

11139

REPUBLIQUE DU NIGER

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DES MINES ET DE L'HYDRAULIQUE

RECONNAISSANCE HYDROGEOLOGIQUE

DU LIPTAKO SUD

Rapport de fin de campagne 1961-62



par

R. BISCALDI

RAPPORT PRESENTE PAR LE BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

DAK 62 — A 39

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION.....	1

Première partie

GENERALITES

a) <u>Objet de la campagne</u>	2
b) <u>Délimitation des secteurs d'étude et travail exécuté</u>	2
c) <u>Documentation de base</u>	3
A/- <u>APERCU GEOLOGIQUE</u>	4
B/- <u>METEOROLOGIE</u>	5
a) <u>Hauteur de pluie</u>	5
b) <u>Intensité des pluies</u>	7
c) <u>Evaporation</u>	8
C/- <u>LES NAPPES AQUIFERES</u>	8
a) <u>Les nappes superficielles</u>	8
b) <u>Les nappes aquifères dans les formations précam- briennes affleurantes ou subaffleurantes</u>	9
1) <u>Granites du Liptako</u>	10
2) <u>Formations métamorphiques</u>	11
3) <u>Roches filoniennes</u>	12

INTRODUCTION

Une convention passée entre le Ministère des Travaux Publics de la République du Niger d'une part, et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières d'autre part, nous chargeait, au mois de novembre 1961, de l'exécution d'une mission hydrogéologique dans l'extrême ouest du Niger, région qualifiée du nom de Liptako.

Commencés le 13 novembre 1961, les travaux sur le terrain s'achevèrent le 25 février 1962, date à laquelle nous avons dû nous rendre à ZINDER afin d'y étudier le problème de l'alimentation en eau de la ville (1).

Nous disposions de deux chauffeurs et deux manoeuvres nigériens.

Les véhicules utilisés furent un Power Wagon Fargo et une Land Rover type XI09, de la direction locale de NIAMEY.

La mission était basée à NIAMEY.

notre
(1) Voir / rapport "Alimentation en eau de la ville de ZINDER - Sondages de reconnaissance à Gogo" B.R.G.M., 1962.

" STATIONS	! LONGITUDE	! LATITUDE	"
" AYOROU	! 00° 50'	! 14° 45'	"
" TILLABERY	! 1° 27'	! 14° 13'	"
" TERA	! 0° 45'	! 14° 01'	"
" GOTHEYE	! 1° 35'	! 13° 49'	"
" DOLBEL	! 0° 17'	! 14° 37'	"

On trouvera, ci-dessous, les moyennes annuelles de précipitations :

" STATIONS	! PERIODE	! MOYENNE	! NOMBRE	"
"	! D'OBSERVATION	! ANNUELLE	! DE JOURS	"
"	"	! (en mm)	! DE PLUIE	"
" AYOROU	! 1954 - 1961	! 363	! 29,8	"
" TILLABERY	! 1924 - 1961	! 507	! 40,6	"
" TERA	! 1938 - 1961	! 513	! 36	"
" GOTHEYE	! 1954 - 1961	! 521	! 33,6	"
" DOLBEL	! 1959 - 1961	! 395	! 38,6	"

La progression du Nord au Sud, le long du fleuve, est bien caractérisée dans ce tableau. Il en est de même pour l'influence du Niger sur la pluviosité (507 mm à TILLABERY, 395 mm à DOLBEL : et en cette valeur est elle probablement supérieure à la valeur normale, 1961 ayant été une année très pluvieuse, et la moyenne à DOLBEL n'ayant été calculée que sur deux années).

Toutes ces stations, dont l'indice pluviométrique de WEISSE est compris entre 6 et 60, sont en climat sud sahélien.

Si l'on étudie les variations des précipitations depuis 1950 (figure 3), on note deux périodes de pluies abondantes : 1952 - 1953 et 1959.

La pluviosité déficitaire de 1960 (valeur enregistrée à GOTHEYE, la plus faible depuis dix ans) a été en partie compensée par l'excédent de pluies de 1961.

Afin de tenir compte du "volant" des années précédentes (déficitaires ou excédentaires), il est d'usage de tracer la courbe des moyennes de deux années consécutives. La figure 3 nous montre que la courbe marque une remontée sensible à TILLABERY et TERA, tandis qu'à AYOROU et GOTHEYE, s'amorce une chute.

Nous pouvons tirer deux conclusions de ces résultats :

- grande influence des microclimats : en moyenne, il pleut davantage à TILLABERY qu'à GOTHEYE, situé plus au Sud, au mois d'août
- grande hétérogénéité des précipitations, aussi bien au cours d'une même année, que pour deux années différentes.

b) Intensité des pluies

Il existe peu de renseignement à ce sujet. On peut prendre comme valeurs de référence celles signalées par J. LEMOINE à DORI (Haute Volta), situé à la latitude de TERA et GOTHEYE :

- 15 mm en 1/2 h
- 30 mm en 1 h
- 40 mm en 1 h et 20 mn
- 45 mm en 2 h et en 3 h
- Maximum: 77 mm en 2 h et 20 mn.

A peu près à la même latitude, l'ORSTOM donne les valeurs suivantes mesurées le 31 juillet 1956, sur le bassin de Gagara Ouest (Nord DORI) :

- 2 fois 120 mm/h durant 5 mn
- 1 fois 156 mm/h durant 5 mn
- 128 mm/h de moyenne durant 15 mn.

c) Evaporation

Les valeurs de l'évaporation sont aussi peu connues que celles de l'intensité des pluies. Les microclimats jouent là encore un rôle prépondérant, et il est impossible d'extrapoler à notre secteur de travail les valeurs mesurées à NIAMEY.

On peut prendre, pour fixer les idées, les valeurs mesurées par J. LEMOINE à DORI, mesures valables jusqu'à 14° parallèle :

- 3654 mm à l'évaporomètre PICHE, soit 2.000 à 2.500 mm sur eau libre.
- au Nord, ce chiffre serait dépassé sans atteindre 3 m.

C/ - LES NAPPES AQUIFERES

Nous distinguerons :

- Les nappes alluviales superficielles
- Les nappes dans les formations précambriennes affleurantes ou subaffleurantes.

a) Les nappes superficielles

Dans notre secteur d'étude, c'est à dire au Nord du marigot Sirba, la faible pluviosité, l'ensablement et l'absence de relief marqué, sont cause du développement réduit du réseau hydrographique et aussi par conséquent des nappes alluviales.

A l'exception des grands marigots (Dargol, Tilim, Gorouol et Sirba), les nappes alluviales sont généralement sous alimentées.

Nous renvoyons au rapport de J. LEMOINE sur le Nord Dori, pour tout détail concernant ces types de nappes. Rappelons la classification qu'il propose :

- nappes de thalwegs de marigots
- nappes de fonds de mares
- nappes de dunes

Si l'on excepte les nappes de dunes, ce sont ces nappes qui sont exploitées presque exclusivement dans le Liptako : sur une carte, il apparaît immédiatement que les villages se groupent le long des marigots.

Or, ces nappes alluviales sont caractérisées par leur extension et leur puissance réduites, par l'hétérogénéité et, en général, la faible perméabilité de l'aquifère, par leur dépendance complète de la pluviosité (une année déficitaire en pluie pouvant assécher une nappe normalement exploitable).

Dans ces conditions, la recherche et la mise à contribution de nouvelles possibilités aquifères s'imposent. Quelques exemples locaux et des recherches récentes dans des régions semblables nous laissent espérer trouver ces nouvelles ressources dans les formations affleurantes ou subaffleurantes, constituant le socle précambrien.

b) Les nappes aquifères dans les formations précambriennes affleurantes ou subaffleurantes.

Nous distinguerons successivement :

- les granites du Liptako
- les roches métamorphiques
- les roches filoniennes.

1/ - Granites du Liptako

E. MACHENS a montré que les granites du Liptako qui forment la majeure partie du socle cristallin, ne constituent pas une unité géologique, mais contiennent des granites de différents âges et de différents chimismes.

On y trouve :

- des granites calco-alcalins à biotite ou amphibole, syntectoniques, contenant souvent des zones migmatitiques (très répandus),
- des granites à 2 micas, des granites alcalins, des granites post-tectoniques et des gneiss (plus rares).

Au point de vue hydrogéologique, ces roches peuvent être considérées comme un ensemble formant un "complexe granito-gneissique" calco-alcalin.

Les travaux de R. DEGALLIER et G. GUERIN-VILLEAUBREIL ont mis en évidence l'importance hydrogéologique des produits d'altération de ces roches : sous climat tropical (en particulier en Côte d'Ivoire), les formations aquifères peuvent atteindre des épaisseurs considérables.

En pays sahélien, la frange d'altération se réduit, certes, mais peut être encore importante (jusqu'à 20 m), constituant ainsi un réservoir non négligeable.

R. DEGALLIER et G. GUERIN-VILLEAUBREIL distinguent plusieurs zones, dans le sens vertical.

- 1 - Zone marécageuse formée d'argiles humiques et d'argiles blanches compactes
- 2 - Argiles sableuses perméables
- 3 - "Zone des kaolins"

.../...

1/ - Granites du Liptako

E. MACHENS a montré que les granites du Liptako qui forment la majeure partie du socle cristallin, ne constituent pas une unité géologique, mais contiennent des granites de différents âges et de différents chimismes.

On y trouve :

- des granites calco-alcalins à biotite ou amphibole, syntectoniques, contenant souvent des zones migmatitiques (très répandus),
- des granites à 2 micas, des granites alcalins, des granites post-tectoniques et des gneiss (plus rares).

Au point de vue hydrogéologique, ces roches peuvent être considérées comme un ensemble formant un "complexe granito-gneissique" calco-alcalin.

Les travaux de R. DEGALLIER et G. GUERIN-VILLEAUBREIL ont mis en évidence l'importance hydrogéologique des produits d'altération de ces roches : sous climat tropical (en particulier en Côte d'Ivoire), les formations aquifères peuvent atteindre des épaisseurs considérables.

En pays sahélien, la frange d'altération se réduit, certes, mais peut être encore importante (jusqu'à 20 m), constituant ainsi un réservoir non négligeable.

R. DEGALLIER et G. GUERIN-VILLEAUBREIL distinguent plusieurs zones, dans le sens vertical.

- 1 - Zone marécageuse formée d'argiles humiques et d'argiles blanches compactes
- 2 - Argiles sableuses perméables
- 3 - "Zone des kaolins"

.../...

- 4 - Sables feldspathiques micacés peu argileux
- 5 - Granites altérés
- 6 - Roche saine

les zones 1 et 2 pouvant être absentes en pays schélien.

J. ARCHAMBAULT a distingué 4 types de perméabilité dans les arènes.

Notons enfin que la taille des grains et le degré de fissuration de la roche de départ influent énormément sur la perméabilité des arènes.

Nappes correspondant aux diverses zones d'arènes

Les nappes peuvent se trouver à différents niveaux de la coupe donnée ci-dessus, ce qui permet de distinguer :

- les nappes de la zone kaolinique (rares dans notre secteur)
- les nappes des sables feldspathiques (inconnues dans notre secteur)
- les nappes des granites altérés (exemple : nappes de TERA.)
- les nappes d'arènes superficielles dont :
 - les nappes de thalwegs granitiques (exemple : Pogwa)
 - les nappes du type "Dibilo" (exemple : Dinka)
 - les nappes du type "Fonéko" (exemple : Sinisika).

2/ - Formations métamorphiques (série de Yatakala)

On groupe sous ce terme des roches extrêmement variées. Leurs propriétés hydrogéologiques nous permettent de les classer en 2 types :

- les schistes
- les roches vertes.

Les schistes sont en général stériles, une réserve pouvant s'y former dans de rares cas particuliers : voisinage d'une nappe alluviale (le débit est alors insignifiant) ou présence de fissures ouvertes ou de roches filoniennes fissurées. La teneur en quartz, par ailleurs, peut augmenter sensiblement leur perméabilité.

Les roches vertes, moins répandues que les schistes, sont très variées et souvent mal définies. Leurs produits d'altération sont en général peu épais et imperméables, quoique leur fissuration puisse parfois assurer une perméabilité en grand.

3/ - ... Roches filoniennes

Leur fissuration et leur puissance permettent à ces roches de jouer parfois le rôle d'aquifère dans des pays dépourvus d'autres ressources en eau (en particulier dans les régions à substratum métamorphique).

Mais la prospection des roches filoniennes est difficile, à cause de l'incertitude où l'on se trouve pour connaître le degré de fissuration en profondeur.

D/ - MODES D'ALIMENTATION DES NAPPES PRECEDENTES

J. LEMOINE en Haute Volta et H. PLOTE dans le Liptako, ont étudié les phénomènes d'alimentation des nappes que nous venons d'énumérer.

En résumé, leurs conclusions sont les suivantes : l'alimentation des nappes peut se faire, soit par voie directe, soit par voie indirecte, c'est à dire après ruissellement ou stagnation.

a) Infiltration par voie directe

En année normale, il existe une limite septentrionale, au delà de laquelle toute infiltration par voie directe est impossible, la reprise évaporatoire étant alors totale.

Cette limite est située entre les parallèles 14°40' et 14°50'

Ainsi, à DORI (latitude de TERA), la quantité de pluie infiltrée par voie directe varie entre 0 et 200 mm.

Les nappes alluviales ainsi alimentées survivent rarement, dans ces conditions, à une période de quelques années de pluies déficitaires.

Dans les nappes profondes des formations précambriennes, la même limite est valable. Mais, en outre, dans ce cas, l'alimentation sporadique et peu abondante est cause d'une minéralisation importante de l'eau, en contact permanent avec les produits d'altération du granit .

H. PLOTE concluait dans son étude que la seule zone du Liptako alimentée par voie directe et intéressante à prospecter, est celle située entre les marigots Dargol et Sirba correspondant à notre secteur d'étude n° 1.

b) Infiltration par voie indirecte

L'eau météorique s'infiltré dans ce cas, après ruissellement sur le sol. Le ruissellement dépend de la topographie du terrain (importance de la pente) et de la perméabilité du sol.

La reprise évaporatoire étant très importante dans le Liptako, il est évident que la majeure partie des eaux s'infiltrèrent en empruntant la voie indirecte.

Les deux collecteurs principaux assurant le ruissellement sont les mares et les thalwegs.

Les mares, dont le fond argileux est toujours imperméable, permettent une infiltration par leurs bords sableux, par débordement de l'eau superficielle.

Dans les grands marigots, le processus est semblable.

Par contre, les petits marigots, généralement sableux sur toute la surface de leur fond, permettent une infiltration à travers tout le lit.

c) Propagation d'ondes de crue

C'est le phénomène de migration d'une certaine quantité d'eau infiltrée en un endroit précis, qui se déplace de proche en proche dans les formations cristallines.

Ce phénomène est la cause de la mise en eau, puis de l'assèchement de certains puits, sans qu'il semble y avoir une explication rationnelle.

E/ - MODE DE TRAVAIL ET PRESENTATION DU RAPPORT

a) Etudes sur le terrain

Dans sa note "Etat actuel et possibilités de l'alimentation en eau du Liptako" (B.R.G.M. - DAKAR - 1961), H. PLOTE a élaboré une méthode de travail adaptée à la recherche de l'eau en pays cristallin.

Cette méthode consiste essentiellement en l'étude particulière et détaillée du problème posé par l'alimentation en eau de chaque village, car presque chaque unité hydrologique présente un cas particulier et la généralisation des résultats d'une région à une autre est impossible. Seules des comparaisons sont permises, la recherche ultérieure devant les confirmer ou les infirmer.

L'inventaire des points d'eau achevé, il s'agissait de réaliser l'étude géologique des environs immédiats de chaque village - d'en établir les possibilités actuelles d'alimentation - puis les possibilités d'amélioration de cette situation. Le résultat final se traduit par un projet réalisable, soit immédiatement par la construction d'un ou plusieurs puits (et l'on verra que ce cas est rare), soit par la proposition d'un programme de recherche supplémentaires, à réaliser par la géophysique ou par sondage mécanique.

b) Présentation du rapport

Le plan suivi nous a été imposé par ce qui précède.

Après un exposé rapide sur les généralités du secteur étudié, nous donnons une liste alphabétique des villages (d'après la Carte au 1/200.000, édition définitive) avec leur situation géographique et la zone dans laquelle est situé chacun d'eux. On peut ainsi passer de cette liste à l'étude particulière.

L'étude détaillée des problèmes posés par chaque village est présentée par zones, délimitées par des critères géologiques et hydrologiques. Afin d'éviter des redites inutiles, les villages présentant des problèmes similaires ont été en outre groupés et étudiés ensemble.

Les phénomènes de minéralisation, peu étudiés à ce jour, ont fait l'objet d'une attention particulière.

Enfin, nous avons regroupé tous nos projets d'étude en un programme général, comprenant des propositions de puits et, aussi et surtout, un programme à réaliser en 1963.

Deuxième partie

ETUDE DES SECTEURS N° 1 ET 3

A/ - SECTEUR N° 1

GENERALITES

Le secteur d'étude n° 1 est limité au Nord par le marigot Dargol, à l'Ouest par la frontière avec la Haute Volta, au Sud par le marigot Sirba, à l'Est par le fleuve Niger.

Morphologiquement, c'est une pénéplaine portant quelques buttes témoins bien localisées, coiffées d'une cuirasse latéritique démantelée par l'érosion.

L'ensemblement de la région est général : au Sud du marigot Dargol, des dunes mortes s'étirent N.NW-S.SE. Presque partout ailleurs, domine le reg sableux ou parfois sablo-argileux.

Le réseau hydrographique est drainé par les deux grands marigots Dargol et Sirba, qui coulent grosso modo W-E et qui se jettent dans le fleuve Niger. Seul le Dargol possède un affluent important : le Tilim.

L'extension réduite des autres marigots et leur pente forte sont peu favorables à une stagnation de l'eau. Les mares ne sont donc importantes qu'autour de TERA, et au pied de certaines dunes (Nabolé - Kéro).

La topographie et l'hydrographie déterminent les zones d'habitations. Les grands marigots connaissent les concentrations humaines. Les zones de reliefs sont au contraire désertes. Cependant, des mouvements de population ont lieu entre les zones centrales (lieu de culture du mil et des pâturages) et les bords des cours d'eau. Ceci est une conséquence de la pénurie d'eau. Les seules richesses de la région, le mil et l'élevage, sont freinées dans leur extension par le problème de l'eau.

Mais les premières études laissent la place à des espérances pour le futur.

Remarque

Les marigots Dargol et Sirba, qui possèdent des nappes permanentes et bien connus car exploitées, seront laissés en dehors de notre étude.

On ne doit pas cependant en conclure que toute amélioration sur ces cours d'eau est impossible ou peu importante. L'exemple des barrages de TERA et de DARGOL en est une preuve.

Mais il existe un ordre d'urgence à observer dans cette région. C'est la raison pour laquelle nous ne proposons rien pour les villages situés près de ces marigots.

Dans le même ordre d'idées, nous avons pensé que les villages puisant leur eau dans des nappes superficielles pérennes (ou présumées telles) devaient céder la priorité des aménagements aux villages totalement dépourvus de possibilités d'alimentation. Les puisards recrusés chaque année dans les nappes superficielles pourront être remplacés plus tard par des puits cimentés. A l'heure actuelle, ils représentent une solution peu onéreuse et sûre.

a) Liste alphabétique des villages du Secteur n° 1

"	NOM DU VILLAGE	LONGITUDE	LATITUDE	ZONE	"
"	Abaro	0° 36' 40"	13° 54' 15"	A	"
"	Aga Gari	0° 53' 10"	13° 50' 45"	C	"
"	Arga	0° 56' 20"	13° 52' 15"	C	"
"	Bangaré	0° 37' 05"	13° 47' 00"	A	"
"	Bangkaré	1° 11' 10"	13° 49' 05"	D	"
"	Banguiziba	1° 25' 00"	13° 14' 35"	D	"
"	Banizoumbou	0° 24' 50"	13° 47' 00"	D	"

" Basawa	! 0° 35' 40"	! 13° 56' 00"	! A	"
" Béina	! 0° 39' 00"	! 13° 45' 10"	! C	"
" Binguél Kobé	! 1° 24' 25"	! 13° 43' 45"	! D	"
" Birigui Kwaré	! 1° 30' 30"	! 13° 46' 15"	! D	"
" Bohé	! 1° 12' 40"	! 13° 50' 00"	! D	"
" Bohi Tonndi	! 1° 17' 15"	! 13° 45' 20"	! D	"
" Bokarigountou	! 0° 44' 00"	! 13° 50' 00"	! C	"
" Bondyo	! 0° 53' 15"	! 13° 50' 30"	! C	"
" Bongokoïré	! 0° 54' 00"	! 13° 42' 10"	! B	"
" Boulléba	! 0° 54' 30"	! 13° 38' 30"	! B	"
" Bouppo	! 0° 51' 00"	! 13° 41' 15"	! B	"
" Bourouquita	! 0° 37' 51"	! 13° 46' 00"	! A	"
" Brinani	! 1° 17' 00"	! 13° 45' 45"	! D	"
" Dalafél	! 0° 51' 45"	! 13° 51' 50"	! C	"
" Dankama	! 0° 36' 45"	! 13° 48' 00"	! A	"
" Darboundey	! 1° 13' 30"	! 13° 40' 20"	! E	"
" Deberikyabbi	! 0° 44' 05"	! 13° 52' 30"	! B	"
" Délé	! 1° 22' 00"	! 13° 47' 50"	! D	"
" Delwa Bangou	! 1° 26' 15"	! 13° 39' 30"	! D	"
" Déyé	! 1° 30' 10"	! 13° 47' 30"	! D	"
" Diagorou	! 0° 48' 45"	! 13° 54' 30"	! B	"
" Dinka	! 0° 49' 05"	! 13° 46' 00"	! C	"
" Doulougou	! 1° 00' 30"	! 13° 45' 00"	! B	"
" Fadouri	! 0° 50' 40"	! 13° 54' 50"	! B	"
" Fantafotta	! 0° 44' 20"	! 13° 53' 00"	! B	"
" Fétodiankadié	! 1° 02' 30"	! 13° 44' 15"	! E	"
" Fatomango	! 0° 27' 40"	! 14° 00' 00"	! A	"
" Gabikané I	! 1° 09' 15"	! 13° 44' 45"	! D	"
" Gabikané II	! 1° 09' 30"	! 13° 48' 45"	! D	"
" Gommangou	! 1° 17' 25"	! 13° 48' 40"	! D	"
" Gariguengui	! 1° 26' 05"	! 13° 48' 35"	! D	"
" Golgou	! 0° 36' 30"	! 13° 58' 30"	! A	"
"	!	!	!	"

" Goungo	! 1° 16' 30"	! 13° 49' 00"	! D	"
" Gournakindi	! 1° 07' 30"	! 13° 49' 15"	! D	"
" Granbassa	! 1° 03' 00"	! 13° 38' 40"	! E	"
" Guirguèl	! 1° 04' 35"	! 13° 43' 30"	! E	"
" Hérou	! 0° 53' 45"	! 13° 39' 45"	! B	"
" Inoudaka (Kogané)	! 0° 33' 10"	! 13° 54' 00"	! A	"
" Kaba Bangou	! 1° 17' 45"	! 13° 46' 30"	! D	"
" Kabéfo Bangou	! 1° 24' 15"	! 13° 44' 15"	! D	"
" Kalbara	! 0° 39' 50"	! 13° 54' 10"	! B	"
" Kalsatouma	! 0° 34' 45"	! 13° 56' 10"	! A	"
" Kikonga	! 1° 19' 30"	! 13° 47' 55"	! D	"
" Kobayou	! 0° 54' 00"	! 13° 52' 45"	! C	"
" Kodyélé	! 1° 18' 30"	! 13° 48' 30"	! D	"
" Koguiélé	! 1° 15' 45"	! 13° 47' 30"	! D	"
" Kolangaldagabé	! 0° 46' 45"	! 13° 44' 00"	! C	"
" Kombangou	! 1° 16' 50"	! 13° 40' 45"	! D	"
" Kondanbarké	! 0° 49' 00"	! 13° 51' 10"	! C	"
" Kouli	! 1° 05' 55"	! 13° 44' 30"	! D	"
" Koulia	! 1° 06' 15"	! 13° 43' 20"	! D	"
" Kourgou	! 1° 23' 10"	! 13° 42' 40"	! D	"
" Kwaratagui	! 1° 12' 45"	! 13° 50' 10"	! D	"
" Kyékésobon	! 1° 09' 15"	! 13° 49' 00"	! D	"
" Ladanka	! 0° 45' 45"	! 13° 51' 10"	! C	"
" Lafan	! 1° 29' 10"	! 13° 44' 30"	! D	"
" Largaddi	! 0° 46' 15"	! 13° 54' 30"	! B	"
" Lelley	! 1° 21' 30"	! 13° 42' 15"	! D	"
" Lilingo	! 0° 47' 55"	! 13° 52' 30"	! C	"
" Lolnango	! 0° 37' 30"	! 13° 43' 40"	! C	"
" Londyoguél	! 0° 48' 50"	! 13° 45' 30"	! C	"
" Lourgou	! 0° 43' 50"	! 13° 56' 30"	! A	"
" Lourgoubango	! 0° 42' 45"	! 13° 55' 30"	! A	"
" Mamassirou	! 0° 39' 00"	! 13° 42' 40"	! C	"
" Nabolé	! 1° 14' 45"	! 13° 49' 35"	! D	"
" Ndyahé	! 1° 30' 15"	! 13° 46' 15"	! D	"

" Nyankondo	! 1° 13' 15"	! 13° 47' 45"	D "
" Nyarka	! 1° 28' 30"	! 13° 43' 00"	D "
" Ouro Boufilatonndi	! 0° 55' 15"	! 13° 40' 50"	B "
" Ouro Gaobé	! 0° 40' 30"	! 13° 43' 45"	C "
" Ouro Ousseéini	! 0° 51' 30"	! 13° 54' 10"	B "
" Ouro Paté	! 0° 48' 50"	! 13° 13' 30"	C "
" Paté Balga	! 0° 47' 15"	! 13° 41' 20"	B "
" Paté Tyaga	! 1° 10' 40"	! 13° 49' 00"	D "
" Pogwa	! 0° 39' 05"	! 13° 50' 10"	A "
" Sagoubangou	! 0° 54' 15"	! 13° 53' 40"	C "
" Sakama	! 0° 38' 20"	! 13° 54' 30"	A "
" Salou	! 0° 53' 10"	! 13° 50' 00"	C "
" Satama	! 0° 33' 00"	! 13° 57' 50"	A "
" Séini Kworé	! 0° 51' 30"	! 13° 54' 10"	B "
" Sénébéllabé	! 0° 50' 45"	! 13° 38' 30"	B "
" Sétébéllé	! 0° 57' 45"	! 13° 53' 00"	B "
" Sinisika	! 0° 52' 30"	! 13° 53' 45"	C "
" Sinogorom	! 1° 26' 45"	! 13° 44' 05"	D "
" Souna	! 1° 11' 50"	! 13° 52' 50"	D "
" Taka	! 0° 47' 50"	! 13° 45' 45"	C "
" Tantyaga	! 0° 41' 00"	! 13° 52' 00"	B "
" Tassia	! 1° 05' 00"	! 13° 49' 45"	B "
" Tatori (Kéro)	! 1° 05' 00"	! 13° 47' 05"	B "
" Télikoubi	! 1° 04' 45"	! 13° 41' 15"	E "
" Tenkyendi	! 0° 45' 45"	! 13° 57' 40"	B "
" Tilim	! 0° 50' 45"	! 13° 56' 00"	B "
" Tingou	! 0° 59' 30"	! 13° 40' 15"	E "
" Tondigoungo	! 0° 50' 00"	! 13° 50' 45"	C "
" Tonndi Kirey	! 1° 20' 30"	! 13° 41' 40"	D "
" Tondyakangué I	! 0° 56' 15"	! 13° 51' 10"	B "
" Tondyakangué II	! 1° 04' 45"	! 13° 49' 45"	B "
" Tongou Tonguey	! 1° 10' 50"	! 13° 39' 45"	E "
" Toumbindé	! 0° 40' 45"	! 13° 53' 20"	B "
" Tyalongou	! 1° 02' 20"	! 13° 39' 25"	E "

" Wargountou	! 0° 50' 10"	! 13° 55' 30"	! B	"
" Waro	! 1° 09' 10"	! 13° 49' 00"	! E	"
" Waro Kaïna	! 1° 08' 40"	! 13° 39' 55"	! E	"
" Yalaboumkiendi	! 0° 57' 15"	! 13° 54' 00"	! C	"
" Yanga	! 0° 47' 50"	! 13° 56' 00"	! B	"
" Yolo	! 0° 44' 50"	! 13° 44' 30"	! C	"
" Yooukoïré	! 1° 16' 10"	! 13° 47' 10"	! D	"
" Zélengué	! 0° 31' 05"	! 13° 58' 40"	! A	"
" Zindigori	! 0° 39' 15"	! 13° 59' 00"	! A	"

b) Secteur n° 1 : étude par zones (Pl. I et II)

ZONE A (16 villages)

Géologie : comprend des migmatiques (en majeure partie), le massif granitique au Sud de TERA, l'enclave gneissique au Nord de BANGARE.

Hydrographie : bassin versant de la Sirba au Sud, du Dargol au Nord, marigots d'extension réduite; mares ne subsistant que 2 à 3 mois après l'hivernage.

Aménagements hydrauliques : néant; seul le village de POGWA possède des puits africains, partout ailleurs : puisards.

a) Villages de: ABARO - BASAWA - IMOUDAKA - KALSATOUNA - SAKAMA
(réduits et dispersés - souvent inhabités ou abandonnés pendant une partie de l'année, à cause du manque d'eau).

Alimentation actuelle : exploitation, par puisards, des nappes superficielles, et parfois, du sommet des nappes profondes (fonds de marigots - mares). Le reg sableux ou argileux qui recouvre la région permet une infiltration, mais son extension et sa puissance sont très réduites.

En général les puits sont secs en février-mars.

Possibilités d'amélioration : les nappes superficielles sont trop réduites pour contenir des nappes pérennes. Les nappes profondes sont inconnues, aucun puits ne les exploitant. Cependant, le substratum granito-gneissique est susceptible de donner des arènes perméables.

Projets : un certain nombre de sondages mécaniques, atteignant le socle et implantés en réseau à grande maille, permettraient de reconnaître la nature du substratum, d'en localiser les points bas et les zones d'altération. Ces sondages sont à implanter près des villages intéressés et, en premier lieu, dans le lit des marigots où l'infiltration est la plus forte.

b) Villages de : FATOMANGO (Tinéchamoud) - GOLGOU - LOURGOU -
LOURGOUBANGO - SATAMA - ZELENGUE - ZINDIGORI
(voir figure 4)

Alimentation actuelle : comme pour a), exploitation, par puisards, de nappes superficielles de fond de marigots (LOURGOU, ZELENGUE, ZINDIGORI), ou de fonds de mares (GOLGOU, SATAMA, ZINDIGORI) et du sonnet de nappes profondes.

En année à pluviosité normale, les besoins humains sont satisfaits, mais le bétail doit transhumer vers le Dargol, en février-mars.

Possibilités d'amélioration : -les nappes superficielles paraissent réduites à la phase argilo-sableuse des marigots et à la base des dunes; il ne semble pas y avoir de nappe dunaire importante;

-les formations granitiques (migmatite à grain fin) affleurent presque partout; entre les affleurements, les accumulations de sable sont très peu étendues et sans doute peu épaisses;

- les nappes profondes, si elles existent, sont inconnues, mais sûrement de faible puissance.

Projets:- sondages mécaniques, entre les affleurements, pour déterminer les points bas du socle;

- sondages mécaniques (1 ou 2) pour étudier les dunes: en particulier près de GOLCOU, où existe une émergence temporaire au pied de la dune;
- un puits cimenté serait nécessaire à ZINDIGORI, si possible après sondages mécaniques de reconnaissance. Le point le plus favorable semble actuellement situé à l'emplacement des puisards du marigot, à l'Est du village: on peut espérer rencontrer une nappe d'arènes bien alimentée par le marigot.

c) Villages de : BANGARE - BOUROUQUITA

Alimentation actuelle: - BANGARE, et le petit village de BOUROUQUITA qui en est très proche, constituent un centre important, siège d'un grand marché hebdomadaire;

- les puisards (2 à 3 m de profondeur) sont creusés dans le lit du marigot Tilim, au moment de l'assèchement de celui-ci en décembre; la nappe du Tilim est pérenne en année normale;

- le chef de village désirerait qu'un puits soit creusé sur la colline, près du marché.

Possibilités d'amélioration: - le substratum affleurant à l'Est est une migmatite à grain fin; au Nord Ouest ce sont des schistes altérés en surface, traversés par de petits filons de quartz; de plus, on sait qu'on se trouve en bordure de l'enclave de gneiss de POGWA; à l'Ouest, un gros filon de quartz massif (direction W.SW - E. NE) ne montre pas de fissuration;

- la nappe superficielle du Tilim est bien exploitée par les puisards; un puits cimenté ne pourrait avantageusement les remplacer;

- les nappes profondes semblent totalement inconnues; mais deux faits sont à considérer : d'abord; la proximité des schistes, ensuite l'alimentation des nappes qui ne peut se faire que par débordement du Tilim. De cela, il résulte que les puits ne devront pas être implantés au Nord du village (qui est la zone des schistes : voir puits sec de DANKAMA), ni sur la hauteur où l'alimentation la plus sûre (par débordement du marigot) ne peut se faire. Tout cela élimine le puits du marché.

Projets : - un puits cimenté pour l'alimentation humaine de ce grand village pourrait être creusé à l'emplacement des puisards actuels; un sondage de reconnaissance atteignant le socle permettrait de reconnaître les arènes et aussi la partie supérieure de la roche saine qui peut être fissurée et constituer un bon aquifère.

d) Village de DANKAMA

Alimentation actuelle : - ce petit village peuhl, habité au moment du travail du mil par des habitants de BANGARE ne possède que des puits secs à partir de novembre (profondeur : 7 à 8 m). Ces puits ont traversé 8 m d'arènes grisâtres ou jaunâtres, imperméables.

Possibilité d'amélioration : elles paraissent nulles; le substratum est sûrement constitué de schistes imperméables.

e) Village de POGWA

Alimentation actuelle : une vingtaine de puits africains (profondeur moyenne : 9 m, hauteur d'eau en décembre : 2,65 m) exploitent une nappe profonde;

- l'aquifère est constitué par une arène sableuse gris clair, contenant des galets roulés de latérite; c'est donc une formation remaniée;

- il s'agit là d'une nappe de "thalweg granitique;

- ces puits présentent une grande importance pour la région, car les habitants de plusieurs villages des environs viennent s'y alimenter (TANTYAGA - TOUMBINDE - KALBARA SAKAMA).

Possibilité d'amélioration : des puits cimentés permettraient une meilleure exploitation de la nappe qui est pérenne et qui semble avoir une grande extension.

Projets : - un puits cimenté, descendant jusqu'à la roche saine remplacerait avantageusement les puits africains en assez mauvais état, qui doivent être reconstruits souvent;

- des sondages électriques, étalonnés sur les puits actuels, seraient nécessaires pour délimiter l'extension du thalweg granitique; un ou deux sondages mécaniques permettraient de posséder une coupe complète, de donner la nature du substratum et son degré de fissuration.

ZONE B (25 villages)

Géologie: substratum birrimien (schistes et amphibolites)

Hydrographie: marigot Tilim et affluents rive droite du Dargol.

Aménagements hydrauliques : il existe 2 puits cimentés, dont un à Diagorou (puits de l'école) et un à Séini Kwaré (Ouro Ousséini sur la carte), ce dernier étant sec en janvier.

a) Villages de : DIAGOROU - FADOURI - SEINI KWARE - SETEBELLIE -
TILIM - WARGOUNTOU.

Alimentation actuelle : ces villages, situés sur le bord du marigot Tilim, s'alimentent dans des mares résiduelles du lit mineur, jusqu'en décembre, puis dans des puisards creusés aux mêmes endroits.

- A DIAGOROU le puits cimenté de l'école (profondeur : 11,85 m, hauteur d'eau : 0,75 m en décembre) atteint une nappe dans des arènes superficielles remaniées, l'alimentation étant assurée par débordement du marigot voisin, La concentration en sel y est assez élevée (comparativement aux puisards). Ce puits permanent est utilisé pour l'alimentation humaine, surtout à partir de janvier - février.

- A SEINI KWARE : un puits cimenté, construit sur initiative du Cercle, a atteint les produits d'altération du socle qui se sont révélés très argileux. Le puits ne débite un peu d'eau qu'immédiatement après l'hivernage par quelques rares fissures ouvertes des schistes.

Possibilités d'amélioration: - la nappe superficielle alluviale du Tilim est bien exploitée par des batteries de puisares, les nappes superficielles des marigots affluents sont par contre réduites en extension, en puissance et aussi au point de vue perméabilité (produits d'altération argileux des schistes).

- l'exemple fourni par le puits de SEINI KWARE nous confirme l'imperméabilité des produits d'altération du substratum birrimien, dans ces conditions leur exploitation paraît fort sujette à caution, les filons de quartz étant par ailleurs inconnus dans la région.

Projets : - la limite schistes-migmatites, très importante au point de vue hydrogéologique, n'est encore connue qu'approximativement. 2 ou 3 sondages mécaniques pourraient la situer exactement et préciser les possibilités aquifères de ces terrains; ils donneraient aussi des renseignements sur le rôle de la limite elle même, qui doit servir de drain;

- si cette reconnaissance donne des résultats positifs, un puits cimenté serait à implanter près de SEINI KWARE et de FADOURI, en remplacement du puits sec actuel.

- A DIAGOROU et TILIM, qui sont des villages importants, la construction de puits cimentés à destination humaine serait nécessaire. A DIAGOROU, le placer près du village, un peu en contre bas. A TILIM, près du marigot, à l'emplacement des puisards actuels.

b) Villages de : BONGOKOIRE (inhabité) - BOUPPO - HEROU BOULLEBA - OURO BOUFILATONNDI (inhabité) - DOULOUGOU - PATE BALGA (inhabité) - SENESELLABE (inhabité)

Alimentation actuelle : - très déficitaire (de nombreux villages sont inhabités ou abandonnés en saison sèche);

- les nappes superficielles sont très réduites et peu perméables; les nappes profondes sont inconnues, mais le substratum schisteux n'est pas favorable.

- A BOUPPO : un puits africain (profondeur 13,50 m; hauteur d'eau: 0,05 m en décembre) s'assèche en mars, le fond est formé d'une brèche à galets argileux et ciment ferrugineux, qui paraît peu perméable.

- A BOULLEBA : les puisards (profondeur: 7 m, hauteur d'eau: 2,40 m en décembre) sont secs en mars; ils exploitent la nappe temporaire du marigot.

- A DOULOUGOU I : l'eau fait totalement défaut et le village est déplacé, dès décembre, à quelques km vers l'Est.

Possibilités d'amélioration: - elles paraissent peu favorables; le substratum est connu pour ses possibilités aquifères faibles;

- le réseau hydrographique tenu ne permet pas la formation de nappes superficielles permanentes.

Projets : - A BOULLEBA et BOUPPO : 2 sondages de reconnaissance pour reconnaître l'épaisseur de la nappe superficielle ainsi que les possibilités hydrogéologiques du substratum (en particulier à BOUPPO, où la brèche du fond du puits est peut être perméable en grand).

- A DOULOUGOU : 2 sondages de reconnaissance pour situer la limite Birrimien - migmatites et étudier le rôle de la zone de contact dans l'hydrologie souterraine.

c) Villages de DEBERIKYABBI - FANTAFOTTA - KALBARA - LARGADDI - TANTYAGA - TONDYAKANGUE I - TENKYENDI - TOUMBINDE - YANGA (figure 5)

Alimentation actuelle: - elle est réduite à néant : des puisards de 1 à 2 m de profondeur maximale exploitent jusqu'en décembre de minuscules nappes de fond de marigot. Quand ils sont secs, l'alimentation des villages se fait aux villages voisins, par transport de l'eau (parfois sur 10 km) dans des outres portées par des ânes.

Possibilités d'amélioration: - les nappes superficielles sont pratiquement inexistantes: des sondages à la tarière à LARGADI et FANTAFOTTA ont montré la nature argileuse des alluvions de tous les marigots et la grande réduction de leur puissance;

- nappes profondes : le substratum schisteux affleure au milieu du village de LARGADDI : ce sont des quartzitoschistes fracturés - direction : 60° - pendage : 85° . S'il existe une certaine perméabilité, il s'agit d'une perméabilité en grand; mais le fort pendage (sub-vertical) laisse supposer un écoulement de l'eau en profondeur. La prospection des environs n'a pas révélé la présence de filons.

- A TANTYAGA : des puits africains de 20 m de profondeur n'ont rencontré que des formations très argileuses stériles. A la demande de H. PLOTE, une campagne de sondages électriques y a été entreprise. Les 17 S.E. et les 2.790 m de traîné ont donné les résultats suivants : - mise en évidence d'une zone à anomalie conductrice nette de direction N.NE - S.SW : s'il s'agit d'une zone de fractures, elle est parallèle à la direction des schistes; - au S.E. 13, à l'Ouest du village, la roche saine a été située à 30 m de profondeur environ et la résistivité semble bonne.

Projets : un sondage de reconnaissance sur l'emplacement / du S.E. 13
situé à l'Est du village, à une cote inférieure aux autres sondages électriques, mais dans une zone non inondable, permettra d'en connaître la coupe à TANTYAGA.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il paraît impossible d'améliorer la situation. Cependant, un sondage de reconnaissance implanté près de LARGADDI et poussé dans les arènes donnera des renseignements sur la perméabilité en grand des schistes, et sur le rôle exact de leur pendage.

d) Villages de : TATORI - TONDYAKANGUE II - TASSIA

Alimentation actuelle : - la grande mare de Tatori-Kéro permet l'alimentation en eau humaine et pastorale jusqu'en janvier;

- à cette date, des puisards sont creusés dans la nappe permanente du fond de la mare.

Possibilité d'amélioration: - la nappe permanente superficielle ne saurait être mieux exploitée qu'avec des puisards;

- les nappes profondes sont inconnues.

Or, on se trouve à cet endroit au contact Birrimien-migmatites (la limite étant mal située). Le Birrimien qui affleure un peu au Nord de TATORI est formé de quartzito-schistes massifs, très recristallisés, avec injections alcalines. Les migmatites qui affleurent à l'Est sont à grain fin;

- il est remarquable que la grande mare de Kéro (et son annexe au Sud, appelée Awidé) se trouve approximativement le long du contact entre les deux terrains : on est en droit de penser qu'il s'agit là d'une zone de drainage préférentielle et d'accumulation d'eau;

- la mare permet une infiltration indirecte notable et pourrait alimenter une nappe sous-jacente dans les produits d'altération des migmatites.

Projets : - 2 ou 3 sondages de reconnaissance atteignant le substratum, permettraient de reconnaître : la limite migmatite-Birrimien, la puissance et l'extension de la nappe superficielle; la présence ou l'absence de nappe profonde, soit dans les schistes (par perméabilité en grand), soit dans les arènes des migmatites;

- au cas où la reconnaissance mettrait en évidence une nappe profonde, un puits cimenté pourrait être aménagé près de TATORI, pour alimentation humaine.

ZONE C (24 villages)

Géologie : c'est une zone très homogène, ne comprenant que des mignatites.

Hydrographie : le marigot Tilim et ses petits affluents rives droite et gauche.

Aménagements hydrauliques : il n'existe pas de puits cimenté; dans le cas le plus favorable, des batteries de puits africains exploitent des nappes profondes (mais ils sont en assez mauvais état en général).

a) Villages de BOKARIGOUNTOU - LADANKA - LILINGO.

Alimentation actuelle : - ces villages s'alimentent au marigot, soit directement quand il est en eau, soit par des puisards creusés dans le lit mineur exploitant la nappe superficielle;

- les puisards n'atteignent pas les arènes sous-jacentes, la zone perméable étant très épaisse.

Possibilités d'amélioration: - la nappe superficielle fort bien exploitée par les puisards suffit à l'alimentation humaine et pastorale;

- les nappes profondes ne sont pas connues.

Projets - la reconnaissance par sondes mécaniques permettrait de savoir^{SI}/des nappes profondes existent; leur alimentation bien assurée par le marigot permet d'espérer de bons débits;

- 3 puits cimentés pourraient alors remplacer, dans chaque village, les puisards et assurer l'alimentation humaine et pastorale. Ces puits seraient à implanter près des marigots et, descendus jusqu'au socle, ^{pourraient} exploiter la nappe superficielle et la nappe profonde en même temps.

b) Villages de : BEINA - KOLANGALDAGABE (inhabité) - LOLWANGO
(inhabité) - MANASSIROU - OURO GAOBE (2 familles)
YOLO.

Alimentation actuelle : - puisards dans le lit de petits marigots
(début du réseau hydrographique alimentant le Tilim) ou sur le bord de mares;

- les nappes profondes sont inconnues.

Possibilités d'amélioration: - le substratum, qui affleure aux
environs des villages, est constitué de migmatites. Des nappes d'arènes peuvent donc exister et être exploitées.

Projets : - la reconnaissance par sondages mécaniques devra situer
les points bas du socle et la perméabilité des produits d'altération des migmatites; les sondages devront être exécutés dans le lit des marigots, où l'alimentation par voie indirecte est bonne, et près des villages;

- si cette reconnaissance se révèle positive, des puits cimentés exploitant les deux nappes superposées devraient être creusés à BEINA et YOLO.

c) Villages de : AGA-GARI - ARGA - BONDYO - DALAFEL - KOBAYOU -
KONDANBARKE - OURO PATE (2 familles) - SAGOUBANGOU - SALOU - SINISIKA - TONDIGOUNGO - YALABOUMKIENDI.

Alimentation actuelle : - c'est la seule zone du Secteur n° I où
les nappes d'arènes sont bien connues et exploitées;

- il s'agit de nappes type "Fonéko" ou "Dibilo" (la différence entre les deux types étant petite) et aussi du type thalweg granitique, à BONDYO, nappes exploitées par de nombreux puits africains, souvent en mauvais état (le soutènement est, au mieux, assuré par 2 ou 3 grosses branches d'arbres; en général, le puits se réduit à un grand trou);

- seul le sommet de la nappe est exploité, le puisard étant approfondi au fur et à mesure que l'eau descend;

- les chefs de tous ces villages demandent la construction de puits cimentés.

Possibilités d'amélioration: - les nappes profondes peuvent et doivent être exploitées.

Projets : - des puits cimentés peuvent, d'ores et déjà, remplacer certains des puits africains dans tous les villages cités; en général les habitants ont prospecté pendant de nombreuses années toute la zone environnant leur village : les emplacements retenus pour le creusement des puits sont donc le résultat de longues recherches et on peut penser que ce sont les plus favorables;

- les puits seront donc à implanter dans les endroits indiqués par les chefs de villages et réputés comme donnant de l'eau toute l'année;

- il n'empêche qu'une reconnaissance préalable permettrait de préciser les capacités hydrogéologiques des arènes et aussi du degré de fissuration du substratum; ces résultats pourront être appliqués à des régions similaires.

d) Villages de : DINKA - LONDYOGUEL - TAKA

Alimentation actuelle : - à TAKA, elle est assurée par la grande mare à l'Ouest du village dont la nappe sous-jacente est permanente;

- à LONDYOGUEL et DINKA, des puisards, dans le lit du marigot, exploitent en partie la nappe superficielle, en partie, le sommet des nappes profondes (type "Foneko");

- il n'y a pas de puits cimenté et les puisards sont insuffisants pour l'alimentation du bétail en fin de saison sèche.

Projets : - attendre les résultats des régions voisines.

c) Villages de BANGUIZIBA - BINGUEL-KOBE - KABA BANGOU (inhabité)
KABEFO BANGOU (inhabité) - KOURGOU - LAFAN -
LELLEY - NDYAHE - SINOGOROM - TONNDI KIREY.

Alimentation actuelle : - tous ces villages exploitent la nappe superficielle du même grand marigot ou de ses affluents;

- les puisards sont secs en mars et l'alimentation des villages n'est plus assurée dès cette époque;
- les nappes profondes se sont révélées stériles.

Possibilités d'amélioration: - la gravité de la situation a amené H. PLOTE à faire des recherches poussées sur cette région; disons tout de suite que ces recherches n'ont pas abouti;

- A LELLEY, le puits cimenté (I.R.H. n° 808) atteint des formations aréniques remaniées, alimentées par débordement du marigot voisin. Ce puits s'assèche en mars. Des recherches à l'aide de la tarière à main, menées dans le lit du marigot, ont mis en évidence la faible épaisseur des formations aréniques;

- A KOURGOU, deux puits africains de 20 et 23 m qui ont traversé des arènes blanches très argileuses, sont restés secs;

- A BANGUIZIBA, un puits africain de 19 m est lui aussi resté sec dans les mêmes arènes. Il faut remarquer qu'il a existé un puits en eau à cet endroit : on peut penser qu'il s'est passé là le phénomène de la propagation d'onde de crue;

- A NYARKA : 2 puits africains de 19 m sont secs.

- les résultats obtenus à ce jour dans les nappes profondes sont peu encourageants;
- une étude géophysique a été entreprise à BANGUIZIBA, après l'échec du puits préconisé par H. PLOTE en 1961. Les résultats de cette étude feront l'objet d'un rapport à paraître prochainement. Le rapport provisoire donne un aperçu des recherches qui ont été menées et propose un puits à implanter au Sud du village près du marigot. La figure 6 donne les résultats de 2 sondages électriques qui paraissent favorables. Mais, on peut penser qu'il s'agit de nappe superficielle et on connaît les aléas d'une telle solution;
- à KOURGOU, seul un profil de traîné a été exécuté et semble très défavorable;
- dans de telles conditions toute recherche paraît vouée à un échec.

Projets : - néant.

d) Villages de DEYE - GARIGUENGUI

Alimentation actuelle : - GARIGUENGUI : puisards, secs en mars, dans le lit d'un petit marigot affluent du Dargol;

- DEYE : puisards permanents de 6 m de profondeur (hauteur d'eau : 0,15 m);

Aquifère : sable superficiel et sommet des arènes.

Possibilités d'amélioration: - il paraît évident que les puisards sont alimentés par la dune, de la même façon qu'à Nabolé;

- le substratum, composé de migmatites, est susceptible de donner des produits d'altération perméables; une nappe profonde est donc probable et son alimentation est très bien assurée.

Projets : - 2 ou 3 sondages de reconnaissance sont nécessaires pour prospecter la dune : ils devront atteindre les arènes et les traverser sur toute leur hauteur;

- un puits cimenté peut être implanté à la place des puisards actuels; il permettrait sans doute de fixer la population qui, chaque année, gagne la rive droite du fleuve pour y passer la saison sèche. Profondeur à prévoir : 9 - 10 m.

ZONE E (10 villages)

Géologie : nous avons groupé dans cette zone des villages situés sur le même substratum birrimien, dont le comportement hydrologique est toujours défavorable.

Hydrographie : systèmes aréiques ou bassin versant de la Sirba.

Aménagements hydrauliques : néant.

a) Villages de DARBOUNDEY - TONGOU TONGUEY - WARO - WARO KAINA

Alimentation actuelle : - puisards dans la nappe superficielle permanente en année normale;

- nappes profondes inconnues.

Possibilités d'amélioration: - à l'heure actuelle, seule la nappe superficielle semble pouvoir alimenter le puits cimenté demandé par le chef de village, mais une reconnaissance préalable est nécessaire;

- le substratum birrimien paraît peu favorable.

Projets : - reconnaissance du substratum par sondages mécaniques
- si cela se révèle possible, implantation d'un puits cimenté à WARO et d'un autre à TONGOU TONGUEY.

b) Villages de FETODYANKADIE (nomades) - GUIRGUEL - TELIKOUBI
(inhabité)

Alimentation actuelle : seul, GUIRGUEL possède un puits africain qui s'assèche en mars; c'est d'ailleurs le seul exemple connu du Secteur n° I de puits exploitant une nappe dans des produits d'altération de roches birrimiennes.

Possibilités d'amélioration: - elles paraissent réduites; cependant, il est possible que la perméabilité en grand du substratum à GUIRGUEL permette l'existence d'une nappe pérenne.

Projets : - un sondage de reconnaissance à GUIRGUEL permettra de connaître les possibilités aquifères de ces arènes;
- les résultats obtenus pourront être appliqués aux régions similaires voisines.

c) Villages de GRANBASSA - TINGOU - TYALONGOU

Alimentation actuelle : - par puisards dans la nappe superficielle;

- à Granbassa, les puisards dépassent 10 m de profondeur et atteignent le sommet des arènes.

Possibilités d'amélioration : - on ne peut espérer trouver des nappes profondes que dans les produits d'altération des migmatites; la localisation précise de la limite Birrimien-migmatites est donc nécessaire.

Projets : - prolongement vers le Sud de la reconnaissance proposée plus au Nord, pour préciser la limite des deux terrains;

- les mêmes sondages de reconnaissance devront préciser l'épaisseur des arènes et leur possibilités hydrologiques.

c/ - Secteur n° I : minéralisation des eaux

Les échantillons d'eaux, au nombre de 39, prélevés dans des puits ou puisards du Secteur n° I ont fait l'objet d'analyses chimiques au laboratoire du B.R.G.M. à DAKAR.

La comparaison des analyses, facilitée par des diagrammes semi logarithmiques (voir en annexe) et par des diagrammes logarithmiques octogonaux (voir Pl. III), suggère une classification en :

- nappes d'arènes
- nappes superficielles
- nappes mixtes (à caractères intermédiaires entre les 2 types précédents).

Comme base de comparaison, nous avons choisi le rapport Na/K, le seul parmi les rapports d'ions que nous avons étudiés, à montrer des variations assez nettes (correspondant en outre à la forme générale des octogones).

- Ce rapport est - élevé dans les nappes d'arènes (supérieur à 15 et jusqu'à 65)
- faible dans les nappes superficielles (inf. à 5),
 - moyen dans les nappes mixtes (entre 5 et 15).

Sur la Pl. III, outre le rapport Na/K, nous avons fait intervenir l'ion NO_3^- , qui traduit sans doute la présence de matière organique dans le puits, mais montre aussi que ce puits est peu utilisé ou mal réalimenté.

1/ - Nappes d'arènes

La minéralisation des eaux des terrains granitiques est faible (inférieure à 550 mg/litre), mais peut augmenter et atteindre jusqu'à 900 mg/litre, par contact prolongé avec le terrain encaissant, dans un système aréique (sans écoulement extérieure), ce qui est souvent le cas dans le Secteur n° I.

Le pH est normalement acide, mais devient basique par vieillissement à l'air (départ du CO_2), ce qui explique les valeurs différentes du pH mesurées sur le terrain et au laboratoire.

Le tableau générique donné en annexe montre les principaux résultats suivants :

- rapport Mg/Ca faible (inférieur à 2)
- rapport SO_4/Cl très faible ou nul
- rapport Na/K élevé (supérieur à 15)

Les ions prédominants sont le sodium et les carbonates; Mg, SO_4 et Cl ayant des valeurs faibles ou nulles.

La composition chimique des eaux d'arènes est directement fonction de la composition minéralogique des terrains aquifères. Une mise en parallèle systématique des analyses d'eaux et d'échantillons de terrains serait donc nécessaire. A l'heure actuelle, le nombre d'analyses en notre possession est trop faible (par suite du manque de puits exploitant des nappes d'arènes) pour généraliser nos résultats; ce sera un des buts de la campagne 1962 1963 de mener à bien cette étude.

Pour le moment, tout au plus peut-on remarquer que les eaux situées dans les granites altérés sont plus chargées (300 à 550 mg/litre) que les eaux des zones supérieures (250 à 350 mg/litre).

2/ - Nappes superficielles

La minéralisation de ces eaux est très faible, dans les nappes assez importantes, mais elle peut prendre des valeurs assez élevées dans les systèmes sans exutoire, par contact prolongé avec le terrain encaissant.

Comme dans les nappes d'arènes, le pH est acide, mais peut devenir basique par vieillissement.

Le th est en général faible.

Le tableau générique en annexe donne les résultats suivants :

- rapport Mg/Ca faible : inférieur à 1
- rapport SO_4/Cl faible : inférieur à 3; mais cette valeur peut varier. On note une telle variation dans la nappe du marigot Tilim, où entre BOKARIGOUNTOU et TILIM, ce rapport varie régulièrement, avec des intermédiaires, de 2,3 à 0,5, ce qui est caractéristique d'une nappe en mouvement (H. SCHOELLER).
- rapport Na/K faible : inférieur à 5.

Les ions prédominants sont les mêmes que ceux des nappes d'arènes : les terrains encaissants sont des terrains granitiques dans les deux cas et ce sont les mêmes minéraux qui sont dissous.

3/ - Nappes mixtes

Nous avons classé dans ce groupe les nappes présentant des caractères intermédiaires, entre les deux types précédents :

- minéralisation : faible, 100 à 350 mg/litre
- rapport Mg/Ca : faible
- rapport SO_4/Cl : faible ou nul
- rapport Na/K : compris entre 5 et 15.

Dans le groupe des nappes mixtes, ont été classées des eaux différentes par leur origine, mais qu'il est difficile de distinguer dans l'état de nos connaissances. Cette distinction pourra sans doute être réalisée quand les mesures auront été accumulées.

D'ailleurs, le cas d'un puits exploitant une nappe superficielle et le sommet d'une nappe d'arènes est assez courant pour justifier la création d'une telle catégorie.

Conclusions

Suivant en cela la classification de H. SCHOELLER, les eaux du Secteur n° I peuvent être définies comme des eaux :

- chlorurées faibles : r Cl inférieur à 10
- sulfatées faibles ou normales : r SO₄/inférieur à 6
- hypocarbonatées ou carbonatées normales : rHCO₃ + rCO₃ inférieur à 2 ou compris entre 2 et 7.

Le seul caractère vraiment constant est la faible minéralisation de toutes les eaux : extrait sec inférieur à 900 mg/litre. Moyenne calculée sur 39 échantillons : 345 mg/litre.

La composition des eaux varie aussi avec la nature de la roche magasin. C'est là un fait remarquable qui permettra de connaître l'origine des eaux analysées.

Mais, pour cela, une comparaison systématique des analyses d'eau et de roche est nécessaire. Cette étude donnera des éléments pour établir des corrélations avec des régions similaires.

I - NAPPES D'ARENES

" NOM DU VILLAGE "	N° I.R.H.	Mg/Ca	Ca/Na	Na+K Ca+Mg	CO ₃ /Cl	SO ₄ /Cl	Na/K	EXTRAIT SEC
" Dalafèl "	838	1,00	0,12	4,3	7	0,8	67	468
" Diagorou "	833	2,00	0,37	0,9	10,8	0	25	552
" Dinka "	823	1,00	0,02	18,1	5,6	0,4	35	264
" Goungo "	865	0,20	0,54	1,6	2,8	0	18,5	116
" Kikonga "	868	0,50	0,27	2,5	2,1	0	44,5	352
" Kyékésobon "	875	1,00	0,07	6,8	11,6	0	35	260
" Lelley "	807	0,35	1,05	0,7	8,6	0,3	25	272
" Pogwa "	829	0,6	6,4	0,1	5,9	0,3	13	464

II - NAPPES SUPERFICIELLES

" Banguiziba "	1432	0,36	8,8	0,15	18	0,7	1,8	220
" Bokarigountou "	834	0,5	1,18	0,9	6	2,28	1,8	88
" Bouppo "	1440	0,73	0,84	0,7	3	0,4	0,9	256
" Brinani "	869	0,71	1,93	0,5	6,9	0	1,6	148
" Doulougou "	819	0,60	2,34	0,4	2,1	0	2	84
" Kombangou "	809	1,00	2,66	0,4	5	0	0,8	640
" Lilingo "	1443	0,71	2,15	0,58	7,6	1,6	0,8	84
.../...								

d) - Secteur n° 1 chimie des eaux : tableau récapitulatif

B/ - SECTEUR N° 3

GENERALITES

Le Secteur n° 3 est limité au quadrilatère TILLABERY -
MEENA - LEMOU.

Il fait partie de la zone des granites du Liptako et comprend des granites et des migmatites avec des enclaves de schistes et de diorites de la série de Yatakala (P. MASCLANIS).

Le Continental Terminal vient recouvrir le tout vers l'Est, cette formation sédimentaire ne subsistant plus que sous forme de buttes témoins, entre le fleuve et la falaise du biseau sec.

Le système hydrographique est formé essentiellement du grand marigot de Mari-Tagantassou, qui se jette dans le fleuve à DAIKAINA; ce marigot draine toutes les eaux du secteur qui descendent des buttes de Continental Terminal, en entaillant des ravins escarpés à forte pente, dans les formations argileuses.

Entre MARI et TAGANTASSOU, le marigot forme une grande mare semi permanente.

Ces conditions sont peu favorables à la formation de nappes permanentes et le problème de l'eau se pose pour les habitants de ce secteur, nomades ou sédentaires, à partir du mois de février.

Il n'existe que deux puits cimentés, à TAGANTASSOU et MARI, et il arrive même que ces puits s'assèchent en année déficitaire en pluie.

La suite de notre exposé montrera que des améliorations peuvent être apportées à cet état de chose.

a) Liste alphabétique des villages du Secteur n° 3

" NOM DU VILLAGE	! LONGITUDE	! LATITUDE	"
"-----	!-----	!-----	"
"Babalay	! 1° 36' 36"	! 14° 19' 30"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Dindou Bani	! 1° 34' 40"	! 14° 13' 20"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Kabay	! 1° 36' 45"	! 14° 14' 10"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Kérimé	! 1° 32' 50"	! 14° 16' 15"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Kouroumou (inhabité)	! 1° 34' 45"	! 14° 19' 00"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Lémou	! 1° 33' 15"	! 14° 10' 30"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Mari	! 1° 31' 35"	! 14° 14' 40"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Mééna	! 1° 38' 40"	! 14° 14' 00"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Tagantassou	! 1° 33' 00"	! 14° 17' 15"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Tassa	! 1° 39' 25"	! 14° 18' 50"	"
"-----	!-----	!-----	"
"Tougorak (inhabité)	! 1° 35' 30"	! 14° 19' 45"	"
"-----	!-----	!-----	"

b) Secteur n° 3 - étude des villages

a) Village de BABALAY

Alimentation actuelle : - 2 zones de puisards (I.R.M. n° 202 et 203) dans le lit du marigot (profondeur : 7 m et 8 m) qui s'assèchent en février;

- les habitants s'alimentent à partir de cette date au puits cimenté de TAGANTASSOU

Possibilités d'amélioration: - les puisards sont creusés dans la nappe superficielle contenue dans un sable argileux fin grisâtre à jaune, peu épais;

- les 2 batteries de puisards atteignent le socle: - à l'Ouest, granite fin à muscovite, avec pegmatite, relativement peu altéré, présentant quand même des formations aréniques;

- à l'Est, gneiss à biotite altéré;

- ces formations sont susceptibles de contenir une nappe profonde, l'alimentation de celle-ci étant assurée par les alluvions sus-jacentes perméables du marigot.

Projets : - reconnaissance par un sondage mécanique du socle et de ses possibilités aquifères (profondeur à prévoir : 10 - 12 mètres);

- un puits cimenté, à l'emplacement du sondage, s'il se révèle positif.

b) Village de DINDOU BANI

Alimentation actuelle : - ce petit village de 10 habitants s'alimente à KABAY, à partir de février, quand les puisards s'assèchent (I.R.H. n° 182 - profondeur : 2,50m); en année normale, les puisards seraient cependant permanents.

Possibilités d'amélioration: - les alluvions argilo-sableuses sont peu épaisses et leur exploitation par puits cimenté est impossible;

- le substratum est inconnu : il est cependant probable qu'il est formé de schistes birrimiens présentant des conditions hydrogéologiques peu favorables.

Projets : - le petit nombre d'habitants de ce village ne nécessite pas la construction d'un puits, ni de recherches par sondage.

c) Village de KABAY

Alimentation actuelle : - 30 puisards en eau alimentés par un très large marigot avec recouvrement dunaire (sable fin argileux jaune clair);

- le débit est suffisant pour alimenter KABAY et MEENA, à partir du mois d'avril.

Possibilités d'amélioration: - la nappe superficielle est permanente en année normalement pluvieuse et même certaines années déficitaires (1960);

- le substratum et les nappes qui pourraient être contenues dans ses produits d'altération sont inconnus; les affleurements au Nord et à l'Ouest laissent penser qu'il s'agit du Birrimien;

- si une nappe profonde existe, elle peut être très bien alimentée par infiltration du marigot sus-jacent.

Projets : - un sondage de reconnaissance serait à implanter dans le lit du marigot, pour reconnaître le socle et apprécier ses possibilités aquifères - profondeur à prévoir : ?

- si celui-ci permet de découvrir une nappe profonde, un puits cimenté remplacerait avantageusement les puisards actuels.

d) Village de KERIME

Alimentation actuelle : - petit village d'une dizaine d'habitants, utilisant deux puisards (I.R.H n° 205 - profondeur : 5 m), dans une nappe permanente; aquifère : sable dunaire jaune.

Possibilités d'amélioration: - en année normale, la nappe superficielle est permanente;

- le substratum, qui affleure à l'Est du village, fait partie de la série de Yatakala;

- les conditions hydrogéologiques défavorables et le petit nombre d'habitants du village n'encouragent pas à la construction d'un ouvrage de captage; le puits cimenté de TAGANTASSOU est d'ailleurs assez proche pour que l'alimentation en eau ne pose pas de problème majeur.

Projets : - néant.

e) Village de LEMOU

Alimentation actuelle : - puisards (I.R.H n° 181 - profondeur 5 m), dans les alluvions sableuses du marigot, secs en mars - avril;

- puits cimenté (I.R.H n° 206 - profondeur : 8,64 m) est resté sec après traversée d'un gneiss altéré; arrêté dans une amphibolite saine;

- au moment de l'épuisement de la nappe superficielle, les habitants vont chercher l'eau au fleuve (5 km à l'Ouest).

Possibilités d'amélioration: - les puisards, dans la nappe superficielle, sont bien alimentés par le large marigot (où l'eau coule pendant l'hivernage, permettant ainsi une infiltration indirecte);

- l'existence d'une nappe profonde est peu probable.

Projets : - un sondage de reconnaissance peu profond permettrait de reconnaître la puissance de la nappe superficielle et de décider de la nécessité d'implanter un puits cimenté.

f) Village de MARI

Alimentation actuelle : - puisards (I.R.H n° 180 - profondeur 5 m) creusés dans la nappe permanente de la mare quand cette dernière s'assèche;

- puits cimenté S.H. (I.R.H n° 179 - profondeur : 24,44 m) construit en 1950 et approfondi de 2 m en 1954). La hauteur d'eau, qui est de 2,40 m à la fin du mois de février, baisse sensiblement avant l'hivernage et les troupeaux des nomades doivent aller boire plus à l'Est ou au fleuve).

Possibilités d'amélioration: - le puits cimenté a été arrêté dans un gneiss à grain grossier altéré, contenant une nappe profonde bien alimentée par infiltration des eaux du marigot; la roche saine n'ayant pas été atteinte, l'approfondissement du puits jusqu'à celle-ci permettrait d'obtenir une hauteur d'eau plus considérable.

Projets : - approfondissement du puits cimenté sur 1 ou 2 m jusqu'à rencontre de la roche saine imperméable.

g) Village de MEENA

Alimentation actuelle : - les 17 puisards (I.R.H n° 184 - profondeur : 5 à 6 m) exploitent une nappe superficielle dans un sable fin alimenté par infiltration des petits marigots à recouvrement dunaire;

- ces puisards, normalement en eau, s'épuisent en année à pluviosité déficitaire.

Possibilités d'amélioration: - les conditions d'alimentation de la nappe superficielle sont bonnes, mais sa faible épaisseur ne permet pas une exploitation par puits cimenté;

- le substratum est inconnu, de même que ses possibilités aquifères.

Projets : - une reconnaissance par sondage mécanique, atteignant le socle permettrait de préciser sa nature et la présence ou l'absence de nappe profonde; le sondage est à exécuter à l'emplacement des puisards actuels, dans le lit du marigot. Profondeur à prévoir : 10 - 12 m.

h) Village de Tagantassou

Alimentation actuelle : - puisards dans la nappe permanente de la mare lorsque celle-ci s'assèche (I.R.H. n° 205 - profondeur : 4 m).

- puits cimenté (I.R.H. n° 204 - profondeur : 15,70 m), exploitant une nappe dans un granite à amphibole et un granite plus fin à biotite, altéré, avec filon de pegmatite, roche dans l'ensemble très fissurée. Le débit est bon : 4 m³ en une matinée de puisage et il reste 0,05 m d'eau; la nappe remonte rapidement quand le puisage cesse. L'alimentation de la nappe profonde est assurée par infiltration à travers les alluvions perméables du marigot.

Possibilités d'amélioration : - la nappe profonde n'est pas exploitée sur toute sa hauteur : un approfondissement du puits est souhaitable ;

- à l'Ouest et au Sud Ouest du village affleurent des filons de quartz de direction E - W, fissurés; de tels filons constituent des zones de drainage préférentielles non négligeables.

Projets : - 2 sondages mécaniques dans le prolongement des filons, et traversée de ceux-ci sur une hauteur assez grande pour juger de la présence ou de l'absence de nappe;

- approfondissement du puits cimenté (sur 1 ou 2 m ?) pour exploiter la nappe profonde sur toute sa hauteur; à continuer jusqu'à rencontre de la roche saine.

i) Village de TASSA

Alimentation actuelle : - puisards (I.R.H n° 201 - profondeur : 7 m) qui s'épuisent en avril - aquifère: sable argileux fin, jaune.

Possibilités d'amélioration: - la nappe superficielle, d'épaisseur faible, n'est pas permanente;
- le substratum et les nappes qu'il pourrait contenir sont inconnus.

Projets : - reconnaissance du socle et de ses possibilités aquifères par sondage mécanique, à l'emplacement des puisards, dans le lit du marigot.

o/ - Secteur n° 3 - Minéralisation des eaux

Les résultats des analyses chimiques des eaux, exécutées au laboratoire de chimie du B.R.G.M. à DAKAR, sont représentées sur diagramme ~~semi~~-logarithmiques (en annexe). Outre les analyses d'eaux du Secteur n° 3, nous avons groupé des analyses d'eaux provenant de puits situés plus au Nord, en terrain semblable.

Tous les résultats mentionnés pour le Secteur n° 1 sont valables pour le Secteur n° 3. Le tableau générique montre ainsi que :

- le rapport Mg/Ca est faible (inférieur à 1,4)
- le rapport SO_4/Cl est faible ou nul
- le rapport Na/K est inférieur à 5, ce qui correspond à des nappes superficielles - sauf à MARI et TAGANTASSOU, où il est supérieur à 5 (nappes profondes).

Le nombre d'analyses d'eaux provenant de nappes profondes est trop réduit pour que des conclusions générales valables puissent en être tirées; il faudra attendre l'exécution de nouveaux puits pour être en possession des renseignements nécessaires à une telle étude.

TABLEAU GÉNÉRIQUE

" NOM DU VILLAGE "	N° I.R.H.	Mg/Ca	Ca/Na	Na + K Ca + Mg	CO ₃ /Cl	SO ₄ /Cl	Na/K	EXTRAIT SEQ "
" Babalay puisard "	202	0,4	1,4	1,2	2,1	0	0,6	224 "
" In Natas I "	308	0,1	1,8	0,8	5	2,3	1,6	80 "
" In Natas 2 "	309	0,6	2,2	0,6	5,5	0,3	0,9	176 "
" Mari "	179	1,4	1,1	0,3	1,8	0,02	36	800 "
" Molia puisard "	132	0,5	1,8	0,7	4,4	0	1,2	304 "
" Molia I "	130	0,9	1,3	0,4	8,8	0,7	2	564 "
" Molia 2 "	131	0,5	1,6	0,4	12	0,3	4,1	164 "
" Tagantassou "	204	0,8	1,1	0,6	10,3	0,5	5,3	180 "
" Tassa "	201	0,7	3,6	0,2	2,2	0	1,3	486 "

d) Sépteur n°3 - Chimie des eaux

Troisième partie

CONCLUSIONS

PROGRAMME D'ETUDES ET AMENAGEMENTS PROPOSES

Secteur n° I

- Zone A :
- 5 sondages de reconnaissance, près des villages d'ABARO, BASAWA, IMOUDAKA, KALSATOUA, SARAMA;
 - But : profondeur du socle et possibilités aquifères des arènes;
 - Profondeur à prévoir : 10 - 12 m.
 - 5 sondages de reconnaissance près des villages de GOLGOU, SATAMA, ZELENGUE, ZINDIGORI;
 - But : profondeur du socle et possibilités aquifères des arènes;
 - Profondeur à prévoir : 7 - 8 m.
 - 3 sondages de reconnaissance, dans les dunes au Sud Ouest de TERA;
 - But : existence de nappes intra ou sous dunaires;
 - Profondeur à prévoir : ?
 - 2 sondages de reconnaissance à BANGARE et BOUROUQUITA, près du marigot;
 - But : existence d'une nappe profonde;
 - Profondeur à prévoir : 10 - 12 m.
 - 1 campagne de géophysique, par sondages électriques, dans le marigot de POGWA;
 - But : extension de la nappe de type "thalweg granitique" de POGWA.
 - 1 puits cimenté (après reconnaissance), à ZINDIGORI;
 - Profondeur à prévoir : 7 - 8 m
 - But : Alimentation humaine et pastorale.

- 1 puits cimenté à BANGARE, à l'emplacement des puisards actuels (ou emplacement plus favorable après reconnaissance)
But : Alimentation humaine et pastorale.
Profondeur à prévoir : 10 - 12 m.
- 1 puits cimenté, à l'emplacement des puits africains actuels
But : Alimentation humaine et pastorale
Profondeur à prévoir : 12 m.

Zone B : - 3 sondages de reconnaissance alignés N-S, au Sud de FADOURI et SEINI KWARE

But : localisation de la limite migmatites schistes et possibilités aquifères des arènes
Profondeur à prévoir : 20 - 25 m.

- 2 sondages de reconnaissance à HEROU - BOULLEBA (dans le lit du marigot) et à BOUPPO (près des puisards actuels)

But : puissance de la nappe superficielle et possibilités aquifères du substratum
Profondeur à prévoir : 10 et 15 m.

- 1 sondage de reconnaissance à TANTYAGA, à l'emplacement du S.E. 13 (C.G.G.)

But : vérification des résultats géophysiques
Profondeur à prévoir : 15 - 20 m.

- 4 sondages de reconnaissance, à TATORI (2 alignés E-W), et à DOULOUGOU (2 E-W)

But: localisation de la limite Birrimien-granites du Liptako; possibilités aquifères des arènes; rôle hydrogéologique (drainage) du contact
Profondeur à prévoir : 20 - 25 m (?)

- 2 puits cimentés à DIAGOROU (près du village au Nord du marigot) et TILIM (à l'emplacement des puisards actuels) Profondeurs à prévoir: 15m

Zone C : - 2 sondages de reconnaissance, à BEINA et YOLO, dans le lit du marigot

But : profondeur du socle et possibilités aquifères des arènes

Profondeur à prévoir : 7 - 8 m

- 2 sondages de reconnaissance, à DINKA et LONDIOGUEL, dans les points bas de la topographie

But : profondeur du socle et possibilités aquifères des arènes

Profondeur à prévoir : 7 - 8 m

- 3 puits cimentés à BOKARIGOUNTOU, LADANKA, LILINGO

But : alimentation humaine et pastorale

Profondeur à prévoir : 8 - 10 m

- 8 puits cimentés, à AGA GARI - ARGAS - BONDYO DALAREL - KOBAYOU - SALOU - SINISIKA - KONDANBARKE, sur l'emplacement des puits africains actuels (ou mieux, après reconnaissance)

But : alimentation humaine et pastorale

Profondeur à prévoir : 10 - 12 m

Zone D : - 3 sondages de reconnaissance entre NABOLE et KOULBAGA

But : étude de la nappe intra ou sous dunaire : puissance et pente-rapport avec le Dargol et la mare de Nabolé

+ 3 sondages de reconnaissance dans la dune au Nord de Déyé : puissance et pente-rapport avec le Dargol et les puisards de Déyé

Profondeur à prévoir : plus de 20 m.

- 1 sondage de reconnaissance à GUIRGUEL, près du puits africain

But : reconnaissance de la nappe d'arènes

Profondeur à prévoir : 10 m.

Secteur n° 3

- 7 sondages de reconnaissance à BABALAY - KABAY - LEMOU -
MEENA - TAGANTASSOU (2) - TASSA
- approfondissement des puits cimentés de LARI et
TAGANTASSOU.

Durée prévue des travaux de reconnaissance

Compte tenu des profondeurs généralement faibles qui doivent être atteintes par les sondages et de la maniabilité du matériel prévu pour ce travail, il est permis de prévoir l'exécution de 10 à 15 sondages de reconnaissance par mois.

Le Secteur n° 2 fera l'objet d'une campagne de reconnaissance préliminaire (semblable à celles des Secteurs N° 1 et 3, qui sont traitées dans ce rapport), en novembre - décembre 1962.

En janvier 1963, pourra alors commencer la reconnaissance par sondages mécaniques, les temps respectifs nécessaires étant les suivants :

- Secteur n° 1 : 32 sondages mécaniques: 2 à 2,5 mois
- Secteur n° 2 : ? " " : 2 à 2,5 mois
- Secteur n° 3 : 7 " " : 2 à 3 semaines

Soit, en tout, 6 mois pour réaliser l'ensemble du programme.

L'avenir de la reconnaissance dans le Liptako

Tous les géologues qui ont eu à s'occuper de problèmes hydrogéologiques en pays sahélien, à substratum granitique, ont insisté sur la difficulté ou même l'impossibilité de généraliser les résultats obtenus dans telle région, à des régions voisines ou à l'ensemble du pays.

C'est la raison pour laquelle H. PLOME avait proposé, en 1961, une nouvelle méthode de travail, qui nous a servi pendant notre campagne.

Il apparaît, à la lumière de nos nouvelles connaissances, que de telles recherches ne peuvent et ne doivent être menées qu'avec l'appui des techniques modernes: sondages mécaniques - géophysique. Ce sont les sondages mécaniques que nous avons presque constamment préconisés dans notre rapport (sauf pour POGWA). C'est là, à notre avis, la technique la plus simple, la plus sûre et donc la moins onéreuse.

Le matériel à employer pour de telles recherches devra présenter trois qualités essentielles :

- grande maniabilité et transport en tout terrain aisé
- forage à l'air possible, afin de repérer avec précision le niveau statique des nappes (la meilleure solution étant par l'emploi de tarières mécaniques)
- possibilités de forages en terrains très variés :
 - terrains meubles (sables dunaires - alluvions argilo-sableuses des marigots et des mares)
 - terrains durs (croûtes latéritiques - passages de graviers et galets dans les alluvions) terrains très durs (zone des granites fissurés - filons de quartz).

On trouve à l'heure actuelle du matériel répondant à ces trois conditions (sondeuses "PARLANCO" ou mieux, sondeuses "PENNDRILL").

La géophysique n'a, dans le Liptako, donné que des résultats fort médiocres.

Pratiquement, seules les nappes superficielles peuvent être prospectées par cette méthode, et les résultats ne sont pas sûrs. Rappelons que les méthodes employées étaient celles du sondage électrique et du traîné électrique (campagnes C.G.G. 1961 - 1962).

Cependant, l'exemple des recherches menées par J.P. BARRAUD, géologue du B.R.G.M., en Côte d'Ivoire (cf. "Reconnaissance hydrogéologique en arènes granitiques par sondages électriques en Moyenne Côte d'Ivoire" par J.P. BARRAUD -B.R.G.M ABIDJAN-mars 1960 - publié par le Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques) nous enseigne que la prospection géophysique est payante en pays d'arènes.

Il faut d'ailleurs noter que la technique du sondage mécanique a été employé par J.P. BARRAUD, avec celle du carottage électrique.

C'est sans aucun doute dans cette voie qu'il faut chercher la solution des problèmes hydrogéologiques du Liptako.

Après prospection géologique (déjà réalisée en grande partie au Liptako par E. MACHENS) envoi d'une équipe très mobile comprenant un géologue, un sondeur et un géophysicien travaillant en collaboration constante sous la direction du premier.

La prospection devra d'abord être menée dans les zones les plus déshéritées et s'attacher à fournir des résultats immédiatement utilisables pour l'implantation de puits, barrages, etc.

Les résultats obtenus seront alors appliqués aux régions voisines semblables et permettront l'élaboration de lois générales.

BIBLIOGRAPHIE

- J. ARCHAMBAULT - Les eaux souterraines de l'Afrique Occidentale
BERGER LEVRAULT, Nancy, 1960
- A. ARNOULD - Rapport de tournée au Niger et en Haute-Volta
(région du Liptako)
Arch. S.G.P.M. Dakar, avril, 1959 11 p.
- COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE - Prospection hydrologique par
sondages électriques dans le Liptako
Rapport provisoires n° 1, 2 et 3, Niamey, 1961
- R. DEGALLIER & G. GUERIN - VILLEAUBREIL - Les recherches d'eau en
arènes granitiques sous climat tropical -
Mémoires Assoc. Intern. Hydrog., Madrid, 1959
- J. DUCELLIER - Rapport sur l'hydrogéologie de la région de
Kaya (Haute-Volta)
Arch. D.F.M.G. A.O.F Dakar, août 1956, 36 p.,
2 annexes
- J. LEMOINE - Hydrogéologie du Nord-Dori (Haute-Volta)
BURGEAP - R 178 - 117 p., 9 pl. 2 cartes h.t.,
1 annexe
Arch. Service Hydraulique A.O.F.
- E. MACHENS - Etudes sur les roches basiques du Liptako
Rapport B.R.G.M., Dakar 1960, 34 p., 1 annexe: pl.
- E. MACHENS - La prospection du Liptako (partie nigérienne)
Campagne 1959-1960
Rapport B.R.G.M., Dakar, 1960, 29 p., 2 pl.
photos, 1 annexe : pl.
- E. MACHENS - Prospection générale du Liptako
(Campagne 1960-1961)
Rapport B.R.G.M. Dakar, 1961, 42 p., 1 annexe : pl.
Arch. Ministère des T.P.^{et}/des Mines de la Républi-
que du Niger

- P. MASCLANIS - Rapport de fin de mission géologique de novembre 1949 à juillet 1951
Arch. Dir. Mines AOF, Dakar (oct. 1951), 40 p.,
7 dpl. h.t.
- P. MASCLANIS - Rapport de fin de campagne en Haute-Volta (novembre 1952, - juillet 1953)
Arch. D.F.M.G. AOF, Dakar, oct. 1953, 28 p., 5 dpl.
h.t.
- P. MASCLANIS - Rapport de fin de mission 1952-1954 (Haute-Volta - Niger)
Arch. D.F.M.G. AOF, Dakar, mai 1954, 30 p., 5 dpl h.t.
- P. MASCLANIS - Le Précambrien de la partie orientale de la boucle du Niger
Bull. S.G.P.M. Dakar, n°24, 1958, 168 p, 16 pl.,
2 cartes h.t.
- O.R.S.T.O.M. - Etudes hydrologiques des petits bassins versants d'Afrique Occidentale Française
Rapport préliminaire sur les résultats de la campagne 1956 - Tome II, 181 p., 32 pl., 1956
Arch. Service des Travaux communs d'équipement de base et du plan
- H. PLOTE - Etat actuel et possibilités de l'alimentation en eau du Liptako (Niger Occidental)
B.R.G.M. Dakar, 1961, 11 p.
Arch. Ministère des TP, ^{des} Mines et de l'Hydraulique de la République du Niger
- H. PLOTE - Reconnaissance hydrogéologique du Liptako et des régions adjacentes
B.R.G.M., Dakar, 1961, 95 pl., 5 fig. 1 annexe: pl.
Arch. Ministère des TP, des Mines et de l'Hydraulique de la République du Niger.

H. SCHOELLER - Hydrologie des régions arides - Progrès récents -
U.N.E.S.C.O. - Paris, 1959, Fasc. 12, 115 p.,
biblo.

H. SCHOELLER - Les eaux souterraines -
MASSON, Paris, 1962, 642 p.

Archives du Service Météorologique de la République du Niger.

DOCUMENTS ANNEXES

Hors texte

- Planche I - Hydrogéologie superficielle et points d'eau du
Secteur n° 1 (échelle : 1/200.000)
- Planche II - Carte géologique schématique et nappes profondes
du Secteur n° 1 (échelle : 1/200.000)
- Planche III - Carte de répartition des diagrammes chimiques
cotogonaux du Secteur n° 1 (échelle : 1/200.000)
- Planche IV - Programme de reconnaissance et aménagements pro-
posés dans le Secteur n° 1 (échelle : 1/200.000)
- Planche V - Hydrogéologie superficielle et points d'eau du
Secteur n° 3 (échelle : 1/50.000)
- Planche VI - Essai de carte hydrogéologique au 1/50.000
(Secteur n° 1)

Dans le texte

8 Figures

5 Planches de Diagrammes logarithmiques d'analyses d'eaux

ESSAI D'ELABORATION D'UNE CARTE HYDROGEOLOGIQUE AU 1/50.000 DANS LE LIPTAKO NIGERIE

INTRODUCTION

L'idée de représenter les caractères hydrogéologiques dans le Liptako sud, à une échelle supérieure au 1/200.000, n'est pas neuve. A la suite de sa campagne de prospection, H. PLOTE la notait dans son rapport, en faisant remarquer que cette élaboration, si elle présente des avantages certains, se heurte aussi à quelques difficultés.

Les avantages d'une telle représentation sont ceux d'une carte à grande échelle dans une région où la densité de la population et des points d'eau est grande et où surtout les nappes aquifères sont très localisées, d'extension réduite et de faible puissance.

La généralisation des résultats, nous l'avons vu, est alors impossible, et par conséquent, on ne peut employer le mode de représentation habituelle des nappes. Les notations portent sur des zones restreintes; elles sont en outre sujettes à une grande diversité, suivant la nature des nappes (nappes de dunes, nappes de fonds de marigots, nappes de fonds de mares, etc...). La carte hydrogéologique dans cette région est une représentation de détail.

On concevra aisément que des difficultés se présentent alors dans un tel travail.

- En premier lieu, il n'existe pas de carte définitive au 1/50.000 semblable au 1/200.000 de l'I.G.A.O. Il est donc nécessaire de dessiner une carte provisoire, à partir des photographies aériennes, ce qui représente un travail de longue haleine. Depuis trois ans, de nombreux secteurs du Liptako ont été entrepris, à la demande de E. MACHENS. Le travail est encore en cours et on peut penser que, d'ici peu, la majorité de la surface du Liptako

sera ainsi couverte.

- Les seules cartes géologiques publiées actuellement pour l'ensemble du Liptako sont celles de P. MASCIANIS (1/500.000) ainsi que les levés au 1/200.000 qui en sont la base de départ.

E. MACHENS a aussi effectué, depuis 1958, des levés au 1/50.000, dans certaines régions jugées intéressantes. La publication finale de sa carte géologique au 1/200.000 sera d'un intérêt primordial pour les hydrogéologues travaillant dans la région.

- Enfin il existe des difficultés inhérentes au sujet du travail lui même. En effet, à l'heure actuelle, seules sont exploitées par la population les nappes superficielles: ce sont donc les seules nappes sur lesquelles nous ayons des renseignements nombreux.

Les nappes profondes contenues dans les formations d'altération du socle sont par contre à peu près totalement inexploitées, donc presque inconnues.

Dans ces conditions, nos connaissances hydrogéologiques sur ces régions sont minimes.

Mais les études qui vont y être entreprises, les ouvrages de captages qui y sont creusés chaque année, apportent de nouveaux renseignements.

Nous avons donc jugé utile d'amorcer le travail, en indiquant par un exemple précis ce que l'on est en droit d'attendre d'une carte hydrogéologique à grande échelle dans le Liptako, d'en montrer les limites, d'en faire ressortir l'utilité.

Notre carte doit être considérée comme une ébauche, servant de base de travail pour des études futures.

Notice explicative sur la Carte au 1/50.000 TERA Sud (Secteur n° 1)

Nous avons choisi la Carte TERA Sud comme exemple pour les raisons suivantes.

- La géologie y est bien connue par les levés détaillés au 1/50.000 de B. MACHENS (prospection générale du Liptako : campagne 1960 - 1961).

Les affleurements y sont nombreux et les limites géologiques sont fixées avec une précision assez grande.

- La délimitation en grands ensembles géologiques bien tranchés (schistes et migmatites occupant la plus grande partie de la feuille - un massif de granodiorite et une enclave de gneiss) permet de mettre en évidence la répartition des nappes en fonction du substratum, donc de la lithologie.

La présence de nappes dans les formations d'altération des migmatites dans la région de DALAFEL-SINISIKA et l'imperméabilité des arènes sur les schistes, à quelques km au Nord, est caractéristique à cet égard.

- Enfin cette zone est la seule (dans les Secteurs n° 1 et 3), où soient exploitées des nappes profondes, au moins à l'échelle artisanale.

La distinction par modes de gisement (nappes du type "Fonéko", nappes du type "Dibilo", nappes du type "thalweg granitique") y est possible.

La nappe de TERA, alimentée par le Dargol, est un bon exemple des possibilités aquifères des formations aréniques, et de l'importance des nappes superficielles pour leur alimentation.

La zone couverte par la Carte TERA Sud est donc celle qui, à l'heure actuelle, montre le plus de possibilités. C'est aussi celle où des ouvrages de reconnaissance et de captages ont le plus de chances de réussir, donc où les renseignements à venir seront les plus nombreux.

Le fond topographique a été dessiné par L. JEANNE, à partir des photographies aériennes de la mission Sebba.

Nous y avons reporté les structures géologiques principales d'après la Carte au 1/50.000 de E. MACRENS; TERA Sud (rapport de fin de campagne 1960-1961).

Ce sont essentiellement

- les schistes birrimiens qui occupent la plus grande partie de la carte (produits d'altération argileux); nous avons jugé inutile de distinguer entre schistes, séricito-schistes ^{et} amphibolites, le comportement hydraulique de ces roches étant à peu près constamment le même,
- les migmatites, au Sud, à l'Ouest et au Nord (produits d'altération perméables),
- un massif bien circonscrit de granodiorite au Sud de TERA (produits d'altération perméables),
- une grande enclave de gneiss, autour de POGWA (produits d'altération souvent perméables),
- des filons de quartz (dont le rôle de drain est très favorable).

Les limites géologiques nous ont servi à délimiter des zones à comportement hydrogéologiques variables (zones A - B - C).

L'étude sur le terrain et sur les photos aériennes nous a permis d'indiquer ensuite la géomorphologie, le réseau hydrographique et les quelques renseignements que nous possédons sur les nappes.

A/ - La géomorphologie

C'est une caractéristique essentielle de l'hydrogéologie; de la géomorphologie dépendent l'alimentation des nappes et leur existence.

- Les zones de dunes sont importantes surtout au Sud de TERA, suivant une direction N.NW - S.SE. Leur importance sur les nappes est souvent primordiale.

Il ne semble pas cependant que leur rôle soit très sensible dans la région qui nous intéresse.

- Les rags qui constituent la majeure partie des formations superficielles. Nous avons distingué essentiellement les rags sableux, dans lesquels nous rangeons les petites accumulations de sables qui ne sont pas dunaires et qui permettent une accumulation d'eau entre les affleurements de granites (nappes types Dibilo et Fonéko).

Les rags argileux ou argilo-sableux ne sont pas imperméables comme on pourrait le croire. Mais si la perméabilité de ces formations n'est pas négligeable (et peut même être importante), leur puissance toujours très réduite ne permet pas l'accumulation de nappes exploitables : il semble que, au moins dans la région couverte par notre carte, le reg argileux dépasse rarement 2 m d'épaisseur et repose directement sur le socle peu altéré.

Les formations latéritiques peuvent être perméables. Mais elles se situent sur les régions de schistes dont les produits d'altération sont argileux.

B/ - Le réseau hydrographique

Il a été reporté à partir des photographies aériennes.

Son action sur les nappes est très importante : c'est par voie indirecte que s'infiltre la majorité des eaux souterraines du Liptako.

Nous avons considéré que les nappes superficielles permanentes couvrent à peu près la surface des zones d'inondation continues. C'est le cas des marigots Dargol et Tilim. Les autres marigots sont temporaires et les nappes superficielles qu'il alimentent sont aussi réduites dans l'espace que dans le temps. Elles n'ont donc pas été représentées par un figuré spécial, si ce n'est par le tracé en tiretets du marigot. Le rôle de ces marigots peut être utile pour l'alimentation des nappes profondes; il est nul pour la formation de nappes superficielles exploitables.

C/ - La géologie de surface

Dans des cartouches, ont été représentés les modes d'affleurements du substratum. Il est très utile de posséder ces renseignements, car les accumulations d'eau se font dans les points bas du socle, entre les affleurements. De plus, ceux-ci nous renseignent sur le degré de fissuration de la roche et sur la taille des grains dont dépend la perméabilité des produits d'altération.

D/ - L'hydrologie souterraine profonde

Comme nous l'avons dit plus haut, nos connaissances sont réduites.

A l'exception des nappes de la ville de TERA bien connues car exploitées par 18 puits cimentés, toutes les nappes profondes ne sont atteintes qu'à leur partie supérieure.

L'extension de ces nappes, leur puissance, le degré d'altération et de fissuration de la roche sous jacente sont choses pratiquement inconnues.

Les nappes profondes localisées ont été représentées par un figuré spécial autour du ou des puits qui les atteignent. Ce sont essentiellement :

.../...

- Les nappes type "Fonéko" et "Dibilo" de la région de DALAFEL - BONDYO - SINISIKA, accumulées entre les affleurements de migmatites altérées en boules en surface; dans les points bas envahis par le sable ou recouverts d'un reg sableux, les produits d'altération sont perméables, mais il est impossible de connaître la puissance de ceux-ci. A plus forte raison, la roche fissurée n'est-elle pas traversée.

- La nappe type thalweg granitique de POGWA bien exploitée par une vingtaine de puisards, située dans des formations aréniques remaniées. Là encore, nous ne possédons aucun renseignement sur la puissance et l'extension de la nappe.

Conclusions

La carte que nous avons dessinée laisse beaucoup de zones en blanc : ce sont les études futures (sondages de reconnaissance, géophysique, ouvrages de captage) qui permettront de les remplir.

La chimie permettra d'avoir des renseignements précieux pour connaître l'extension des nappes et leurs interférences.

De toute façon, la nécessité d'une telle carte apparaît nettement et il conviendra de la compléter constamment au fur et à mesure de nos connaissances nouvelles.

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

N° Prévisoire

N° I.R.H.

NOM

N° I.R.H. Niame

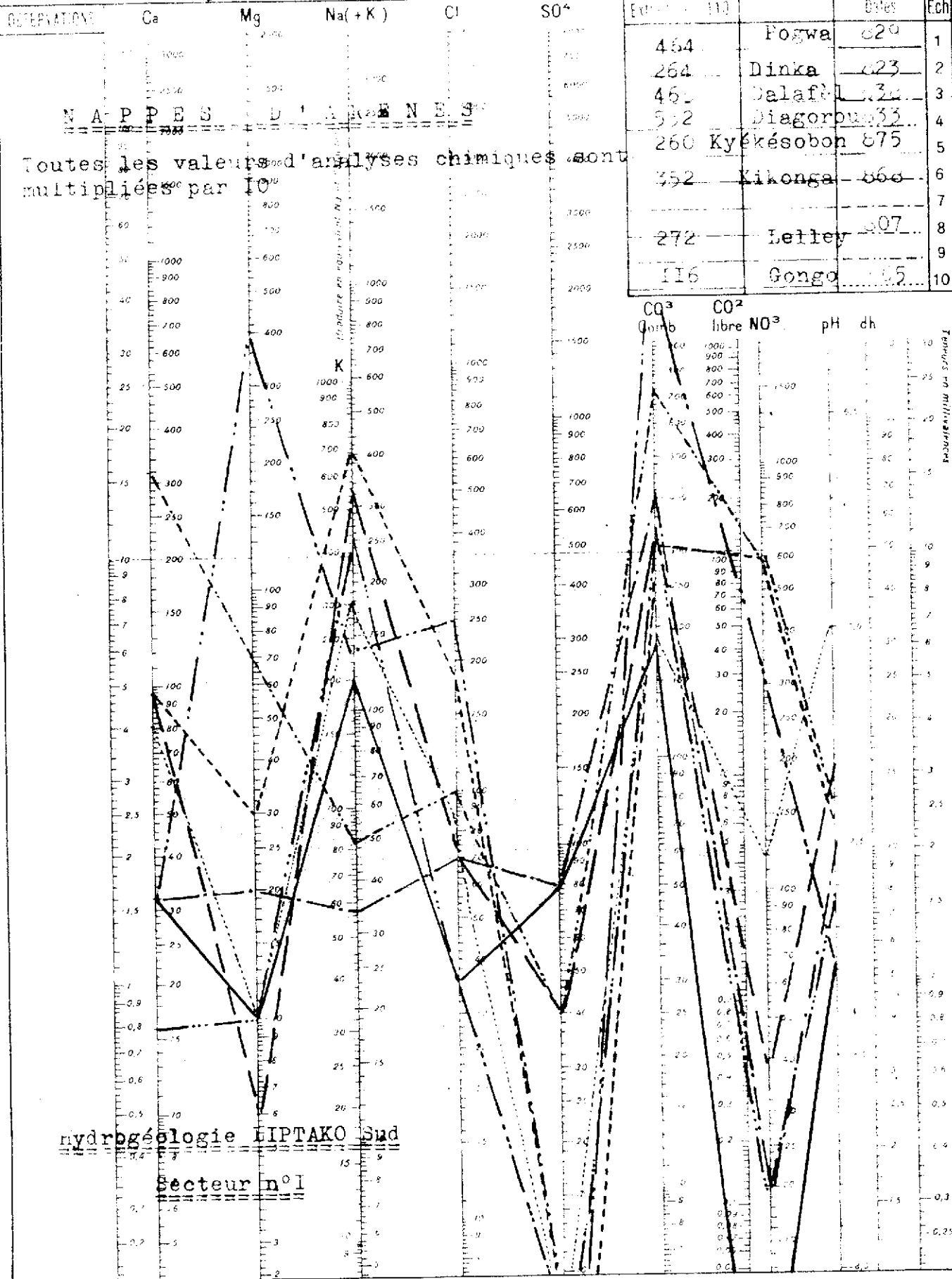


DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

Nº Provisoire

No. 1 R.H.

NOM

No 1 R. H. Niamoy

OBSERVATIONS

Ca

Mq

$$Na(+K)$$

CI

 SO_4

Extract See 10

234

16

N A P P E S S U P E R F I C I E L L E

Toutes les valeurs sont multipliées par 10

88	Bokarigountou	834
84	Lilingo	II443
S256	Bouppou	I440
I32	Paté Tyaga	876
84	Doulougou	819
I20	Waro	812
92	Waro Kaina	817
640	Kombangou	808
220	Banguiziba	I432

CO ³	CO ²	NO ³	pH	dh
Comb	libre			

Hydrogéologie LIPTAKO Sud

Secteur n° I

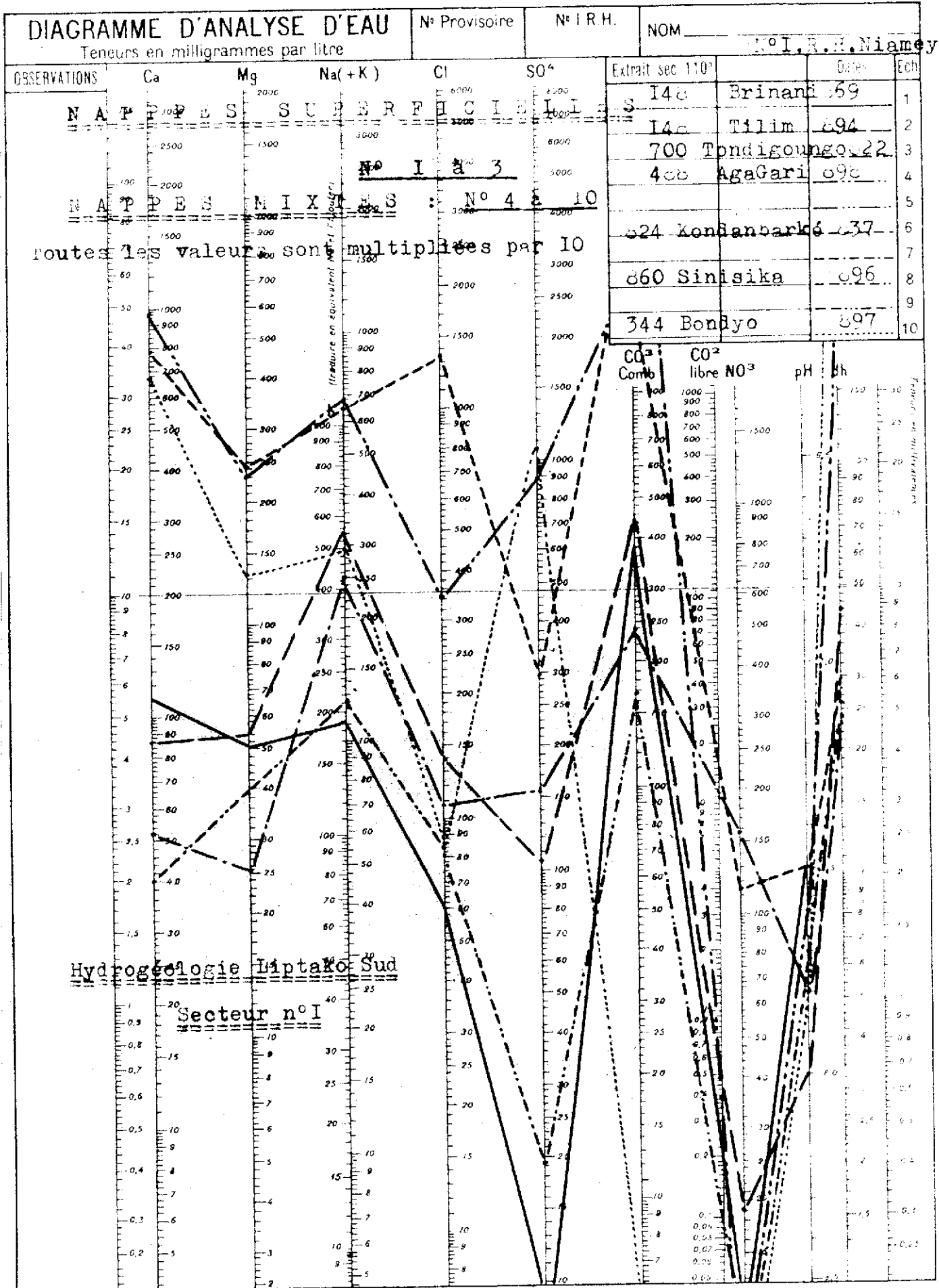


DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

N Provisoire

N° R.H.

NOM

N° 1. R. S. Niamey

OBSERVATIONS

Ca

Mg

Na(+K)

Cl

SO⁴

Extrait en mg/l

Béina

227

1

140

Golagou

236

2

364

Londinguelo

24

3

104

Zindigori

239

4

204

Taka

225

5

900

Yelo

226

6

112

Kara

230

7

296

Guarguel

217

8

320

Tongou

210

9

320

Tongou

210

10

N A P P E S M I X T E S

Toutes les valeurs sont multipliées par 10

Hydrogéologie LIPTAKO Sud

Secteur n°1

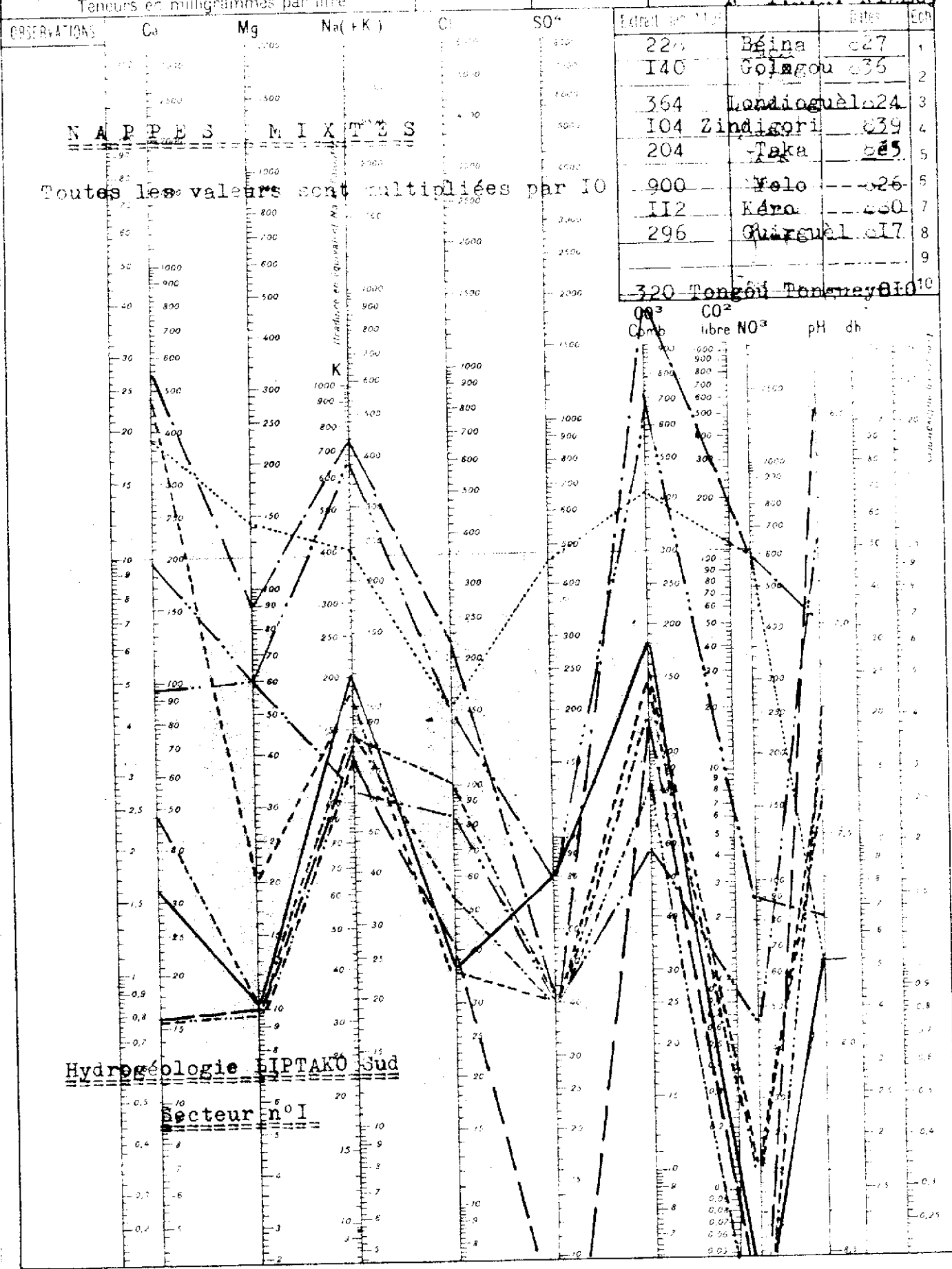


DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

N° Provisoire

N° I.R.H.

NOM T E R A

OBSERVATIONS

Ca

Mg

Na(+K)

Cl

SO⁴

Extrait sec 110°

Dates

Ech

M A P P E S D E L A V I L L E

D E T E R R A

438 Téra marché

445 Dispensaire

431 Gendarmerie

442 Pasteur

429 Prison I

441 Ecole

CO³

Comb

CO²

libre

NO³

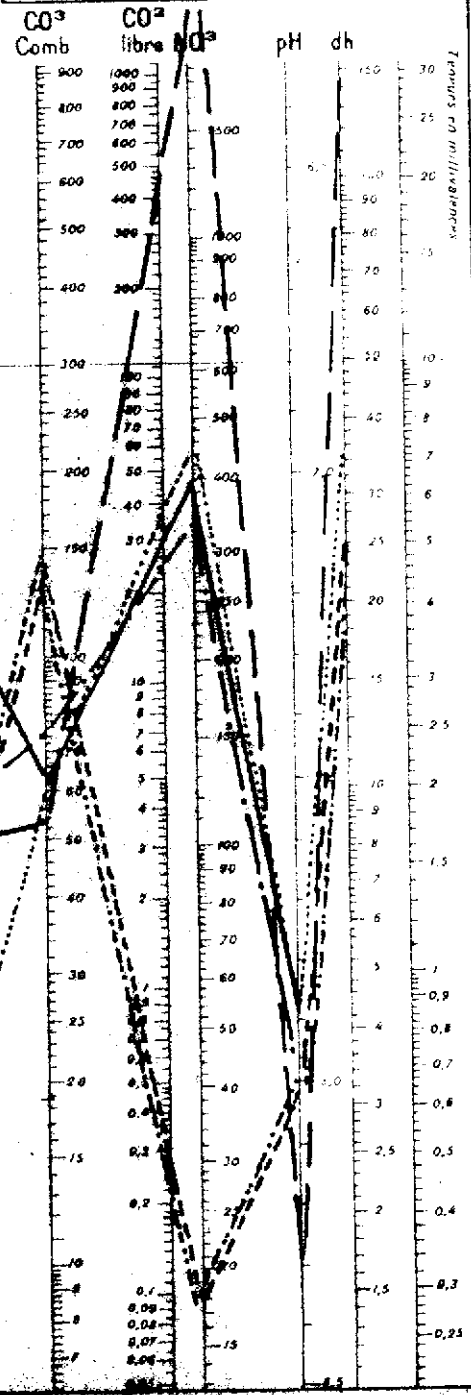
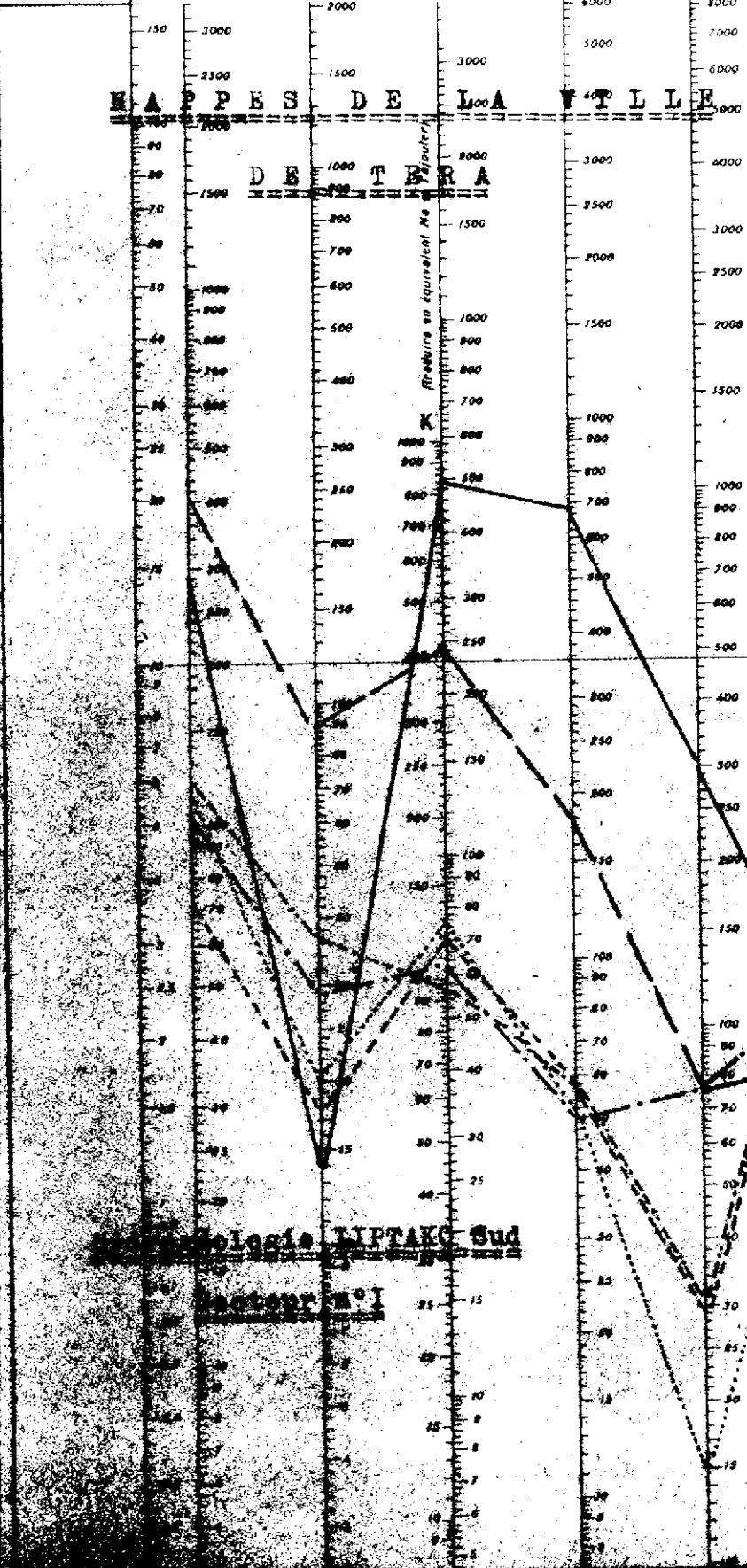
pH

dh

Temperatures en milligrammes

Hydrologie LIPTAKO Sud

Poste n°1



	<u>Pages</u>
D/- MODES D'ALIMENTATION DES NAPPES PRECEDENTES.....:	12
a) <u>Infiltration par voie directe</u>:	13
b) <u>Infiltration par voie indirecte</u>:	13
c) <u>Propagation d'ondes de crue</u>:	14
E/- MODE DE TRAVAIL ET PRESENTATION DU RAPPORT.....:	14
a) <u>Etudes sur le terrain</u>:	14
b) <u>Présentation du rapport</u>:	15

Deuxième partie

ETUDE DES SECTEURS N° 1 ET 3

A/- SECTEUR N° 1.....:	16
<u>Généralités</u>:	16
a) <u>Liste alphabétique des villages du Secteur n° 1</u> ...:	17
b) <u>Etude par zones</u>:	21
c) <u>Minéralisation des eaux</u>:	41
d) <u>Chimie des eaux - tableau générique</u>:	45
B/- SECTEUR N° 3.....:	48
<u>Généralités</u>:	48
a) <u>Liste alphabétique des villages du Secteur n°3</u> ...:	49
b) <u>Etude des villages</u>:	49
c) <u>Minéralisation des eaux</u>:	55
d) <u>Chimie des eaux - tableau générique</u>:	56

Troisième partie

CONCLUSIONS

PROGRAMME D'ETUDES ET AMENAGEMENTS PROPOSES

<u>Secteur n° 1</u>:	57
<u>Secteur n° 3</u>:	60
<u>Durée prévue des travaux de reconnaissance</u>:	60
<u>L'avenir de la reconnaissance dans le Liptako</u>:	60
BIBLIOGRAPHIE.....:	63
DOCUMENTS ANNEXES.....:	66
ANNEXE.....:	67

Fig-1

REGION ETUDIEE PLAN DE SITUATION

