 2.5 et 5 cm de diamètre sur une épaisseur de 20cm. Cette couche de gravier repose sur un grillage métallique en dessous duquel se trouvent des trous d'aération perforés sur les parois du fût. Ces trous ont un diamètre de 5 cm et sont espacés de 10cm. L'aération proprement dite se passe dans cette zone. Le fond peut être fermé ou ouvert selon que la filtration se fait de bas en haut ou inversement.
- ◆ Un second fût de 120 cm de haut se situe juste en dessous du précédent. Il contient les granulats constituant la structure filtrante, composé de graviers et de sable (perméabilités respectives de 5m/s et 0.01m/s). Cet ensemble repose sur un lit de gravier ayant la même

Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau Atonomes de l'ONEA

granulométrie que ceux contenus dans le premier fût. Et constitue le matériaux filtrant. Le tout est porté par un grillage identique à celui du premier fût. Les différentes couches sont séparées par des grillages en polyéthylène pour empêcher leur mélange pendant le fonctionnement.

Le fût comporte à sa base une conduite de vidange de diamètre DN20 communicant avec celle du château d'eau.

Une canalisation en tube galvanisé relie les deux fûts par un système de raccordement facilitant le démontage ou le remontage de l'unité selon le mode de fonctionnement souhaité (filtration de bas en haut ou inversement).

- ◆ Un bouchon de fixation permet de rendre les deux fûts solidaires lors du fonctionnement.
- ◆ Une conduite de prise d'eau permet de recueillir l'eau traitée et la drainer vers le sceau d'approvisionnement.
- ◆ Une série de vannes en position ouverte ou fermée selon le mode de fonctionnement. Ainsi, on ferme la vanne V1 et ouvre la vanne V2 lorsque la filtration se fait de bas en haut et inversement.
- ◆ Enfin, une conduite de déviation en début de la conduite d'alimentation permet de prélever directement l'eau lorsque le dispositif tombe en panne.

2-2°) Vérification de l'adaptabilité du dispositif

Les unités de traitement ont un bon rendement lorsque la teneur en fer est inférieur à 5mg/l, ainsi leur rendement est de l'ordre de 85% Avec ce rendement, il pourra abaisser la teneur en fer d'une eau de 1.2mg/l (valeur maximale observée au cour de l'analyse physico-chimique) à 0.02mg/l. L'OMS recommande une concentration inférieure à 0.3mg/l, il n'y a donc pas de doute sur les performances de l'unité. cependant, l'adaptabilité requiert aussi l'aptitude à recevoir le débit qui sort par la conduite de refoulement des pompes. Il doit être à même d'évacuer ce débit de façon continue pour permettre le fonctionnement normal du forage. Cela fait intervenir la perméabilité des matériaux filtrant ainsi que la section minimale à donner au fût pour assurer cette fonction.

◆ Calculs de la section minimale des fûts

Nous utilisons les principes d'écoulements en milieux poreux. Connaissant les épaisseurs des strates de sable et de gravier, leurs perméabilités, nous déterminons une perméabilité équivalente correspondant à la vitesse d'écoulement à travers les strates à l'intérieur du fût. La perméabilité équivalente est obtenir par le principe de l'écoulement perpendiculaire à des strates successives de perméabilité différentes. La section minimale pour les fûts est obtenue par le rapport du débit de pompage à la perméabilité équivalente des strates.

Les perméabilité équivalente correspondant couche de matériaux cités ci-dessus est

$$K_e = 3.79 \times 10^{-2} \text{ m/s .}$$

Amélioration de l'alimentation en eau potable de la ville de ZORGHO à partir des Postes d'Eau Atonomes de l'ONEA

La section minimale qui laisse transiter le débit Q est donc : $S_m = \frac{Q}{K_c}$ et le diamètre minimal

correspondant est $D_m = \sqrt{\frac{4 \times S_m}{\pi}}$.

Nous considérons un débit de $1\text{m}^3/\text{h}$ pour les pompes à motricité humaine

Les calculs conduisent aux résultats suivants :

Q(l/s)	S_m (m ²)	D_m (mm)
2.78	0.00733	97

Tableau N°157 des dimensions minimales des fûts.

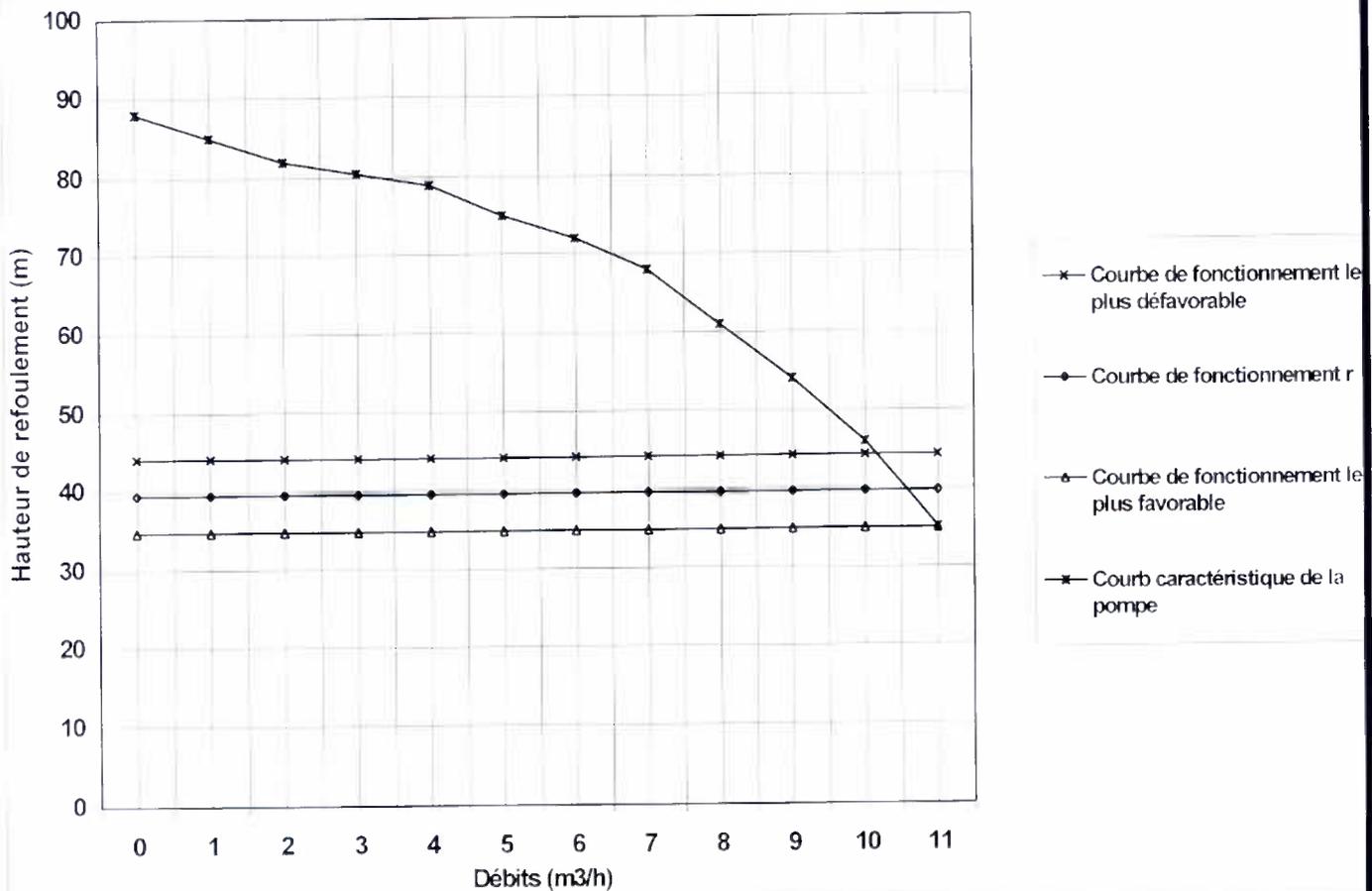
Un fût de 100mm de diamètre réalisé dans les conditions définis ci-dessus permet d'assurer pleinement ces fonctions.

Les fûts du CREPA ont un diamètre de 500mm. Ceci confirme bien leur adaptabilité à notre situation.

ANNEXE V : des courbes de fonctionnement des groupes de pompage

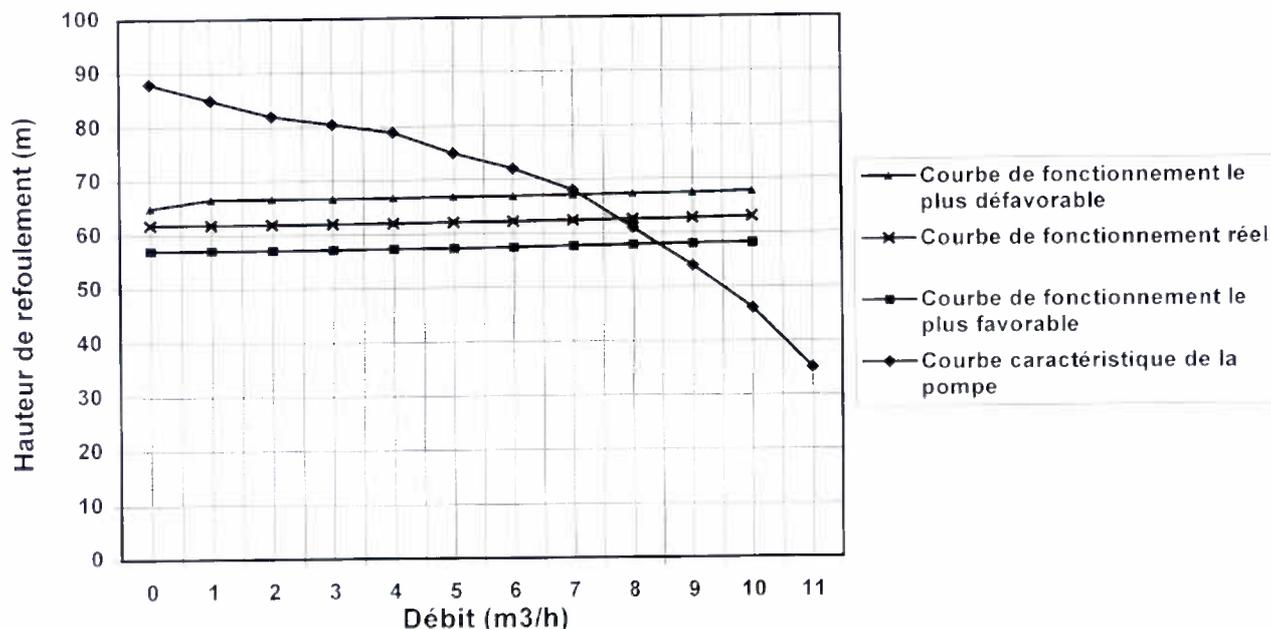
1°) PEA1

Graphique représentatif des courbes de fonctionnement du groupe de pompage de PEA1



2°) PEA2

Graphique représentatif des courbes de fonctionnement du groupe de pompe de PEA2

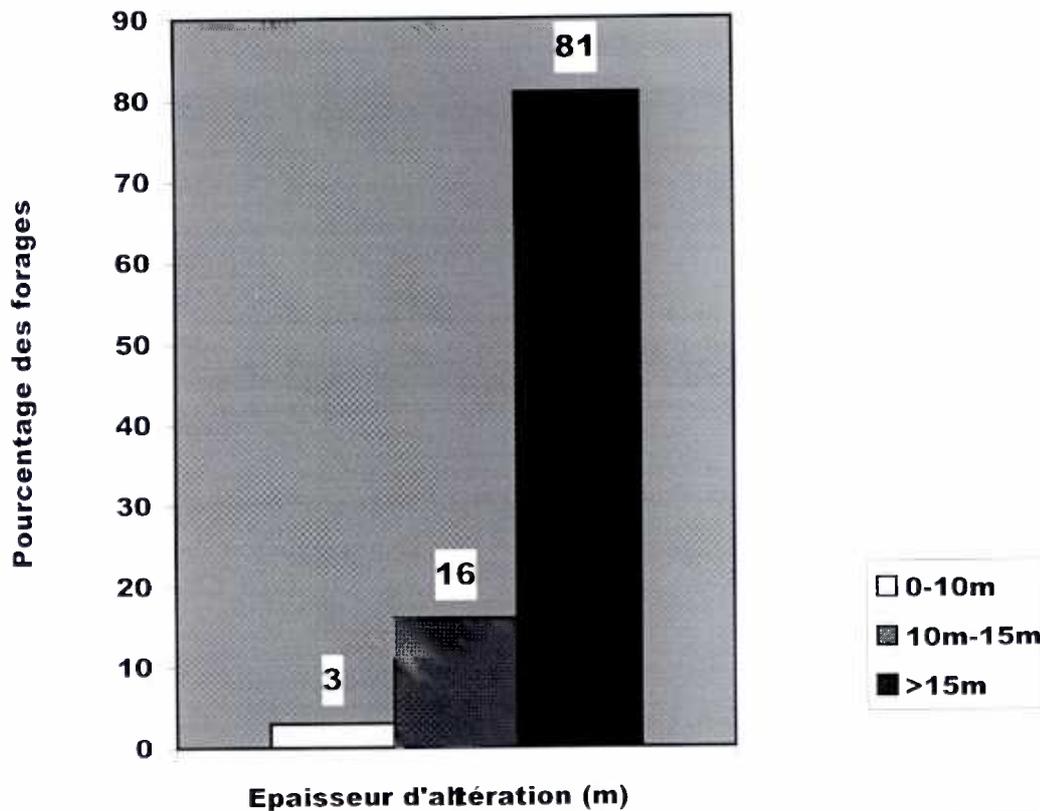


ANNEXES VI : des spécifications techniques détaillées des électro-pompes

Spécifications techniques détaillées	Poste PEA1	Poste PEA2
Nom du constructeur	GRUNDFOS	GRUNDFOS
Désignation de la série chez le constructeur	SP8	SP8
Modèle de la pompe	SP8-15	SP8-15
Diamètre de la roue	φ4"	φ4"
Point de fonctionnement réel	Q=10.30m ³ /h, H=37.70m, P _u =1.06kw, η=48.1%	Q=8m ³ /h, H=60.80m, P _u =1.32kw, η=60%
Point de fonctionnement le plus défavorable	Q=8.50m ³ /h, H=44.25m, P _u =1.02kw, η=46%	Q=6m ³ /h, H=66.96m, P _u =1.06kw, η=50%
Point de fonctionnement le plus favorable	Q=12.50m ³ /h, H=35m, P _u =1.19kw, η=54%	Q=8m ³ /h, H=57.93m, P _u =1.26kw, η=57%
Puissance nominale du moteur d'entraînement	2.2kw ; η _m =69%	2.2kw ; η _m =69%
Intensité nominale	I _N =6A ; I _{ab} =5.7A ; s=1.5mm ² ; L=109m	I _N =6A ; I _{ab} =5.7A ; s=1.5mm ² ; L=109m
Intensité de démarrage	4.10	4.10
Facteur de puissance du groupe.	0.86	0.86
24kg net/28kg brut	24kg net/28kg brut	24kg net/28kg brut
Principales cotes d'encombrement	0.98	Hauteur totale =0.98m

Annexe VII :

Graphique représentative de l'épaisseur d'altération des forages de la commune de ZORGHO



ANNEXE VIII : CARACTERISTIQUES DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

TABLÉAU N° 30 : Caractéristiques des unités hydrogéologiques

U-Hyd.	P-moy. forage (m)	% de réussite	Q _{moy} (m ³ /h) forage positif	N-S moy. (m)	R-T (*)	Recharge (**)	Potentialités d'exploitation	
							extensive	intensive
AF	49	57	2.2	6	5	4	2	3
AL	74	40	7.3	28	5	3	1	3
BA	49	77	6.5	8	4	3	3	4
BE	60	62	3.7	18	3	2	1	2
BEC	54	74	2.6	20	1	2	2	1
BF	49	76	4.5	13	3	5	3	3
BFC	46	80	2.7	21	1	4	3	1
BSC	51	61	3.5	21	1	1	2	1
BVC	40	84	4.9	9	2	2	3	2
CE	79	83	4.6	47	5	2	2	2
CH	62	90	7.3	14	5	3	3	4
CL	60	67	7.7	22	2	5	1	3
FV	58	80	5.6	25	5	2	2	2
GA	54	75	5.2	12	4	2	2	3
GE	61	66	2.9	20	2	2	1	1
GEC	53	68	2.9	19	1	2	2	1
GF	50	73	3.9	12	3	5	3	3
GFC	43	68	3.7	17	1	4	2	2
GS	55	51	2.5	14	3	1	1	1
GSC	49	60	3.3	15	1	1	2	1
GV	49	76	4.0	13	2	3	3	2
GVC	42	73	4.10	12	1	2	3	1
HL	46	65	12.4	17	5	2	2	3
PE	58	60	2.3	16	3	2	1	1
PFL	50	71	5.9	12	1	4	2	2
PLC	50	39	2.8	28	1	2	1	1
PSC	49	58	3.5	13	1	1	2	1
RE	67	70	5.7	23	5	2	2	2
RF	61	82	5.1	17	5	5	2	4
RH	66	88	5.9	12	5	4	3	4
SA	56	88	401	9	4	3	3	3
SC	62	70	3.4	16	4	3	2	2
SCC	47	89	2.7	14	1	2	3	1
SE	65	64	2.9	11	4	3	3	3
SEC	56	78	2.0	17	1	2	2	1
SF	54	76	3.5	14	3	5	2	3
SFC	47	83	10.6	11	1	4	3	3
SL	56	74	5.1	17	3	2	2	2
SVC	48	78	3.7	14	1	2	3	1
TC	53	67	2.8	22	2	2	1	1
VC	61	64	3.3	21	2	3	1	1
VCC	51	86	2.5	17	1	2	3	1
VD	51	74	4.0	13	3	5	2	3
QF	51	74	4.0	13	5	5	2	3

LEGENDE des tableaux des unités hydrogéologiques

• Réserves totales	• recharge	• potentialités	classes
0-100mm	0-5mm/an	Mauvaises	1
100-200mm	5-15mm/an	Médiocres	2
200-400mm	15-30mm/an	Bonnes	3
400-900m	30-50mm/an	Très bonnes	4
>900mm	>50mm/an		5

TABNLEAU : Caractéristiques des unités hydrogéologiques du département de ZORGHO

U-Hyd.	P-moy. forage (m)	% de réussite	Q _{moy} (m ³ /h) forage positif	N-S moy. (m)	R-T (*)	Recharge (**)	Potentialités d'exploitation	
							extensive	intensive
BF	49	76	4.5	13	3	5	3	3
BFC	46	80	2.7	21	1	4	3	1
GF	50	73	3.9	12	3	5	3	3
GFC	43	68	3.7	17	1	4	2	2
GV	49	76	4.0	13	2	3	3	2
GVC	42	73	4.10	12	1	2	3	1
VC	61	64	3.3	21	2	3	1	1
VCC	51	86	2.5	17	1	2	3	1

NB : les code géologiques avec suffixe « C » sont des zones à réserves en eau faibles, à aquifères compartimentés dominant.

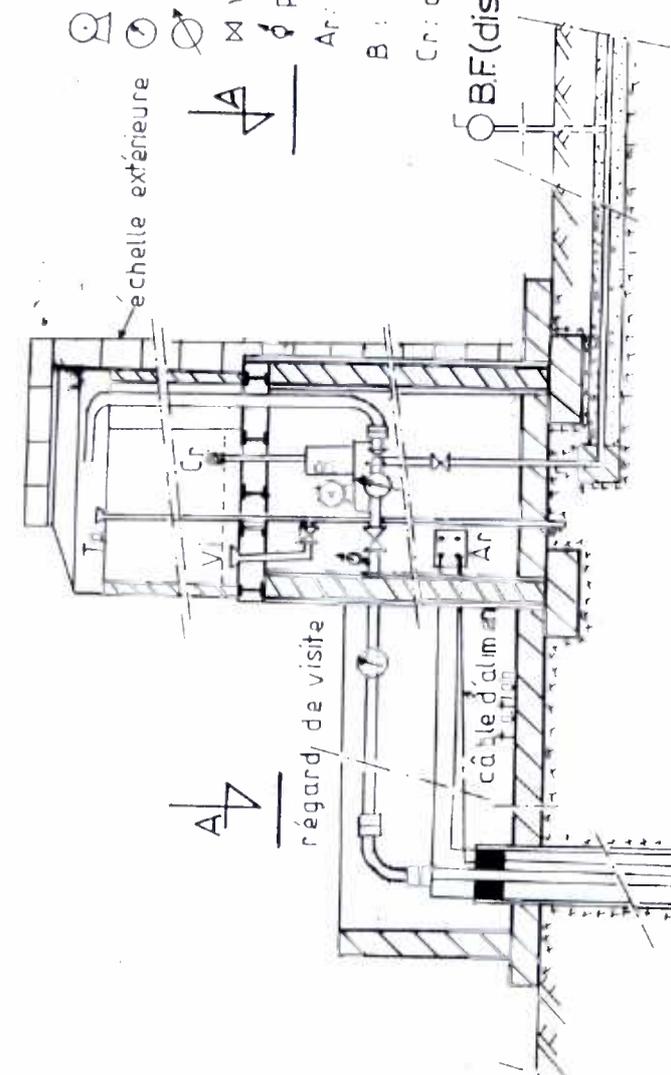
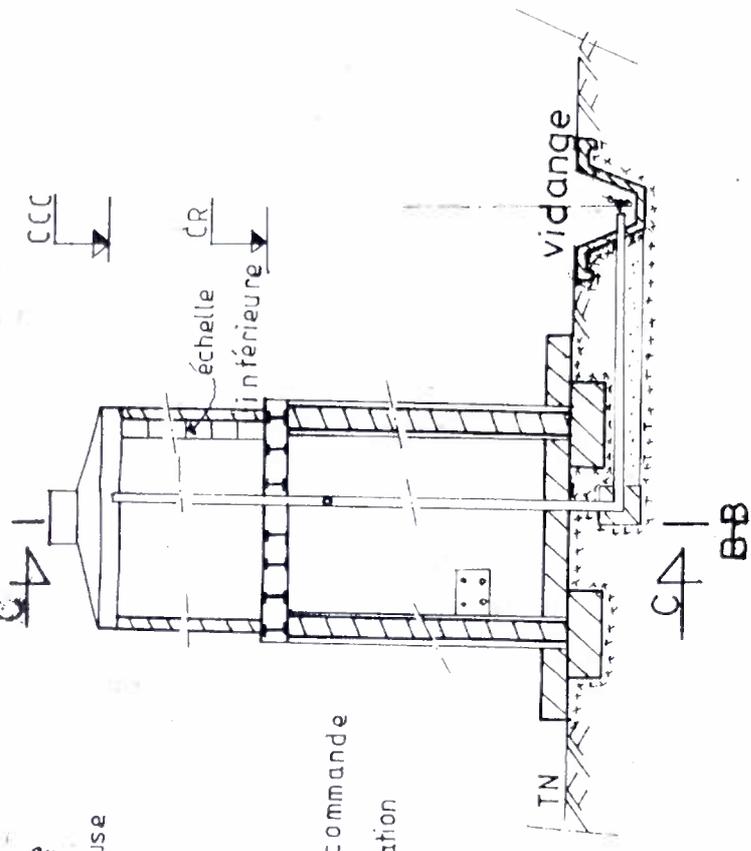
BIBLIOGRAPHIE

- ANTEA: Alimentation en eau potable des quartiers périphériques de Ouagadougou à partir des eaux souterraines; rapport final (avril 1998)
- ANTEA : Programme d'hydraulique rurale : urgence sud-ouest (étude de faisabilité : mars 1996)
- ANTEA : Programme d'hydraulique villageoise du conseil de l'Entente, volet "Burkina FASO" (PEA: sensibilisation, animation, exécution de 4 PEA dans les villages de Nabadogo, Goulougou, Poa et Laye : 1985)
- B. DIENG : Cours d'hydrogéologie ; cours photocopié de l'EIER (1999)
- CREPA: La déferisation des eaux de forage, synthèses des techniques expérimentées avec succès par le CREPA (document technique N°1)
- DIRECTION RÉGIONALE DE L'ECONOMIE ET DE LA PLANIFICATION DU CENTRE: Monographie de la commune de ZORGHO (Août 1999)
- G. CASTANY: Hydrogéologie; principes et méthodes (2^{ème} cycle)
- GAUFF INGENIEURS: Alimentation en eau potable de sept centres secondaires ; étude de factibilité (ville de ZORGHO.
- J. BONNIN : Hydraulique urbaine (édition Erolles)
- J. DJOUKAM : Guide de conception des stations de pompage ; cours photocopié de l'EIER (1999)
- MINISTERE DE L'EAU (DEP) : Atelier National sur l'approvisionnement en eau des centres secondaires (extrait du document de juillet 1991)
- MINISTERE DE L'EAU (DEP) : Etude du schéma d'approvisionnement en eau potable du Burkina FASO 1990-2000 (version finale)

Légende

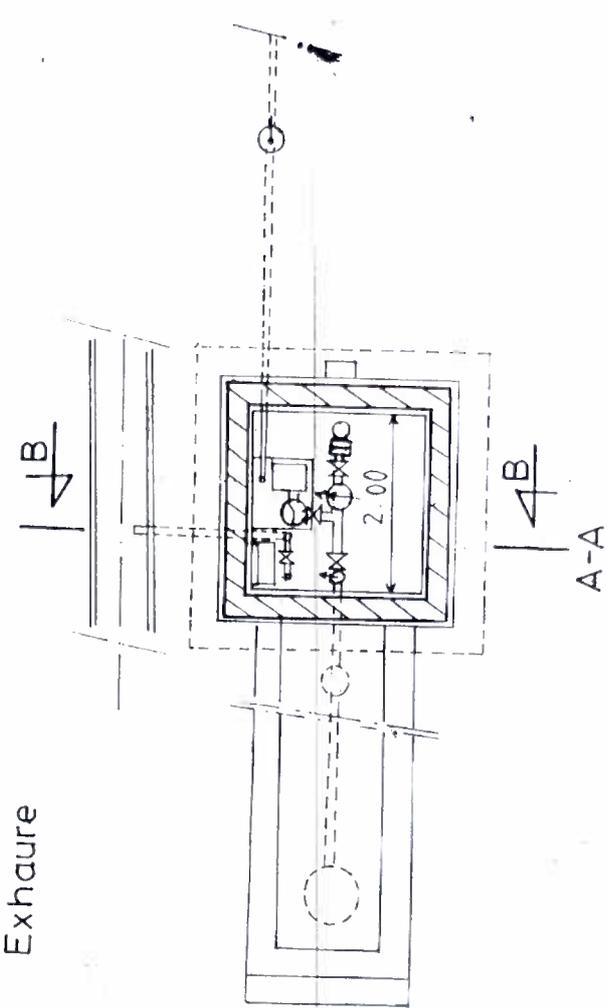
-  pompe doseuse
-  manomètre
-  compteur
-  vanne
-  purge d'air

Ar: armoire de commande
 B : bac de chloration
 Cr: crépine



électrode bas
 électrode haut
 Pompe immergée
 Exhauste

<h1 style="margin: 0;">Burkina FASO</h1> <p style="margin: 0;">Unité Progrès Justice</p>	<p style="margin: 0;">Office National de l'Eau et de l'Assainissement</p> <h1 style="margin: 0;">ONEA</h1>
<p style="margin: 0;">Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural</p> 	<h2 style="margin: 0;">MEMOIRE DE FIN D'ETUDE 2000</h2> <h3 style="margin: 0;">AMELIORATION DU FONCTIONNEMENT DES PEA (cas de ZORNGHO)</h3>
<p style="margin: 0;">SCHEMA HYDRAULIQUE DE L'INSTALLATION (dessin type de mise en oeuvre) échelle 1/50</p>	
<p style="margin: 0;">Présenté par: TRAORE Garantigui</p>	<p style="margin: 0;">Dirigé par: Mr. Demis ZOUNGRA</p>
<p style="margin: 0;">Avril à juin 2000</p>	





MEMOIRE DE FIN D'ETUDE 2000

AMELIORATION DU FONCTIONNEMENT DES PEA
(cas de ZORGHO)

SCHEMA TYPE DE MISE EN OEUVRE DES BORNES FONTAINES

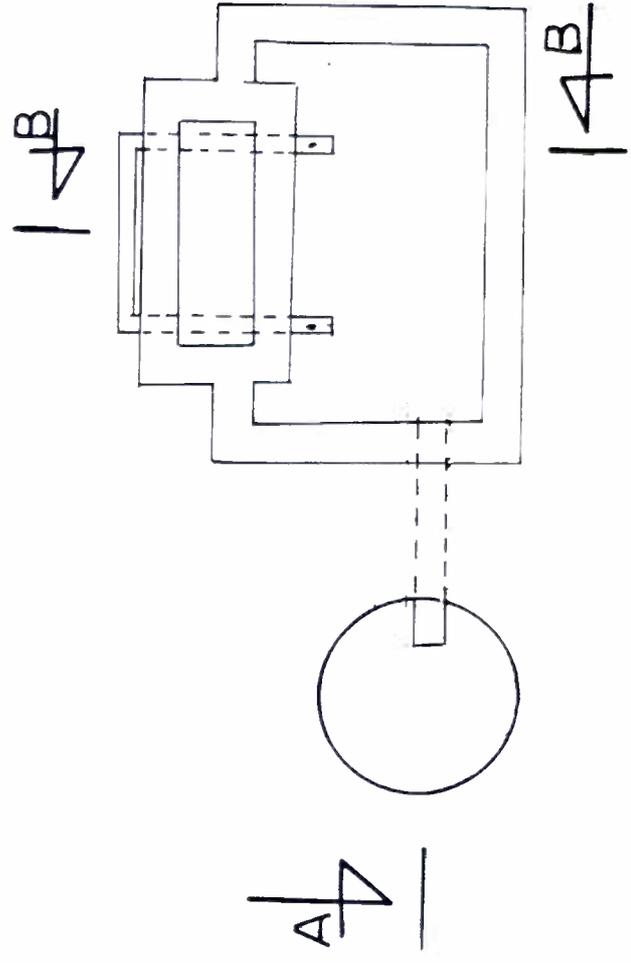
Présenté par :

TRAORE Garantigui

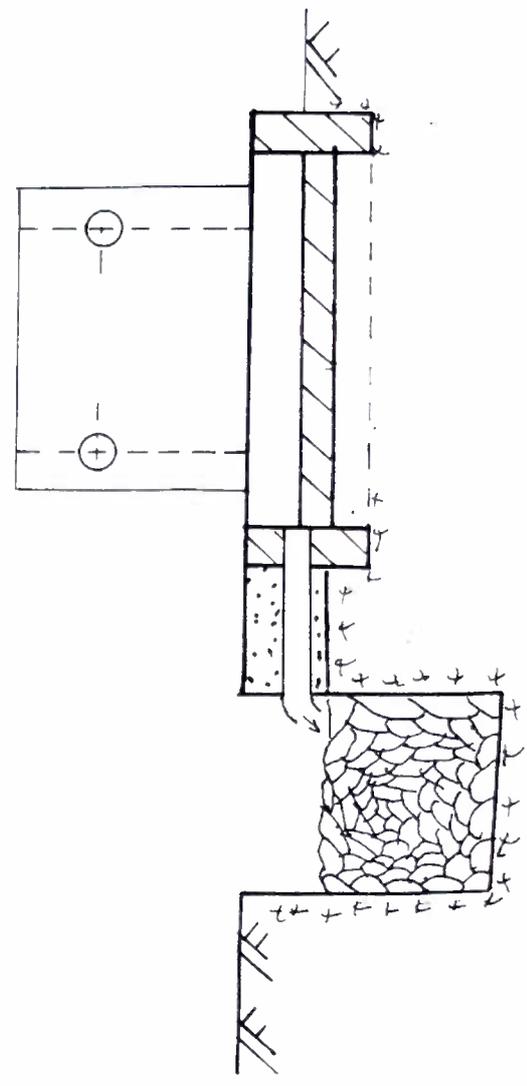
Dirigé par :

Mr. Denis ZOUNGRA

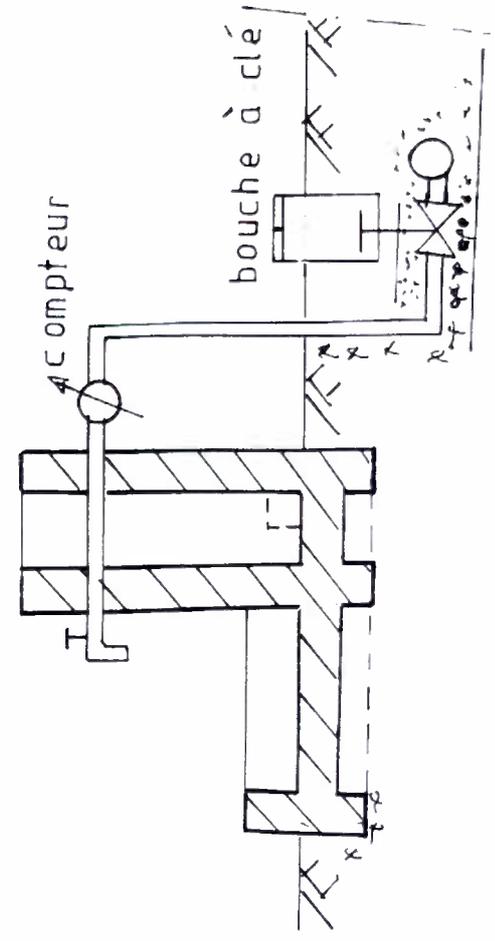
Avril à juin 2000



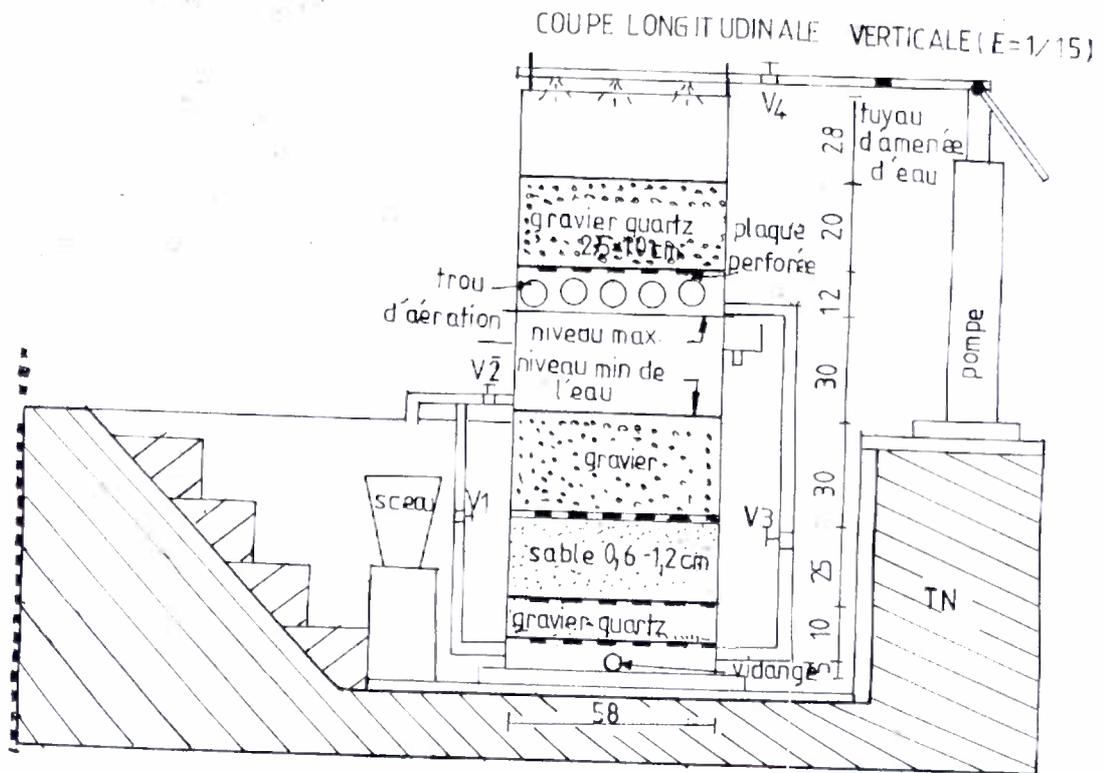
VUE EN PLAN



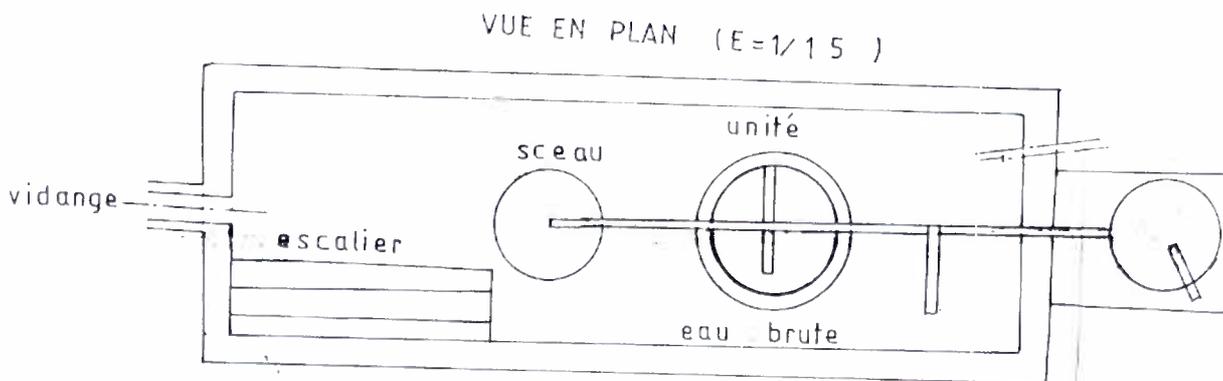
A-A



B-B



DISPOSITIF DE FERSATION (type "AF" métallique)



Burkina FASO	
Unité Progrès Justice	
Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Équipement Rural	Office national de l'Eau et de l'Assainissement ONEA
MEMOIRE DE FIN D'ETUDE 2000 AMELIORATION DU FONCTIONNEMENT DES PEA ZOR (cas de GHO)	
Schéma de l'unité de déferisation type "AF" métallique	
Présenté par: TRAORE Garantigui	Dirigé par Mr. Denis ZOUNGRA
Avril à juin 2000	