

REPUBLIQUE DU MALI

Un Peuple - Un But - Une Foi



**ORIGINAL**

## MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DE L'EAU

### Direction Nationale de l'Hydraulique

**Mobilisation des Ressources en Eau et d'Outils pour le Développement des Systèmes d'Alimentation en Eau Potable dans les Centres Semi-urbains et Ruraux en 1<sup>ère</sup> Région du Mali (Kayes) et la Réalisation des Systèmes d'Adductions d'Eau Potable**

### AVANT PROJET DETAILLE

**Centre de FANGALAKOUTA**

**JUIN 2009**

#### Financement

**République Fédérale d'Allemagne**

**Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)**

G R O U P E M E N T  
  

**MINISTERE DE L'ÉNERGIE ET DE L'EAU**  
**Direction Nationale de l'Hydraulique**

**Avant Projet Détaillé du centre de Fangalakouta**

**SOMMAIRE**

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>2. DONNÉES DE BASE DU PROJET.....</b>	<b>5</b>
2.1. PRESENTATION DU CENTRE DE FANGALAKOUTA : .....	5
2.1.1. <i>Situation Géographique</i> .....	5
2.1.2. <i>Données climatologiques</i> .....	6
2.1.3. <i>Plan topographique</i> .....	6
2.1.4. <i>Cadre socio-économique</i> .....	6
2.1.5. <i>La situation en matière d'hygiène et de santé</i> .....	7
2.2. DEMOGRAPHIE .....	7
2.3. NIVEAU ET PROXIMITE DES INFRASTRUCTURES PRIMAIRES .....	8
2.3.1. <i>Routes</i> .....	8
2.3.2. <i>Aéroport</i> .....	8
2.3.3. <i>Chemin de fer</i> .....	8
2.3.4. <i>Réseau électrique</i> .....	8
2.3.5. <i>Réseau téléphonique</i> .....	8
2.4. RESSOURCES EN EAU ACTUELLE .....	8
<b>3. BESOINS EN EAU POTABLE :.....</b>	<b>8</b>
<b>4. RESSOURCES EN EAU DISPONIBLES.....</b>	<b>9</b>
4.1. CADRE PHYSIQUE:.....	9
4.2. GEOLOGIE: .....	9
4.3. CARACTERISTIQUE DES FORAGES D'EXPLOITATION : .....	10
4.4. QUALITE DE L'EAU .....	11
<b>5. DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS.....</b>	<b>13</b>
5.1. CRITERES DE DIMENSIONNEMENT .....	13
5.2. DIMENSIONNEMENT DES ELECTROPOMPES IMMERGEES : .....	13
5.3. DIMENSIONNEMENT DU GENERATEUR SOLAIRE : .....	18
5.3.1. <i>Description</i> .....	18
5.3.2. <i>Dimensionnement</i> .....	19

5.4.	DIMENSIONNEMENT DU GROUPE ELECTROGENE POUR LE FORAGE F1:.....	21
	PUISSANCE MAXIMALE ACCEPTABLE EN SERVICE CONTINU = PUISSANCE GROUPE X 0,8 .....	21
5.5.	ALIMENTATION ELECTRIQUE.....	22
5.5.1.	<i>Au forage</i> .....	22
5.5.2.	<i>A la station dans le bâtiment « Entretien » :</i> .....	22
5.5.3.	<i>A la station dans le local du groupe électrogène:</i> .....	23
5.6.	REFOULEMENT.....	23
5.7.	RESEAU DE DISTRIBUTION.....	23
5.7.1.	<i>Heure et Coefficient de pointe</i> .....	24
5.7.2.	<i>Pression dans le réseau</i> .....	24
5.7.3.	<i>Bornes-fontaines</i> .....	26
5.8.	RESERVOIR ET CHATEAU D'EAU .....	27
5.8.1.	<i>Description du château d'eau :</i> .....	27
5.8.2.	<i>Equipement Hydraulique :</i> .....	28
5.9.	BATIMENT D'EXPLOITATION ET CLOTURE .....	28
5.9.1.	<i>Bâtiment d'exploitation</i> .....	28
5.9.2.	<i>Clôture</i> .....	29
5.10.	TRAITEMENT DE L'EAU BRUTE.....	29
5.10.1.	<i>Type de traitement</i> .....	29
5.10.2.	<i>Réactif utilisé</i> .....	29
5.10.3.	<i>Dimensionnement des installations</i> .....	29
<b>6.</b>	<b>ESTIMATION FINANCIERE.....</b>	<b>31</b>
6.1.	ESTIMATION DU COUT DES TRAVAUX.....	31
6.2.	DETERMINATION DU COUT DE REVIENT DE L'EAU.....	31
6.2.1.	<i>Charges récurrentes</i> .....	31
6.3.	COMPTE D'EXPLOITATION PREVISIONNEL .....	32

### LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Pluviométrie moyenne (mm) pour la période 1999 – 2007 Centre de Kita.....	6
Tableau 2	Température moyenne (°C) pour la période 1999 - 2007 .....	6
Tableau 3	Température minimum (°C) pour la période 1999 - 2007 .....	6
Tableau 4	Température maximum (°C) pour la période 1999 - 2007.....	6
Tableau 5	Nombre d'Habitants du centre de Fangalakouta .....	8
Tableau 6	Caractéristique du Pompage:.....	13
Tableau 7	Tableau de Dimensionnement Solaire du forage F2 : (voir page suivante).....	19
Tableau 8	Calcul des Pressions aux Nœud : .....	25
Tableau 9	Dimensionnement du réseau heure de pointe : .....	26
Tableau 10	Dimensionnement - Dosage avec Chlore libre (exemple).....	30

### **LISTE DES FIGURES**

Figure 1	Besoin d'Eau Type des Villages .....	24
Figure 2 :	Dimensionnement du Château d'Eau .....	27

### **LISTE DES ANNEXES**

1. Plan du Réseau
2. Plan des Bornes Fontaines
3. Plan Type Château d'Eau
4. Plan des Bâtiments
5. Plans Têtes de Forage
6. Plan Type de Regards
7. Plan Portail et Portillon
8. Plan de Masse de la Station

## 1. INTRODUCTION

Le projet « Mobilisation des Ressources en Eau et d'Outils pour le Développement des Systèmes d'Alimentation en Eau Potable dans les Centres Semi-urbains et Ruraux en 1<sup>ère</sup> Région du Mali et la Réalisation de Systèmes d'Adductions d'Eau Potable » a pour objectif de mettre à disposition des communes des outils de base d'aide à la décision nécessaires au développement des systèmes d'alimentation en eau potable et de réaliser des systèmes d'adduction d'eau dans les centres semi-urbain et ruraux de la dite région afin de garantir l'accès à l'eau potable.

Le projet est constitué de cinq volets :

- Volet 1: Études socio- démographique et socio- économique,
- Volet 2 : Études hydrogéologiques et géophysiques – contrôle et suivi des travaux de réalisation de forages et d'essais de pompes dans la 1<sup>ère</sup> région du Mali,
- Volet 3 : Fourniture de l'ortho- photo- plan pour les centres,
- Volet 4 : **Étude d'avant projet détaillé – dossiers d'appel d'offre – surveillance et contrôle des travaux d'adduction d'eau potable dans les centres ruraux et semi- urbains dans la 1<sup>ère</sup> région du Mali,**
- Volet 5 : Mesures d'accompagnement du programme de réalisation d'adduction d'eau potable dans les centres concernés et leurs communes,

Les Volets 1, 2, et 5 sont financés par le Gouvernement Allemand à travers la K.f.W. (Kreditanstalt für Wiederaufbau) et le Gouvernement Malien (représenté par le Ministre de l'Énergie, des Mines et de l'Eau (MEME) comme Maître d'Ouvrage et la Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH) comme Maître d'Ouvrage Délégué)

Le Volet 4 comporte trois tranches :

- ❖ Une première tranche qui a concernée l'approvisionnement en eau potable de 25 centres est déjà réalisée (Financement KfW) ;
- ❖ Une deuxième tranche qui concerne l'approvisionnement en eau potable de 14 centres est en cour d'exécution (sur Financement KfW) ;
- ❖ Et une troisième tranche qui concerne 11 centres dont les études, le contrôle et les mesures d'accompagnement sont financées par la KfW et l'exécution des travaux est financée par l'Union Européenne.

Le présent rapport concerne la troisième tranche du volet 4 et porte sur l'avant-projet détaillé de l'adduction d'eau potable du centre de Fangalakouta.

## 2. DONNÉES DE BASE DU PROJET

### 2.1. Présentation du centre de FANGALAKOUTA :

Le Le village de FANGALAKOUTA est situé dans la commune rurale de Kokofata au Sud-ouest du cercle de Kita. Il est à 85 Km de la ville de Kita. Les pistes rurales qui le relie aux villages environnants et au chef lieu de commune sont saisonnières. L'accès du village en hivernage est difficile.

#### 2.1.1. .Situation Géographique

Le centre de FANGALAKOUTA est situé au niveau des coordonnées géographiques suivantes:

Longitude : 10°00'43

Latitude : 12°40'07

### 2.1.2. Données climatologiques

Les informations sur les précipitations et les températures enregistrées à partir de la station météorologique de Kita, non loin de Fangalakouta sont données dans le tableau ci-après :

Tableau 1 Pluviométrie moyenne (mm) pour la période 1999 – 2007 Centre de Kita

STATIONS	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	TOTAL
KITA	0,2	0	4,7	6,8	26,1	111,3	181,4	274,7	144,7	56,1	11,6	0,9	818,5

Tableau 2 Température moyenne (°C) pour la période 1999 - 2007

STATIONS	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	MOY
KITA	25,9	28,9	31,8	33,7	34,1	29,9	27,1	26,2	28,2	27,6	26,8	25,8	28,85

Tableau 3 Température minimum (°C) pour la période 1999 - 2007

STATIONS	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	MOY
KITA	18,4	20,4	23,7	26,5	26,9	24,3	22,8	22,2	22,0	22,2	18,9	17,3	22,18

Tableau 4 Température maximum (°C) pour la période 1999 - 2007

STATIONS	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	MOY
KITA	33,5	36,6	39,2	40,5	39,6	35,4	31,6	30,2	31,6	34,1	35,6	33,7	35,12

\* de - l'Agence pour la sécurité et la navigation aérienne (ASECNA) Bamako janvier 2008

### 2.1.3. Plan topographique

A partir des ortho photo plan, un plan topographique du centre a été établi en vu de l'établissement du plan de réseau de canalisation de l'approvisionnement en eau potable du centre. Ce plan comporte :

- L'implantation de l'habitat existant,
- L'implantation des infrastructures collectives (école, centre de santé...)
- La situation des dépressions topographiques,
- L'implantation du bâtiment d'exploitation, du château d'eau, des forages, des bornes fontaines et des passages des canalisations,
- Les côtes des différents endroits du centre notamment les rues,

### 2.1.4. Cadre socio-économique

Le village dispose d'un petit nombre d'infrastructures qui sont le résultat des efforts des villageois et de l'Etat (cf. Données d'enquête. Partie 2).

Le village dispose d'une mosquée construite en 1999, d'une école fondamentale de 1<sup>er</sup> cycle de 3 classes (1998) et d'un magasin coopératif. Toutes ces infrastructures ont été réalisées par les villageois, la seule infrastructure réalisée avec l'appui de l'Etat est la pmh.

Le niveau d'alphabétisation des adultes est médiocre (<3%).

Ce bas taux d'alphabétisme représente un handicap pour la mise en place des organes de gestion efficaces, capables de s'approprier des mécanismes de gestion qui seront mis en place.

Selon les femmes, la principale source de leurs revenus est l'agriculture (60%), suivi du maraîchage (25%), le petit commerce (15%).

Les femmes considèrent les revenus de l'agriculture « insuffisants », ceux des activités complémentaires viennent consolider la situation économique des femmes.

Sur leur revenu, les femmes assurent certaines des dépenses courantes et essentielles d'alimentation et de ménage (cf. Données d'enquête. Partie 2).

La principale source de revenus des familles (activités des hommes) est l'agriculture (80%). Elle occupe 100% de la population et est axée sur les cultures vivrières et les cultures de rente comme le coton et l'arachide.

En plus de l'agriculture, les familles pratiquent également de l'élevage qui assure 15% des revenus ; 5% des revenus proviennent de la migration saisonnière.

Nonobstant le nombre assez important des ressortissants du village vivant à l'étranger, la migration ne constitue pas une source de revenus sur laquelle les familles peuvent compter. 182 ressortissants du village vivent en France et dans divers pays d'Afrique.

### 2.1.5. La situation en matière d'hygiène et de santé

La situation sanitaire n'est pas satisfaisante, selon les femmes, tous les membres de la famille sont souvent touchés, par les diarrhées et les dysenteries. La bilharziose touche particulièrement les enfants. Les femmes attribuent ces affections à la consommation des eaux de puits et du marigot.

L'absence d'un centre de santé dans le village n'a pas permis la vérification des données recueillies auprès des femmes.

Les mesures d'accompagnement devront veiller à actualiser ces données de départ nécessaires à l'évaluation future des habitudes après la réalisation d'ouvrages d'approvisionnement en eau potable.

Les mesures de préservation et de transport de l'eau sont moyennes, L'entretien des abords des puits et de la pompe manuelle est moyen.

Quelques familles ont des latrines traditionnelles, leur entretien est faible malgré une utilisation intense.

D'une manière générale, l'hygiène et l'assainissement méritent d'être améliorés..

## 2.2. Démographie

Sa population officielle (rec. 98) est de 1.818 habitants.

La population permanente du village-mère reconstituée par l'enquête démographique de 203 est de 2.059 habitants.

La population permanente (village mère + hameaux) reconstituée par l'enquête démographique est de 3.904 habitants.

La population permanente du village est constituée à 100% de Malinkés.

La population flottante est faible et ne réside pas plus de six mois dans le village. Elle n'est donc pas considérée dans le calcul du besoin en eau.

Le village compte 26 émigrés dénombrés parmi les effectifs des familles.

Le village n'est pas divisé en quartiers, il est constitué en seul bloc homogène.

L'habitat est de type groupé dispersé<sup>1</sup>. (cf. Données traitées d'enquête. Partie 1)

Les constructions en banco de style traditionnel (toit de banco ou en paille) dominant et sont en bon état. On trouve aussi quelques rares maisons en banco avec toit de tôle

<sup>1</sup> Type groupé-dispersé : Plusieurs gros ensembles ou quartiers très éloignés les uns des autres.

Tableau 5 Nombre d'Habitants du centre de Fangalakouta

Année	1998	2003	Taux de Croissance (a)	2009	2019
Source des données	rec. 1998	enquête démographique de 2003 du projet	$a=(P_n/P_0)^{1/n}$	$P_n=P_0X(1+a)^n$	$P_n=P_0X(1+a)^n$
Populations ou taux de Croissance	1818 habitants	2059 habitants	2,69%	2310 habitants	2817 habitants

### 2.3. Niveau et proximité des infrastructures primaires

#### 2.3.1. Routes

Les pistes rurales qui le relie aux villages environnants et au chef lieu de commune sont saisonnières. L'accès du village en hivernage est difficile.

#### 2.3.2. Aéroport

Fangalakouta n'est pas desservi par un Aéroport.

#### 2.3.3. Chemin de fer

Fangalakouta n'est pas desservi par la ligne de chemin de fer

#### 2.3.4. Réseau électrique

Il n'existe aucun réseau électrique dans le centre de Fangalakouta.

#### 2.3.5. Réseau téléphonique

Le réseau mobil de télécommunication fonctionne à Fangalakouta.

### 2.4. Ressources en eau actuelle

L'approvisionnement en eau du village n'est assuré qu'à partir de quatre puits traditionnels collectifs et de 5 puits privés. L'eau des puits est utilisée pour la consommation humaine, l'abreuvement du bétail, le jardinage et autres usages.

Les puits sont situés à l'intérieur des concessions ou à proximité, le temps d'attente ne dure que quelques minutes. Ils sont pérennes pendant les 12 mois de l'année.

En saison des pluies certaines familles utilisent l'eau du marigot pour la lessive.

Le village dispose d'une pompe manuelle qui est actuellement en panne.

Le besoin spécifique par personne et par jour dans ce centre est de 29,01 litres.

### 3. BESOINS EN EAU POTABLE :

Le besoin d'eau est calculé pour les habitants (voir les informations de Volet 1 de ce projet) et pour des institutions communales ainsi que les hôpitaux, les écoles, les médersas les Mosquées et les Églises. Les centres de santé les hôpitaux et les écoles doivent être branchés au réseau de l'adduction d'eau potable par le projet.

Pour une eau payante, leur consommation spécifique est estimée à 15 litres par jour et par personne, soit une consommation journalière de 44 m3 par jour en l'an 2019.



En l'état actuel des choses, le besoin en eau est satisfait en quantité mais pas du tout en qualité (les puits de très faible profondeur sont ouverts, et l'eau du marigot est souvent utilisée).

Aucune pratique de paiement n'existe dans ce village pour avoir l'eau, ni même pour la prise en charge de la réparation de la pompe manuelle depuis qu'elle est tombée en panne.

Le paiement pour l'eau ne sera pas assuré a priori. Plusieurs familles risquent de maintenir ses moyens actuels d'approvisionnement en eau après l'installation d'un service payant. L'information et la sensibilisation sur l'eau potable devront faire l'objet d'attention particulière par les mesures d'accompagnement.

#### 4. RESSOURCES EN EAU DISPONIBLES

##### 4.1. Cadre physique:

*Situation géomorphologique:* Dans une vallée à écoulement temporaire entaillant un plateau gréseux latéralisé

##### 4.2. Géologie:

*Etage géologique*                      *Infracambrien*

*Formation lithologique :*    *Groupe de SOUROUKOTO,*

*Code formation:*                      *So2*

*Lithologie dominante:*                      *grès fins, argilites*

*Structures photo géologiques:* Pas de structure importante identifiée dans la zone du village sur la carte géologique.

Linéaments structuraux orientés WNW-ESE et NE-SW repéré sur les photographies aériennes. Pas de structure importante identifiée dans la zone du village sur la carte géologique.

Linéaments structuraux orientés WNW-ESE et NE-SW repéré sur les photographies aériennes

*Lithologie forage:*    *Grès schisteux, schistes, grès - intrusions doléritiques*

*Nappe superficielle:*                      *Argiles latéritiques sableuses et silteuses de 20m d'épaisseur saturées sur 10 à 12m.*

*Nappe du substratum:*                      *Zones fissurées localisées dans les séries gréso-schisteuses intercalées entre les intrusions doléritiques qui sont stériles.*

*Eau saumâtre dans celles situées au mur des intrusions doléritiques. Les zones fissurées dans la partie supérieure du substratum gréseux au contact des altérites ont une salinité moyenne*

*Ressources en Eau:*                      *Les ressources de l'aquifère superficiel sont importantes mais ne semblent qu'être partiellement mobilisables par le milieu fissuré sous-jacent affecté par des discontinuités liées aux intrusions doléritiques. La disponibilité des ressources ne peut être garantie sur la base des données actuelles pour une exploitation AEP et devra être confirmée par un suivi piézométrique. L'évolution de la qualité des eaux pourrait aussi être une contrainte et devra faire l'objet d'un suivi*

*Aquifères captés:*                      *Captage des zones fissurées supérieures avec des eaux moyennement minéralisées. Remblaiement de la partie inférieure du forage F1 pour isoler les venues d'eau saumâtres profondes.*

**Suivi hydrogéologique** : Suivi régulier de l'évolution de la salinité durant les premiers mois d'exploitation, puis périodiquement durant la saison sèche pendant au moins deux cycles hydrologiques

**4.3. Caractéristique des forages d'exploitation :**

**RECAPITULATION DES CARACTERISTIQUES DES FORAGES DE PRODUCTION AEP**

Village: **FANGA LAKOUTA**

Codage: 1523257

**Equipement des forages**

Forage	Profondeur / sol (m) de: à:	Longueur (m)	Type tubage
U3/31/F1	0.5 -30.8	31.26	Fourniture et installation PVC plein 6 1/2 "
	-30.70 -38.5	7.74	Inst. & Fourniture crépine 6 1/2 "
	-38.5 -40.4	1.9	Fourniture et installation PVC plein 6 1/2 "
	-40.4 -43.3	2.92	Inst. & Fourniture crépine 6 1/2 "
	-43.32 -45.3	2	Fournit/ Inst. Sabot de pied 2m
U3/32/F2	0.5 -32.0	32.45	Fourniture et installation PVC plein 6 1/2 "
	-31.95 -37.8	5.85	Inst. & Fourniture crépine 6 1/2 "
	-37.8 -39.8	2	Fournit/ Inst. Sabot de pied 2m

**Simulation exploitation**

<b>U3/31/F1</b>	
Débit exploitation:	10 m <sup>3</sup> /h
Pompage continu:	300 jours
Rabatement interfor. :	5.96 m
Niveau dynamique:	15 m
<b>Hypothèses de simulation</b>	
recharge boundary	
Fluctuation saisonnière nappe = 3m	
Recharge nappe 2 mois hivernage	
<b>U3/32/F2</b>	
Débit exploitation:	10 m <sup>3</sup> /h
Pompage continu:	30 jours
Rabatement interfor. :	14.1 m
Niveau dynamique:	24 m
<b>Hypothèses de simulation</b>	
recharge boundary	
Fluctuation saisonnière nappe = 3m	
Recharge nappe 2 mois hivernage	

Qualité des eaux	Na+	K+	Ca++	Mg++	Fe++	Cl-	HCO3-	SO4-	NO3-	Cond	pH	DT	Alcal.	Evaluation labo DNH.
U3/31/F1	11	3.2	35.9	6.1	0.01	12	130	21	0.7	329	7	115	107	Eau de minéralisation moyenne, dure, agressive, eau de bonne qualité physico-chimique
U3/32/F2	51	6.6	45.1	39	0.03	125	247	62	0.3	823	8	276	203	Eau de minéralisation importante, très dure, eau de qualité physico-chimique acceptable

**Essais de pompage en paliers**

Forage	Q (m <sup>3</sup> /h)	t cum (mn)	Rab (m)	ND (m)	Niveau statique:
U3/31/F1					8.22 (m)
	Palier 1	5.2	20	12.9	21.12
	Palier 2	10.8	40	13.73	21.9500
	Palier 3	15.4	60	14.77	22.9900
U3/32/F2					8.76 (m)
	Palier 1	2.7	20	12.78	21.5200
	Palier 2	6.0	40	15.07	23.83
	Palier 3	13.5	60	19.79	28.5500

**Essais de longue durée**

Forage	Phase de pompage				Conductivité (µS/cm)		Remontée		Distance piézomètres		
	Q (m <sup>3</sup> /h)	t (mn)	Rab (m)	ND (m)	Min	Max	t <sup>1</sup> (mn)	RabRed(m)	Piezo 1	Piezo 2	Piezo 3
U3/31/F1	15.4	4320	7.66	15.93	261	293	2880	0.1	3 m	900 m	0 m
U3/32/F2	10.0	4320	11.68	20.49	650	864	2880	0	0 m	0 m	0 m

**Interprétation essais de longue durée**

Forage	Forage d'essai					Piézomètre 1		Piézomètre 2		Piézomètre 3	
	Tdes (m <sup>2</sup> /sec)	Trem (m <sup>2</sup> /sec)	S	B	C	Tdes (m <sup>2</sup> /sec)	S	Tdes (m <sup>2</sup> /sec)	S	Tdes (m <sup>2</sup> /sec)	S
U3/31/F1	méthodes d'interprétation										
	Cooper Jacob I										
U3/32/F2	méthodes d'interprétation										
	Cooper Jacob I										

### 4.4. Qualité de l'eau

L'eau brute est de qualité physico-chimique acceptable.

Il n'est pas conseillé de traitement particulier, mais une stérilisation par le chlore reste cependant indispensable. (Voir fiches d'analyses ci dessous)

Direction Nationale de l'Hydraulique  
B.P. 66 Bamako  
Tel: 21 48 77 / 21 25 88

**LABORATOIRE DE LA QUALITE  
DES EAUX**

## CERTIFICAT D'ANALYSE D'EAU

N° de Laboratoire  
**20156**

Site de prélèvement  
**FANGALAKOUTA  
H3/31/F1**

Type de point d'eau  
**FORAGE  
GEORECHERCH**

Demandeur: \_\_\_\_\_ Professeur: \_\_\_\_\_

Date de prélèvement  
**2.9.06.05  
1.9.07.05**

Date de réception

PARAMETRE		RESULTAT		PARAMETRE		RESULTAT		PARAMETRE		RESULTAT	
Température	°C		11.1	pH			7.0	Tot. Sol. totales (105°C)	mg/L		2102.66
Couleur	UCV		1110	Conduct. (25°C)	µS/cm		1312.9	Mat. en susp. (105°C)	mg/L		
Turbidité	UNT		1110	Dureté totale	mg/L CaCO <sub>3</sub>		111.5	Mat. en susp. Vol. (805°C)	mg/L		
				Alcalinité	mg/L CaCO <sub>3</sub>		110.7				
Calcium	mg/L Ca		135.9	Carbonates	mg/L CO <sub>3</sub>		110.9	Micres	mg/L N		107.70
Magnésium	mg/L Mg		116.1	Bicarbonates	mg/L HCO <sub>3</sub>		1131.0	Fluorures	mg/L F		107.19
Sodium	mg/L Na		111.0	Sulfates	mg/L SO <sub>4</sub>		121.0	Iodures	mg/L I		
Potassium	mg/L K		13.2	Chlorures	mg/L Cl		112.0				
Fe	mg/L Fe		10.011	Manganèse	mg/L Mn			Silice	mg/L SiO <sub>2</sub>		
Aluminium	mg/L Al			Cuivre	mg/L Cu			Zinc	mg/L Zn		
Oxygène dissous	mg/L O <sub>2</sub>			Nitrites	mg/L N			Ortho-phosphates	mg/L P		
% saturation O <sub>2</sub> dissous				Azote amm.	mg/L N			Phosphore total	mg/L P		
DB <sub>5</sub>	mg/L			Azote kjeldahl	mg/L N			Phosphore hydro.	mg/L P		
DCO	mg/L							Sulfures	mg/L S		
Ploomb	mg/L Pb			Cadmium	mg/L Cd			Indice de Ryznar			198.9
Mercuric	mg/L Hg			Chromes	mg/L Cr			SAR			

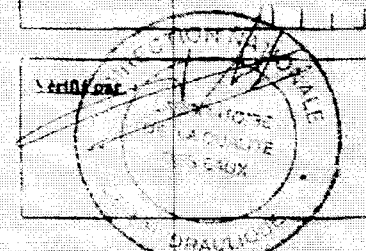
**ANALYSES BACTERIOLOGIQUES**

Coli. Totaux col. / 100 mL	
Coli. Thermotolérants col. / 100 mL	
Strepto. Fœcaux col. / 100 mL	
Chlore résiduel mg/L	

**MESURES SUR LE TERRAIN**

Température	°C		
pH			
Conductivité	µS/cm		

Observations: Eau de minerale géothermique  
dans un puits; Eau de bonne qualité  
après traitement



LABORATOIRE DE LA QUALITE DES EAUX - B.P. E. 415 - BAMAKO (Rep. du Mali) - Tel: (229) 221 38 24 - Fax: (229) 221 78 95 - E-mail: labqualite@ahilbone.net.ml

Direction Nationale de l'Hydraulique  
B.P. 66 Bamako  
Tel : 21 48 77 / 21 25 88

**LABORATOIRE DE LA QUALITE  
DES EAUX**

**CERTIFICAT D'ANALYSE D'EAU**

N° de Laboratoire  
9 0 4 6

Lieu de prélèvement  
FANGALAKOUTA  
U3132/F2

Type de point d'eau  
FORAGE  
GEOECHANIM  
Demandeur \_\_\_\_\_ Preleveur \_\_\_\_\_

Date de prélèvement  
0 4 0 7 0 5  
1 9 0 7 0 5  
Date de réception

PARAMETRE	RESULTAT	PARAMETRE	RESULTAT	PARAMETRE	RESULTAT
Température °C	11.1	pH	8.00	Mat. Sol. totales (105°C) mg/L	417.144
Couleur UCV	116	Conduct. (25°C) µS/cm	1812.3	Mat. en susp. (105°C) mg/L	
Turbidité UNT	110	Dureté totale mg/L CaCO <sub>3</sub>	1217.6	Mat. en susp. Vol. (505°C) mg/L	
		Alcalinité mg/L CaCO <sub>3</sub>	1810.3		

Calcium mg/L Ca	145.1	Carbonates mg/L CO <sub>3</sub>	110.0	Nitrates mg/L N	10.310
Magnésium mg/L Mg	139.4	Bicarbonates mg/L HCO <sub>3</sub>	1214.7	Fluorures mg/L F	10.314
Sodium mg/L Na	151.0	Sulfates mg/L SO <sub>4</sub>	121.0	Iodures mg/L I	
Potassium mg/L K	15.6	Chlorures mg/L Cl	1215.0		

Fer mg/L Fe	10.03	Manganèse mg/L Mn		Silice mg/L SiO <sub>2</sub>	
Aluminium mg/L Al		Cuivre mg/L Cu		Zinc mg/L Zn	

Oxygène dissous mg/L O <sub>2</sub>		Nitrates mg/L N		Ortho-phosphates mg/L P	
% saturation O <sub>2</sub> dissous		Azote amm. mg/L N		Phosphore total mg/L P	
DB <sub>5</sub> mg/L		Azote kjeldahl mg/L N		Phosphore hydro mg/L P	
HCO mg/L				Sulfures mg/L S	

Plomb mg/L Pb		Cadmium mg/L Cd		Matrice de Ryznar	18.214
Mercuré mg/L Hg		Chrome mg/L Cr		S.A.R.	

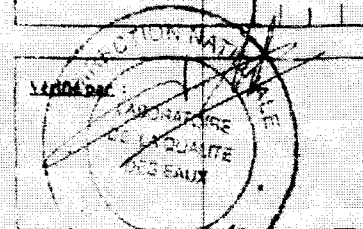
**ANALYSES BACTERIOLOGIQUES**

Coli. Totaux col./100 ml.	
Coli. Thermotolérants col./100 ml.	
Strepto. Fecaux col./100 ml.	
Chlore résiduel mg/L	

**MESURES SUR LE TERRAIN**

Température °C	
pH	
Conductivité µS/cm	


Observations: l'eau de minéralisation inhabituelle  
très dure, eau de qualité "type 6 - chimie"  
acceptable



## 5. Dimensionnement des Equipements

### 5.1. Critères de dimensionnement

En tenant compte, que la capacité des forages est suffisante, le dimensionnement du système est conçu comme suit :

1. La durée de la consommation journalière dans les villages est 13 heures (de 6 à 19 heures)
2. le réseau de distribution est dimensionné pour un besoin du point atteint à 8 heures avec un facteur de point égal à 3 pour un débit moyen relatif aux 13 heures de consommation journalière.
3. Le volume du réservoir est égal au volume du besoin journalier pour des besoins inférieurs ou égaux à 60 m<sup>3</sup> par jour ; pour des besoins supérieurs, le volume du réservoir sera compensé par le pompage et une capacité conséquente de stockage.
4. Le dimensionnement des conduites de refoulement tient compte des caractéristiques techniques des forages, les recommandations hydrogéologiques et les conditions d'exploitations des sources d'énergie, spécialement de l'énergie solaire.
5. Le dimensionnement des équipements de forage est en concordance avec ce de la conduite de refoulement.
6. L'horizon de projection des installations est l'année 2019, la production nécessaire journalière correspondante à cette période est 96 m<sup>3</sup>/jour avec une production horaire maxi de 19,6m<sup>3</sup>.
7. Le réseau de distribution est dimensionné avec des vitesses d'écoulement d'eau ~ 0,6 m/s et des pressions aux borne fontaines ~ 0,7 bars pour rendre possible l'augmentation de la consommation aussi après 2019.

Pour des mesures de sécurité deux forages seront équipés. Le système de pompage sera mixte, le Forage F2 sera alimenté par le solaire et fournira le besoin journalier dans les conditions optimales d'ensoleillement, tan dis que le forage F1 sera alimenté par l'énergie thermique produit par un groupe électrogène, servira d'appoint.

### 5.2. Dimensionnement des électropompes immergées :

Les pompes utilisées seront des pompes multicellulaires à roues mobiles radiales directement accouplées au moteur immergé. Le moteur de chaque pompe immergée sera alimenté en 380/400 Volts triphasé 50 Hertz vitesse de rotation 2900 tours/minute. L'ensemble de la pompe sera en acier inoxydable.

Le diamètre extérieur de la pompe doit être adapté au diamètre du forage.

Le démarrage de la pompe se fait de façon directe jusqu'à une puissance de 3 kW. Au delà de cette puissance le système Y-Δ est à installer.

Tableau 6 Caractéristique du Pompage:

Forage	NS (m)	ND (m)	Profondeur pompe (m)	Débit pompé m <sup>3</sup> /h	HMT (m)	Type de pompe
F1	9,04	14,16	18	8,7, pompage solaire	38,6	Grundfos SP8A-10 φ101mm, puissance 1,5KW
F2	9,90	23,9	27	8,06 pompages thermiques	41,1	Grundfos SP8A-10 φ101mm, puissance 1,5KW

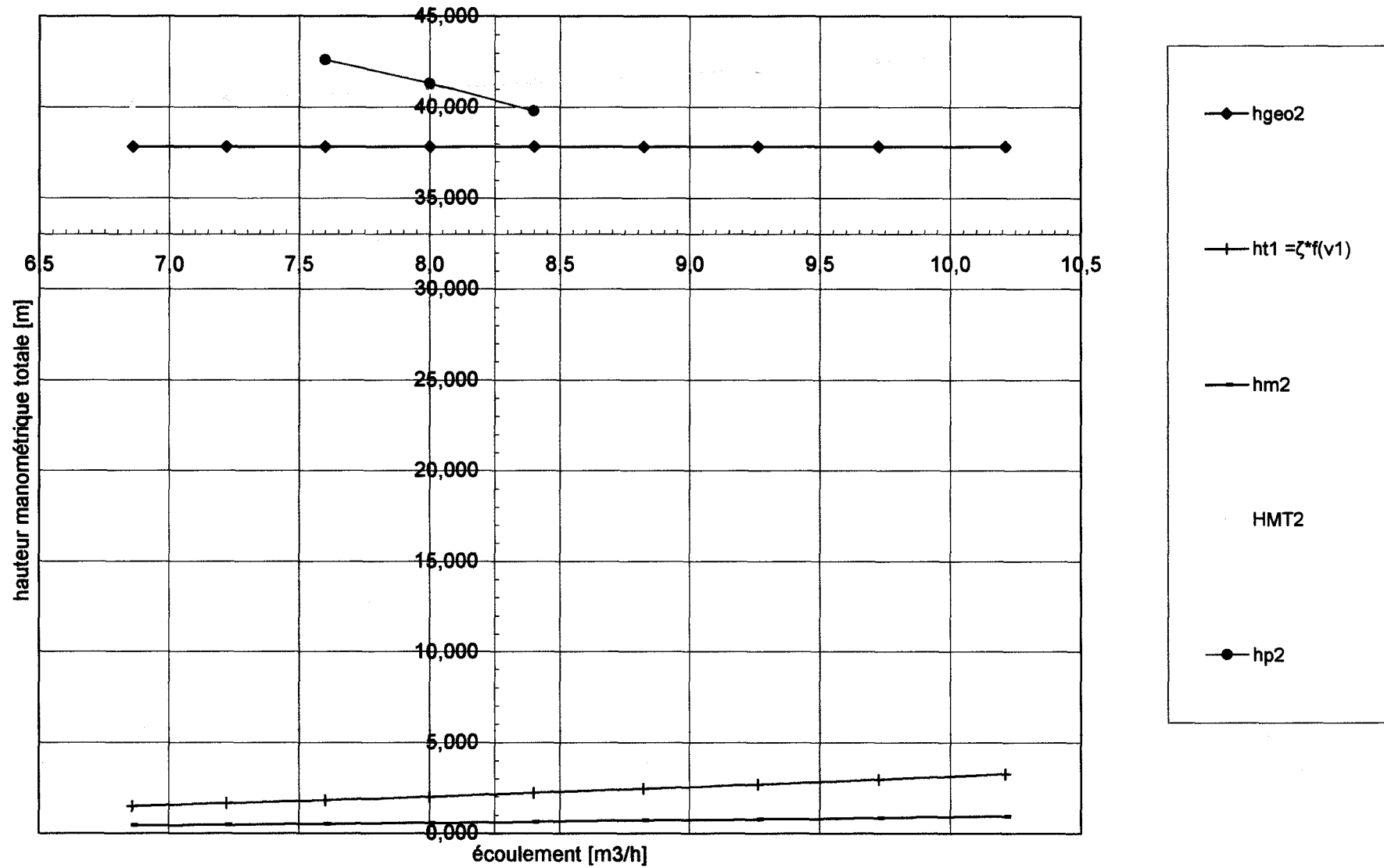
AEP 11 CENTRES – 1<sup>ère</sup> Région – APD du centre de FANGALAKOUTA

partie générale, uPVC DE 63 PN 10				branche forage n° F1, uPVC DE 90 PN 10					branche forage n° F2, uPVC DE 63 PN 10					évaluation de la pompe						
callage (m per 1000 m)	118	14,913		callage (m per 1000 m)	118	0,000			callage (m per 1000 m)	118	14,913			branche for. N° F1	branche for. N° F2					
diamètre int.	coefficient de la rugosité (Strickler)	longueur de partie gén.	facteur de distribution	diamètre int.	coefficient de la rugosité (Strickler)	longueur de branche	ht1 = ζ * (v1)		facteur de distribution	diamètre int.	coefficient de la rugosité (Strickler)	longueur de branche	ht1 = ζ * (v1)	Grundfos SP 8A / 10 - 101mm	Grundfos SP 8A / 10 - 101mm					
0,0078	118	39,15	0,00	0,0078	118	367,00	ζ =		1,00	0,0078	118	39,00	ζ =	[r/min]	2900	[r/min]	2900			
écoulement Q	vélocité v	pertes hm	Q1	hgeo1	v1	hm1	55	HMT1	Q2	hgeo2	v2	hm2	55	HMT2	Q1 [m3/h]	hp1	Q2 [m3/h]	hp2		
[m3/s]	[m/s]	[m]	Q1=Q2a	[m]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	Q2=Q2x(1-a)	[m]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	Q1=Q x a	[m]	Q2=Q x (1-a)	[m]		
0,00181	0,69	0,387	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	29,66	0,00181	37,845	0,69	0,386	1,340	39,96	0,00		6,52			
0,00191	0,73	0,429	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	29,69	0,00191	37,845	0,73	0,428	1,484	40,19	0,00		6,86			
0,00201	0,77	0,475	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	29,64	0,00201	37,845	0,77	0,474	1,645	40,44	0,00		7,22			
0,00211	0,81	0,527	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	29,69	0,00211	37,845	0,81	0,525	1,822	40,72	0,00	41,00	7,60	42,80		
0,00222	0,85	0,584	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	29,75	0,00222	37,845	0,85	0,582	2,019	41,03	0,00	52,36	8,00	41,30		
0,00233	0,90	0,644	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	29,81	0,00233	37,845	0,90	0,641	2,226	41,36	0,00	37,40	8,40	36,80		
0,00245	0,94	0,710	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	29,87	0,00245	37,845	0,94	0,707	2,454	41,72	0,00		8,82			
0,00257	0,99	0,782	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	29,95	0,00257	37,845	0,99	0,779	2,706	42,11	0,00		9,26			
0,00270	1,04	0,863	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	30,03	0,00270	37,845	1,04	0,859	2,983	42,55	0,00		9,72			
0,00284	1,09	0,951	0,00000	29,165	0,00	0,000	0,000	30,12	0,00284	37,845	1,09	0,947	3,289	43,03	0,00		10,21			
Qdim [m³/h]=	6																			
hauteur du chât. d'eau [m]				extrait du dessin:		Fo. N°:		F1	[m]	extrait du dessin:		Fo. N°:		F2	[m]	consommation journalière				
poteau [m]				Q1 [m3/s]		niveau du fo.:		[NM+m]	267,016	Q2 [m3/s]		niveau du fo.:		[NM+m]	267,330	[m3/jour]: 90,00				
niveau du chât. d'e. [NM+m]				HMT1 [m]		prof. d'étiage sous sol:		[m]	9,040	HMT2 [m]		prof. d'étiage sous sol:		[m]	9,900	décharge F°: F1				
longueur de partie gén. [m]				η - pompe		niveau du rés.:		[NM+m]	267,53	η - pompe		niveau du rés.:		[NM+m]	267,53	calculé 8,70				
				η - moteur		niveau d'eau - rés. pleine		[NM+m]	280,675			niveau d'eau - rés. pleine		[NM+m]	280,675	recommandé				
				0,627		prof. pompe sous sol		[m]	15,00	0,625		prof. pompe sous sol		[m]	27,00	décharge F°. F2				
				0,75		rabattement		[m]	5,96	0,748		rabattement		[m]	14,10	calculé 9,08				
						longueur de conduites		338,00				longueur de conduites		12,00	recommandé 10,00					
Q1 [m3/s]	0,00242	puissance nécessaire: Q x H x 9.81 / eta p / eta tr		Fo.n°:	F1	HMT1 [m]:	38,6	η 1:	0,627	P1 [kW]:	1,95	temps de pompage:		0,00	[h]	par groupe électrogène				
Q2 [m3/s]	0,00224	puissance nécessaire: Q x H x 9.81 / eta p / eta tr		Fo. n°:	F2	HMT2 [m]:	41,1	η 2:	0,625	P2 [kW]:	1,93	temps de pompage:		6,20	[h]					
Q [m3/s]	0,00466	[m3/h]	16,78																	
classe du pression										pertes de charge des pièces spéciales - ζ =										
										compteur - 7,0, té - 0,7, vanne - 0,3, coude 45° - 0,3, coude 90° - 1,0, red. - 0,1, filtre - 35, clapet - 0,6										
coup de bélier - uPVC: dh = a/g * (v1 - v0)										coup de bélier - fonte ductile: dh = a/g * (v1 - v0)										
branche du système:	kilometrage	HMT [m]	coup de b. [m]	depression [m]	sum [m]	classification du pression - uPVC	classification du pression - fonte duct.	classe PN 10 (a = )	classe PN 10 (a = )	classe PN 10 (a = )	cl. PN 16 - K9 - DN 80 - 2000 (a = )									
F1	672	22	16	2,00	39,0	8 - 10		536	536	536	1306									
F2	785	32	17	6,00	55,0	8 - 10		[x v1]	[x v1]	[x v1]	[x v1]	[x v1]	[x v1]	[x v1]	[x v1]	[x v1]	[x v1]			
F2	700	49	41	0,00	90,0		K7	0,53	0,62	0,59	0,62									
dh[m] =								14,34	16,78	15,96	dh[m] =							40,87	0,00	0,00

AEP 11 CENTRES – 1<sup>ère</sup> Région – APD du centre de FANGALAKOUTA

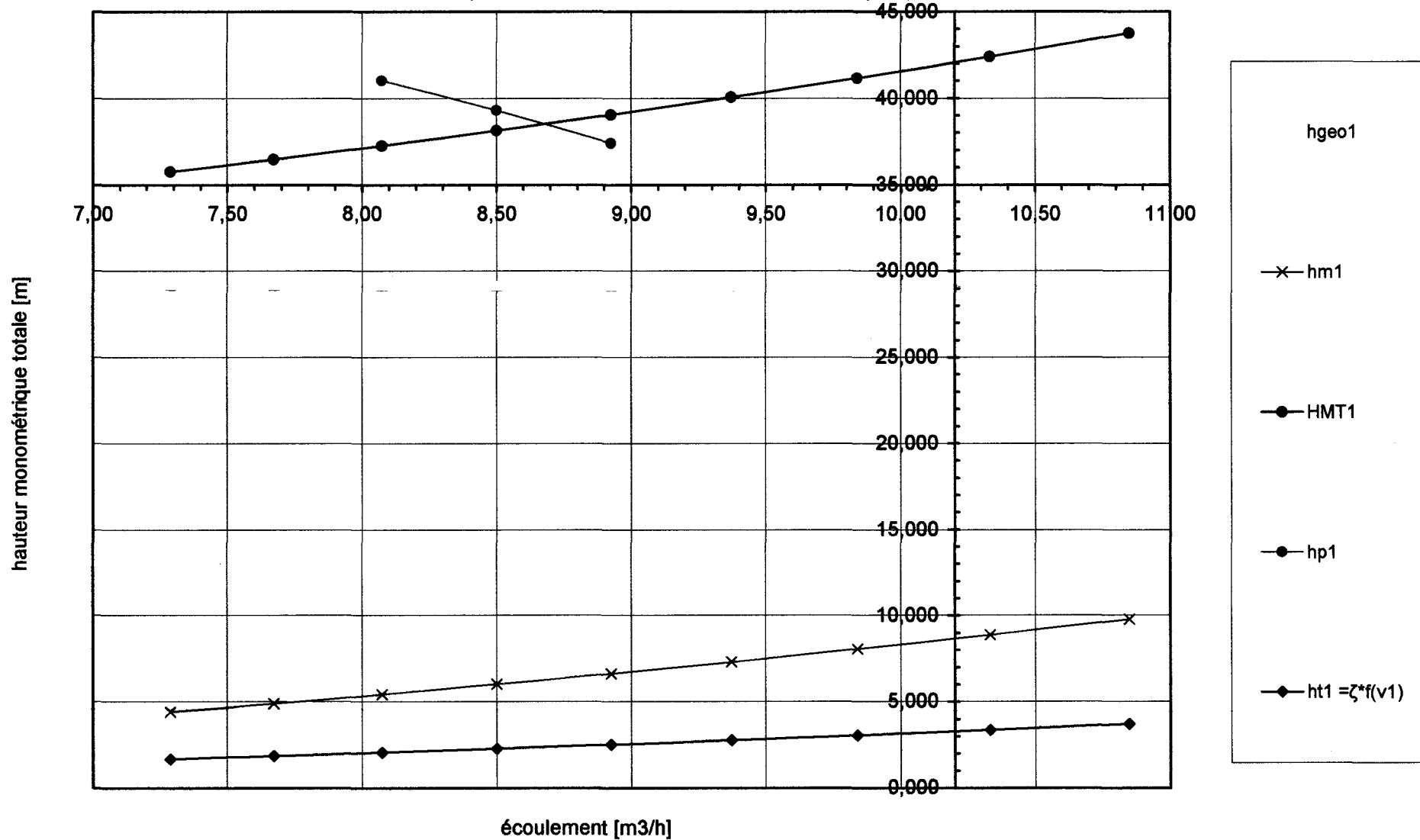
partie générale, uPVC DE 63 PN 10			branche forage n° F1, uPVC DE 90 PN 10						branche forage n° F2, uPVC DE 63 PN 10						évaluation de la pompe			
calibrage (m per 1000 m)	118	16,836		calibrage (m per 1000 m)	118	16,836			calibrage (m per 1000 m)	118	0,000				branche for. N° F1	branche for. N° F2		
diamètre int.	coefficient de la rugosité (Strickler)	longueur de partie gén.	facteur de distribution	diamètre int.	coefficient de la rugosité (Strickler)	longueur de branche	ht1 = $\sum \zeta(v1)$		facteur de distribution	diamètre int.	coefficient de la rugosité (Strickler)	longueur de branche	ht1 = $\sum \zeta(v1)$		Grundfos SP SA / 10-101mm	Grundfos SP SA / 10-101mm		
0,0576	118	39,15	1,00	0,0576	118	357,00	$\zeta =$		0,00	0,0576	118	39,00	$\zeta =$		[r/min]	2900		
écoulement Q	vélocité v	pertes hm	Q1	hgeo1	v1	hm1	HMT1	Q2	hgeo2	v2	hm2	HMT2	Q1 [m3/h]	hp1	Q2 [m3/h]	hp2		
[m3/s]	[m/s]	[m]	Q1=Qxa	[m]	[m/s]	[m]	[m]	Q2=Qx(1-a)	[m]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	Q1=Q x a	[m]	Q2=Q x (1-a)	[m]	
0,00182	0,74	0,437	0,00192	29,165	0,74	3,987	1,512	38,10	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,28	6,92	0,00		
0,00202	0,78	0,484	0,00202	29,165	0,78	4,418	1,676	38,74	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,33	7,29	0,00		
0,00213	0,82	0,537	0,00213	29,165	0,82	4,896	1,857	38,45	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,38	7,67	0,00		
0,00224	0,86	0,595	0,00224	29,165	0,86	5,424	2,057	37,24	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,44	8,08	0,00		
0,00236	0,91	0,659	0,00236	29,165	0,91	6,010	2,279	38,11	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,50	8,50	0,00		
0,00248	0,95	0,727	0,00248	29,165	0,95	6,626	2,513	39,03	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,57	8,93	0,00		
0,00260	1,00	0,801	0,00260	29,165	1,00	7,306	2,771	40,04	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,65	9,37	0,00		
0,00273	1,05	0,883	0,00273	29,165	1,05	8,055	3,055	41,16	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,73	9,84	0,00		
0,00287	1,10	0,974	0,00287	29,165	1,10	8,880	3,368	42,39	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,82	10,33	0,00		
0,00301	1,16	1,074	0,00301	29,165	1,16	9,790	3,713	43,74	0,00000	37,845	0,00	0,000	0,000	38,92	10,85	0,00		
Qdim. [m³/h]=	3,5																	
hauteur du châ. d'eau [m]			extrait du dessin:			Fo. N°:			extrait du dessin:			Fo. N°:			consommation journalière			
3,16			[m3/h]			F1			[m3/h]			F2			[m3/jour]:			
poteau [m]			Q1 [m3/s]			niveau du fo.: [NM+m]			Q2 [m3/s]			niveau du fo.: [NM+m]			décharge F°. [m3/h]			
16,00			0,00242			267,330			0,00224			267,330			F1			
niveau du châ. d'e. [NM+m]			HMT1 [m]			niveau du rés. [NM+m]			HMT2 [m]			niveau du rés. [NM+m]			calculé			
267,53			38,6			267,53			41,1			267,53			8,70			
longueur de partie gén. [m]			η - pompe			niveau d'eau - rés. pleine [NM+m]			η - pompe			niveau d'eau - rés. pleine [NM+m]			recommandé			
29,00			0,927			280,675			0,925			280,675			10,00			
			η - moteur			prof. pompe sous sol [m]			η - moteur			prof. pompe sous sol [m]			décharge F°. [m3/h]			
			0,78			16,00			0,749			27,00			F2			
						rabattement [m]						rabattement [m]			calculé			
						5,98						14,10			8,06			
						longueur de conduites						longueur de conduites			recommandé			
						330,00						12,00						
Q1 [m3/s]	0,00242	puissance nécessaire: $Q \times H \times 9,81 / \eta_p / \eta_{tr}$		Fo. n°:		F1	HMT1 [m]:	38,6	η 1:	0,627	P1 [kW]:	1,95	temps de pompage:		5,75 [h]	par groupe électrogène		
Q2 [m3/s]	0,00224	puissance nécessaire: $Q \times H \times 9,81 / \eta_p / \eta_{tr}$		Fo. n°:		F2	HMT2 [m]:	41,1	η 2:	0,625	P2 [kW]:	1,93	temps de pompage:		0,00 [h]			
Q [m3/s]	0,00466	[m3/h]																
		16,76																
perdes de charge des pièces spéciales - $\zeta =$												compteur - 7,0, té - 0,7, vanne - 0,3, coude 45° - 0,3, coude 90° - 1,0, red. - 0,1, filtre - 35, clapet - 0,5						
classe du pression																		
coup de bélier - uPVC: $dh = a/g * (v1 - v0)$ coup de bélier - fonte ductile: $dh = a/g * (v1 - v0)$																		
branche du système:	kilometrage	HMT [m]	coup de b. [m]	depression [m]	sum [m]	classifi- cation du pression - uPVC	classifi- cation du pression - fonte duct.	classe PN 10 (a = )	classe PN 10 (a = )	classe PN 10 (a = )	cl. PN 16 - K8 - DN 60 - 2000 (a = )							
F1	672	22	15	2,00	38,0	8 - 10		536	536	536	1306							
F2	785	32	17	6,00	65,0	8 - 10		[ x v1]	[ x v1]	[ x v1]	[ x v1]							
F2	700	49	41	0,00	90,0		K7	0,83	0,82	0,59	0,82							
dh[m] =								14,34	16,78	16,96	dh[m] =		40,87	0,00	0,00			

AEP - 1<sup>ère</sup> Région du Mali - village de Fangalakouta  
 caractéristiques de la conduite de refoulement et de la pompe - F2





AEP - 1<sup>ère</sup> Région du MALI - village de Fangalakouta  
 caractéristiques de la conduite de refoulement et de la pompe F1



### 5.3. Dimensionnement du générateur solaire :

#### 5.3.1. Description

L'aménagement des systèmes panneaux solaires comprend :

Les modules photovoltaïques sont constitués de cellules de silicium mono ou poly-cristallin. Le silicium amorphe est exclu.

La puissance crête des modules solaires définie dans les conditions nominales (T : 25°C, 1kW/m<sup>2</sup>, A.M. 1,5) ne doit pas être inférieure à 50Wc.

Les modules solaires sont équipés d'une boîte de connexion étanche contenant des diodes de dérivation et le bornier de branchement.

Le cadre des modules sera en aluminium anodisé ou en acier inoxydable.

Les modules photovoltaïques doivent satisfaire aux spécifications européennes n°503 de ISPR.

Les modules sont garantis pour une période de 10 (dix) ans. Pendant cette période les variations de la puissance crête des modules ne doivent en aucun cas être supérieures à  $\pm 10\%$  de la puissance nominale.

#### Structures

Les structures supportant les modules solaires et leur fixation seront réalisées en aluminium anodisé ou en acier galvanisé à chaud. L'ensemble fondations structures devra supporter des vitesses de vent de 150 km/h. La visserie sera en acier inoxydable. Les modules solaires seront facilement interchangeables.

Les modules seront placés à une hauteur minimum au sol égale ou supérieure à 1 mètre.

Le soumissionnaire précisera la méthode de calcul et le choix de l'inclinaison des modules.

**Onduleurs – Fonctionnement** Les électropompes devant fonctionner en courant alternatif, un onduleur placé entre le générateur photovoltaïque et la pompe immergée transformera le courant continu du générateur en courant alternatif.

Il comprendra un interrupteur manuel de l'alimentation de la pompe.

L'onduleur disposera d'une protection automatique contre :

- fonctionnement anormal ;
- dénoyage de la pompe ;
- blocage du moteur de la pompe. solaires avec un rendement de moins de 10 %, y compris toute jonction de câbles, by-pass - diodes et tout petit matériel, garantie de performance : après 25 ans > 80 %, puissance nominale en accord avec la puissance de la (des) pompe(s) immergée(s) : Modèle WS 31050/ 80 W Würth Solergy ou équivalent,
- le châssis de barre aluminium, l'angle d'inclinaison et le réglage seront précisés dans l'offre du fournisseur, la pression du vent et des charges additionnelles sont à prendre en considération, y compris le support avec vis et écrou de sécurité,
- les éléments pour l'intégration de commande dans l'armoire de commande, à installer dans le bâtiment « d'Entretien » conformément à l'installation du groupe électrogène,
- le matériel parafoudre, prises de terre et câblage pour compensation potentielle entre les panneaux, l'armoire des panneaux et l'armoire de pompe,
- le câble souple solaire d'interconnexion 1x4 mm<sup>2</sup>,
- l'Interrupteur principal de 600 V, Câble de connexion 2x10 mm<sup>2</sup>,
- l'Onduleur :

Durée de vie élevée – MTBF > 50 000 heures,

Tension de sortie de 3 x 400 V AC pour les pompes industrielles standard avec option de connexion directe d'un groupe électrogène à la sortie,

Tension d'onde sinusoïdale a durée d'impulsion modulée, indication de pannes, rendement élevé, technologie PWM, IGBT avec microcontrôleur, composant comme dans les applications triphasées dans les chemins de fer,

2 entrées contacts secs pour détecter le niveau de l'eau dans le château d'eau, rendement en plein charge > 93%, démarrage de(s) la pompe(s) avec des fréquences réduites (HTM ~ constant, Q – réduit).

- Les accessoires d'installations de plomberie,
- Les accessoires d'installations électriques

### 5.3.2. Dimensionnement

La puissance du générateur solaire est obtenue à T. ambiante:35°C.

Pour compenser les pertes de performances des modules solaires calculé pour T=30°C, la puissance crête du générateur devra être augmentée de 10%.

Les panneaux solaires – cristallin - avec un rendement d'au moins de 10 %, y compris toute jonction de câbles, by-pass - diodes et tout petit matériel, garantie de performance : après 25 ans > 80 %, puissance nominale en accord avec la puissance de la (des) pompe(s) immergée(s) : Modèle WS 31050/ 80 W Würth Solergy ou équivalent.

Nous avons évalués les configurations possibles de modules de 80Wc pour obtenir une puissance crête se rapprochant le plus de la valeur requise, soit **3200Wc**.

**Tableau 7**    **Tableau de Dimensionnement Solaire du forage F2 : (voir page suivante)**

AEP 11 CENTRES – 1<sup>ère</sup> Région – APD du centre de FANGALAKOUTA

Production d'énergie

heure solaire	ensoleillement	rdmt. hivernage	rdmt. - panneau*	rdmt. - onduleur*	puissance par module A (1,2 x 0,6)*	puissance journalière par module	puissance par module B (1,3 x 0,96)*	relation puissance à puissance de pointe
[h]	[W/m²]	[%]	[%]	[%]	[Wh]	[Wj]	[Wh]	[%]
6h30 - 7h30	122	85	10	93	6,9		12,0	14
7h30 - 8h30	361	85	10	93	20,5		35,6	42
8h30 - 9h30	560	85	10	93	31,9		55,2	66
9h30 - 10h30	716	85	10	93	40,8		70,6	84
10h30 - 11h30	816	85	10	93	46,4		80,5	96
11h30 - 12h30	850	85	10	93	48,4	327,6	83,9	100
12h30 - 13h30	816	85	10	93	46,4		80,5	96
13h30 - 14h37	716	85	10	93	40,8		70,6	84
14h30 - 15h30	560	85	10	93	31,9		55,2	66
15h30 - 16h30	361	85	10	93	20,5		35,6	42
16h30 - 17h30	122	85	10	93	6,9		12,0	14

\*) - simulé

Capacité du Forage	F1	F2	F3	F4
débit du pointe [m³/h]	20	17		
débit journalier [m³/j]	170	150		

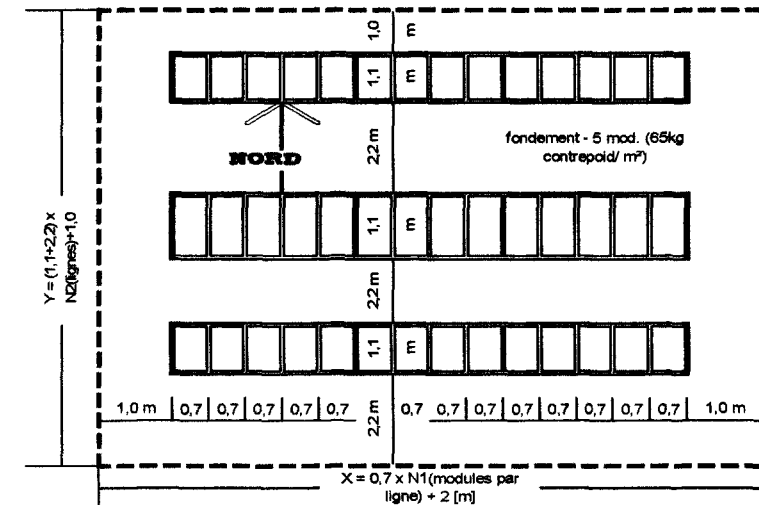
Besoin de la Énergie pour: Q - demandé 50m³/jour 50 [m³/j] 49,9

heure solaire	rdmt. - moteur*	rdmt. - pompe*	EXEMPLE: Calibrage Modules B - N° = :		DIM: Fangalakouta F1 Modules A - N° = :		DIM: Fangalakouta F2 Modules A - N° = :	
			Q [m³/jour] = :		Q [m³/jour] = :		Q [m³/jour] = :	
[h]	[%]	[%]	[kW]	[m³/h]	[kW]	[m³/h]	[kW]	[m³/h]
			112	137,9	0,0	0,0	36	49,9
			HMT [m] = 80		HMT [m] = 61,66		HMT [m] = 41,03	
6h30 - 7h30	80	45	1,348	2,2	0,000	0,0	0,250	0,8
7h30 - 8h30	80	50	3,989	7,3	0,000	0,0	0,740	2,6
8h30 - 9h30	80	55	6,188	12,5	0,000	0,0	1,147	4,5
9h30 - 10h30	80	60	7,911	17,4	0,000	0,0	1,467	6,3
10h30 - 11h30	80	62	9,016	20,5	0,000	0,0	1,672	7,4
11h30 - 12h30	80	65	9,392	22,4	0,000	0,0	1,742	8,1
12h30 - 13h30	80	62	9,016	20,5	0,000	0,0	1,672	7,4
13h30 - 14h37	80	60	7,911	17,4	0,000	0,0	1,467	6,3
14h30 - 15h30	80	55	6,188	12,5	0,000	0,0	1,147	4,5
15h30 - 16h30	80	50	3,989	7,3	0,000	0,0	0,740	2,6
16h30 - 17h30	80	45	1,348	2,2	0,000	0,0	0,250	0,8
			N°-Mod. = 0,000		N°-Mod. = 36,062			
			37,000					

\*) - simulé

Pertes de puissance des câbles électrique (Y-Δ - dU < 3 %)

diamètre câble (2 cond.) [mm]	longueur câbles [m]	Pertes de Puissance [%]	heure solaire	7h30 - 8h30	8h30 - 9h30	9h30 - 10h30	10h30 - 11h30	11h30 - 12h30	12h30 - 13h30	13h30 - 14h30	14h30 - 15h30	15h30 - 16h30
6		F1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	50	F2		0,07	0,11	0,14	0,17	0,17	0,17	0,14	0,11	0,07
6				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		St.P.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Legende:

N° des Modules = N1 x N2

clôture

module - I - 1205 x B - 605 mm p.e.; L = x cos 30° = 1,04 m

Y = (L+2,2)\*(B\*S/X\*2,0) + 1,0; S = N° modules = N1 x N2

**5.4. Dimensionnement du groupe électrogène pour le forage F1:**

Le démarrage des moteurs de pompe est un démarrage direct,

L'alternateur doit avoir une puissance suffisante pour permettre :

- le démarrage des pompes en cascade
- le fonctionnement simultané de la pompe F4, de l'éclairage du bâtiment (la pompe F1 n'est pas alimentée par le groupe électrogène,

Le dimensionnement du groupe électrogène a été réalisé en tenant compte des éléments suivants :

Puissance maximale acceptable au démarrage = Puissance groupe x 2

Puissance maximale acceptable en service continu = Puissance groupe x 0,8

**La pompe N°1 démarre lorsque l'éclairage est en marche:**

Nb	Puissance Active	Puissance Apparente	Puissance au démarrage
	Pa=Pabs/rendxNb Pompes	Papp=Pa/cos phi	
	kW	kVA	kVA
En marche normale			
1 Pompe n°1: SP8A-10			
P moteur	1,5		
Pabsorbée	1,44		
ID/IN	5		
Rendement moteur	0,75	1,92	2,56
Cos phi	0,75		
Eclairage et PC	0,50	0,5	
<b>TOTAL</b>	<b>2,42</b>	<b>3,06</b>	
<b>Puissance Groupe nécessaire :</b>			
<b>En fonctionnement</b>	<b>3,03</b>	<b>3,83</b>	
Coefficient charge maxi = 0,8			
cos phi = 0,8			
<b>au Démarrage</b>		Pd= (PmotxID/IN)/(rendXcos phi )	
Pompe N° 1 démarre lorsque			13,33
les autres équipements sont en marche		Autres équipements en Fonction	0,5
		Total	13,83
	<b>Puissance minimale du groupe au démarrage</b>		<b>6,92</b>
<b>Nous choisissons un groupe électrogène de 7,5 kVA</b>			

## 5.5. Alimentation électrique

Comme énergie, 3 sources seront utilisées :

1. L'énergie de la gravitation pour la distribution de l'eau dans le réseau à partir du château d'eau,
2. L'énergie solaire pour alimenter les groupes électropompes, la pompe doseuse et l'armoire de commande ;
3. L'énergie thermique comme secours en cas de faible ensoleillement pour l'alimentation électrique des éléments cités ci-dessus ainsi que du Bâtiment d'exploitation.

### 5.5.1. Au forage

A la prise du forage N°4, sera placé un coffret de type Grundfos CSN ou équivalent. Ce coffret est protégé par une cage en métal déployé avec auvent permettant d'assurer une bonne ventilation et une protection efficace contre le soleil.

Ce coffret assure une protection de la pompe contre :

Le manque d'eau dans le forage ;

L'élévation anormale de l'intensité ;

Un défaut sur une phase.

Le câble d'alimentation de la pompe, du boîtier extérieur à la pompe dans le forage sera de type immergé de section appropriée. La protection de la pompe contre la marche à sec sera assurée par la platine manque d'eau placée dans le coffret ci-dessus.

Les câbles électriques seront fixés à la colonne montante tous les 50 cm, au moyen de colliers Rislan, une cordelette en câble Nylon tressée fixée à la tête de forage assurera la sécurité de la pompe. Cette cordelette sera attachée en partie haute à un anneau soudé à l'intérieur de la tête de forage.

### 5.5.2. A la station dans le bâtiment « Entretien » :

A la station est mise en place une armoire électrique dont la fonction dépendra du système de production électrique.

Un onduleur sera placé dans le bâtiment pour jouer le même rôle que le coffret type CSN ci-dessus, pour contrôler et sécuriser le forage F1 alimenté par l'énergie solaire.

Une armoire avec :

- protection générale par disjoncteur différentiel,
- protection pour inversion ou manque de phase,
- protection de chaque forage par un disjoncteur associé à un contacteur,
- commande marche - arrêt de chaque pompe y compris pompe doseuse par boutons poussoirs et voyants associés,
- voyant rouge pour signaler l'absence d'intensité sur une pompe lorsque la commande marche est enclenchée,
- voyant rouge pour signaler le manque d'eau dans le forage,
- commande d'arrêt des pompes lorsque le château d'eau est plein (arrêt en cascade).

Pour la pompe doseuse il est également prévu un arrêt en cas de manque de solution dans le bac de dosage

### 5.5.3. A la station dans le local du groupe électrogène:

Ce système de production requiert la présence permanente d'un agent qui doit intervenir sur certaines fonctions.

- Mise en route des Groupes Electrogènes.
- Mise en route manuelle des pompes d'exhaure selon l'ordre de priorité préalablement établi.
- Mise en route manuelle de la pompe doseuse d'hypochlorite de sodium.
- L'arrêt des pompes se fait automatiquement.
- L'agent doit donc manuellement arrêter le groupe électrogène.

### 5.6. Refoulement

Le système de refoulement est un refoulement direct en PVC - 10 bars, ce qui permet de stabiliser le fonctionnement des équipements des pompes et d'éviter d'éventuelle intervention sur le tuyau de refoulement (tous les branchements se font à partir de la distribution). Le pompage est fait seulement entre les forages et les réservoirs ou châteaux d'eau. Sur les conduites de refoulement aucun consommateur ne sera branché afin de stabiliser le fonctionnement des pompes (pression et débit ne changent pas) et pour garantir la distribution juste de l'eau pour tous.

Les conduites sont équipées de ventouses et de vidanges (placées dans des regards), pour fournir durablement l'eau dans les réservoirs en quantité et en qualité.

L'arrêt d'urgence et la fermeture rapide des vannes cause le coup de bélier, qui produit souvent le craquage du tuyau. On diminue ce phénomène en dimensionnant le système avec une vitesse d'écoulement raisonnable moins de 0,8 m/s.

Le calcul du coup de bélier selon la formule de Joukovski :

$$dh = (a/g) (v1 - v2)$$

dh – pression supplémentaire dans le tuyau en mètre [m]  
a - coefficient d'élasticité du matériau PVC – 10 bar de 511 [m/s]  
v1 – vitesse d'écoulement d'eau avant le coup [m/s]  
v2 – vitesse d'écoulement d'eau après le coup [m/s] ( ~ 0)  
g – constante de gravitation ~ 9.81 [m/s<sup>2</sup>]

Donne une dépression qui est compensée par une ventouse DN 50 à 3 fonctions placées à la sortie de chaque forage.

En service normal l'arrêt se fera après forte réduction de la vitesse (environ 50%) par arrêt successif des pompes ou réduction du débit dans le cas d'utilisation d'un robinet à flotteur.

### 5.7. Réseau de distribution

Le réseau de distribution sera en PVC série 10 bars posé dans des tranchées d'une profondeur de 1,1 m, équipé par des regards de distribution, de vanne, de ventouse, de compteur, de vidange et des bouches a clé.

Il a été calculé pour répondre aux besoins en eau à l'heure de pointe pour l'année 2019.

le reseau de distribution est un réseau maillé avec des vannes de sectionnement, ce qui permet d'isoler une partie du réseau en cas de panne et d'approvisionner le reste du village.

Le dimensionnement a été fait à l'aide du programme « Stanet 7 » \*) qui permet d'intégrer tous les résultats des calculs hydrauliques et le plan de situation du village sur le même fond de carte (voir Annexe 1- Plan Réseau)

Le réseau de distribution est dimensionné pour alimenter correctement et dans le même temps l'ensemble des Bornes Fontaines, des Écoles ou Médersas et des Mosquées ou Églises du centre, les branchement privés ne sont admis que après l'année de garantie des installation et

doive être en quantité limité pour éviter une manque de pression dans le réseau en certain endroit.

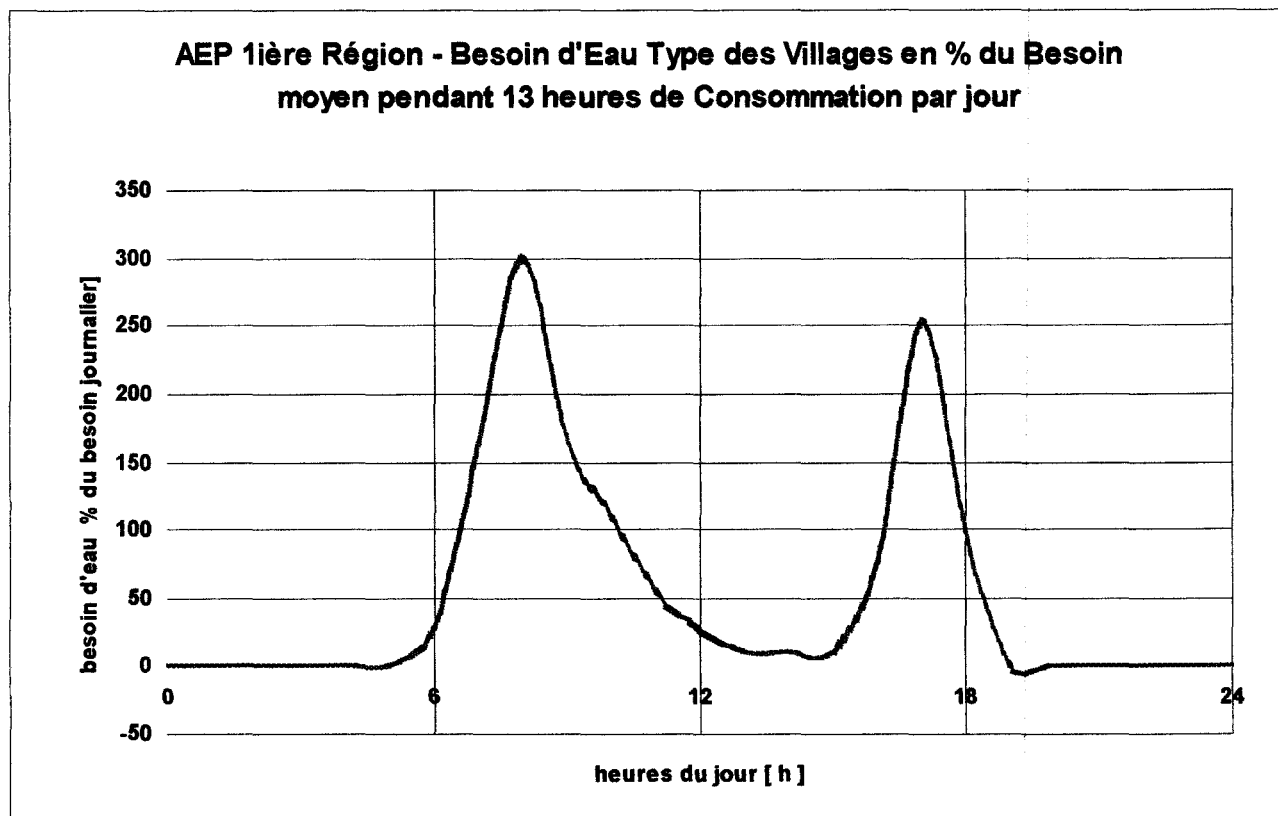
Les caractéristiques du réseau de distribution de Fangalakouta sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

### 5.7.1. Heure et Coefficient de pointe

Le débit de dimensionnement du réseau est calculé avec les hypothèses suivantes :

1. La durée de la consommation journalière dans les villages 13 heures (de 6 à 19 heures)
2. L'heure de pointe est 8 heures
3. Le facteur de pointe =3 (le besoin de pointe est égale à 3 fois le débit moyen relatif aux 13 heures de consommation par jour).

Figure 1 Besoin d'Eau Type des Villages



### 5.7.2. Pression dans le réseau

La pression dans le réseau à l'heure de pointe est comprise entre 0,8 bar et 1,17 bar (voir tableau ci-dessous).



Tableau 8 Calcul des Pressions aux Nœud :

Numero	Nom du Nœud	Débit m3/h	Pression bar	Elevation mNN	Pos x m	Pos y m
1	BF1	-2,41	0,9220	267,36	390028,88514	1400541,22803
2	21	0,00	0,9208	267,30	390042,34065	1400651,47960
3	BF3	-2,41	0,9059	267,17	389947,82178	1400750,52741
4	BF4	-2,41	0,9892	266,29	389820,99987	1400718,05989
5	22	0,00	0,9563	266,64	389858,40105	1400813,80230
6	BF6	-2,41	0,9503	266,28	389969,50909	1400866,32282
7	23	0,00	0,9199	267,19	389951,75972	1400664,92904
8	BP1	-0,61	1,0268	265,48	390010,04108	1400967,09594
9	BP2	-0,38	0,9482	266,41	389967,61303	1400830,97913
10	CE	11,45	0,0000	277,53	390113,25407	1400495,74551
11	1	0,00	0,9634	267,53	390088,24601	1400496,20209
12	2	0,00	0,9487	267,44	390075,78990	1400570,96595
13	3	0,00	0,9385	267,33	390056,78498	1400599,95242
14	4	0,00	0,9217	267,17	390004,53985	1400696,71117
15	5	0,00	0,9221	267,08	389970,25620	1400721,48123
16	6	0,00	0,9299	266,75	389947,75528	1400796,21044
17	7	0,00	0,9840	265,93	389973,13611	1400903,55537
18	8	0,00	0,9133	267,09	389914,47838	1400767,85085
19	9	0,00	0,9316	266,90	389898,44577	1400772,82307
20	10	0,00	0,9472	266,74	389888,86724	1400778,99505
21	11	0,00	0,9960	266,23	389834,21853	1400781,37567
22	12	0,00	0,9915	266,33	389852,52868	1400679,35559
23	13	0,00	0,9470	266,97	389974,45430	1400627,56248
24	14	0,00	0,9321	267,31	390030,11268	1400567,54094
25	R1	0,00	1,0118	267,20	389947,86235	1400662,55772
26	R2	0,00	1,0343	266,97	389972,13561	1400622,76669
27	R3	0,00	1,0000	267,32	390046,22774	1400647,85922
28	R4	0,00	1,0000	267,32	390061,35826	1400598,59853
29	R5	0,00	0,9902	267,42	390081,44436	1400566,28730
30	R6	0,00	0,9804	267,52	390091,34896	1400524,06153
31	R7	0,00	0,9736	267,59	390134,13274	1400506,54145
32	Forage1	0,00	1,0304	267,01	389915,59317	1400662,98701
33	Forage2	0,00	0,9990	267,33	390142,00382	1400495,85096
34	BF2	-0,81	0,9359	267,13	390008,19779	1400639,45069
35	R8	0,00	0,9913	267,41	390134,13197	1400495,90682

Tableau 9 Dimensionnement du réseau heure de pointe :

Numero	Type de tuyau	Début	Fin	Long. m	Delta p bar	Delta p/km mbar/km	Vitesse m/s	Entrée/Sortie m3/h
1	90 uPVC	1	2	38,8	0,0235	605,38	0,60	11,45
2	90 uPVC	2	3	34,7	0,0210	605,37	0,60	11,45
3	90 uPVC	3	21	53,5	0,0207	386,48	0,47	9,04
4	90 uPVC	21	4	58,9	0,0118	199,70	0,33	6,36
5	90 uPVC	4	5	42,3	0,0084	199,70	0,33	6,36
6	90 uPVC	5	BF3	36,7	0,0073	199,70	0,33	6,36
7	63 uPVC	BF3	6	45,7	0,0171	375,01	0,36	3,40
8	63 uPVC	6	BP2	40,0	0,0150	375,01	0,36	3,40
9	63 uPVC	BP2	BF6	35,4	0,0107	301,62	0,32	3,03
10	63 uPVC	7	BF6	37,4	-0,0006	-16,80	-0,07	-0,61
11	63 uPVC	7	BP1	73,5	0,0012	16,80	0,07	0,61
12	63 uPVC	BF3	8	39,0	0,0005	13,38	0,06	0,54
13	63 uPVC	8	9	16,8	0,0002	13,38	0,06	0,54
14	63 uPVC	9	10	11,4	0,0002	13,39	0,06	0,54
15	63 uPVC	10	22	46,3	0,0006	13,38	0,06	0,54
16	63 uPVC	22	11	40,5	0,0005	13,38	0,06	0,54
17	63 uPVC	11	BF4	64,7	0,0009	13,38	0,06	0,54
18	63 uPVC	BF4	12	49,6	-0,0062	-124,77	-0,20	-1,87
19	63 uPVC	12	23	101,1	-0,0126	-124,77	-0,20	-1,87
20	63 uPVC	23	13	44,7	-0,0056	-124,78	-0,20	-1,87
21	63 uPVC	13	BF2	36,6	-0,0046	-124,77	-0,20	-1,87
22	63 uPVC	3	14	42,0	0,0083	198,45	0,26	2,41
23	63 uPVC	14	BF1	26,3	0,0052	198,45	0,26	2,41
24	63 uPVC	Forage1	R1	34,3	0,0000	0,00	0,00	0,00
25	63 uPVC	R1	R2	47,3	0,0000	0,00	0,00	0,00
26	63 uPVC	R2	R3	70,6	0,0000	0,00	0,00	0,00
27	63 uPVC	R3	R4	63,7	0,0000	0,00	0,00	0,00
28	63 uPVC	R4	R5	84,9	0,0000	0,00	0,00	0,00
29	90 uPVC	BF2	21	37,1	-0,0015	-40,90	-0,14	-2,68
30	63 uPVC	Forage2	R8	7,9	0,0000	-0,01	0,00	0,00
31	63 uPVC	R8	R7	10,6	0,0000	0,00	0,00	0,00
32	63 uPVC	R8	CE	23,2	0,0000	0,00	0,00	0,00
33	63 uPVC	R7	R6	46,8	0,0000	0,00	0,00	0,00
34	63 uPVC	R6	R5	43,4	0,0000	0,00	0,00	0,00
35	90 uPVC	CE	1	26,5	0,0160	605,37	0,60	11,45
Tout diametre	All			1512,2				
Diametre	63 uPVC			1183,7				
Diametre	90 uPVC			328,5				

### 5.7.3. Bornes-fontaines

Le nombre des bornes fontaines (BF) est calculé en fonction de 400 habitants pour une borne fontaine, soit 7 bornes fontaines.

L'emplacement des bornes-fontaines est défini dans un premier temps par les ingénieurs et ensuite implanter sur le terrain en accord avec les responsables de l'association des usagers.

Les bornes fontaines seront en béton armé avec 2 robinets de puisage (voir plan en Annexe 2).

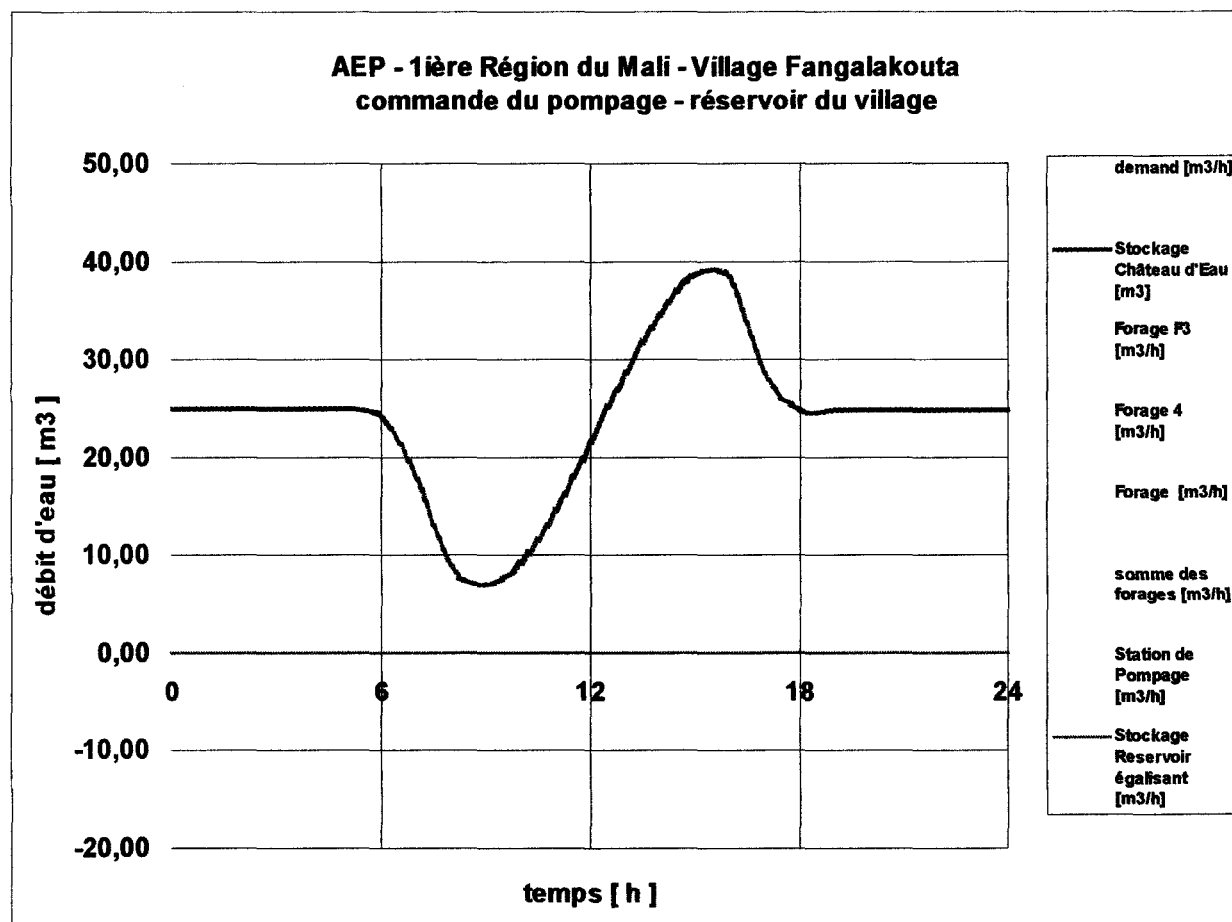
Pour garantir la propreté des bornes fontaines (BF) et protéger les habitants contre les infections, le comité de gestion de l'AEP du village doit veiller à l'assainissement dans le village d'une manière générale et en particulier aux alentours des bornes fontaines.

### 5.8. Réservoir et Château d'eau

Le stockage de l'eau potable est calculé pour un besoin d'eau journalier jusqu'à 60 m<sup>3</sup> dans un château d'eau élevé. Pour des besoins journaliers supérieur à 60 m<sup>3</sup>, le système est compensé par des stratégies de pompage et une capacité conséquente de stockage, et le château d'eau fonctionne comme un bassin d'amortisseur pour éviter une durée de séjour trop longue de l'eau dans le réservoir.

Le calcul ainsi effectué pour le système d'adduction d'eau de Fangalakouta est présenté sur la figure ci-dessous :

Figure 2 : Dimensionnement du Château d'Eau



#### 5.8.1. Description du château d'eau :

Les châteaux se composent de deux parties distinctes :

- une tour de 10m de hauteur en poteaux acier avec plate-forme au sommet
- une cuve cylindrique posée au centre de la plate-forme. Cette plate-forme sera protégée par un garde-corps permettant une circulation autour du réservoir.
- Deux échelles à crinoline distinctes permettent d'accéder au trou d'homme placé sur le dôme du réservoir :
  - une première échelle du sol à la plate-forme (cette première échelle aura un palier de repos à mi-hauteur)

- une seconde échelle de la plate-forme ou dôme du réservoir.
- Sur ce dôme une petite plate-forme également protégée par un garde-corps permettra un accès à l'intérieur de la cuve.
- une échelle en acier inoxydable sera placée à l'intérieure de la cuve.

Le matériel d'asservissement (poire à mercure ou robinet à flotteur) sera placé de manière à ce que son entretien ou démontage soit possible à partir de l'échelle, cuve en service. Le clapet d'accès de la cuve aura une fermeture avec cadenas. (Voir plan type en Annexe 3)

### 5.8.2. Equipement Hydraulique :

L'Equipement hydraulique sera en fonte et se présente comme suite :

- Une conduite DN 80 pour le refoulement et la distribution et DN 60 pour le trop plein et la vidange
- Le refoulement et la distribution seront reliés par un by-pass avec une vanne de même diamètre.
- Une vanne sera placée sur le refoulement et sur la distribution.
- Une crépine en acier inoxydable sera placée sur la distribution.
- Un compteur sera placé sur la distribution dans un regard à côté du château d'eau.
- Le trop plein sera surmonté d'un avaloir tronconique en fonte.
- Le Trop plein et la vidange emprunteront le même exutoire.
- Toutes les vannes devront être très accessibles et manoeuvrables de préférence à partir du palier de repos.
- Un indicateur de niveau à cadran type Richard Pekly sera placé à 1,50m du sol.
- L'intérieur des châteaux d'eau sera protégé par une peinture Epoxy qualité alimentaire (épaisseur minimale 300 microns) posée après sablage.
- La peinture extérieure sera à trois couches.
- Une couche antirouille et 2 couches glycérophtaliques
- Les eaux de vidange et de trop plein seront évacuées par une conduite en PVC de même diamètre. Un clapet sera placé en bout de conduite. Celle-ci évacuera l'eau dans un exutoire naturel soit dans un regard ouvert sur un côté permettant d'orienter l'eau de vidange

## 5.9. Bâtiment d'exploitation et clôture

### 5.9.1. Bâtiment d'exploitation

Deux types de bâtiments sont prévus (voir plan en Annexe 4)

- Bâtiment type « d'Entretien » comprenant :
  - 1 local bureau
  - 1 local magasin pour la maintenance, les pièces de rechange et l'armoire de commande,
  - 1 sanitaire – avec douche et WC,
  - 1 local pour 1 groupes électrogènes,
  - 1 local chloration – dosage et magasin avec une paillasse et l'évier,
  - 1 local carburant – magasin pour 2000l.

• Bâtiment type « **Guérite Gardien** » comprenant :

- 1 local de séjour
- Une terrasse

**5.9.2. Clôture**

Deux types de clôtures seront installés :

- La clôture en grillage galvanisé, type gantois, simple torsion et de hauteur 1,50 m. Les poteaux d'angle sont en béton armé 30 x 30 avec pointe de diamant en tête. Cette clôture est exécutée pour les unités d'entretien (bâtiment « d'Entretien » et bâtiment « Guérite gardien ») et l'aire des panneaux solaires.
- Les forages et les châteaux d'eau seront entourés par des murs en brique. Ils seront montés sur semelle en béton armé 0,40 x 0,20 profondeur 0,64 m.. Ces murs seront enduits sur les 2 faces. La hauteur hors sol sera de 1,50 m.

**Aménagement des concessions.**

Dans chaque concession une zone circulaire en latérite sera aménagée.

Elle est provisoirement définie sur les plans des concessions.

**5.10. Traitement de l'eau brute**

**5.10.1. Type de traitement**

Le traitement retenu est la désinfection à l'hypochlorite de sodium. Le dosage de la solution est la suivante :

- 7g/l de chlore libre dans le cas d'une injection par pompe électrique (Groupe Electrogène et Alimentation E.D.M).
- Le débit de la pompe doseuse sera calculé pour un dosage résiduel minimum à 0,2 mg/l en extrémité de réseau.
- La solution commerciale employée utilisée sera de 47 à 50° chlorométrique, soit 150 g/l environ de chlore actif.
- Les réactifs seront stockés à l'abri de la lumière et à la température la moins élevée possible.

Définition des équipements :

Chaque ensemble de préparation comprend :

- une cuve en polyéthylène de qualité alimentaire traitée Anti U.V. avec gravage extérieur volume variant entre 60l et 250l.
- un agitateur manuel, un trop plein et une vidange
- une pompe doseuse de type :- électrique triphasée Dosapro D10 S<sub>3</sub> ou similaire

**5.10.2. Réactif utilisé**

La solution commerciale employée "eau de Javel" a un degré chlorométrique de 47 à 50° soit 150g/l environ de chlore actif.

**5.10.3. Dimensionnement des installations**

Le dimensionnement des installations de la station de dosage est la suivante :

**Tableau 10** Dimensionnement - Dosage avec Chlore libre (exemple)

Caractéristiques		Unité	Quantité
<b>Dimensionnement nécessaire 2019</b>			
Production journalière à traiter = Pj 2019		m <sup>3</sup> /j	50
Poids de chlore libre nécessaire			
$P = 2\text{g/m}^3 \times Pj \text{ 2019}$		g	100
Concentration de chlore libre dans la solution à injecter =	Cinj	g/l	7
Volume journalier de solution à injecter =	Vsj	l	14,28
( $Vsj = Pj2013/C \text{ inj}$ )			
<b>Dimensionnement pompe doseuse pour 2019</b>			
• Production horaire des installations d'eau brute Ph 2019		m <sup>3</sup> /h	8,06
Poids de Chlore libre horaire nécessaire =	Pclh		
$Pclh = 2\text{g/m}^3 \times Ph \text{ 201}$		g	16,12
Volume horaire solution à injecter =	Vsh		
$Vsh = Pclh \text{ 2013}/C \text{ inj}$		l/h	2,3
Réglage maximum pompe			50%
Débit minimal de la pompe		l/h	4,6

La pompe sera dimensionnée pour l'an 2019. Le bac de préparation standard de 120 litres pourra satisfaire les besoins journaliers jusqu'à l'année 2019.

## **6. Estimation financière**

### **6.1. Estimation du coût des travaux**

Les coûts d'investissement sont estimés à la somme de **217 000 000 F.CFA HT** (deux cent dix sept millions Francs C.F.A Hors Taxes).

### **6.2. Détermination du coût de revient de l'eau**

#### **6.2.1. Charges récurrentes**

Les charges récurrentes comprennent :

- le carburant
- les consommables,
- les frais de traitement de l'eau
- les charges d'audits technique et financier,
- les frais de renouvellement des investissements au bout de leur durée de vie,
- les frais d'entretien et de gestion du système par le personnel sur place,
- les frais occasionnels: réparations nécessitant l'intervention de personnel plus qualifié et les pièces de rechange,

#### **Calcul des charges récurrentes**

Le calcul des charges récurrentes est basé sur les principes établis par la DNH qui porte sur la prise en compte des aspects suivants :

- Prise en compte des charges de fonctionnement (personnel, carburant, consommables, produits chimiques, entretiens et réparations)
- Prise en compte du renouvellement des équipements qui ont une durée de vie de moins de 20 ans (pompe, groupe électrogène, panneaux solaires, onduleur, radio, borne fontaine)
- Paiement des redevances pour le suivi technique et financier.

Sur cette base le prix de vente minimal a été déterminé pour chaque adduction d'eau. Les éléments rentrant dans le prix sont des valeurs moyennes de situations similaires provenant des résultats d'audits techniques et financiers effectués par la CCAEP. Il s'agit par exemple de dépenses de carburant par m<sup>3</sup>, de consommables et produits de traitement par m<sup>3</sup> ou de frais d'entretien et réparations moyennes par an.

Dans le principe du calcul, outre le bilan qui doit être positif d'année en année, on a veillé qu'en 2012 c'est-à-dire au terme des cinq premiers ans de fonctionnement, soit disponible les fonds nécessaires pour renouvellement immédiat du ou des groupes électrogènes, et l'onduleur sans affecter le fonctionnement courant du système.

Le résultat du calcul indique un montant de **380 F.CFA/m<sup>3</sup>** comme prix minimal à appliquer. La tarification à mettre en place par le volet 5 adoptera des formes de paiement adaptées à la population.

### 6.3. Compte d'exploitation prévisionnel

Le compte d'exploitation prévisionnel établis sur la base des éléments ci-dessus est le suivant :

## COMPTE D'EXPLOITATION PREVISIONNEL

### Fangalakouta

ANNEE	Année	2009	2014	2019	2022
POPULATION	Habitants	2 346	2 616	2 917	3 113
<b>PRODUCTION ANNUELLE D'EAU</b>					
Production annuelle d'eau	m3	18 883	21 053	23 473	25 057
<b>CONSOMMATION ANNUELLE D'EAU</b>					
Consommation annuelle d'eau	m3	17 983	20 051	22 355	23 864
<b>CHARGES ANNUELLES D'EXPLOITATION</b>					
Salaires	F.cfa	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000
Frais de gestion	F.cfa	250 000	250 000	250 000	250 000
Redevance Stefi	F.cfa	377 653	421 064	469 464	501 135
Frais de carburant	F.cfa	660 893	736 861	821 562	876 986
Frais de consommables	F.cfa	94 413	105 266	117 366	125 284
Frais de traitement	F.cfa	56 648	63 160	70 420	75 170
Frais d'entretien et réparations	F.cfa	188 827	210 532	234 732	250 568
Provision perte et impayés	F.cfa	18 883	21 053	23 473	25 057
Amortissements	F.cfa	3 663 810	3 663 810	3 663 810	3 663 810
<b>Total charges d'exploitation</b>	F.cfa	<b>6 811 126</b>	<b>6 971 745</b>	<b>7 150 826</b>	<b>7 268 009</b>

### COMPTE D'EXPLOITATION PREVISIONNEL

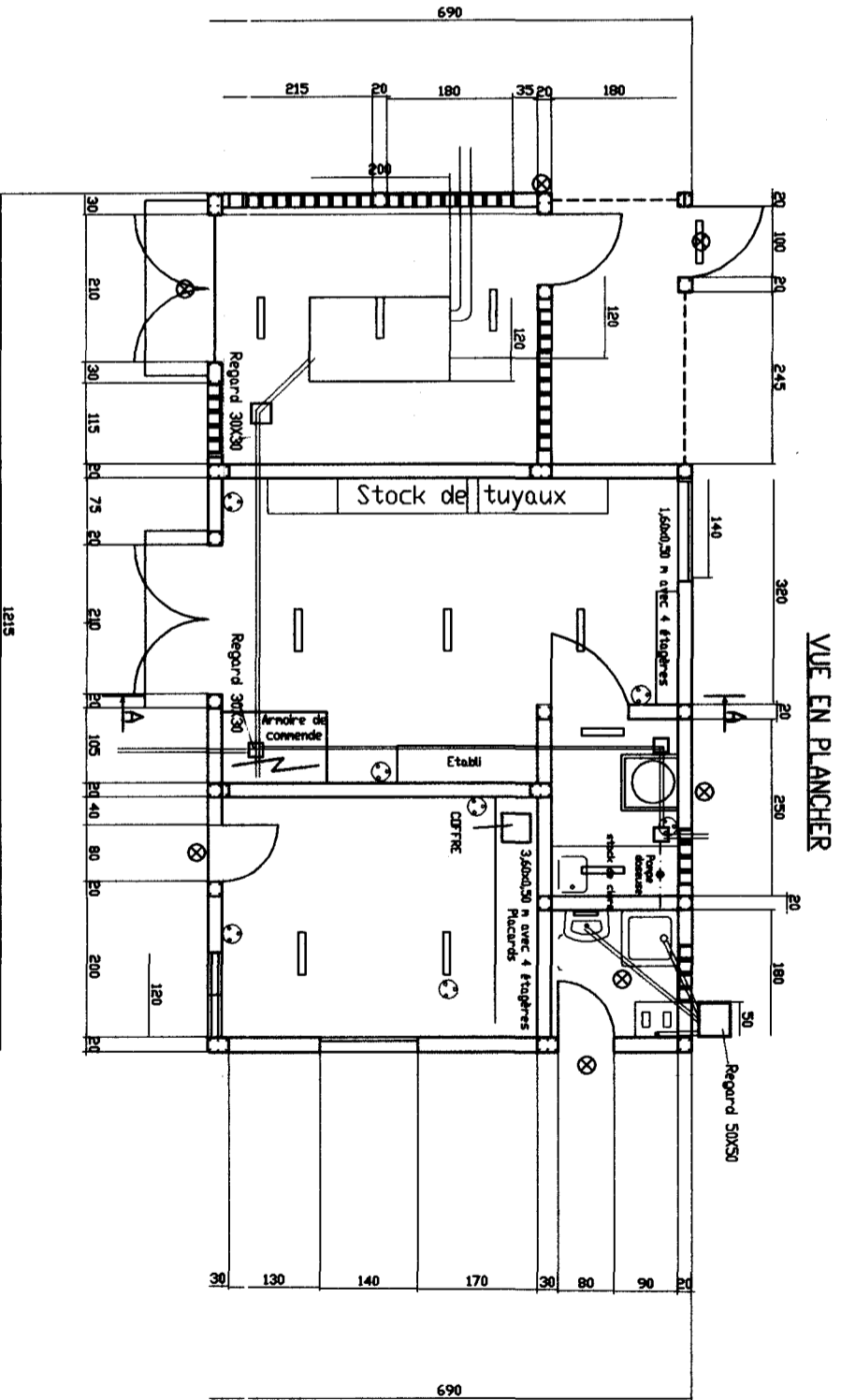
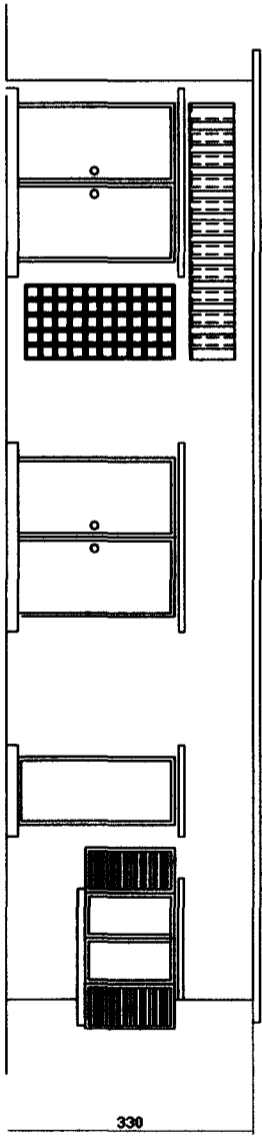
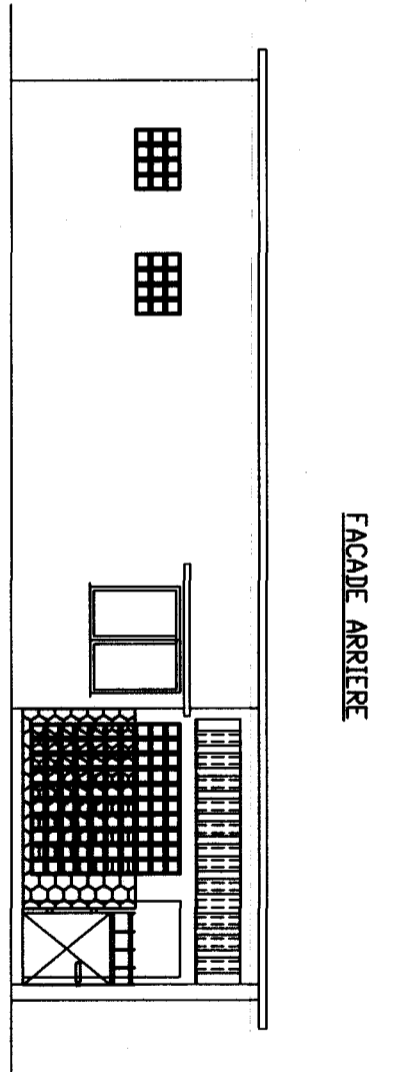
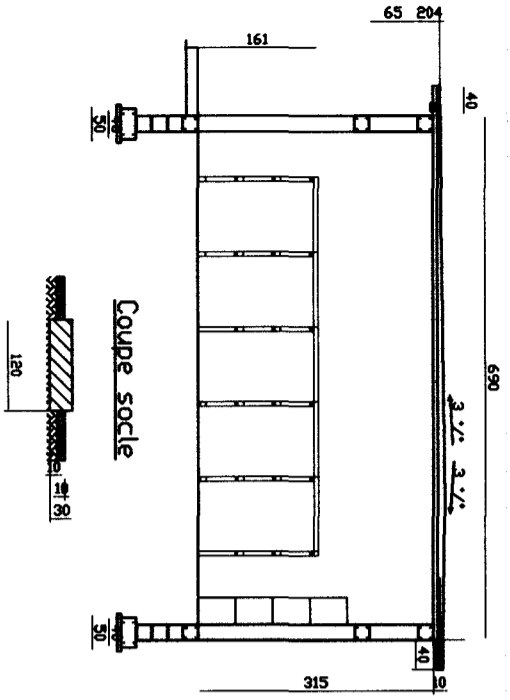
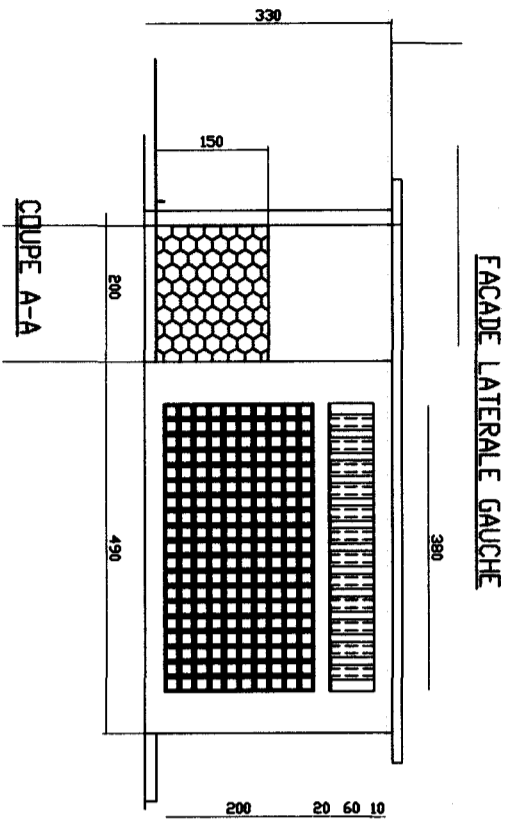
Prix de vente proposé du m3 d'eau	380 F.cfa/m3				
Montant total des revenus	F.cfa	6 833 725	7 619 245	8 495 060	9 068 159
Montant total des charges	F.cfa	6 811 126	6 971 745	7 150 826	7 268 009
Bilan cumulé	F.cfa	- 1 032 351	647 500	6 225 541	11 163 461

#### Critère de choix définitif: En 2014 garantir :

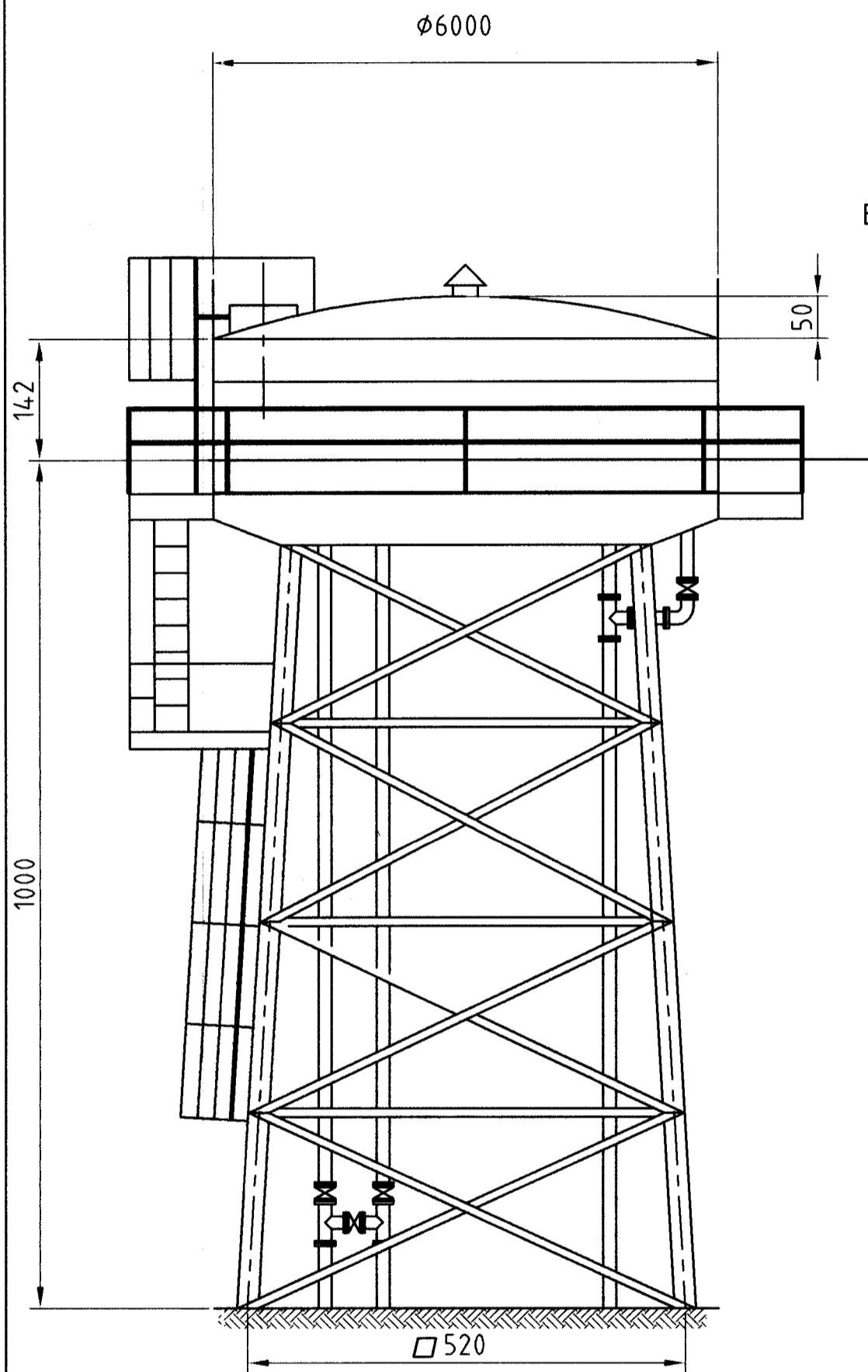
Achat d'un nouveau groupe :	8 200 000	F.CFA
Achat d'un onduleur :	3 000 000	F.CFA
Disponibilité de fonds pour 3 mois de charges	1 742 936	F.CFA
<b>Total</b>	<b>12 942 936</b>	<b>F.CFA</b>



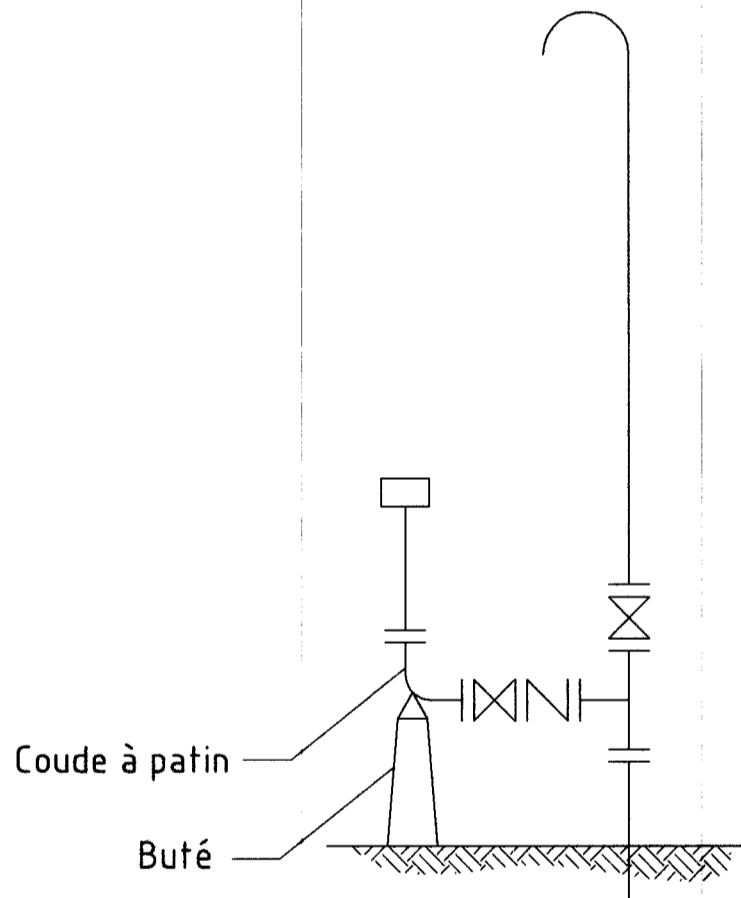
**ANNEXE 1**  
**Plan du Réseau**



# Détail du robinet à flotteur



Schema refoulement distributif



Refoulement	Distribution	Vidange Trop plein
DN 80	DN 80	DN 60



HP GAUFF Ingenieure  
 Berner Strasse 45  
 D 60437 Frankfurt am Main  
 Telefon (0 69) 5 00 08-0  
 Telefax (0 69) 5 00 08-111  
 Telex 4 13 263 ibgf d

CHATEAU D'EAU 40 m<sup>3</sup>

Le 16/07/07  
 Echelle: 1/100

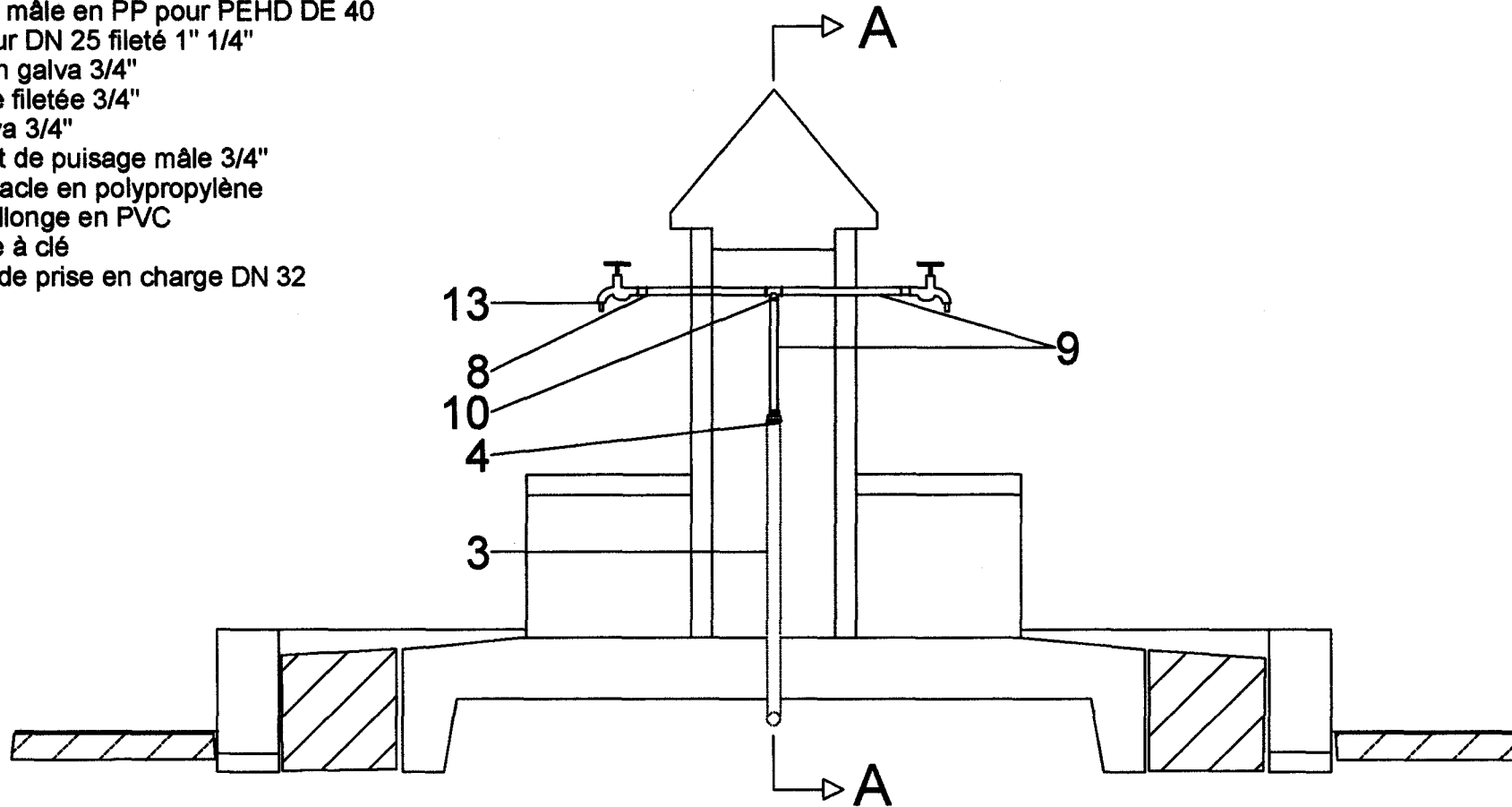
Plan N° 1-3-2  
 FOLIO 1/1

**ANNEXE 3**  
**Plan Type de Château d'Eau**

**ANNEXE 4**  
**Plan Type Bâtiment**

**ANNEXE 2**  
**Plan Type de Borne Fontaine**

- 1-Tuyau PVC
- 2-Robinet de prise en charge mâle pour PEHD DE 40
- 3-Tuyau PEHD DN 40
- 4-Raccord femelle mixte pour PEHD DE 40 et sortie taraudée 1" 1/4
- 5-Robinet d'arrêt avant compteur DN 25 arrivée filetée 1" 1/4 et sortie avec écrou 1" 1/4
- 6-Raccord mâle en PP pour PEHD DE 40
- 7-Compteur DN 25 fileté 1" 1/4"
- 8-Manchon galva 3/4"
- 9-Tubulure filetée 3/4"
- 10-Té galva 3/4"
- 11-Robinet de puisage mâle 3/4"
- 12-Tabernacle en polypropylène
- 13-Tube allonge en PVC
- 14-Bouche à clé
- 15-Collier de prise en charge DN 32



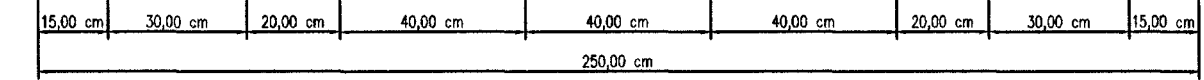
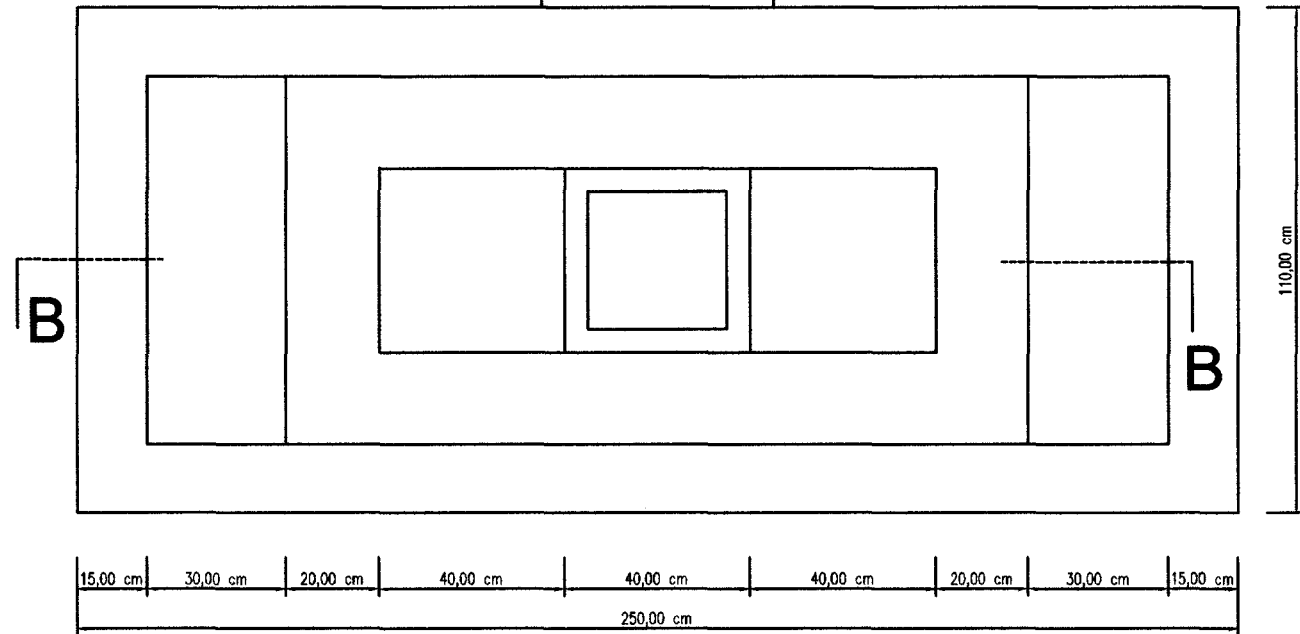
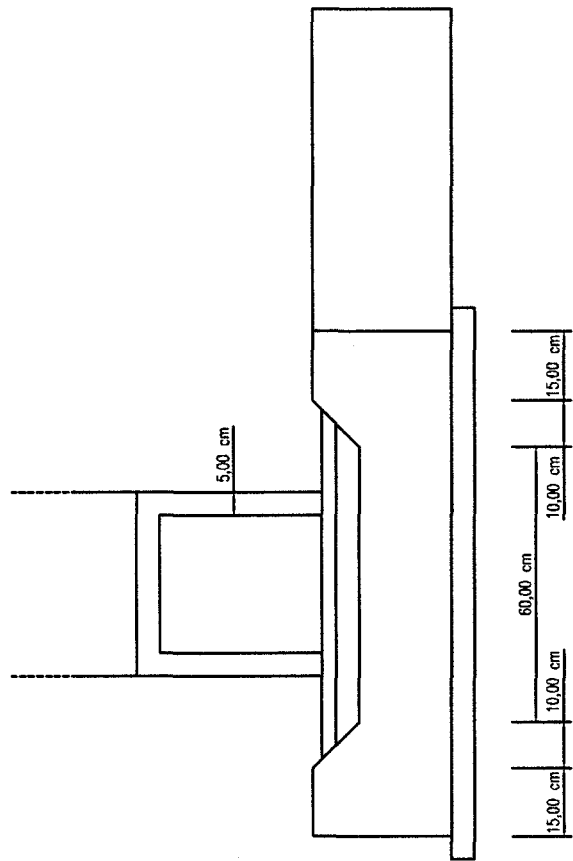
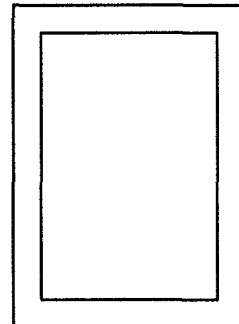
COUPE B-B

**BORNE FONTAINE  
EQUIPEMENT**

sans echelle

Plan 1/4

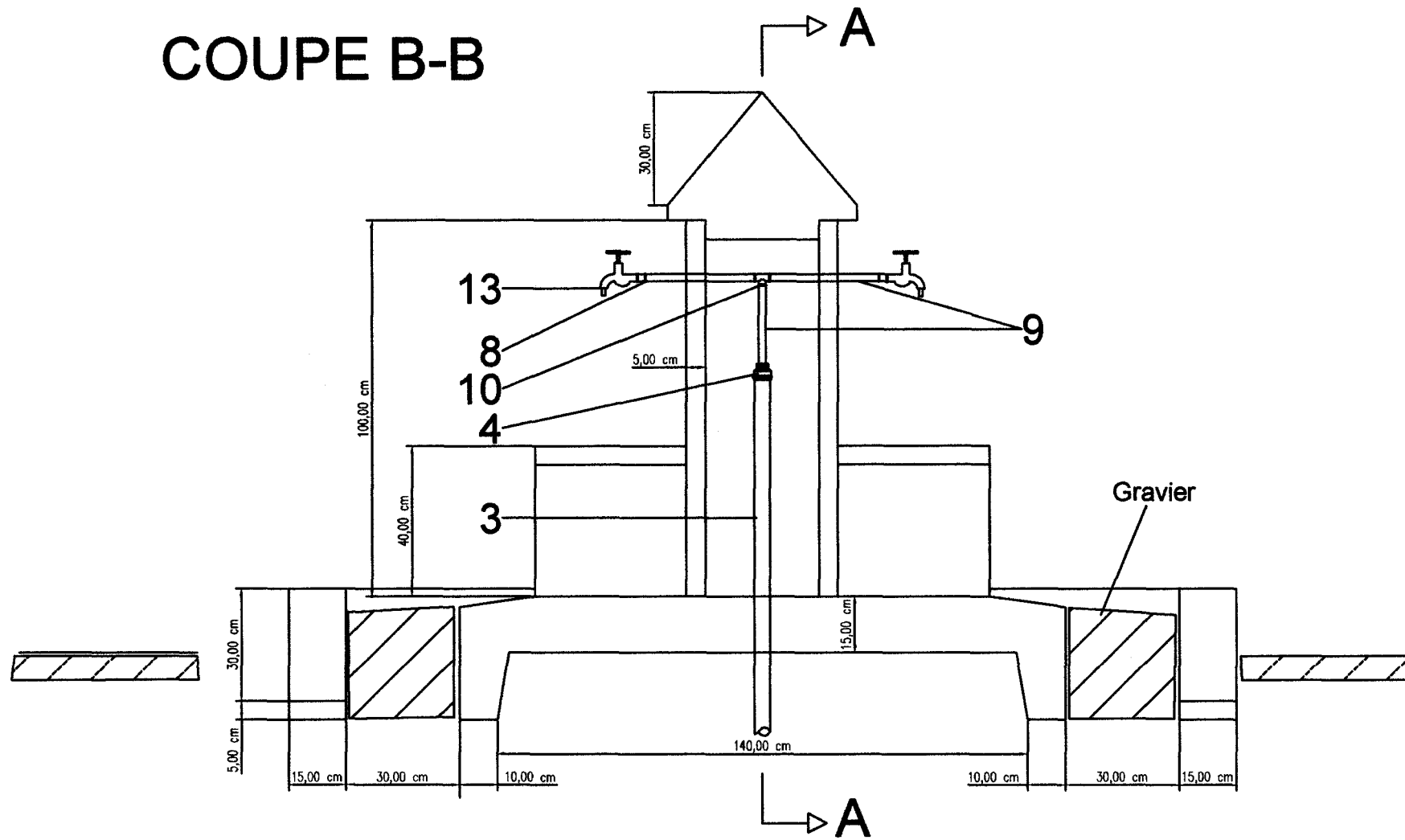
# COUPE A-A



	<b>BORNE FONTAINE GENIE-CIVIL</b>	sans echelle	Plan 2/4
--	---------------------------------------	--------------	----------



# COUPE B-B



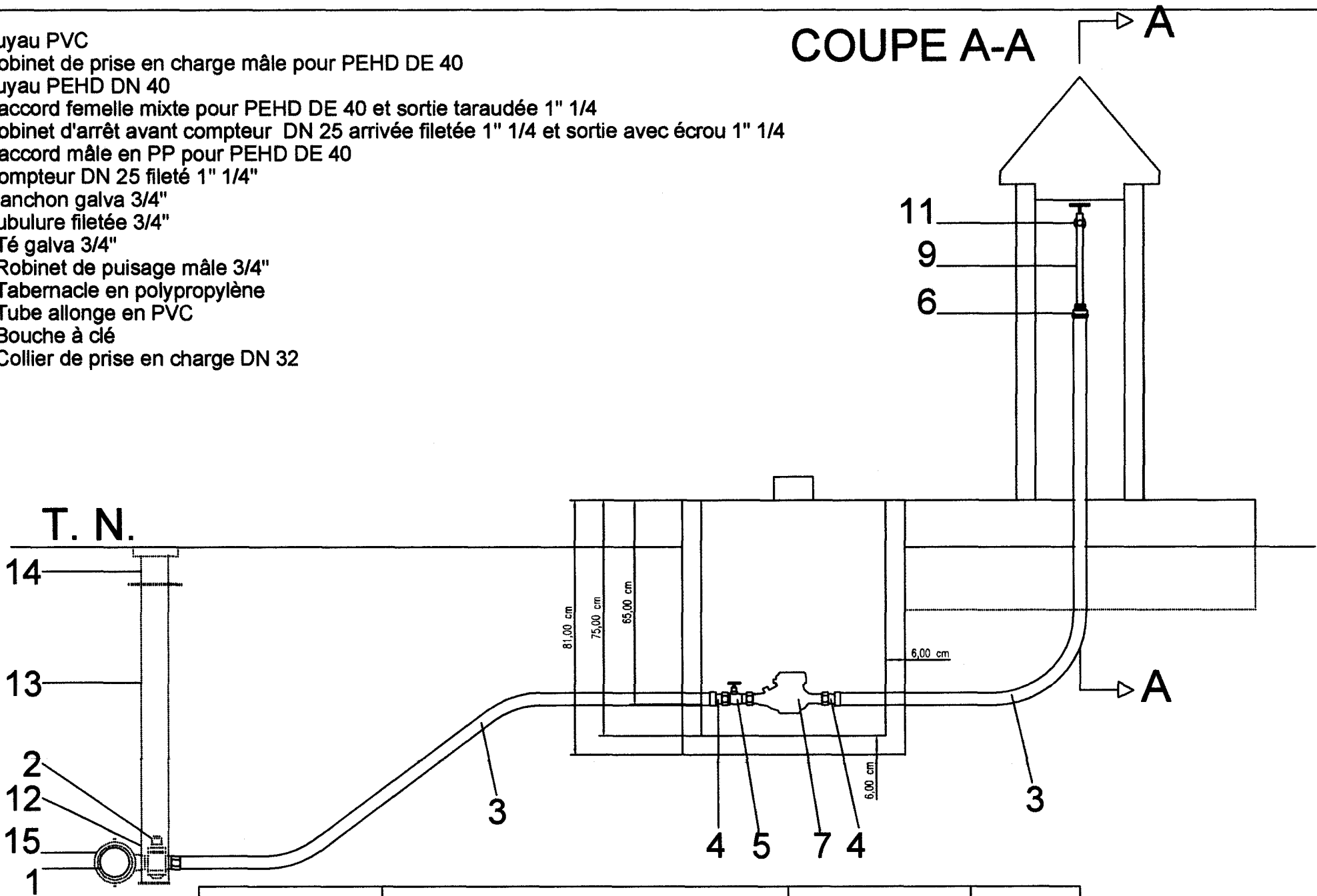
**BORNE FONTAINE**  
**GENIE-CIVIL**

sans echelle

Plan 3/4

- 1-Tuyau PVC
- 2-Robinet de prise en charge mâle pour PEHD DE 40
- 3-Tuyau PEHD DN 40
- 4-Raccord femelle mixte pour PEHD DE 40 et sortie taraudée 1" 1/4
- 5-Robinet d'arrêt avant compteur DN 25 arrivée fileté 1" 1/4 et sortie avec écrou 1" 1/4
- 6-Raccord mâle en PP pour PEHD DE 40
- 7-Compteur DN 25 fileté 1" 1/4"
- 8-Manchon galva 3/4"
- 9-Tubulure fileté 3/4"
- 10-Té galva 3/4"
- 11-Robinet de puisage mâle 3/4"
- 12-Tabernacle en polypropylène
- 13-Tube allonge en PVC
- 14-Bouche à clé
- 15-Collier de prise en charge DN 32

# COUPE A-A



T. N.

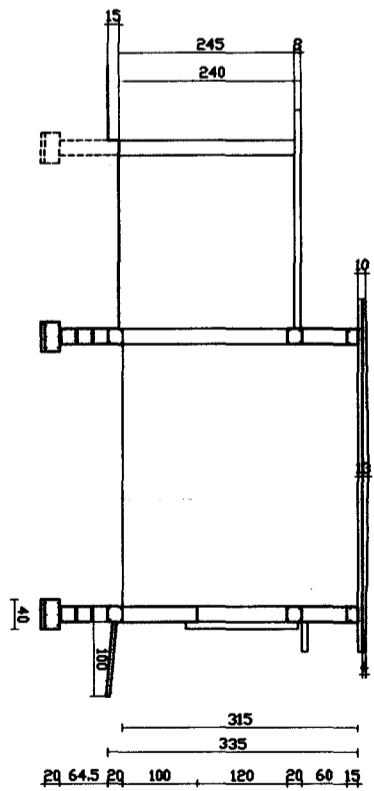
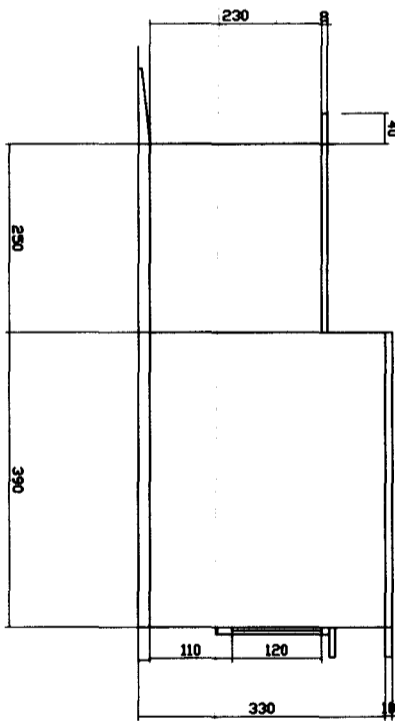
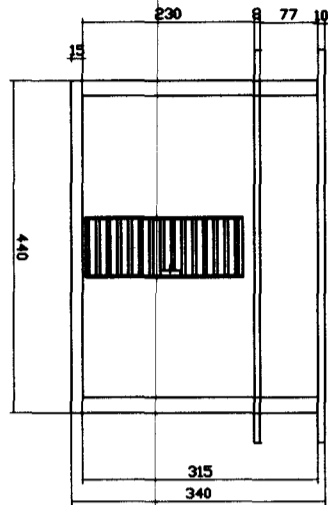
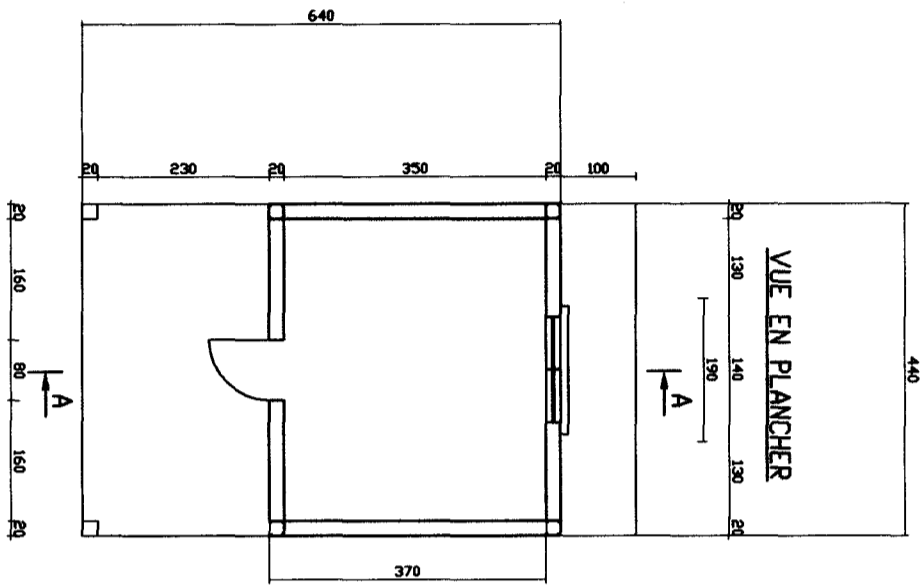
- 14
- 13
- 2
- 12
- 15
- 1

**BORNE FONTAINE  
EQUIPEMENT**

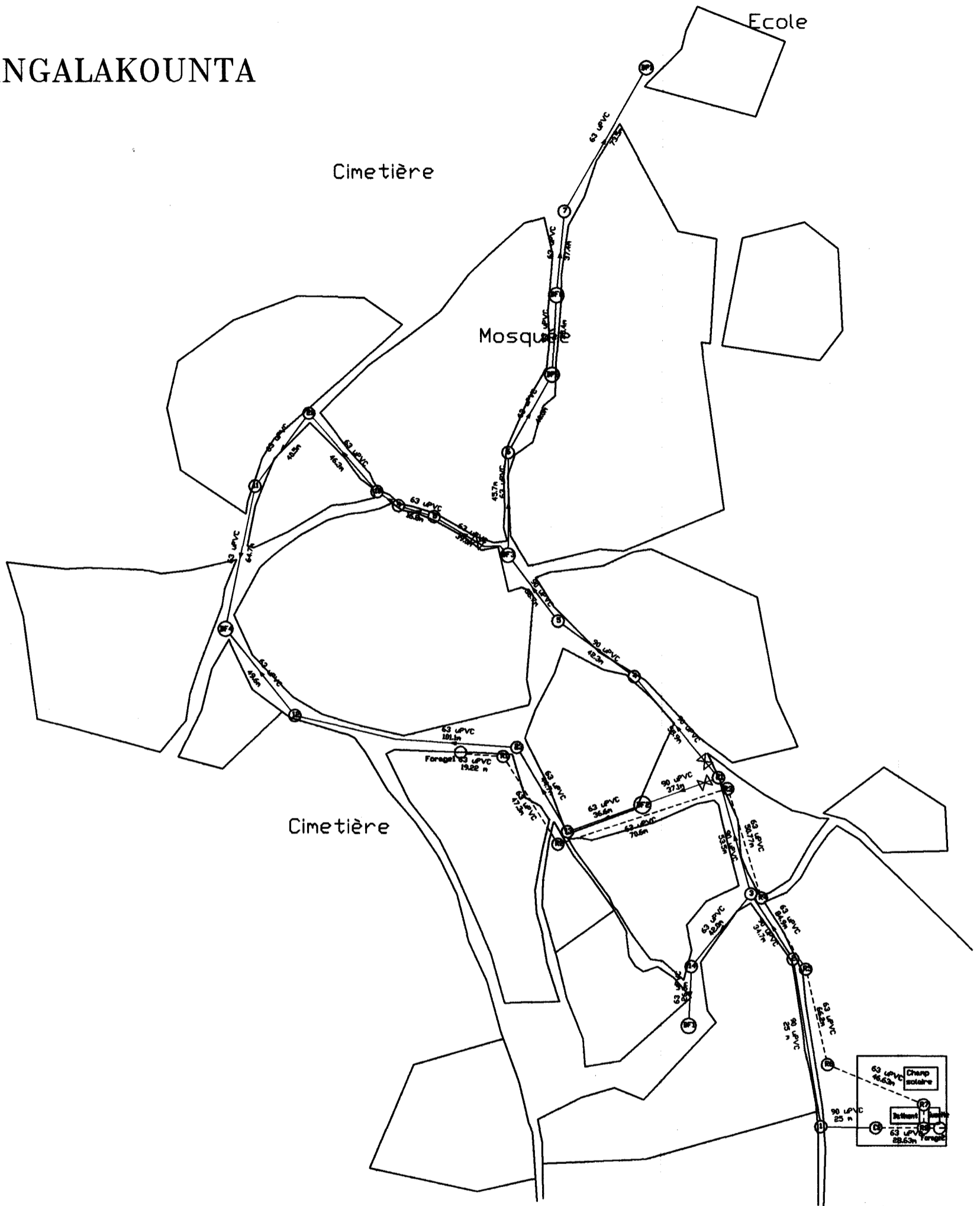
sans echelle

Plan 4/4

Type:  
Guerite gardien 1 pièce

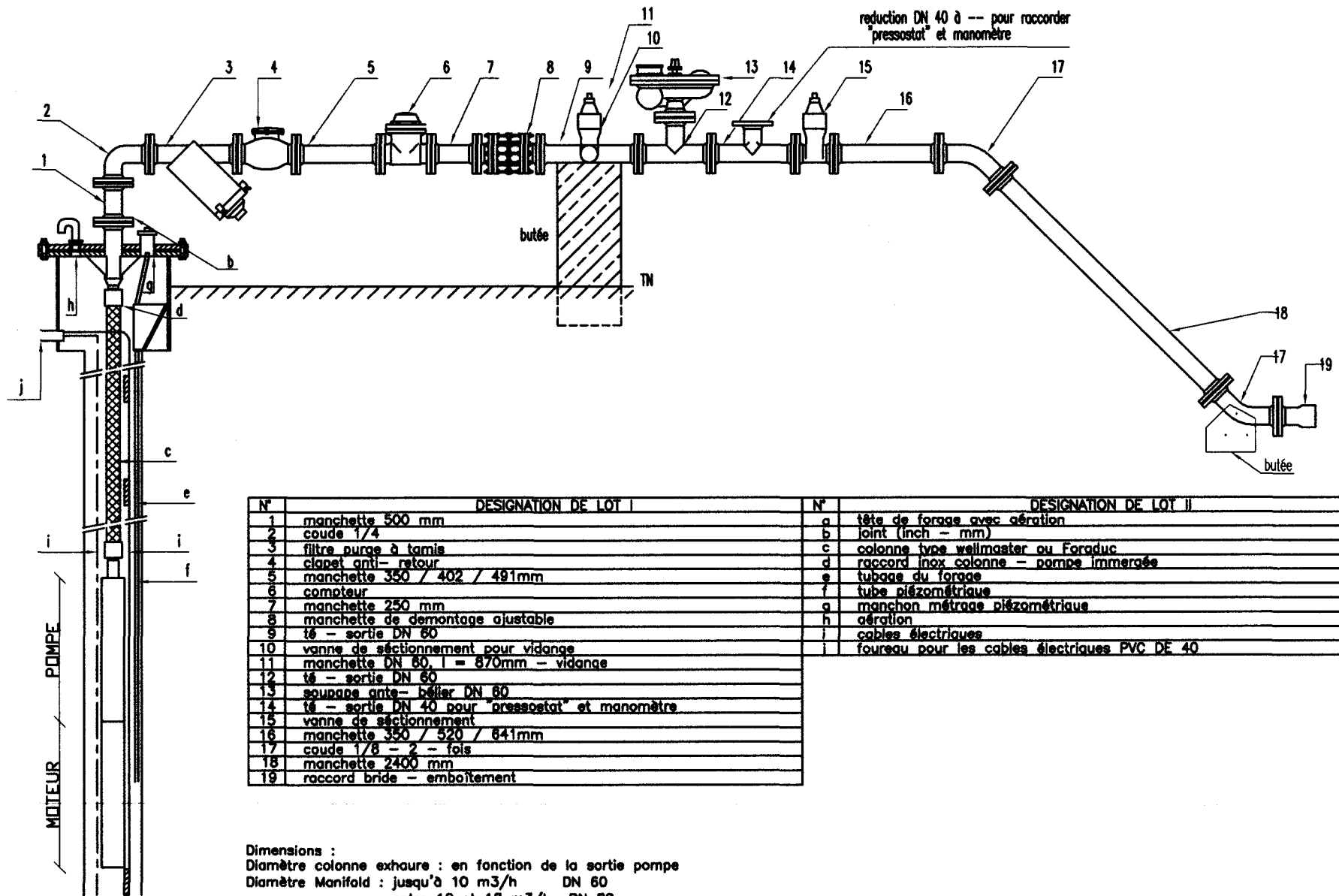


# FANGALAKOUNTA



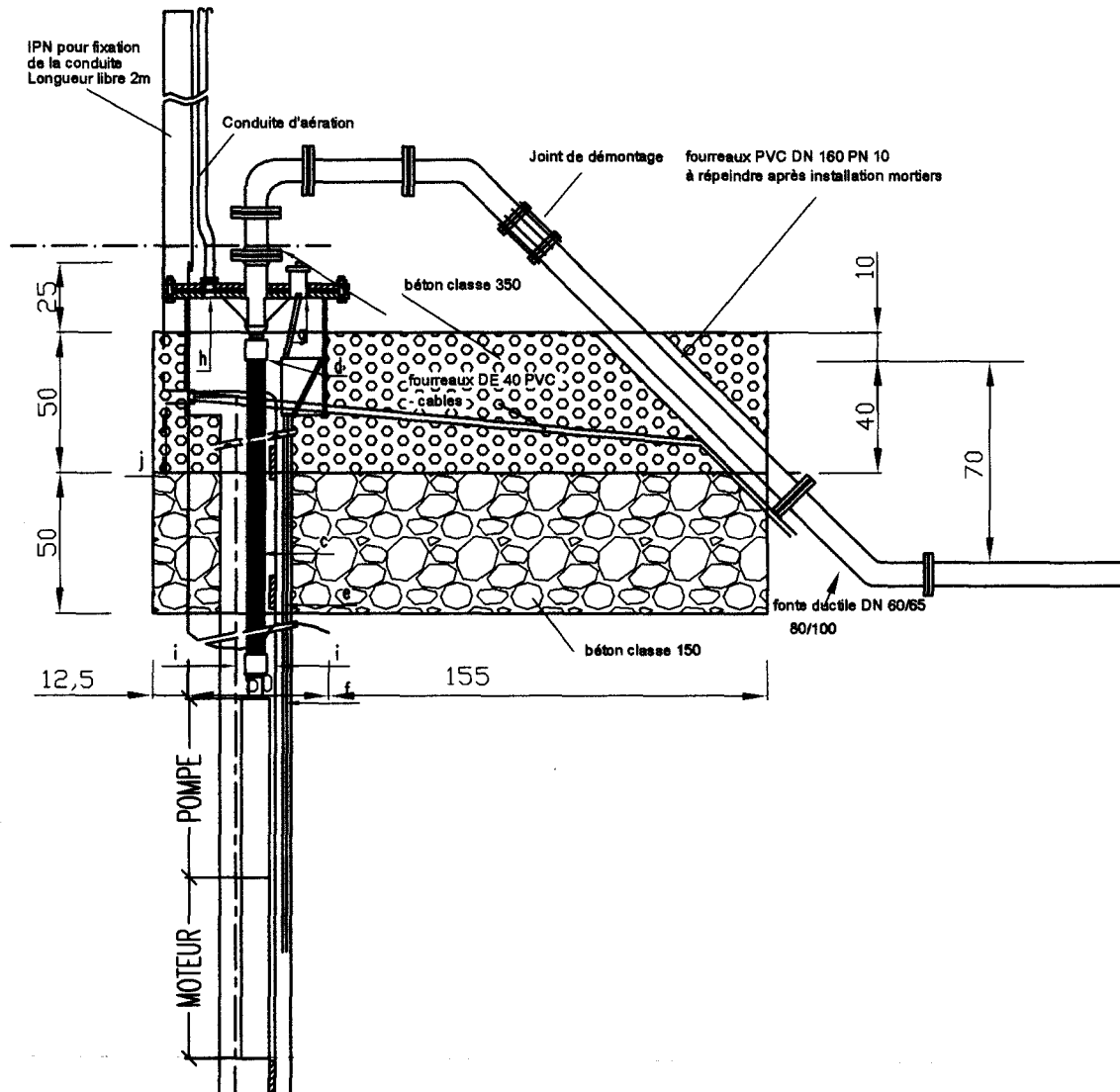
DATE	Avril 2009	MODIFICATIONS		NOM		INDEX	
<b>REPUBLIQUE DU MALI</b> Un Peuple - Un But - Une Foi MINISTRE DE L'ENERGIE ET DE L'EAU DIRECTION NATIONALE DE L'HYDRAULIQUE							
		ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE 11 CENTRES DE LA 1ERE REGION DU MALI <h2 style="text-align: center;">FANGALAKOUNTA</h2> AVANT PROJET DETAILLE PLAN DE RESEAU					
PREPARE	DATE	NOM					
DESSINE		MD					
APROUVE		AK					
FORMAT							
FICHER							
DESSINS RELATIFS							
Projet N°		Echelle:		N°PLAN			
3320 3291A		Graphique 1/1000		FOLIO			

**Annexe 5**  
**Plan Tête de Forage**



N°	DESIGNATION DE LOT I	N°	DESIGNATION DE LOT II
1	manchette 500 mm	a	tête de forage avec aération
2	coude 1/4	b	joint (inch - mm)
3	filtre purge à tamis	c	colonne type wellmaster ou Foraduc
4	clapet anti-retour	d	raccord inox colonne - pompe immergée
5	manchette 350 / 402 / 491mm	e	tubage du forage
6	compteur	f	tube piézométrique
7	manchette 250 mm	g	manchon métrage piézométrique
8	manchette de démontage ajustable	h	aération
9	té - sortie DN 60	i	cables électriques
10	vanne de sectionnement pour vidange	i	foureau pour les cables électriques PVC DE 40
11	manchette DN 60, l = 870mm - vidange		
12	té - sortie DN 60		
13	soupage ante-bellier DN 60		
14	té - sortie DN 40 pour 'pressostat' et manomètre		
15	vanne de sectionnement		
16	manchette 350 / 520 / 641mm		
17	coude 1/8 - 2 - fois		
18	manchette 2400 mm		
19	raccord bride - emboîtement		

Dimensions :  
 Diamètre colonne exhaure : en fonction de la sortie pompe  
 Diamètre Manifold : jusqu'à 10 m<sup>3</sup>/h DN 60  
                           entre 10 et 18 m<sup>3</sup>/h DN 80  
                           au delà de 30 m<sup>3</sup>/h DN 100  
 Diamètre vidange : DN 60  
 Cône sur refolement : en fonction diamètre refolement  
 (voir tableau : Equipement de forage)



N°	DESIGNATION DE LOT II
a	tête de forage avec aération
b	joint (inch - mm)
c	colonne type wellmaster ou Foraduc
d	raccord inox colonne - pompe immergée
e	tubage du forage
f	tube piézométrique
g	manchon métroge piézométrique
h	aération
i	cables électriques
j	fourreau pour les cables électriques PVC DE 40

**Dimensions :**

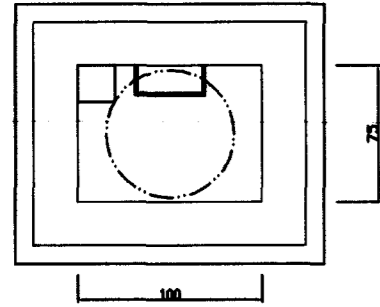
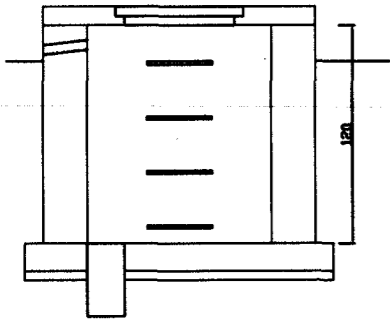
Diamètre colonne exhaure : en fonction de la sortie pompe  
 Diamètre Manifold : jusqu'à 10 m<sup>3</sup>/h DN 60  
 entre 10 et 18 m<sup>3</sup>/h DN 80  
 au delà de 30 m<sup>3</sup>/h DN 100

Diamètre vidange : DN 60

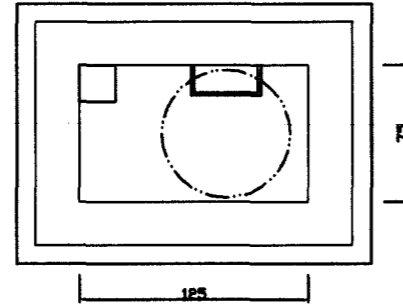
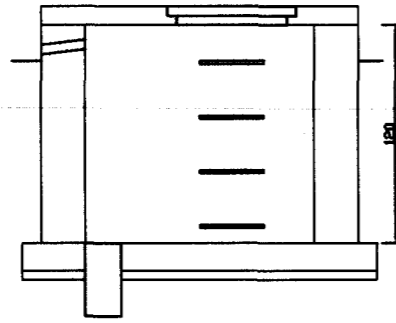
Cône sur refoulement : en fonction diamètre refoulement  
 (voir tableau : Equipement de forage)

**Annexe 6**  
**Plan Type de Regard**

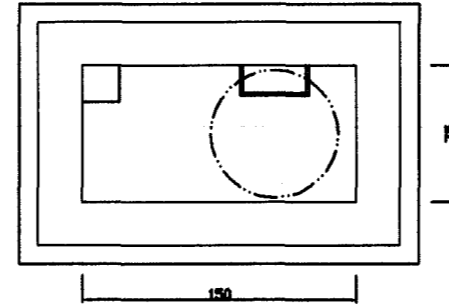
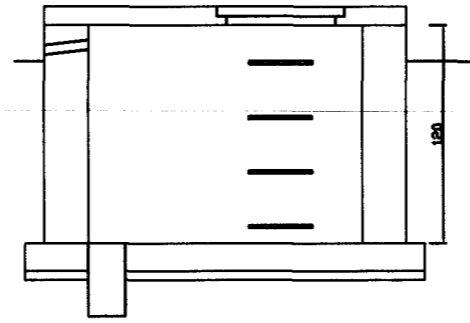




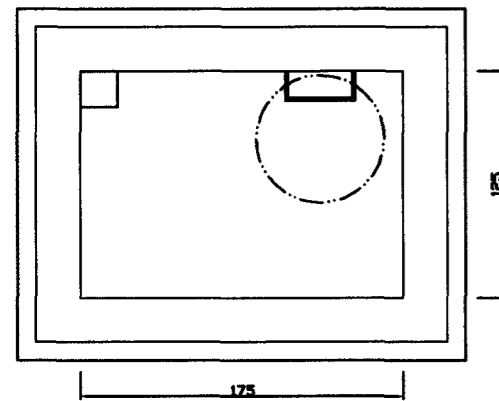
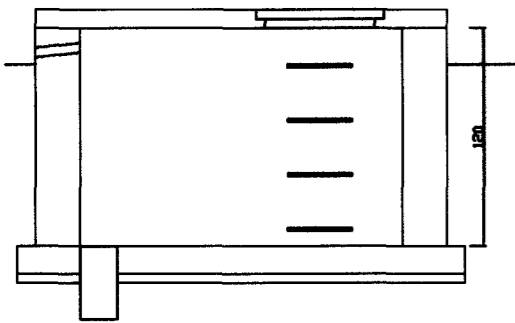
Regard type A - 100 x 75



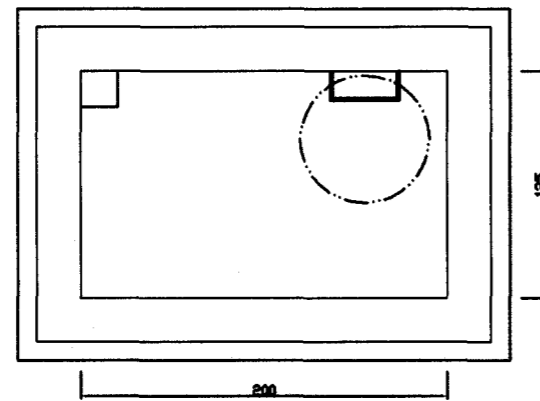
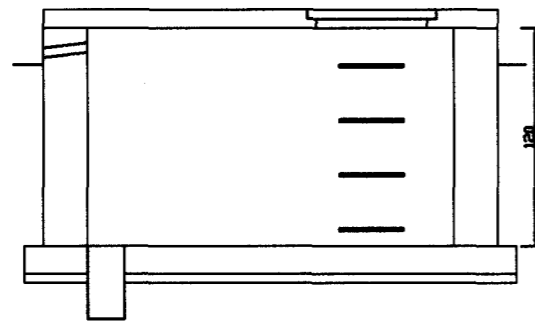
Regard type B - 125 x 75



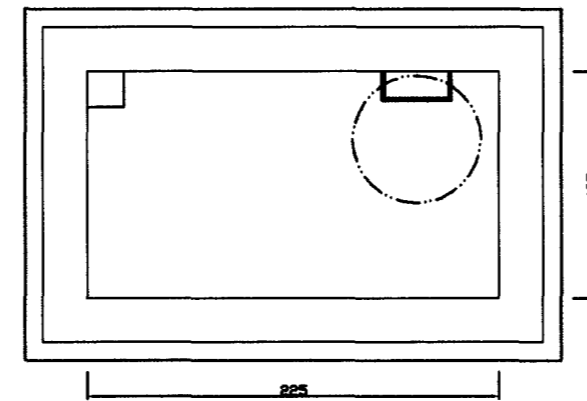
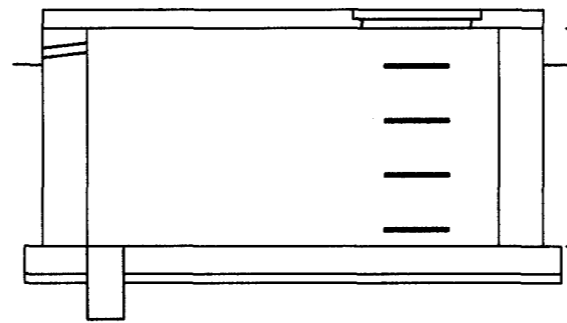
Regard type C - 150 x 75



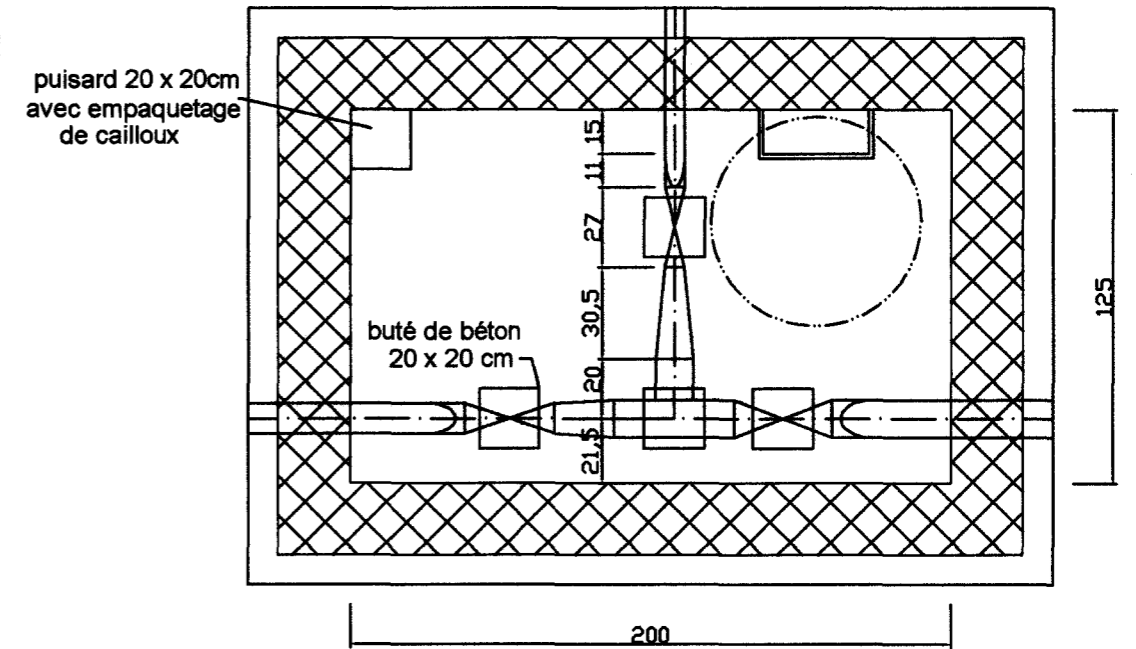
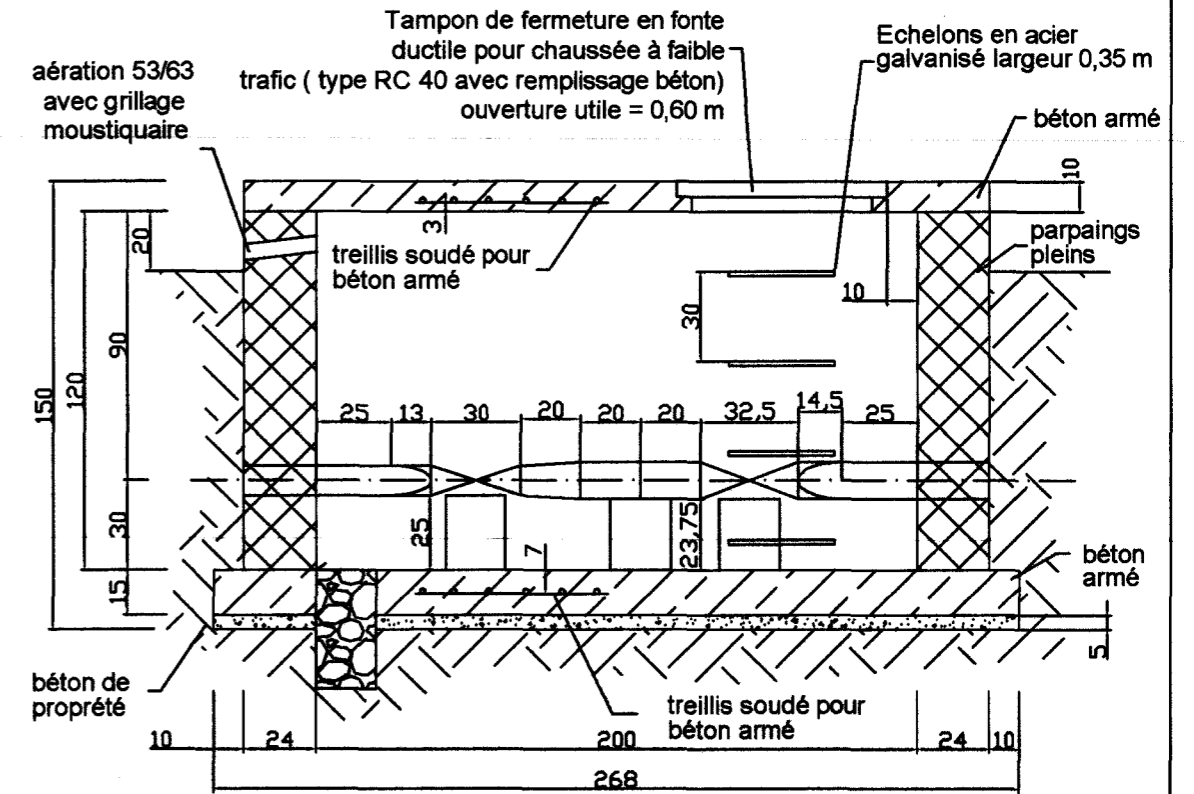
Regard type D - 175 x 125



Regard type E - 200 x 125



Regard type F - 225 x 125



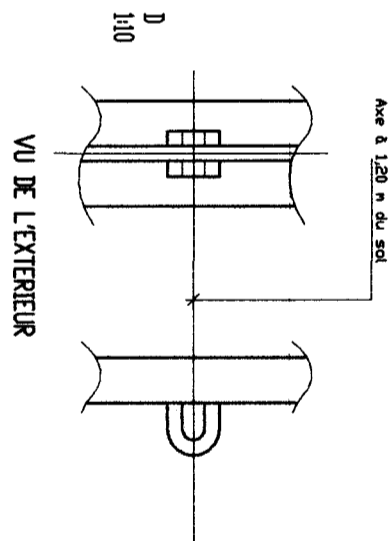
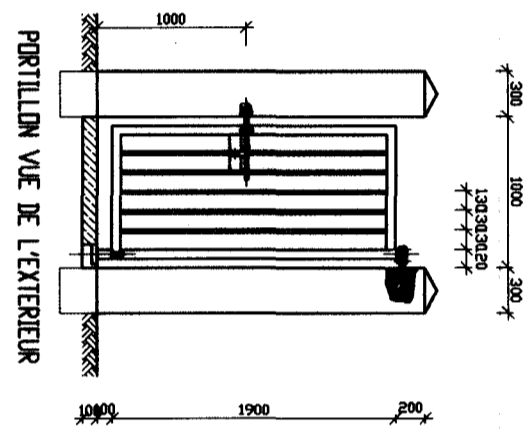
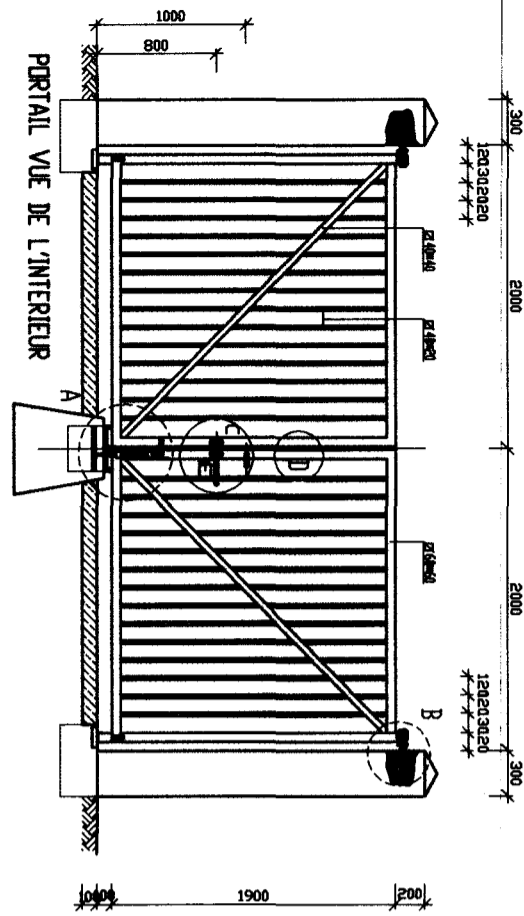
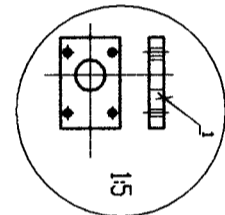
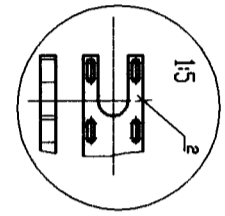
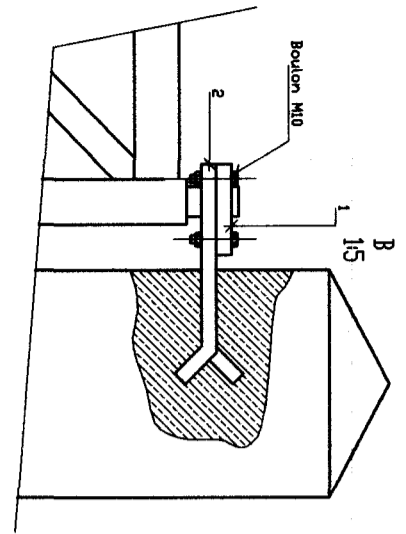
Regard type E -- Sibindi

**JBG**  
 H.P. GAUFF Ingenieure GmbH &  
 Co. KB - JBG, Bureau Bamako  
 Hippodrome, Rue 326 - Porte 21  
 B.P. 701, Bamako, MALI  
 e-mail: jbgmali@cefib.com  
 Tel./ Fax: +223 221 6322/ 9172

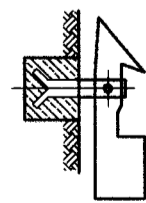
TYPES DES REGARDS

Le 12. 05. 09 N° 1.7  
 Ech: 1/40/ 25 Folio 1/1

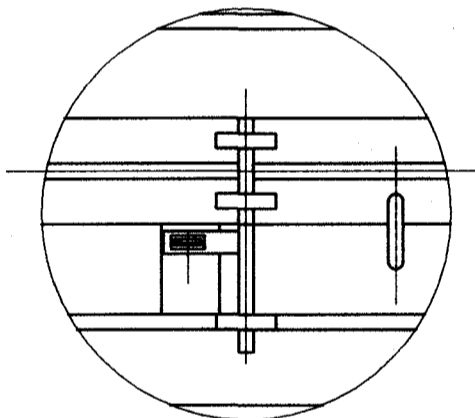
**Annexe 7**  
**Plan portail et portillon**



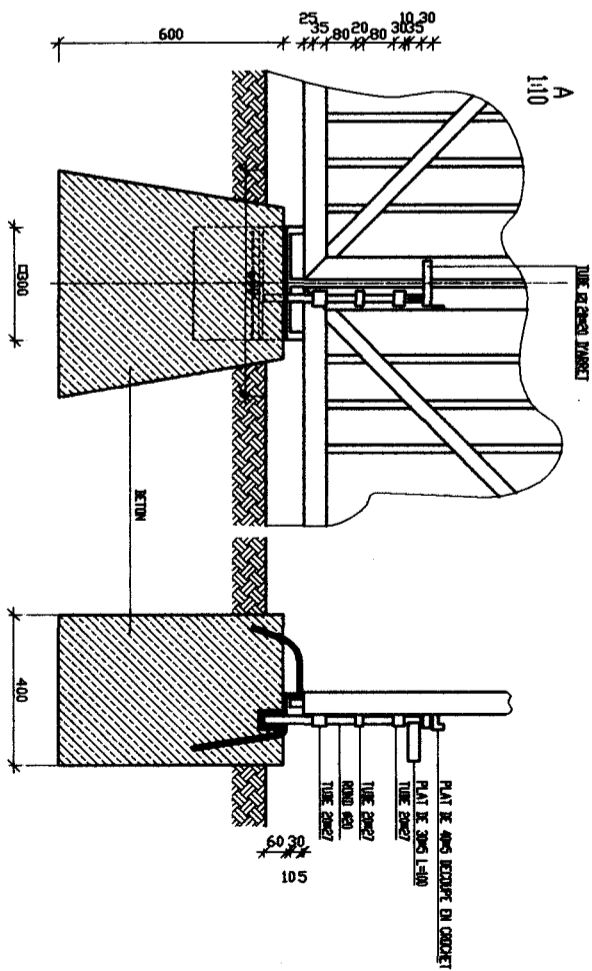
DETAIL BUTEE PORTAIL ET PORTILLON



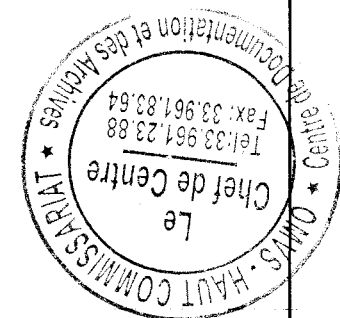
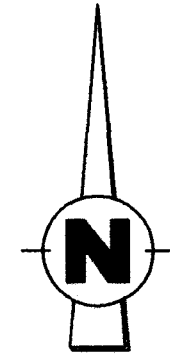
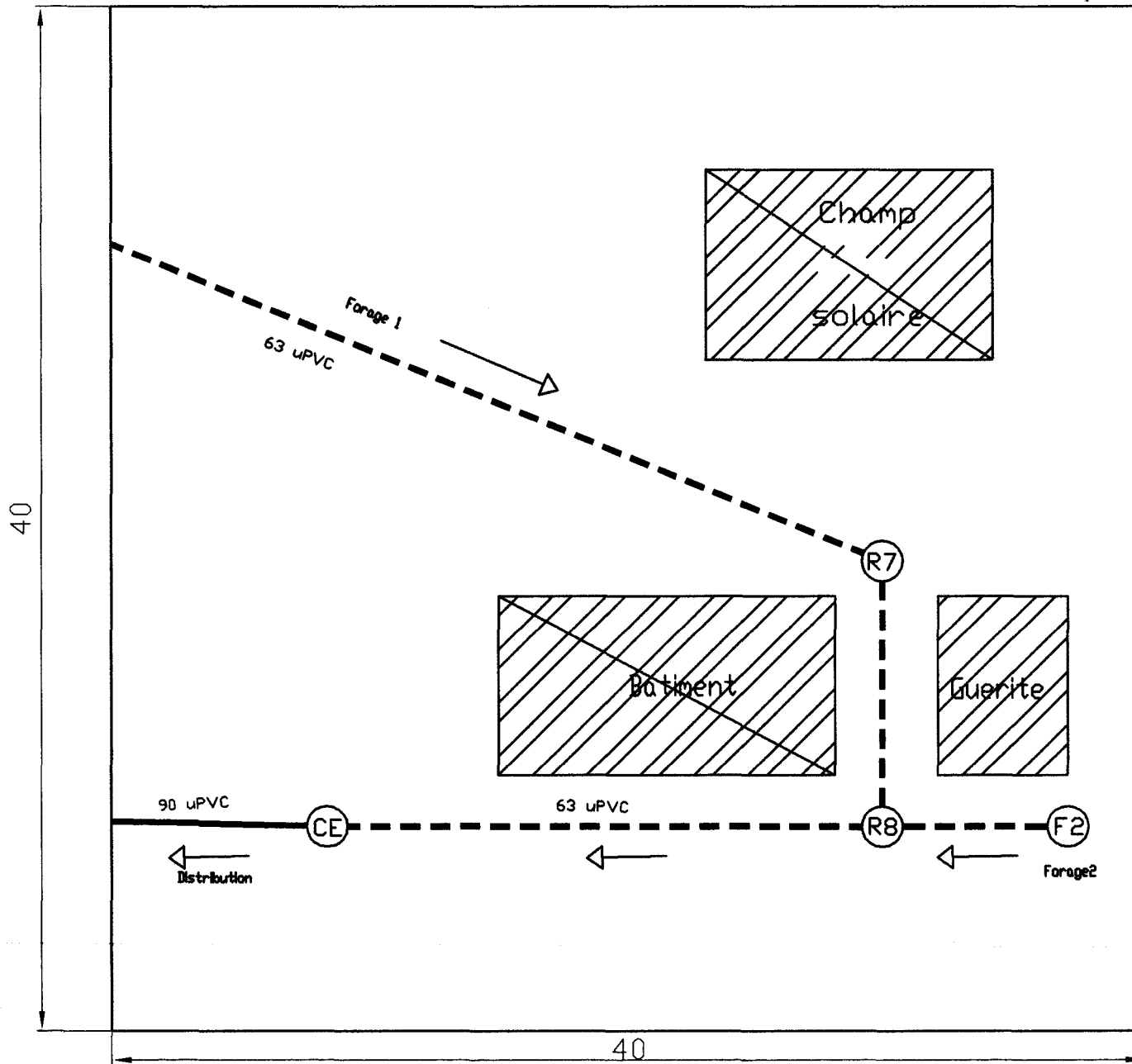
C 1:10



A 1:10



**Annexe 8**  
**Plan de Masse Station**



H.P. GAUFF Ingenieure GmbH & Co. KB - JBG, Bureau Bamako Hippodrome, Rue 326 - Porte 21 B.P. 701, Bamako, MALI  
 e-mail: jbgmali@cefib.com  
 Tel./ Fax: +223 221 6322/ 9172

**PLAN DE MASSE**  
**DE LA STATION DE FANGALAKOUTA**

Le 12.05.09

Folio 1/1