

**Direction Nationale  
de l'Hydraulique et de l'Energie  
Bamako**

République du Mali

**Comite Inter africain  
d'Etudes Hydrauliques  
(C.I.E.H.)**

B. P. 369  
OUAGADOUGOU  
Burkina Faso

**Bundesanstalt  
für Geowissenschaften  
und Rohstoffe  
(BGR)**

Postfach 51 01 53  
D-3000 Hannover 51  
République Fédérale d'Allemagne

LIBRARY  
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE  
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND  
SANITATION (IRC)

# **CONTRIBUTION A LA PLANIFICATION DE L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DANS UNE ZONE DE FORMATIONS GRESEUSES**

(Koutiala - Yorosso - San - Tominian)



Etude financée par:

**LE MINISTRE DE LA COOPERATION ECONOMIQUE  
DE LA REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE (RFA)**

212.0-87CO-5793

Juillet 1987

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE  
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY  
AND SANITATION (IRC)

P.O. Box 93199, 2509 AD The Hague

Tel. (070) 814911 ext. 141/142

RN: ISN 5793

LO: 212.0 8700

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (BGR)  
(Office Fédéral des Géosciences et des Ressources Minérales)

COOPERATION TECHNIQUE

Projet N° 82.2060.0

PROJET PILOTE D'INVESTIGATIONS HYDROGEOLOGIQUES  
POUR L'APPUI A L'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE  
- Projet Interregional -

CONTRIBUTION A LA PLANIFICATION  
DE L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES  
DANS UNE ZONE DE FORMATIONS GRESEUSES  
(Koutiala - Yorosso - San - Tominian)

rédigé par : R. Ludwig, R. H. Wagner  
bailleur de travaux : Ministère Fédéral de la Coopération  
Economique  
date : 07.03.85  
N° d'archive (BGR) : 97 772

## TABLE DES MATIERES

=====

CHAPITRES	page
- RESUME -	1
1 DEFINITION, BUT DU PROJET, REALISATION	4
1.1 Objet et finalité du projet	4
1.2 Réalisation	5
1.3 Déroulement	7
1.4 Personnel et matériel mis à disposition	8
1.5 Nivellement altimétrique	8
1.6 Inventaire des forages et des puits	10
2 DONNEES GENERALES DE LA ZONE D'INTERVENTION	12
2.1 Limites de la zone d'étude	12
2.2 Conditions climatiques	12
2.3 Végétation	18
2.4 Morphologie et réseau hydrographique	18
2.5 Géologie	21
2.5.1 Formations gréseuses	21
2.5.2 Dolérites	23
2.5.3 Recouvrement	25
2.5.4 Structure et fracturation des couches du gres	25
3 CONTRIBUTION A L'HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE ETUDIEE	28
3.1 Nature hydrogéologique du sous-sol	29
3.1.1 Productivité des forages	29
3.1.2 Puissance des altérites	32

	page	
3.2	Comportement de la nappe	35
3.2.1	La surface équipotentielle	35
3.2.2	La profondeur de la nappe	36
3.2.3	Profondeur de la première venue d'eau	38
3.2.4	Fluctuations du niveau dynamique dans le temps	40
3.3	La carte de la productivité des forages	41
3.3.1	Identification et délimitation des secteurs de productivité	42
3.3.2	Caractéristiques hydrogéologiques des secteurs de productivité	43
3.4	Chimie des eaux souterraines	47
3.4.1	Travaux et mesures effectués	47
3.4.2	Résultats	47
3.4.3	Résumé	56
4	CONCLUSIONS	57
5	RECOMMANDATIONS EN VUE D'UNE PLANIFICATION DE L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES	61
5.1	Principes	61
5.2	Recommandations	63
6	BIBLIOGRAPHIE	65

## Figures

-----

Fig. 1	Carte de situation de la zone étudiée	13
Fig. 2	Carte de situation de la zone étudiée au Mali et des isohyètes annuelles de l'année 1968	14
Fig. 3a	Pluviométrie moyenne mensuelle à San et Koutiala (période 1959 - 1983)	15
Fig. 3b	Températures moyennes mensuelles à San et Koutiala (période 1959 - 1983)	15

	page	
Fig. 3c	Evapotranspiration potentielle	16
Fig. 3d	Humidité relative moyenne	16
Fig. 4a	Précipitations annuelles à San (période 1922 - 1983)	17
Fig. 4b	Ecart cumulés des précipitations annuelles à San (période 1922 - 1983)	17
Fig. 5	Morphologie généralisée de la zone d'étude	19
Fig. 6	Régime d'écoulement du Bani en 1970 et 1980	20
Fig. 7	Echelle stratigraphique de la zone d'étude	22
Fig. 8	Corrélation stratigraphique entre grès de Koutiala et grès de Bandiagara	24
Fig. 9	Evolution du processus d'altération sur roche silicatée, formation du sol ferralitique, zone de savanne	26
Fig. 10	Distribution des directions des linéaments hydrographiques dans la zone d'intervention	27
Fig. 11a	Courbe cumulée de la productivité des forages	31
Fig. 11b	Courbes cumulées de la productivité des forages, secteurs de productivité des forages	31
Fig. 11c	Courbes cumulées de la productivité des forages, agglomérations importantes	31
Fig. 12	La relation entre débits des forages et leurs distances au prochain linéament fluvial dans la zone au sud de la route Bla-San	33
Fig. 13a	Courbe cumulée de l'épaisseur des altérites	34
Fig. 13b	Courbes cumulées de l'épaisseur des altérites, secteurs de productivité des forages	34
Fig. 13c	Courbes cumulées de l'épaisseur des altérites, agglomérations importantes	34
Fig. 14a	Courbe cumulée de la profondeur de la nappe	37
Fig. 14b	Courbes cumulées de la profondeur de la nappe, secteurs de productivité des forages	37
Fig. 15a	Courbe cumulée de la profondeur de la lère venue d'eau	39
Fig. 15b	Courbes cumulées de la profondeur de la lère venue d'eau, secteurs de productivité des forages	39

	page	
Fig. 15c	Courbes cumulées de la profondeur de la lère venue d'eau, agglomérations importantes	39
Fig. 16	Relation entre les paramètres du grès et la zonation hydrogéologique	41
Fig. 17	Carte des points d'échantillonnage des eaux souterraines	48
Fig. 18	Diagramme triangulaire des éléments essentiels des eaux souterraines	51
Fig. 19a	Courbe cumulée de la conductivité des eaux souterraines	53
Fig. 19b	Courbes cumulées de la conductivité des eaux souterraines, secteurs de productivité des forages	53

#### Tableaux

-----

Tab. 1	Caractéristiques du nivellement altimétrique	11
Tab. 2	Valeurs et tendances des paramètres hydrogéologiques significatifs dans les secteurs de productivité d'après les fréquences	46
Tab. 3	Valeurs et tendances des paramètres hydrogéologiques significatifs dans les agglomérations importantes d'après les fréquences	46
Tab. 4	Liste des échantillons des eaux souterraines	49
Tab. 5	Analyse factorielle	54
Tab. 6	Résultats des analyses isotopiques dans les différents secteurs de productivité	55

## APPENDICES

-----

I      COURS SUR LA METHODE DU NIVELLEMENT  
         ALTIMETRIQUE

II     LISTE DES DONNEES DES FORAGES UTILISEES

III    RECOMMANDATIONS POUR LE PROJET MAV  
         Profondeurs des forages  
         Essais de débit  
         Achèvement des forages  
         Enregistrement des données  
         Choix de forages/puits d'observation  
         Qualité chimique des eaux souterraine

## ANNEXES HORS TEXTE

-----

1      CARTE DES FORAGES SECS ET A FAIBLE DEBIT  
2      CARTE DE L'EPaisseur DES ALTERITES  
3      CARTE DE LA PRODUCTIVITE DES FORAGES

## LISTE DES ABBREVIATIONS

BGR	- Office Fédérale des géosciences et des Ressources Minérales (R.F.A.)
DNHE	- Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie, République du Mali
IGN	- Institut Géographique National, France
MAV	- Mali Aqua Viva (Organisation Non Gouvernementale, ONG), projet d'hydraulique villageoise
PNUD	- Programme des Nations Unies pour le Développement
RFA	- République Fédérale d'Allemagne

- RESUME -

L'objectif de cette étude était le développement d'une méthode simple permettant l'établissement d'une carte hydrogéologique générale faisant intervenir, en particulier, la productivité des forages.

La zone du projet d'hydraulique villageoise MAV recouvre une superficie d'environ 30 000 km<sup>2</sup> dans le sud-est de la République du Mali (Afrique occidentale); c'est pour les raisons suivantes qu'elle a été choisie comme exemple :

- elle est placée sur une zone de grés dont le bâti géologique est simple
- les plus de 1000 forages qui s'y trouvent lui confèrent une prospectivité relativement bonne, et
- une étude globale des forages n'a pas encore été réalisée.

Au cours d'un séjour de trois mois sur la zone d'étude, on a pu :

- vérifier les coordonnées de nombreux puits (150 env.), déterminer l'altitude des bords supérieurs des puits par la méthode barométrique et repérer la profondeur d'eau, la conductivité et la température des eaux souterraines,
- effectuer un échantillonnage sur des puits choisis
- entreprendre des observations sur le terrain et
- recenser la bibliographie et collecter les documents de base des forages les plus importants.

Les interprétations des parcours sur le terrain, des cartes topographiques et des documents de forage ont permis l'élaboration d'une méthode par laquelle la zone étudiée a pu être divisée, en tant que carte générale, en trois secteurs présentant des productivités de forages diverses; les critères utilisés étaient les suivants :

- le débit des forages
- l'épaisseur des altérites et
- la géomorphologie.

La fiabilité de la méthode élaborée a pu être démontrée, pour la région servant ici d'exemple, par les interprétations statistiques des paramètres hydrogéologiques.

La carte générale des ressources en eaux souterraines qui a été établie peut être utilisée comme base de planification pour des travaux de prospection hydrogéologique futurs, puisqu'elle :

- comporte des renseignements sur la productivité moyenne dans les différents secteurs
- permet d'en déduire le taux des forages improductifs probable et
- donne des indications sur l'étendue éventuelle des travaux de prospection à entreprendre.

Cette méthode peut être également utilisée dans des régions gréseuses comparables, si :

- il existe une base de documents sur les puits, comportant les productivités des puits et l'épaisseur des altérites
- les couches de grès sont relativement homogènes, horizontales, et qu'elles

- n'ont été soumises qu'à une tectonique cassante,
- la surface du terrain a été formée surtout par des phénomènes d'altération et d'érosion.

Les résultats montrent que la productivité des forages dépend, pour les terrains présentant des formations altéritiques de faible puissance, de la fracturation des roches. Ils montrent encore, pour la prospection des eaux souterraines, que les caractères géomorphologiques peuvent donner des indications importantes. Ceci est valable, au delà des limites de la zone d'investigation, pour d'autres régions du Sahel, comparables du point de vue géomorphologique et hydrogéologique.

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont aidé à la mise au point de cet ouvrage, et en particulier:

Mr S. Traoré (Directeur Général DNHE), Père B. Verspieren (Directeur MAV), Mr G. Salzmann (Conseiller allemand DNHE), Mr A. Bâ (Chef section hydrologie DNHE), Mr D. Soumaré (Directeur adjoint MAV).

## 1 DEFINITION, BUT DU PROJET, REALISATION

### 1.1 OBJET ET FINALITE DU PROJET

Dans le cadre du "Projet pilote de recherche hydrogéologique appliquée à l'hydraulique rurale" (projet BMZ n° : 82.060.0), il s'agit d'établir, d'une manière qui puisse servir d'exemple, des données hydrogéologiques de planification pour l'amélioration de la préparation et des résultats de projets hydrauliques ruraux.

Dans ce but, le choix du terrain d'investigation s'est arrêté, en accord avec la DNHE, sur la zone d'extension principale du grès de Koutiala parce que celui-ci montre une nature homogène et qu'il est prospecté depuis le début 1976 par le projet MAV, avec plus de 1000 forages d'exploitation (fig. 1). Une petite partie seulement de ces forages a été interprété de manière globale jusqu'à présent.

Les résultats des forages, les résultats de l'étude des rapports et des publications, les repérages effectués pendant le séjour sur le terrain même et les observations faites sont présentés ensemble sous l'aspect de ressources en eaux souterraines permettant d'établir des données hydrogéologiques de base pour une planification.

Il est prévu que les résultats devront pouvoir être reportés sur d'autres régions à caractéristiques comparables.

## 1.2 REALISATION

La réalisation de l'étude se divise en six phases :

(1) Préparation à Bamako :

=====

- Coordination des activités avec la DNHE et le projet MAV,
- Collection des documents de base (cartes topographiques et géologiques, photographies aériennes, résultats des forages MAV, rapports, publications, etc.),
- Organisation et préparation des travaux sur le terrain.

(2) Activités dans la zone d'intervention :

=====

- Localisation des forages MAV (coordonnées et altimétrie par nivellement barométrique),
- Mesures sur place (profondeur des forages et du niveau d'eau, conductivité, température),
- Echantillonnage des eaux (points sélectionnés, analyses chimiques et des isotopes  $^3\text{H}$  et  $^6\text{180}$ )
- Observations générales (géologie, géomorphologie, hydrologie, etc),
- Collection et étude des documents de base.

(3) Evaluation des données :

=====

Les données existantes et les données collectionnées sur le terrain ont été évaluées, c'est à dire :

- Connaissance de la géologie (formations, structures, fracturation, recouvrement),
- Comportement et fonctionnement des nappes, et
- Productivités des nappes peu profondes.

Toutes les données des puits et des forages disponibles ont été, autant qu'il était possible, représentées sur une carte de travail et ont fait l'objet d'une interprétation statistique. Les courbes de niveau d'une part, et le réseau hydrographique d'autre part, ont été relevées séparément à partir des cartes topographiques. Les zones de verdure permanente ont été reconnues sur une image de satellite de janvier 1974 (saison sèche).

L'évaluation des données a été effectuée en partie dans la zone d'intervention et en partie en RFA.

(4) Documentation des résultats :

=====

Les résultats des évaluations des données sont fixés par le rapport présenté ici.

Il a été rédigé en RFA.

(5) Cours d'enseignement de la méthode du nivellement barométrique :

=====

Un cours d'introduction de 3 jours sur la méthode du nivellement barométrique avec des baromètres de précision a été tenu pendant le séjour au Mali, au début du mois de mars.

(6) Présentation et discussion des résultats de l'étude obtenus au cours d'un séminaire à Bamako:

=====

A la fin de l'étude, un séminaire de deux jours se tiendra avec les hydrogéologues de la DNHE à Bamako, ayant pour but de :

- Familiariser les hydrogéologues avec les méthodes appliquées,
- Discuter avec eux des problèmes rencontrés, et
- Présenter les résultats obtenus.

### 1.3 DEROULEMENT

Le déroulement de l'étude se divise ainsi :

Phases	I	Pays	I	dates
-----	I	-----	I	-----
Préparation à Bamako (1)	I	Mali	I	1/84
.....	I	.....	I	.....
Acitivités dans la zone d'in- tervention (2)	I	Mali	I	1/84- 3/84
.....	I	.....	I	.....
Cours barométrique (5)	I	Mali	I	3/84
.....	I	.....	I	.....
Evaluation des données (3)	I	Mali et	I	4/84
.....	I	RFA	I	à
.....	I	.....	I	.....
Documentation des résultats (4)	I	RFA	I	10/84
.....	I	.....	I	.....
Séminaire à Bamako (6)	I	Mali	I	4/85

#### 1.4 PERSONNEL ET MATERIEL MIS A DISPOSITION

Cette étude a été réalisée sur la base de contributions mutuelles.

- (a) Les contributions allemandes ont comporté la mise à disposition de personnel et de matériel divers nécessaires à la réalisation de l'étude. Les travaux au Mali ont donc été réalisés par :
- un hydrogéologue principal pendant deux semaines (un séjour),
  - un hydrogéologue pendant trois mois (un séjour),
  - un ingénieur géotechnique pendant deux mois et deux semaines (un séjour).

La contribution allemande a été assurée par un financement particulier du Ministère de la Coopération technique dans le cadre d'un projet secteur.

- (b) La DNHE a contribué pour sa part en mettant à disposition pour la durée du projet :
- un hydrogéologue (temporairement),
  - un hydrogéologue technique,
  - un ingénieur topographe,
  - un chauffeur,
  - une voiture

#### 1.5 NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE

L'altitude d'environ 150 forages et puits a été déterminée par nivellement altimétrique.

Le calcul des niveaux a été fait à partir des réseaux de nivellement de 1er et 2e ordre qui recouvrent le Mali. Le tracé de ces réseaux ainsi que la localisation et le niveau des bornes de nivellement ont pu

être obtenus à l'Institut Géographique National (IGN) à Bamako, et, bien que ces nivellements aient été réalisés il y a plus de trente ans, la majorité des bornes se trouvent être encore utilisables.

L'équipement altimétrique était composé de deux altimètres de précision de la firme THOMMEN ainsi que de deux psychromètres manuels. A la fin des travaux, ces appareils ont été laissés à la disposition de la DNHE.

Pour obtenir des résultats optimaux, on a choisi, parmi les différentes méthodes de mesure, celles du saute-mouton et du saute-mouton et parallèle combinées. Les résultats obtenus par ces méthodes sont présentés au tableau 1.

Le deuxième observateur, que rendait nécessaire le choix de cette méthode, était le topographe M. Sylla de la DNHE à Bamako. M. Sylla a été instruit à cet effet sur le nivellement altimétrique ainsi que sur l'interprétation et le calcul de nivellement. A la fin des travaux, il était à même de réaliser et de calculer les nivellements altimétriques.

La mission sur le terrain a été suivie immédiatement d'un cours de trois journées qui s'est tenu à la DNHE à Bamako, pendant lequel 9 participants ont été initiés théoriquement et 3 théoriquement et pratiquement à l'application, la réalisation et l'interprétation des nivellements altimétriques.

Le cours complet est présenté à l'appendice 1.

## 1.6 INVENTAIRE DES FORAGES ET DES PUIITS

En même temps que le nivellement eut lieu un inventaire hydraulique des forages et des puits au cours duquel ont été mesurés en particulier le niveau d'eau et la conductivité. Par ailleurs, la localisation des puits a été contrôlée sur la carte topographique au 1 : 200 000 et, en cas de besoin, redéterminée.

M.Diarra, géologue ingénieur à la DNHE, a été initié à la méthode d'inventarisation et à l'utilisation des appareils de mesure. Il a appris également à exécuter les nivellements altimétriques ainsi que différentes méthodes de localisation correcte des bornes.

Tab. 1 : Caractéristiques du nivellement altimétrique

longueur en km	nombre d'observations	fermeture erreur (ε) en m	εε
36,0	4	-3,2	10,24
27,5	4	-1,6	2,56
73,0	7	-2,3	5,29
84,0	8	+0,8	0,64
39,5	5	-3,4	11,56
26,0	4	+4,0	16,00
57,0	6	+4,3	18,49
77,0	8	-3,3	10,89
58,0	5	+0,1	0,01
16,0	2	-0,5	0,25
71,0	6	+3,2	10,24
68,0	7	-1,9	3,61
35,0	4	+3,2	10,24
41,5	5	-0,5	0,25
46,0	5	-0,6	0,36
57,0	6	-4,1	16,81
74,0	8	-3,8	14,44
47,0	4	+5,4	29,16
37,0	5	+0,1	0,01
32,5	5	+0,5	0,25
45,0	5	+0,9	0,81
29,0	3	-0,6	0,36
20,0	3	+2,9	8,41
44,0	5	+4,2	17,64
20,0	3	+0,2	0,04
30,0	4	+1,7	2,89
44,0	6	+2,5	6,25
<u>1.235,0</u>	<u>137</u>		<u>197,70</u>

$$m = \sqrt{\frac{197,70}{137}} = \pm \underline{1,20 \text{ m}}$$

Erreur moyenne / observation = ± 1,20 m

Nombre et longueur totale des nivellements

137 x saute-mouton ou parallèle	1 235 km
<u>26 antennes</u>	<u>109 km</u>
<u>163 Observations</u>	<u>1 344 km</u>

Jours nivelés	29
Réalisation	46,3 km/jour
Observations	5,6 par jour
Distance moyenne	8,2 km

## 2. DONNEES GENERALES DE LA ZONE D'INTERVENTION

### 2.1 LIMITES DE LA ZONE D'ETUDES

La zone d'études se trouve en République du Mali (Afrique occidentale), à l'intérieur du polygone géographique délimité par les méridiens 4° et 6° (longitude ouest de Greenwich) ainsi que par les parallèles 12° et 12°30' (fig. 1), sur les feuilles : Ké-Macina, San, Koutiala et Yorosso de la Carte de l'Afrique de l'Ouest au 1 : 200 000.

Le domaine d'études a ensuite été resserré sur le choix de critères hydrographiques (fleuve Bani, lignes de partage des eaux) et arrêté à la frontière politique de Burkina Faso (fig. 2).

L'espace observé appartient administrativement aux Cercles de San, Bla, Koutiala, Tominian et Yorosso.

### 2.2 CONDITIONS CLIMATIQUES

Le climat de la zone d'étude est du type soudanais (fig. 3a-d). Une longue saison sèche de 8-9 mois (octobre-mai) et une saison humide de 4 mois environ (juin-septembre, fig. 3a) sont caractéristiques à cette région. Les températures annuelles moyennes dépassent 22°C.

La carte des isohyètes (fig. 2) indique la répartition des précipitations pour l'année 1968 sur la zone d'étude. Depuis 1922, les précipitations annuelles moyennes ont été au nord (station San) de 741 mm, et au sud (station Koutiala), de 970 mm. A San, les précipitations sont généralement inférieures à cette moyenne depuis 1968 (fig. 4a, b).

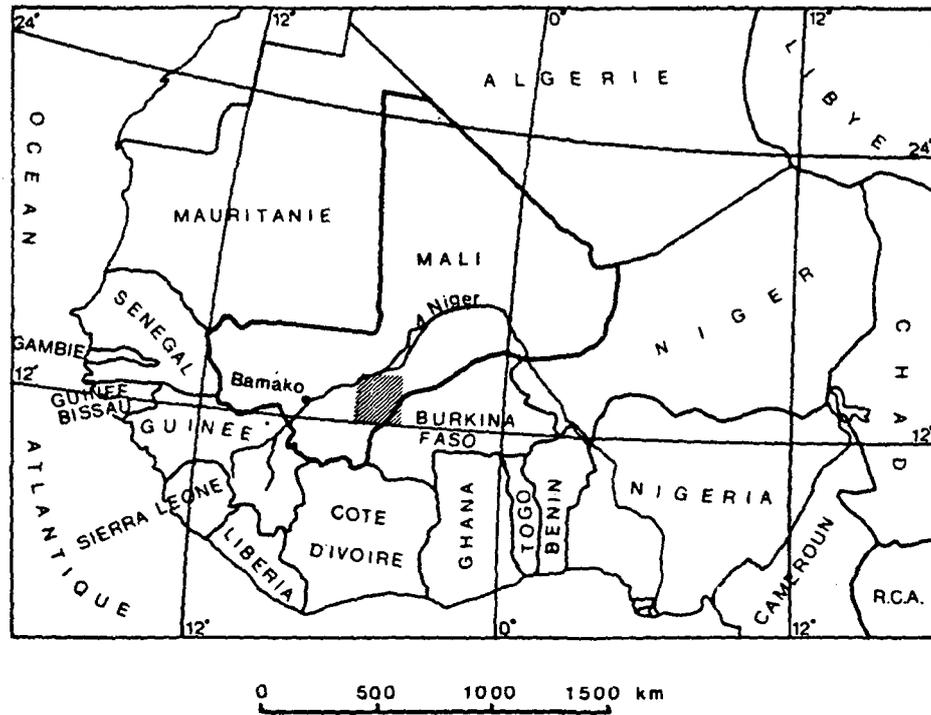


Fig. 1: Carte de situation de la zone étudiée

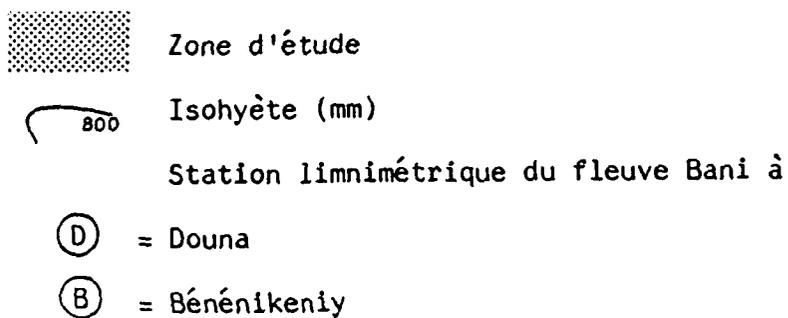
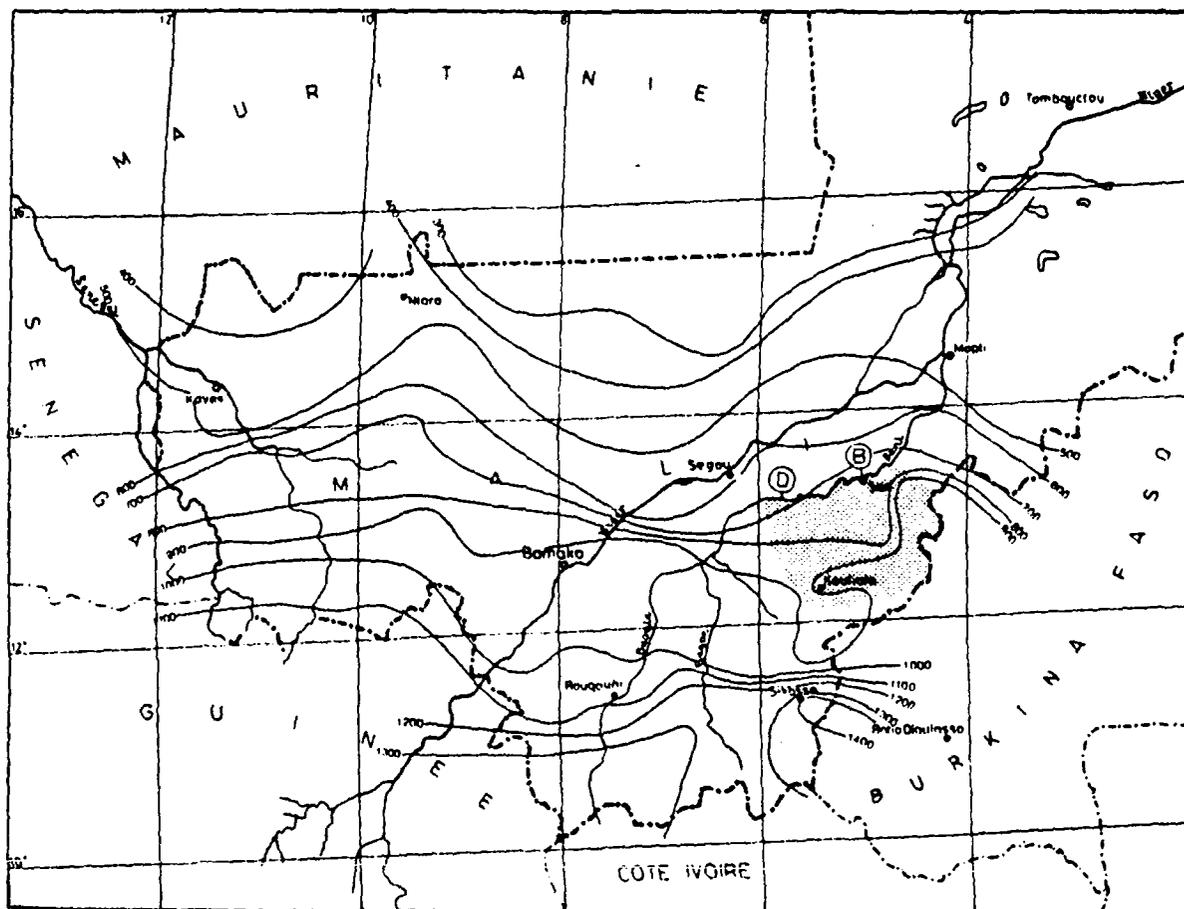


Fig.2: Situation de la zone étudiée au Mali  
et isohyètes annuelles de l'année 1968

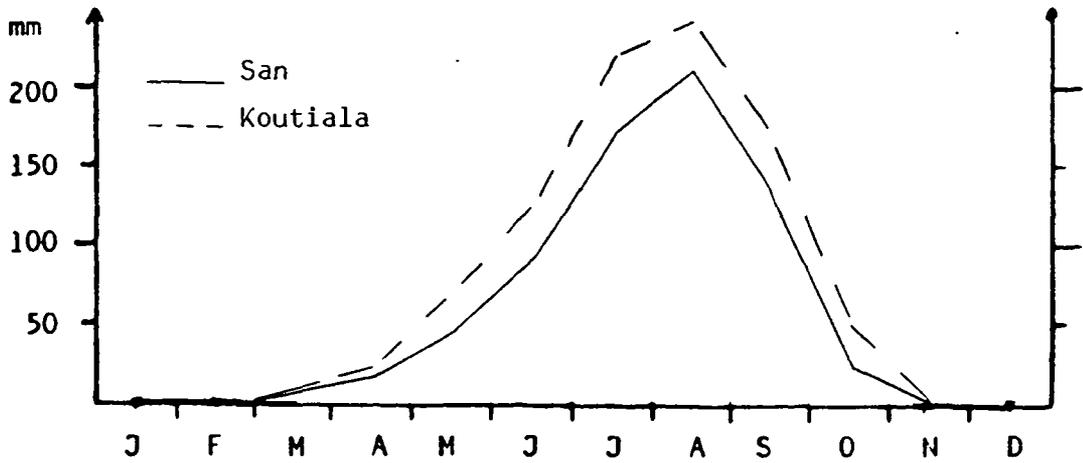


Fig.3a: PLUVIOMETRIE moyenne, mensuelle à San et à Koutiala  
( période 1959-1983 )

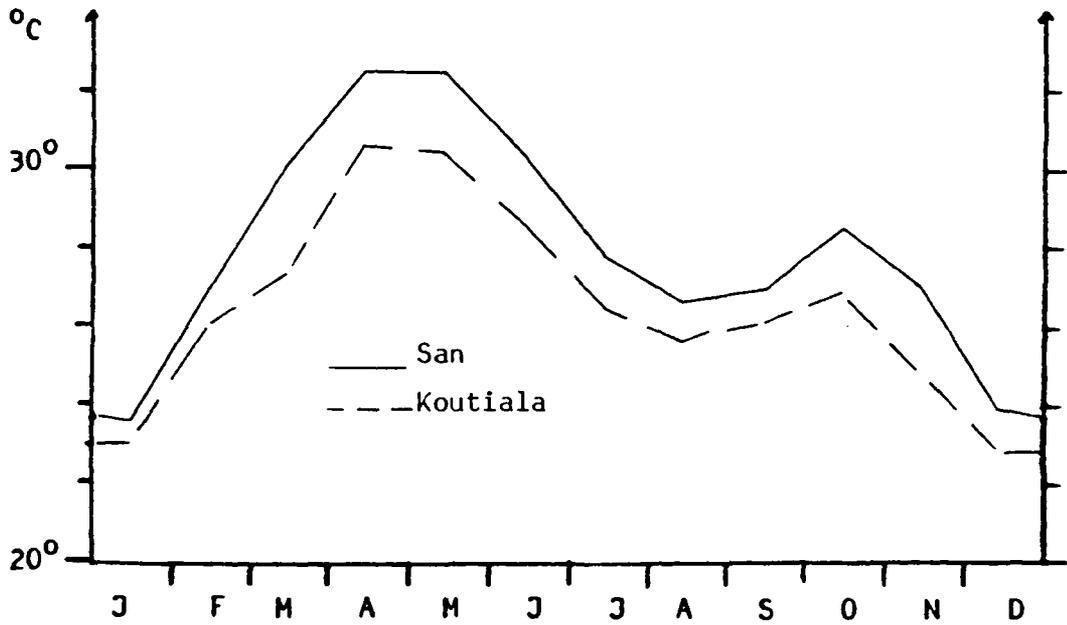


Fig.3b: TEMPERATURES mensuelles, moyennes à San et à Koutiala  
( période 1959-1983 )

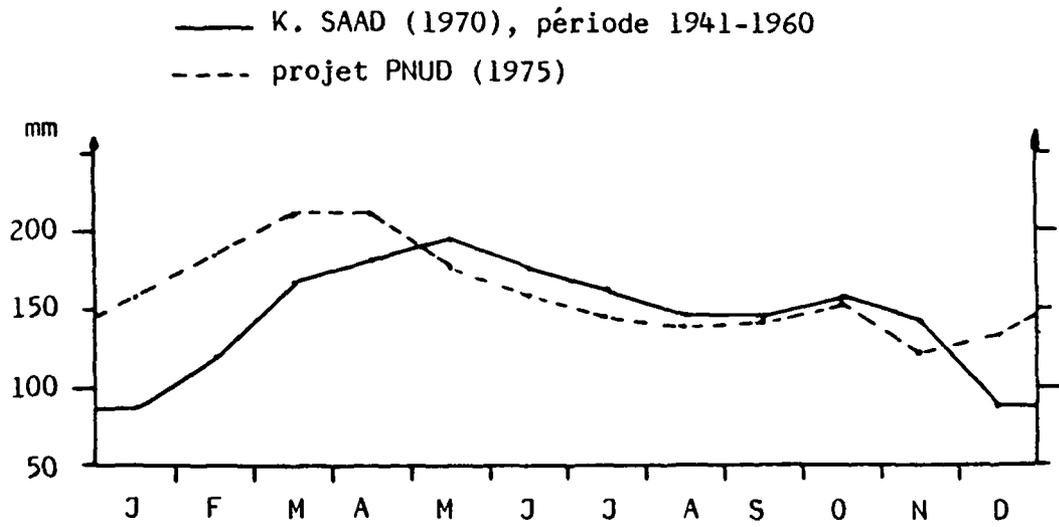


Fig.3c: EVAPOTRANSPIRATION potentielle , sud du Mali

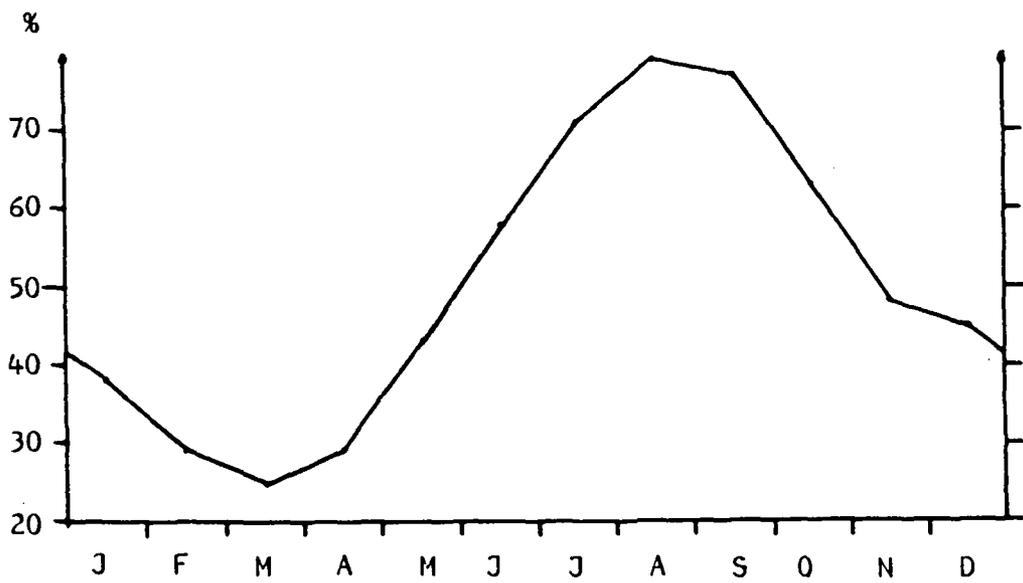


Fig.3d: HUMIDITE relative, moyenne, sud du Mali

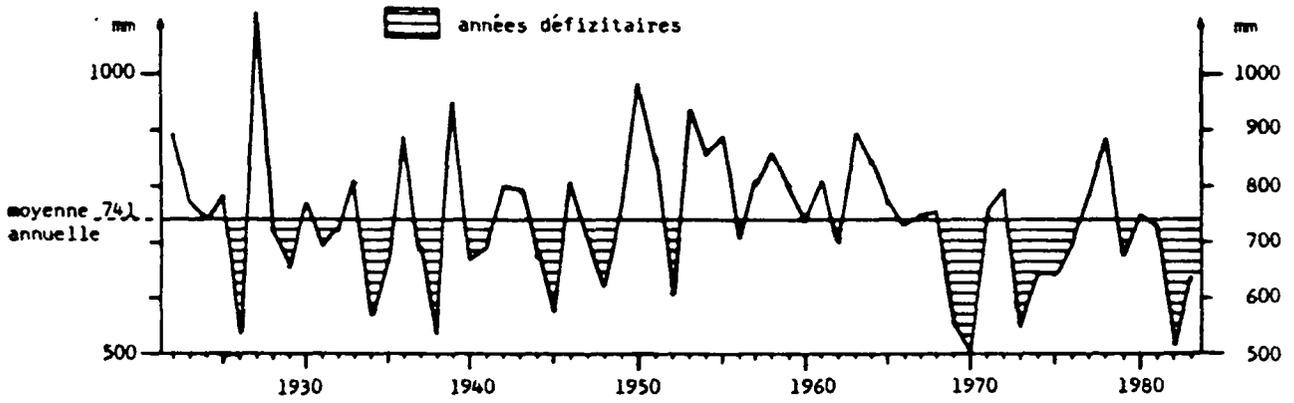


Fig.4a: PRECIPITATIONS annuelles à San ( période 1922-1983 )

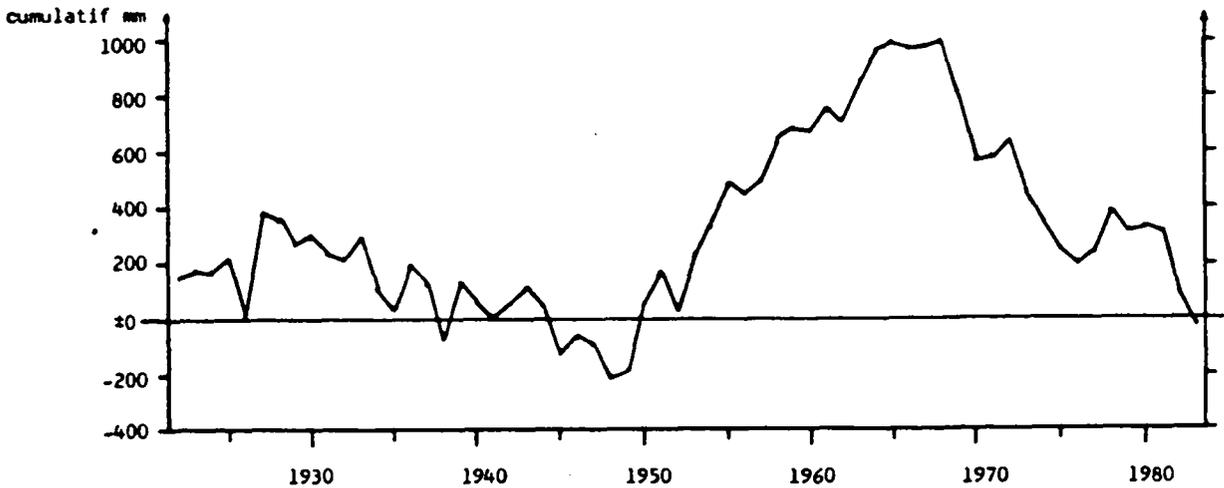


Fig.4b: ECARTS CUMULEES DES PRECIPITATIONS annuelles  
à San (période 1922-1983)

### 2.3 VEGETATION

Il s'agit le plus souvent d'une forêt espacée, entrecoupée d'arbustes et de prairies (savanne arborée). Sur les hauteurs, la végétation arborée diminue, certainement en raison d'un moindre apport en eau, à l'avantage des arbustes et des épineux, moins exigeants. On trouve quelques bois dans les marigots lorsqu'ils ne sont pas inondés périodiquement, alors que les zones inondées par les crues présentent une végétation dense d'herbacées et d'arbustes.

### 2.4 MORPHOLOGIE ET RESEAU HYDROGRAPHIQUE

La zone d'étude est située entre des altitudes de environ 270 m (au nord, sur le Bani) et environ 470 m (au sud-est, sur la ligne principale de partage des eaux). Dans la partie nord et centrale, le terrain est marqué par de grandes plaines et des chaînes de collines. En direction de la ligne principale de partage des eaux au sud, au sud-est et à l'est, la division du relief en plateaux et en vallées s'accuse (fig. 5 et carte 1).

La majeure partie de la limite sud de la région étudiée se trouve à la ligne de partage des eaux entre le Niger et la Volta Noire. Au nord, c'est le fleuve Bani, le seul fleuve pérenne, qui délimite la région. Tous les autres émissaires sont à sec de novembre à mai. Les principaux émissaires actifs périodiques vers le Bani sont, à l'ouest, le Zangoula Bani, et à l'est, le Banifing. L'écoulement du Bani est représenté à la fig. 6. La station de mesure Douna se trouve dans l'angle nord-ouest et la station Benenikenyi dans l'angle nord-est de la région étudiée, donc en amont et en aval de la zone du projet (fig. 2).

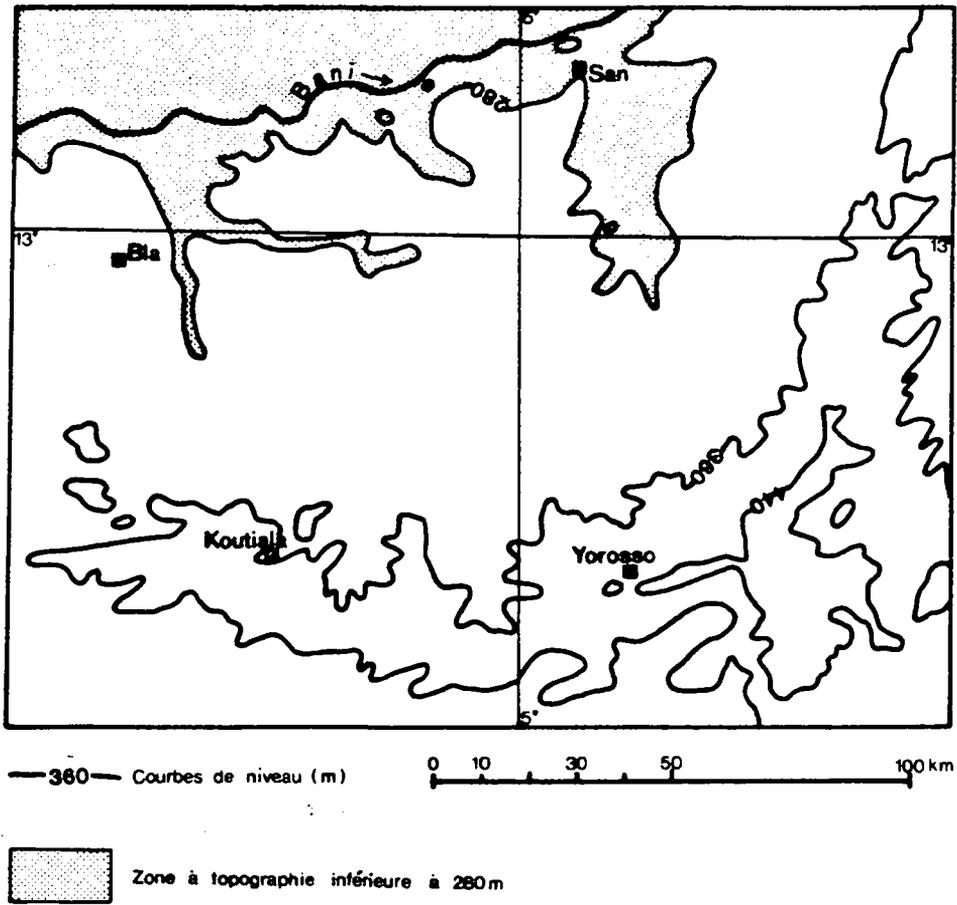
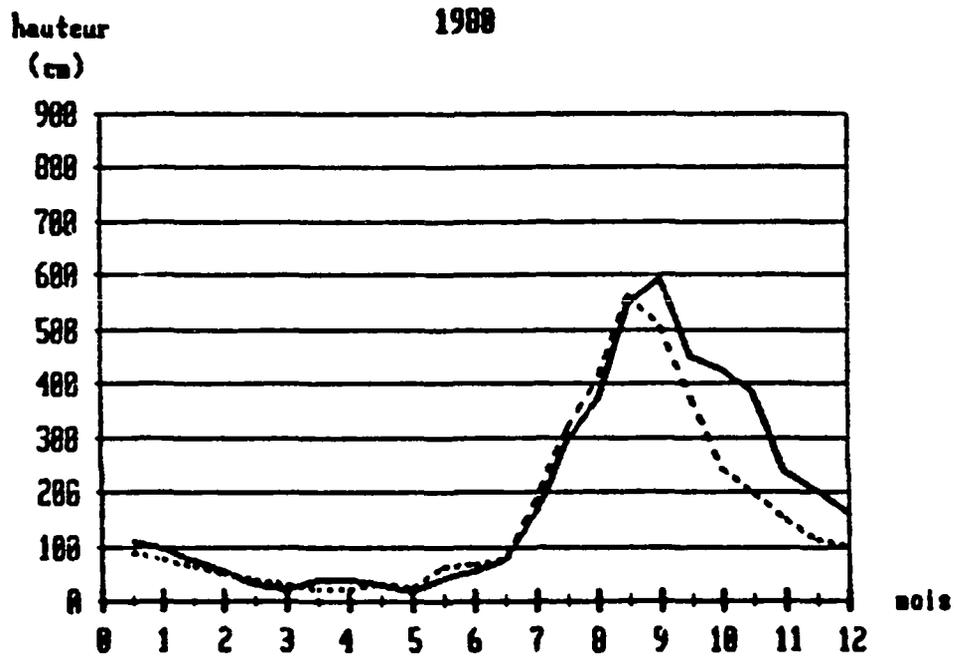
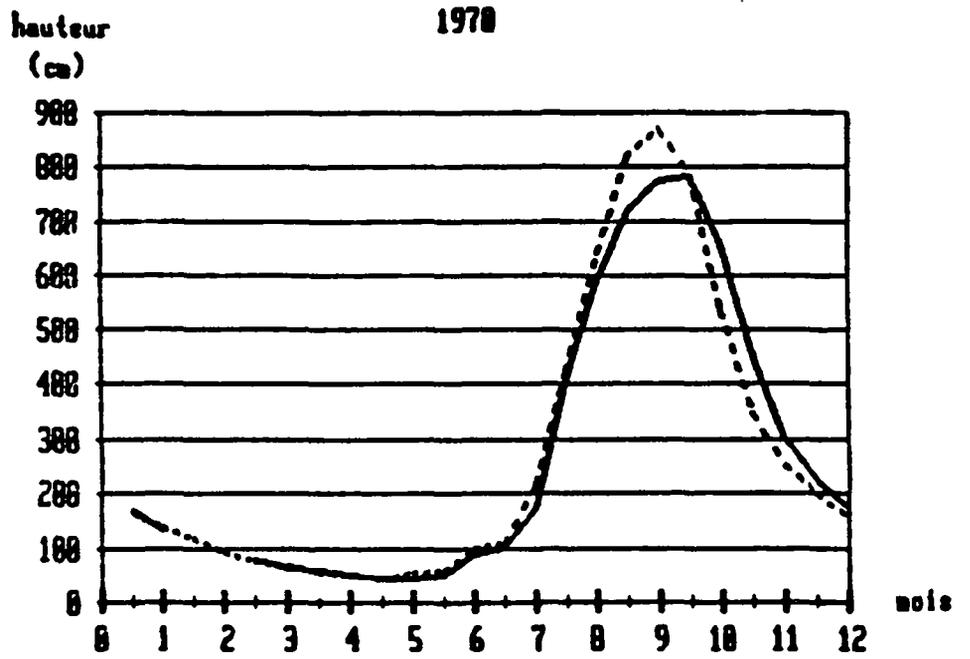


Fig.5: Morphologie généralisée de la zone d'étude



échelle limnimétrique du "Bani" à  
- - - Station Douna  
—— Station Bénény Kégniy

Fig.6: Régime d'écoulement du "Bani" en 1970 et 1980

## 2.5 GEOLOGIE

La région étudiée appartient, du point de vue géologique, au Bassin de Bamako - Mopti - Koutiala, en bordure nord du Bouclier Voltaïque. Le remplissage du bassin est composé de grès précambriens avec quelques couches intercalaires argileuses ou conglomératiques (fig. 7).

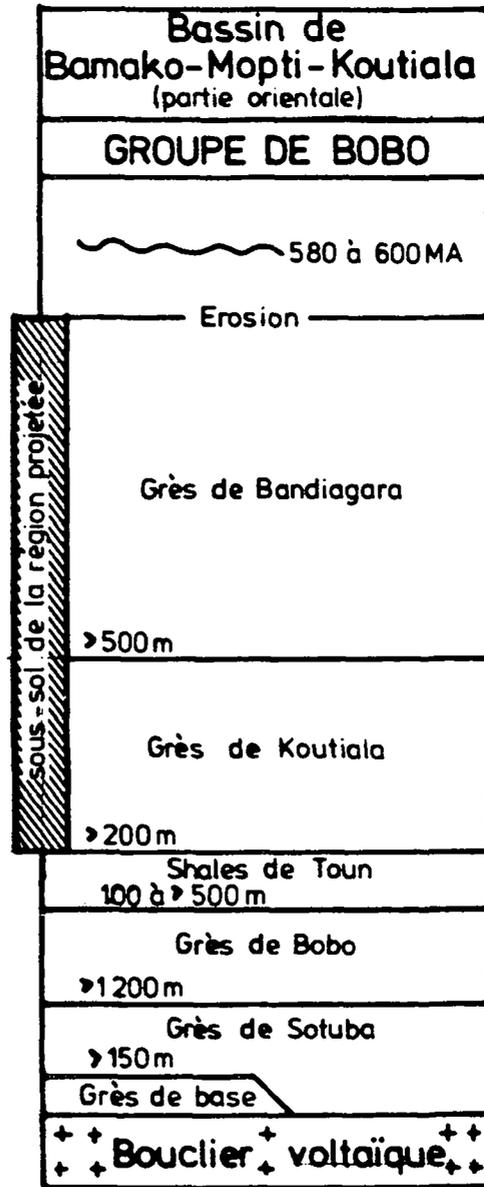
La séquence n'est que rarement traversée par de petits filons doléritiques dans la zone du projet.

Les roches compactes sont recouvertes sur de vastes espaces d'une couche d'altération latéritique. On ne trouve que peu d'alluvions dans les vallées fluviales. Seul le fleuve Bani est accompagné d'une zone inondable de quelques kilomètres de large, avec une couverture sédimentaire alluvionnaire généralement peu épaisse (du dm à quelques m).

Sur les hauteurs, au sud, au sud-est et à l'est, les roches compactes affleurent à la surface du terrain, à la suite d'une érosion plus intense.

### 2.5.1 Formations gréseuses

Le sous-sol de la région étudiée est bâti en majeure partie par des grès précambriens fins à moyens généralement bien classés, brun clair à gris clair, avec des passées rougeâtres et une matrice plus ou moins quartzreuse et parfois argileuse, selon les strates. Les couches d'argilite ou les intercalations conglomératiques sont rares. L'ensemble est rattaché au grès de Koutiala, généralement moins quartzitique, et par conséquent moins dur.



d'après REICHELDT 1973

Fig.7: Echelle stratigraphique de la zone d'étude

Aux environs de la ligne principale de partage des eaux et surtout au sud-est apparaissent des couches gréseuses plus quartzitiques et conglomératiques; les chaînes de collines montrent un relief plus marqué. Ces couches, plus dures d'une manière générale, sont rattachées à la séquence quartzitique des grès de Bandiagara.

L'extension des grès de Bandiagara est représentée aux annexes 4 et 6 sur la base de données des documents bibliographiques /2/ et /28/. Le sous-sol est composé, pour le reste de la région étudiée, par les grès de Koutiala.

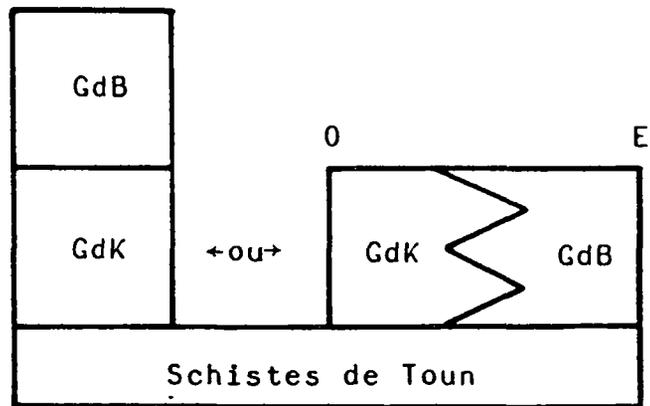
Les critères morphologiques utilisés pour l'interprétation reposant surtout sur les différences de dureté des couches, ils rendent problématique la division habituelle en grès de Koutiala et grès de Bandiagara en tant que deux unités stratigraphiques. La présence de deux types de faciès offre pour le moins tout autant de probabilités (fig. 8).

#### 2.5.2 Dolérites

Des dolérites n'ont été trouvées que dans le sud, dans quelques forages. Selon des études géomagnétiques /24/, il existerait une autre occurrence de dolérites près de Goan, à côté du fleuve Bani. Il n'existe pas d'affleurement.

D'après les datations radiométriques, la plupart des échantillons de dolérites étudiés au Mali présente un âge permien à jurassique.

Les dolérites, et en particulier la zone d'altération qui les accompagne, sont utilisables comme aquifère



GdB = grès de Bandiagara  
GdK = grès de Koutiala

Fig.8: Correlation stratigraphique entre grès de Bandiagara et grès de Koutiala

pour l'hydraulique locale. Il n'est cependant pas possible de tenir compte de ces quelques occurrences dans notre interprétation, en raison de l'échelle à laquelle est faite cette étude.

### 2.5.3 Recouvrement

Le terme de recouvrement définit normalement dans la zone du projet la couverture au-dessus des roches compactes (sol, couche d'altération, alluvions).

En raison de la faible importance des sédiments alluvionnaires, on n'en tiendra pas compte, si bien que les termes de couche d'altération et de recouvrement seront utilisés par la suite comme synonymes.

La puissance du recouvrement est présentée annexe 4 sur la base des données de forages. On y voit apparaître grossièrement les affleurements des ensembles de couches plus ou moins dures.

En raison des conditions climatiques, les couches gréseuses s'altèrent, en particulier à partir des fracturations, pour donner un sol ferrallitique. La figure 9 montre une coupe rencontrée fréquemment. Localement, deux à trois cuirasses latéritiques se sont formées les unes au-dessus des autres, indiquant plusieurs phases pédogénétiques.

### 2.5.4 Structure et fracturation des couches du grès

Les couches du grès reposent pratiquement horizontalement avec un faible pendage de quelques degrés seulement, généralement vers le nord, à l'est vers le nord-ouest.

Le grès est fracturé. Lorsqu'il ne passe pas sur

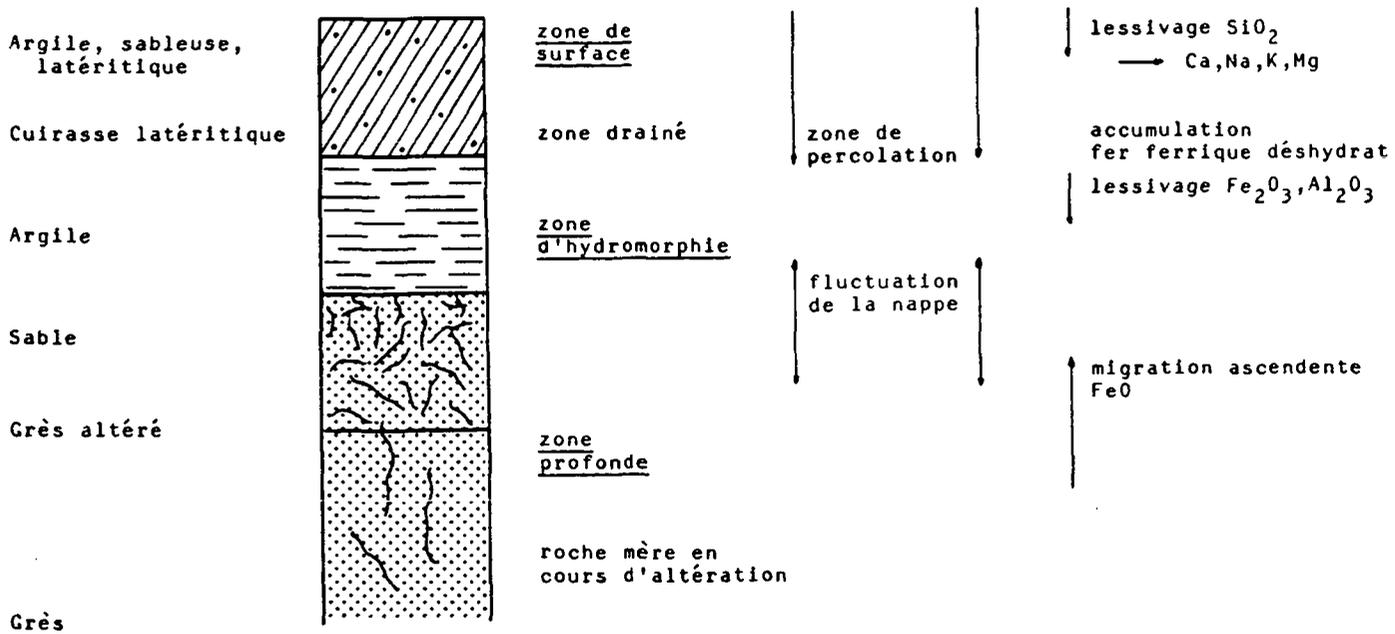


Fig.9: Evolution du processus d'altération sur roche silicatée formation sol ferralitique, zone de savanne

un recouvrement trop puissant, le réseau hydrographique laisse transparaître les principales zones de fracturation et la direction maîtresse des linéations.

Celle-ci est à peu près nord-est sud-ouest selon une interprétation statistique des linéations d'après le réseau hydrographique (fig. 10).

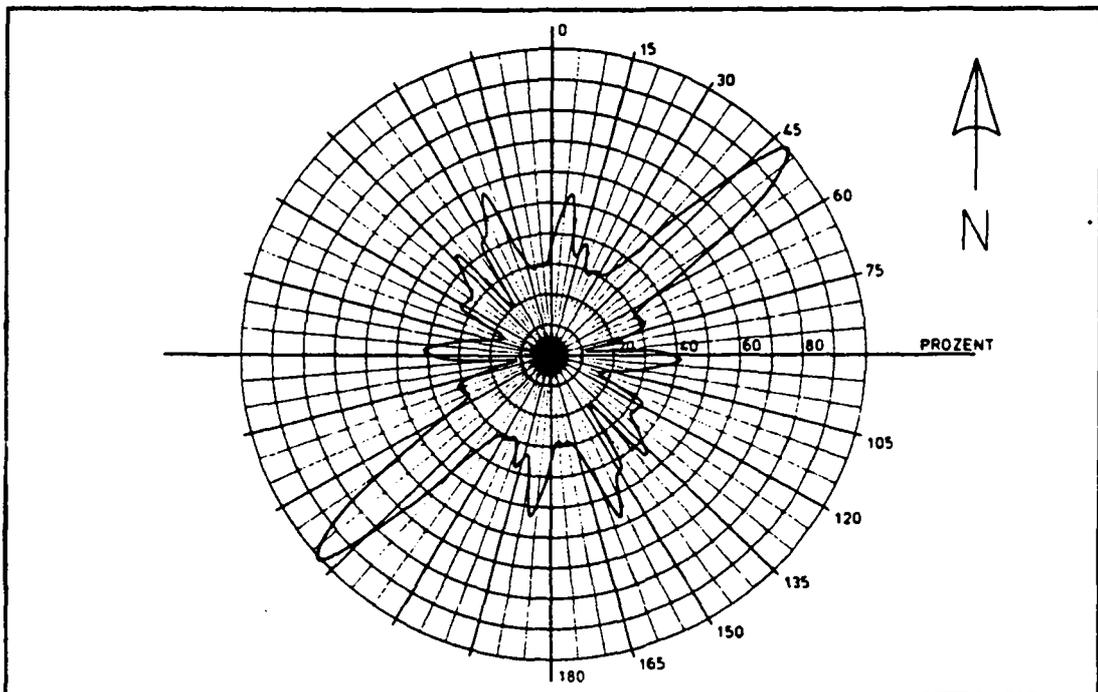


Fig.10: Distribution des directions des linéaments hydrographiques dans la zone d'intervention

### 3. CONTRIBUTION A L'HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE ETUDIEE

La situation hydrogéologique est déterminée par :

- la nature du sous-sol,
- la morphologie,
- le climat,
- les influences anthropogènes.

Les deux premiers facteurs sont interdépendants, la région étudiée se trouvant dans sa majeure partie soumise à des phénomènes d'érosion et d'altération (2.5.3), si bien que les zones de fracturation et les différences de dureté des diverses couches gréseuses ont été mises en relief. Ces deux facteurs ont une influence considérable sur l'écoulement des eaux souterraines (profondeur du niveau statique, perméabilité), leur renouvellement et leur chimisme.

Il a été possible d'obtenir des informations sur le sous-sol à partir de la morphologie et par l'interprétation des données de forages (en particulier, à partir de la productivité des forages et de l'épaisseur du recouvrement).

Le climat joue un rôle important sur le renouvellement des eaux souterraines, les fluctuations du niveau de la nappe et le caractère de la couche d'altération.

Des influences anthropogènes sont repérables à la qualité des eaux souterraines.

### 3.1 NATURE HYDROGEOLOGIQUE DU SOUS-SOL

Le sous-sol peut être divisé communément dans la région étudiée comme suit (fig. 9) :

Sol : roche meuble argilo-siltique, comprenant parfois des cuirasses latéritiques intercalées, puissance totale jusqu'à env.15 m, mouvements de l'eau généralement verticaux (évapotranspiration par ascension capillaire de l'eau interstitielle, infiltration généralement par les cavités biologiques, les structures zoogènes et les racines).

Roches altérées : en haut sable moyen à fin passant vers le bas à un grès poreux altéré avec des fractures oxydées, puissance totale jusqu'à 45 m, zone des variations saisonnières des eaux souterraines, mouvement des eaux généralement par les pores, l'importance hydrogéologique des fractures s'accroît vers le bas. Aquifère continu à semi-continu.

Roches saines : grès moyen à fin, intercalations argileuses rares, mouvements des eaux généralement à partir des fractures, plus ou moins par les pores également selon la nature de la matrice, aquifère semi-continu.

#### 3.1.1 Productivité des forages

La productivité des forages dépend directement de la perméabilité des couches productives.

Le débit d'un forage a été établi par le projet MAV à la suite d'un essai de production par soufflage (durée de 3 ou 6 heures). Cette technique indique des valeurs généralement plus faibles que celles qui sont obtenues par un essai de production par pompe immergée.

Pour la majorité des forages, le recouvrement a été tubé, les données se rapportent donc aux grès.

Les exceptions à cette règle se trouvent surtout dans la partie nord de la zone d'intervention, là où le recouvrement est particulièrement puissant (annexe 4) et où les puits de forage n'ont pas été tubés dans la partie solide, inférieure du recouvrement.

Le débit des forages localisés a été repris des rapports techniques (MAV) /9-21/, reporté sur une carte et interprété statistiquement (fig. 11 et annexe 1 et 3).

Il est possible de fixer les résultats suivants :

- La productivité des forages varie entre 0 et 60 m<sup>3</sup>/h; 50% des forages interprétés dépassent 2,4 m<sup>3</sup>/h (fig. 11a). Le taux de forages improductifs (moins de 0.5 m<sup>3</sup>/h) tourne autour de 15%.
- La région étudiée ne montre pas un caractère homogène du point de vue de la productivité des forages. Elle peut être divisée en trois secteurs (fig. 11b).
- Les villes de San, Koutiala et Yorosso se trouvent dans trois secteurs à caractères hydrogéologiques divers. L'appartenance de Tomian reste douteuse en raison du petit nombre de forages (16) (fig. 11c).
- Dans les zones de forages à moyenne et à faible productivité, un peu au sud de la route

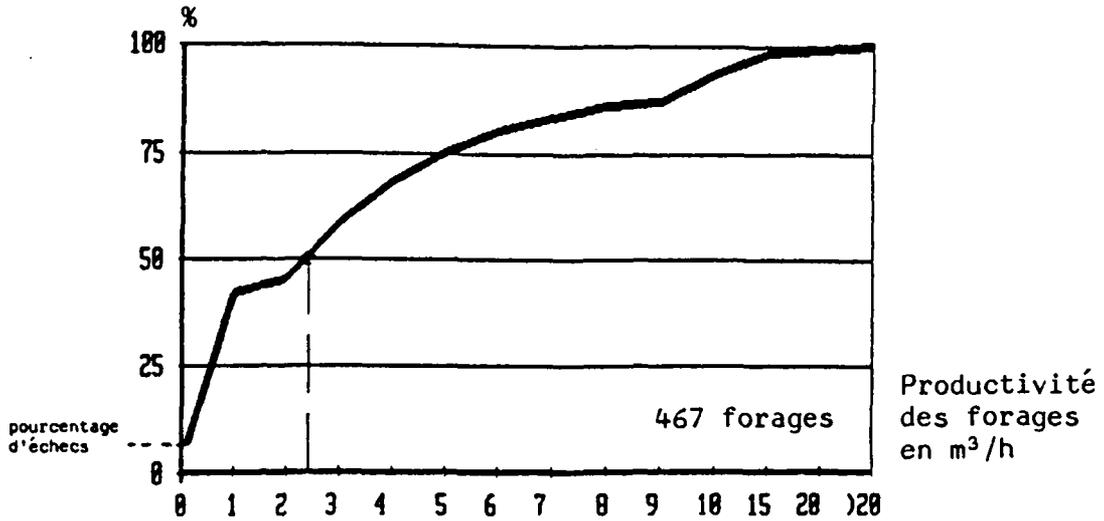


Fig.11a: Courbe cumulée de la productivité des forages

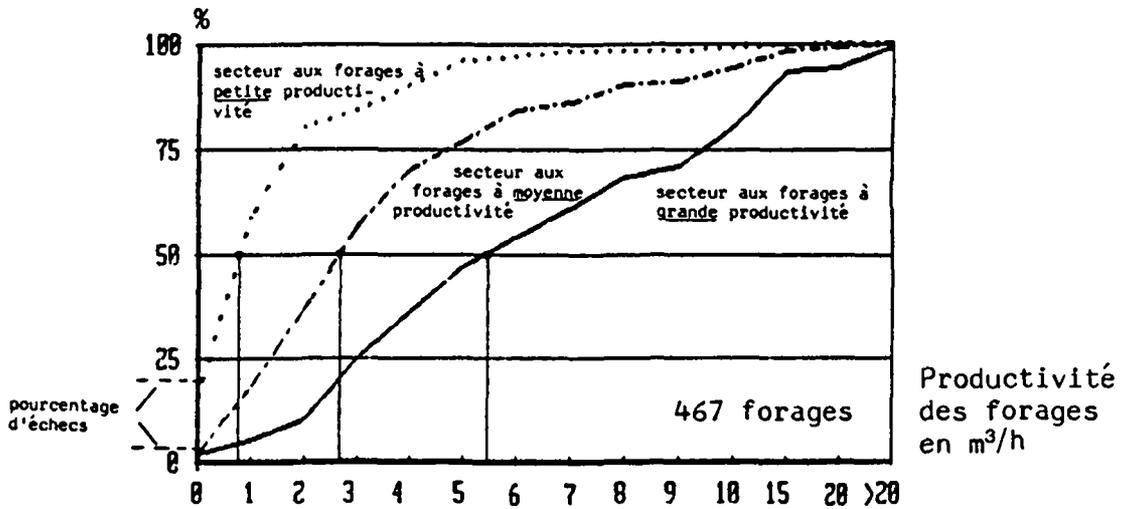


Fig.11b: Courbes cumulée de la productivité des forages, secteurs de productivité des forages

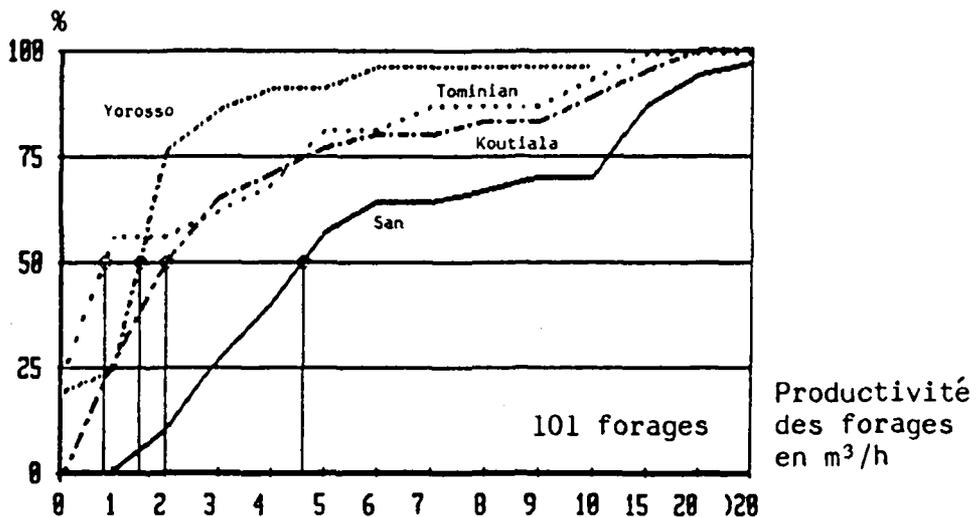


Fig.11c: Courbes cumulée de la productivité des forages, agglomérations importantes

Bla - San, on peut établir un rapport très clair entre les forages dont la productivité est supérieure à 10 m<sup>3</sup>/h ainsi ceux dont elle est inférieure à 0.5 m<sup>3</sup>/h et les linéations d'après le réseau hydrographique (fig. 12). Les forages à grande productivité se trouvent généralement sur ou à proximité de ces linéations. Les forages improductifs et les forages à faible productivité se trouvent souvent à une plus grande distance des linéations du réseau hydrographique et/ou non loin des lignes de partage des eaux (annexe 1 : Yorosso, Somo Tominian, par exemple). Ces forages sont fréquents dans le nord-est de la région d'intervention.

### 3.1.2 Epaisseur des altérites

La nomenclature des couches et la morphologie ont permis de délimiter quatre secteurs présentant des variations d'épaisseur diverses pour la couche d'altération (annexe 2).

La puissance varie globalement entre 0 et 45 m et on a trouvé dans 50% des forages une puissance inférieure à 12 m (fig. 13a).

Apparemment, elle dépend de la résistance des gres à l'altération, ainsi que de l'érosion dont l'effet est généralement plus intense sur les terrain à plus grande énergie de relief. La majorité des terrains morphologiquement plus élevés (lignes de partage des eaux et plateaux) appartiennent au secteur des forages à petite productivité. C'est aussi là que la puissance du recouvrement est la plus faible (fig. 13b).

Les plus grandes puissances se retrouvent entre la rou-

forages avec débits  $< 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$

forages avec débits  $> 10 \text{ m}^3/\text{h}$

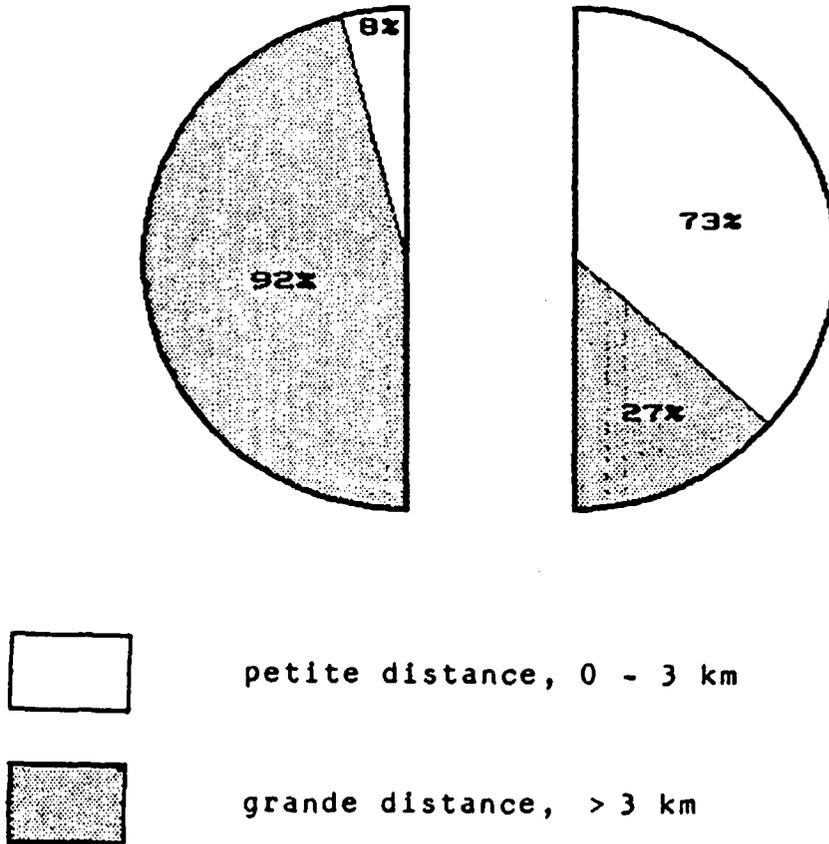


Fig.12: Relation entre débits des forages et leurs distances au prochain linéament fluviale dans la zone au Sud de la route Bla-San

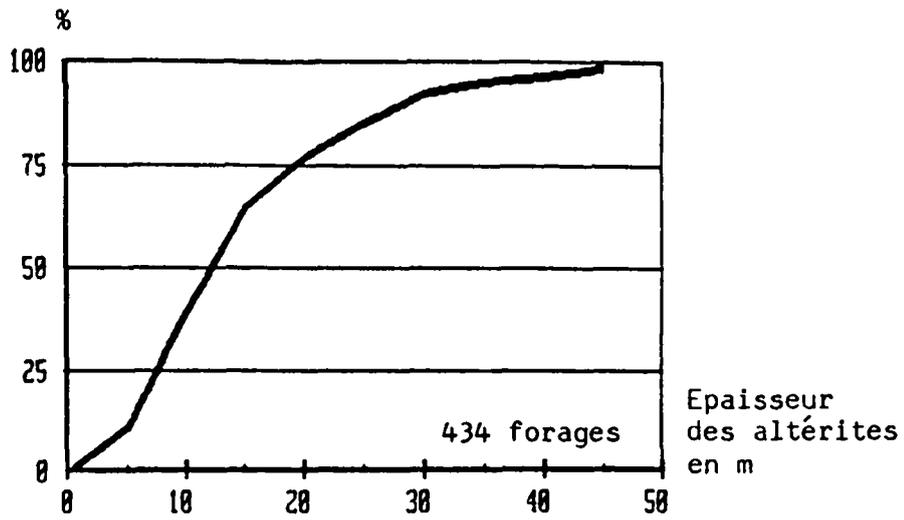


Fig.13a: Courbe cumulée de l'épaisseur des altérites

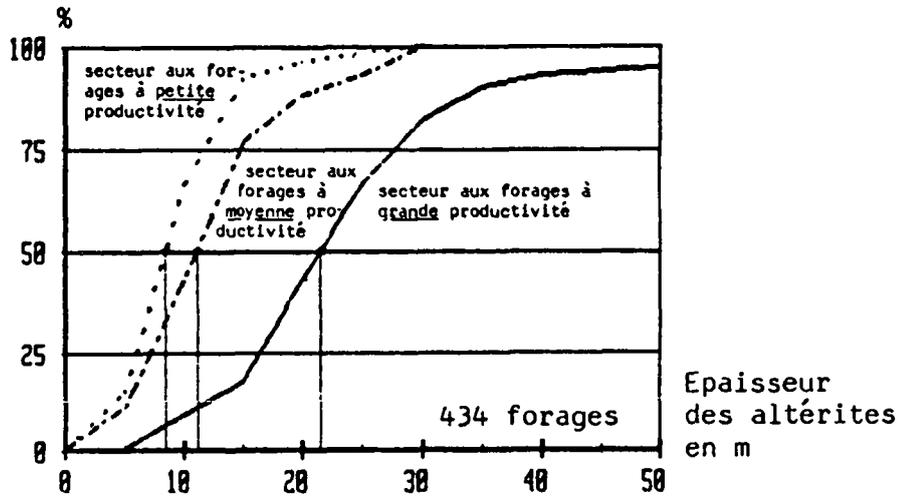


Fig.13b: Courbes cumulées de l'épaisseur des altérites, secteurs de productivité des forages

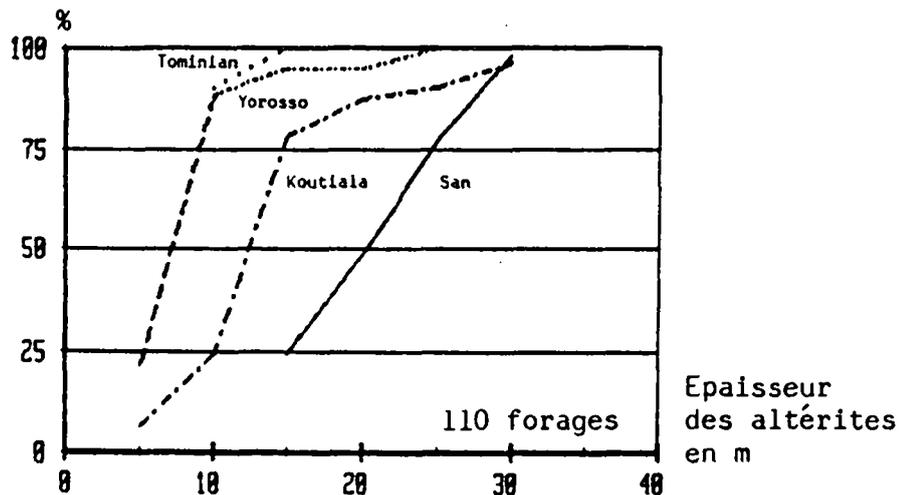


Fig.13c: Courbes cumulées de l'épaisseur des altérites, agglomérations importantes

te Bla - San et le fleuve Bani. Le grès est altéré ici d'une manière particulièrement profonde (jusqu'à 45 m) et transformé en un sable se consolidant peu à peu en profondeur, tout en gardant apparemment une assez grande perméabilité.

### 3.2 COMPORTEMENT DE LA NAPPE

Les eaux souterraines s'écoulent généralement selon la pente morphologique, depuis la ligne principale de partage des eaux vers le fleuve Bani. Les mesures du niveau de la nappe montrent que celui-ci suit dans son ensemble la morphologie du terrain.

#### 3.2.1 La surface équipotentielle

L'altitude des points choisis pour les forages n'ayant été connue qu'à peu près, à partir de la carte topographique au 1 : 200 000 (+/- 20 m), elle a été réévaluée à l'aide de baromètres de précision pour permettre d'établir une carte des courbes équipotentielles (1.5).

Le réseau établi dans le cadre du séjour sur le terrain s'est avéré trop lâche pour pouvoir servir de seule base à l'établissement d'une carte des courbes équipotentielles. En effet, la surface équipotentielle suit de très près la morphologie pour des profondeurs du niveau statique de généralement 9 - 17 m et, d'autre part, la densité des forages est relativement faible pour la partie sud de la zone d'intervention, dont la morphologie est assez découpée.

Grâce à la carte topographique de la région et aux données qui ont pu être mesurées par nous-mêmes (altitude des forages et profondeurs du niveau statique), une carte simplifiée des courbes équipotentielles

a pu quand même être construite. Elle est valable pour la période allant de janvier à mars 1984.

La fonction hydrogéologique du fleuve Bani n'est pas éclaircie, il n'a pas pu être établi si c'est lui qui alimente les eaux souterraines ou si ce sont les eaux souterraines qui l'alimentent, ou bien s'il y a alternance.

### 3.2.2 La profondeur de la nappe

Les données enregistrées pour les profondeurs du niveau statique (mi-janvier - mi-mars 1984) étaient situées entre 0 et 30 m environ. La majorité des valeurs se trouvaient entre 9 et 10 m (fig. 15a).

Ce qui est frappant, c'est que, dans la partie nord de la zone d'intervention (secteur de forages à grandes productivités), la nappe est en général un peu plus profonde que dans le reste de la région (fig. 14b), ce qui pourrait être mis en relation avec des conditions de perméabilité plus favorables dans ce secteur. La profondeur moyenne du niveau statique était ici de 14,3 m pour 11,4 m dans l'enceinte des bassins et de zones morphologiquement basses dans la partie centrale (secteur de forages à moyennes productivités) et 10,6 m dans la région des plateaux et des lignes de partage des eaux (secteur de forages à petites productivités). Des puits à jaillissement artésien existent dans le quartier sud de Koutiala à la suite de conditions locales particulières. Les mares souterraines qui apparaissent localement après la saison des pluies dans les vallées se dessèchent pendant la première moitié de l'année.

Il n'a pas été possible d'établir une carte de la profondeur de la nappe la densité des points de mesure étant trop faible par rapport aux variations parfois

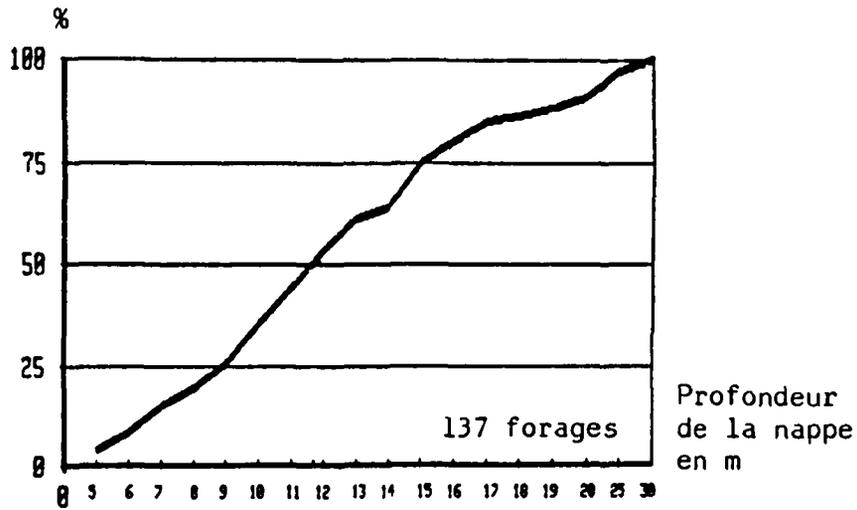


Fig.14a: Courbe cumulée de la profondeur de la nappe

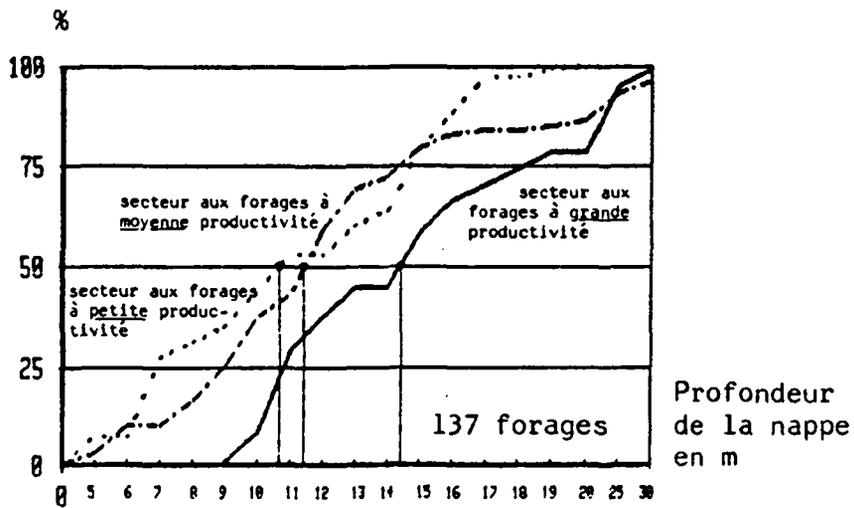


Fig.14b: Courbes cumulées de la profondeur de la nappe, secteur de productivité des forages

rapides des conditions hydrogéologiques. Cependant, on a pu recueillir des informations de façon indirecte sur les secteurs de faible profondeurs du niveau statique, à partir d'une image de satellite où des superficies comportant des zones de végétation fraîche et verte pouvaient être identifiées pendant la saison sèche (janvier 1974). Ces zones de verdure permanente qui sont alimentées par des eaux souterraines peu profondes sont représentées sur la carte des courbes équipotentiellles. Elles se retrouvent surtout dans les régions basses (vallées, bassins) et rarement seulement dans les régions des lignes de partage des eaux.

La densité des zones de verdure permanente diminue généralement d'ouest en est et elle est le plus souvent faible dans les régions où la nappe est très plane. De plus, il est frappant que les zones de verdure permanente s'accumulent sur une large ceinture de 20 à 30 km environ du nord au nord-ouest de la ligne principale de partage des eaux. Il est possible que ces zones de verdure permanente soient alimentées par une arrivée plus profonde d'eaux souterraines à partir de la ligne de partage des eaux. Sur cette ceinture, les zones de verdure permanente apparaissent généralement au début de l'aplanissement de la nappe.

L'existence des zones de verdure permanente n'a pas permis jusqu'à présent de déterminer les quantités d'eaux souterraines exploitables ni la perméabilité du sous-sol.

### 3.2.3 Profondeur de la première venue d'eau (fig. 15)

La plupart des premières venues d'eau observées au cours d'un forage se trouvait statistiquement, pour l'ensemble du projet, à une profondeur située entre 10 et 35 m (75% env.).

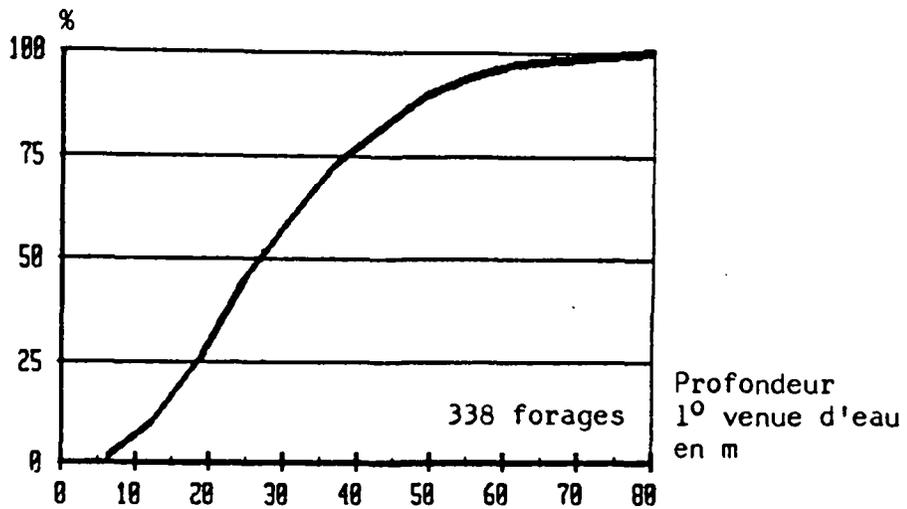


Fig.15a: Courbe cumulée de la profondeur de la 1<sup>o</sup> venue d'eau

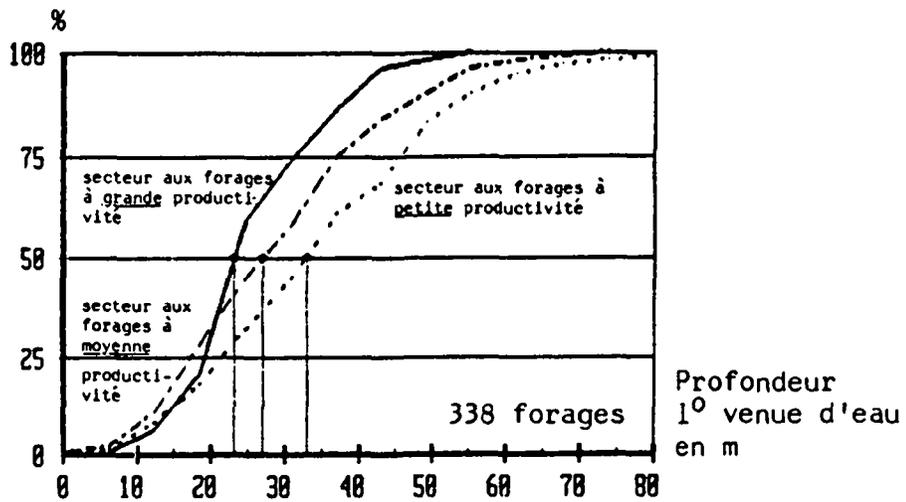


Fig.15b: Courbes cumulées de la profondeur de la 1<sup>o</sup> venue d'eau, secteur de productivité des forages

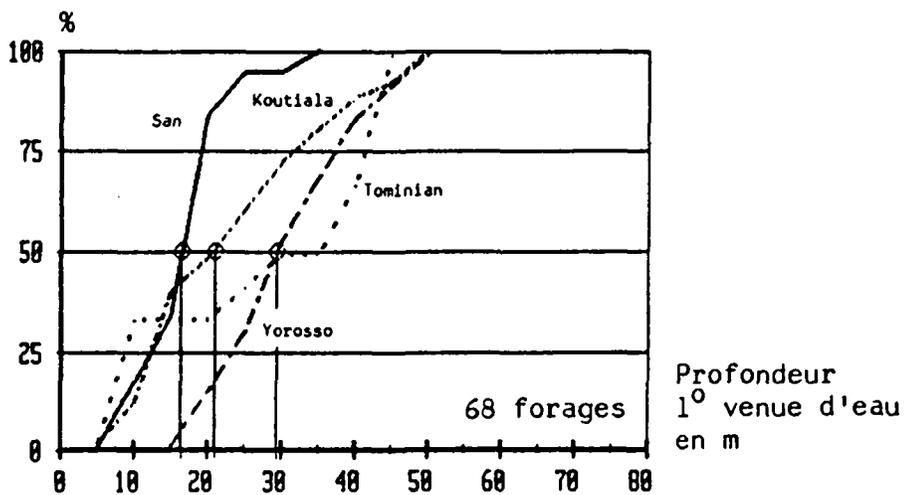


Fig.15c: Courbes cumulées de la profondeur de la 1<sup>o</sup> venue d'eau, agglomérations importantes

#### 3.2.4 Fluctuations du niveau dynamique

Il n'a pas été possible de fournir des données sur les fluctuations annuelles du niveau dynamique de la région d'intervention, les stations de mesures de la nappe n'ayant pas fourni d'observations suffisamment longues.

D'une manière générale, les profondeurs du niveau sont les plus faibles à la fin de la saison des pluies (oct.-nov.) et augmentent par écoulement et évaporation au cours de la saison sèche suivante pour atteindre les niveaux les plus bas en juin.

Plusieurs années d'observations des niveaux de la nappe dans une région comparable du point de vue hydrogéologique et du point de vue du niveau de la nappe (Cercle de Banamba) montrent /2/ que, d'une manière générale, les fluctuations saisonnières du niveau dynamique sont plus importantes dans les puits où la profondeur du niveau est plus importante, le coefficient de corrélation entre l'amplitude de fluctuation et la profondeur dans le puits n'étant cependant que de 0,63. Le domaine de fluctuation dans la région de comparaison est situé entre quelques dm et 18 m environ. D'autres investigations /22/ ont montré qu'ici, les plus importantes fluctuations apparaissent dans la zone superficielle de l'aquifère et qu'elles sont particulièrement grandes en absence d'un contact hydraulique avec les eaux souterraines plus profondes.

Dans la zone d'investigation, le recouvrement et le grès sont généralement en contact hydraulique, si bien que les fluctuations saisonnières ne devraient pas dépasser 10 m dans leur majorité.

### 3.3 CARTE DE LA PRODUCTIVITE DES FORAGES

Le bâti géologique de la région d'intervention étant presque toujours homogène, avec des couches de grès en sous-sol et un recouvrement plus ou moins puissant de couches d'altérites, tous deux le plus souvent en contact hydraulique, les diverses unités lithologiques de la carte de la productivité des forages (annexe 3) peuvent être négligées. La différenciation hydrogéologique de la région repose donc uniquement sur les écarts:

- de la productivité des forages,
- de la morphologie et du réseau hydrographique,
- et
- de la puissance de la couche d'altération.

Ces trois paramètres peuvent être attribués aux caractères lithologiques et à des phénomènes de la déformation tectonique cassante des grès sous l'influence de l'altération et de l'érosion (fig. 16).

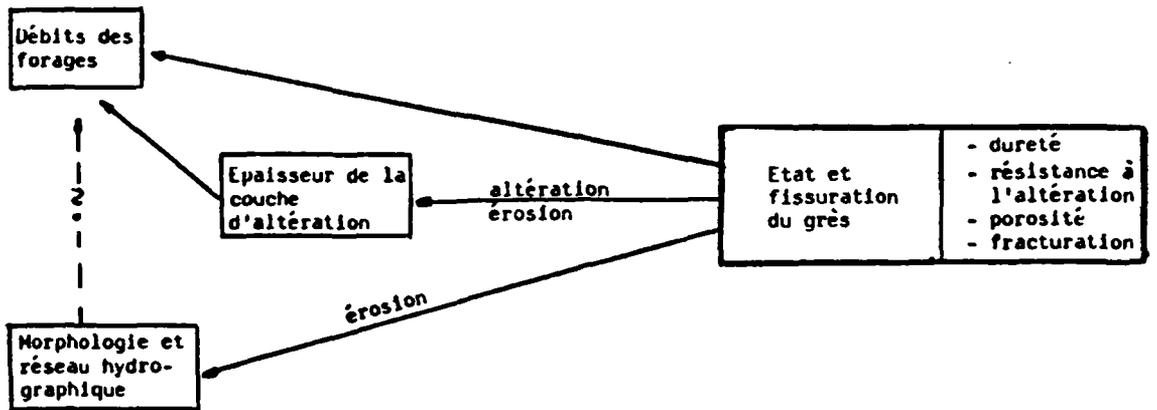


Fig.16: Relation entre les paramètres du grès et la zonation hydrogéologique

Sur la base des critères indiqués, il serait possible de distinguer trois secteurs de productivités différentes dans la région d'intervention.

### 3.3.1 Identification et délimitation des trois secteurs de productivité

#### Secteur de forages à grande productivité

-----

La plus grande partie de ce secteur s'étend entre la route Bla - San et le fleuve Bani. Sa délimitation a été accomplie de la façon suivante:

- Couche d'altération relativement puissante (15 - 45 m), (annexe 2, fig. 13b)
- Accumulation de forages à grande productivité, (annexe 2, fig. 11b)
- Terrains généralement plats et bas.

Les deux premiers paramètres ont été traités en priorité.

#### Secteur de forages à moyenne productivité

-----

Ce secteur s'étend en s'engrenant dans le secteur de forages à petite productivité, à peu près depuis la route Bla - San jusqu'aux approches de la ligne principale de partage des eaux. Les critères déterminants sont :

- Les régions de piémont des collines avec les terrains bas, les bassins et les vallées ainsi que
- Les forages à productivité plus élevée (annexe 2, fig. 11b)

#### Secteur de forages à petite productivité

-----

Ce secteur s'étend surtout dans le sud, le long de la ligne principale de partage des eaux. Dans les secteurs central et nord de la région d'intervention, il s'en-

grène dans les deux autres secteurs. Les critères déterminants sont :

- La région des sommets des collines avec les hauteurs, les plateaux et les lignes de partage des eaux, ainsi que
- Les forages improductifs et les forages à petite productivité (annexe 1 et fig. 11b).

### 3.3.2 Caractéristiques hydrogéologiques des secteurs de la productivité

La méthode utilisée pour la distinction des secteurs implique que les paramètres hydrogéologiques

- productivité des forages
- puissance des altérites
- profondeur de la première venue d'eau
- profondeur de la nappe
- conductivité

montrent dans ces trois secteurs de nettes différences.

Cependant, pour la délimitation des secteurs, les paramètres

- puissance des altérites (dans les secteurs de forage à petite et moyenne productivité)
- profondeur de la première venue d'eau
- profondeur de la nappe
- conductivité

ne sont pas entrés en ligne de compte. Les écarts statistiques apparaissant ici pour ces paramètres dont on n'a pas tenu compte, et qui suivent certaines tendances (tabl. 2), prouvent la justesse de la méthode de travail choisie pour la distinction des secteurs.

Dans les différents secteurs, les conditions hydrogéologiques régnautes sont les suivantes :

### Secteur de forages à grande productivité

-----

Les productivités plus élevées (5 m<sup>3</sup>/h en moyenne) peuvent être attribuées à des arrivées d'eau notables de la partie inférieure du recouvrement généralement relativement puissant, les premières venues d'eau observées provenant du recouvrement (v. fig. 13b et 15b). Par ailleurs, la puissance de la couche d'altération indique un grès assez fortement fracturé et/ou moins bien consolidé, avec une importante porosité effective, et donc aussi une perméabilité plus grande d'une manière générale. La perméabilité plus élevée, en relation avec un écoulement souterrain plus important, pourrait expliquer les plus grandes profondeurs du niveau statique, telles qu'on les trouve ici fréquemment.

### Secteur de forages à moyenne productivité

-----

La productivité moyenne de ce secteur est d'environ 2,5 m<sup>3</sup>/h.

Les premières venues d'eau importantes ont été observées ici généralement dans les couches supérieures, fracturées, du grès. En comparaison avec le secteur de forages à petite productivité, le recouvrement plus important indique des couches de grès plus tendres ou plus fracturées avec des perméabilités meilleures. La profondeur du niveau statique n'est que légèrement plus grande. Les valeurs plus élevées de la perméabilité impliquent pourtant, ici aussi, un écoulement plus important des eaux souterraines.

Secteur de forages à petite productivité

-----  
La productivité moyenne est ici de 0,8 m<sup>3</sup>/h seulement.

Dans ce secteur, d'une manière générale, la perméabilité, la puissance du recouvrement et la profondeur du niveau statique sont les plus faibles et les premières venues d'eau importantes qui ont été observées se trouvent statistiquement au niveau le plus profond. Ces points indiquent des couches de grès relativement dures, imperméables, avec une densité de fracturation plus réduite. L'écoulement souterrain doit donc ici être relativement faible. Le renouvellement des eaux souterraines devrait également être très modéré puisque la capacité relativement faible du grès et la déclivité assez forte du terrain font que la majeure partie des précipitations s'écoule en surface. La densité du réseau hydrographique est également un argument dans ce sens.

Il est encore à remarquer que les différences statistiques entre le secteur de forages à grande productivité et le secteur de forages à moyenne productivité sont plus nettes qu'entre le secteur de forages à moyenne productivité et le secteur de forages à petite productivité. La cause pourrait en être que les différences hydrauliques qui existent entre un aquifère fracturé et un aquifère altéré sont plus importantes que celles qui existent entre un aquifère fortement fracturé et un aquifère moins fortement fracturé.

Tab. 2: Valeurs et tendances des paramètres hydrogéologiques significatifs dans les secteurs de productivité d'après les fréquences

	Productivité des forages en m <sup>3</sup> /h	Epaisseur des alterités en m	Profondeur de la nappe en m	Profondeur 1. venue d'eau en m
Totalité des forages	2.4 (467)	13.5 (434)	11.7 (137)	21.5 (338)
Secteur aux forages à grande productivité	5.4 (95) ↑	22 (95) ↑	14.3 (46) ↑	18.5 (52) ↓
Secteur aux forages à moyenne productivité	2.7 (209) ↑	11 (210) ↑	11.4 (67) ↑	21.5 (175) ↓
Secteur aux forages à petite productivité	0.8 (163) ↑	8.5 (129) ↑	10.6 (24) ↑	26 (111) ↓

→ = agrandissement des données  
 (210) = nombre des forages

Tab. 3: Valeurs et tendances des paramètres hydrogéologiques significatifs dans les agglomérations importantes d'après les fréquences

	Productivité des forages en m <sup>3</sup> /h	Epaisseur des altérites en m	Profondeur 1. venue d'eau en m
Ville de San	4.6 (30) ↑	20 (32) ↑	16.5 (19) ↓
Ville de Koutiala	2.0 (34) ↑	12.5 (34) ↑	21 (25) ↓
Ville de Yorosso	1.5 (29) ↑	7 (16) ↑	29.5 (13) ↓
Ville de Tomintan	0.8 (16) ↑	7 (10) ↑	

→ = agrandissement des données  
 (34) = nombre des forages

### 3.4 CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES

#### 3.4.1 Travaux et mesures effectués

Dans le but de donner un aperçu sur les caractères des eaux souterraines, les mesures suivantes ont été entreprises :

- Mesures de la conductivité sur les forages observés (165 mesures)
- Mesures de la température sur les forages observés (131 mesures)
- Echantillonnage et analyse chimique de l'eau en laboratoire (20 échantillons) sur K+, Na+, Mg++, Ca++, Fe++, Mn++, Cl-, SO<sub>4</sub>--, HCO<sub>3</sub>-, NO<sub>3</sub>-, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>- (tabl. 4, fig. 17)
- Détermination de la teneur en tritium et de la valeur de δ18 O (18 échantillons; tabl. 4, fig. 17).

#### 3.4.2 Résultats

##### Températures

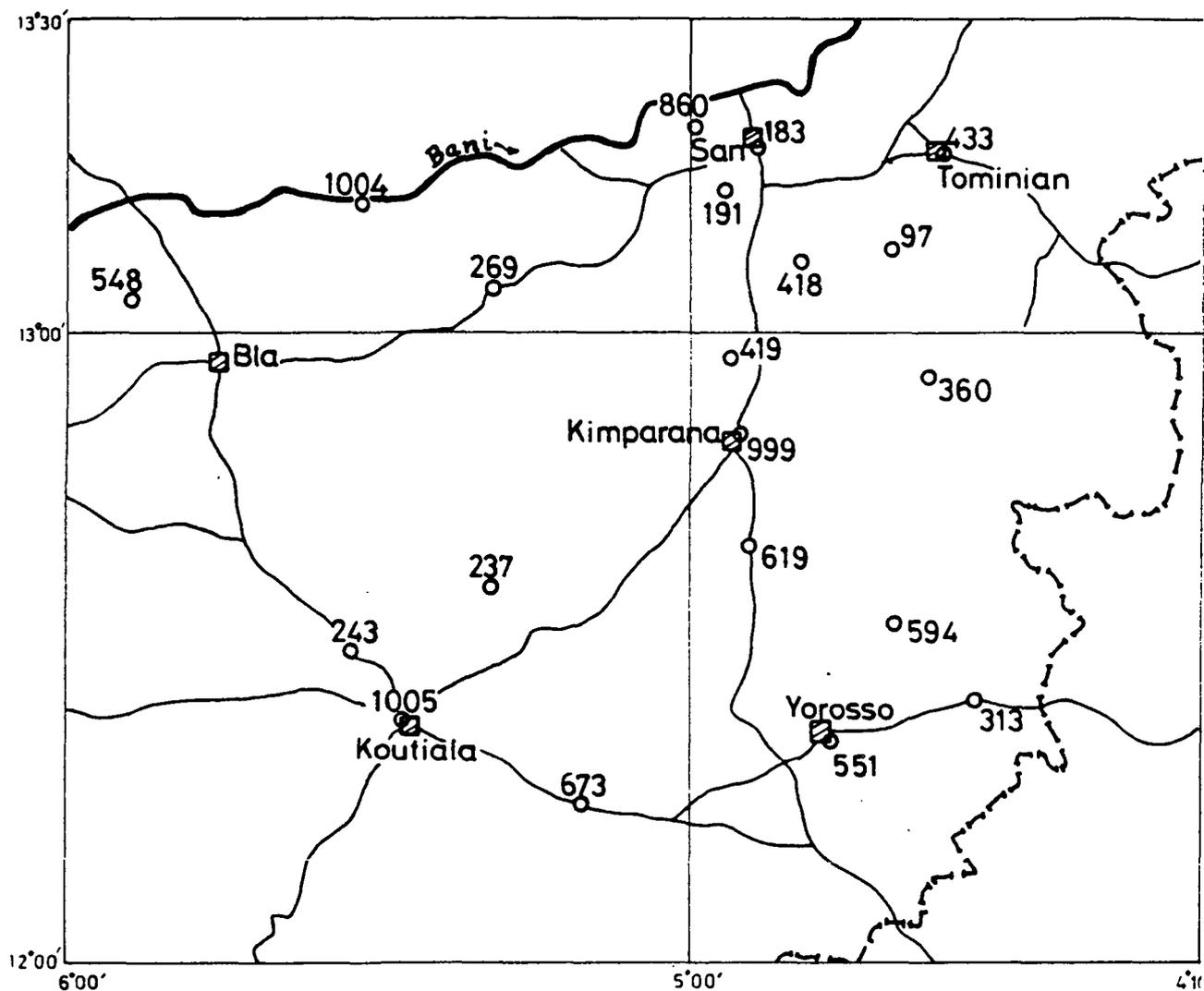
-----

Les températures établies varient entre 26° et 35°C; 60% des valeurs mesurées varient entre 29° et 31°C.

##### Conductivités

-----

Les mesures de la conductivité ont montré des variations entre 20 et 1000 µS environ; 75% de toutes les données sont inférieures à 170 µS et 50% sont inférieures à 70 µS (fig. 19a). Au total, les eaux souterraines sont faiblement minéralisées, comme il fallait s'y attendre pour une région gréseuse homogène.



- 237 Point d'échantillonnage des eaux souterraines avec numéro du forage
- Route principale
- - - Limite d'Etat

Fig.17: Carte des points d'échantillonnage des eaux souterraines

Tab. 4: Liste des échantillons des eaux souterraines

numéro du forage	localité	date	analyse des isotopes $^3\text{H}$ , $\text{S}^{18}\text{O}$	moyens d'échantillonnage
97	Yasso	16.01.		S
183	San anc. base	23.03	X	PE
191	Bougoudala	24.03.	X	PP
237	Oula (est)	21.03.	X	PP
243	Sinié (mosquée)	21.03.	X	PP
269	Yangasso (res.)	24.03.	X	PS
313	Boura (est)	19.01.	X	PP
360	Mayoro	21.01.	X	PP
418	Kadioloko	17.01.		PP
419	M'Pesso (ouest)	21.03.	X	PP
433	Tominian	23.03.	X	PS
548	Tigama	28.03.	X	PP
551	Yorosso (marché)	21.03.	X	PP
594	Seindé	19.01.	X	PP
619	Zambala (est)	21.03.	X	PP
673	Kani (ouest)	21.03.	X	PP
860	Dienena (nord)	24.03.	X	PP
999	Kimparana (école)	20.01.	X	PS
1004	Teriyabougou	24.03.	X	PS
1005	Koutiala (us.gaz.)	28.01.	X	direct (forage artésien)

S = seau, puits citerne

PE = pompe électrique

PP = pompe à pied

PS = pompe solaire (échantillonnage indirecte par citerne)

Ramenées aux trois secteurs de la productivité, les différences suivantes apparaissent (fig. 19b) :

- Le secteur de forages à petite productivité montre des valeurs plus importantes que les deux autres secteurs,
- Dans les secteurs de forages à grande et à moyenne productivité, les valeurs sont rapprochées, mais elles sont, d'une manière générale, plus faible dans ce dernier secteur.

#### Analyses chimiques

-----

Les résultats des analyses des 20 échantillons ont été interprétés selon différentes méthodes. Les résultats notables ont été donnés par des diagrammes triangulaires pour les composants principaux et par une analyse statistique factorielle.

La représentation triangulaire (fig. 18) montre, pour les anions, que

- $\text{HCO}_3^-$  est un composant important,
- $\text{Cl}^-$  et  $\text{NO}_3^-$  apparaissent surtout dans les eaux plus minéralisées,
- $\text{SO}_4^{--}$  ne joue qu'un rôle secondaire et aucun rôle dans les eaux peu minéralisées, et pour les cations, que
- $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  sont généralement des composants principaux importants dans les eaux peu minéralisées,
- les taux de  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  connaissent les plus fortes variations,
- le rapport  $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$  est relativement homogène en particulier dans les eaux plus faiblement minéralisées.

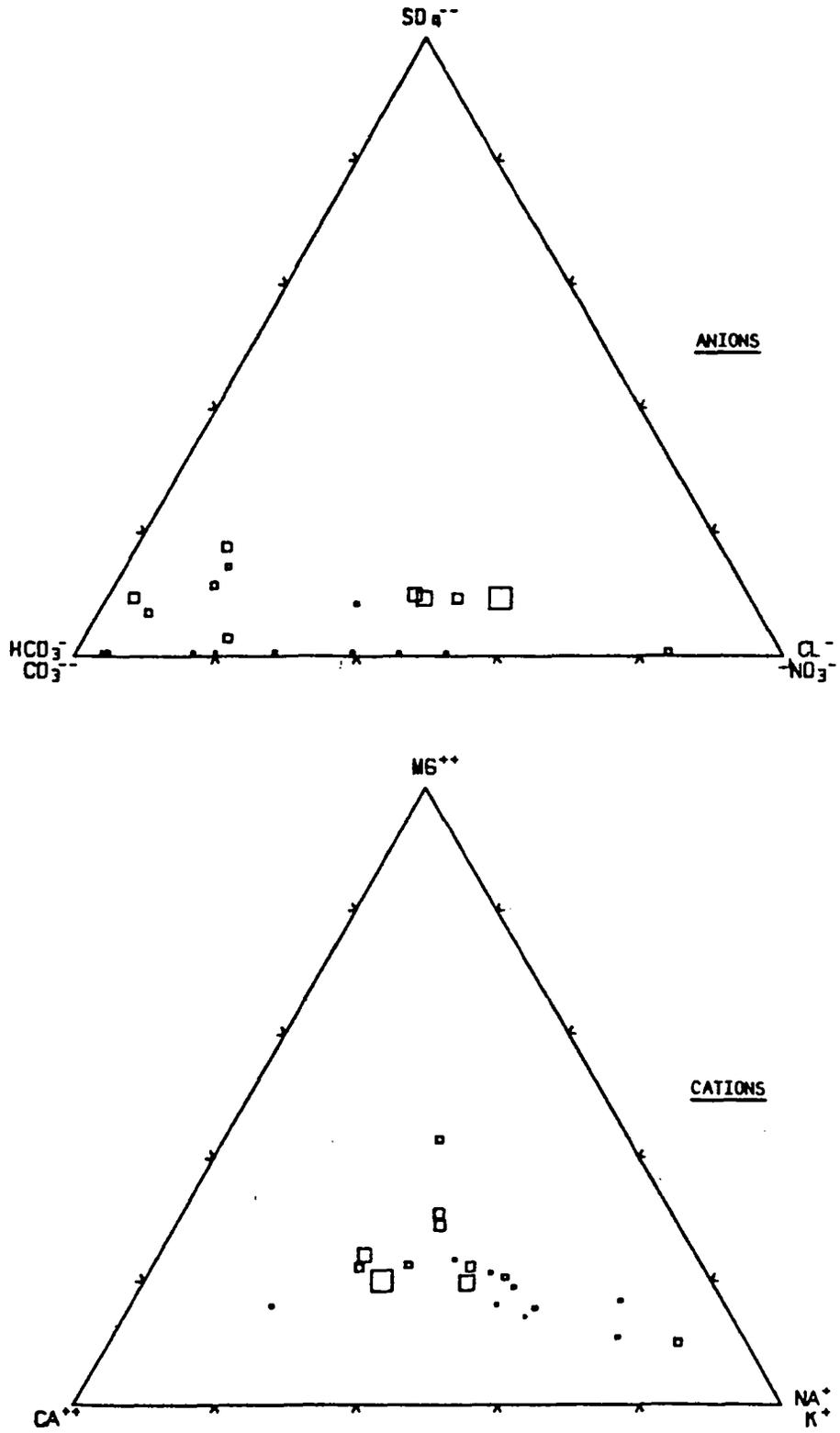


Fig.18: Diagramme triangulaire des éléments essentiels des eaux souterraines, ( 20 analyses )

L'analyse factorielle (tabl. 5) indique que

- la conductivité et les teneurs en  $K^+$ ,  $Mg^+$ ,  $Ca^+$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{--}$  et  $HCO_3^-$  sont en étroit rapport proportionnel (1er facteur),
- les teneurs en  $Na^+$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Mn^{++}$ ,  $H_2PO_4^-$  n'ont aucun rapport entre elles, ni avec les autres paramètres analysés (2eme - 5eme facteurs).

#### Analyses des isotopes

-----

Les teneurs en tritium analysées sur 18 échantillons d'eau se situent entre moins de 1,2 et 51,0 UT. En accord avec d'autres régions, les valeurs sont distribuées ainsi :

- Moins de 2 UT      plus de 100 ans
- 2 - 15 UT          eaux mixtes
- Plus de 15 UT      moins de 10 ans

Il existe donc des eaux anciennes et jeunes (tabl. 6), la moitié des échantillons analysés indiquant un âge de l'eau inférieur à 10 ans.

En classant les échantillons par secteurs de productivité (tabl. 6), il apparaît que les 6 échantillons en provenance du secteur de forages à grande productivité comportent en général des eaux jeunes, alors que la majorité des eaux les plus anciennes proviennent des échantillons du secteur de forages à moyenne productivité.

Les valeurs de  $\delta^{18}O$  sont dispersées largement entre -4,1 et 6,8 ‰. Un rapport aux autres paramètres n'apparaît pas.

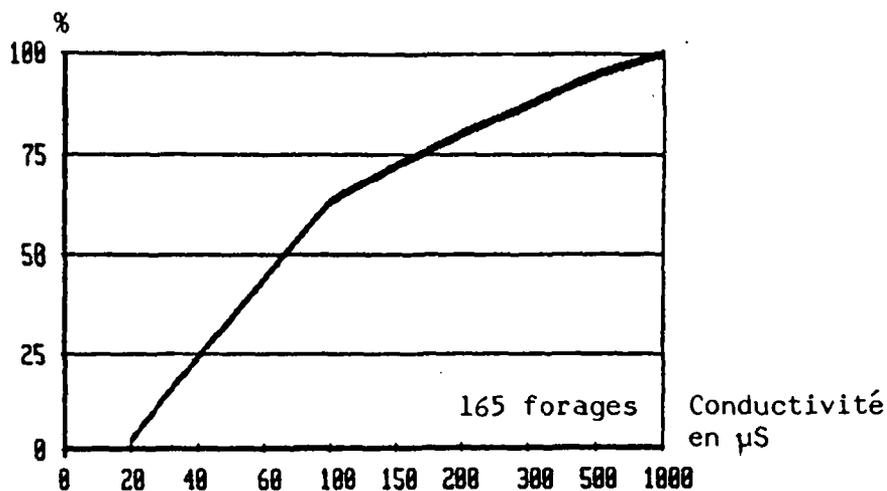


Fig.19a: Courbe cumulée de la conductivité des eaux souterraines

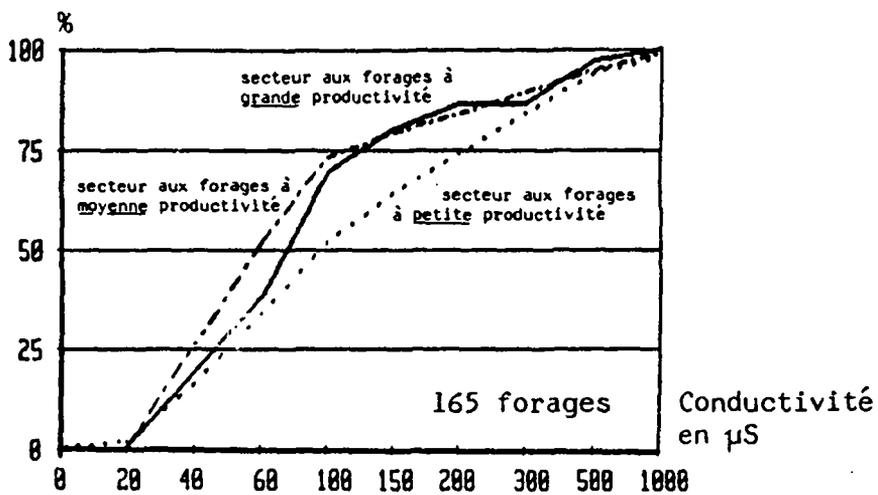


Fig.19b: Courbes cumulées de la conductivité des eaux souterraines secteurs de productivité des forages

Tab. 5: Analyse factorielle

Caractéristiques	Facteurs				
	1er	2e	3e	4e	5e
pH	0.36	-0.17	0.13	<u>-0.86</u>	0.26
$\mu\text{S}$	<u>0.95</u>	0.03	0.05	-0.20	0.20
K	<u>0.94</u>	0.12	0.00	-0.19	0.03
Na	0.41	-0.25	0.05	-0.41	<u>0.76</u>
Mg	<u>0.92</u>	-0.08	0.02	-0.21	0.28
Ca	<u>0.95</u>	0.03	0.08	-0.15	0.19
Cl	<u>0.97</u>	0.11	0.07	-0.10	0.10
$\text{SO}_4$	<u>0.94</u>	-0.10	0.03	-0.22	0.16
$\text{HCO}_3$	<u>0.83</u>	-0.18	0.02	-0.30	0.38
$\text{NO}_3$	<u>0.96</u>	0.18	0.07	-0.09	0.05
Fe	-0.12	<u>-0.96</u>	-0.14	-0.13	0.13
$\text{H}_2\text{PO}_4$	0.06	0.13	<u>0.98</u>	-0.09	0.02

Tab. 6: Résultats des analyses isotopiques dans les différents secteurs de productivité

	numéro du forage	Tritium en UT	$\delta^{18}\text{O}$ ‰
secteur aux forages à grande productivité	183	7	- 4,97
	191	29,7	- 4,15
	269	51,0	- 5,68
	548	22,0	- 5,46
	860	15,1	- 5,31
	1004	2,1	- 6,79
secteur aux forages à moyenne productivité	237	2,0	- 6,4
	243	1,3	- 5,2
	594	8,3	- 4,8
	619	27,0	- 4,46
	999	25,9	- 4,37
	1005	2,2	- 5,8
secteur aux forages à petite productivité	313	11,1	- 4,86
	360	4,6	- 5,2
	419	37,2	- 5,32
	433	20,9	- 4,19
	551	1,2	- 5,58
	673	18,9	- 5,61

### 3.4.3 Résumé

En raison du caractère du sous-sol, les eaux souterraines sont généralement faiblement minéralisées (conductivité pour 50% inférieure à 70  $\mu\text{S}$ ). Une conductivité plus élevée (= minéralisation) est, selon l'analyse factorielle, en relation directe avec, entre autres, des valeurs de nitrates plus élevées (tabl. 5, coefficient de corrélation supérieur à 0,9 ). Le nitrate provenant le plus souvent d'impuretés fécales, les valeurs de conductivité élevées peuvent être attribuées dans leur majorité à des influences anthropogènes et zoogènes. Il peut y avoir des exceptions lorsque le puits traverse des dolérites ou des argilites. Les conductivités plus élevées peuvent alors être dues aussi à des facteurs géogènes.

Des échantillons prélevés dans des puits de ce type n'ont pas été analysés, n'étant pas représentatifs pour la zone d'intervention.

Etant donné qu'il est possible de considérer l'influence des impuretés fécales comme étant homogène sur toute la région étudiée, les valeurs de conductivité légèrement plus élevées en moyenne sur le secteur de forages à petite productivité (fig. 19) pourraient être dues à des effets d'évapotranspiration.

Il est donc possible d'affirmer, en se résumant, que les eaux souterraines ont une qualité excellente lorsqu'elles ne sont pas sous l'influence de matières fécales. L'âge généralement jeune des eaux, de moins de 10 ans, prouve une régénération récente.

#### 4. CONCLUSIONS

Le résultat récapitulatif de cette étude est une division hydrogéologique de la région d'intervention en secteurs de productivités différentes des eaux souterraines (annexe 6). La méthode de division de cette région a caractère d'exemple.

Les données de base utilisées étaient :

- Des documents des forages
- Les cartes topographiques
- Les rapports des projets d'exploitation des eaux souterraines et
- Nos mesures altimétriques et nos mesures de la profondeur du niveau statique sur des puits sélectionnés ainsi que
- Les résultats des analyses chimiques et des analyses physiques des isotopes réalisées sur un petit nombre d'échantillons d'eau sélectionnés.

Sur la base

- du débit des forages,
- de la morphologie et du réseau hydrographique ainsi que
- de la puissance de la couche d'altération,

la région d'intervention est divisée en secteurs de productivités différentes des eaux souterraines, qui sont:

- (1) Le secteur de forages à grande productivité,
- (2) Le secteur de forages à moyenne productivité,
- (3) le secteur de forages à petite productivité.

Les conditions de division de la région étaient que

- le sous-sol est composé de couches de grès horizontales ayant été affectées seulement par

- une tectonique cassante,
- l'extension et la puissance des alluvions est négligeable dans le cadre d'observations générales,
  - les phénomènes d'altération et d'érosion ont sculpté les couches gréseuses selon les différentes duretés et les grandes zones de fracturation, et qu'
  - une base de renseignements répartis sur tout le terrain d'intervention a pu être acquise sur le débit des forages et la puissance de la couche d'altération.

Les interprétations statistiques des données recueillies dans les forages d'exploitation confirment cette division en secteurs. Chacun de ces secteurs est caractérisé par des valeurs statistiques (tabl. 1). Leurs caractéristiques dominantes sont :

(1) Secteur de forages à grande productivité

- Ce secteur comprend principalement les grandes plaines de la partie nord de la région d'intervention,
- Le débit des forages est en moyenne de 5,4 m<sup>3</sup>/h avec seulement 3% de forages improductifs (débit inférieur à 0,5 m<sup>3</sup>/h),
- Une partie importante des eaux souterraines provient de la couche d'altération relativement puissante (22 m en moyenne) et étendue,
- La majorité du grès est perméable dans le sous-sol (perméabilité par fracturation et porosité),

(2) Secteur de forages à moyenne productivité

- Ce secteur comporte principalement les bassins morphologiques et les terrains bas,
- Le débit des forages est en moyenne de

- 2,7 m<sup>3</sup>/h pour 5% de forages improductifs,
- Les eaux souterraines proviennent dans leur majorité du grès et, en particulier, des fractures, ainsi que, pour une moindre part, de la porosité,
  - La densité des fractures est relativement élevée (5% seulement de forages improductifs)
  - Les perméabilités plus importantes (plus de 10 m<sup>3</sup>/h) sont généralement en relation avec des vallées principales,

(3) Le secteur de forages à petite productivité

- Ce secteur comporte principalement les plateaux et les hauteurs,
- Le débit des forages est en moyenne de 0,8 m<sup>3</sup>/h pour 33% de forages improductifs,
- Les eaux souterraines proviennent généralement des fractures du grès pour une densité de fracturation souvent plus faible,
- Les forages productifs devraient être implantés dans les terrains bas locaux.

Les caractéristiques de ces trois secteurs sont en règle générale valables également au sein de chaque secteur dans le domaine locale (quelques km<sup>2</sup>), comme on peut le constater pour les localités de San, Koutiala, Yorosso et Tominian (3.3.2, tabl. 3).

Etant donné que la carte de la situation hydrogéologique reste générale, il est quand même à observer que :

1) Un forage implanté au hasard peut établir une valeur correspondant au domaine de variation statistique général des paramètres du secteur en question, mais que cette valeur sera pourtant très probablement proche de la moyenne statistique (tabl. 2),

2) Il peut y avoir occasionnellement à l'intérieur et en particulier sur les limites de chacun des secteurs de petites déviations de la moyenne statistique et

3) En raison du rapport existant entre le renouvellement des eaux souterraines et les précipitations, la carte ne permet pas d'établir les quantités d'eaux souterraines exploitables à long terme.

L'étude présente montre comment, grâce à des moyens souvent sur place et à des méthodes relativement simples, il est possible d'établir en assez peu de temps une division hydrogéologique du domaine étudié donnant aux planificateurs et aux responsables des informations importantes sur le plan régional.

La méthode appliquée pour la différenciation hydrogéologique des domaines est en principe transmissible à des régions de caractère géologique comparable.

5. RECOMMANDATIONS EN VUE D'UNE PLANIFICATION DE  
L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

5.1. PRINCIPES

A la condition que les débits des forages indiqués par le projet MAV soient disponibles d'une manière durable, ils peuvent être classés du point de vue technique et économique comme suit :

Débit en m <sup>3</sup> /h	moyenne d'exhaure utilisation
0 - 0,49	échec
0,5 - 1,9	pompe à motrice humaine
2,0 - 4,9	exhaure à moteur possible
5,0 - 9,9	débit moyen, exhaure puissante
sup. 10,0	grand débit, alimentation de grandes agglomérations (3000 - 5000 habitants)

Partant de ce classement ainsi que de la répartition statistique de la productivité des forages, on obtient pour chacun des trois secteurs de productivité des forages le tableau suivant :

	I 0,0 -	0,5 -	2,0 -	5,0 -	I	débit
	I 0,49	1,0	4,9	9,9	sup.10	I en m <sup>3</sup> /h
secteur de forages à grande productivité	I 3 %	7 %	37 %	33 %	19 %	I
Secteur de forages à moyenne productivité	I 5 %	30 %	40 %	17 %	6 %	I pourcenta.
Secteur de forages à petite productivité	I 33 %	47 %	14 %	3 %	1 %	I des forag.

Sur la base de ce tableau et en observant que

dans le secteur de forages à grande productivité, une partie des eaux souterraines exhaurées provient de la section inférieure de la couche d'altération et que la fracturation du grès doit être supposée intense,

dans le secteur de forage à moyenne productivité, les eaux souterraines sont exploitées le plus souvent à partir des fracturations, que la densité de fracturation est généralement élevée et que le réseau hydrographique dessine les plus grandes zones de fracturation,

dans le secteur de forages à petite productivité, les eaux souterraines sont exploitées pratiquement exclusivement à partir des fracturations, que la densité de la fracturation est généralement faible et que les grandes zones de fracturation sont rares,

il est possible de présenter des recommandations générales pour la planification et l'exploitation des eaux souterraines valables dans les trois secteurs.

## 5.2 RECOMMANDATIONS

### Secteur de forages à grande productivité

Les forages improductifs sont exceptionnels ici, avec un taux de 3 %. Il est donc possible d'implanter des forages équipés de pompe à motrice humaine sans problème.

La région est également assez favorable à l'implantation de points d'exhaure importants puisque, statistiquement, un forage sur deux peut produire plus de 5 m<sup>3</sup>/h. Cependant, pour obtenir des productivités les plus élevées possibles, il faudrait veiller au cours de l'aménagement des puits à ce que la partie inférieure, sableuse et aquifère du recouvrement soit également utilisée, l'aménagement devant être fait de manière à éviter l'ensablement du puits et de la pompe.

### Secteur de forages à moyenne productivité

Les forages improductifs, ici aussi, sont relativement rares, avec un taux de 5 %. Le besoin essentiel en points d'eau pouvant être équipés d'une motrice humaine devrait être couvert sans difficultés en tenant compte de la géomorphologie (points d'implantation dans ou auprès des terrains bas).

Au cours de la préparation des puits à productivité plus importante (plus de 5 m<sup>3</sup>/h), il faudrait cependant exécuter des études préalables spéciales, géomorphologiques et éventuellement géophysiques, en utilisant des photographies aériennes pour la détermination des points d'implantation appropriés pour les forages.

## Secteur de forages à petite productivité

Dans ce secteur, un tiers de tous les forages ont dû être écartés, étant improductifs. Presque la moitié de tous les forages ne peut être équipée que de pompes à motrice humaine.

En raison de ces conditions relativement peu favorables, il faudrait, quant au choix des points d'implantation des forages, donner priorité d'une manière générale à la morphologie et, pour les puits à productivité plus importante (plus de 2 m<sup>3</sup>/h), à la géophysique. Il faudrait réaliser une interprétation des photographies aériennes dans ce sens. Malgré toutes ces précautions, il est possible qu'il y ait encore des forages improductifs.

D'une manière générale, il faut toujours avoir présent à l'esprit que ces recommandations reposent sur des valeurs statistiques moyennes, locales, que la division en secteurs de l'annexe 6 est une représentation générale qui rend en les simplifiant des données réelles, complexes. Il est possible que des déviations négatives apparaissent localement, et en particulier en bordure des secteurs.

Hannover, mars 1985

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

pour le BGR



(Dr. E. Böckh)

-Direktor u. Professor-

l'auteur



(R. Ludwig)

-Wiss. Angest.-

6. BIBLIOGRAPHIE

- /1/ BAHR, J.M. (1980) : Les ressources en eau souterraine au Mali, Afrique occidentale : quatre études régionales.- Bulletin du BRGM (deuxieme série) Section III n°4, 1980-1981, pp. 343-352, 7 fig.
- /2/ BASSOT, J.P., MELOUX, J. et TRAORE, H. (1981) : Notive explicative de la carte géologique au 1 : 1.500.000 de la République du Mali.- Direction Nationale de la Géologie et des Mines, République du Mali.
- /3/ BOECKH, E. (1983) : Bericht über eine Dienstreise nach Mali und Ober-Volta 07. - 30.04.1983 zur Vorbereitung des Projektes "Pilotvorhaben Hydrogeologische Untersuchung für ländliche Wasserversorgungen" (Proj.-Nr.82.2060.0).- BGR, Arch.-Nr. : 94818, inédit, Hanovre.
- /4/ ----- (1983) : Proposition d'une étude hydrogéologique comme contribution aux bases de planification d'une exploitation économique des nappes souterraines en domaine hydraulique rural.- BGR, Tgb.-Nr. : 11440/83-Boe/Dae, inédit, Hanovre.
- /5/ CEUPPENS, J.C. (1982) : Rapport synthétique - Campagnes 80-82 (Contribution à la géologie et hydrogéologie du cercle de Banamba.- Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE), projet : Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) MLI 76/004, République du Mali.
- /6/ DNHE (1969) : Annuaire hydrologique de la République du Mali, année hydrologique 1986 - 1969.- DNHE, République du Mali.

- /7/ GEOMINES LTD (Bureau d'études géologiques et minières) (1979) : Recherches hydrogéologiques dans les cercles de San et Tominian.- Rapport de fin d'études et travaux, juin 1975, financement F.A.D., 3 volumes, République du Mali.
  
- /8/ MALI AQUA VIVA (1976) : 3ème Rapport des Activités de MALI AQUA VIVA (MAV) du 20 avril au 1er déc. 1976.- Diocèse de San.
  
- /9/ ----- (1977) : Rapport de la campagne 1976 - 77.- 4ème Rapport, Diocèse de San, République du Mali.
  
- /10/ ----- (1978) : Rapport n°5 campagne 1977 - 1978.- Diocèse de San, République du Mali.
  
- /11/ ----- (1979) : Rapport n°6 campagne 1978 - 1979.- Diocèse de San, République du Mali.
  
- /12/ ----- (1981) : Rapport n°7 1979 - 80 - 1981).- Mali Aqua Viva, République du Mali.
  
- /13/ ----- (1976) : Rapport de la première Campagne, 15 fév. - 10 juil. 1976.- Rapport technique (incomplet), DNHE, République du Mali.
  
- /14/ ----- (1977) : Premier rapport de la deuxième campagne, 5 sept. 1976 - 1er fév. 1977, arrondissement de San, Dieli et Yangasso.- Rapport technique, DNHE, République du Mali.

- /15/ ----- (1977) : Deuxième rapport de la deuxième campagne, 1er fév. 1977 - 10 juil. 1977, cercles de San et Tominian.- Rapport technique (incomplet), DNHE, République du Mali.
- /16/ ----- (1979) : Rapport d'activités des trois trimestres de la Campagne 1978/79 (1er oct. 1978 - 30 juin 1979).- Rapport technique, DNHE, République du Mali.
- /17/ ----- (1980) : Rapport d'activités des trois trimestres de la Campagne 1979/80.- Rapport technique, DNHE, République du Mali.
- /18/ ----- (1981) : Rapport d'activités des trois trimestres de la Campagne 1980/1981 (oct. 1980 - juin 1981).- Rapport technique, DNHE, République du Mali.
- /19/ ----- (1982) : Rapport d'activités des trois trimestres de la Campagne 1981/1982.- Rapport technique, DNHE, République du Mali.
- /20/ ----- (1983) : Rapport d'activités des trois trimestres de la Campagne 1982/1983 (oct. 1982 - juin 1983).- Rapport technique, DNHE, République du Mali.
- /21/ PNUD (1984) : Etude hydrogéologique de Tioribougou deuxième phase.- Rapport, DNHE, PNUD projet MLI/82/005, République du Mali.
- /22/ ---- (1984) : Interprétation des variations piézométriques sur le réseau d'observation installé dans la région du projet MLI 82/005.- Rapport, PNUD projet MLI/82/005, République du Mali.

- /23/ SALZMANN, G. (1981 - 1983) : Rapports de mission (10.12.-14.12.1981; 27.1.-31.1.1982; 8.3.-13.3.1982; 7.5.-11.5.192; 13.7.-17.7.1982; 29.10.-3.11.1982; 16.11.-8.12.1982; 28.1.-1.2.1983; 11.10.-15.10.1983; 12.1.-16.1.1984; 23.1.-26.1.1984; 28.2.-6.3.1984). - DNHE, République du Mali.
- /24/ TAZIOLI, G.S. (1982) : Interprétation des résultats d'analyses isotopiques et chimiques des campagnes d'échantillonnage effectuées en 1980 - Programme pour la poursuite des études des eaux souterraines et l'application des techniques nucléaires aux études de comblement de retenue d'eau.- Rapport d'une mission d'assistance technique à la République du Mali, Projet MLI 8/002.
- /25/ TRAORE, K. (1979) : Recherches hydrogéologiques en substratum gréseux (Zone : San-Yorosso-Koutiala). - Mémoire de fin d'études, Ecole nationale d'ingénieurs, Bamako.
- /26/ TRAVI, Y. et GUIRAUD, R. (1982) : Présence d'un aquifère généralisé dans les formations gréseuses précambriennes de la région de San (Mali) - Rôle de la fracturation majeure dans les écoulements souterrains.- Bulletin de liaison du Comité Inter-africain d'Etudes Hydrauliques, n°50, pp. 3 - 8; Ouagadougou, Haute-Volta.
- /27/ WAHLER ASSOCIATES (1979) : Atlas hydrogéologique, région I, San - Tominian - Yorosso.- Palo Alto, California, USA, préparé pour la banque africaine de développement, DNHE, République du Mali.

/28/ ZUPPI, G.M. (1982) : Application des techniques nucléaires aux problèmes d'hydrologie au Mali.  
- Rapport au gouvernement malien; agence internationale de l'énergie atomique, et rapport n°1914, (MLI 18/002).

A P P E N D I C E S

=====

- I      COURS SUR LA METHODE DU NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE
- II     LISTE DES DONNEES DES FORAGES UTILISEES
- III    RECOMMANDATIONS POUR LE PROJET MALI AQUA VIVA

A P P E N D I C E I

=====

COURS SUR LA METHODE DU NIVELLEMENT BAROMETRIQUE

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE  
( B G R )

LE NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE  
=====

par

Rüdiger H. Wagner

Bamako, en Mars 1984

## S O M M A I R E

1. Application
2. Facteurs d'influence
  - 2.1 Influences extérieures
    - 2.11 Climat et Météorologie
    - 2.12 Nature du terrain
    - 2.13 Distance
    - 2.14 Temps
  - 2.2 Influences par les instruments
    - 2.21 Température
    - 2.22 Effet rétroactif élastique
3. Equipement
4. Méthodes de mesure
  - 4.1 avec 1 équipe de travail
  - 4.2 avec 2 équipes de travail
  - 4.3 préparatifs et exécution
5. Dépouillement
6. Précision des mesures

### Annexes :

1. Comportement de la pression atmosphérique à SAN
2. Abaque de correction pour la température sèche  $t_s$  ( $v \Delta t$ )
3. Abaque de correction pour la température humide  $t_h$  ( $ve_1$ )
4. Abaque de correction en fonction des variations de température  $t_s - t_h$  ( $ve_2$ )
- 5.+ 6. Fiches de relevés, et exemple de détermination d'une différence altimétrique
7. Calcul des nivellements.

## 1. APPLICATION

- quand on ne trouve pas de repères de nivellement à proximité des points à déterminer
- quand la précision peut dépasser  $\pm 2$  mètres
- quand la déclivité de la nappe phréatique est suffisamment importante ( $< 0,5 \%$  )

Nota : Les altimètres permettent seulement de déterminer des différences de hauteur et non pas les altitudes absolues au-dessus de la mer.

## 2. FACTEURS D'INFLUENCE

### 2.1 Influences extérieures

#### 2.11 Climat et conditions atmosphériques

favorable : temps calme, p.ex. en saison sèche; bon vent , variations régulières de température

défavorable: turbulences, orages, fortes variations de température, vents rabattants, vents de sable.

#### 2.12 Nature du terrain

favorable : relief peu accusé (collines, plaines)

défavorable: relief très mouvementé (montagnes).

#### 2.13 Distance

Plus la distance augmente, plus la précision diminue ; le nivellement altimétrique est possible jusqu'à des distances de 15 km, en moyenne, il se fera à env. 7 km.

### 3.14 Temps

Si une seule équipe fait deux mesures trop espacées dans le temps, la pression atmosphérique risque d'avoir été trop modifiée et de ne plus être linéaire. Il faut donc déterminer chaque jour de nouveau le mouvement de la pression atmosphérique (voir annexe 1).

## 2.2 Influences par les instruments

### 2.21 Température

La plupart des instruments sont conçus de façon à compenser les températures, c-à-dire que le matériel est insensible aux températures. Il faut toutefois mesurer les températures sèches et humides car l'on aura besoin de ces données pour corriger les différences des hauteurs mesurées.

### 2.22 Effet rétroactif élastique

Ce terme signifie que, p.ex., le ressort à lames de l'altimètre n'a pas encore arrêté son mouvement lorsque le point de mesure ait été atteint et qu'il indique alors un résultat non encore stabilisé. Il faut donc observer un temps d'attente de 5 minutes, au minimum.

De plus, il y a une erreur d'inversion qui se fait lorsque la direction verticale de la mesure est modifiée, c-à-dire lorsque le mouvement de la pression va dans la direction opposée. Là aussi, il faut attendre 5 minutes, au minimum.

### 3. EQUIPEMENT

Afin d'obtenir des résultats fiables, un équipement de nivellement altimétrique doit comprendre, au moins, les appareils suivants :

2 altimètres

2 psychromètres

2 montres.

Il est conseillé de prévoir, en réserve, 1 altimètre, 1 psychromètre et 1 montre. En plus, un équipement d'émetteur-récepteur s'avère utile pour faciliter les travaux sur le terrain.

L'observation de l'altimètre doit se faire à environ 1 mètre du sol, et à l'ombre. Dans la pratique, l'on utilisera pour cela des tables de camping stables que l'on placera sous des arbres.

Les psychromètres sont normalement des thermomètres à centrifugation à fonctionnement manuel. Ils peuvent être remplacés par des psychromètres à aspiration, bien plus coûteux.

#### 4. METHODES DE MESURE

##### 4.1 avec 1 équipe de travail

- méthode d'interpolation (fig.1)
- méthode du aller-retour (fig.2)

##### 4.2 avec 2 équipes de travail

- méthode à base unique (fig.3)
- méthode parallèle ou échelonnée (fig.4)
- méthode du "saute-mouton" (fig.5)
- méthode combinant les méthodes parallèles et du "saute-mouton" (fig.6)

##### 4.3 Préparatifs et exécution

- env. 10 minutes de temps d'adaptation
- mesure des températures sèche et humide, avant, à mi-temps et après l'observation
- 10 lectures à 2,5 minutes d'intervalle ; temps d'observation total = 22,5 minutes
- écriture des valeurs obtenues sur les fiches A et B préparées (étalon et auxiliaire) ; voir annexes 5 et 6.

## METHODE D'INTERPOLATION

n	t												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
F <sub>1</sub>	A												
A		A											
B			A										
C				A									
:					A								
F <sub>2</sub>						A							

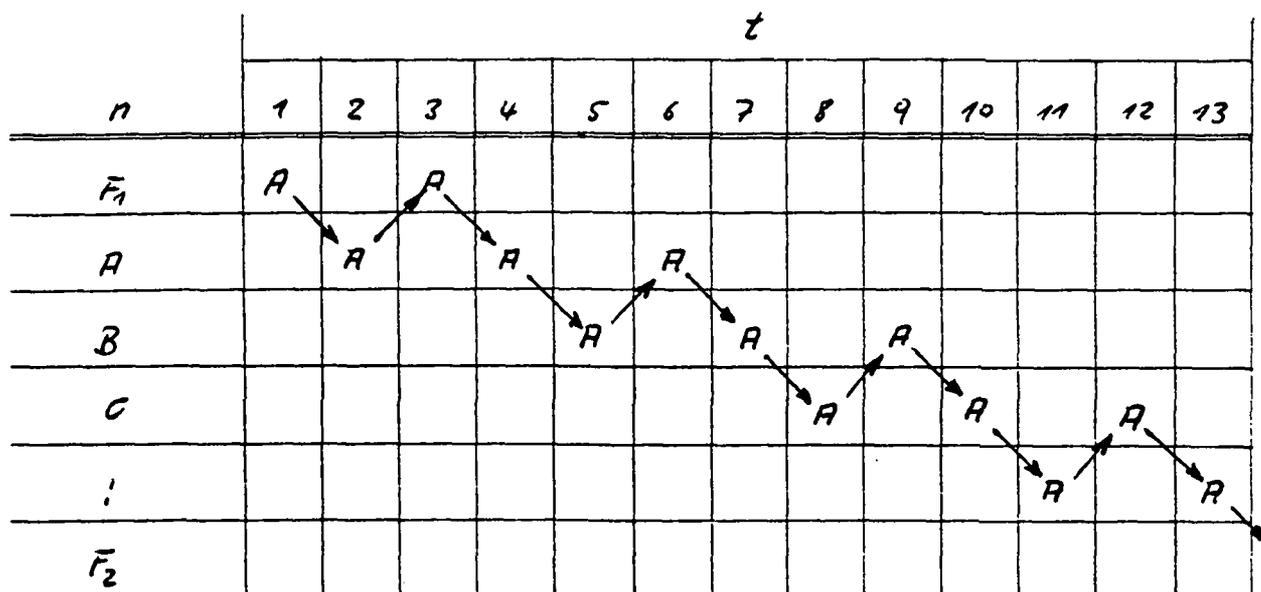
Temps nécessaire : n-1 intervalles

Personnel et appareils: 1 observateur (1 équipe)  
1 altimètre  
1 psychromètre

Avantage : demande un minimum en temps et en personnel

Inconvénients : - une modification de la pression atmosphérique au cours de la mesure n'est pas perçue  
- les résultats peuvent être très imprécis

## METHODE DU ALLER-RETOUR



Temps nécessaire : 3 x n intervalles

Personnel et appareils: 1 observateur (1 équipe)  
 2 altimètres  
 1 psychromètre  
 1 montre

Avantage : chaque différence de hauteur est mesurée trois fois ce qui permet une détermination théorique de modification de la pression atmosphérique au cours de la mesure

Inconvénients : - demande énormément de temps  
 - par le mouvement constant de va-et-vient, des erreurs d'inversion peuvent se produire

## METHODE A BASE UNIQUE

n	t												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$F_1$	AB	B	B	B	B	B	AB						
A		A											
B			A										
C				A									
:					A								
$F_2$						A							

Temps nécessaire :  $n-1$  intervalle par équipe ( $\frac{t}{P}$ )

Personnel et appareils: 2 observateurs (2 équipes)  
 2 altimètres  
 2 psychromètres  
 2 montres

Pour la base, l'on peut utiliser également 1 barographe et 1 thermomètre, ce qui réduit les besoins en personnel et en matériel à une seule unité.

Avantage : Une modification de la pression atmosphérique au cours de la mesure est perçue par l'instrument B à poste fixe ; l'observateur mobile est indépendant

Inconvénients : - la distance de la base est limitée  
 - la comparaison des instruments ne peut se faire qu'au début et à la fin de la mesure quotidienne

METHODE PARALLELE OU ECHELONNEE

n	t												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
F <sub>1</sub>	AB	B											
A		A	B										
B			A	B									
C				A	B								
!					A	B							
F <sub>2</sub>						A	AB						

Temps nécessaire : n+1 intervalles par équipe

Personnel et appareils: 2 observateurs (2 équipes)  
 2 altimètres  
 2 psychromètres  
 2 montres  
 2 émetteur-récepteurs

Avantage : Une modification de la pression atmosphérique au cours de la mesure est perçue de façon fiable par la lecture simultanée de points voisins.

Inconvénients : - il est souvent difficile d'assurer des lectures parfaitement simultanées ; il est par conséquent vivement conseillé d'utiliser des émetteur-récepteurs.  
 - la comparaison des instruments ne peut se faire qu'au début et à la fin de la mesure quotidienne.

## METHODE DU "SAUTE-MOUTON"

n	t												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$F_1$	AB	B											
A		A	AB	B									
B				A	AB	B							
C						A	AB	B					
:								A	AB	B			
$\bar{F}_2$										A	AB		

Temps nécessaire :  $2n-2$  intervalles par équipe

Personnel et appareils : 2 observateurs (2 équipes)

2 altimètres

2 psychromètres

2 montres

2 émetteur-récepteurs

Avantages : -une modification de la pression atmosphérique au cours de la mesure est perçue de façon efficace

- la distance du point de base (mais non du point voisin) peut être augmentée à volonté

- la comparaison des instruments se fait constamment et simultanément

Inconvénient : double travail de mesure par rapport à la méthode parallèle

METHODE COMBINEE DES METHODES PARALLELE  
ET DU "SAUTE-MOUTON"

n	t												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\bar{F}_1$	AB	B											
A		A	B										
B			A	AB	B								
C					A	B							
:						A	B						
$\bar{F}_2$							A	AB					

Temps nécessaire :  $1,5(n-1)$  intervalles par équipe

Personnel et appareils : 2 observateurs (2 équipes)

2 altimètres

2 psychromètres

2 montres

2 émetteur-récepteurs

Avantage : gain de temps par rapport à la méthode  
du "saute-mouton"

Inconvénient : La comparaison des instruments ne  
peut se faire que de temps en temps.

## 5. DEPOUILLEMENT

5.1 La formule d'altitude barométrique

Le calcul de la différence de hauteurs est fait selon la formule complète d'altitude barométrique, d'après MOLLER :

$$\Delta H = \Delta h_{NA} \left(1 + \frac{\Delta t_m}{T_E}\right) \left(1 + \delta \frac{e_m}{P_m}\right) (1 + \beta \cdot \cos 2\varphi_m) \left(1 + \frac{2h_m}{r}\right) \quad (1)$$

Cette formule peut être simplifiée, sans pour autant perdre en précision, comme suit :

$$\Delta h = \Delta h_{NA} \left(1 + \frac{\Delta t_m}{T_E}\right) \left(1 + \delta \frac{e_m}{P_m} + \beta \cdot \cos 2\varphi_m + \frac{2h_m}{r}\right) \quad (2)$$

Après résolution de l'équation(2), l'on obtient :

$$\Delta H = (\Delta h_{NA} + \Delta h_{NA} \frac{\Delta t_m}{T_E}) \left(1 + \delta \frac{e_m}{P_m} + \beta \cdot \cos 2\varphi_m + \frac{2h_m}{r}\right)$$

ou :

$\Delta H = \Delta h_{NA} + v_{\Delta t} + v_e + v_{\varphi} + v_h$
---

les définitions étant les suivantes :

$\Delta h_{NA}$  = différence des lectures d'altimètres

$v_{\Delta t}$  = correction par la température moyenne mesurée (température sèche)

$v_e$  = correction par la pression de vapeur moyenne (température humide et différence entre températures sèche et humide)

$v_{\varphi}$  = correction par la latitude

$v_h$  = correction par la hauteur moyenne

## 5.2 Les tables auxiliaires

Dans la pratique, le calcul s'avère très fastidieux, à moins d'avoir programmé la formule dans une calculatrice.

Sur le terrain, l'on utilisera donc les tables auxiliaires (voir annexes 2 à 4), d'emploi facile même pour des gens n'ayant pas reçu une formation spéciale.

Les corrections données par ces tables seront additionnées à la différence de hauteur  $\Delta h_{NA}$ ,  $\Delta h_{NA}$  étant défini comme valeur absolue, c-à-dire sans signe.

## 5.3 Calcul du nivellement

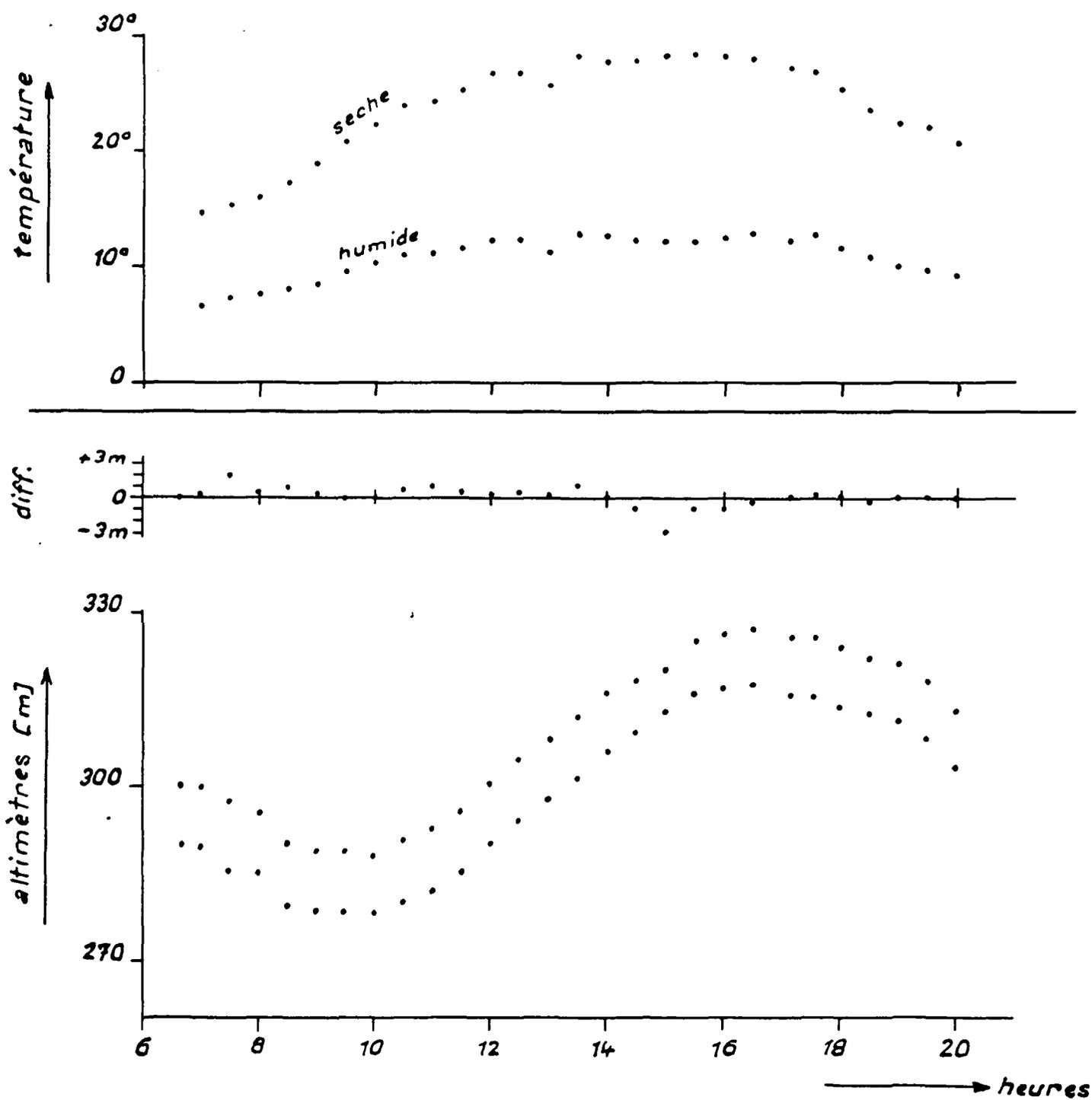
Un nivellement altimétrique est fait entre des points de repère connus, de la même manière qu'un nivellement géométrique. Des erreurs éventuelles seront réparties selon leur importance.

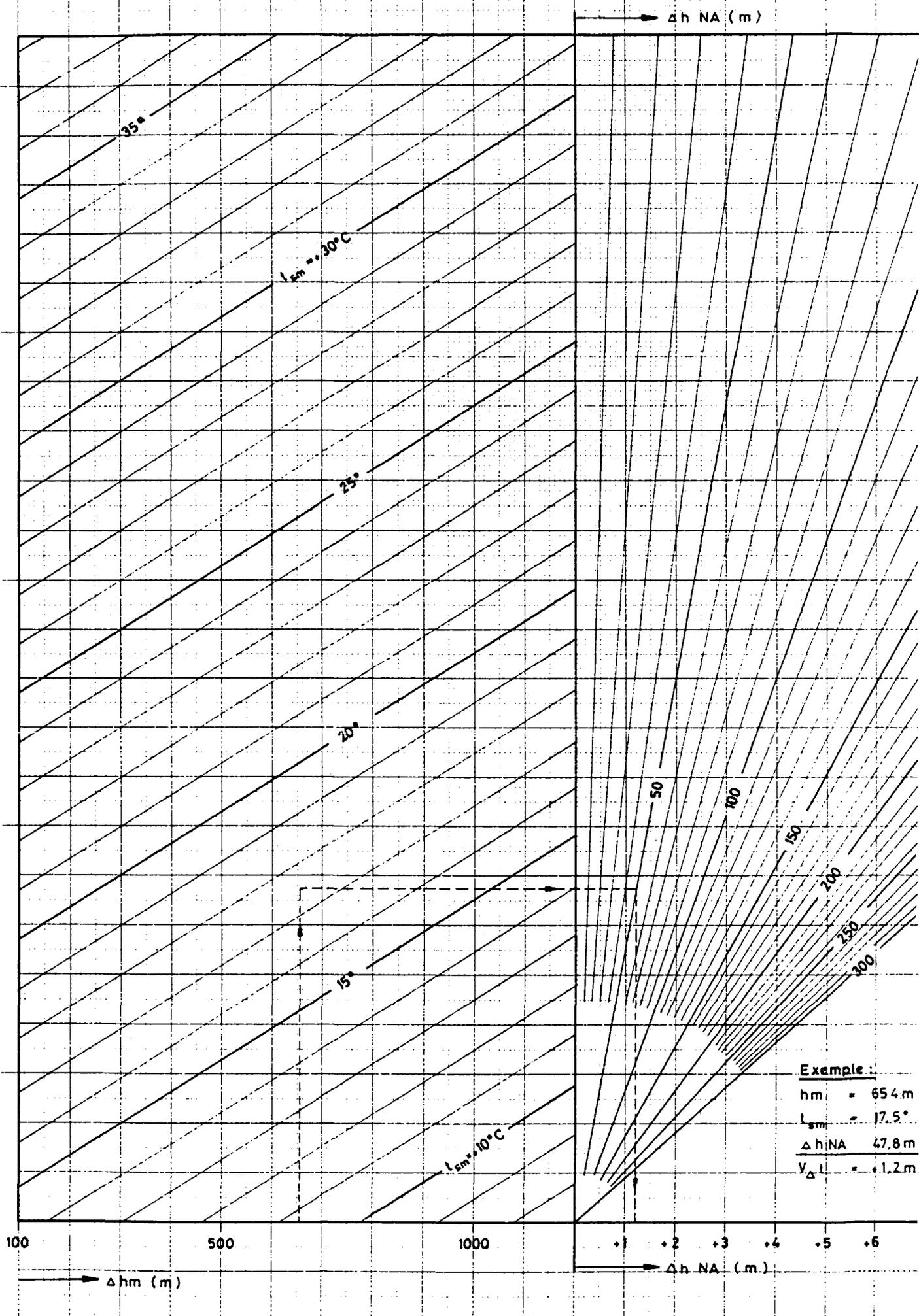
La fiche A prévoit, de plus, que l'observateur fasse une estimation selon le principe de notation scolaire, si son impression de la mesure faite est bonne ou mauvaise. Cette évaluation peut être prise en compte également lors de la répartition des erreurs. L'erreur finale ne devrait pas dépasser 4 ou 5 mètres. Si l'erreur est plus importante, les mesures doivent être répétées.

## 6. PRECISION DES MESURES

L'erreur moyenne d'une détermination de hauteur dans le cadre des nivellement altimétriques pour le projet MALI AQUA VIVA se situe à  $\pm 1.3$  mètres.

A n n e x e s    1 - 7

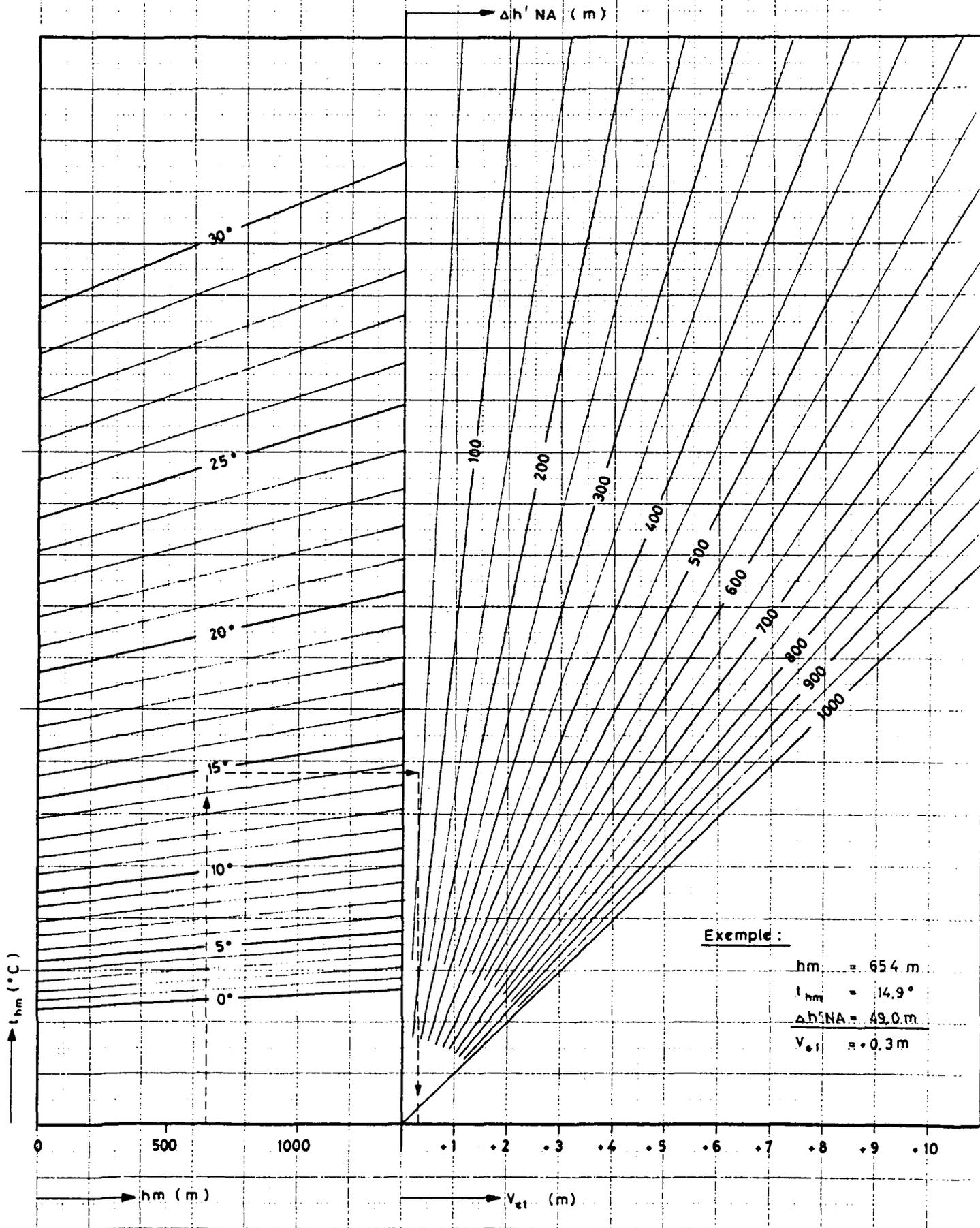
Comportement de la pression atmosphérique à Sanle 22 Janvier 1984



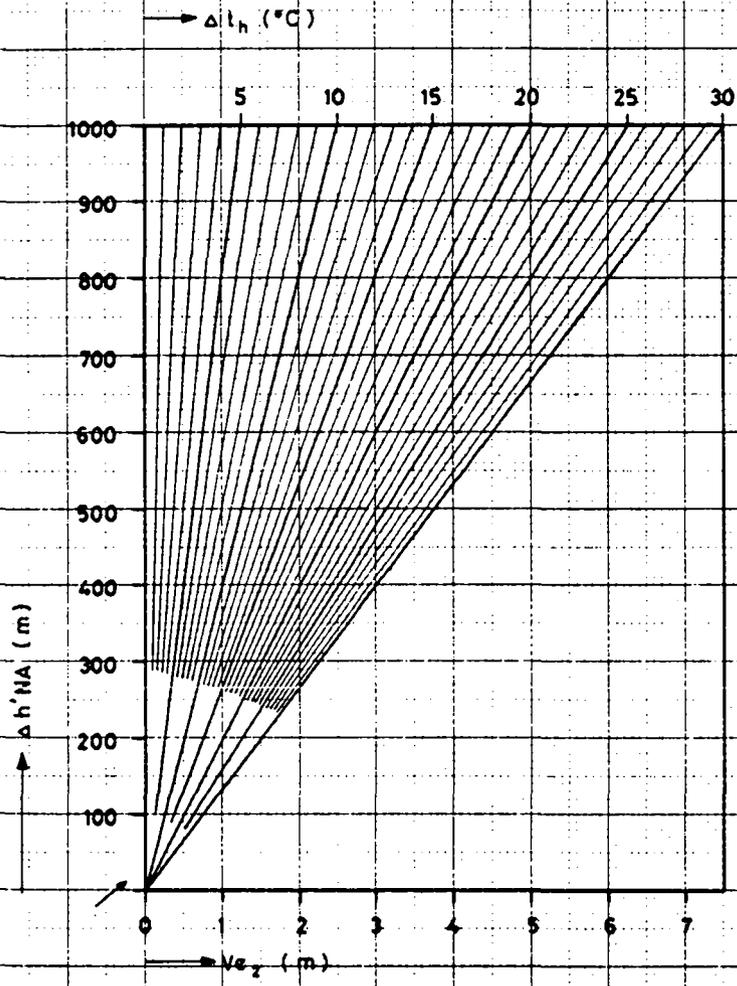
**Exemple :**

- hm = 65.4 m
- $t_{sm} = 17.5^\circ$
- $\Delta h_{NA} = 0.12$  m
- $V_{\Delta t} = 1.2$  m/s

# CORRECTION $v_{e1}$ DE LA HUMIDITE



### CORRECTION $Ve_2$ DE LA HUMIDITE



Exemple :

$$\begin{aligned} \Delta h'NA &= 49,0 \text{ m} \\ \Delta t_h &= 2,6^\circ \\ \hline Ve_2 &= 0,1 \text{ m} \end{aligned}$$

NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE

Nr. appareil :

A  
(Baro Etalon)

date \_\_\_\_\_  
observateur \_\_\_\_\_

Station ( A ) \_\_\_\_\_

coordonnées en ( A )  
y \_\_\_\_\_  
x \_\_\_\_\_

dénivelé de ( M ) \_\_\_\_\_ à ( A ) \_\_\_\_\_

Numero de puits

méthode \_\_\_\_\_ i A \_\_\_\_\_ m

	heure	lectures brutes	t <sub>i</sub> °C	température °C		
				t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	t <sub>s</sub> - t <sub>h</sub>
A						
M						
A - M = Δh <sub>NA</sub>			t <sub>im</sub>	t <sub>sm</sub>	t <sub>hm</sub>	(t <sub>s</sub> - t <sub>h</sub> ) <sub>m</sub>

distance M - A \_\_\_\_\_  
direction \_\_\_\_\_  
latitude φ \_\_\_\_\_  
morphologie \_\_\_\_\_  
temps \_\_\_\_\_  
autres dérangements \_\_\_\_\_  
valeur :

h<sub>(M)</sub> \_\_\_\_\_  
Δh \_\_\_\_\_  
h<sub>(A)</sub> \_\_\_\_\_

$$\begin{aligned}
 &\frac{V_{\Delta t}}{\Delta h'_{NA}} = \frac{+ \text{---} \text{ m}}{\text{---} \text{ m}} & h_m = \text{---} \\
 &V_{e1} = \frac{+ \text{---} \text{ m}}{\text{---} \text{ m}} \\
 &V_{e2} = \frac{+ \text{---} \text{ m}}{\text{---} \text{ m}} \\
 &V_{\varphi} + V_h = \frac{+ \text{---} \text{ m}}{\text{---} \text{ m}} \\
 &\Delta h' = \text{---} \\
 &i_M - i_A = \text{---} \\
 &\Delta H = \text{---}
 \end{aligned}$$



**NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE**  
 Nr. appareil : \_\_\_\_\_ (1)

**A**  
 (Baro Etalon)

date 16.1.84  
 observateur R. J.

Station (A) Hesse

coordonnées en (A)  
 y \_\_\_\_\_  
 x \_\_\_\_\_

dénivelé de (M) Borne 90 à (A) Hesse  
295,6 m

Numero de puits 78  
 F1

méthode saut-mouton  $i_A$  0,6 m

	heure	lectures brutes	$t_i$ °C	température °C		
				$t_s$	$t_h$	$t_s - t_m$
	11.45	298.0	28	27.8	13.0	14.8
	11.475	298.0				
	11.50	298.0				
	11.525	298.3				
	11.55	299.0				
	11.575	299.5				
	12.00	299.7		27.6	13.0	14.6
	12.025	300.0				
	12.05	300.2				
	12.075	300.8	28	27.6	12.8	14.8
A		299,15		27.7	13.0	14.7
M		305,71		28.9	12.6	16.3
A-M = $\Delta h_{NA}$ - 6,56			$t_{im}$	$t_{sm}$	$t_{hm}$	$(t_s - t_h)_m$
				28.3	12.8	15.5

distance M-A 6 km  
 direction S  
 latitude  $\varphi$  13° 15'  
 morphologie \_\_\_\_\_  
 temps vent  
 autres dérangements \_\_\_\_\_  
 valeur : 3

$h(M)$  \_\_\_\_\_

$\Delta h$  \_\_\_\_\_

$h(A)$  \_\_\_\_\_

$v_{\Delta t}$  + 0.3 m  
 $\Delta h'_{NA}$  - 6.9 m  
 $v_{e1}$  + 0.1 m  
 $v_{e2}$  + - m  
 $v_{\varphi} + v_h$  + - m  
 $\Delta h'$  - 7.0  
 $i_M - i_A$  + 0.1  
 $\Delta H =$  - 6.9

$h_m =$  290

**NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE**  
 Nr. appareil : \_\_\_\_\_ (2)

**B**  
 (Baro Auxiliaire)

date 16-1-57  
 observateur K Syll

Station (M) Borne 90

dénivelé de (M) 90 à (A) l'asso

méthode sauté mouton

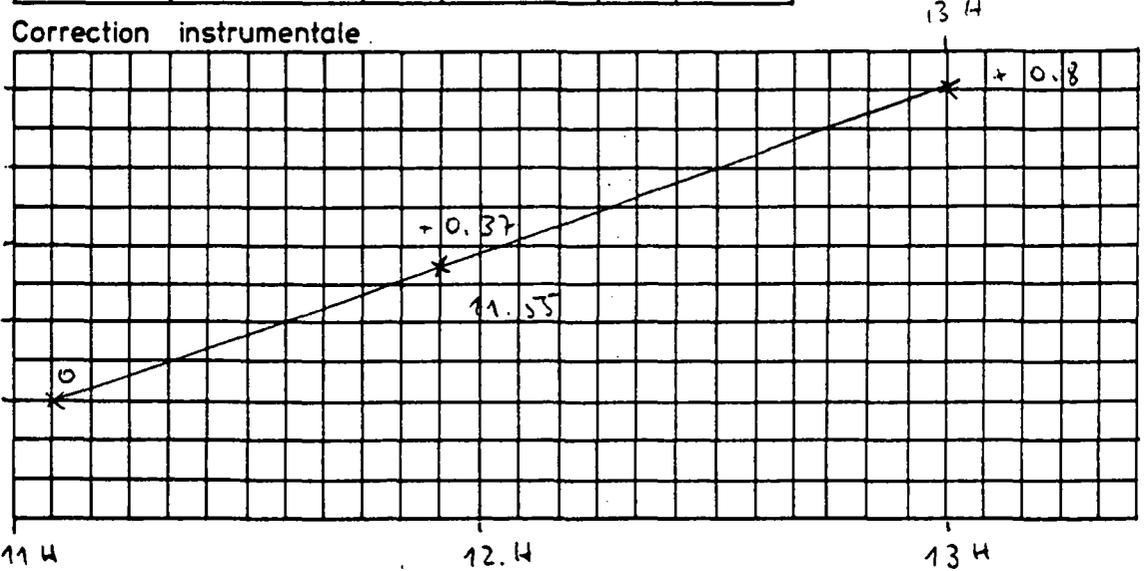
Numero de puits 78

heure	lectures brutes	t <sub>i</sub> °C	température °C		
			t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	t <sub>s</sub> - t <sub>h</sub>
11.45	304.5		28.8	12.6	16.2
11.47.5	304.6				
11.50	304.6				
11.52.5	304.7				
11.55	304.7				
11.57.5	305.2		29.1	12.6	16.5
12.00	305.8				
12.02.5	306.0				
12.05	306.5				
12.07.5	306.8	29	28.8	12.6	16.2
	305.34	t <sub>im</sub>	t <sub>sm</sub>	t <sub>hm</sub>	(t <sub>s</sub> -t <sub>h</sub> ) <sub>m</sub>
			28.9	12.6	16.3
correction de deviation	+ 0.37				
M	305.71				

temps -----  
 autres dérangements -----  
 -----  
 -----

Comparaison des appareils en Borne 90 et l'asso

	N 1	(A)	N 2	(M)	C
heure	observation	t <sub>i</sub>	observation	t <sub>i</sub>	A - M
11.05	300.0		300.0		0
12.55	310.0		309.2		+ 0.8



**NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE**  
 Nr. appareil : \_\_\_\_\_ (1)

**A**  
 (Baro Etalon)

date 16.1.84  
 observateur R. Wj.

Station (A) Yasso

coordonnées en (A)  
 y \_\_\_\_\_  
 x \_\_\_\_\_

dénivelé de (M) Hasso à (A) Yasso

Numero de puits 97  
 F2

méthode sauté - moufou i A \_\_\_\_\_ m

	heure	lectures brutes	t <sub>i</sub> °C	température °C		
				t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	t <sub>s</sub> - t <sub>m</sub>
	13.50	306.8	32	30.9	14.8	16.1
	525	307.0				
	55	307.9				
	575	308.0				
	14.00	308.0		31.0	15.2	15.8
	025	308.0				
	05	308.0				
	075	310.0				
	10	310.1				
	14.125	310.2	31	30.8	14.8	16.0
A		308.40		30.9	14.9	16.0
M		319.4		30.55	13.45	17.1
A - M = Δh <sub>NA</sub> - 11.0			t <sub>im</sub>	t <sub>sm</sub>	t <sub>hm</sub>	(t <sub>s</sub> - t <sub>h</sub> ) <sub>m</sub>
				30.7	14.2	16.5

distance M-A 6 km  
 direction SW  
 latitude φ \_\_\_\_\_  
 morphologie \_\_\_\_\_  
 temps bon  
 autres dérangements \_\_\_\_\_  
 valeur : 4

h(M) \_\_\_\_\_  
 Δh \_\_\_\_\_  
 h(A) \_\_\_\_\_

$$\frac{V_{\Delta t}}{\Delta h'_{NA}} = \frac{+0.2}{-11.2} \text{ m}$$

$$h_m = 280$$

$$V_{e1}$$

$$V_{e2}$$

$$V_{\varphi} + V_h$$

$$\Delta h' = -11.2$$

$$i_M - i_A$$

$$\Delta H = -11.2$$

**NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE**  
 Nr. appareil :

**B**  
 (Baro Auxiliaire)

date 16.1.54  
 observateur K. S.

Station (M) Forage Hasso

dénivelé de (M) Hasso à (A) Yasso

méthode saut mouton

Numero de puits 97

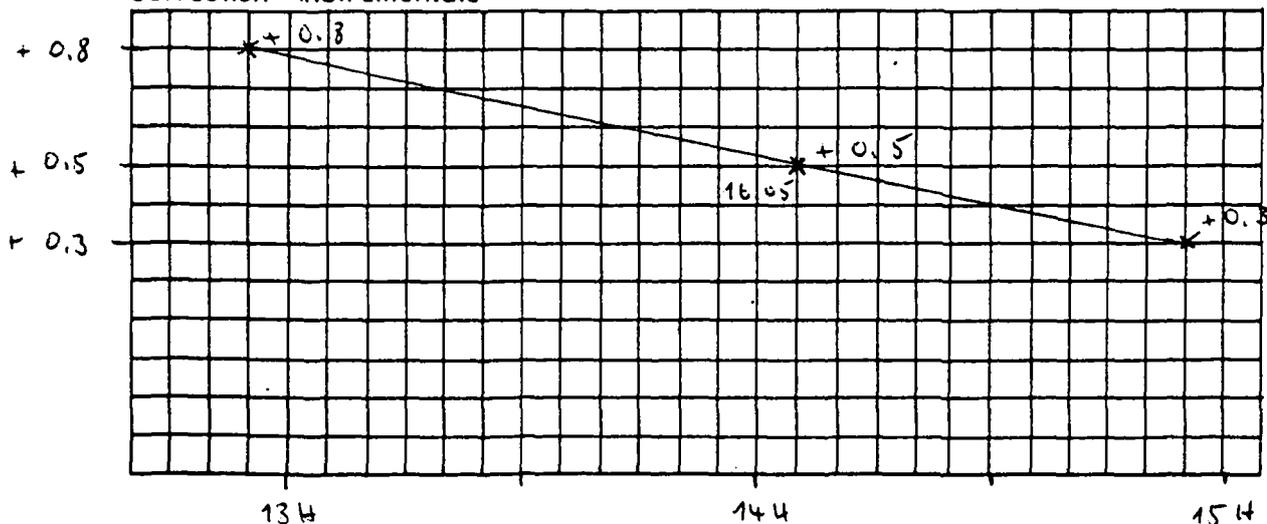
	heure	lectures brutes	t <sub>i</sub> °C	température °C		
				t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	t <sub>s</sub> - t <sub>h</sub>
	13.50	317.5		30.4	13.4	17.0
	13.525	317.5				
	13.55	317.8				
	13.575	317.8				
	14.00	319.5				
	14.025	319.9		30.4	13.6	16.8
	14.05	319.3				
	14.075	320.0				
	14.10	320.5				
	14.125	319.5	31	31.0	13.2	17.8
		318.93	t <sub>im</sub>	t <sub>sm</sub>	t <sub>hm</sub>	(t <sub>s</sub> -t <sub>h</sub> ) <sub>m</sub>
				30.55	13.45	17.1
correction de deviation		+ 0.5				
	M	319.43				

temps -----  
 -----  
 autres dérangements -----  
 -----

Comparaison des appareils en \_\_\_\_\_

	N 1	(A)	N 2	(M)	C
heure	observation	t <sub>i</sub>	observation	t <sub>i</sub>	A - M
12.55	310.0		309.2		+0.8
14.55	313.5		313.2		+0.3

Correction instrumentale



**NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE**  
 Nr. appareil : \_\_\_\_\_ (1)

**A**  
 (Baro Etalon)

date 16.1.84  
 observateur R. W.

Station (A) Kibi  
 dénivellé de (M) Yasso à (A) Kibi

coordonnées en (A)  
 y \_\_\_\_\_  
 x \_\_\_\_\_

Numero de puits 9  
 F2

méthode sauté-moutou i A \_\_\_\_\_ m

heure	lectures brutes	t <sub>i</sub> °C	température °C			
			t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	t <sub>s</sub> - t <sub>m</sub>	
16.00	314.5	32	31.4	15.0	16.4	
025	314.8					
05	314.5					
075	314.5					
10.	314.8					
12.5	314.0		31.3	15.2	16.1	
15	314.0					
17.5	313.8					
20	313.9					
16.225	313.9		31.0	15.0	16.0	
A	314.27		31.2	15.1	16.2	
M	316.85		31.0	13.85	17.2	
A-M = Δh <sub>NA</sub> - 2.6			t <sub>im</sub>	t <sub>sm</sub>	t <sub>hm</sub>	(t <sub>s</sub> - t <sub>h</sub> ) <sub>m</sub>
				31.1	14.5	16.7

distance M-A 17 Km  
 direction NW  
 latitude φ \_\_\_\_\_  
 morphologie \_\_\_\_\_  
 temps bon  
 autres dérangements \_\_\_\_\_  
 valeur : 4

h(M) \_\_\_\_\_  
 Δh \_\_\_\_\_  
 h(A) \_\_\_\_\_

$V_{\Delta t}$  + 0.1 m       $h_m = 300$   
 $\Delta h'_{NA}$  - 2.7 m  
 $V_{e1}$  - m  
 $V_{e2}$  - m  
 $V_{\varphi} + V_h$  - m  
 $\Delta h'$  - 2.7  
 $i_M - i_A$  \_\_\_\_\_  
 $\Delta H =$  - 2.7

**NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE**  
 Nr. appareil : \_\_\_\_\_ ( ? )

**B**  
 (Baro Auxiliaire)

date 16.1.54  
 observateur K. Jy/a

Station (M) Yasso

dé nivelé de (M) Yasso à (A) Kibi

Numero de puits 9

méthode \_\_\_\_\_

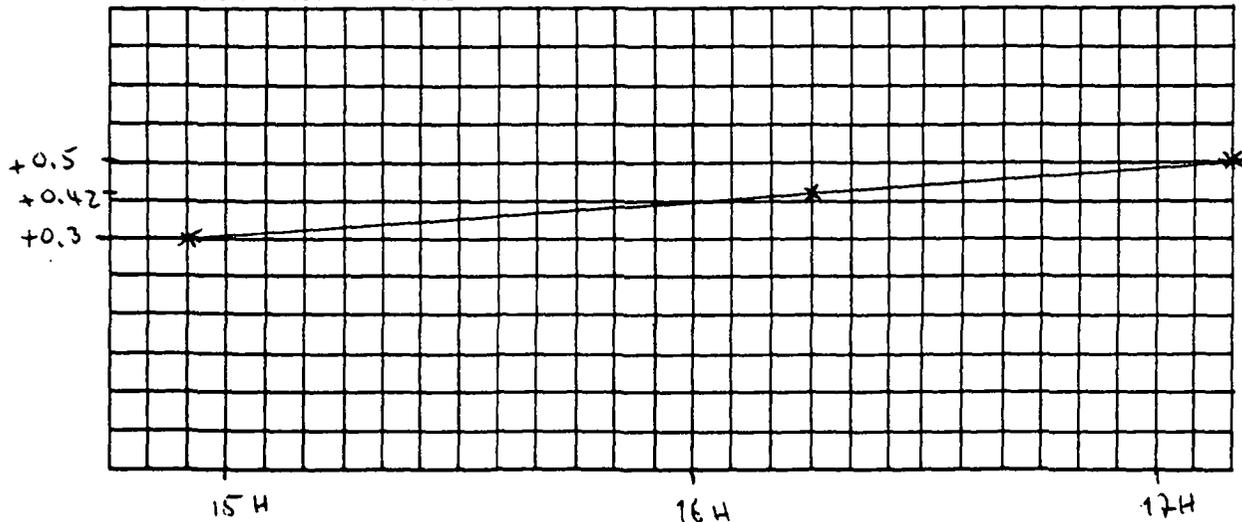
	heure	lectures brutes	t <sub>i</sub> °C	température °C		
				t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	t <sub>s</sub> - t <sub>h</sub>
	16 <sup>h</sup>	316.0	31.3	30.8	13.8	12.0
	16 <sup>h</sup> 02 <sup>5</sup>	316.2				
	16 <sup>h</sup> 05	316.0				
	16 <sup>h</sup> 07 <sup>5</sup>	316.2		31.2	13.8	17.4
	16 <sup>h</sup> 10	317.0				
	16 <sup>h</sup> 12 <sup>5</sup>	317.0				
	16 <sup>h</sup> 15	316.7		31.0	14.0	17.0
	16 <sup>h</sup> 17 <sup>5</sup>	316.7				
	16 <sup>h</sup> 20	316.5				
	16 <sup>h</sup> 22 <sup>5</sup>	316.0	31.0	31.1	13.8	17.3
		316.43	t <sub>im</sub>	t <sub>sm</sub>	t <sub>hm</sub>	(t <sub>s</sub> -t <sub>h</sub> ) <sub>m</sub>
			31.15	31.025	13.85	17.175
correction de deviation		+ 0.42				
	M	316.85				

temps -----  
 -----  
 autres dérangements -----  
 -----

Comparaison des appareils en \_\_\_\_\_

	N	(A)	N	(M)	C
heure	observation	t <sub>i</sub>	observation	t <sub>i</sub>	A - M
14 <sup>h</sup> 55	313.5		313.2		+0.3
17 <sup>h</sup> 10	311.0		310.5		+0.5

Correction instrumentale



**NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE**  
 Nr. appareil : \_\_\_\_\_ (1)

**A**  
 (Baro Etalon)

date - 17-1-64  
 observateur - R. Log.

Station (A) Kibi

coordonnées en (A)  
 y \_\_\_\_\_  
 x \_\_\_\_\_

dénivelé de (M) Borne 49 (Semo) à (A) Kibi  
276.6 m

Numero de puits

méthode sauté - marfon i A \_\_\_\_\_ m

	heure	lectures brutes	t <sub>i</sub> °C	température °C		
				t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	t <sub>s</sub> - t <sub>m</sub>
	9.30	272.5	24.5	23.6	10.8	12.8
	325	272.5				
	35	272.0				
	375	272.2				
	40	272.0		24.8	11.4	13.4
	425	272.0				
	45	272.0				
	475	272.0				
	50	272.0				
	9.525	272.5		24.2	11.2	13.0
A		272.17		24.2	11.1	13.1
M		271.75		25.0	10.5	14.5
A - M = Δh <sub>NA</sub> + 1.4			t <sub>im</sub>	t <sub>sm</sub>	t <sub>hm</sub>	(t <sub>s</sub> - t <sub>h</sub> ) <sub>m</sub>
				24.6	10.8	13.8

distance M - A \_\_\_\_\_  
 direction \_\_\_\_\_  
 latitude φ \_\_\_\_\_  
 morphologie \_\_\_\_\_  
 temps \_\_\_\_\_  
 autres dérangements \_\_\_\_\_  
 valeur :

h(M) \_\_\_\_\_  
 Δh \_\_\_\_\_  
 h(A) \_\_\_\_\_

$V_{\Delta t}$  | + - m      h<sub>m</sub> = \_\_\_\_\_  
 Δh' NA | \_\_\_\_\_ m  
 V<sub>e1</sub> | + - m  
 V<sub>e2</sub> | + - m  
 V<sub>φ</sub> + V<sub>h</sub> | + - m  
 Δh' | \_\_\_\_\_  
 i<sub>M</sub> - i<sub>A</sub> | \_\_\_\_\_  
 ΔH = + 1.4 m

## NIVELLEMENT ALTIMETRIQUE

Nr. appareil :

(2)

B

(Baro Auxiliaire)

date 17.1.84

observateur K.Sy

Station (M) Borne 49dénivelé de (M) Semo à (A) Kibiméthode sauté moutonNumero de puits 

	heure	lectures brutes	$t_i$ °C	température °C		
				$t_s$	$t_h$	$t_s - t_h$
	9.30	273.0	24.8	25.0	10.6	14.4
	9.325	272.0				
	9.35	272.0				
	9.375	272.0		25.0	10.6	14.4
	9.40	272.0				
	9.425	272.5				
	9.45	271.5		25.1	10.6	14.7
	9.475	271.0				
	9.50	271.0				
	9.525	271.5		25.0	10.4	14.6
		271.85	$t_{im}$	$t_{sm}$	$t_{hm}$	$(t_s - t_h)_m$
				25.025	10.5	14.525
correction de deviation		- 0.1				
	M	271.75				

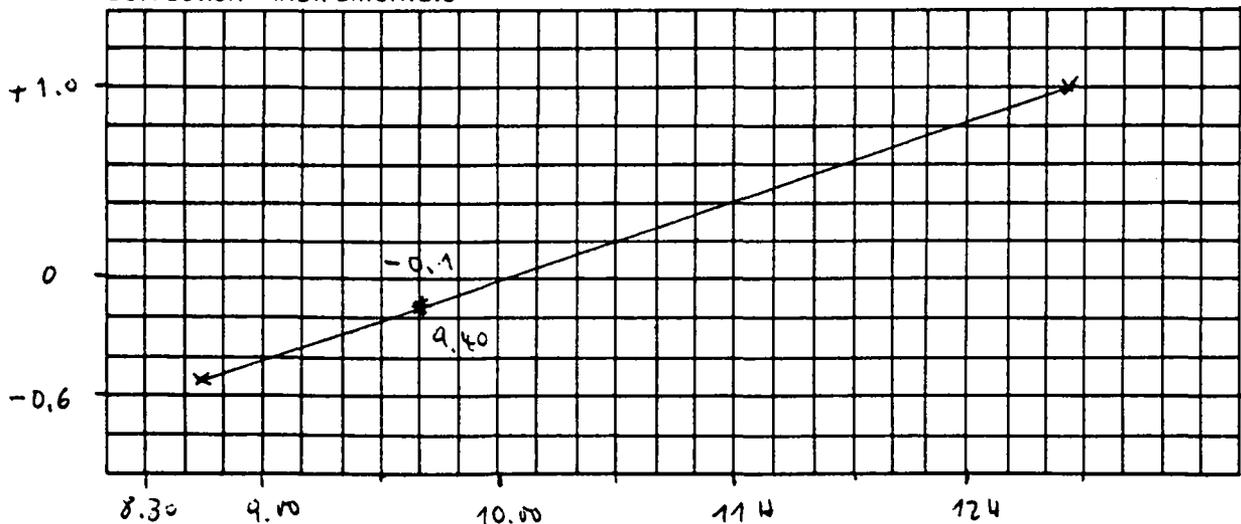
temps -----

autres dérangements -----

Comparaison des appareils en \_\_\_\_\_

	N 1	(A)	N 2	(M)	C
heure	observation	$t_i$	observation	$t_i$	A - M
8 <sup>h</sup> 45	277.0		277.5		- 0.5
12 <sup>h</sup> 25	291.0		290.0		+ 1.0

Correction instrumentale



# C A L C U L   D E S   N I V E L L E M E N T S



DATE	Km	STATION FORAGE	Nr.	Δ H		ALTITUDE (m)
				+	-	
16.1.84		Borne 90				295,6
16.1.84	8	Hasso	78		+1,0 5,9	289,7
16.1.84	11	Yasso	97		+1,6 11,2	280,1
16.1.84	11	Kibi	9		+0,4 2,7	277,8
16.1.84	6	Borne 49			+0,2 1,4	276,6
	36				-22,2	- 19,0
						<u>c = + 3,2 m</u>

A P P E N D I C E    I I

=====

LISTE DES DONNEES DES FORAGES UTILISEES

NR	SO	NOM DU POINT	CAR.	COORDONNEES	PROF. COM-	ALTI	PROF. SURF.	EP.	DEBIT	VENUE D'EAU	TEMP	EC	FCM	DATE	CARTE	
		D'EAU		LATIT. LONGIT.	TOTAL	(M)	D'EAU	PIEZ. REC*	M <sup>3</sup> /H	/ / /	CELS	*	*	J/A	IGN	
1		I DA	F1	SA 13 09 05	4 56 45	67. 1 76	.	.	.	11	.6	36	.	15 3 84	SAN	
2		I DA F2	SA	13 09 05	4 56 45	65. 1 76	.	.	.	11	.	.	.	28 1 76	SAN	
5		I DIALAKORO	F1	13 10 35	4 55 29	71. 6 76	.	.	.	.	.	.	.	15 3 84	SAN	
6		I DOUNGALA	F1	SA 13 08 15	4 58 45	.	77	282.4	15.7	266.7	9	1.5	32 50	29.8	280 0 23 1 84	SAN
8		I KRIE F1		13 12 50	4 44 15	49. 2 76	.	1.3	.	.	11	4.0	18 31 40	.	21 2 76	SAN
9		I KRIE F2	F2	13 12 50	4 44 15	40.5 2 76	277.8	15.0	262.8	9	4.0	30	29.2	360 2 16 1 84	SAN	
10		I SOMO	F1	13 14 20	4 46 35	62.2 2 76	.	.	.	.	.	0.0	.	.	26 2 76	SAN
11		I SOMO	F2	13 14 20	4 46 35	49.9 2 76	.	.	.	.	.	0.0	.	.	27 2 76	SAN
12		I SOMO	F3	13 14 20	4 46 35	75.5 2 76	.	.	.	.	.	0.0	.	.	28 2 76	SAN
13		I SOMO	F4	13 14 20	4 46 35	69.9 4 77	.	.	.	.	.	0.1	.	.	.	SAN
14		I SOMO	F5	13 14 20	4 46 35	61.1	.	9.6	.	.	.	0.4	34	.	19 4 77	SAN
15		I SOMO	F6	13 14 20	4 46 35	65.5 4 77	.	.	9.5	11	1.3	54	.	20 4 77	SAN	
16		I TEMENT	F1	SA 13 20 05	4 48 30	30.5 3 76	.	4.5	.	12	4.0	8	.	.	.	SAN
19		I NYLSSO	F1	SA 12 57 45	4 56 00	.	310.5	27.8	282.7	19	1.0	27	.	95 0 10 2 84	YURS	
20		I WAKI	F1	12 50 40	4 59 20	55.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
23		I YANGASSO	F1	BL 13 04 15	5 19 00	55.5 0 76	.	.	.	.	.	.	.	24 0 76	K-MC	
24		I YANGASSO	F2	BL 13 04 15	5 19 00	55.5 1 77	.	.	.	.	.	.	.	8 1 77	K-MC	
27		I BOUKOURA	F1	12 58 50	5 16 40	81.1 N 76	.	.	.	.	.	0.1	.	3 N 76	KOUT	
28		I BOUKOURA	F2	12 58 50	5 16 40	52.2 N 76	.	.	.	.	.	0.1	.	4 N 76	KOUT	
29		I BOUKOURA	F3	12 58 50	5 16 40	51.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
30		I KALASSO	F1	SA 12 59 35	5 14 20	72.2 N 76	.	13.6	.	14	0.1	36	.	24 N 76	KOUT	
31		I KALASSO	F1	SA 12 59 35	5 14 20	62.2	289.4	9.3	280.1	11	2.0	39 47	.	75 0 2 2 84	KOUT	
32		I KALASSO	F3	SA 12 59 35	5 14 20	62.2 2 84	.	9.6	280.1	.	2.0	39	.	75	.	KOUT
33		I KALASSO	F4	SA 12 59 35	5 14 20	70.0 2 84	.	11.0	280.1	13	2.0	47	.	75	.	KOUT
35		I KOUTIALA	F1	BL 13 01 40	5 31 45	32.2 0 76	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC
36		I KOUTIALA	F2	BL 13 01 40	5 31 45	0 76	282.0	16.6	265.4	24	3.3	.	30.6	130 0 29 2 84	K-MC	
37		I KOUTIENSO	F1	BL 13 00 05	5 25 20	72.2 0 76	.	9.3	.	12	0.5	09 40 50	.	01 0 76	K-MC	
45		I NABASSO	F1	BL 13 06 20	5 30 00	57.7 N 76	.	1.4	.	15	8.9	13 20	.	12 N 76	K MC	
46		I NABASSO	F2	BL 13 06 20	5 30 00	63.3 N 76	.	1.2	.	25	10.0	39	.	17 N 76	K MC	
47		I NABASSO	F4	BL 13 06 20	5 30 00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC
48		I SAFILO	F1	BL 13 02 15	5 26 40	58.5 N 76	.	.	16.8	26	.	31	.	16 N 76	K-MC	
49		I SAFILO	F2	BL 13 02 15	5 26 40	83.5 0 76	.	19.5	.	30	30.0	22 34	.	29 0 76	K-MC	
50		I SAFILO	F3	BL 13 02 15	5 26 40	69.9 0 76	.	17.7	.	22	6.0	26 34 37	.	27 0 76	K-MC	
60		I TONTIAN	F4	13 17 30	4 35 30	69.9	296.0	15.8	280.2	8	5.0	8 26 49	.	6 3 84	SAN	
57		I TONTIAN	F1	13 17 30	4 35 30	105.5 6 76	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
58		I TONTIAN	F2	13 17 30	4 35 30	105.5	.	.	.	.	.	0.0	.	.	24 6 76	SAN
59		I TONTIAN	F3	13 17 30	4 35 30	105.5 6 76	.	.	.	.	.	0.0	.	.	24 6 76	SAN
60		I TONTIAN	F4	13 17 30	4 35 30	62.2 6 76	.	22.6	.	.	0.3	38 50	.	25 6 76	SAN	
61		I TONTIAN	F5	13 17 30	4 35 30	62.2 6 76	.	.	.	.	0.0	.	.	25 6 76	SAN	
62		I TONTIAN	F6	13 17 30	4 35 30	117.7 3 84	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
62		I TONTIAN	F7	13 17 30	4 35 30	50.0 6 76	.	6.5	.	.	0.3	8	.	29 6 76	SAN	
64		I TONTIAN	F8	13 17 30	4 35 30	51.1 1 77	.	4.8	.	7	5.0	8 40	.	28 1 77	SAN	
65		I TONTIAN	F9	13 17 30	4 35 30	70.0 1 77	.	5.0	.	7	7.0	9 42	.	28 1 77	SAN	
66		I TONTIAN	F10	13 17 30	4 35 30	79.9 6 77	.	.	.	.	0.2	9 42	.	16 6 77	SAN	
67		I TONTIAN	F11	13 17 30	4 35 30	79.9 6 77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
69		I ROSSONI	F1	10 13 19 05	4 58 50	.	276.9	12.4	264.5	7	8.0	19 25	31.0	160 0 20 2 84	SAN	
75		I DIAGHI		13 18 05	4 29 05	.	293.9	9.7	284.2	12	2.1	19 55	.	6 3 84	SAN	
77		I DIAGHI	F1	13 20 40	4 26 35	6 77	285.7	19.9	265.8	.	.	.	.	6 3 84	SAN	
78		I DIASSO	F1	13 12 50	4 36 55	80.0 2 77	289.7	25.4	264.3	29	2.0	35 56	31.0	220 0 16 1 84	SAN	
92		I SANIKIT	F1	10 13 04 30	4 37 00	50.0 9 76	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN

SO = NUMERO DE LA SEQUENT

CARC = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YORGASSO (YO), DE DIA (BL)

COMPLET = COMPLEMENT DU FORAGE, NGIS = ANNEE

EP-REC = EPaisseur DE RECOURBEMENT

EC = CONDUCTIVITE EN MICROHMOS/CM

FCM-0 = PMS DE FURNITURE. 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR BGR, HANNOVER

NR	SQ	NOM DU POINT	CRCI.	COORDONNEES			PROF.	CON-	ALIT	PROF.	SURF.	EP.	DEBIT	VENUE	D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE
		D'EAU		* LATIT.	LONGIT.	TOTAL	FLET	(M)	D'EAU	FIEZ.	RCC*	M3/H	/	/	CELS	*	*	J/M/A	H	IGN
93	1	SANAKUI	F2	TO	13 04 30	4 37 00	50.0	3 76	.	15.0	.	7	0.0	26	.	.	.	15 3 76	SAN	
94	1	SANAKUI	F2	TO	13 04 30	4 37 00	.	78	294.7	12.2	282.5	.	.	.	.	555	0	13 2 84	SAN	
95	1	TARA	.	.	13 09 25	4 43 10	.	.	.	12.1	.	.	.	.	30.0	130	.	06 3 84	SAN	
96	1	YASSO	F1	.	13 08 05	4 40 05	80.0	2 77	.	1.8	.	12	2.5	42	.	.	.	8 2 77	SAN	
97	1	YASSO	F2	.	13 08 05	4 40 05	70.0	2 77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
98	1	SAFIENSO	F1	.	13 14 15	4 28 25	70.0	6 77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8 6 77	SAN	
99	1	SAFIENSO	F2	.	13 14 15	4 28 25	61.1	6 77	.	11.8	.	.	0.4	47	.	.	.	10 6 77	SAN	
133	1	MOKOKOUMA	F1	TO	13 15 20	4 23 15	36.6	4 76	.	8.4	.	7	2.6	22 27	.	.	.	1 4 76	SAN	
134	1	MOKOKOUMA	F2	TO	13 15 20	4 23 15	42.2	4 76	327.3	12.4	314.9	10	3.2	36	.	.	42	0 6 3 84	SAN	
135	1	KENNE	F1	.	12 49 55	4 30 33	42.2	5 76	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOF	
136	1	KENNE	F1	TO	12 49 55	4 30 33	.	77	329.4	8.4	321.0	8	0.5	40	.	.	68	0 14 2 84	YOF	
146	1	BERUI	F1	TO	12 54 40	4 20 55	.	77	397.1	10.1	387.0	.	0.7	56	38.2	.	87	0 15 2 84	YOF	
147	1	BERUI	F2	TO	12 54 40	4 20 55	.	3 78	.	.	.	.	0.0	64	.	.	.	81 3 78	YOF	
148	1	BERUI	F3	TO	12 54 40	4 20 55	.	3 78	.	.	.	.	0.0	.	.	.	.	9 3 78	YOF	
149	1	BERUI	F4	TO	12 54 40	4 20 55	.	3 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOF	
160	1	BOUREFO	F1	TO	12 48 35	4 20 20	.	77	403.2	19.7	383.5	7	1.8	39 63	30.4	.	887	0 14 2 84	YOF	
161	1	BOUREFO	F2	.	12 48 35	4 20 20	75.5	3 78	.	11.0	.	7	1.0	64	.	.	.	21 3 78	YOF	
169	1	DIOWARA	.	.	12 51 30	4 40 13	34.4	.	294.9	14.7	280.2	8	4.5	18 38	31.1	.	30	0 20 1 84	YOF	
170	1	DIOWARA	F2	.	12 51 30	4 40 13	63.3	6 76	.	12.5	.	10	1.0	40 43	.	.	.	2 6 76	YOF	
173	1	DITIRA	F1	.	12 59 00	4 32 30	63.3	5 76	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOF	
174	1	DITIRA	F2	.	12 59 00	4 32 30	63.3	5 76	.	.	.	12	.	.	.	.	.	19 5 76	YOF	
175	1	DITIRA	F1	.	12 59 00	4 32 30	40.0	.	305.6	26.0	279.6	12	7.0	39 44	31.1	.	31	0 21 1 84	YOF	
179	1	DORUSSO	F1	YO	12 40 13	4 41 35	.	81	300.3	13.2	287.1	12	5.2	33	30.8	.	.	16 2 84	YOF	
180	1	DORUSSO	F2	.	12 40 13	4 41 35	57.7	4 79	.	18.0	.	14	2.5	34	.	.	.	4 4 79	YOF	
181	1	SAN TF	F1	.	13 17 50	4 54 00	29.9	3 76	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
182	1	SAN TF	F2	.	13 17 50	4 54 00	15.5	3 76	.	10.4	.	14	3.0	12	.	.	.	18 3 76	SAN	
183	1	SAN BASE	F3	.	13 17 50	4 54 00	31.1	3 77	.	8.2	.	30	2.0	9 24	.	.	.	17 3 77	SAN	
184	1	SAN BASE	F4	.	13 17 50	4 54 00	61.1	4 77	.	8.3	.	10	4.2	18	28.5	.	38	1 4 77	SAN	
185	1	SAN MAITIE	F5	.	13 17 50	4 54 00	80.0	.	.	9.9	.	25	3.5	16	.	.	.	24 6 77	SAN	
186	1	SAN DEVCOM	F6	.	13 17 15	4 54 00	44.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
187	1	SAN ECOLE	F7	.	13 17 15	4 54 00	20.0	1 77	.	9.0	.	11	3.0	16	.	.	.	19 1 77	SAN	
188	1	SAN HOPIT	F8	.	13 17 15	4 54 00	79.9	3 77	.	10.	.	23	3.0	16 26	.	.	.	15 3 77	SAN	
189	1	SAN CERCLE	F9	.	13 17 15	4 54 00	78.8	6 77	.	.	12.8	12	5.0	17	.	.	.	26 6 77	SAN	
190	1	BOUGOUDALA	F1	SA	13 13 40	4 57 00	30.0	1 76	.	.	.	.	.	21	.	.	.	29 1 76	SAN	
191	1	BOUGOUDALA	F2	SA	13 13 40	4 57 00	.	77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
192	1	BOUGOUDALA	F3	SA	13 13 40	4 57 00	45.5	2 76	.	1.2	.	15	5.4	18	.	.	.	2 2 76	SAN	
193	1	BOUGOUDALA	F4	SA	13 13 40	4 57 00	42.2	2 76	.	1.3	.	.	6.0	16	.	.	.	4 2 76	SAN	
211	1	KOUTTALA	F1	.	12 23 35	5 27 55	84.4	0 78	.	0.4	.	12	18.0	16 82	.	.	.	11 0 78	KOUT	
212	1	KOUTTALA	F2	.	12 23 35	5 27 55	92.2	0 78	.	.	.	12	6.0	7 18 91	.	.	.	13 0 78	KOUT	
213	1	KOUTTALA	F3	.	12 23 35	5 27 55	92.2	0 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
214	1	KOUTTALA	ARAT	.	12 23 35	5 27 55	92.2	0 78	.	1.4	.	9	1.5	7 11 65	28.5	.	51	0 78	KOUT	
215	1	KOUTTALA	F5	.	12 23 35	5 27 55	99.9	0 78	.	1.1	.	11	2.0	12 24 55 90	.	.	.	31 0 78	KOUT	
216	1	KOUTTALA	F6	.	12 23 35	5 27 55	63.3	N 78	.	4.5	.	10	1.5	.	.	.	.	2 N 78	KOUT	
217	1	KOUTTALA	F7	.	12 23 35	5 27 55	96.6	N 78	.	5.8	.	17	2.5	.	.	.	.	3 N 78	KOUT	
218	1	KOUTTALA	F8	.	12 23 35	5 27 55	94.4	6 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
219	1	KOUTTALA	F9	.	12 23 35	5 27 55	80.0	6 79	.	4.8	.	12	1.0	.	.	.	.	17 6 79	KOUT	
220	1	KOUTTALA	F10	.	12 23 35	5 27 55	96.6	6 79	.	4.0	.	10	15.0	36 53 63 70	.	.	.	14 6 79	KOUT	
221	1	KOUTTALA	F11	.	12 23 35	5 27 55	75.5	6 79	.	.	.	7	2.0	33	.	.	.	13 5 79	KOUT	
222	1	KOUTTALA	F12	.	12 23 35	5 27 55	75.5	6 79	.	6.2	.	8	3.6	45	.	.	.	17 6 79	KOUT	
223	1	KOUTTALA	F13	.	12 23 35	5 27 55	75.5	6 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	

SQ = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCI = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTTALA (KO), DE YOFOSO (YO), DE FIA (CL)

COMPLET = COMPLETLEMENT DU FORAGE - ANNEE

EP.REC = PROFONDEUR DE RECOURBEMENT

EC = CONDUCTIVITE EN MICROMH/CM

ECH= 0 = PAS DE ECHANTILLON, 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR BGR, HANNOVER

NR	SD	NOM DU POINT	CRCI	COORDONNEES			PROF. COH-	ALTIT	PROF. SURF.	EP.	DEBIT	VENUE D'EAU			TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE			
*		I'FAU	*	(LATIT.)	LONGIT.	TOTAL	(M)	D'EAU	PJEZ.	REC*	M3/H	/	/	/	CELS	*	*	JAN	TOU			
224	1	KARANGASSO	F1	KO	12 16 45	5 15 35	53.3	N 78	.	5.5	.	20	2.5	14 36	.	.	.	7	N 78	KOUT		
225	1	KARANGASSO	F2	KO	12 16 45	5 15 35	53.3	N 78	.	18.6	.	23	.	19 25	.	.	.	22	N 78	KOUT		
226	1	KARANGASSO	F3	KO	12 16 45	5 15 35	25.9	.	397.8	22.	395.6	13	12.0	19 24 46	30.8	25	25	1	84	KOUT		
	2	KARANGASSO	MC	.	12 16 45	5 15 35	25.9	N 78	417.6	18.6	399.0	23	12.0	19 24 46	30.0	27	.	.	N 78	KOUT		
227	1	KARANGASSO	F4	KO	12 16 45	5 15 35	48.8	N 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT		
228	1	ZEBALA	F1	KO	12 18 35	5 09 20	79.9	D 78	.	4.6	.	8	1.8	12	30.2	88	4	D	78	KOUT		
229	1	ZEBALA	F2	KO	12 18 35	5 09 20	99.9	D 78	.	3.5	.	9	1.5	9 12	.	.	.	6	D	78	KOUT	
230	1	ZEBALA	F3	KO	12 18 35	5 09 20	68.2	.	362.6	4.7	357.9	9	1.5	9 12	.	500	0	25	1	84	KOUT	
231	1	ZEBALA	F4	KO	12 18 35	5 09 20	39.9	D 78	.	6.6	.	7	2.5	18 20 29 31	.	.	.	.	.	KOUT		
232	1	YAFOLA	F1	KO	12 24 20	5 07 30	93.3	D 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT		
233	1	YAFOLA	F2	KO	12 24 20	5 07 30	76.8	.	323.5	8.1	315.4	5	0.8	6 27	.	86	0	25	1	84	KOUT	
237	1	OULA	F1	KO	12 34 10	5 20 45	.	.	300.8	7.4	293.4	14	10.0	9 54	.	235	4	3	84	KOUT		
238	1	OULA	F2	KO	12 34 10	5 20 45	44.4	N 78	.	4.4	.	15	13.0	32 43	.	.	.	9	N	78	KOUT	
239	1	STRAKELE	F1	KO	12 30 45	5 28 40	70.0	N 78	.	4.2	.	9	2.6	6 42	.	.	.	16	N	78	KOUT	
240	1	STRAKELE	F2	KO	12 30 45	5 28 40	62.2	N 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT		
241	1	STRAKELE	F3	KO	12 30 45	5 28 40	70.0	D 78	345.4	11.4	334.0	11	2.5	10 16 52	29.4	38	0	26	1	84	KOUT	
242	1	SINTIE	F1	KO	12 29 45	5 32 45	80.0	N 78	.	6.7	.	4	3.0	9	.	.	.	23	N	78	KOUT	
243	1	SINTIE	F2	KO	12 29 45	5 32 45	.	N 78	350.0	11.6	338.4	9	2.5	4 22	.	45	0	4	3	84	KOUT	
244	1	SINTIE	F3	KO	12 29 45	5 32 45	80.0	N 78	.	6.7	.	3	2.5	8 29	.	.	.	28	N	78	KOUT	
245	1	SINTIE	F4	KO	12 29 45	5 32 45	89.9	N 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT		
246	1	ZANKOROLA	F1	KO	12 30 00	5 36 40	.	D 78	350.1	11.1	339.0	31	9.0	28	.	165	0	4	3	84	KOUT	
247	1	ZANKOROLA	F2	.	12 30 00	5 36 40	37.7	D 78	.	8.0	.	37	2.0	37	.	.	.	12	D	78	KOUT	
248	1	NEGUELA	F1	KO	12 28 30	5 38 50	.	D 78	366.3	11.0	355.3	35	7.0	.	30.2	54	0	4	3	84	KOUT	
249	1	NEGUELA	F2	KO	12 28 30	5 38 50	62.2	D 78	.	13.5	.	32	2.5	25 36	.	.	.	19	D	78	KOUT	
250	1	KOLONI	F1	KO	12 46 45	5 19 30	62.2	2 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT		
251	1	KOLONI	F2	KO	12 46 45	5 19 30	53.3	2 79	.	6.0	.	.	.	.	.	80	12	2	79	KOUT		
252	1	KOLONI	F3	KO	12 46 45	5 19 30	.	82	303.9	8.2	295.7	.	.	.	29.8	200	0	27	1	84	KOUT	
253	1	BOROSSO	F1	KO	12 29 55	5 08 55	.	.	328.9	9.0	319.9	17	3.2	19	.	25	0	1	2	84	KOUT	
254	1	BOROSSO	F2	KO	12 29 55	5 08 55	50.0	N 78	.	8.0	.	17	5.2	15 24	.	.	.	14	N	78	KOUT	
255	1	SOURBASSO	F2	KO	12 32 00	5 14 15	60.0	3 84	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT		
256	1	M'PESSOBA	F1	KO	12 40 20	5 43 00	.	1 79	304.0	14.7	289.3	5	1.0	42	30.8	100	0	3	3	84	KOUT	
257	1	M'PESSOBA	F2	KO	12 40 20	5 43 00	75.5	1 79	.	4.2	.	6	0.9	43	.	.	.	4	1	79	KOUT	
258	1	NTIESSO	F1	BL	12 57 20	5 23 20	62.2	1 79	.	12.2	.	12	9.0	18	.	.	.	23	1	79	KOUT	
259	1	NTIESSO	F2	BL	12 57 20	5 23 20	.	.	283.1	15.3	267.8	15	7.8	22	30.6	75	0	27	1	84	KOUT	
265	1	YANGASSO	F3	BL	13 04 15	5 19 00	45.5	7 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC		
266	1	YANGASSO	F4	BL	13 04 15	5 19 00	45.5	1 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19	1	79	K-MC	
267	1	YANGASSO	F5	BL	13 04 15	5 19 00	53.3	1 79	.	1.3	.	27	7.0	20 27	.	.	.	24	1	79	K-MC	
268	1	YANGASSO	F6	BL	13 04 15	5 19 00	53.3	1 79	.	1.4	.	27	.	15 16 29	.	.	.	26	1	79	K-MC	
269	1	YANGASSO	F7	BL	13 04 15	5 19 00	44.4	6 79	.	1.3	.	32	8.0	.	.	.	.	22	6	79	K-MC	
270	1	KOUTIENSO	F2	BL	13 00 05	5 25 20	70.0	1 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC		
271	1	KOUTIENSO	F3	BL	13 00 05	5 25 20	70.0	1 79	.	11.6	.	8	1.2	19	.	.	.	25	1	82	K-MC	
272	1	SAFOLO, PS	F4	BL	13 02 15	5 26 40	91.5	1 79	282.4	.	.	33	4.5	19 38 63	.	.	.	0	2	3	84	K-MC
	2	SAFOLO	F4	.	.	.	92.	1 79	.	.	.	33	4.5	19 38 63	29.0	72	.	.	.	K-MC		
273	1	BE	F1	BL	13 08 55	5 29 40	45.5	N 77	.	.	.	22	.	14	.	.	.	15	N	77	K-MC	
274	1	BE	F2	BL	13 08 55	5 29 40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC	
275	1	BE	F3	.	13 08 20	5 29 50	80.0	1 79	.	.	.	32	.	32 37 43	30.0	39	04	3	82	K-MC		
276	1	NIARASSO	F1	BL	12 59 25	5 26 30	88.8	N 77	280.8	11.8	269.0	15	1.5	17	28.4	105	0	3	3	84	KOUT	
277	1	HERMAKOND	F1	BL	13 01 00	5 23 25	83.3	N 77	286.7	20.1	266.6	21	3.0	32	30.0	38	0	3	3	84	K-MC	
279	1	MASSASSO, PS	F1	BL	13 05 25	5 32 50	.	.	281.2	.	.	31	10.8	16	.	31	0	29	2	84	K-MC	
280	1	NDOSSO, PS	F1	BL	13 13 10	5 21 35	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC	

SD = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCI = (CERCI DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE BIA (BL))

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS - ANNEE

EP, REC = LEVEISSEUR DE RECOUVEMENT

EC+ = CONDUCTIVITE EN MICROMHSCM

ECHO = 0 = PAS DE ECHANTILLON, 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR BGR, HANNOVER

NR	SQ	NOM DU POINT	CRCL	COORDONNEES		PROF.	CON-	ALIT	PROF.	SURF.	EF.	DEBIT	VENNE	D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE
*	*	D'EAU	*	LATIT.	LONGIT.	TOTAL	PLET	(M)	D'EAU	FIEZ.	RFC*	M3/H	/	/	CELS	*	*	J/M/ A	JGN
297	1	KALEDOUNGOU	F1	12 35 20	4 53 50	22.2	78	306.3	9.9	296.4	.	6.3	23	30.1	160	0	19 1 84	YOR	
298	1	KALEDOUNGOU	F2	12 35 20	4 53 50	60.0	4 79	.	13.0	.	22	15.0	23 55	.	.	.	6 4 79	YOR	
299	1	ZAGOUNSO	F1	12 32 50	4 47 40	61.1	4 79	329.3	9.3	320.0	6	1.5	42	30.2	45	0	19 1 84	YOR	
300	1	ZAGOUNSO	F2	12 32 50	4 47 40	62.2	4 79	.	.	.	6	4.2	16 33	.	.	.	10 4 79	YOR	
307	1	NAMFENA	F1	YO 12 15 50	4 49 30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
308	1	NAMFENA	F2	12 15 50	4 49 30	70.0	4 79	.	13.	.	2	4.2	29 50	.	.	.	24 4 79	YOR	
309	1	SIMONA	F1	YO 12 17 20	4 53 20	44.4	4 79	.	15.0	.	.	4.0	16	.	.	.	13 4 79	YOR	
310	1	SIMONA	F2	YO 12 17 20	4 53 20	.	.	396.7	8.6	388.1	7	0.9	12 54	.	155	0	6 2 84	YOR	
311	1	SINKOLO	F1	12 12 20	5 02 25	.	4 79	.	15.0	.	4	6.0	15 20	29.0	50	.	3 3 82	ROUTE	
312	1	SINKOLO	F2	12 12 20	5 02 25	62.2	4 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	ROUTE		
313	1	BOURA	F1	12 24 50	4 32 40	21.1	79	439.3	10.2	429.1	9	2.0	19 41	29.2	78	1	78 1 84	YOR	
314	1	BOURA	F2	12 24 50	4 32 40	53.3	3 79	.	.	.	13	5.2	15	.	.	.	5 3 79	YOR	
315	1	KOMI	F1	YO 12 28 05	4 32 50	61.1	3 79	.	17.0	.	5	0.9	20	.	.	.	19 3 79	YOR	
316	1	KOMI	F2	YO 12 28 05	4 32 50	.	78	449.8	15.4	434.4	6	1.0	18	28.8	.	0	16 2 84	YOR	
319	1	MOUNIA	F1	12 27 50	4 36 20	65.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
320	1	MOUNIA	F2	12 27 50	4 36 20	62.2	3 79	.	15.0	.	13	1.0	17 21	.	.	.	2 3 79	YOR	
324	1	KOURY ECOL	F2	YO 12 10 40	4 48 10	.	81	341.1	10.6	330.5	29	3.0	.	27.6	295	0	7 2 84	YOR	
323	1	KOURT	F1	YO 12 10 40	4 48 10	.	0 79	.	.	.	17	.	.	.	.	.	11 0 79	YOR	
327	1	DINKE	F2	TO 13 20 40	4 26 35	52.5	1 78	.	.	.	14	0.4	32	.	.	.	04 1 78	SAN	
328	1	SAFIENSO	F3	13 14 15	4 28 25	52.5	0 77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
329	1	SAFIENSO	F3	TO 13 14 15	4 28 25	.	.	305.1	13.1	292.0	9	4.8	27 45	29.6	70	0	13 2 84	SAN	
331	1	TION	F1	TO 13 17 05	4 40 00	80.0	1 79	.	.4	.	8	8.0	18 23	.	60	.	27 1 79	SAN	
332	1	TION	F2	TO 13 17 05	4 40 00	70.0	1 79	.	.	.	6	2.0	22	.	.	.	29 1 79	SAN	
333	1	TION	F3	TO 13 17 05	4 40 00	72.2	5 79	.	.	.	5	0.1	19	.	.	.	3 5 79	SAN	
333	1	TION	F4	TO 13 17 05	4 40 00	88.8	5 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
340	1	KANKOLOSSO	F1	TO 13 11 45	4 21 05	.	.	342.5	14.9	327.6	12	1.4	14 39	.	.	.	6 3 84	SAN	
346	1	LENEKUI	F1	TO 13 02 10	4 33 00	.	4 78	.	.	.	.	0.0	.	.	.	.	3 4 78	SAN	
347	1	LENEKUI	F2	TO 13 02 10	4 33 00	.	5 78	288.7	22.5	266.2	24	3.6	24	30.4	75	0	13 2 84	SAN	
348	1	LENEKUI	F3	TO 13 02 10	4 33 00	61.1	4 78	.	15.0	.	28	2.7	34	.	.	.	6 4 78	SAN	
353	1	DEBELE	F2	TO 13 01 55	4 41 15	61.1	5 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
354	1	DEBELE	F2	TO 13 01 55	4 41 15	.	80	282.4	14.9	267.5	.	.	.	27.4	125	0	14 2 84	SAN	
359	1	MAYORO	F1	12 55 50	4 37 00	36.6	.	311.0	7.1	303.9	5	0.2	9	31.4	590	0	21 1 84	YOR	
360	1	MAYORO	F2	12 55 50	4 37 00	.	.	.	.	.	4	1.0	36	.	210	1	21 1 84	YOR	
361	1	MAYORO	F3	12 55 50	4 37 00	79.9	6 78	.	7.3	.	4	1.0	11	.	.	.	2 6 78	YOR	
362	1	SOALO	F1	12 54 50	4 33 05	40.0	6 78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
363	1	SOALO	F2	TO 12 54 50	4 33 05	.	78	326.8	14.9	311.9	6	0.8	22	30.0	90	0	14 2 84	YOR	
366	1	IARUT	F1	13 06 00	4 40 05	75.5	4 78	.	15.0	.	14	0.6	27	.	.	.	21 4 78	SAN	
373	1	SAN PL RIZF10	F1	13 17 15	4 54 00	74.4	2 78	.	.	.	30	4.0	16	.	.	.	32 2 78	SAN	
374	1	SAN JUSTI	F11	13 17 15	4 54 00	70.0	5 78	.	9.0	.	14	5.2	24	.	.	.	10 5 78	SAN	
375	1	SAN LC FR	F12	13 17 15	4 54 00	62.2	0 77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
376	1	SAN SGE	F13	13 17 15	4 54 00	26.6	0 78	.	6.3	.	>26	3.0	16	.	.	.	4 0 78	SAN	
378	1	SINZARA P	F1	13 08 10	4 52 20	26.6	0 77	.	.	.	10	0.3	.	.	.	.	15 3 84	SAN	
379	1	SINZARA P	F2	13 08 10	4 52 20	26.6	0 77	.	.	.	.	.	27	.	.	.	7 0 77	SAN	
380	1	SINZARA P	F3	13 08 10	4 52 20	66.6	0 77	.	15.9	.	13	9.8	23 28	.	.	.	9 0 77	SAN	
381	1	SINZARA BOUF4	F4	13 08 10	4 52 20	88.8	0 77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
383	1	KORO	F1	SA 13 22 25	4 43 55	21.1	0 78	281.0	7.8	273.2	16	5.4	.	28.0	60	.	10 2 84	SAN	
		2 KORO	F1	.	.	21.1	.	281.0	7.8	273.2	.	.	.	.	50	0	28 2 84	SAN	
384	1	KORO	F2	SA 13 22 25	4 43 55	39.3	0 78	.	11.0	.	.	0.3	26	.	.	.	24 0 78	SAN	
385	1	KORO	F3	SA 13 22 25	4 43 55	52.8	2 79	.	.	.	18	1.8	10 12 18	.	.	.	22 2 79	SAN	
386	1	KORO	F4	SA 13 22 25	4 43 55	19.2	2 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	

SQ = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE RIA (PL)

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE. MOTS - ANNEE

EP.REC = EPaisseur DE RECOUVREMENT

EC\* = CONDUCTIVITE EN MICROMHUS/CM

LCM\* 0 = PAS DE ECHANTILLON. 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR BGR. HANNOVER

NR	SQ	NOM DU POINT	CRCL	COORDONNEES			PROF. COM-	ALTIT	PROF. SURF.	EP.	DEBIT	VENUE D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE	
		D'EAU	* LATIT.	* LONGIT.	TOTAL	FLET	(M)	D'EAU	PIEZ.	REC*	M <sup>3</sup> /H	/ / /	CELS	%	* J/M	A	IGN	
387	1	KORO	F5	SA	13 22 25	4 43 55	18.2	3 79	.	6.2	.	18	13.0	14	.	12 3 79	SAN	
389	1	DIGUIYARA	F1		13 10 0	4 54 40	18.2	3 78	.	.	.	10	0.2	26	.	15 3 84	SAN	
390	1	YOROUBOUGOU	F1		13 08 55	4 53 00	18.2	2 79	.	.	.	6	0.2	.	.	15 3 84	SAN	
391	1	YOROUBOUGOU	F2		13 08 55	4 53 00	18.2	2 74	.	.	.	10	.	.	.	19 2 74	SAN	
392	1	YOROUBOUGOU	F3		13 08 55	4 53 00	18.8	6 74	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
393	1	TAFLA	F1		13 11 40	4 52 50	18.8	5 78	.	.	.	17	2.5	23	.	15 3 84	SAN	
396	1	BADALA	F1	SA	13 10 45	4 49 05	74.2	3 81	273.7	16.8	257.0	17	0.8	55	29.4	400	0 11 2 84	SAN
397	1	BADALA	F2	SA	13 10 45	4 49 05	67.7	5 79	.	.	.	.	0.0	.	.	31 5 79	SAN	
402	1	ZANGABELENAF1			13 07 55	4 57 55	67.7	0 77	.	.	.	12	0.9	16 27	.	15 3 84	SAN	
403	1	ZANGABELENAF2			13 07 55	4 57 55	80.0	0 77	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
404	1	DASSO	F1	SA	13 03 50	4 59 00	74.4	2 78	.	7	.	6	0.8	37	.	28 2 78	SAN	
405	1	DASSO	F2	SA	13 03 50	4 59 00	64.6	3 78	303.0	6.0	297.0	7	0.4	19	.	230	0 23 1 84	SAN
415	1	KADIOLOKO	FF1		13 06 45	4 49 25	57.7	6 78	.	.	.	.	0.0	.	.	27 6 78	SAN	
416	1	KADIOLOKO	FF2		13 06 45	4 49 25	66.6	6 78	.	1.5	.	11	1.2	34	.	28 6 78	SAN	
417	1	KADIOLOKO	BF1		13 06 45	4 49 25	57.7	6 78	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
418	1	KADIOLOKO	F2		13 06 45	4 49 25	57.7	6 78	273.9	14.7	259.2	11	1.2	34	30.0	160	1 17 1 84	SAN
419	1	M'ISSO	F2	SA	12 57 45	4 56 00	27.9	.	310.5	23.9	286.6	9	0.5	26	.	237	0 10 2 84	YOR
421	1	WAKI	F2		12 50 40	4 59 20	75.5	6 78	.	7.0	.	9	0.6	31	.	12 6 78	YOR	
422	1	WAKI	F3		12 50 40	4 59 20	66.6	6 78	.	7.5	.	9	0.9	9 16 43	.	13 6 78	YOR	
423	1	KIMPARANA	F1		12 00 10	4 55 35	88.8	0 77	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
424	1	KIMPARANA	F2		12 00 10	4 55 35	66.6	0 77	.	3.8	.	8	5.8	10 20	.	21 0 77	YOR	
434	1	BOISSONI	FS F2	TO	13 19 00	4 39 05	.	.	276.9	.	.	5	8.3	19 24 30	31.6	240	0 28 2 84	SAN
433	1	TOMINTAN	F12		13 17 30	4 35 30	57.7	1 78	.	4.7	.	11	15.0	42 50	.	24 1 78	SAN	
	2	BOISSONI	F2		13 18 55	4 38 55	70.0	2 79	.	9.0	.	5	8.3	19 24 30	30.5	185	2 3 82	SAN
438	1	DIGUIYARA	F2		13 10 00	4 54 40	36.6	3 78	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
445	1	BLA MASQ	F1	BL	12 57 00	5 45 40	40.0	7 79	.	11.8	.	21	3.6	.	.	11 7 79	KOUT	
446	1	BLA MATERN	F2	BL	12 57 00	5 45 40	43.3	7 79	.	12.0	.	20	3.0	.	.	12 7 79	KOUT	
447	1	BLA ECOLE	F3	BL	12 57 00	5 45 40	.	.	284.1	14.5	269.6	21	7.9	.	28.2	100	0 3 2 84	KOUT
448	1	BLA MAIS P	F4	BL	12 57 00	5 45 40	34.3	7 79	.	.	.	19	5.0	20 25	28.0	389	.	KOUT
449	1	BLA ELEV	F5	BL	12 57 00	5 45 40	85.5	7 79	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
450	1	NIALA	F1	BL	12 56 40	5 51 30	56.6	7 79	.	.	.	18	7.2	25 40 50	28.5	25	5 3 82	KOUT
451	1	NIOLA	F2	BL	12 56 40	5 51 30	.	.	299.8	21.6	278.2	13	4.8	.	.	35	0 3 2 84	KOUT
452	1	NIALA	F3	BL	12 56 40	5 51 30	75.5	7 79	.	16.0	.	28	5.6	.	.	26 7 79	KOUT	
455	1	BLA MDT	F6	BL	12 57 00	5 45 40	75.5	8 79	.	24.8	.	21	1.0	.	.	3 8 79	KOUT	
456	1	TOUNA MAR	F1	BL	13 06 55	5 49 45	61.1	7 79	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC	
457	1	TOUNA	F2	BL	13 06 55	5 49 45	52.2	77	286.0	21.9	264.1	29	5.0	.	.	147	0 3 2 84	K-MC
	2	TOUNA RES	F2	BL	13 06 55	5 49 45	43.3	7 79	313.5	.	.	30	5.0	29.5	72	.	K-MC	
462	1	BE	F4	BL	13 08 55	5 29 40	61.1	5 80	.	.	.	2242	12.	42	.	12 5 80	K-MC	
463	1	YOROSSO	F1	YO	12 21 10	4 46 40	53.3	5 80	.	15.5	.	23	10.8	35	.	15 5 80	YOR	
465	1	YOROSSO	F2	YO	12 21 10	4 46 40	66.6	7 80	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
466	1	YOROSSO	F3	YO	12 21 10	4 46 40	66.6	7 80	.	.	.	.	0.3	.	.	3 7 80	YOR	
467	1	YOROSSO	F4	YO	12 21 10	4 46 40	62.2	7 80	.	.	.	.	0.5	.	.	9 7 80	YOR	
474	1	FIKOURO	F1	YO	12 11 05	4 52 40	74.4	6 80	.	6.8	.	24	3.6	19	.	9 6 80	YOR	
475	1	FIKOURO	F2	YO	12 11 05	4 52 40	.	81	349.2	9.7	339.5	24	2.5	16 19 20	27.4	250	0 7 2 84	YOR
476	1	YOROSSO	F5	YO	12 21 10	4 46 40	.	6 80	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
477	1	YOROSSO	F6	YO	12 21 10	4 46 40	6.2	6 80	.	.	.	9	1.0	39	.	24 6 80	YOR	
478	1	YOROSSO	F7	YO	12 21 10	4 46 40	62.2	6 80	.	.	.	9	1.0	25	.	25 6 80	YOR	
479	1	YOROSSO	F8	YO	12 21 10	4 46 40	62.2	6 80	.	.	.	.	.	.	.	26 6 80	YOR	
480	1	YOROSSO	F9	YO	12 21 10	4 46 40	52.2	6 80	.	.	.	10	3.0	22	.	27 6 80	YOR	
481	1	YOROSSO	F10	YO	12 21 10	4 46 40	52.2	7 80	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	

SQ = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE BLA (BL)

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS - ANNEE

EP.REC = LEVASSSEUR DE RECOURVEMENT

EC\* = CONDUCTIVITE EN MICRONIUS/CM

ECH\* 0 = PAS DE ECCHANTILLON. 1 = ECCHANTILLON ANALYSE PAR BGR. HANNOVER

NR	SD	NOM DU POINT	CRCL	COORDONNEES		PROF.	CON-	ALIT	PROF.	SURF.	EP.	DEBIT	VENUE	D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE	
*	*	D'EAU	*	LATIT.	LONGIT.	TOTAL	PIET	(M)	D'EAU	FIEZ.	REC*	M3/H	/	/	/	CELS	*	*	J/M/A	(GN)
482	1	KIMPARANA	F4	12 00 10	4 55 35	99.9	6 80	.	.	.	9	3.0	.	.	.	.	.	.	2 6 80	YOR
483	1	KIMPARANA	F5	12 00 10	4 55 35	81.1	6 80	.	.	.	8	1.0	76	.	.	.	.	.	7 6 80	YOR
484	1	TIFDIANA	F1	12 47 30	4 52 50	68.8	6 80	.	.	.	9	1.0	41 43	.	.	.	.	.	5 6 80	YOR
485	1	SAN BA MAUF	F14	13 17 15	4 54 00	70.0	7 80	.	.	.	20	18.0	35 50	.	.	.	.	.	23 7 80	SAN
493	1	KOUTIALA	F14	12 23 35	5 27 55	93.3	5 80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
494	1	KOUTIALA	F15	12 23 35	5 27 55	122.	4 80	.	1.3	.	12	15.0	11 24 90	.	.	.	.	30 4 80	KOUT	
495	1	KOUTIALA	F16	12 23 35	5 27 55	101.	4 80	.	7.4	.	15	10.0	14 19 61	.	.	.	.	30 4 80	KOUT	
496	1	KOUTIALA	F17	12 23 35	5 27 55	72.2	7 80	.	.	.	20	1.0	26 56	.	.	.	.	3 7 80	KOUT	
497	1	KOUTIALA	F18	12 23 35	5 27 55	90.0	7 80	.	.	.	18	2.0	50	.	.	.	.	2 7 80	KOUT	
498	1	KOUTIALA	F19	12 23 35	5 27 55	103.3	7 80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
499	1	SAN ENSEC	F15	13 17 15	4 54 00	26.6	9 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10 9 79	SAN	
500	1	SAN ENSEC	F16	13 17 15	4 54 00	20.0	9 79	.	9.7	.	>20	11.0	7- 2	.	.	.	.	13 9 79	SAN	
501	1	SAN ENSEC	F17	13 17 15	4 54 00	22.2	9 79	.	9.4	.	22	3.8	7 14	.	.	.	.	19 9 79	SAN	
502	1	SAN ENSEC	F18	13 17 15	4 54 00	23.3	9 74	.	10.3	.	>23	13.0	.	.	.	.	.	24 9 74	SAN	
503	1	BIFNSO		13 16 50	4 57 55	21.1	9 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
504	1	SAN DICMA	F19	13 17 15	4 54 00	67.7	0 74	.	11.6	.	22	3.5	.	.	.	.	.	25 0 79	SAN	
505	1	SAN SANGU	F20	13 17 15	4 54 00	18.8	0 79	.	3.4	.	>18	20.0	.	.	.	.	.	30 0 79	SAN	
506	1	SAN SANGU	F21	13 17 15	4 54 00	27.7	N 79	.	3.3	.	>26	60.0	.	.	.	.	.	5 N 79	SAN	
507	1	SAN DACU	F22	13 17 15	4 54 00	88.	0 79	.	10.2	.	17	7.2	.	.	.	.	.	31 0 79	SAN	
508	1	SAN PEPIN	F23	13 17 15	4 54 00	62.2	N 79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
509	1	SAN PEPIN	F24	13 17 15	4 54 00	85.5	N 79	.	10.0	.	26	77.2	.	.	.	.	.	9 N 79	SAN	
510	1	SAN PEPIN	F25	13 17 15	4 54 00	29.9	N 79	.	10.0	.	28	15.0	.	.	.	.	.	15 N 79	SAN	
530	1	SAN STADE	F26	13 17 15	4 54 00	29.9	2 80	.	.	.	.	5.0	.	.	.	.	.	9 2 80	SAN	
531	1	SAN ECSAN	F27	13 17 15	4 54 00	29.9	1 80	.	8.8	.	21	.	.	.	.	.	.	21 1 80	SAN	
532	1	SAN MJEUN	F28	13 17 15	4 54 00	110.	1 80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
533	1	SINZARA II	F5	13 08 10	4 52 20	61.1	2 80	.	.	.	5	2.0	23	.	.	.	.	1 2 80	SAN	
534	1	SINZARA II	F6	13 08 10	4 52 20	15.5	2 80	.	.	.	7	1.0	43	.	.	.	.	2 2 80	SAN	
341	1	MANDIAKUI	F1	13 00 40	4 28 00	75.5	0 77	.	16.0	.	30	13.5	19 26 35 40	28.5	270	.	.	27 0 77	SAN	
542	1	DORWO	F1	13 09 30	4 24 30	71.1	2 80	.	17.8	.	9	0.2	.	.	.	.	.	6 2 80	SAN	
543	1	DORWO	F2	13 09 30	4 24 30	61.1	2 80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
544	1	MANDIAKUI	F2	13 00 40	4 28 00	43.3	2 80	.	7.0	.	25	7.0	33	.	.	.	.	8 2 80	SAN	
546	1	TIGAMA	F1	BL 13 03 15	5 54 15	71.0	1 80	.	.	.	9	3.0	.	.	.	.	.	10 1 80	K-MC	
547	1	TIGAMA	F2	BL 13 03 15	5 54 15	60.0	1 80	.	.	.	8	2.8	.	.	.	.	.	11 1 80	K-MC	
548	1	TIGAMA	F3	BL 13 03 15	5 54 15	.	.	282.6	16.4	266.2	40	20.0	.	.	27.8	387	0	3 2 84	K-MC	
549	1	TOUNA CMDT	F3	BL 13 06 55	5 49 45	39.9	2 80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC
550	1	YOROSSO	F11	YO 12 21 10	4 46 40	36.6	3 80	.	10.5	.	7	1.0	16 23 26	.	.	.	.	3 3 80	YOR	
551	1	YOROSSO	F12	YO 12 21 10	4 46 40	53.3	3 80	.	11.0	.	7	2.0	35	.	.	.	.	4 3 80	YOR	
552	1	YOROSSO	F13	YO 12 21 10	4 46 40	53.3	3 80	.	11.2	.	8	3.0	.	.	.	.	.	5 3 80	YOR	
553	1	YOROSSO	LEBOS	YO 12 21 10	4 46 40	53.3	3 80	.	10.8	.	.	6.0	20 39	30.0	30	.	.	.	YOR	
554	1	YOROSSO	F15	YO 12 21 10	4 46 40	53.3	3 80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
578	1	YOROSSO	F16	YO 12 21 10	4 46 40	53.3	7 80	.	10.2	.	3	0.3	40	.	.	.	.	5 7 80	YOR	
579	1	YOROSSO	F17	YO 12 21 10	4 46 40	62.2	7 80	.	7.6	.	5	1.5	43	.	.	.	.	8 7 80	YOR	
580	1	YOROSSO	F18	YO 12 21 10	4 46 40	66.6	7 80	.	13.0	.	8	0.6	29	.	.	.	.	3 7 80	YOR	
581	1	YOROSSO	F19	YO 12 21 10	4 46 40	66.6	7 80	.	11.0	.	11	0.1	48	.	.	.	.	10 7 80	YOR	
582	1	SAN I KONFF	F29	13 17 15	4 54 00	30.0	7 80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
583	1	SAN DR SATF	F30	13 17 15	4 54 00	25.5	7 80	.	8.4	.	>25	2.0	.	.	.	.	.	20 7 80	SAN	
505	1	MINAMBA	F1	12 23 50	4 40 30	13.2	0 80	426.9	6.4	420.5	8	0.8	27	30.0	54	0	18 1 84	YOR		
586	1	MINAMBA	F2	12 23 50	4 40 30	62.2	0 80	.	6.4	.	7	3.2	29 47	.	.	.	.	30 0 80	YOR	
587	1	TIFDIANA	F2	12 47 30	4 52 50	75.5	.	300.6	11.5	289.1	9	1.0	4 43	30.0	170	0	20 1 84	YOR		
593	1	SINDE	F1	12 32 30	4 40 05	44.4	N 80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR

SD = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = (LRCL DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE BLA (BL)

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS - ANNEE

EP.REC = FRAISSEUR DE RECOURBEMENT

EC. = CONDUCTIVITE EN MICROMHMS/CM

ECH= 0 = PAS DE ECHANTILLON. 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR BOB HARNOVER

NR	SEQ	NOM DU POINT	CRCL	COORDONNEES		PROF. CON-	ALIT PROF.	SURF. EP.	DEBIT	VENUE D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE		
*	*	D'EAU	*	LATIT.	LONGIT.	TOTAL	(M)	PIEZ. REC*	M3/H	/ / /	CELS	*	* J/M/ A	IGN			
594	1	SEINDE	F2	12 37 30	4 40 05	30.0	353.9	10.1	343.8	12	4.2	22	30.3	62	1 79 1 84	YOR	
595	1	MOUNTOUROU	F1	1 23 23	4 37 05	70.0	N 80	11.8	.	6	0.1	46	.	.	18 N 80	YOR	
596	1	MOUNTOUROU	F2	YO 12 32 30	4 37 05	.	363.0	9.3	353.7	6	4.2	25	.	.	16 7 84	YOR	
598	1	KAHFAGOSSO	F1	SA 12 54 00	4 58 12	59.9	N 80	10.9	.	52	8.0	34 36 40	.	.	3 N 80	YOR	
599	1	KAHFAGOSSO	F2	SA 12 54 00	4 58 12	5.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	FOR	
600	1	KIMFARANA	F6	12 00 10	4 55 35	43.3	N 80	6.8	.	9	1.0	58	.	.	17 N 80	YOR	
601	1	KIMFARANA	F7	12 00 10	4 55 35	49.9	N 80	.	.	9	8.0	18 43 46	.	.	20 N 80	YOR	
606	1	NIHAMA	F2	12 23 50	4 40 30	62.2	O 90	4.0	.	7	1.2	18	.	.	15 O 80	YOR	
608	1	MAKENA	F1	YO 12 43 35	4 33 20	52.2	N 80	11.9	.	12	50.	25 35 44	.	.	27 N 80	YOR	
609	1	MAKENA	F2	YO 12 43 35	4 33 20	.	O 84	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
610	1	NIASSO	F1	YO 12 37 30	4 31 45	.	352.2	15.8	336.4	6	0.7	35 60	30.4	125	0 15 7 84	FOR	
611	1	NIASSO	F2	YO 12 37 30	4 31 45	62.2	O 80	14.0	.	6	1.0	32	.	.	12 O 80	YOR	
612	1	KOUKI FCULE?	F2	12 10 40	4 48 10	62.2	O 79	12.0	.	22	4.9	19	30.0	252	3 3 82	FOR	
612	1	KOUKI	F3	YO 12 10 40	4 48 10	56.6	O 80	12.0	.	22	4.9	19	30.0	252	17 O 80	FOR	
617	1	MORTILA	F1	SA 12 40 00	5 03 00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
618	1	ZAMPALA	F1	12 39 50	4 54 30	16.3	308.7	13.4	295.3	24	6.0	18	27.4	67	0 20 1 84	YOR	
619	1	ZAMPALA	F2	12 39 50	4 54 30	46.	O 80	8.0	.	24	8.0	15 28	.	.	13 O 80	YOR	
620	1	DUERERA	F1	SA 12 46 10	4 59 25	6 6.4	308.7	17.9	288.8	7	10.0	28 32	29.8	60	0 24 1 84	YOR	
621	1	DUFREA	F2	SA 12 46 10	4 59 25	68.8	O 80	11.0	.	7	1.0	36 50	.	.	23 O 80	YOR	
622	1	NIWAGASSO	F1	SA 12 46 10	4 59 25	58.8	O 80	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
624	1	DIONKOUNA	F1	12 23 50	4 39 05	65.5	O 80	8.6	.	11	2.4	.	.	40	23 O 80	YOR	
625	1	DIONKOUNA	F2	12 23 50	4 39 05	50.0	O 80	9.3	.	13	5.0	17 25	.	.	24 O 80	YOR	
626	1	BE	F5	RL 13 08 55	5 29 40	42.2	O 80	1.1	.	.	8.0	.	.	.	13 O 80	K-RL	
627	1	BE	F6	RL 13 08 55	5 29 40	53.3	O 80	1.0	.	25	10.0	.	.	.	20 O 80	K-RL	
629	1	FANTASSO B	F1	SA 12 58 00	5 11 05	46.4	1 81	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
630	1	FANGASSO	F2	SA 12 58 00	5 11 05	5 81	286.9	9.4	277.5	6	1.0	35	38.6	155	0 2 2 84	KOUT	
631	1	FANGASSO F	F3	SA 12 58 00	5 11 05	65.5	1 81	12.0	.	6	1.0	32 50	.	.	12 1 81	KOUT	
632	1	OUAFAGOUAF1	SA	12 55 50	5 04 10	.	307.4	18.6	288.8	.	1.5	37 67	30.2	125	10 2 84	KOUT	
633	1	OUAFAGOUAF2	SA	12 55 50	5 04 10	56.6	1 81	15.2	.	7	1.0	40 45	.	.	16 1 81	KOUT	
635	1	YACOUKAROUF1	SA	12 51 10	5 10 30	5.9	6 81	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
636	1	YACOUKAROUF2	SA	12 51 10	5 10 30	55.5	2 84	16.3	273.7	.	1.5	21 40	28.8	150	.	KOUT	
660	1	DIELI	F1	SA 13 03 35	5 06 55	.	81	290.4	12.4	278.0	13	4.0	30.2	30	0 10 2 84	K-MC	
661	1	DIELI	F2	SA 13 03 35	5 06 55	65.	2 81	.	9	13	7.0	.	.	.	10 2 81	K-MC	
662	1	DONTIESSO	F1	SA 12 57 25	5 04 00	.	80	307.0	19.6	287.4	15	1.5	30.2	102	0 10 2 84	KOUT	
663	1	DONTIESSO	F2	SA 12 57 25	5 04 00	66.6	2 81	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
666	1	MOLONI	F1	13 09 45	5 27 55	51.	2 81	.	.	17	10.0	30 40	29.0	190	4 3 82	K-MC	
667	1	MOLONI	F2	RL 13 10 00	5 27 50	.	280.0	14.4	265.6	17	7.0	30 40	30.4	80	0 29 7 84	K-MC	
668	1	MOLORALA	F1	KO 12 10 45	5 19 55	2.7	3 81	333.4	6.2	327.2	26	15.0	17 26	30.0	27	0 31 1 84	KOUT
669	1	MOLORALA	F2	KO 12 10 45	5 19 55	61.1	3 81	11.0	.	5	3.0	18 60	.	.	5 3 81	KOUT	
670	1	MOLORALA	F3	KO 12 10 45	5 19 55	70.0	3 81	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
672	1	KANI	F1	KO 12 15 06	5 10 20	44.	3 81	379.6	9.7	369.9	11	3.2	13 25	.	258	0 31 1 84	KOUT
673	1	KANI	F2	KO 12 15 06	5 10 20	31.1	3 81	.	7.8	>30	4.0	22	.	.	13 9 81	KOUT	
678	1	KAFALA	F1	KO 12 12 35	5 27 50	.	5 81	347.0	14.1	332.9	5	0.8	25	.	54	0 31 1 84	KOUT
679	1	KAFALA	F2	KO 12 12 35	5 27 50	70.0	4 81	.	8.2	.	4	0.2	16	.	.	10 4 81	KOUT
680	1	KAFALA	F3	KO 12 12 35	5 27 50	66.6	1 84	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
681	1	SOUGUMBA	F1	KO 12 10 30	5 11 25	.	81	349.0	6.4	342.6	14	5.0	20	.	47	0 31 1 84	KOUT
682	1	SOUGUMBA	F2	KO 12 10 30	5 11 25	57.7	4 81	.	8.8	.	10	2.0	20	.	.	29 4 81	KOUT
694	1	SINZARA BOUF7	.	13 08 10	4 52 20	57.7	5 81	.	.	.	.	.	.	.	.	15 5 81	SAN
695	1	SINZARA MA F9	.	13 00 10	4 52 20	53.3	5 81	15.1	.	8	1.0	13 26	.	.	14 5 81	SAN	
703	1	SAN ENDT	F31	13 17 15	4 54 00	60.0	6 81	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	

SEQ = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE FIA (RL)

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS = ANNEE

EP.REC = FRAISSEUR DE RECUVEMENT

EC = CONDUCTIVITE EN MICROMHSCM

ECH. G = PAS DE ECHANTILLON, J = ECHANTILLON ANALYSE PAR BOR, HANNOVER

NR	SA	NON DU POINT	CRCL	COORDONNEES		PROF.	COM-	ALTIT	PROF.	SURF.	EP.	DEBIT	VENUE	D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE	
*		D'EAU		LATT.	LONGIT.	TOTAL	FLET	(M)	D'EAU	PIEZ.	RFC*	M3/H	/	/	CELS	*	*	J/M	A	IGN
704	1	DORWO MCAT	F3		13 09 30	4 24 30	80.0	0 81	.	7.3	.	6	0.1	.	.	.	.	.	0 81	SAN
705	1	DORWO MCAT	F4		13 09 30	4 24 30	62.2	0 81	.	7.7	.	11	4.2	27 35	.	.	.	12 0 81	SAN	
706	1	DORWO VILL	F5		13 09 30	4 24 30	53.3	0 81	.	7.0	.	12	3.0	12 15	.	330	.	0 81	SAN	
707	1	MANDIAKUI	F3		13 00 40	4 28 00	50.0	0 82	.	20.9	.	30	3.2	20	.	.	.	16 0 82	SAN	
708	1	KEMENY, CCL	F1	BL	12 57 45	5 32 45	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
709	1	NTIESSO	F3	BL	12 57 20	5 23 20	48.8	0 81	.	14.7	.	27	8.0	15	.	56	.	15 0 81	KOUT	
710	1	NTIESSO	F4	BL	12 57 20	5 23 20	48.8	0 81	.	14.6	.	20	3.0	20	.	32	.	18 0 81	KOUT	
711	1	PIZANGASSO	F1		12 54 55	5 25 10	48.8	0 81	.	.	.	.	2.0	.	.	90	.	.	KOUT	
712	1	PIZANGASSO	F2		12 54 55	5 25 10	37.7	0 81	.	15.1	.	25	2.0	15	.	65	.	28 0 81	KOUT	
713	1	KOUTIALA	F20		12 23 35	5 27 55	69.9	0 81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
714	1	KOUTIALA	F21		12 23 35	5 27 55	58.8	N 81	.	6.2	.	15	5.0	34	.	.	.	4 N 81	KOUT	
715	1	KOUTIALA	F22		12 23 35	5 27 55	62.2	N 81	.	7.1	.	11	1.0	.	.	.	.	9 N 81	KOUT	
716	1	KOUTIALA	F23		12 23 35	5 27 55	58.8	N 81	.	6.8	.	11	1.0	.	.	.	.	10 1 81	KOUT	
717	1	KOUTIALA	F24		12 23 35	5 27 55	47.7	N 81	.	6.2	.	26	5.0	28 39	.	.	.	12 1 81	KOUT	
718	1	KOUTIALA	F25		12 23 35	5 27 55	62.2	N 81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
719	1	KOUTIALA	F26		12 23 35	5 27 55	61.1	N 81	.	4.5	.	14	0.8	.	.	.	.	18 N 81	KOUT	
720	1	KOUTIALA	F27		12 23 35	5 27 55	62.2	N 81	.	5.7	.	5	1.0	.	.	.	.	19 N 81	KOUT	
721	1	KOUTIALA	F28		12 23 35	5 27 55	62.2	N 81	.	5.2	.	12	3.0	14	.	.	.	21 N 81	KOUT	
722	1	KOUTIALA	F28		12 23 35	5 27 55	62.2	N 81	.	.	.	6	2.0	.	.	.	.	26 N 81	KOUT	
723	1	DIEKAMANA	F1	BL	12 51 05	5 23 45	61.1	N 81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
724	1	DIEKAMANA	F2	BL	12 51 05	5 23 45	5.0	82	298.6	7.5	291.1	16	20.0	.	30.8	175	0 27 1 84	KOUT		
725	1	WONTOSSO	F1		12 47 50	5 21 50	66.6	N 81	.	10.8	.	7	1.0	.	.	42	.	9 N 81	KOUT	
726	1	WONTOSSO	F2		12 47 50	5 21 50	66.6	N 81	.	11.8	.	9	1.0	.	.	40	.	12 N 81	KOUT	
727	1	WONTOSSO	F3		12 47 50	5 21 50	75.5	N 81	.	19.4	.	7	1.0	.	.	.	.	17 N 81	KOUT	
728	1	WONTOSSO	F4		12 47 50	5 21 50	56.6	N 81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
729	1	BOKONI	F1	BL	12 47 30	5 33 15	49.9	N 81	.	9.8	.	10	4.0	.	.	.	.	21 N 81	KOUT	
730	1	BOKONI	F2	BL	12 47 30	5 33 15	.	.	297.6	13.5	284.1	15	5.0	15 20	29.8	40	0 3 3 84	KOUT		
731	1	DOSSOROSSO	F1	BL	12 49 30	5 33 35	.	.	297.4	11.9	285.5	14	4.0	.	30.8	37	0 3 3 84	KOUT		
732	1	DOSSOROSSO	F2	BL	12 49 30	5 33 35	53.3	N 81	.	9.1	.	16	3.0	.	.	.	.	24 N 81	KOUT	
733	1	FONO	F1	BL	13 01 10	5 21 10	.	0 81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC	
734	1	KOUTIALA	F29		12 23 35	5 27 55	62.2	N 81	.	1.0	.	10	2.5	23	.	.	.	30 N 81	KOUT	
735	1	KOUTIALA	F30		12 23 35	5 27 55	62.2	0 81	.	.	.	.	1.4	46	.	32	.	8 0 81	KOUT	
736	1	KOUTIALA	F31		12 23 35	5 27 55	62.2	0 81	.	6.6	.	15	0.6	23 46	.	.	.	10 0 81	KOUT	
737	1	BARAMBA	F1	KO	12 35 10	5 27 00	69.9	0 81	.	11.9	.	11	2.0	41 57	.	.	.	12 0 81	KOUT	
738	1	BARAMBA	F2	KO	12 35 10	5 27 00	62.2	0 81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
739	1	BARAMBA	F3	KO	12 35 10	5 27 00	62.2	0 81	.	10.9	.	9	4.0	28 36 43	.	56	.	15 0 81	KOUT	
740	1	BARAMBA	F4	KO	12 35 10	5 27 00	62.2	0 81	.	9.8	.	12	2.8	39	.	.	.	16 0 81	KOUT	
741	1	BARAMBA	F5	KO	12 35 10	5 27 00	52.2	0 81	.	3.0	.	14	10.0	.	.	.	.	12 0 81	KOUT	
742	1	BARAMBA	F6	KO	12 35 10	5 27 00	52.2	0 81	.	10.5	.	18	3.8	31	.	.	.	21 0 81	KOUT	
743	1	BARANBA	F7	KO	12 35 10	5 27 00	15.	82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
744	1	BARAMBA	F8	KO	12 35 10	5 27 00	52.2	0 81	.	10.5	.	18	3.8	31	.	.	.	21 0 81	KOUT	
745	1	NIALA DIER	F1	BL	12 56 40	5 51 30	56.6	0 81	.	19.1	.	10	2.5	.	.	67	.	12 0 81	KOUT	
746	1	NIALA DIER	F2	BL	12 56 40	5 51 30	58.8	0 81	.	18.4	.	10	3.0	.	.	48	.	2 0 81	KOUT	
747	1	NIALA BAGADA	F1	BL	12 56 40	5 51 30	46.6	0 81	.	21.9	.	8	6.0	25	.	76	.	4 0 81	KOUT	
756	1	TERTYOROUG	F1		13 12 30	5 31 40	106.6	0 81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC	
757	1	TERTYOROUG	F2		13 12 30	5 31 40	94.4	0 81	280.0	.	.	17	0.3	.	28.0	372	.	4 3 82	K-MC	
758	1	SINSINA	F1	KO	12 21 05	5 26 45	62.2	1 82	.	11.7	.	13	1.0	36 47	.	.	.	18 1 82	KOUT	
759	1	SINSINA	F2	KO	12 21 05	5 26 45	559.3	.	377.4	19.1	358.3	13	2.0	33 50	.	26	0 26 1 84	KOUT		
760	1	MOLOBOUGOU	F1	KO	12 27 05	5 29 20	553.4	8 82	358.5	14.7	343.8	15	1.0	74	29.6	30	0 26 1 84	KOUT		
761	1	MOLOBOUGOU	F2	KO	12 27 05	5 29 20	62.2	1 83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	

SA = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE BIA (BL)

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS - ANNEE

EP. REC = EPaisseur DE RECOURVEMENT

EC = CONDUCTIVITE EN MICROMHOS/CM

ECHO 0 = PAS DE ECHANTILLON, 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR PBR HANNOVER

NR	SEQ	NOM DU POINT	CRCL	COORDONNEES			PROF. COH-	ALTIT	PROF. SURF.	EP.	DERIT	VENUE D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE
*	*	D'EAU	*	LATIT.	LONGIT.	TOTAL	PLEI	(M)	D'EAU	PIEZ.	RFC*	M3/H	/ / /	CELS	*	* J/M/ A	IGN
762	1	KILE	F1	KO 12 30 20	5 24 15	62.2	1 82	319.7	9.0	310.7	22	3.8	3/ 46	26.4	48	0 4 3 84	KOUT
763	1	KILE	F2	KO 12 30 20	5 24 15	51.1	1 82	.	11.2	.	16	6.0	28	.	28	11 N 82	KOUT
782	1	KOUTIANA	F1	KO 12 33 55	5 07 40	.	82	304.6	10.9	293.7	14	4.2	49	30.2	60	0 24 1 84	KOUT
783	1	KOUTIANA	F2	KO 12 33 55	5 07 40	62.2	3 82	.	9.4	.	14	3.2	.	.	.	6 3 82	KOUT
795	1	TOUNA ECO	F4	BL 13 06 55	5 49 45	62.	3 82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-NC
796	1	TOUNA STAD	F5	BL 13 06 55	5 49 45	57.1	3 82	.	20.5	.	20	7.0	.	.	.	11 3 82	K-NC
797	1	ZAMBALA	F1	BL 13 05 55	5 34 25	58.	4 82	286.6	21.4	265.2	24	6.6	.	.	105	0 3 2 84	K-NC
798	1	ZAMBALA	F2	BL 13 05 55	5 34 25	43.3	3 82	.	20.8	.	22	7.0	.	.	.	24 3 82	K-NC
800	1	SANGASSO	F1	KO 12 09 35	5 37 25	.	4 82	307.0	14.1	292.9	14	10.8	19 31	.	300	0 31 1 84	KOUT
801	1	SANGABA	F1	KO 12 11 05	5 32 45	.	4 82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
802	1	SANGABA	F2	KO 12 11 05	5 32 45	58.8	4 82	.	10.4	.	5	2.7	22 38	.	750	14 4 82	KOUT
803	1	SADIOLA	F1	12 06 00	5 27 35	59.9	4 82	.	9.9	.	18	1.2	15 20 36	.	320	17 4 82	KOUT
804	1	SADIOLA	F2	12 06 00	5 27 35	63.3	4 82	.	10.0	.	31	2.4	22 25 28	.	450	19 4 82	KOUT
805	1	NINEKOUANA	F1	KO 12 28 50	5 02 35	62.2	4 82	.	9.6	.	9	0.5	16 32	29.6	55	21 4 82	KOUT
806	1	NINEKOUANA	F2	KO 12 28 50	5 02 35	64.2	82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
807	1	BOROLAZANG	F1	KO 12 32 20	4 59 40	46.5	82	316.6	14.8	301.8	32	4.0	12 41 50 57	26.8	45	0 25 1 84	YOR
808	1	BOROLA ZAN	F2	KO 12 32 20	4 59 40	46.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	28 4 82	YOR
809	1	BOROLA ZAN	F3	KO 12 32 20	4 59 40	63.3	5 82	.	12.4	.	22	7.2	27 34	32.5	75	16 5 82	YOR
810	1	NTORA	F1	BL 13 10 25	5 17 55	67.7	4 82	.	.9	.	10	19.8	22	.	.	1 4 82	K-NC
811	1	NTORA	F2	BL 13 10 25	5 17 55	.	4 82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-NC
812	1	MASASSO	F2	BL 13 05 25	5 32 50	34.4	4 82	.	1.0	.	31	6.0	.	.	.	20 4 82	K-NC
814	1	BE	F7	BL 13 08 55	5 29 40	46.6	4 82	.	1.4	.	22	4.0	.	.	.	6 4 82	K-NC
815	1	BE	F8	BL 13 08 55	5 29 40	35.5	4 82	.	1.4	.	22	8.0	.	.	.	17 4 82	K-NC
819	1	KARAFEROU	F1	13 07 35	4 53 50	35.5	5 82	.	.	.	13	6.6	42	32.5	452	15 3 84	SAN
821	1	NANDIERKA	F1	13 03 50	4 49 20	35.5	5 82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
826	1	BOUGOUNSO	F1	KO 12 39 50	5 11 30	.	4 82	311.4	10.7	300.7	6	3.2	27	27.8	30	0 1 2 84	KOUT
827	1	BOUGOUNSO	F2	KO 12 39 50	5 11 30	50.0	6 82	.	7.8	.	7	1.4	13 44	.	16	4 6 82	KOUT
828	1	KOUTIALA	F32	12 23 35	5 27 55	45.5	6 82	.	5.4	.	12	20.0	19 39	.	.	28 6 82	KOUT
831	1	BEKUI	F6	TO 12 54 40	4 20 55	63.3	5 83	.	14.5	.	17	5.0	38	.	.	23 5 83	YOR
834	1	NGUELEBOU	F1	SA 12 51 57	5 02 10	62.	3 82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
835	1	NGUELEB	F2	SA 12 51 57	5 02 10	63.3	0 82	.	8.8	.	25	4.6	27	.	.	25 0 82	KOUT
835	1	NGUELEB PE	F1	SA 12 51 57	5 02 10	68.8	0 82	.	8.1	.	12	0.1	20	.	.	27 0 82	KOUT
835	1	NGUELEB PE	F1	12 51 57	5 02 10	63.3	0 82	.	9.7	5.5	.	1.0	20 30	.	.	28 0 82	KOUT
838	1	ZANGOUSSO	F3	12 32 50	4 47 40	48.8	1 83	.	6.8	.	7	5.0	15 27	.	.	6 1 83	YOR
839	1	ZANGOUSSO	F3	12 32 50	4 47 40	51.1	1 83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
842	1	KIFOSSO II	F1	YO 12 29 30	4 55 05	44.4	N 82	.	5.8	.	4	1.5	21 33 37	28.1	34	22 N 82	YOR
843	1	KIFOSSO II	F2	YO 12 29 30	4 55 05	33.3	N 82	.	6.6	.	4	1.5	7 11 17 27	28.8	33	23 N 82	YOR
844	1	KIFOSSO I	F1	YO 12 29 30	4 55 05	44.4	D 82	.	20.1	.	12	2.5	24 30 37	33.8	44	8 D 82	YOR
845	1	KIFOSSO I	F2	YO 12 29 30	4 55 05	36.6	D 82	.	26.0	.	12	5.6	22 26 32	35.0	48	16 D 82	YOR
846	1	KIFOSSO	F4	YO 12 29 30	4 55 05	.	2 82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
847	1	OUADIOULA	F1	12 24 40	4 58 25	49.9	N 82	.	4.9	.	4	1.5	4 24 37	27.7	32	.	YOR
848	1	OUADIOULA	F2	12 24 40	4 58 25	43.3	D 82	.	7.5	.	9	1.5	9 25 32 38	28.1	27	1 D 82	YOR
857	1	TIFENANA	F1	12 59 40	5 56 50	43.3	N 82	.	26.0	.	49	0.0	.	.	.	3 N 82	KOUT
858	1	TIFENANA	F2	12 59 40	5 56 50	38.8	N 82	.	26.0	.	.	10.0	.	.	.	6 N 82	KOUT
859	1	TIFENANA FS	F3	BL 12 59 40	5 56 50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
860	1	TIFENANA	F1	13 19 30	4 57 50	84.4	1 83	.	9.6	.	24	1.5	24 40 67	.	.	28 1 83	SAN
861	1	TIFENANA	F2	13 19 30	4 59 50	84.4	1 83	.	10.8	.	15	1.5	15 30 43	.	.	31 1 83	SAN
871	1	BADALA	F3	SA 13 10 45	4 49 05	151.1	1 83	.	1.3	.	13	0.6	14	.	.	8 1 83	SAN
872	1	BADALA	F4	SA 13 10 45	4 49 05	90.0	1 83	.	2.0	.	17	0.4	47	29.4	169	14 1 83	SAN
884	1	KONGORA	F1	SA 12 45 00	4 43 05	.	4 83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR

SQ = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = (CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE BIA (BI))

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS - ANNEE

EP. REC = EPaisseur DE RECOUVREMENT

EC = CONDUCTIVITE EN MICROMHOS/CM

ECH: 0 = Pas DE FICHARTILLON, 1 = ECHARTILLON ANALYSE PAR BGR, HANNOVER

NR	SD	NOM DU POINT	CRCL	COORDONNEES		PROF. COM-	ALTT	PROF. SURF.	EP.	DERIT	VENUE D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE CARTE	CARTE
/	/	D'EAU	*	LATTI.	LONGIT.	TOTAL FLET	(M)	D'EAU P1E7.	R.C.*	M3/H	/ / /	CELS	*	+ J/M/ A	IGN	
885	1	KONGORA	F2	12 45 00	4 43 05	63.3	3 83	.	20.0	.	13	1.5	27 25 52	.	23 3 83	YOR
891	1	TAMAKO	F1	13 09 15	4 53 45	63.3	0 82	.	.8	.	10	5.2	10 26	.	19 0 82	SAN
892	1	TAMAKO	F2	13 09 15	4 53 45	58.8	0 82	275.1	10.2	264.9	20	10.5	14 18 31 40	30.6	120 0 17 1 84	SAN
894	1	GOLONGO SKN	F1	12 55 05	4 46 20	58.8	N 82	.	9.6	.	9	0.0	.	.	5 N 82	YOR
895	1	GOLONGO SKN	F2	12 55 05	4 46 20	81.1	N 82	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
896	1	GOLONGO-SKN	F3	SA 12 55 05	4 46 20	.	N 83	282.6	12.1	270.5	11	0.7	24	30.8	46 0 17 2 84	YOR
897	1	KARABA ECL	F1	SA 12 55 13	4 53 40	.	N 83	288.9	.	.	5	4.2	28 37	29.0	92 0 24 1 84	YOR
903	1	KOFO	F6	SA 13 22 25	4 43 55	18.	0 82	.	6.8	.	17	13.5	8	.	70 02 0 82	SAN
911	1	ZANGOUSSO	F5	12 32 50	4 47 40	62.2	2 83	.	.	.	10	2.0	25 42 56	.	4 2 83	YOR
912	1	ZANGOUSSO	F6	12 32 50	4 47 40	66.6	2 83	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
914	1	KARANGA ECL	F4	YO 12 13 40	5 02 06	.	3 83	384.6	14.1	370.5	6	2.0	27 46 52	27.6	38 0 7 2 84	KOUT
915	1	KARANGANA	F2	YO 12 13 40	5 02 06	62.2	2 83	.	12.3	.	5	2.0	22 3	.	23 2 83	KOUT
916	1	KARANGANA	F3	YO 12 13 40	5 02 06	62.2	2 83	.	8.3	.	11	2.0	22 24 45	.	20 2 83	KOUT
917	1	KARANGANA	F4	YO 12 13 40	5 02 06	62.2	2 83	.	7.0	.	.	2.0	24 27 31	.	23 2 83	KOUT
918	1	KARANGANA	F5	YO 12 13 40	5 02 06	62.2	3 83	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
919	1	KARANGANA	F6	YO 12 13 40	5 02 06	62.2	3 83	.	.	.	9	2.0	22 34 37	.	.	KOUT
931	1	H'FER HAMO	F1	YO 12 18 40	5 02 00	.	4 83	356.9	12.4	344.5	5	2.5	43 45 56	30.0	42 7 2 84	KOUT
932	1	H'FERESSO	F2	YO 12 18 40	5 02 00	71.1	3 83	.	.	.	3	1.5	20 26 34	.	9 3 83	KOUT
933	1	H'FERESSO	F3	YO 12 18 40	5 02 00	53.3	3 83	.	.	.	3	2.0	11 12 29 40	.	.	KOUT
938	1	TORO I	F1	YO 12 23 30	4 55 05	62.2	3 83	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
939	1	TORO I	F2	YO 12 23 30	4 55 05	54.4	3 83	.	7.6	.	6	7.5	28 38 40	.	26 3 83	YOR
944	1	DIOWARA	F3	12 51 30	4 40 13	41.1	4 83	.	11.7	.	20	4.0	31	.	12 4 83	YOR
945	1	SABERE	F1	YO 12 43 40	4 41 40	.	6 83	304.4	23.2	281.2	14	2.5	31	30.6	16 2 84	YOR
946	1	SABERE	F2	12 43 40	4 41 40	64.4	4 83	.	12.6	.	3	2.5	29	.	16 4 83	YOR
947	1	STENSO	F1	13 14 10	4 52 45	63.3	4 83	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
948	1	STENSO	F1	13 14 10	4 52 45	82.2	4 83	.	.8	.	16	0.6	32	.	23 4 83	SAN
949	1	SINZARA J	F10	13 08 10	4 52 20	100.0	4 83	.	10.3	.	10	1.1	32 75	.	28 4 83	SAN
950	1	TORO III	F4	YO 12 23 30	4 55 06	62.2	3 83	.	6.3	.	5	4.0	12 30 45	.	29 3 83	YOR
951	1	TORRO	F4	YO 12 23 30	4 55 05	.	6 83	377.1	9.3	367.8	5	3.5	15 31 55	28.4	67 0 6 2 84	YOR
952	1	TORO III	F6	YO 12 23 30	4 55 05	62.2	3 83	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
953	1	TORO II	F7	12 23 30	4 55 05	66.6	3 83	.	10.2	.	14	3.0	20 30 43	.	29 3 83	YOR
954	1	TORO II	F8	YO 12 23 30	4 55 05	66.6	4 83	.	10.9	.	11	3.0	20 35 48	.	12 4 83	YOR
957	1	DIARAKONGO	F1	KO 12 48 20	4 38 40	.	6 83	291.7	15.9	275.8	23	2.3	35	.	0 17 2 84	YOR
958	1	DIARAKONGO	F2	KO 12 48 20	4 38 40	63.3	5 83	.	22.0	.	16	1.2	34	.	7 5 83	YOR
959	1	BEROU	F5	TO 12 54 40	4 20 55	54.4	5 83	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
969	1	SANGARA	F3	KO 12 11 05	5 32 45	45.5	6 83	.	8.4	.	9	1.0	9 19 27 34	.	2 6 83	KOUT
960	1	HANDIAKUI	F4	13 00 40	4 28 00	37.7	4 83	305.0	22.6	282.4	20	4.5	24 38	31.1	46 0 21 1 84	SAN
961	1	MADITAKUI	F5	13 00 40	4 28 00	41.1	5 83	.	17.0	.	30	2.5	26	.	12 5 83	SAN
963	1	SAN SEURS	F32	13 17 15	4 54 00	53.3	5 83	.	15.5	.	12	4.5	20 30	.	3 5 83	SAN
971	1	KOUTIALA	F33	12 23 35	5 27 55	76.6	6 83	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT
976	1	DARAKUI	F1	TO 13 07 30	4 35 30	80.0	6 83	.	16.5	.	10	1.5	76	.	17 6 83	SAN
977	1	DARAKUI	F2	TO 13 07 30	4 35 30	74.2	6 83	287.6	10.0	277.6	10	2.5	76	30.6	335 0 13 2 84	SAN
980	1	KOURI	F4	YO 12 10 40	4 48 10	40.0	5 83	.	11.0	.	.	2.0	10 18 20	.	24 5 83	YOR
981	1	KOUTI	F5	YO 12 10 40	4 48 10	40.0	6 83	.	11.5	.	30	2.0	15 20 25 27	.	24 5 83	YOR
985	1	MAHONA	F1	TO 12 51 50	4 25 25	77.8	N 84	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR
987	1	YOROSSO	F20	YO 12 21 10	4 46 40	57.7	6 83	.	8.5	.	4	1.5	28 36	.	22 6 83	YOR
988	1	YOROSSO	F21	YO 12 21 10	4 46 40	71.1	1 84	402.0	12.6	.	8	3.5	28 33 40 60	30.7	26	YOR
988	1	YOROSSO	F2	12 21 10	4 46 40	56.6	6 83	414.6	12.6	402.0	8	3.5	28 33 40 60	30.7	26 0 18 1 84	YOR
995	1	DOKMO SOER	F6	13 09 30	4 24 30	70.0	0 83	318.1	10.7	307.4	11	4.0	27 35	29.8	195 0 21 1 84	SAN
996	1	BOUGOURA	F1	SA 13 10 50	5 04 50	.	1 77	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC

SD = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE BIA (BL)

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS = ANNEE

EP. REC = EFFAISSEUR DE RECOURVEMENT

ECH = CONDUCTIVITE EN MICROMHOS/CM

LCH = 0 = PAS DE ECHANTILLON, 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR BGR HANNOVER

NR	SR	NOM DU POINT D'EAU	CRCL	COORDONNEES		PROF. COM-	ALTI	PROF.	SURF.	EP.	DEBIT	VENUE	D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE
			*	LATIT.	LONGIT.	TOTAL	(M)	D'EAU	PIEZ.	REC*	M3/H	/	/	CELS	*	/	J/M/A	IGN
997	1	KORONBOSSO F1	SA	13 02 25	4 54 15	61.1	83	280.7	10.2	270.5	.	.	.	26.5	164	0 24 1 84	SAN	
998	1	KORONBOSSO F2	SA	13 02 25	4 54 15	.	4 77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
999	1	KORONBOSSO F3	SA	13 02 25	4 54 15	.	4 77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
999	1	KIMFARANA F8		12 00 10	4 55 35	.	.	306.7	.	.	.	.	29.8	30	1 20 1 84	YOR		
1000	1	MAHONA F2	TO	12 51 50	4 25 25	97.7	0 83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
1001	1	SAN RIS CAT		13 17 50	4 54 00	63.3	2 84	280.0	11.9	268.1	20	9.0	18 44	31.2	55	24 2 84	SAN	
1002	1	SAN MOSQUE		13 17 50	4 54 00	63.3	2 84	.	.	.	22	.	13 22 24 27	.	.	24 2 84	SAN	
2001	1	SOMO		13 14 20	4 46 35	10.0	.	276.6	3.8	272.8	.	.	.	29.2	380	0 17 1 81	SAN	
2002	1	SINASSO		13 10 15	4 47 40	.	61	273.3	12.9	260.4	.	.	.	29.0	360	0 17 1 84	SAN	
2003	1	FOROSSO	KO	12 41 50	5 23 45	13.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOU	
2004	1	NTUKONASSO	KO	12 32 30	5 10 00	92.	.	313.6	7.2	306.4	.	.	.	.	440	0 1 2 84	KOUT	
2005	1	YANGASSO	BL	13 04 15	5 19 00	.	.	292.7	15.6	277.1	.	.	.	.	.	.	K-MC	
2006	1	TIFAFOROSSO	SA	13 06 30	5 09 30	12.2	.	281.8	10.2	271.6	.	.	.	.	150	0 10 2 84	K-MC	
2007	1	SOURBASSO F1	KO	12 32 00	5 14 15	.	8 83	302.7	5.2	297.5	.	.	.	.	.	27 1 84	KOUT	
	2	SOURBASSO F1				.	8 83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2008	1	SIALO	TO	13 11 57	4 29 15	.	.	298.7	14.2	284.5	.	.	.	.	145	0 13 2 84	SAN	
2009	1	HENFKUI	TO	13 05 45	4 27 40	.	.	302.8	6.9	295.9	.	.	.	.	50	0 13 2 84	SAN	
2010	1	MOUNT	TO	12 51 50	4 24 00	.	.	377.3	7.8	369.5	.	.	.	.	.	0 15 2 84	YOR	
2011	1	SIALO	TO	12 59 10	4 23 20	.	.	333.0	5.2	327.8	.	.	.	.	60	0 15 2 84	YOR	
2012	1	KOUMTA	YO	12 35 45	4 41 30	8.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
2013	1	TOUKA	SA	13 07 35	4 54 55	.	.	283.7	11.5	272.2	.	.	.	.	.	17 2 84	SAN	
2014	1	ANCLIE BAS MAV		13 18 35	4 52 50	9.7	.	279.0	9.3	269.8	.	.	.	29.0	50	23 2 84	SAN	
2015	1	SEULASSO		13 14 35	4 42 00	6.	.	276.0	4.3	271.7	.	.	.	26.9	140	19 2 84	SAN	
2016	1	SOMO NORD		13 14 40	4 46 40	7.1	.	.	6.9	.	.	.	.	29.0	260	10 2 84	SAN	
2017	1	MANSARA EST		13 20 10	4 38 50	5.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN	
2018	1	KOUTERE OUEST		13 21 50	4 40 35	16.1	.	286.6	15.9	270.7	.	.	.	30.5	600	10 2 84	SAN	
2019	1	KOUTERE F1	SA	13 22 00	4 40 45	.	.	286.6	16.3	270.3	.	.	.	.	85	0 28 2 84	SAN	
2020	1	TENENT EST	SA	13 20 05	4 48 30	6.2	.	276.9	4.6	272.3	.	.	.	26.0	60	10 2 84	SAN	
2021	1	ORIFOSSO I		12 29 30	4 55 05	9.5	.	.	8.2	.	.	.	.	29.5	50	3 3 82	YOR	
2022	1	TTEMFOROSSO		13 06 30	5 09 30	11.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC	
2023	1	DIALAKORO		13 06 25	5 28 45	30.0	.	.	28.8	.	.	.	.	28.0	140	.	K-MC	
2024	1	TJON	TO	13 17 05	4 40 00	.	.	275.8	5.5	270.3	.	.	.	.	600	0 13 2 84	SAN	
2025	1	NDOSSO	BL	13 13 10	5 21 35	.	.	275.2	14.3	260.9	.	.	.	.	.	.	2 3 84	K-MC
2026	1	SOMASSO	BL	12 51 40	5 35 55	.	.	288.3	11.1	277.2	.	.	.	.	30	0 3 3 84	KOUT	
2027	1	SONGUELA	KO	12 43 30	5 36 25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	KOUT	
2028	1	N'GUNTANASSO	KO	12 25 20	5 40 10	8.5	.	356.8	4.9	351.9	.	.	.	.	30	0 4 3 84	KOUT	
2029	1	SAFOLO	BL	13 02 15	5 26 40	.	.	282.4	17.3	265.1	.	.	.	.	85	0 2 3 84	K-MC	
2030	1	SENESSO F1	SA	13 06 40	5 10 40	.	.	277.4	11.2	266.2	.	.	.	30.0	100	0 2 3 84	K-MC	
2031	1	WASSASSO	BL	13 05 25	5 32 50	.	.	281.2	11.4	269.8	.	.	.	.	100	29 2 84	K-MC	
2032	1	TERTYORONGOU	BL	13 12 35	5 31 55	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	K-MC	
2033	1	DITENNA		13 19 30	4 59 50	.	.	.	12.4	.	.	.	.	29.4	170	7 3 84	SAN	
2034	1	BIENSA		13 16 50	4 57 55	.	.	.	10.6	.	.	.	.	28.0	.	.	SAN	
2035	1	TIEKFLINSSO		13 18 00	4 58 25	.	.	.	16.0	.	.	.	.	30.2	.	.	SAN	
3001	1	OTTOUTOU F16		12 56 30	4 22 20	.	2 75	.	.	.	3	0.2	20 30 39	.	200	3 2 75	YOR	
3002	1	OTTOUTOU F18		12 56 30	4 22 20	.	2 75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	
3003	1	LAFUI F21		13 06 00	4 40 05	.	2 75	.	.	.	6	0.5	29 39 50	.	160	18 2 75	SAN	
3004	1	SOURRA F20		13 07 15	4 32 35	.	2 75	.	.	.	32	4.6	30 41	.	.	16 2 75	SAN	
3005	1	MANTAKUI F19		13 00 40	4 28 00	.	2 75	.	.	.	32	6.4	20 36	.	30	11 2 75	SAN	
3006	1	OTJONKUI F15		12 57 05	4 25 35	.	2 75	.	.	.	10	1.8	10 27 30	.	550	2 2 75	YOR	
3007	1	UMOUNT F14		12 51 50	4 24 40	.	1 75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YOR	

SR = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE BLA (BL)

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS - ANNEE

EP.REC = EPaisseur DE RECOUVREMENT

EC\* = CONDUCTIVITE EN MICROMHOS/CM

ECH: 0 = PAS DE ECHANTILLON, 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR BRB, HANNOVER

NR	SQ	NOM DU POINT D'EAU	CRCL	COORDONNEES		PROF.	CON-	ALTT	PROF.	SURF.	EP.	DEBIT	VENUE	D'EAU	TEMP	EC	ECH	DATE	CARTE			
				* LATIT.	LONGIT.															TOTAL	PLET (M)	D'EAU
3008	1	OBOURELO	F12	12 48 35	4 20 20	.	1	75	.	.	17	0.5	21	42	48	.	715	29	1 75	YOR		
3009	1	ORAFOUNE	F13	12 47 10	4 21 45	.	1	75	.	12.0	.	22	7.3	14	27	36	45	.	20	30	1 75	YOR
3010	1	TOMINIAN	F1	13 17 30	4 35 30	.	1	75	.	20.0	.	6	0.3	42	57	75	30.5	100	12	1 75	SAN	
3011	1	TOMINIAN	F2	13 17 30	4 35 30	.	1	75	.	13.0	.	3	2.4	36	45	66	31.0	45	14	1 75	SAN	
3012	1	TOMINIAN	F25	13 17 30	4 35 30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SAN
3013	1	TOMINIAN	F25	13 17 30	4 35 30	.	2	75	.	22.0	.	7	3.3	42	57	81	.	50	4	2 75	SAN	

SQ = NUMERO DE LA SEQUENCE

CRCL = CERCLE DE SAN (SA), DE KOUTIALA (KO), DE YOROSSO (YO), DE P.I.A (BL)

COMPLET = COMPLETEMENT DU FORAGE, MOIS - ANNEE

EP.REC = EPaisseur DE RECOURVEMENT

EC\* = CONDUCTIVITE EN MICROMHOS/CM

ECH\* 0 = PAS DE ECHANTILLON, 1 = ECHANTILLON ANALYSE PAR BGR, HANNOVER

## APPENDICE III

### RECOMMANDATIONS POUR LE PROJET MAV

#### 1 Profondeur des forages

La majorité des venues d'eau observées en cours de forage se trouve statistiquement, sur l'ensemble de la région d'intervention, à une profondeur de 30 à 50 m. Une profondeur de forage de plus de 60 m n'est pas rentable en règle générale, des venues d'eau ne pouvant pratiquement plus être escomptées à ces profondeurs-là. Dans les cas critiques, la décision d'approfondir le forage ou d'implanter un nouveau forage devra dépendre de la productivité minimale souhaitée.

#### 2 Essais de débit

Pour déterminer la productivité maximale d'un puits de forage à partir d'un essai de productivité par soufflage exécuté de façon routinière par le projet MAV, il faudra tenir compte que :

- La conduite de soufflage devra être immergée aux  $2/3$  environ de la colonne d'eau établie avant le début du pompage (selon des évaluations semi-empiriques).

Exemple :

Profondeur du forage	= 60 m
Profondeur du niveau statique avant le début du pompage	= 15 m
Longueur de la colonne d'eau	= 45 m
Profondeur d'immersion de la conduite dans l'aquifère	= $45 \times 2/3$ = 30 m

## APPENDICE III/2

- La quantité maximale exploitable techniquement est déterminée en augmentant la pression de soufflage et en répétant les mesures du volume d'eau.

Lorsque la pression de soufflage est trop élevée, la quantité diminue, les eaux souterraines ne pouvant plus égaliser la pression de soufflage élevée dans le puits, et ne pouvant donc plus sortir.

### 3 Achèvement des forages

Dans le cas des puits situés au nord de la route Blas-San, il arrive que les pompes soient en panne à la suite d'arrivées de sable. Ici, les eaux proviennent de la partie inférieure, productive, de la couche d'altération qui, bien qu'elle soit solide, n'est que faiblement agglomérée, la venue d'eau par pompage provoquant le détachement de grains de sable de la roche aux alentours directs du puits. Pour pouvoir exploiter cette partie de l'aquifère sans venue de sable, l'aménagement du puits devrait être réalisé par les méthodes habituelles des puits forés dans les roches meubles (apport de graviers filtrants ou installation de tubes filtrants de graviers à la profondeur critique).

### 4 Enregistrement des données

Pour compléter la documentation des données et pour l'interprétation, il serait utile, en plus de la saisie habituelle des données, d'exécuter les travaux suivants pendant et après les essais de débit :

- Saisie de toutes les venues d'eau notables avec indication des profondeurs et des quantités

## APPENDICE III/3

- Mesure de la conductivité pendant les essais de débit
- Documentation des données des puits de forages sur fiches, avec indication des coordonnées et hauteurs des points d'implantation (précision cartographique), numérotation des forages et indication du type d'aménagement et du mode d'utilisation du puits
- Tenue d'une carte des points de forages ainsi qu'
- Un point particulièrement important : Marquer d'une manière très claire les puits achevés avec un numéro et la date d'achèvement (pour faciliter une identification ultérieure).

### 5 Choix de forages/puits d'observation

Des énoncées quantitatives importantes par rapport au bilan hydraulique (renouvellement des eaux souterraines, évaporation, écoulement) ne sont possibles qu'en étant, par de longues observations, au courant des fluctuations du niveau et en pouvant les interpréter par rapport aux données climatiques.

Etant donné que le projet MAV n'a pas encore installé de stations d'observation des eaux souterraines dans la région d'intervention, on propose les sites suivants (solution minimale) :

#### Secteur de forages à grande productivité

- 1) Bordure occidentale de San jusqu'à un périmètre de 5 km
- 2) Bordure occidentale et orientale de Bla

#### Secteur de forages à moyenne productivité

- 1) Bordure de Koutiala en direction nord-est
- 2) M'Pessoba

## APPENDICE III/4

Secteur de forages à petite productivité

- 1) Bordure de Yorosso en direction est, sud et ouest
- 2) Bordure de Tominian

Les régions de San, Bla, Koutiala, Yorosso et Tominian ont été proposées parce qu'il s'y trouve des stations météorologiques pouvant présenter des données climatiques sur plusieurs décennies. De plus, il est prouvé de ces régions, sauf pour le secteur de Bla, qu'elles sont représentatives des trois secteurs de productivité.

Les stations d'observation devraient au moins :

- Ne pas se trouver sur des aires d'habitation denses
- Avoir exploré l'aquifère gréseux
- N'être utilisées que dans un objectif d'observation
- Ne pas se trouver directement près d'un puits productif
- Etre facilement accessibles et fermables.

Il faudrait connaître le mieux possible la coupe complète du forage.

Les mesures devraient être exécutées au moins un fois par mois, si possible plus fréquemment, régulièrement, et sur une durée ininterrompue, minimale, de 5 ans. Au cas où les mesures ne pourraient être réalisées que dans des puits d'exhaure utilisés, les mesures devront être faites tôt le matin, avant la première exhaure et en connaissant les quantités moyennes prélevées journallement.

## APPENDICE III/5

### 6 La qualité chimique des eaux souterraines

Environ 25% des puits d'investigation ont montré une conductivité élevée (plus de 150  $\mu\text{S}$ ). Les analyses chimiques des eaux ont indiqué que, sauf dans quelques cas d'exception où le forage a traversé des dolérites ou des argilites/schistes, les conductivités élevées étaient dues à des causes zoogènes, et surtout à des impuretés fécales. Dans le cas des puits de forage à forte conductivité, il faudrait vérifier s'il s'agit d'une influence géogène (nomenclature des couches) ou fécale (teneur en  $\text{NO}_3$ ) afin de prévoir, selon les cas, des mesures adaptées à la protection des eaux potables.