

**UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR  
DEPARTEMENT DE GEOLOGIE**



**THESE**

**présentée**

**par**

**Inoussa OUEDRAOGO**

**à la Faculté des Sciences et Techniques de Dakar  
pour obtenir le grade de : DOCTEUR 3<sup>e</sup> CYCLE EN GÉOLOGIE  
Mention : HYDROGEOLOGIE**

**GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DES FORMATIONS  
SEDIMENTAIRES DE LA BOUCLE DU MOUHOUN  
(BURKINA FASO)**

**soutenue publiquement le 11 Février 1994 devant le Jury composé de :**

<b>MM. DIA</b>	<b>Ousseynou</b>	<b>Président</b>
<b>SAVADOGO</b>	<b>Alain N.</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>GAYE</b>	<b>Cheikh B.</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>FAYE</b>	<b>Abdoulaye</b>	<b>Examineur</b>
<b>FALL</b>	<b>Mamadou</b>	<b>Exminateur</b>
<b>KONATE</b>	<b>Moussa</b>	<b>Invité</b>

**A mes grand-mères Tempoko**

**A Poko et Lamoussa mes tantes**

**A KABORE T.P. mon frère et ami**

**A Mahamoudou mon oncle**

**in mémoriam**

## AVANT PROPOS

Le présent travail a vu le jour grâce au dévouement de jeunes chercheurs des universités de Ouagadougou et de Dakar, aux techniciens et ingénieurs de la Direction Régionale de l'Eau (D.R.E.) du Mouhoun, de l'Office National des Puits et Forages (O.N.P.F.) et du BERA (Bureau d'Etude et de Recherches Appliquées en Eau et Environnement) avec l'appui d'IWACO B.V. (International Water Supply Consultant) et du Ministère de l'eau du Burkina Faso.

Intégré au service Etudes du Projet d'Hydraulique Villageoise de la Boucle du Mouhoun (P.H.V.B.M.) en Janvier 1991, nous avons implanté 60 forages et 25 puits sur des photo-linéaments de diverses directions, suivi le réseau piézométrique, comportant une centaine de points d'observation. Nous avons réalisé pour chaque point un dossier comportant :

- une carte de localisation (carte topographique) ;
- un croquis de localisation du point dans le village ;
- des courbes de fluctuation annuelle ;
- une photographie du point d'observation ;
- une coupe géologique.

Au terme donc de ce travail, nous nous devons de remercier :

M. WININGA U., Maître assistant à l'université de Ouagadougou, qui est à l'origine de la bourse dont nous avons bénéficiée et qui a facilité nos démarches auprès de l'administration.

Le professeur A.N. SAVADOGO qui a accepté de nous encadrer malgré ses multiples occupations. Nous avons largement profité de ses immenses connaissances de la région et en particulier des problèmes géophysiques et hydrogéologiques qui se posent dans la zone.

M. ZAMBELONGO J.G. nous a accepté comme stagiaire à l'O.N.P.F. qu'il trouve ici nos remerciements les plus sincères et transmette à la direction de l'office, à la brigade de la KOKEN et à tout le personnel nos amitiés.

La direction, les techniciens, les hydrogéologues d'IWACO et du BERA ont été d'un appui incalculable, leurs conseils nous ont été très fructueux. Nous leurs sommes très reconnaissants.

M. PAFADNAM S., directeur, M. KONATE M., chef de service Etudes, l'ensemble du personnel de la Direction Régionale de L'Eau (D.R.E), M. BINGBOURE J. M. "mon voisin" nous ont épaulé lors de notre séjour à Dédougou et mis à notre disposition les documents des forages, nous leur disons infiniment merci.

M. NIAMBA Justin, aîné, frère et ami avec qui nous avons fait la première reconnaissance sur le terrain, nous disons merci. Que la famille NIAMBA à Ouagadougou, Zaba et Dédougou trouve ici notre profonde gratitude.

Le Docteur Paul Van BEERS nous a guidé et mis à notre disposition tous les moyens en collaboration avec le coordinateur du projet M. GELIUS C. Tous mes remerciements.

La direction du Centre Régional de Télédétection de Ouagadougou (C.R.T.O.), M. KOUSSOUBE ont bien voulu mettre à notre disposition les images satellites, qu'ils trouvent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

M. GAYE C.B. Maître de conférence a assuré notre encadrement aussi bien sur le terrain qu'à Dakar. Nous avons beaucoup appris à vos côtés. Tous nos remerciements et nos reconnaissances les plus sincères.

M. FAYE A. Maître assistant, nous a initié à l'informatique en 1987, ce travail n'aurait pu se faire sans son soutien, nous ne pouvons que dire mille fois merci.

M. le Professeur A. NONGONIERMA nous a manifesté son soutien, a accepté de corriger la partie concernant les sols et la végétation, qu'il en soit remercié. "Je n'ai pas de bouche pour vous saluer".

M. PANDARE D., M. SISSOKO G. et les étudiants Burkinabe à Dakar, les camarades de l'Association des Scolaires Burkinabe (A.S.B.), de la section athlétisme du Dakar Université Club (D.U.C.) vos conseils et multiples aides ont été très bénéfiques, nous vous disons mille fois merci.

M. DIOP L., doyen de la faculté des sciences et techniques, M. FAYE P.I., secrétaire général de la faculté et tout le personnel de l'administration pour leur aide et leur compréhension qui ont permis à la présentation de cette thèse.

M. LY A., chef du département de géologie et ses collègues (M. N'GOM P.M., M. DIOP A., M. SOW E.H. et les autres enseignants) ont été très compréhensifs à notre égard, nous vous remercions.

Mme N'DOUR E, M. BA M. vos multiples aides et conseils nous ont été bénéfiques, mille fois merci.

M. DIA O., vos encouragements surtout lors de votre passage à Ouaga alors que nous n'étions qu'appelé du Service National Populaire (S.N.P.) nous ont poussé à poursuivre nos études. Merci pour tout.

M. FALL M., nous vous remercions pour votre disponibilité et pour avoir accepté de juger ce travail

Nous associons à nos remerciements les services de la Météorologie Nationale du Burkina Faso, le C.I.E.H., les services de documentation du Ministère de l'eau du Burkina Faso, de l'O.R.S.T.O.M. (Ouaga et Dakar), du Bilan d'eau.

A tous nos camarades, amis (LOMPO M. et famille, BOUSSIM et famille, KAMBIRE S.H. et famille, DA S.B. et famille, TAPSOBA A, SOME M.H.), frères à Batié, Ouagadougou, Kabouda, Kombissiri, Dédougou, Dakar et Bobo-Dioulasso qui nous ont aidé et soutenu durant ces longues années d'étude, nous disons merci.

A El Hadj OUEDRAOGO Salifou "petit papa" qui nous a mis à l'école et appris à nous débrouiller dans la vie, à mon père Zougarga Yacouba OUEDRAOGO pour les sacrifices consentis, à mon "petit père Korgho nous disons mille fois merci.

A ma mère Yabré, ma tante Fati, mes soeurs Talato, Sibdou, Gannoaga, Fati, Mariame, à toutes les femmes de Kaboud-Bolonghin et du monde entier qui peinent pour trouver de l'eau, à des kilomètres, chaque jour pour satisfaire les besoins de leur époux et enfants nous disons courage car l'eau "courante" sera pour bientôt.

Aux familles OUEDRAOGO B., THIAM L. (Liberté III), LAPOLICE G., DIOP (Diakhsoa) votre soutien indéfectible nous a permis de tenir le "coup" merci infiniment.

## SOMMAIRE

### AVANT PROPOS

### RESUME

### INTRODUCTION..... 1

I.	<b>PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....</b>	<b>2</b>
I.1.	Géographie physique et humaine.....	2
I.2.	Le réseau hydrographique.....	6
I.2.1.	Le Mouhoun et ses affluents.....	6
I.2.2.	Les cours d'eau du Nord-Ouest.....	9
I.2.3.	Les sources et étendues d'eau superficielles.....	11
I.3.	Le climat.....	12
I.3.1.	Les vents.....	12
I.3.2.	Les températures.....	15
I.3.3.	Les précipitations.....	15
I.3.3.1.	Répartition des précipitations dans l'espace.....	15
I.3.3.2.	Répartition des précipitations dans le temps.....	16
I.3.3.3.	Evolution des précipitations dans le temps.....	16
I.3.4.	L'évapotranspiration.....	18
I.3.4.1.	L'évapotranspiration potentielle.....	18
I.3.4.2.	L'évapotranspiration réelle.....	19
I.4.	Essai de bilan hydrologique.....	23
I.4.1.	Le ruissellelent.....	23
I.4.2.	L'infiltration.....	24
I.5.	Les sols et la végétation.....	24
I.5.1.	Les types de sol.....	24
I.5.2.	La végétation.....	25
I.5.3.	Relations entre végétation et types de sol.....	27
II.	<b>CONTEXTE GEOLOGIQUE.....</b>	<b>29</b>
II.1.	Aperçu sur la géologie du Burkina Faso.....	29
II.2.	Géologique de la zone d'étude.....	31
II.2.1.	La lithostratigraphie.....	34
II.2.1.1.	Les formations sédimentaires du Précambrien A.....	34
II.2.1.2.	Les formations du tertiaire et du quaternaire.....	43
II.2.2.	Photogéologie et tectonique.....	43
II.2.2.1.	Tectonique et structure d'ensemble.....	43
II.3.	Apport de la photogéologie.....	45
II.3.1.	Généralités sur la photogéologie.....	45
II.3.2.	Les linéaments satellitaires.....	47
II.3.2.1.	Au niveau des formations sédimentaires.....	50
II.3.2.2.	Au niveau du socle cristallin.....	50
II.3.3.	Les photo-linéaments.....	50
II.3.4.	Conclusions de l'étude photogéologique.....	54
III.	<b>HYDROGEOLOGIE.....</b>	<b>55</b>
III.1.	Les principaux aquifères.....	55
III.2.	Etude des aquifères profonds.....	57
III.2.1.	L'épaisseur d'altération.....	57
III.2.2.	Les venues d'eau.....	57
III.2.3.	La productivité des ouvrages.....	63
III.2.3.1.	forages, linéaments et taux de réussite.....	64
III.2.3.2.	Relation entre linéaments et débits de forages.....	67
III.2.3.3.	Les profondeurs d'eau sous le sol.....	72

III.2.3.4.	Les courbes isopièzes.....	72
III.2.3.5.	Les paramètres hydrodynamiques.....	74
III.3.	La piézométrie et la recharge.....	76
III.3.1.	Les fluctuations quotidiennes.....	78
III.3.2.	Les fluctuations saisonnières.....	78
III.3.3.	Les fluctuations interannuelles.....	84
III.4.	L'hydrochimie.....	92
III.4.1.	Composition chimique de l'eau de pluie.....	92
III.4.2.	Composition chimique des eaux souterraines.....	92
III.4.2.1.	Le pH.....	93
III.4.2.2.	La minéralisation de l'eau souterraine.....	94
III.4.2.2.1.	La conductivité électrique et le TDS de l'eau.....	94
III.4.2.2.2.	Indices de saturation.....	96
III.4.2.2.3.	Les rapports ioniques.....	97
III.4.2.3.	Les faciès chimiques des eaux.....	99
III.4.2.3.1.	Faciès chimiques des eaux et la géologie.....	99
III.4.2.3.2.	Les processus de la minéralisation.....	103
III.4.2.4.	Eléments de pollution de l'eau souterraine.....	104
III.4.2.4.1.	Les nitrates.....	104
III.4.2.4.2.	Le potassium.....	105
	<b>CONCLUSIONS GENERALES.....</b>	<b>109</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>111</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>117</b>

## LISTE DES FIGURES

		Page
Fig. 1	Localisation de la zone d'étude.....	3
Fig. 2	Le relief.....	5
Fig. 3	Le réseau hydrographique.....	7
Fig. 4	Débits moyens mensuels du Mouhoun et du Tui.....	8
Fig. 5	Evolution des débits du Mouhoun.....	8
Fig. 6	Relation entre précipitations et débits du fleuve.....	9
Fig. 7	Courbes isohyètes.....	12
Fig. 8	Vitesses moyennes mensuelles des vents.....	13
Fig. 9	Températures moyennes mensuelles.....	13
Fig. 10	Répartition de la pluviométrie dans l'année.....	16
Fig. 11	Evolution des précipitations dans le temps.....	17
Fig. 12	Equisse géologique du Burkina Faso.....	30
Fig. 13	Carte géologique de la boucle du Mouhoun.....	32
Fig. 14	Localisation des forages.....	33
Fig. 15	Séquence lithostratigraphique.....	35
Fig. 16	Essai de corrélation dans les grès de Sotuba.....	36
Fig. 17	Essai de corrélation dans les grès à galets de quartz... 38	38
Fig. 18	Essai de corrélation dans l'étage schisto-grésodolomitique.....	39
Fig. 19	Essai de corrélation dans les grès roses.....	40
Fig. 20	Essai de corrélation dans les schistes de Toun.....	40
Fig. 21	Essai de corrélation dans les grès de Koutiala.....	42
Fig. 22	Essai de corrélation dans les grès de Bandiagara.....	42
Fig. 23	Essai de corrélation dans le Continental terminal.....	44
Fig. 24	Schéma de la structure d'ensemble.....	46
Fig. 25	Les linéaments satellitaires.....	48
Fig. 26	Principales directions des linéaments par formation géologique.....	51
Fig. 27	Comparaison des directions liémentaires des formations du Précambrien A.....	52
Fig. 28	Comparaison des principales directions des linéaments des formations du Précambrien A et du socle.....	53
Fig. 29	Coupe schématique des aquifères en région de granite....	56
Fig. 30	Coupe schématique de la tranche d'altération superficielle en région schisteuse.....	56
Fig. 31	Sondage P1M7 (Grès de Sotuba).....	58
Fig. 32	Sondage P4M17 (Grès à galets de quartz).....	58
Fig. 33	Sondage P1M12 (Etage schisto-grésodolomitique).....	58
Fig. 34	Sondage P1M4 (Grès roses).....	59
Fig. 35	Sondage P6M11 (Schistes de Toun).....	59
Fig. 36	Sondage P4M8 (Grès de Koutiala).....	59
Fig. 37	Sondage P2M17 (Grès de Bandiagara).....	60
Fig. 38	Sondage P1M6 (Continental terminal).....	60
Fig. 39	Carte des épaisseurs d'altération.....	61
Fig. 40	Côtes des venues d'eau dans la zone d'étude.....	63
Fig. 41	Relation entre linéaments et forages.....	66
Fig. 42	Relation entre débits et direction de linéaments.....	68
Fig. 43	Répartition des débits au niveau des formations géologiques.....	69
Fig. 44	Courbes isopièzes.....	72
Fig. 45	Carte de transmissivité.....	74
Fig. 46	Carte de localisation des piézomètres.....	76
Fig. 47	Enregistrement des fluctuations piézométriques sur une période de deux ans à Dédougou.....	77
Fig. 48	Détails d'une fluctuation saisonnière.....	79
Fig. 49	Relation entre pluviométrie et remontée de la nappe....	79
Fig. 50	Différents types de fluctuations saisonnières.....	82

Fig. 51	Amplitudes de fluctuations saisonnières en fonction de la géomorphologie.....	82
Fig. 52	Fluctuations au niveau des différentes lithologies.....	83
Fig. 53	Fluctuations en fonction de la pluviométrie.....	83
Fig. 54	Fluctuations au niveau d'une formation de socle.....	85
Fig. 55	Pluviométrie et amplitude de fluctuations.....	85
Fig. 56	Baisse du niveau de base au cours du temps.....	86
Fig. 57	Remontée du niveau de base au cours du temps.....	86
Fig. 58	Baisse suivie de remontée.....	88
Fig. 59	Baisse suivie de remontée.....	88
Fig. 60	Carte de baisse et de remontée moyennes annuelles des nappes.....	89
Fig. 61	carte de comportement des nappes.....	90
Fig. 62	Corrélation Conductivité/TDS.....	94
Fig. 63	Répartition des indice de saturation de la calcite.....	98
Fig. 64	Faciès chimiques des eaux de la zone d'étude.....	100
Fig. 65	Carte de faciès chimique des eaux souterraines.....	101
Fig. 66	Teneurs en nitrates des eaux souterraines.....	106
Fig. 67	Carte de localisation des fortes teneurs en potassium..	107

## RESUME

La zone d'étude, constituée par les formations sédimentaires du Précambrien A est située au nord-ouest du Burkina Faso qui est formé à plus de 80 % de roches cristallines et cristallographiques. La pluviométrie moyenne annuelle est de 800 mm tandis que l'évapotranspiration potentielle est supérieure à 2000 mm et l'évapotranspiration réelle est de 700 mm. Le ruissellement représente 1,7 à 6,9 % des précipitations et l'infiltration 9,7 à 12,6 %.

Les formations sédimentaires du Précambrien A sont recouvertes au Nord par les sables et argiles du Continental terminal. L'ensemble a subi des déformations tectoniques, difficiles à déterminer, qui se manifestent par les linéaments de diverses directions sur les photographies aériennes et les images satellites. Les directions NE-SW et SE-NW sont les plus représentées en nombre.

Les épaisseurs d'altération varient de 1 m dans la région des falaises à plus de 80 m dans la plaine du Gondo où le niveau piézométrique se trouve à plus de 60 m sous le sol. Les venues d'eau se situent à des côtes allant de 180 à 400 m au dessus du niveau zéro. Ces côtes sont imbriquées et semblent indiquer un aquifère continu présentant des poches sèches dues à la nature lithologique et à l'ouverture des failles et fissures.

Les débits fournis varient suivant la formation géologique considérée, mais également en fonction de la direction des linéaments sur lesquels les ouvrages sont implantés.

Le niveau piézométrique des nappes est influencé principalement par les précipitations. Il baisse de 0,02 à 0,75 m par an dans les grands centres urbains. Cependant dans certains endroits ce niveau se relève doucement surtout à partir de 1988, année à pluviométrie largement excédentaire dans la région.

Les eaux des formations sédimentaires du Précambrien A sont peu minéralisées (TDS < 1000 mg/l, et une conductivité électrique < 1000  $\mu$ S/cm). Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien est le faciès le plus répandu.

Mots-clés : Burkina Faso, Aquifères de fissures, côtes de venue d'eau, faciès bicarbonaté calcique et magnésien, images satellites, linéaments, plaine du Gondo, Mouhoun, Précambrien A.

**PREMIERE PARTIE**

**PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

## INTRODUCTION

Le Burkina Faso est constitué à plus de 80 % de roches cristallines et cristallophyliennes. Ses ressources en eaux superficielles s'amenuisent à cause de la sécheresse persistante de ces dernières années. Pour palier à cet état de fait et assurer une alimentation en eau potable de ses populations, le pays s'est tourné résolument vers l'exploitation des ressources en eaux souterraines dont les réserves disponibles et les qualités ne sont pas toujours bien connues.

Notre étude a été menée dans le cadre du Projet d'Hydraulique Villageoise de la Boucle du Mouhoun (P.V.H.B.M.) qui couvre les provinces de la Kossi, du Mouhoun et du Sourou. Cette région, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 800 mm environ, et un sous sol constitué en majeure partie de roches sédimentaires du Précambrien A, disposerait d'importantes ressources en eau souterraine (B.R.G.M., 1978).

Ces ressources en eau sont exploitées par des puits villageois pour les aquifères superficiels et par des forages implantés surtout sur des fractures et fissures pour les aquifères profonds. Ces fractures et fissures ont diverses directions et ne sont pas toutes favorables à l'implantation des ouvrages. La diversité des débits et des taux de réussite pose le problème de la continuité ou non de ces différents aquifères. Les faibles teneurs en sels dissous (20 à 100 mg/l) et les faibles conductivités (20 à 1500  $\mu$ S/cm) montrent que les eaux sont très peu minéralisées. Cependant les fortes teneurs en nitrate interpellent sur la qualité des eaux des nappes et sur leur vulnérabilité vis à vis des substances polluantes.

La première partie du travail est consacrée à la présentation de la région (situation géographique, climatologique).

La deuxième partie intéresse la géologie du domaine d'étude (coupes géologiques, photogéologie etc..).

La troisième partie est consacrée à l'étude hydrogéologique et hydrochimique.

---

## I. PRESENTATION DU DOMAINE D'ETUDE

### I.1. Géographie physique et humaine

La région de la boucle du Mouhoun (fig. 1) est située au nord-ouest du Burkina Faso et est limitée au Nord et à l'Ouest par la République du Mali, au Nord-Est par la province du Yatenga et à l'Est par les provinces du Passoré et du Sanguié, au Sud-Est par la province de la Sissili, au Sud par les provinces de la Bougouriba, du Houet et du Kéné Dougou (Yé, 1991).

La zone d'étude est localisée à l'ouest de la boucle du Mouhoun, entre 11° 27' et 13° 42' de latitude Nord et 02° 27' et 04° 48' de longitude Ouest, à cheval entre les provinces de la Kossi, du Mouhoun et du Sourou. Elle correspond à la partie sud-ouest de ce que l'on appelle la plaine du Gondo, qui est limitée à l'Ouest par les falaises de Bandiagara au Mali et à l'Est par les formations cristallines et cristallophylliennes du plateau Mossi (Defossez, 1950 ; Palausi, 1951 ; Ouédraogo, 1982). La plaine du Gondo constitue la partie sud-est de la vaste synclise de Taoudéni. Sa superficie est d'environ 24000 km<sup>2</sup> soit les deux tiers de la zone du Projet d'Hydraulique Villageoise de la Boucle du Mouhoun. Elle occupe le bassin versant du cours moyen du Mouhoun et celui du Bani au Mali.

Les limites orientales de la zone d'étude ne sont pas très nettes du fait l'absence d'affleurement, toutefois les données recueillies lors des dernières campagnes de foration ont permis d'apporter quelques précisions. Ainsi les villages de Koungny (forage 658), Laré (650), Bouna (823), Kangotenga (821) initialement localisés sur les granites indifférenciés (IWACO, 1985, 1987) sont en fait situés sur des grès francs. De même les villages de Saní (forage 773), Goulo (775) localisés auparavant sur des métasédiments argileux et argilo-gréseux sont dans une zone franchement gréseuse.

Sur le plan de la morphologie, le Burkina Faso est un pays plat, constitué en majeure partie de bas plateaux latéritiques dont l'altitude varie entre 250 et 300 m. La zone d'étude qui se situe au nord-ouest du Burkina, dans les formations sédimentaires du Précambrien A, a un relief monotone et pénéplané (altitudes comprises entre 200 et 350 m). En allant du centre de la plaine vers l'Ouest, les altitudes s'élèvent de façon graduelle pour atteindre 400 à 500 m au niveau des falaises de Bandiagara.

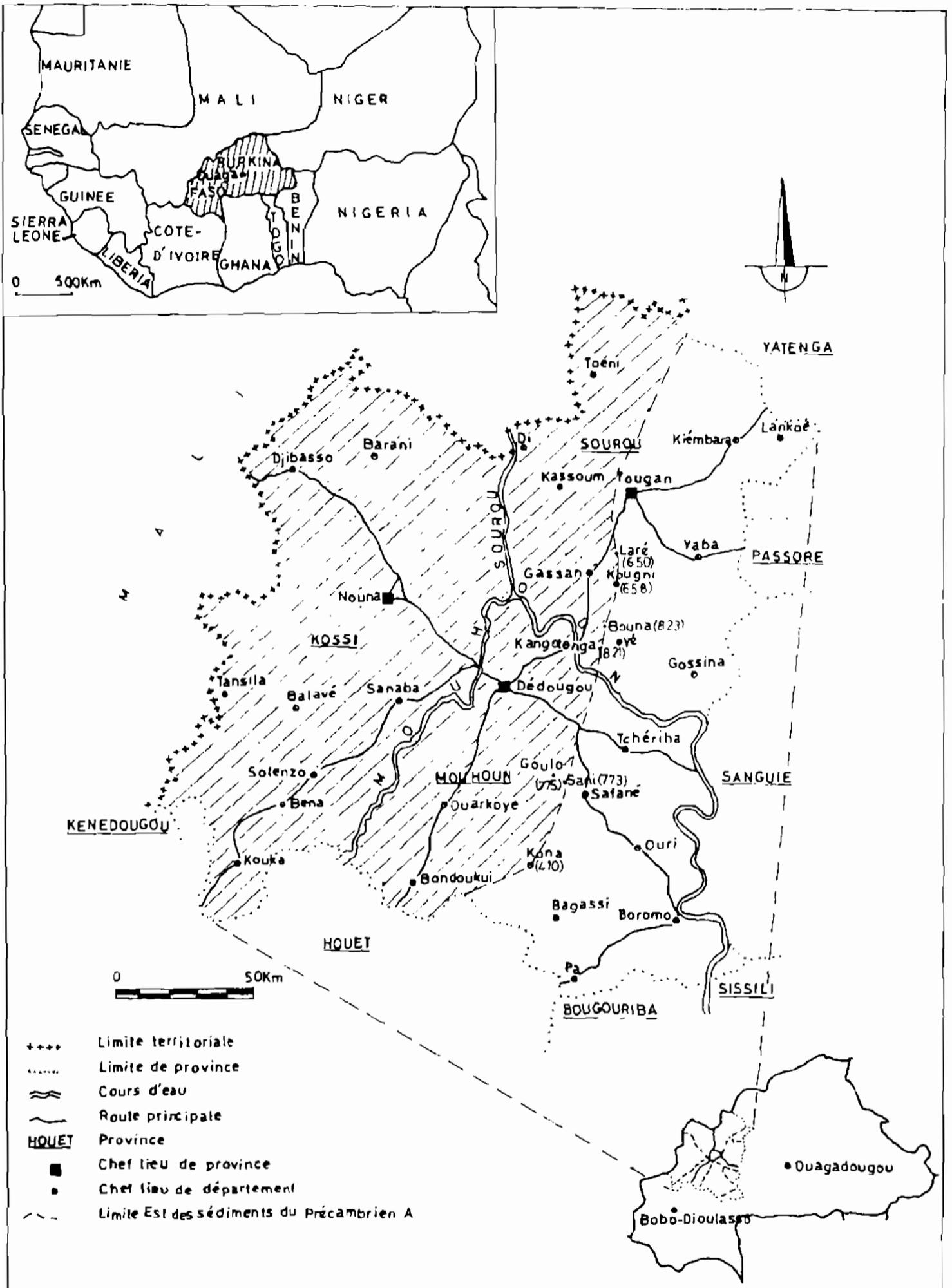


Fig. 1 Localisation de la zone d'étude

Les formations cristallines et cristallophylliennes du plateau mossi qui délimitent la plaine du Gondo à l'est, ont des altitudes comprises entre 300 et 400 m (fig. 2). Des collines d'orientation NNE-SSW, NE-SW et N-S émergent de temps à autre surtout dans la partie sud de la zone du projet. Ce sont, entre autres, le Gboué (458 m), le Kanroboué (384 m), le Magouemba (552 m), le Kongourilé (621 m).

Sur le plan humain, la région du projet compte environ 890310 habitants (recensement de 1985) soit environ 25 habitants au Km<sup>2</sup>. Ces populations se répartissent en plusieurs groupes ethniques dont les plus importants sont (Péron *et al*, 1975) :

- le groupe des ethnies autochtones de la région composé de Bobo fingo, Bwa ou Bobo ouilé, Marka ou Dafing, Samo, Ko, Nounouma, Gourounsi, Rimaïbé ;
- le groupe des migrants composé essentiellement de Mossi que l'on trouvait surtout le long du Mouhoun, zone qui était jusque là inhabitée à cause de l'onchocercose.

Les deux groupes d'ethnies se caractérisent par des types différents d'habitat. L'habitat est groupé chez la plupart des ethnies autochtones et aisément détectable sur les photographies aériennes. Par contre l'habitat est dispersé chez le groupe des migrants (Mossi) et chez les Peulh. Sa localisation sur les photographies aériennes est plus difficile. Dans le cas d'habitat groupé les tas d'ordures sont communs et pourraient constituer des sources de contamination des eaux de surface comme des eaux souterraines.

Les populations pratiquent comme activités principales l'agriculture et l'élevage. L'agriculture est pluviale et de type subsistance sur brulis et très peu mécanisée. Elle est fortement liée aux aléas du climat. Les principales cultures vivrières sont le sorgho, le maïs, le petit mil et le fonio. L'arachide est une culture d'appoint. Le coton constitue la principale culture de rente (plus de 1000 tonnes pour les trois provinces de la Kossi, du Mouhou et du Sourou). Le ramassage des amandes de karité constitue pour les femmes une activité d'appoint. L'élevage est la spécialité des Peuhl-Rimaïbé dans la région de Barani. Mais toute la zone est présentement couverte par des troupeaux en quête de paturage. En outre les agriculteurs associent à leur activité principale un peu d'élevage. Les densités suivantes sont observées : bovins 7 à 10 au Km<sup>2</sup> ; petits ruminants 10 à 20 au Km<sup>2</sup>. (Péron *et al*, 1975). Les porcins et la volaille occupent aussi une place importante dans l'élevage.



L'activité maraîchère n'est qu'à ses débuts dans une grande partie de la zone. Les aménagements réalisés sur le Sourou et le Mouhoun permettent l'irrigation de plusieurs milliers d'hectares et la pratique de plusieurs cultures par an.

## I.2. Le réseau hydrographique

Le Mouhoun (ex Volta-Noire) et ses affluents drainent la zone d'étude essentiellement dans les parties sud et centrale (fig. 3).

### I.2.1. Le Mouhoun et ses affluents

Le Mouhoun prend sa source à l'ouest de Bobo-Dioulasso. Il coule vers le Nord-Est. Au nord de Dédougou, il change de direction (Sud-Est) et décrit ainsi une boucle. Ce cours d'eau qui est l'un des plus importants du pays reçoit de nombreux affluents dont les plus importants sont :

- le Sourou, "lac" étalé et plat, long d'une centaine de kilomètres environ, se comporte en défluent du Mouhoun pendant la saison des pluies (crue) et en affluent pendant la saison sèche (décrue) (Sainsaulieu, 1950 ; Pafadnam, 1986).
- le Voun Hou, coule presque parallèlement au Mouhoun, entre Nouna et Dédougou, et le rejoint avant qu'il ne décrive la boucle.
- le Karouko coule vers le Nord-Est à l'est de Dédougou.
- le Tui ou Grand Balé, coule dans la partie sud de la zone d'étude, il reçoit de nombreux petits cours d'eau temporaires avant de se jeter dans le Mouhoun, au Sud de Boromo.

L'étude du régime du Mouhoun est faite à partir des données recueillies au niveau des stations de mesure qui jalonnent ce cours d'eau. Les plus longues séries de données disponibles (1955-1989) concernent les stations de Samandeni (en amont de la zone d'étude), Nwokui et Boromo (en aval). La figure 4 illustre les débits moyens du Mouhoun aux différentes stations de mesures limnimétriques.

Ces débits varient de 2 à 8 m<sup>3</sup>/s en Avril-Mai à plus de 80 m<sup>3</sup>/s en Septembre à la station de Boromo (moyenne de la période 1955-1988). D'une manière générale les débits augmentent à partir du mois de Juin pour atteindre un maximum en Septembre, puis ils baissent progressivement pour se stabiliser en Février, Mars et Avril. A Nwokui ce maximum se situe en Octobre.

---

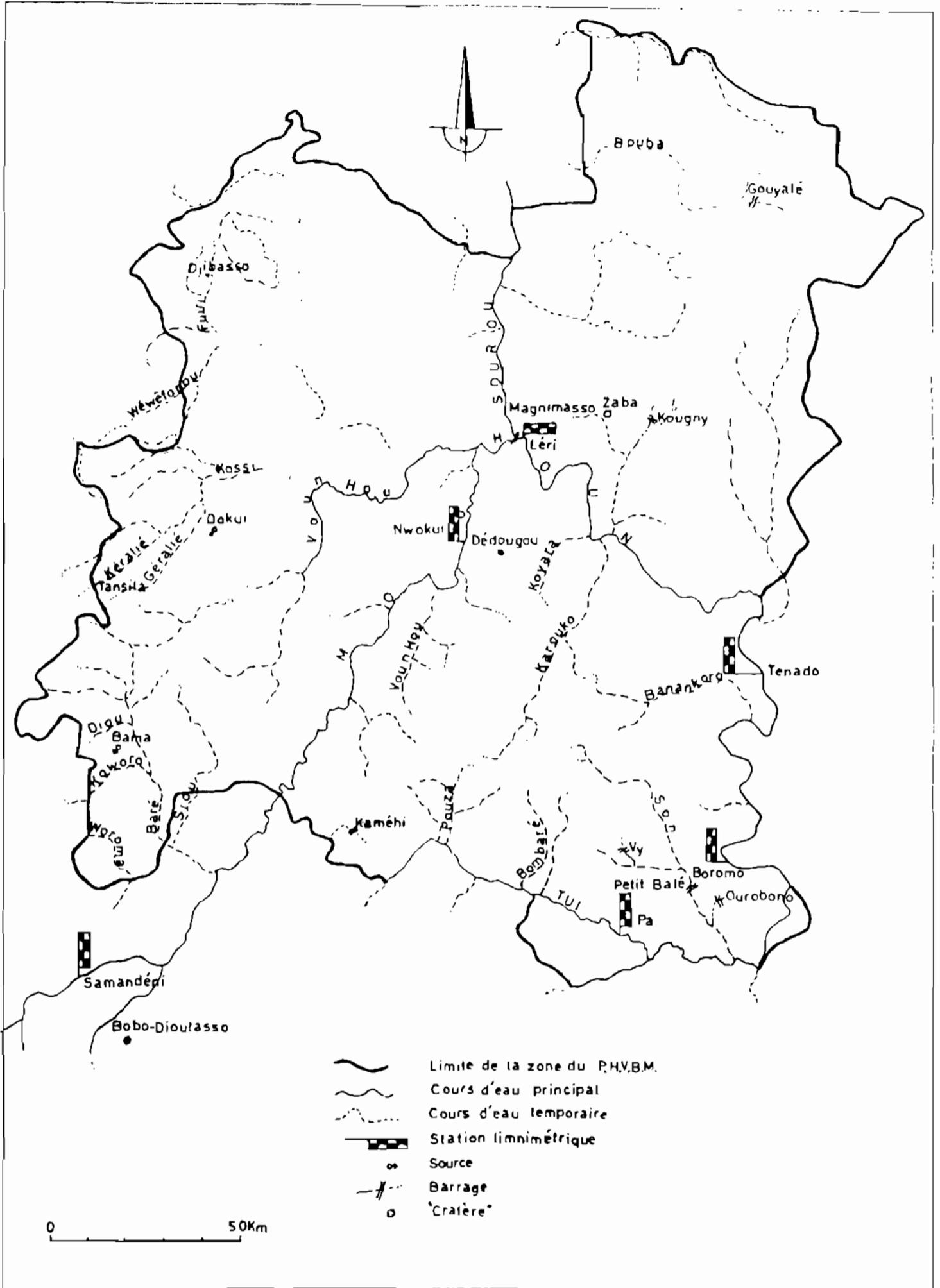


Fig. 3 Le réseau hydrographique

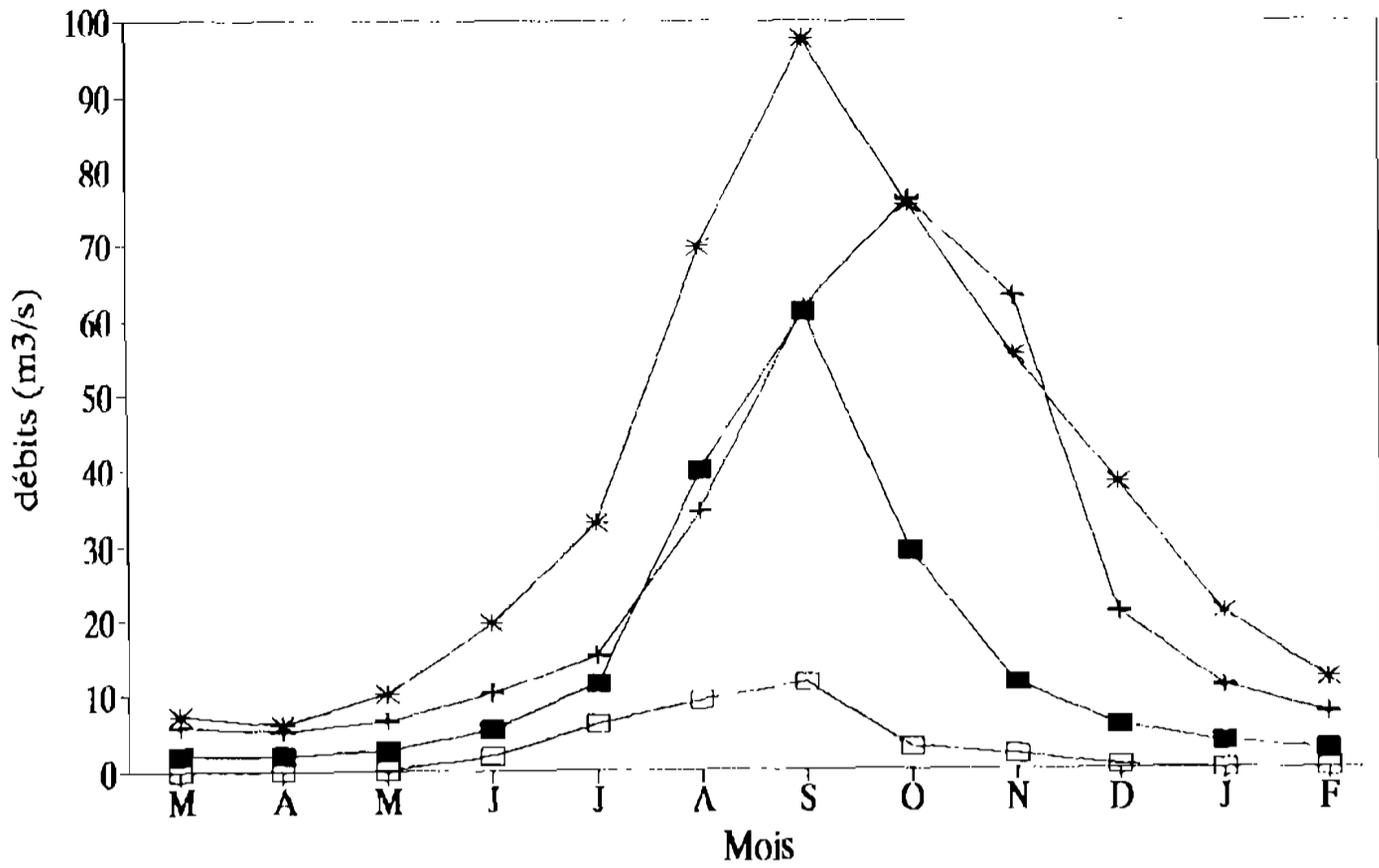


Fig. 4 Débits moyens mensuels du Mouhoun et du Tui

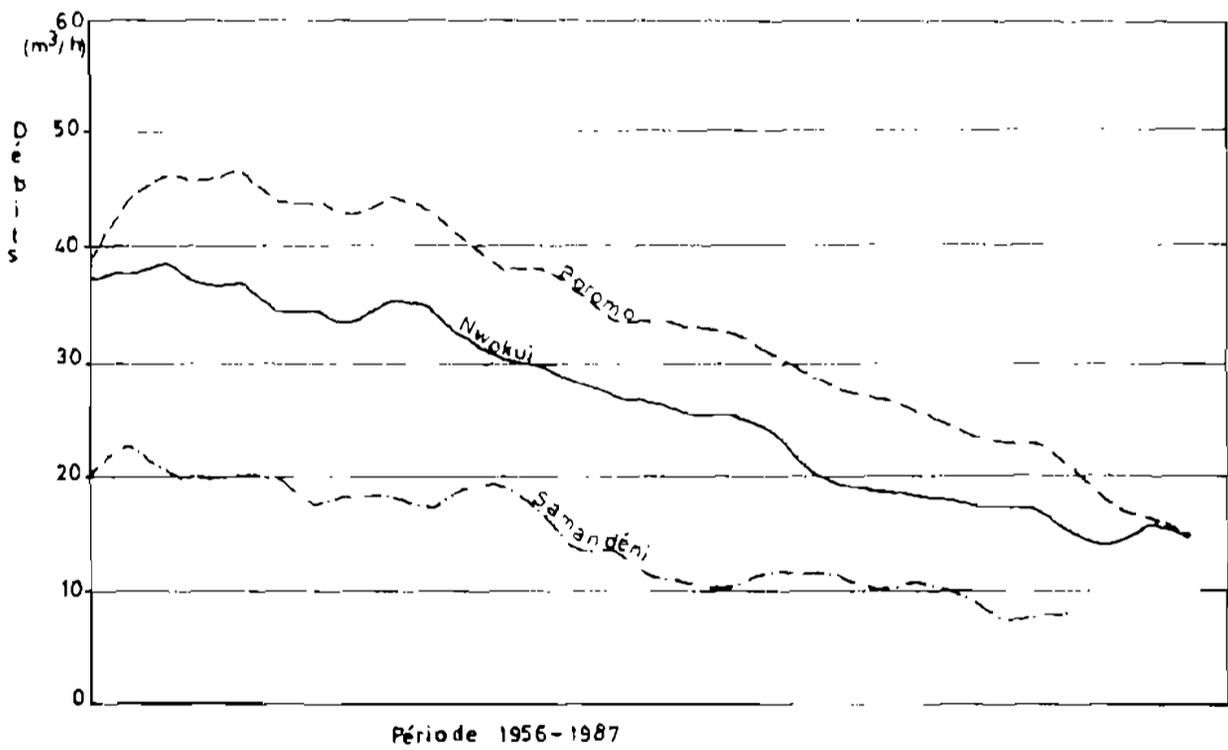


Fig. 5 Evolution des débits du Mouhoun

Les débits sont plus élevés à la station de Boromo (aval) qu'à Nwokui et à Samandéni (amont). C'est l'apport des affluents du Mouhoun, dans la région du socle cristallin qui explique en partie cette différence.

En amont comme en aval de la zone d'étude, le Mouhoun se comporte de la même manière (un seul maximum au niveau des différentes stations), le phénomène d'affluent et de défluent du Sourou signalé par Sainsaulieu en 1950 n'est pas visible sur les courbes. Ce phénomène devrait se traduire par un second maximum sur la courbe de la station de Boromo. Son absence pourrait s'expliquer par une perte considérable des eaux dans les formations sédimentaires avant Boromo (Keijer, 1990).

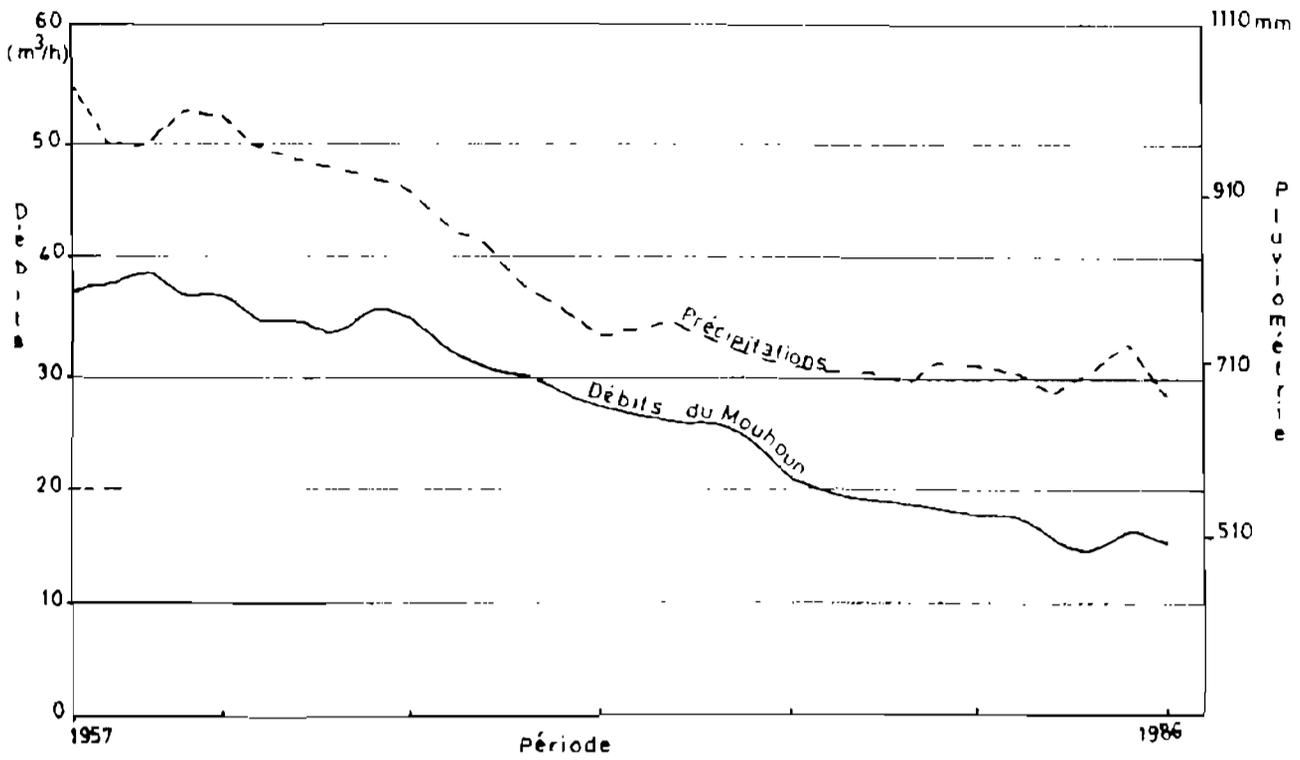
Le Mouhoun est l'un des rares cours d'eau pérennes de la région. Les débits moyens annuels (modules) écoulés sont importants. La figure 5 montre l'évolution des débits du Mouhoun. Les modules diminuent fortement depuis les années 1970, début de la période de sécheresse dans les pays sahéliens.

D'une moyenne annuelle supérieure à 30 m<sup>3</sup>/s dans les années 1960 à Boromo, le débit atteint rarement 20 m<sup>3</sup>/s ces dernières années. Cette baisse est étroitement liée à la baisse de la pluviométrie dans la région. La figure 6 compare l'évolution des débits des cours d'eau (Mouhoun à Boromo et Dédougou Nwokui) et des précipitations pour la période 1956-1987. On note que ces différentes courbes ont la même allure générale c'est-à-dire une tendance à la baisse. Les débits baissent en même temps que les précipitations à Dédougou et à Boromo. Toutefois à Boromo les valeurs extrêmes des précipitations affectent la courbe en engendrant des cycles ou autre mouvement non présent dans les données d'origine (Spiegel, 1974). Les débits des cours d'eau sont tributaires essentiellement de la précipitation.

Pour le Tui dont la seule station de mesure est installée à Pa en 1975, les débits ne sont mesurables que pendant la saison des pluies. En Septembre toutefois le débit est inférieur à 15 m<sup>3</sup>/s. De Décembre à Mai les débits du Tui sont nuls.

### I.2.2. Les cours d'eau du Nord-Ouest

Les cours d'eau qui se développent dans la partie Nord-Ouest de la zone d'étude sont temporaires et prennent leur source dans les falaises des régions de Tansila et de Djibasso. Ils coulent presque tous



a) Dédougou



b) Boromo

Fig. 6 Relation entre précipitations et débits du fleuve

Nord-Est puis Est ou Sud-Est ensuite Est et perdent leurs eaux dans les formations sableuses au bas des falaises. Ces eaux pourraient alimenter les différentes nappes souterraines de la plaine du Gondo. Les plus importants de ces cours d'eau sont :

- la Kossi qui a donné son nom à une province ;
- le Geralié et le Keralié qui prennent leur source au Sud-Ouest de Tansila, ils coulent parallèlement, se rejoignent avant de déverser leurs eaux dans la Kossi ;
- le Fuiré au Sud de Djibasso ;
- le Wéwéfonou au Nord de Tansila.

### I.2.3. Les sources et étendues d'eau superficielles

Les rares sources se localisent dans la région des hauts reliefs (Bama, Dokui). Elles émergent au pied des collines et semblent être des sources de déversement. Les lacs et mares sont rares dans la région. Il faut noter cependant l'existence le long du Mouhoun, surtout dans la partie des sédiments du Précambrien A, de zones marécageuses en saison des pluies (Hottin et Ouédraogo, 1975). On signale également la présence de "dépressions" contenant de l'eau et baptisées cratères par certains auteurs. Le plus connu est celui de Zaba (Sainsaulieu, 1950). De nombreux barrages ont été construits sur les cours de certaines rivières avec plus ou moins de succès.

### Conclusion de l'étude hydrographique

Le Mouhoun et ses affluents constituent l'essentiel du réseau hydrographique qui est beaucoup plus dense au Sud qu'au centre et au Nord. A l'Ouest le réseau hydrographique est temporaire, les eaux se perdent dans les formations sableuses au bas des falaises. Le Nord est drainé principalement par le Sourou et ses affluents.

Au Sud-Est les roches cristallines imperméables favorisent un important écoulement superficiel des eaux de précipitation.

Le réseau hydrographique est ainsi dense, de type dendritique (Zambelongo, 1982), suggérant des branches d'arbres.

Au Nord et Nord-Ouest, le réseau hydrographique est dichotomique de type maille assez lâche caractéristique des terrains poreux des formations sédimentaires du Précambrien A. Les formations sableuses favorisent une infiltration des eaux de pluie, l'écoulement superfi-

ciel est très réduit d'où l'absence de cours d'eau important et permanent.

Le réseau hydrographique joue un rôle très important sur le régime des eaux souterraines car il alimente certaines nappes souterraines et draine d'autres.

### I.3. Le climat

Le climat de zone d'étude est type soudanien, caractérisé par une saison de pluies allant d'Avril à Octobre et une saison sèche de Novembre à Mars. Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre 500 et 1000 mm et la végétation est de type savane (Terrible, 1978). Les deux saisons n'ont pas les mêmes durées au Sud et au Nord de la région d'étude.

La figure 7 présente les principales stations météorologiques et les courbes isohyètes de la période 1981-1990 de la zone du projet d'hydraulique villageoise. Seules les stations de Boromo, Dédougou, Tougan et Nouna disposent de longues séries de données pluviométriques (1922-1991, pour les trois premières et 1940-1991, pour la dernière).

#### I.3.1. Les vents

Le climat est lié aux flux des alizés boréaux et à la mousson essentiellement (Collectif, 1990). Ces masses d'air sont séparées par l'Equateur Météorologique (communément appelé Front Inter-Tropical : F.I.T.).

L'alizé continental, appelé harmattan, qui arrive au Burkina en Octobre, est un vent sec, chaud pendant la journée et frais la nuit. Il souffle des hautes pressions sahariennes vers les côtes océaniques pendant la saison sèche (Octobre à Avril). Il traverse le pays d'Est en Ouest.

La mousson est issue de l'anticyclone de Sainte-Hélène dans l'Atlantique sud. C'est un vent humide qui souffle vers l'intérieur du continent pendant la saison des pluies (il pénètre au Burkina dès le mois d'Avril) et traverse le pays du Sud-Ouest au Nord-Est (Péron et al, 1975).

La zone d'étude est relativement calme, les vents sont faibles ou modérés. La figure 8 illustre la vitesse moyenne du vent à Boromo et Dédougou.

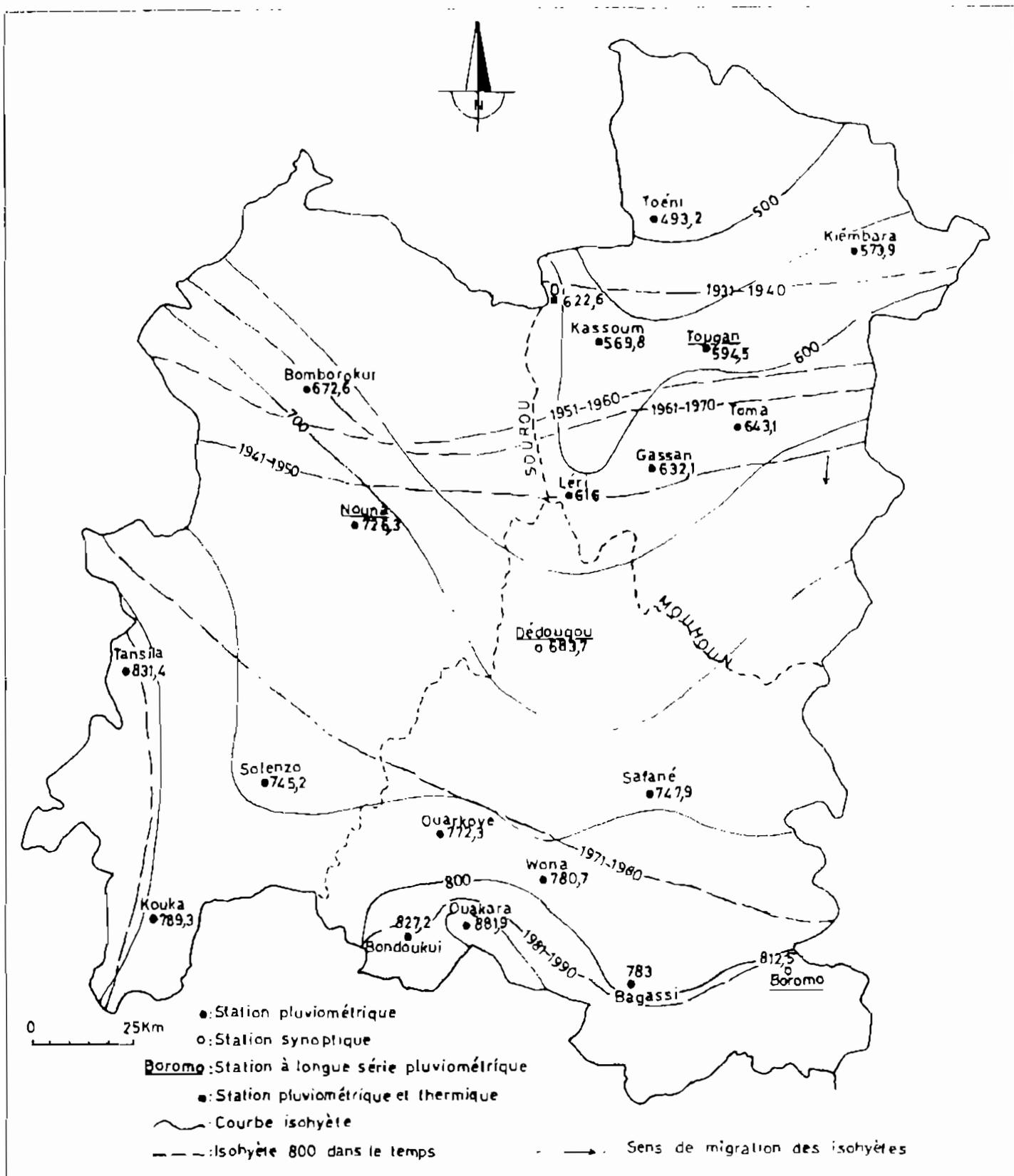


Fig. 7 Courbes isohyètes (décennie 1980-1990) de la boucle du Mouhoun

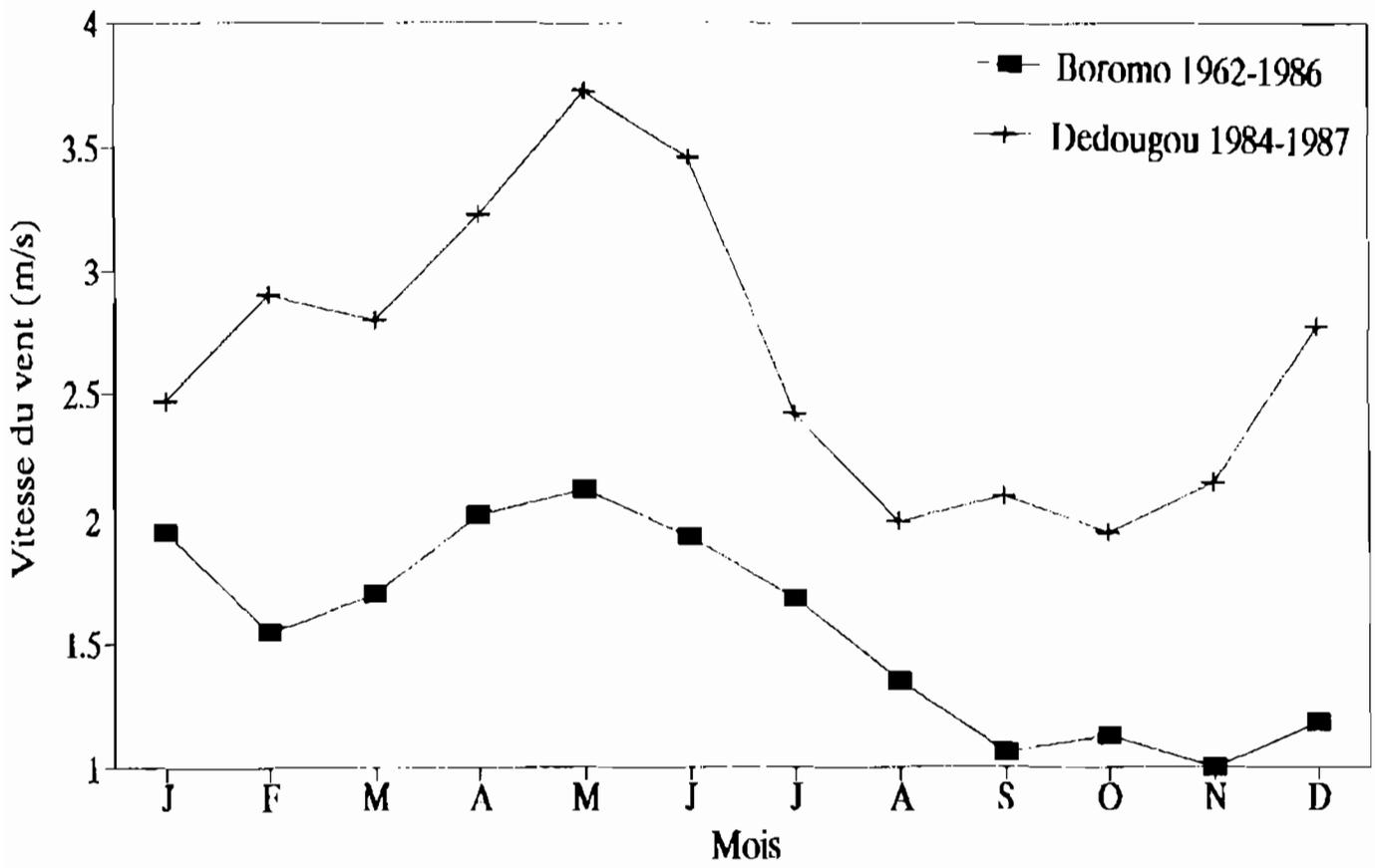


Fig. 8 Vitesses moyennes mensuelles des vents

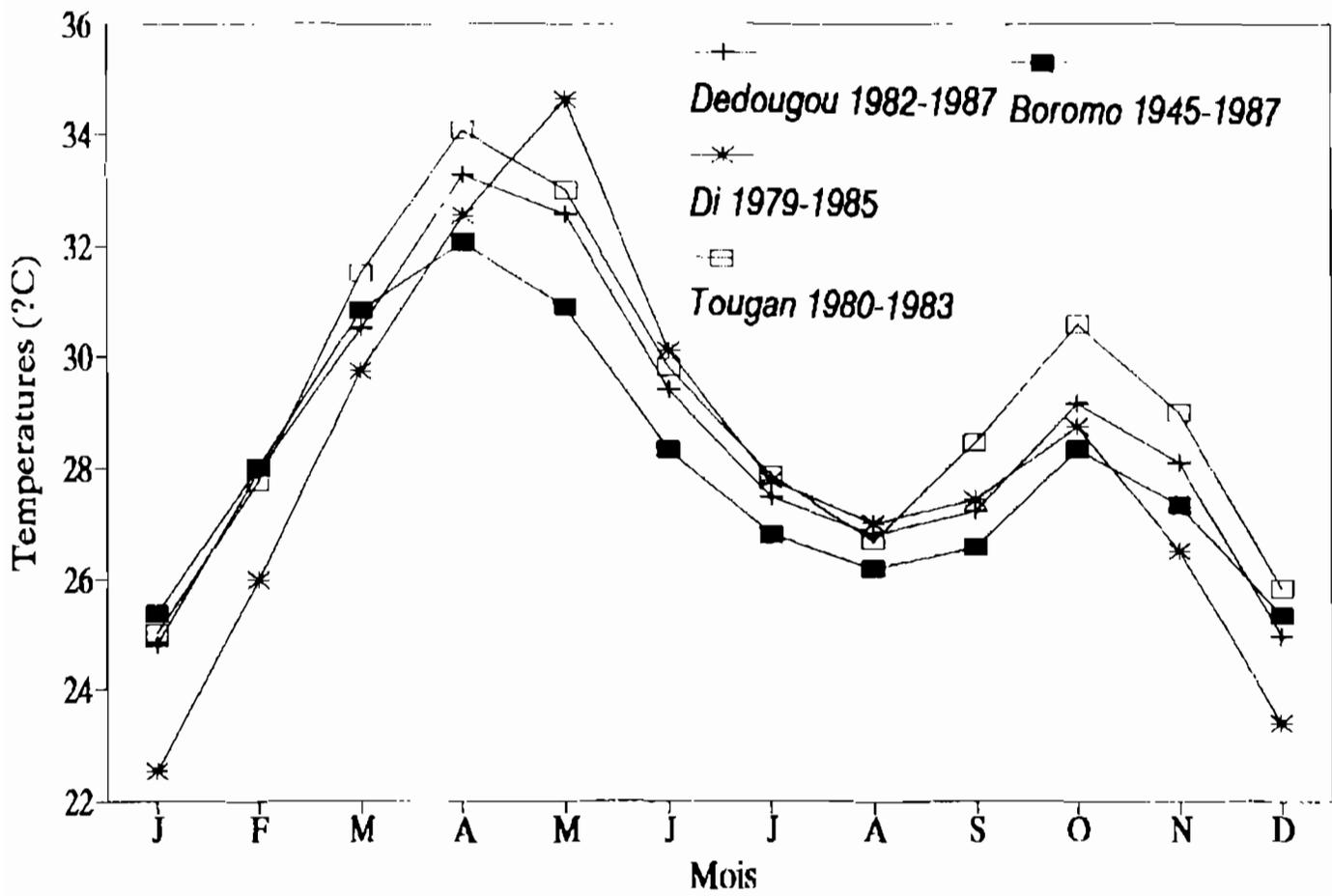


Fig. 9 Temperatures moyennes mensuelles

Elle est de l'ordre de un à deux mètres par seconde et atteint, rarement, trois mètres par seconde au Sud (Boromo) et quatre mètres par seconde au centre (Dédougou). La vitesse du vent est très faible durant la saison des pluies et plus élevée en saison sèche.

### 1.3.2. Les températures

Les températures moyennes mensuelles varient de 23.5°C en janvier à 34.5°C en mai (fig. 9). On note plusieurs périodes dont :

- une période fraîche (Novembre à Février) durant laquelle les températures minimales sont basses (17 à 19°C), les moyennes atteignent rarement 29°C, les précipitations sont rares voire inexistantes ;
- une période chaude et sèche qui débute en Mars. Il y a une élévation brusque de la température de 2 à 3°C. Les températures moyennes sont supérieures à 30°C. Au cours de cette période qui va de Mars à Mai, seul, le Sud peut être intéressé par des précipitations ;
- une période chaude et humide, allant de Juin à Septembre, qui correspond à la saison des pluies. Les températures moyennes sont comprises entre 26 et 28°C et les maxima supérieures à 30°C ;
- le mois d'Octobre est une période charnière légèrement chaude (28 à 29°C). Les températures moyennes sont supérieures à celles des mois de Septembre et de Novembre. Il est considéré par certains auteurs comme un régime transitoire (TWACO, 1985 ; Nations Unies, 1987) fait d'alternance d'épisode sec et d'incursion d'air humide.

### 1.3.3. Les précipitations

Les précipitations dépendent essentiellement de la migration du F.I.T. et des masses d'air au dessus du territoire. La pluviométrie se répartit mal dans le temps et dans l'espace.

#### 1.3.3.1. *Répartition des précipitations dans l'espace*

Les précipitations se répartissent inégalement du Sud au Nord. La mousson arrive d'abord au Sud en Avril, entraînant les précipitations, puis plus tard en Mai au Nord. Elle se retire de cette zone nord dès la fin du mois de Septembre. La saison des pluies est plus longue au Sud qu'au Nord.

Le Sud est plus arrosé que le Nord. La pluviométrie moyenne varie

de 800 mm au Sud (Boromo) à 490 mm au Nord (Toéni). L'Ouest est plus pluvieux que l'Est. Les précipitations enregistrées varient de 850 mm à l'Ouest (Tansila) à 570 mm à l'Est (Kiémbara) (fig. 7).

### I.3.3.2. Répartition des précipitations dans le temps

Les précipitations sont très mal réparties dans l'année car près de 80 % de celles-ci tombent au cours des mois de Juin, Juillet, Août et Septembre (fig. 10). Les mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars reçoivent moins de 4 % des précipitations annuelles.

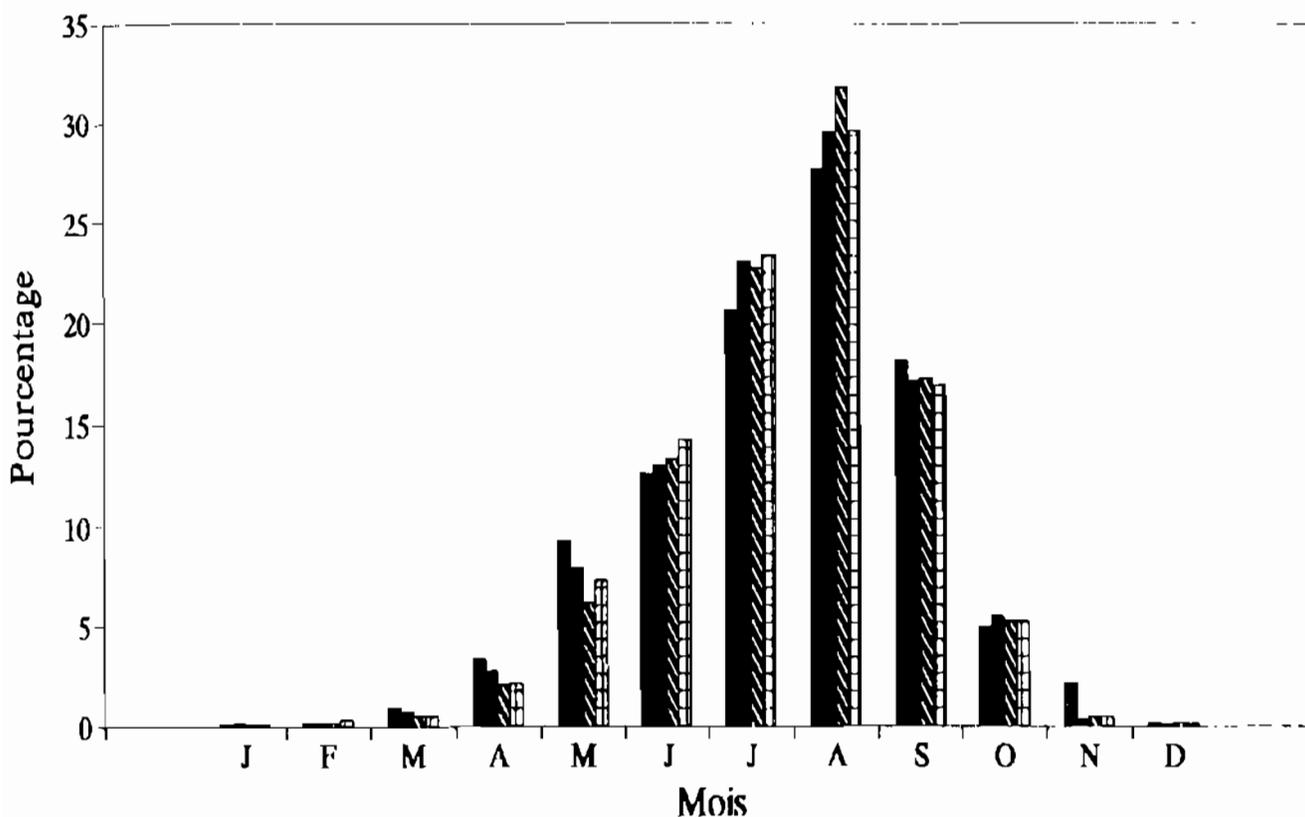
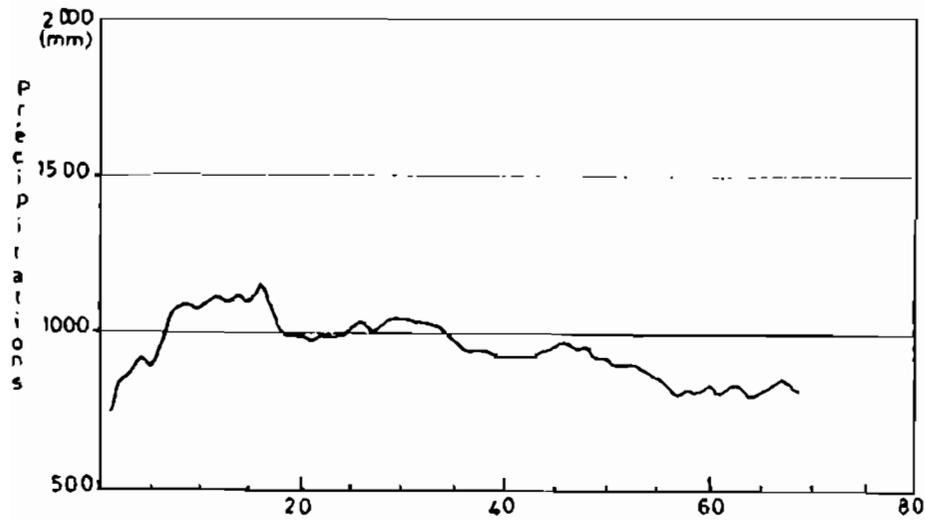


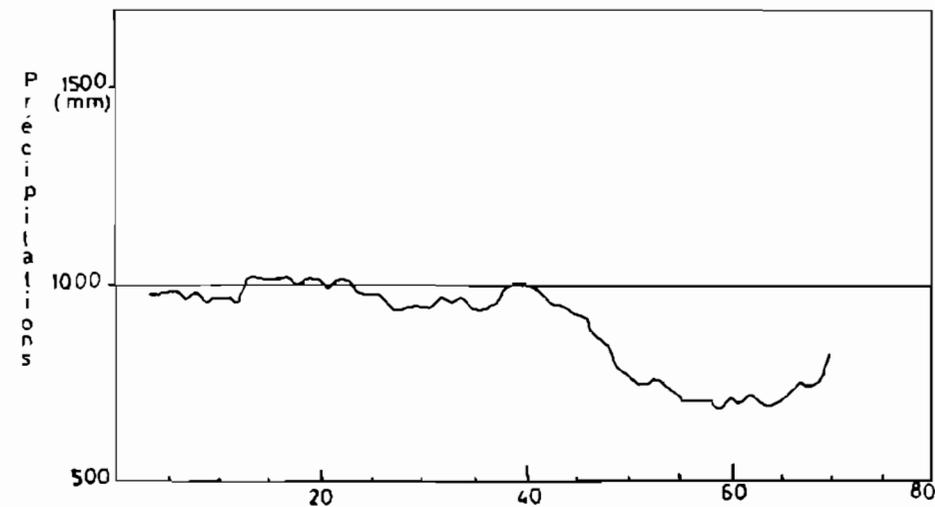
Fig. 10 Répartition de la pluviométrie dans l'année

### I.3.3.3. Evolution des précipitations dans le temps

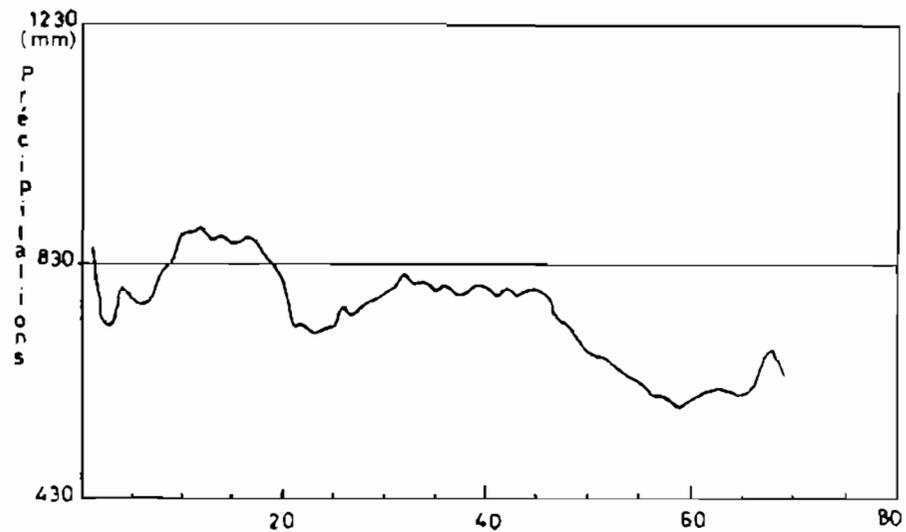
L'évolution des précipitations, au cours du temps, a été étudiée par la méthode des moyennes mobiles et illustrée par la figure 11 pour les stations de Boromo, Nouna, Dédougou et Tougan. La pluviométrie baisse au niveau de toutes ces stations. Par exemple d'une moyenne annuelle de 1121 mm au cours de la décennie 1931-1940, la pluviométrie passe à une moyenne à 812 mm durant la décennie 1981-1990 pour la station de Boromo. On note cependant une légère augmentation au cours des cinq dernières années.



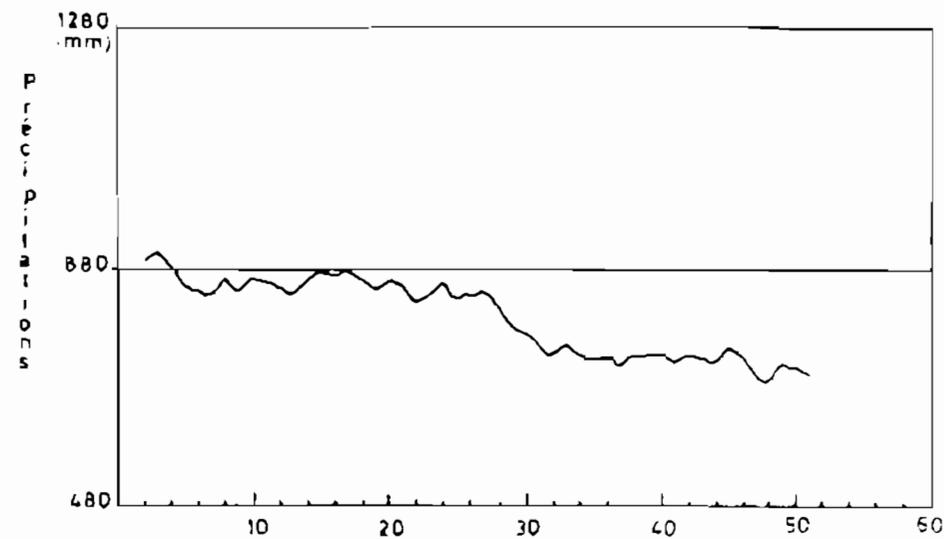
a) Boromo (1922-1991)



b) Dédougou (1922-1991)



c) Tougan (1922-1991)



d) Nouna (1940-1991)

Fig. 11 Evolution des précipitations dans le temps

Cette forte baisse de la pluviométrie se traduit par la migration des isohyètes vers le Sud. Pour ces dernières décennies par exemple, l'isohyète 800 mm ne se trouve plus que dans la partie sud de la boucle du Mouhoun (fig. 7). Cette baisse de la pluviométrie a sans aucun doute une implication directe sur le régime des cours d'eau dont les débits baissent. Ces débits, qui étaient de 40 m<sup>3</sup>/s en moyenne dans les années 1950, passent à 15 m<sup>3</sup>/s dans les années 1980 pendant que la pluviométrie passait de 1000 mm à 690 mm par an pour les mêmes périodes. L'absence de chroniques piézométriques sur une longue période comparable à celles des précipitations ne permet pas l'établissement de corrélations entre la baisse de la pluviosité et le niveau piézométrique des nappes souterraines.

#### I.3.4. L'évapotranspiration

L'évaporation mesurée par un évaporomètre piche est en moyenne de 2213,6 mm à Boromo (1945-1982), de 3133,2 mm à Dédougou (1983-1987), de 3250 mm à Tougan (1965-1981) et de 3390 mm à Di (1983-1987).

Le bac classe A donne des évaporations de 2943,9 mm à Boromo (1984-1987) ; 3582,2 mm à Dédougou (1985-1986) et 3176,1 mm à Di (1979-1985).

Ces valeurs très élevées sont dues à la forte température et à la sécheresse de l'air circulant dans cette région.

##### I.3.4.1. *L'évapotranspiration potentielle (ETP)*

L'évapotranspiration est un facteur important du bilan hydrologique. Pour calculer l'évapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement, qui rentre dans l'équation du bilan, on est amené à calculer l'évapotranspiration potentielle (ETP). Il existe plusieurs formules empiriques servant à déterminer l'évapotranspiration potentielle. Les plus couramment utilisées sont entre autres celles de Thornthwaite, (Coudrain et Thiery, 1978) et la relation de Baldy.

##### *Formule de Thornthwaite*

Cette formule permet de déterminer l'évapotranspiration potentielle de mois fictifs de 30 jours. Elle s'écrit :

$$ETP = 1.6 (10 t/I)^a * F(\lambda)$$

E.T.P. : évapotranspiration potentielle.

t : température moyenne mensuelle du lieu en degré centigrade, après correction d'altitude (0.6°/100 m).

a est une fonction de I.

$$a = 6.75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7.71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1.79 \cdot 10^{-2} I + 0.49$$

I est l'indice thermique annuel, somme des 12 indices mensuels i précédents.

$$I = \sum_1^{12} i \text{ avec } i = (t/5)^{1.514}$$

F( $\lambda$ ) est la correction de latitude ou d'ensoleillement (Faillat, 1979)

Avec cette formule l'évapotranspiration potentielle a été estimée aux stations météorologiques de Boromo (2026,3 mm pour la période 1945-1987), Dédougou (2227,3 mm pour la période 1983-1987), Di (2154,2 mm entre 1979 et 1985) et Tougan (2142,6 mm de 1980 à 1983), (tableau 1).

#### *Relation de Baldy*

Baldy (1978) a établi une relation entre l'évaporation bac classe A et l'E.T.P. Penman. La relation s'établit ainsi :

$$E.T.P. = \text{Evap bac A}/2 - 1.25 \text{ Hr}$$

E.T.P. et Evaporation sont exprimées en mm ;

Hr, Humidité relative en valeur absolue (0 à 1).

Le rapport Evap bac A/E.T.P. évolue entre 0,75 lorsque Hr tend vers 1 et 2 lorsque Hr tend vers 0.

Avec cette relation on obtient une évapotranspiration potentielle de 1981,6 mm à Boromo et de 2314,9 mm à Dédougou en 1986. Pour la même année l'évapotranspiration potentielle, calculée par la formule de Thornthwaite, est respectivement de 2040,9 mm et de 2086,4 mm pour ces villes.

#### *1.3.4.2. L'évapotranspiration réelle (ETR)*

La détermination de l'évapotranspiration réelle se fait par des formules empiriques dont celle de Coutagne, de Turc et par la méthode de Thornthwaite. Les formules permettent de calculer l'évapotranspiration réelle (ETR) moyenne annuelle en fonction des précipitations et des températures.

Boromo (45-87)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	106	162,6	244,6	289,7	247	170,9	134,1	120,9	129	170,4	145,4	105,7
P	0,8	0,8	6,6	35,1	86,5	117,8	192,5	254	172,9	42,9	8,5	2,2
V							58,4	133,1	43,9	-100		
RU	0	0	0	0	0	0	58,4	100	100	0	0	0
ETR	0,8	0,8	6,6	35,1	86,5	117,8	134,1	120,9	129	142,9	8,5	2,2
Def										27,5	136,9	103,5
Surpl								33,1	43,9			

Dédougou (83-87)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	93	159,5	237	350	315,3	200,3	147,7	131,5	141,3	192,9	163,6	95,2
P	0	5,5	3,6	6,3	77,5	79,1	174,2	175,8	115,1	33,9	4,6	0
V							26,5	44,3	-26,2			
RU	0	0	0	0	0	0	26,5	70,8	44,6	0	0	0
ETR	0	5,5	3,6	6,3	77,5	79,1	147,7	131,5	141,3	78,5	4,6	0
Def										114,4		
Surpl												

Di (79-85)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	63	117	210,7	310,2	405,7	221	156,4	138	148,2	181,7	127,9	74,4
P	0	0	2,7	6	47,7	88,2	144,2	146,3	103,5	21,4	5,4	0
V								8,3	-8,3			
RU	0	0	0	0	0	0	0	8,3	0	0	0	0
ETR	0	0	2,7	6	47,7	144,2	144,2	138	111,8	21,4	5,4	0
Def									36,4			
Surpl												

Tougan (80-83)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	93,5	152,4	280,9	409,8	351,1	214,5	155,5	125,9	172,3	242,1	188,3	107,4
P	0	0	3,6	14,3	43,5	115,9	153,1	161,7	48,9	10,5	2,4	0
V								35,8	-35,8			
RU	0	0	0	0	0	0	0	35,8	0	0	0	0
ETR	0	0	3,6	14,3	43,5	115,9	153,1	125,9	84,7	10,5	2,4	0
Def									88,2			
Surpl												

- ETP : Evaporation potentielle (mm)  
P : Précipitations (mm)  
V : Variation de la réserve du sol  
RU : Réserve d'eau utile  
ETR : Evapotranspiration réelle (mm)

Table 1 : ETP et ETR selon la méthode de Thornthwaite.

*Formule de Coutagne*

La formule de Coutagne permet de calculer le déficit d'écoulement moyen annuel (D) en fonction de la pluviométrie (P) et de la température moyenne (T). Elle s'énonce comme suit :

$$D = P - \lambda P^2$$

P et D sont exprimés en mètre, T en degré centigrade.

$$\lambda = 1/0,8 + 0,14 T.$$

Si  $1/8 \lambda < P < 1/2 \lambda$  la formule n'est pas applicable.

Si les précipitations sont inférieures à  $(1/8 \lambda)$  alors  $D = P$ , il n'y a pas d'écoulement.

Si les précipitations sont supérieures à  $(1/2 \lambda)$ , D est pratiquement indépendant de P,  $D = 1/4 \lambda = (0,8 + 0,14 * T)/4$ , soit  $D = 0,20 + 0,035T$ . (Remenieras, 1960 et 1968).

Au niveau des stations de Boromo, Dédougou, Tougan et Di on obtient respectivement des ETR de 741, 584, 492 et 497 mm par an.

*Formule de Turc*

Dans la formule de Turc, le déficit d'écoulement est une fonction de P et de T.

$$D = P / \sqrt{0,9 + P^2/L^2}$$

$L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$  avec P et D en mm, T (température moyenne annuelle observée sur le bassin versant) en ° C.

On trouve des valeurs de 881, 682, 579 et 573 mm aux stations de Boromo, Dédougou, Tougan et Di.

*Méthode de Thornthwaite*

La méthode permet le calcul de l'ETR sur de courtes périodes (mois), en évaluant d'abord l'évapotranspiration potentielle mensuelle par la formule de l'auteur et en tenant compte des reports d'un mois à l'autre de la variation des réserves emmagasinées dans les nappes souterraines (Remenieras, 1960 et 1968). L'ETR se calcule de la manière suivante.

1) Si les précipitations du mois sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle, alors l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle, l'excédent des précipitations est emmagasiné dans l'humidité du sol dont il augmente les réserves jusqu'à ce

que ce dernier soit saturé.

2) Si les précipitations du mois sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle, l'évapotranspiration réelle est la somme des précipitations du mois et tout ou partie de la réserve d'eau du sol qui est mobilisée comme suit :

- si la réserve antérieure est assez forte pour combler l'insuffisance des précipitations, l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle ;
- si la réserve d'humidité du sol est insuffisante pour satisfaire l'évapotranspiration potentielle, l'évapotranspiration réelle reste inférieure à celle-ci et est égale à la somme des précipitations du mois et des réserves disponibles.

En appliquant cette méthode aux stations, on obtient les valeurs de 565 ; 553,9 ; 651,1 et 785,3 mm respectivement à Di, Tougan, Dédougou et Boromo (tableau 1).

Les trois méthodes d'estimation de l'ETR ont donné des résultats forts divers (tableau 2).

Station de mesure	Méthodes de calcul de l'ETR (mm)		
	Coutagne	Thorntwaite	Turc
Di	497.5	565.5	573.2
Tougan	492.6	553.9	579
Dédougou	584.3	675.1	682.1
Boromo	741.3	785.3	881.1

Tableau 2 Comparaison de l'évapotranspiration réelle.

A Di l'ETR varie selon les différentes méthodes d'estimation de 497 mm à 573 mm pour une pluviométrie moyenne de 565,2 mm par an et une ETP de 2206,1 mm. L'ETR varie de 492,6 à 579 mm à Tougan. L'ETP et les hauteurs de pluie moyennes sont respectivement de 2493 et 556 mm. On note également que l'ETR varie de 584 à 682 mm à Dédougou (avec une pluviométrie de 681 et une ETP de 2227 mm) et de 741 à 881 mm à Boromo (la pluviométrie et l'EPT étant de 921 et 2025 mm).

La méthode de Coutagne donne les ETR les plus faibles tandis que celle de Turc fournit les valeurs les plus élevées et souvent et supérieures aux précipitations. La méthode de Turc semble peu adaptée aux

zones à faibles précipitations et aux températures élevées.

Avec la méthode de Thornthwaite on obtient des ETR égales aux précipitations à Di et à Tougan. Toute l'eau tombée est évapotranspirée.

Seule la méthode de Coutagne donne des ETR inférieure à la pluviométrie. La partie de l'eau non évapotranspirée peut être mobilisée par l'écoulement et l'infiltration.

#### I.4. Essai de bilan hydrologique

Le bilan hydrologique s'établit en prenant comme facteurs les précipitations, le ruissellement, l'évapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement. L'équation du bilan s'écrit :

$$P = R + ETR + I$$

Avec P : les précipitations annuelles

R : le ruissellement

I : l'infiltration

ETR : l'évapotranspiration réelle annuelle.

Les précipitations sont données au niveau des stations pluviométriques. L'évapotranspiration réelle est estimée par différentes méthodes et formules de calcul. Le ruissellement et l'infiltration peuvent être estimés par différentes méthodes de calcul.

##### 1.4.1. *Le ruissellement*

Connaissant l'ETP on peut calculer le ruissellement par la formule simplifiée de Tixéront-Berkaloff (in Maliki, 1993) en posant :

$$R = P^3 / 3(ETP)^2$$

P est égale aux précipitations annuelles et ETP est l'évapotranspiration potentielle annuelle calculée par la méthode de Thornthwaite.

Le tableau 3 présente le taux de ruissellement moyen calculé à Boromo (6,9 %), Di (2,2 %), Tougan (1,7 %) et Dédougou (3,1 %) à différentes périodes.

Ces taux sont comparables à ceux trouvés par IWACO (1,2 % en 1979-1980) et Moniod in IWACO, 1987 (1,6 % pour période 1955-1974 entre Nwokui et Boromo). Ce ruissellement serait de 13 % des précipitations (moyenne de 1100 mm) entre Nwokui et Samandéni.

Le taux de ruissellement est plus élevé au sud (Boromo) qu'au nord (Di). Ceci peut s'expliquer par la pluviométrie (plus élevée dans

le premier cas) mais aussi par la nature des formations géologiques (roches cristallines du socle au sud et sable au nord) qui favorise l'écoulement au sud et l'infiltration au nord.

Station	P (mm)	ETP(mm)	R (mm)	% de P
Di (1981-1985)	565.2	2206.1	12.4	2.2
Tougan (1980-1983)	556.1	2493.7	9.2	1.7
Dédougou (1982-1987)	681.6	2227.6	21.3	3.1
Boromo (1945-1987)	921	2025.7	63.5	6.9

Tableau 3 Taux de ruissellement

#### I.4.2. L'infiltration

Connaissant les précipitations, le ruissellement et l'évapotranspiration réelle on peut déterminer l'infiltration en utilisant l'équation du bilan.

$$P = R + ETR + I$$

De cette équation on tire I qui est égale à :

$$I = P - ETR - R$$

Si l'on considère l'évapotranspiration réelle calculée selon la formule de Coutagne on trouve une infiltration de 116 mm à Boromo, 76 à Dédougou, 55 à Di et 54 à Tougan. Ces valeurs sont proches des 44 mm trouvées par IWACO en 1980 sur une année d'observation entre Nwokui et Boromo avec une pluviométrie moyenne de 856 mm.

Si l'on considère l'évapotranspiration réelle calculée selon la formule de Thornthwaite on trouve une infiltration de 72 mm à Boromo et 8 mm à Dédougou. Avec l'ETR déterminée par la formule de Turc il est impossible de calculer une infiltration.

L'infiltration n'est pas nulle dans la région, elle est plus importante au sud et au centre à cause de la pluviométrie plus élevée et des autres facteurs climatiques moins rigoureux.

#### I.5.1. Les sols et la végétation

##### I.5.1. Les types de sol

Dans la région de la boucle du Mouhoun cinq types majeurs de sols sont représentés (Péron et al, 1975 ; Brunt et Sourabié, 1985). Ils

sont fonction entre autres des types de roches sur lesquels ils se développent, du climat, de la végétation, puis de la faune.

- **Les sols minéraux bruts sur roches diverses.** Ce sont les lithosols sur grès, granites, quartzites, cuirasses et carapaces latéritiques et les régosols sur schistes. Ils se rencontrent au niveau des falaises, ont des épaisseurs très faibles et sont pauvres chimiquement.

- **Les sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire.** Ces types de sols se rencontrent à l'extrême nord et à l'est de la région du projet. Ce sont des sols de faible profondeur, pauvres en éléments nutritifs et en réserves en eau.

- **Les vertisols sur alluvions ou matériau argileux.** Ils sont caractérisés par des teneurs en argiles gonflantes élevées. Ces sols ont une faible porosité et une richesse minérale élevée.

- **Les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et lessivés sur matériau sableux, sablo-argileux ou argilo-sableux.** Ils se caractérisent par une richesse en oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse. L'épaisseur moyenne du profil est de deux mètres.

- **Les sols hydromorphes minéraux à pseudogley sur matériau à texture variée.** Ils apparaissent sous forme de bandes ourlant les grands axes de drainage (bords du Mouhoun et du Sourou) et les grandes plaines déprimées. Leur caractère essentiel est l'excès d'eau temporaire. Leur potentialité chimique est moyenne, leurs propriétés physiques, compacité et imperméabilité sont parfois défavorables aux cultures (Péron et al, 1975).

### 1.5.2. La végétation

La végétation de la région de la boucle du Mouhoun est de type savane (Tiquet, 1983 ; Terrible, 1984). Cette végétation appartient à deux domaines phytogéographiques : sahélien au nord et soudanien au sud (Guinko, 1984). Chacun de ces domaines se compose de secteurs eux-mêmes subdivisés en districts phytogéographiques.

Au Nord la végétation appartient au secteur subsahélien. Ce secteur, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 650 mm, est caractérisé par des espèces sahéliennes et sahariennes telles *Acacia laeta* (BENTH.) R. BR., *Acacia nilotica* var. *adansonii* G. et PERR., *Euphorbia balsamifera* AIT. etc.

Au centre de la région on a le secteur soudanien septentrional.

Ce secteur est formé d'une savane arborée dominée par des espèces protégées comme *Butyrospermum parkii* GAERTN., *Parkia biglobosa* (JACQ.) BENTH., *Acacia albida* DEL., *Adansonia digitata* L., *Lannea microcarpa* ENGL. et KR., *Tamarindus indica* L.

La strate herbacée, souvent remplacée par les champs, est constituée par *Loudetia togoensis* HUBB. (sur sols peu profonds comme ceux des cuirasses et carapaces latéritiques), *Hyparrhenia rufa* STAPP., *Cenchrus ciliaris* L. et *Andropogon* sp. plur. (sur sol ayant de bonnes réserves hydriques). Cette strate disparaît en saison sèche sous l'action des feux de brousse (Boussim, 1991).

Le secteur soudanien méridional est représenté dans la boucle du Mouhoun par le district Ouest Volta Noire. Ce district, avec une pluviométrie moyenne annuelle toujours inférieure à 1000 mm, est formé de larges galeries forestières, de bois sacrés, de boqueteaux des talwegs des forêts galeries.

Les larges galeries forestières sont à végétation en majeure partie sempervirente, constituée d'espèces guinéennes. Les plus courantes sont entre autres *Antiaris africana* ENGL., *Carapa procera* DC., *Chlorophora excelsa* (WELW.) BENTH., *Dialium guineense* WILLD., *Pandanus candelabrum* P. BEAUV., *Rauwolfia vomitoria* AFZ., *Voacanga africana* STAPP. L'existence de ces espèces est liée à la permanence de l'écoulement des cours d'eau de la région.

Les bois sacrés qui se développent sur des sols drainés, sont constitués de forêts denses sémi-décidues à :

- strate arborescente très haute (30-40 m) dont *Antiaris africana* ENGL., *Chlorophora excelsa* (WELW.) BENTH. et *Ceiba pentandra* (L.) GAERTN. sont les espèces dominantes ;
- strate moyenne dont les espèces importantes sont *Albizia zygia* (DC.) JF. MACBR., *Diopyros mespiliformis* HOCHST., *Acacia pennata* (L.) WILLD.
- sous-bois peu dense dont les espèces le plus souvent rencontrées sont *Feretia apodanthera* DEL. et *Flacourtia flavescens* WILLD.

Les boqueteaux des talwegs rocheux des falaises portent comme espèces végétales principales *Manilkara multinervis* (BAK.) DUB., *Manilkara obovata* (SABINE) HEMSL.

Les forêts galeries se développent le long des cours d'eau avec les groupements à *Cola cordifolia* (CAV.) R. BR. et *Manilkara multinervis* (BAK.) DUB. On y distingue plusieurs strates :

- la haute strate (30-40 m) avec des espèces dominantes comme *Antiaris africana* ENGL., *Cola cordifolia* (CAV.) R. BR. et *Ceiba pentandra* (L.)

GAERTN. ;

- la strate arborescente qui développe une frondaison compacte à *Datarium senegalense* J.F. GMEL., *Ficus ingens* MIQ. comme espèces les plus fréquentes ;

- le sous-bois avec, peu d'espèces herbacées dont les plus fréquentes sont *Cyathula prostrata* (L.) BLUME., *Phaulopsis falcisepala* C.B. CL., et des espèces lianescentes faiblement représentées.

Il faut noter partout la présence d'arbres dont l'importance en hydrogéologie n'est plus à démontrer comme les figuiers.

Les *Ficus* (*Ficus sycomorus* (MIQ.) STEUD. et *Ficus platyphylla* DEL. par exemple) se rencontrent surtout au niveau des bas-fonds. Ce sont des indices biologiques (SAVADOGO, 1984) qui indiquent la présence éventuelle d'eau souterraine. Ils sont utilisés souvent lors de l'implantation des points d'eau (forages et puits traditionnels et modernes).

### I.5.3. Relation entre végétation et types de sol

Si la végétation est surtout fonction des précipitations, elle l'est aussi du type de sol sur lequel elle se développe.

Dans la région d'étude Sow et Parnot (1987) proposent les liaisons suivantes entre la végétation et les types de sols.

La savane arbustive couvre les collines et buttes cuirassées. On y rencontre comme espèce végétale typique *Acacia seyal* DEL. Cette physionomie végétale couvre 30 % à 70 % du sol.

La savane arborée occupe la pénéplaine. Cette savane est peu dense au niveau des affleurements cuirassés à sol peu profond à texture sablo-limoneux avec gravillons. Les espèces végétales rencontrées sont *Datarium microcarpum* G. et PERR., *Andropogon pseudapricus* STAPP. Le taux de couverture de sol est de 50 % à 80 %.

La savane arborée, plus dense, occupe les zones où le sol est assez profond à profond, la texture sablo-limoneuse à limono-sableuse. L'espèce végétale la plus fréquente est *Butyrospermum parkii* GAERTN. Le taux de couverture du sol est de 60 % à plus de 90 %.

La savane boisée couvre les terrasses et les pénéplaines à sols très profonds et à texture limono-sableuse à argilo-limoneuse. Les espèces végétales rencontrées sont *Terminalia macroptera* G. et PERR., *Pilostigma reticulata* (DC.) HOCHST. Le taux de couverture du sol est de 70 % à 100 %.

La prairie humide recouvre les plaines inondables à sol très profond, à texture argilo-limoneuse à argileuse. L'espèce végétale la plus fréquente est *Andropogon gayanus* KUNTH.

La formation ripicole se trouve le long des voies de drainage à sol toujours ou temporairement gorgé d'eau, argileux et très profond. Les espèces végétales les plus représentatives sont *Mitragyna inermis* (WILLD.) O. KZE., *Nauclea latifolia* SM.

**DEUXIEME PARTIE**

**CONTEXTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE**

## II. CONTEXTE GEOLOGIQUE

### II.1. Aperçu de la géologie du Burkina Faso

Le Burkina Faso est constitué à près de 85 % (CIEH, 1988) par un bloc de formations cristallines du Précambrien C et D, recouvert en discordance, sur les frontières nord et nord-ouest du pays, par les sédiments du Précambrien A du bassin de Taoudéni, et sur la frontière sud-est par les sédiments de la bordure septentrionale du bassin voltaïen (Précambrien A à Eocambrien), (fig. 12). Dans la plaine du Gondo, à l'extrême nord-ouest, les dépôts continentaux tertiaires (Continental terminal) se superposent directement aux formations du Précambrien A. (Barrère et Slansky, 1965 ; D.G.M., 1967). Les dépôts du Continental terminal recouvrent également les formations du Précambrien C et D à l'est.

Les formations du Précambrien D ou Antébirrimien sont essentiellement des granitoïdes de  $2660 \pm 135$  MA d'âge. Celles du Précambrien C ou Birrimien, constituent des sillons étroits, à remplissage de volcanites, pyroclasties, volcano-sédimentaires et argilo-gréseux. Elles ont dû se mettre en place vers 2300 MA (Hottin et Ouédraogo, 1975).

La sédimentation du Précambrien A aurait débuté vers 1000 MA (Ouédraogo, 1981) ou vers 1300 MA (Hottin et Ouédraogo, 1975).

La tectonique se traduit par les orogénies libérienne, éburnéenne et pan-africaine.

L'orogénie libérienne se manifeste par une tectonique d'ensemble du substratum antébirrimien difficile à préciser.

La tectonique éburnéenne débute par un stade précoce de fracturation du bâti antébirrimien. Cette fracturation s'est faite suivant deux directions prédominantes :

- une direction variant de NNE (bordure ouest du noyau Mossi) à franchement NE (bordure est et nord-est du noyau Mossi) ;
- et une direction N80°W à N60°W (nord du noyau Mossi).

Les formations du groupe sédimentaire terminal recouvrent, en discordance, entre 2170 et 2100 MA, les volcano-sédiments et le socle. Les phases tectoniques majeures de l'orogénie éburnéenne affectent, entre 2100 et 1950 MA, la totalité du Burkina Faso.

L'orogénie pan-africaine. A partir de la fin du cycle éburnéen (vers 1700 MA), le territoire burkinabè, partie intégrante du craton ouest africain, en dehors sans doute de mouvements épiorogéniques et

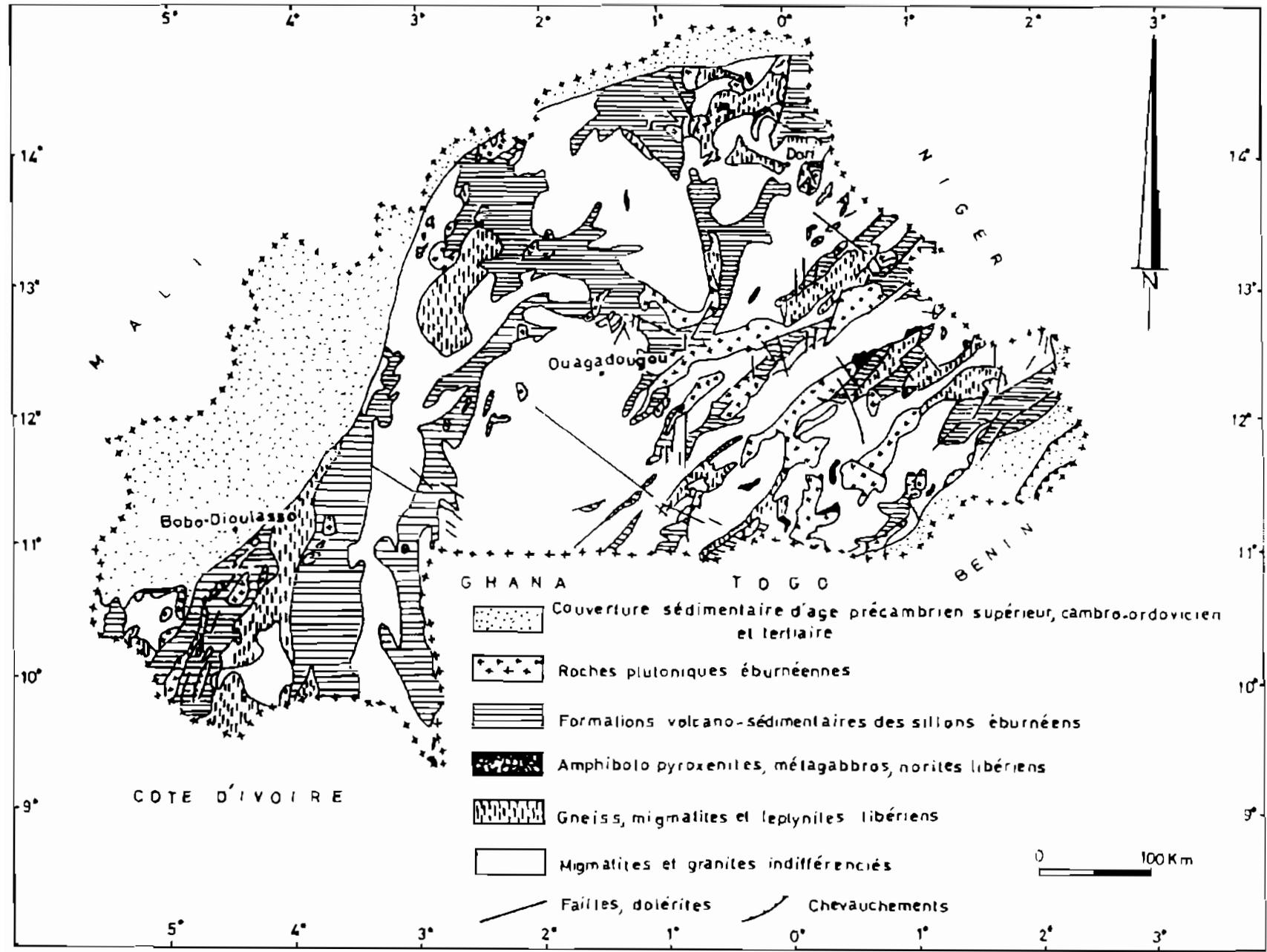


Fig. 12 Esquisse géologique du Burkina Faso (d'après SAVADOGO, 1984)

de fracturations accompagnées peut-être d'émissions doléritiques et liées à l'évolution des bassins sédimentaires (synclise de Taoudéni, bassin voltaïen, fosse du Gourma), n'a plus été touché que par les manifestations de l'orogénie pan-africaine à l'extrême nord-est et à l'extrême Sud Est (Hottin et Ouédraogo, 1975).

## II.2. Géologie de la zone d'étude

La figure 13 présente la carte géologique de la région de la boucle du Mouhoun. Les formations sédimentaires du Précambrien A se présentent d'ouest en est sous forme de bandes plus ou moins étroites allongées de direction générale NE-SW. Les rares affleurements sont recouverts de cuirasses latéritiques ou sont fortement érodés. La reconnaissance géologique lors des implantations de forages s'avère difficile. Seules les données recueillies lors des forations peuvent permettre de faire une reconstitution géologique et un tracé de la limite Est de la zone d'étude. La figure 14 montre la répartition des forages, réalisés par le Projet d'Hydraulique Villageoise de la Boucle du Mouhoun dans la zone d'étude. Les logs de ces forages ont servi à la réalisation d'essais de corrélations. Les corrélations, orientées nord-sud, relient des forages qui appartiendraient à une même formation géologique.

De façon générale les corrélations dans les formations du Précambrien A sont difficiles à faire (Keita, 1981) pour des raisons diverses. Les formations sont azoïques et présentent de nombreuses variations latérales de faciès. Les coupes géologiques des forages de la zone d'étude sont décrites de façon très sommaire et pas très sûre.

Les formations sédimentaires du Précambrien, A qui ont fait l'objet de études (Sagatzky, 1935 ; B.R.G.M., 1960 ; et Bonnard, 1965 et 1966), auraient une puissance supérieure à 1500 mètres et ont été divisée en trois grands groupes :

- le groupe des grès inférieurs constitués par les grès inférieurs, les grès de base et les grès de Sotuba. Seuls les grès de Sotuba sont représentés dans la zone d'étude ;
- le groupe moyen ou groupe grésoschisteux constitué des grès à galets de quartz, des grès dolomitiques, des grès fins roses, des schistes de Toun et des grès de Koutiala ;
- le groupe des grès supérieurs formé de grès grossiers souvent conglomératiques à ciment kaoliniteux (grès de Bandiagara).

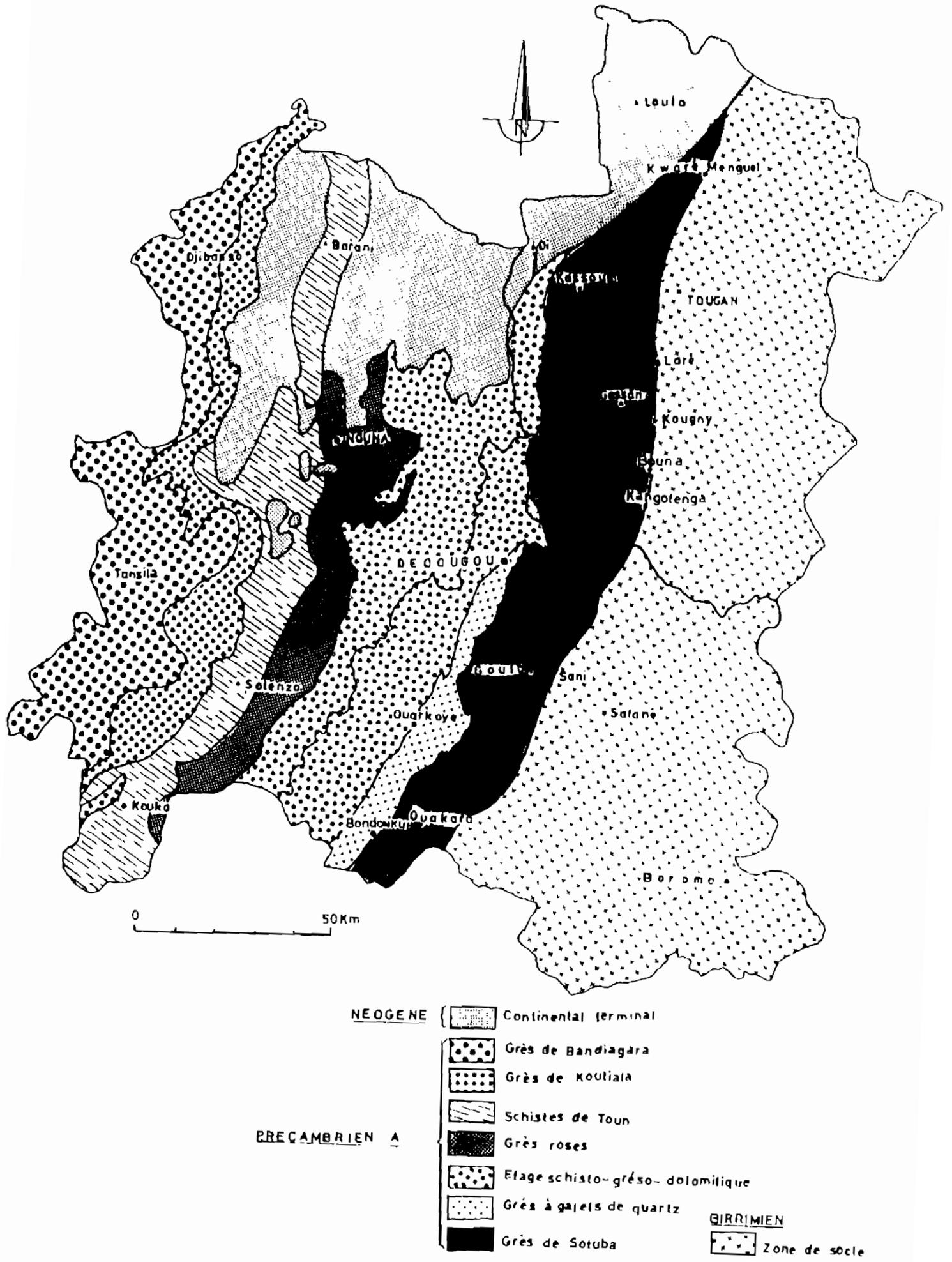


Fig. 13 Carte géologique de la boucle du Mouhoun (IWACO, 1989 modifiée)

### II.2.1. La lithostratigraphie

Les différentes synthèses effectuées sur la géologie et la lithostratigraphie de la région du projet (Hottin et Ouédraogo, 1975 ; Elgueta, 1983) permettent de préciser la séquence des formations sédimentaires du Précambrien A, du Tertiaire et du Quaternaire (fig. 15).

#### II.2.1.1. Les formations sédimentaires du Précambrien A

Elles sont essentiellement gréseuses, correspondant à un faciès dominant de sédimentation littorale-fluviatile, avec des intercalations marines plus ou moins accentuées. On y distingue de bas en haut les grès de Sotuba, les grès à galets de quartz, l'étage schisto-grésodolomitique, les grès roses, les schistes de Toun, les grès de Koutiala et les grès de Bandiagara.

- **La formation des grès de Sotuba** atteint son extension maximale dans la zone d'étude. Sa puissance varierait de 150 à 500 m selon les différents auteurs (180 m pour Palausi, 1950 ; 150 m pour Lajoinie, 1960 et de 300 à 500 m pour Hottin et Ouédraogo, 1975).

C'est un ensemble formé de haut en bas de schistes argileux, de grès homogènes fins argileux, de schistes gréseux et pelites, de grès homogènes glauconieux témoins d'influences marines nettes, de grès schisteux en plaquettes. Les dépôts sont réguliers avec une variation générale d'Est (où les dépôts sont plus argileux) en Ouest (où les dépôts sont plus grossiers détritiques, (Hottin et Ouédraogo, 1975). La figure 16 représentant les coupes des forages réalisés dans ces formations permet de donner les indications suivantes. Au Nord se retrouve des sables, des sables argileux. Au centre ce sont des grès et des schistes, au Sud des grès schisteux. L'altération est assez épaisse (40 à 60 m). Les formations latéritiques atteignent des puissances de 30 m.

- **Les grès à galets de quartz.** La présence de galets roulés de quartz, millimétriques à décimétriques, permet de distinguer ces grès de l'étage précédent sur lequel ils sont transgressifs. Les rares affleurements, montrent des grès quartzites fins à grossiers, à stratifications entrecroisées fréquentes. Vers le sommet de la formation, des intercalations schisto-quartzzeuses annoncent le passage à l'étage

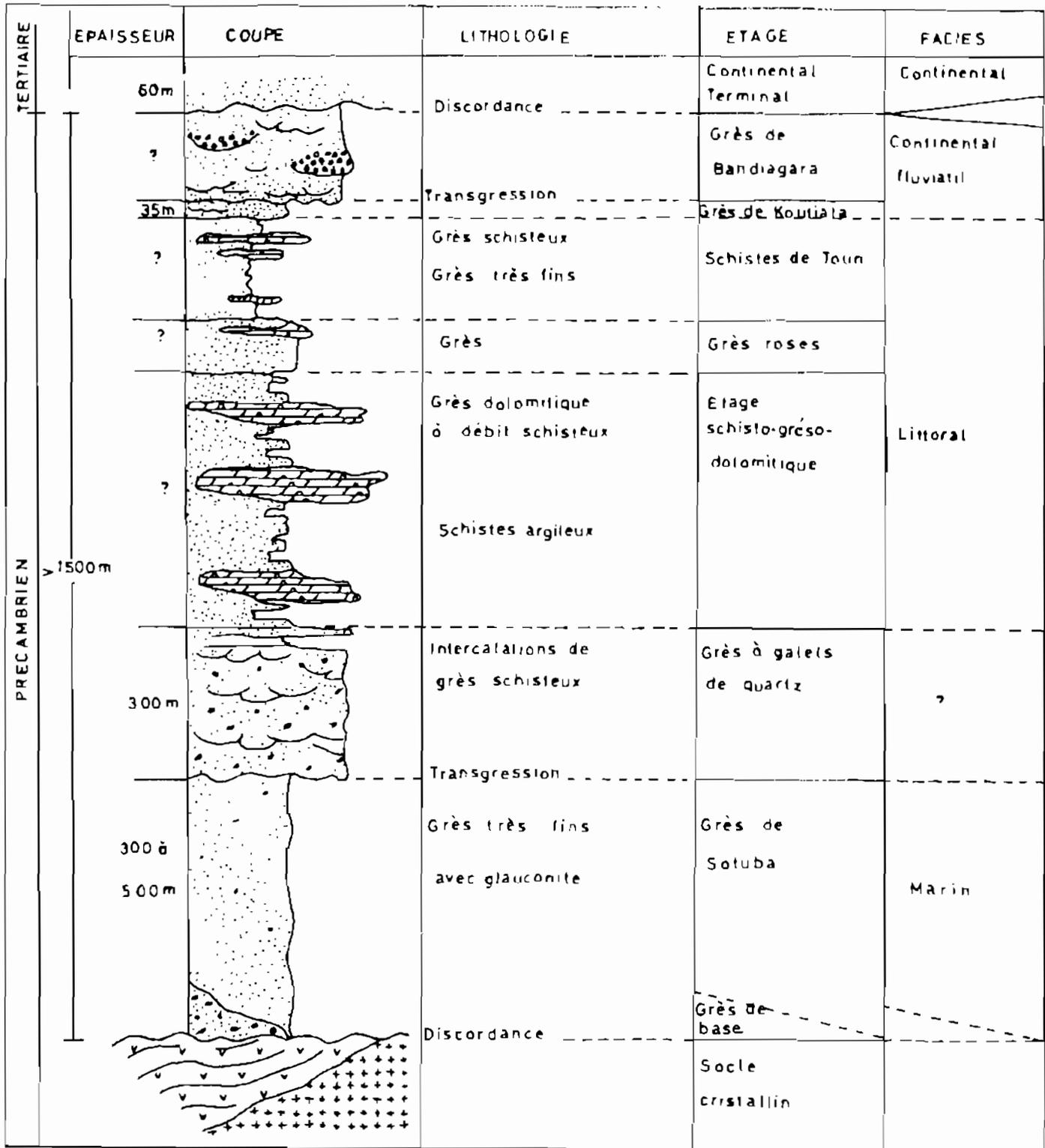


Fig. 15 Séquence lithostratigraphique (in ELGUETA, 1983)

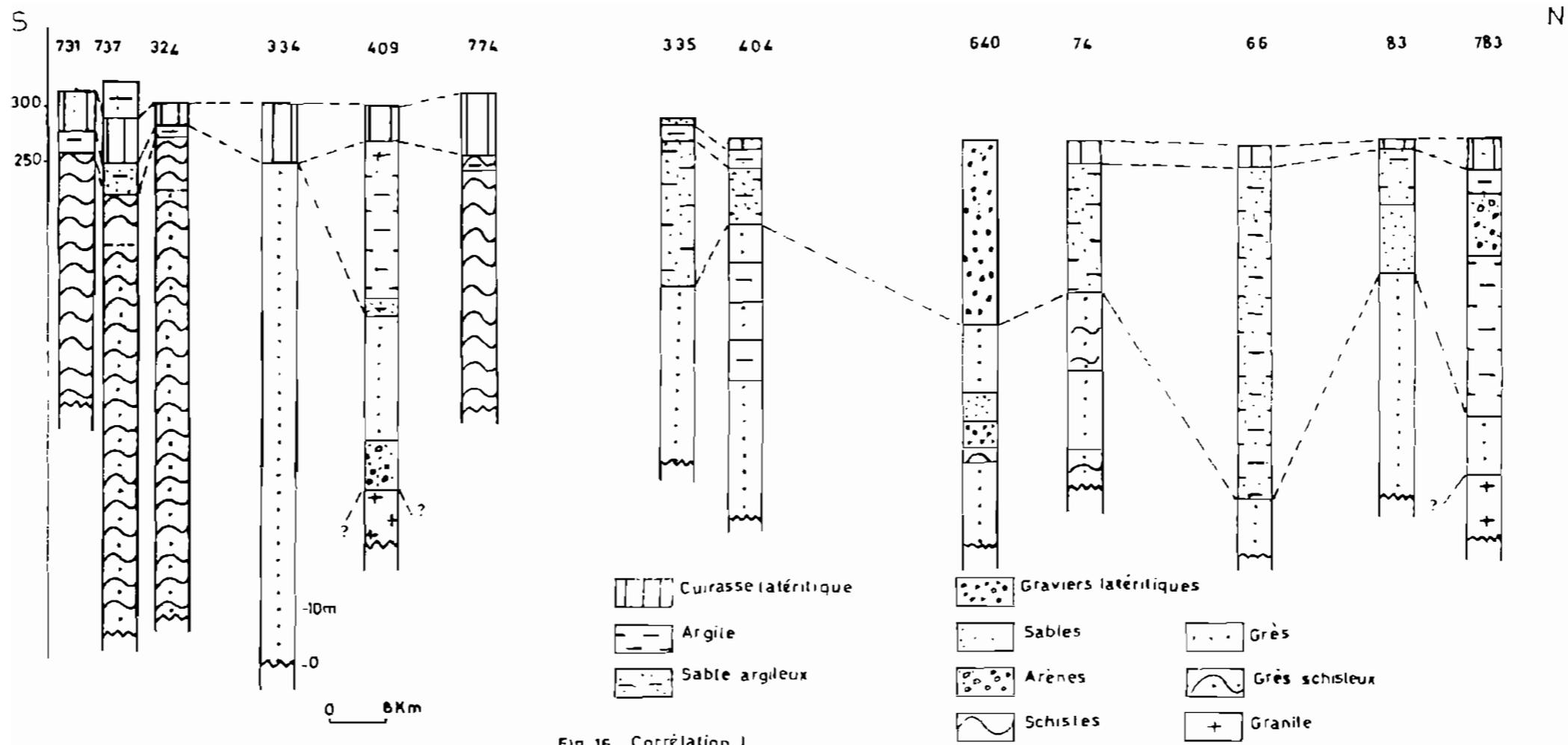


Fig. 16 Corrélation I

Fig. 16 Essai de corrélation dans les grès de Sotuba

schisto-gréso-dolomitique sus-jacent. Ces grès ont une puissance de l'ordre de 200 m (D.G.M., 1967). La figure 17 présente les logs de forages réalisés dans les grès à galets de quartz. Les formations géologiques sont des grès avec parfois des intercalations de schistes. Les formations latéritiques sont assez puissantes dans la pénéplaine (20 à 30 m).

- **L'étage schisto-gréso-dolomitique** est formé par une alternance de grès fins argileux homogènes, soit micacés et à débit schisteux, soit siliceux et compacts ; de schistes gréseux noirs et de schistes argileux lie-de-vin avec des niveaux lenticulaires intercalaires de dolomies plus ou moins argileuses, parfois à stromatolites. L'alternance des faciès et les variations latérales très rapides témoignent d'une sédimentation variable, à caractère peu profond (stromatolites). Sa puissance serait de 300 m environ (Ouédraogo, 1981).

La figure 18 montre des grès et des schistes surmontés par des formations argileuses, sableuses ou argilo-sableuses. Le tout est recouvert par une cuirasse latéritique (5 à 15 m). Ces formations sont assez homogènes. Les coupes de forages présentent rarement la dolomie. Les formations schisteuses du Nord sont souvent stériles.

- **Les grès roses** sont des niveaux homogènes de grès fins, compacts, essentiellement quartzitiques, très rarement micacés, constituant, de par leur constance un excellent repère stratigraphique. De petites intercalations dolomitiques (quelques décimètres à quelques mètres de dolomies gréseuses à structure bréchique) sont signalées vers le sommet de la formation, sa puissance serait d'environ 250 m (Ouédraogo, 1981). Les coupes géologiques de la figure 19 indiquent que ces grès roses sont formés essentiellement par des grès recouverts par des sables et/ou des argiles au Nord. Les cuirasses latéritiques peuvent être importantes (10 à 30 m). Il y a de très nombreuses variations latérales de faciès surtout au Sud où l'on passe des grès aux schistes. Il y a une épaisse couche argileuse ou schisteuse à l'approche du fleuve.

- **Les schistes de Toun** affleurent en bande au pied des falaises de Koutiala. C'est une association de grès schisteux, de grès ferrugineux très fins et de schistes argileux prédominants, avec quelques lits de jaspes et de passées dolomitiques en niveaux métriques

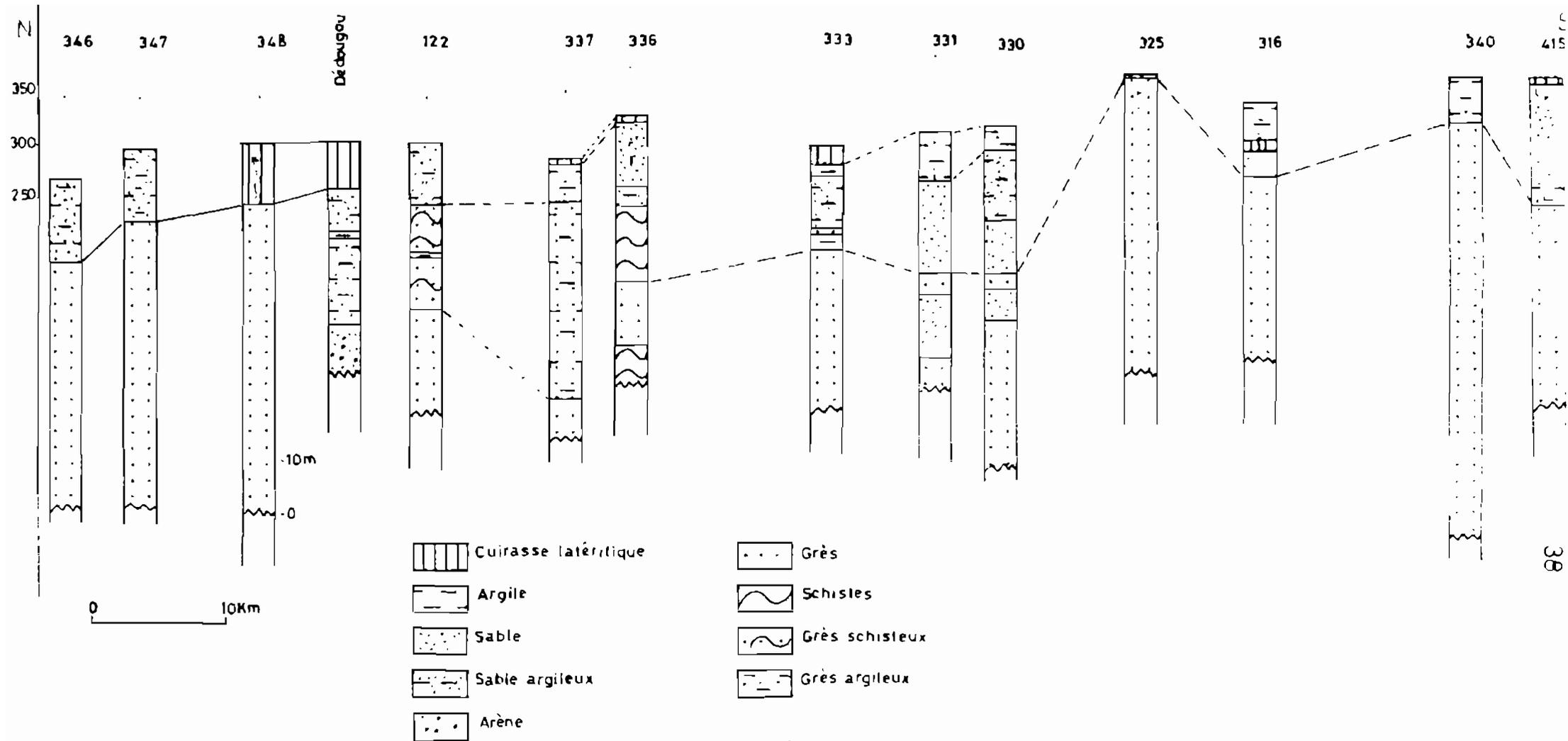


Fig. 17 Corrélation II

Fig. 17 Essai de corrélation dans les grès à galets de quartz

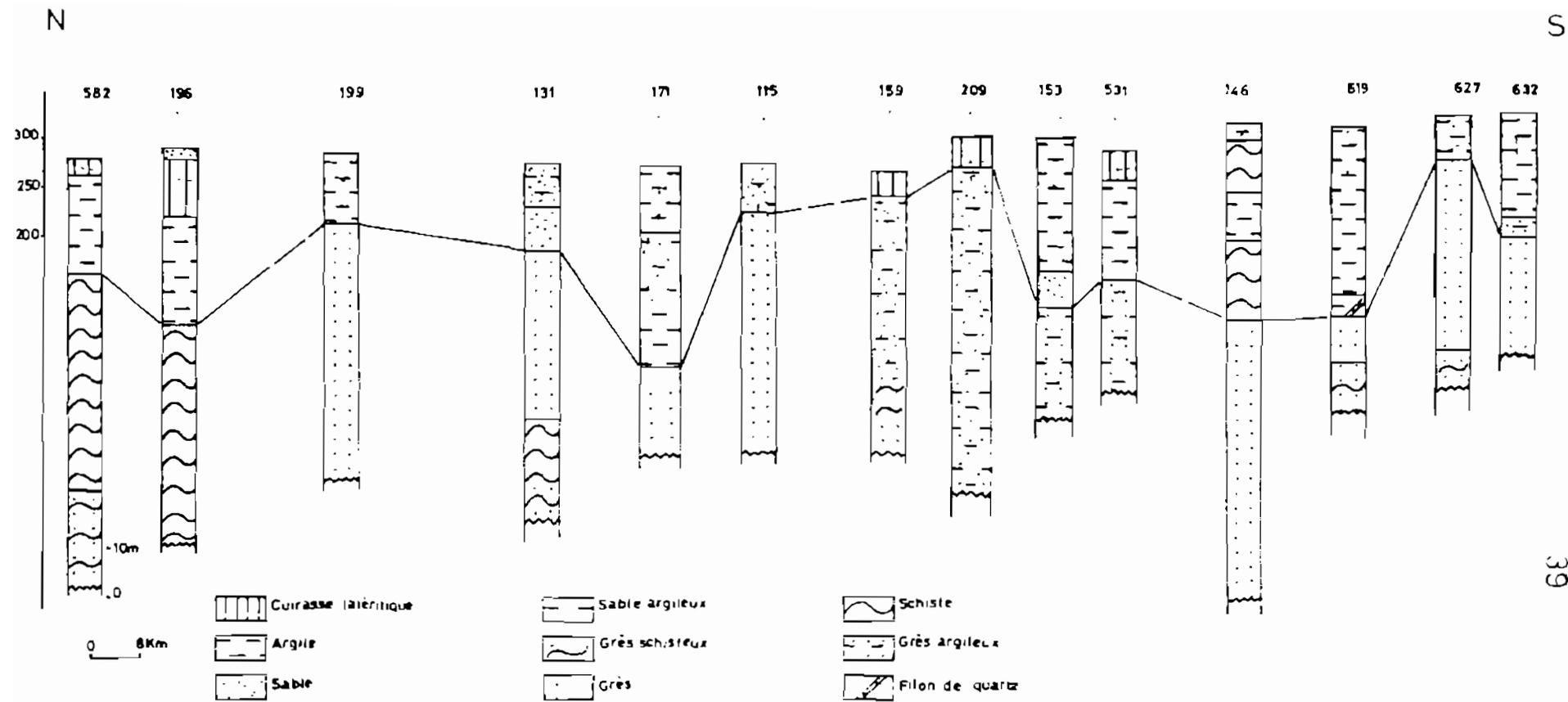


Fig. 18 Essai de corrélation dans l'étage schisto-grésodolomitique

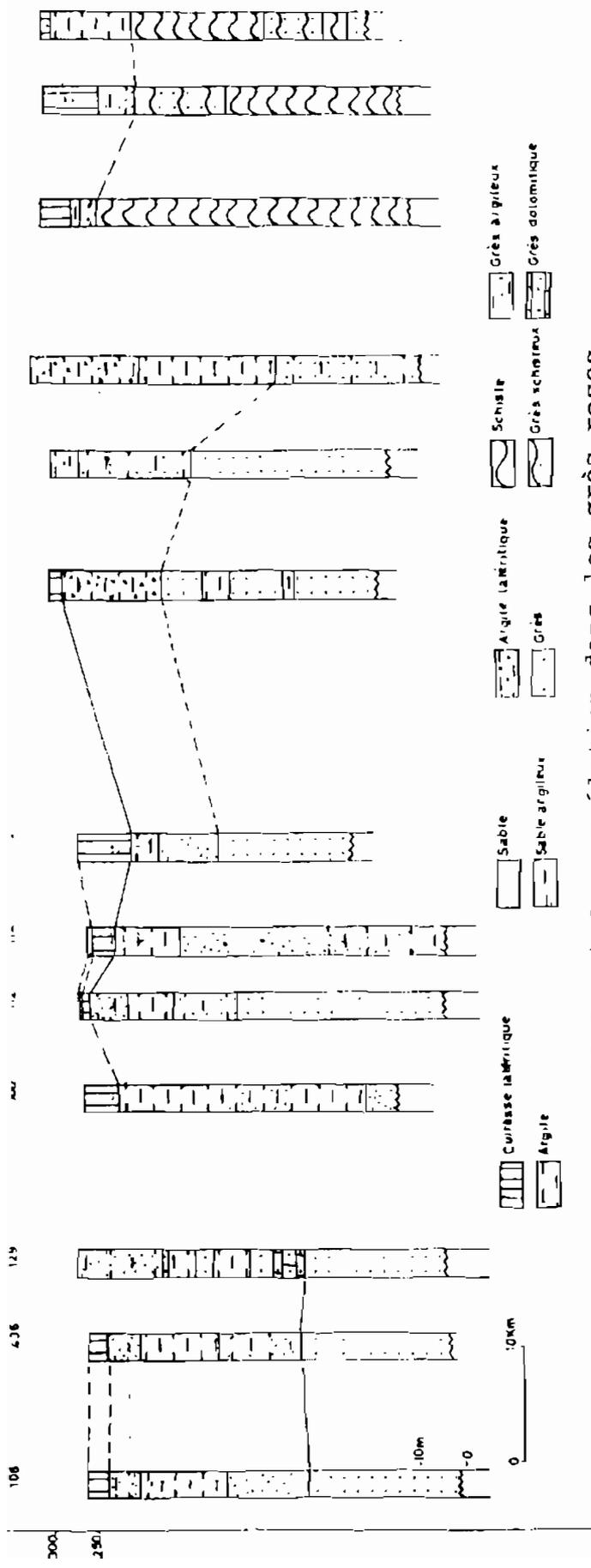


Fig. 19 Essai de corrélation dans les grès roses

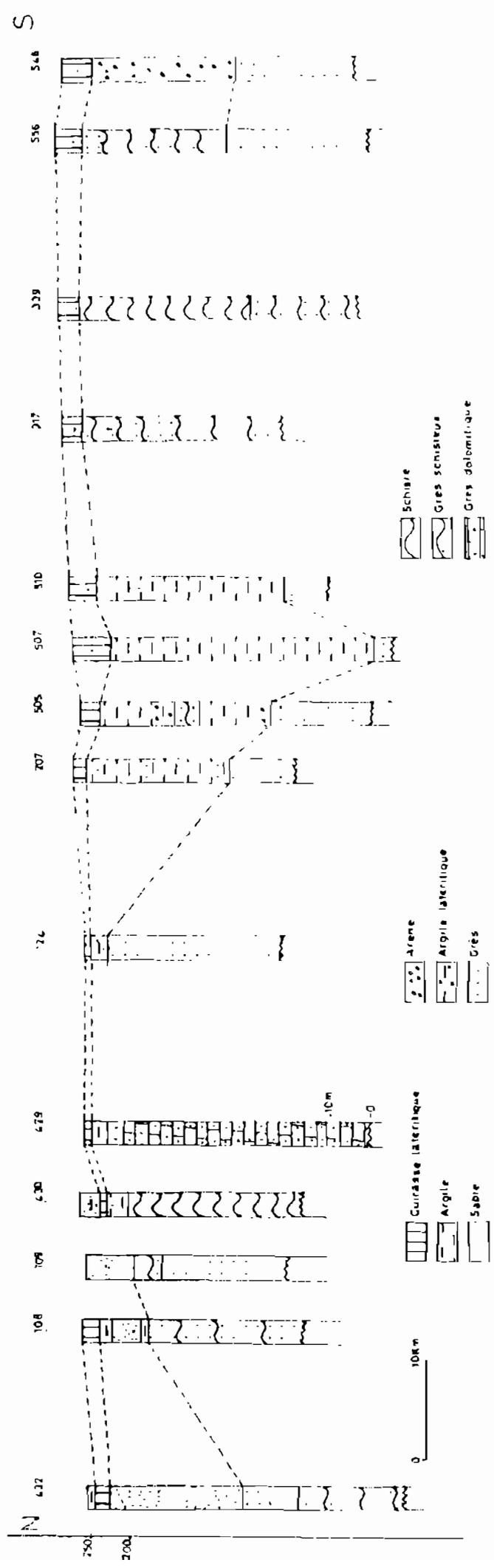


Fig. 20 Essai de corrélation dans les schistes de Toun

intercalaires de faciès variés. Ces formations sont tendres, très altérables, de couleurs variées (bleu, vert, jaune) Les schistes de Toun auraient une épaisseur estimée à 250 m (Ouédraogo, 1981).

Les schistes dominant au Nord tandis qu'au centre ce sont les argiles, les argiles sableuses. Au Sud on a souvent des alternances de grès et de schistes. Les variations latérales de faciès sont très fréquentes (fig. 20). Le recouvrement latéritique s'observe surtout au centre et au Sud (10 m d'épaisseur). Les débits atteignent des fois 20 m<sup>3</sup>/h. Les schistes sont stériles au Nord, du moins jusqu'à une certaine profondeur (130 m, forage n° 195). Au Sud et au niveau de la zone de transition ils sont plus productifs.

- **Les grès de Koutiala** sont représentés par des faciès homogènes fins, avec, essentiellement, un niveau inférieur (15 m de puissance moyenne) de grès rose pâle, lité et plus ou moins micacé, et un niveau supérieur (20 m de puissance environ) de grès légèrement kaolineux, friable, à stratifications entrecroisées et taches d'oxydes de fer. Ces grès ont une puissance moyenne de 50 m environ (Ouédraogo, 1981). Sur la figure on note que les formations latéritiques sont presque inexistantes, peu épaisses (moins de 5 m) et recouvertes par des couches de sable. Les grès, les grès schisteux forment la roche dure de cet étage.

- **Les grès de Bandiagara** représentent l'étage terminal du Précambrien A au Nord-Ouest du Burkina Faso. Ce sont des grès à ciment siliceux ou kaolineux, à grain moyen à gros, souvent hétérogènes et grossiers à nombreuses stratifications entrecroisées et passées conglomératiques parfois à galets décimétriques. Ils sont nettement transgressifs sur les grès fins précédents et ont une puissance de 100 m (Palausi, 1951 ; Defossez, 1958). La figure 22 présente des grès sub-affleurants et une formation latéritique faiblement représentée. Les grès, qui constituent l'essentiel de la géologie, sont surmontés par des sables, des argiles et des sables argileux. Les grès sont surtout moyens et grossiers. Ces formations contiennent une nappe qu'on pourrait appeler la nappe de Bandiagara. Ces grès sont assez productifs, les débits sont moyens et vont de 1.4 à 20 m<sup>3</sup>/h.

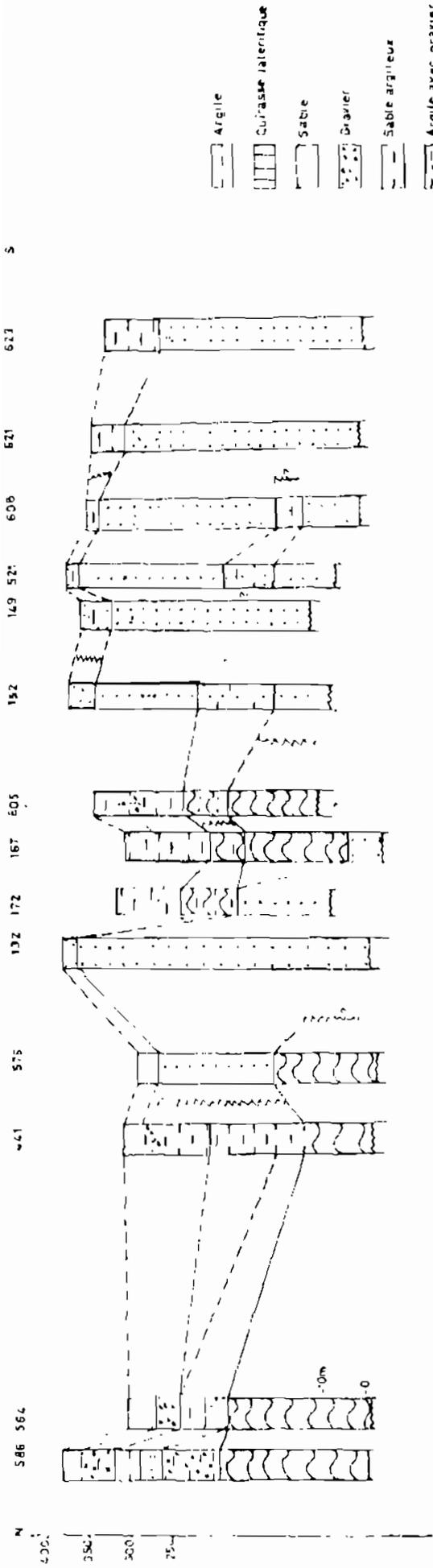


Fig. 21 Essai de corrélation dans les grès de Koutiala

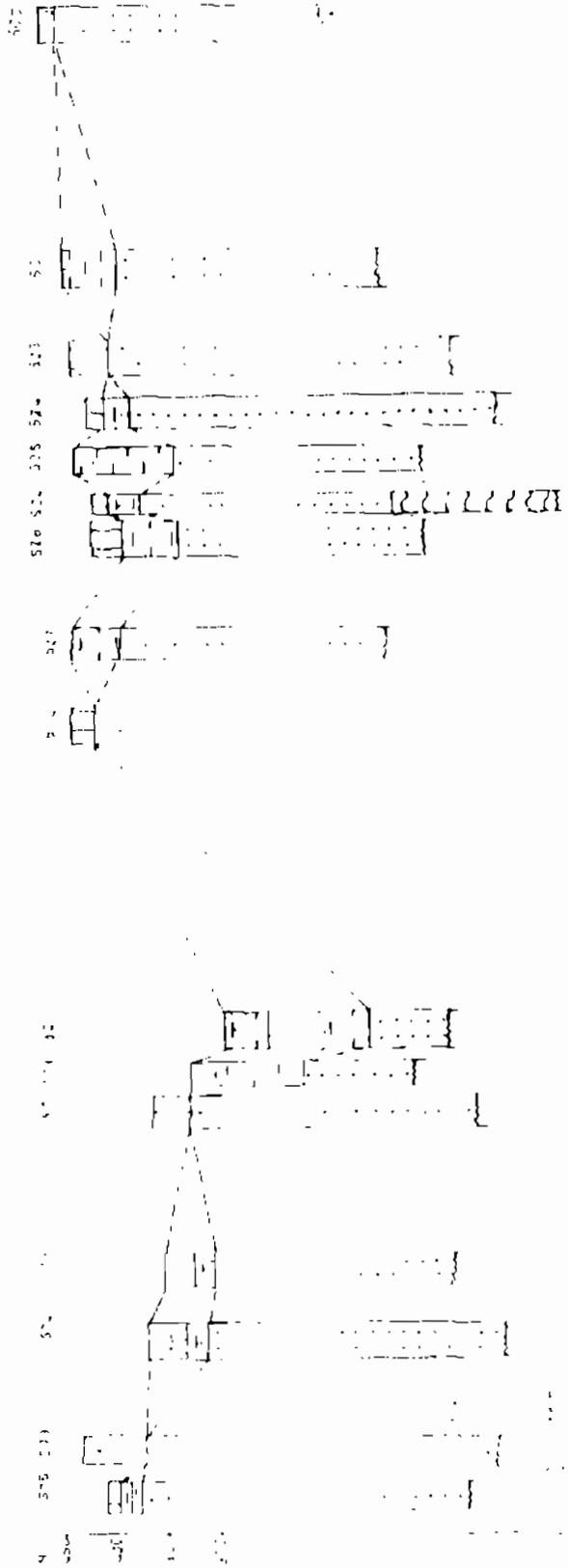


Fig. 22 Essai de corrélation dans les grès de Bandiagara

### II.2.1.2. *Les formations du Tertiaire et du Quaternaire*

Ce sont les sables argileux du Continental terminal et les latérites qui recouvrent les formations des sédiments du Précambrien A. Les épaisseurs de ces formations sont très variables. On observe les plus fortes épaisseurs au niveau de la plaine du Gondo.

- Le **Continental terminal (CT)** est très bien représenté dans la zone d'étude. C'est une formation argilo-sableuse plus ou moins bariolée, souvent rubéfiée, discordante et transgressive sur le Précambrien A. Les différents auteurs lui attribuent une puissance allant de 10-30 m (Palaus, 1951 ; Defossez, 1958) à 100 m (D.G.M., 1967). Les coupes des forages les plus récents (1992) indiquent des épaisseurs de 120 m à Manga (forage 785) et de 130 m à Sémé (forages 781, 782 et 788), prouvant que cette formation peut atteindre une puissance supérieure à 100 m par endroit.

Sur la figure 23 on note sur la rive gauche du Sourou de puissantes cuirasses latéritiques (20-30 m d'épaisseur) qui sont recouvertes par des formations sableuses ou argileuses. La roche dure est gréseuse, argileuse ou schisteuse.

Ces formations renfermeraient une nappe continue (Archambault, 1951 et 1962 ; Defossez, 1958).

- Les latérites et bauxites. Le recouvrement latéritique est un caractère dominant des paysages pénéplanés, mollement ondulés ou tabulaires. Dans la zone d'étude on retrouve de nombreuses couvertures latéritiques, leur épaisseur varie beaucoup (de un à plus de vingt mètres).

## II.2.2. Tectonique et Photogéologie

### II.2.2.1. Tectonique et structure d'ensemble

La tectonique de la zone d'étude est mal connue. La bordure sud-est du synclinal de Taoudéni est orientée SW-NE. Elle est affectée par un plissement important. En plus de la tectonique plissante, les roches ont été le siège d'une tectonique cassante qui affecte surtout la base des sédiments et qui semble correspondre à des rejeux de failles du socle au cours de la première phase de la sédimentation du primaire (D.G.M., 1967). Cependant Keijer, 1990 fait état de structures en

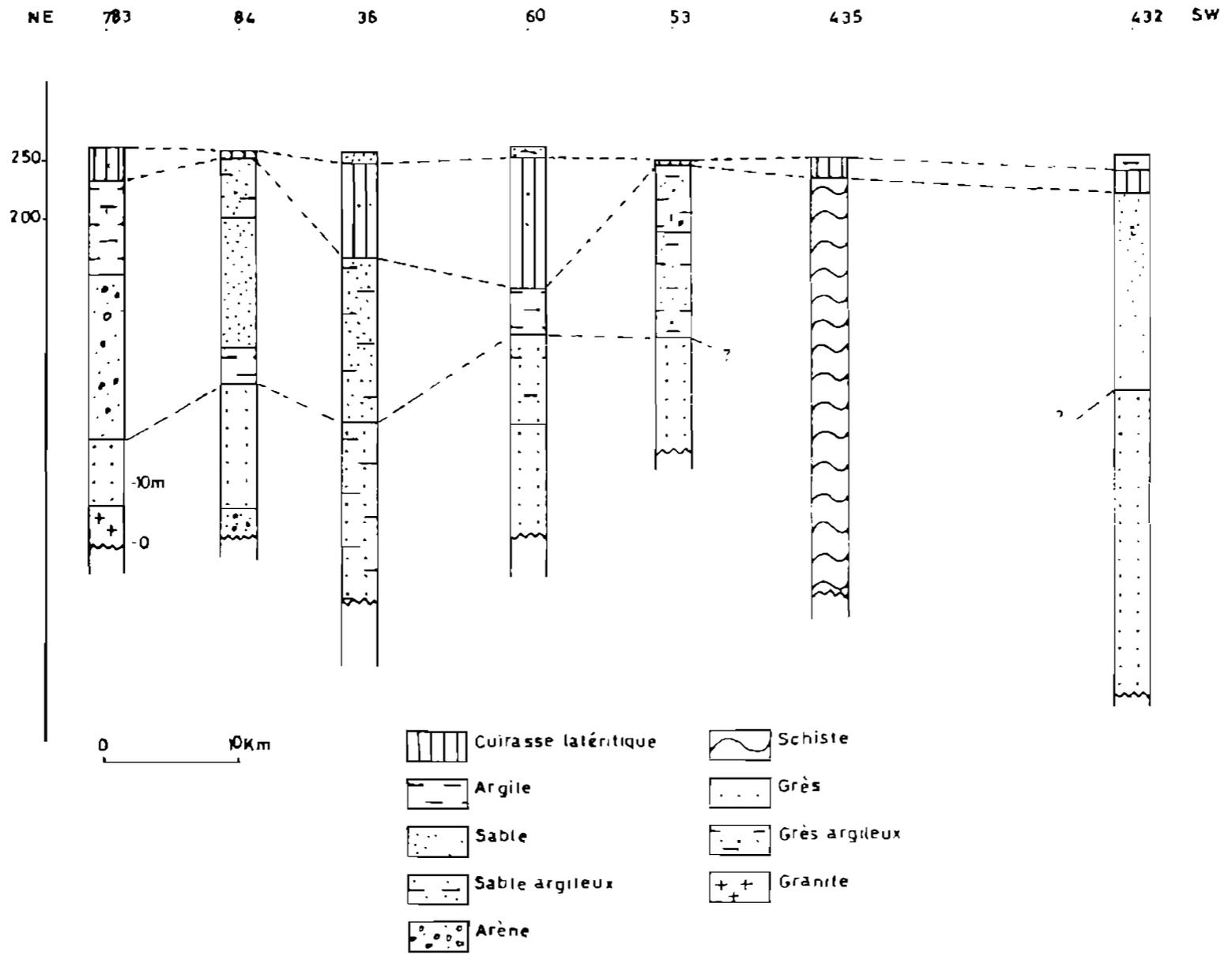


Fig. 23 Essai de corrélation dans le Continental terminal

horsts et grabens qui encadreraient la plaine du Gondo et IWACO, 1987 de structure en touches de piano.

L'importante couverture sédimentaire masque les manifestations tectonique dans la région. Les formations sédimentaires sont presque tabulaires avec un très léger pendage variant de 2 à 6° Nord-Ouest. Les grès constituent une dalle inclinée vers le Nord-Ouest (D.G.M., 1967).

Palausi (1954) en faisant des études géologiques et géophysiques comparées entre Bobo-Dioulasso et Douentza a trouvé au moins deux failles subverticales en allant d'Ouest en Est (fig. 24).

La première faille se situerait à Gnimini au pied des falaises, elle met en contact les grès de Koutiala et les schistes de Toun. La deuxième se trouverait à l'est de Bourasso, son rejet n'est pas très important. Entre ces deux principales failles, une formation d'alluvions anciennes (probablement des formations du Continental terminal), recouvre les schistes de toun et les grès de Koutiala. Une troisième faille, plus hypothétique se situerait au niveau du village de Soin. D'après ce travail la ville de Dédougou serait située sur les schistes de Toun qui reposent directement sur les grès de Sotuba. Cette disposition des couches géologiques est remise en cause de nos jours.

### II.3. Apport de la photogéologie

La rareté des affleurements, la présence de la couverture végétale au Sud et de la formation sablo-argileuse du Continental terminal au Nord rendent l'étude des failles et fissures assez difficile à mener sur le terrain.

La photogéologie est un instrument, fort intéressant, qui permet de palier en partie à ces difficultés de terrain lors de l'implantation des forages d'hydraulique villageoise.

#### II.3.1. Généralités sur la photogéologie

Le but de la photo-interprétation est de déterminer les fractures et les fissures qui peuvent être observées directement sur les photographies aériennes ou déduites de la morphologie par les révélateurs dont les principaux sont (Scanvic, 1983) :

- les révélateurs directs apparaissant dans la zone d'affleurement. Ils concernent l'observation d'un rejet évident de niveaux caracté-

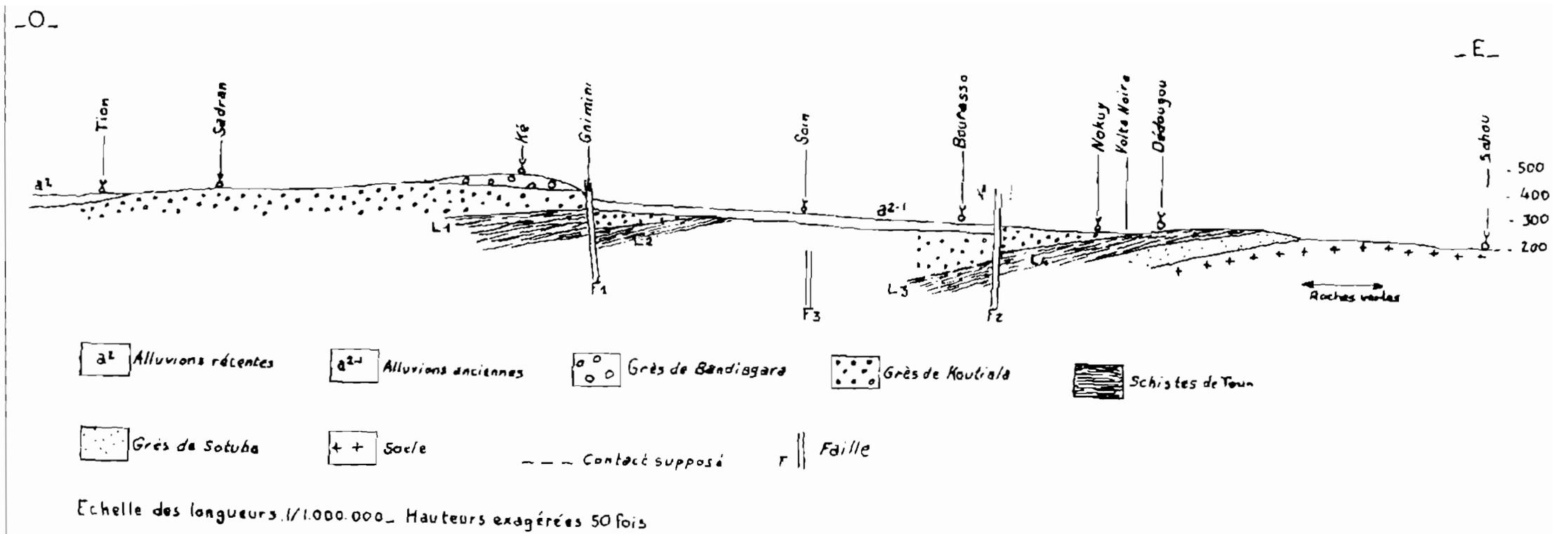


Fig. 24 Schéma de la structure d'ensemble (d'après PALAUSI, 1954)

ristiques ou de figures typiques ;

- les révéléteurs indirects permettant de déduire la présence, avec une certitude variable selon le type considéré et l'importance de la matérialisation, des fractures.

Les révéléteurs indirects qui s'expliquent par bien des causes géologiques, sont entre autres l'alignement de la végétation ; les interruptions linéaires dans la végétation et les limites de végétation ; les linéarités de tonalité ; les limites de tonalité ; les limites de texture ; les linéarités du réseau hydrographique.

Tout ceci se traduit sur la photographie aérienne par des alignements morphostructuraux ou linéaments, traduisant des zones de faiblesse des roches (Conradsen et al, 1986). Ces linéaments sont soulignés par le réseau hydrographique ou se détachent simplement en clair ou sombre et sont plus ou moins visibles (Sawadogo, 1982).

La recherche des révéléteurs indirects qui indiquent les diaclases ou les failles, lieux privilégiés de circulation de l'eau souterraine dans les formations sédimentaires consolidées du Précambrien A est donc l'opération primordiale de l'implantation du forage d'eau. Les photo-linéaments tracés sur papier calque, sont repérés sur le terrain (reconnaissance hydrogéologique) et confirmés par des sondages géo-électriques.

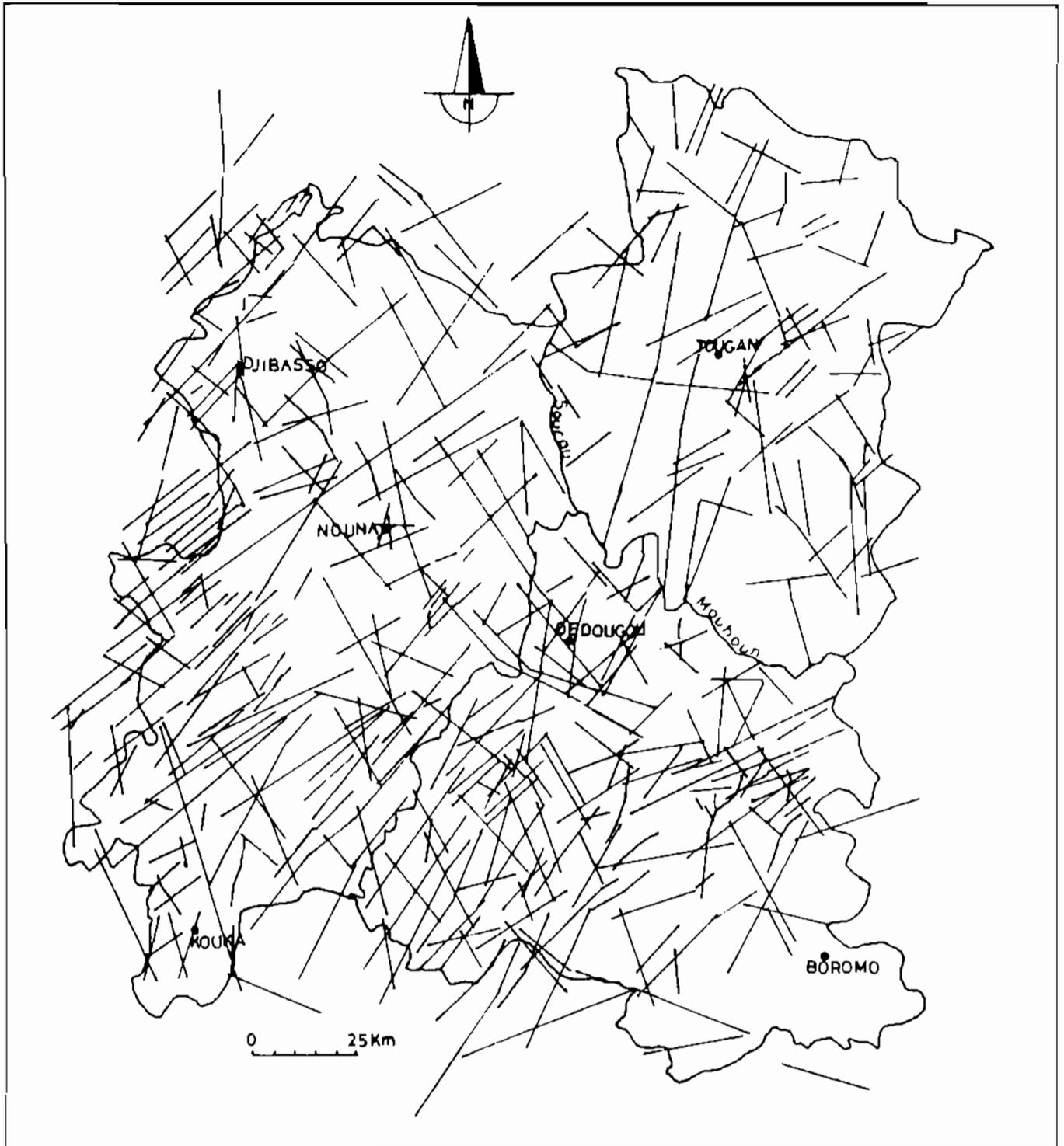
La télédétection spatiale est d'un apport très apprécié dans le traçage des linéaments car les images satellites embrassent de grandes superficies. Elle a été employée par Zambelongo en 1982 pour l'étude de 6 villages test dans la boucle du Mouhoun.

### II.3.2. Les linéaments satellitaires

Sur la figure 25 indiquant ces principaux linéaments tracés sur image satellite à l'échelle 1/500.000, on constate que :

- le Sud et l'Ouest concentrent le plus de linéaments ;
- le centre et le Nord constituent des zones où les linéaments sont peu visibles à cause de la forte couverture des sédiments sableux et argileux du Tertiaire et Quaternaire (Continental terminal).

Le tableau 4 présente les principales directions des linéaments tracés sur images satellites au niveau des formations sédimentaires du Précambrien A.



— Linéament  
• Ville

— Limite du P.H.V.B.M.

Fig. 25 Les linéaments satellitaires

	Totalité des linéaments			Linéaments satellitaires par formation géologique						
	Linéaments satellitaires		Photo-linéaments							
Direction	PAC	Socle	PCA	GS	GGQ	ESGD	GR	ST	GBK	CT
0 - 30 (NNE-SSW)	13,98	15,68	13,61	25,32	20	14,49	4,65	13,33	8	14,06
30 - 60 (NE-SW)	39,75	35,29	30,89	22,78	23,33	27,54	34,88	26,64	53,51	20,31
60 - 90 (ENE-WSW)	9,63	17,64	14,65	17,72	10	10,14	11,63	11,11	7,02	17,19
90 - 120 (ESE-WNW)	5,28	3,9	7,32	5,06	6,67	5,8	6,98	0	2,63	0,13
120 - 150 (SE-NW)	21,12	17,64	23,56	20,25	23,33	30,43	20,93	31,78	14,04	32,81
150 - 180 (SSE-NNW)	10,25	9,80	9,94	8,86	16,67	11,59	20,93	17,78	14,40	12,50

CT : Continental terminal

ESGD : Etage schisto-dolomitique

GBK : Grès de Koutiala et de Bandiagara

GGQ : Grès à galets de quartz

ST : Schistes de Toun

GS : Grès de Souba

GR : Grès roses

PCA : Précambrien A

Tableau 4 - Répartition des linéaments

Il ressort sur un total de 322 linéaments d'une longueur de 6425 Km que :

- 128 des linéaments soit 39,75 % appartiennent à la classe 30-60 (direction NE-SW) et ont une longueur de 2684 Km ce qui constitue 41,87 % de la longueur totale ;
- la classe 120-150 (direction SE-NW) enregistre 68 linéaments (21,12 %) et 1207,5 Km (18,84 % de la longueur totale) ;
- la classe 0-30 (direction NNE-SSW) se compose de 45 linéaments (13,98 %) et 913 Km soit 14,24 % de la longueur totale ;
- la classe 150-180 (direction SSE-NNW) compte 33 linéaments d'une longueur de 145,3 km soit respectivement 10,25 % et 11,33 %.
- les classes 60-90 et 90-120 (directions ENE-WSW et ESE-WNW) sont les plus faiblement représentées avec respectivement 9,63 et 5,28 % du nombre de linéaments et 9,04 et 4,67 % de la longueur des linéaments.

### II.3.2.1. Au niveau des formations sédimentaires

Les linéaments ont été tracés selon les différentes formations géologiques afin de déterminer les principales directions au niveau de chaque formation. La figure 26 illustre les principales directions des linéaments au niveau des formations sédimentaires du Précambrien A de la zone d'étude.

La direction NE-SW domine surtout dans les grès roses, les grès à galets de quartz et les grès de Koutiala et de Bandiagara avec respectivement 34,88 %, 23,23 % et 53,51 % des linéaments.

Dans les grès de Sotuba (22,78 %), l'étage schisto-grésodolomitique (27,54 %), les schistes de Toun (26,67 %) et le Continental terminal (20,31 %), cette direction est importante.

La direction SE-NW quant à elle est dominante au niveau des schistes de Toun (31,78 %), de l'étage schisto-grésodolomitique (30,43 %) et du Continental terminal (32,81 %).

Les linéaments de direction ENE-WSW et ESE-WNW sont de moindre importance du point de vue nombre et longueur dans toutes les formations géologiques.

Une comparaison des pourcentages de linéaments par direction au niveau des formations du Précambrien A (fig. 27) donne des valeurs de 10 % et 20 % dans chaque formation géologique pour les directions WNW-ESE et ENE-WSW. Elle fait apparaître qu'au niveau de la direction NE-SW le pourcentage des linéaments est supérieur à 20 %.

### II.3.2.2. Au niveau du socle cristallin

Le nombre et les directions des linéaments tracés dans la portion du socle cristallin sont représentés à la figure 28.

Les directions NE-SW (30-60) avec 35,3 % et ENE-WSW (90-120) et SE-NW (120-150) avec chacun 17,6 % enrégistrent le plus grand nombre de linéaments. Les directions SSE-NNW et ESE-WNW avec respectivement 9,8 et 3,9 % sont les moins représentées (tableau 4).

### II.3.3. Les photo-linéaments

Ce sont des linéaments tracés sur les photographies aériennes en vue de l'implantation de forages dans les formations sédimentaires du Précambrien A. Les directions NE-SW (30-60) et SE-NW (120-150) avec

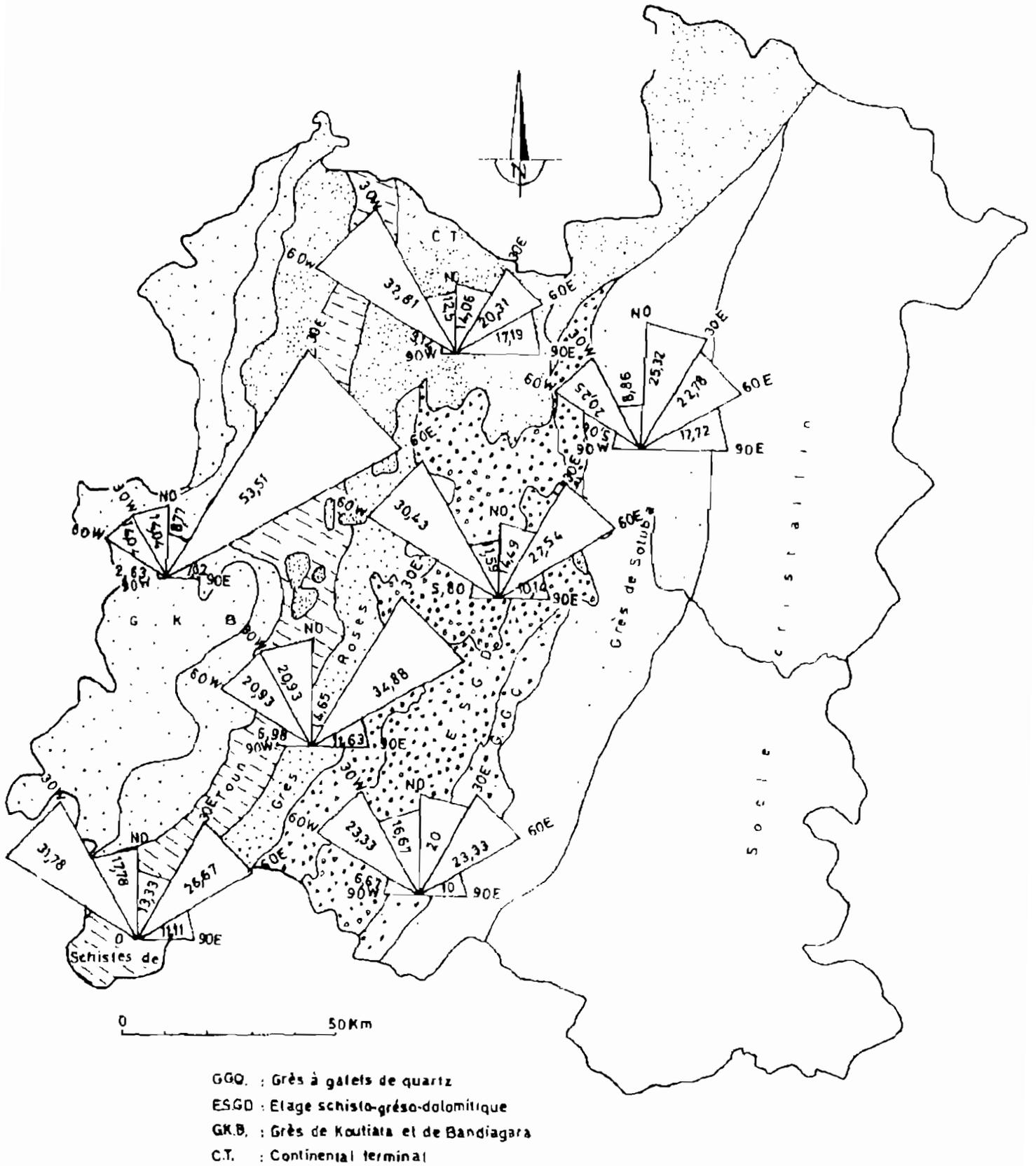


Fig. 26 Principales directions des linéaments  
 par formation géologique

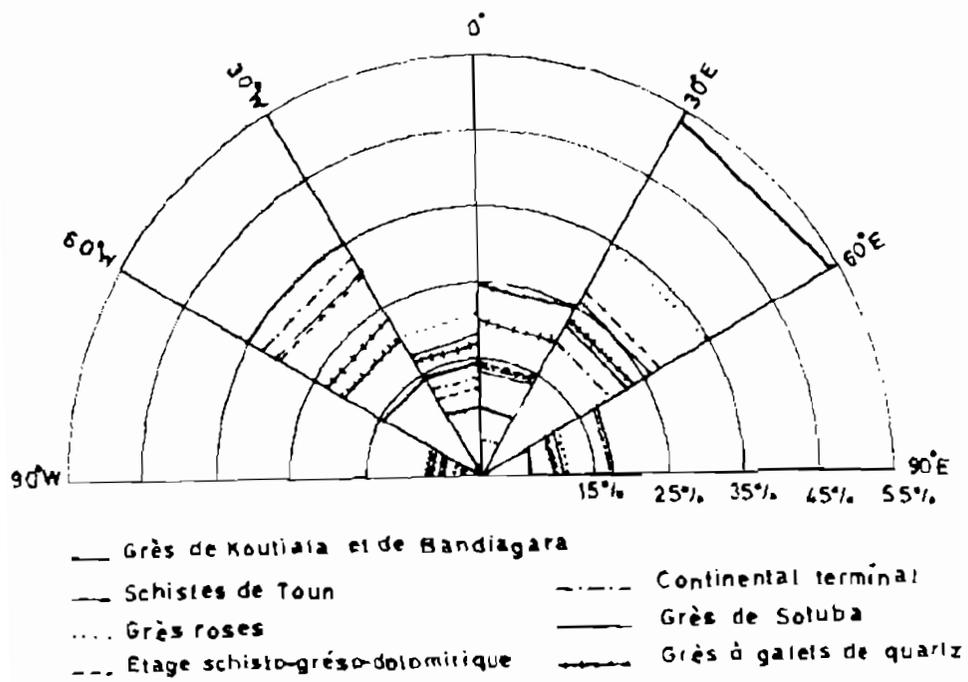


Fig. 27 Comparaison des directions liéementaires des formations du Précambrien A

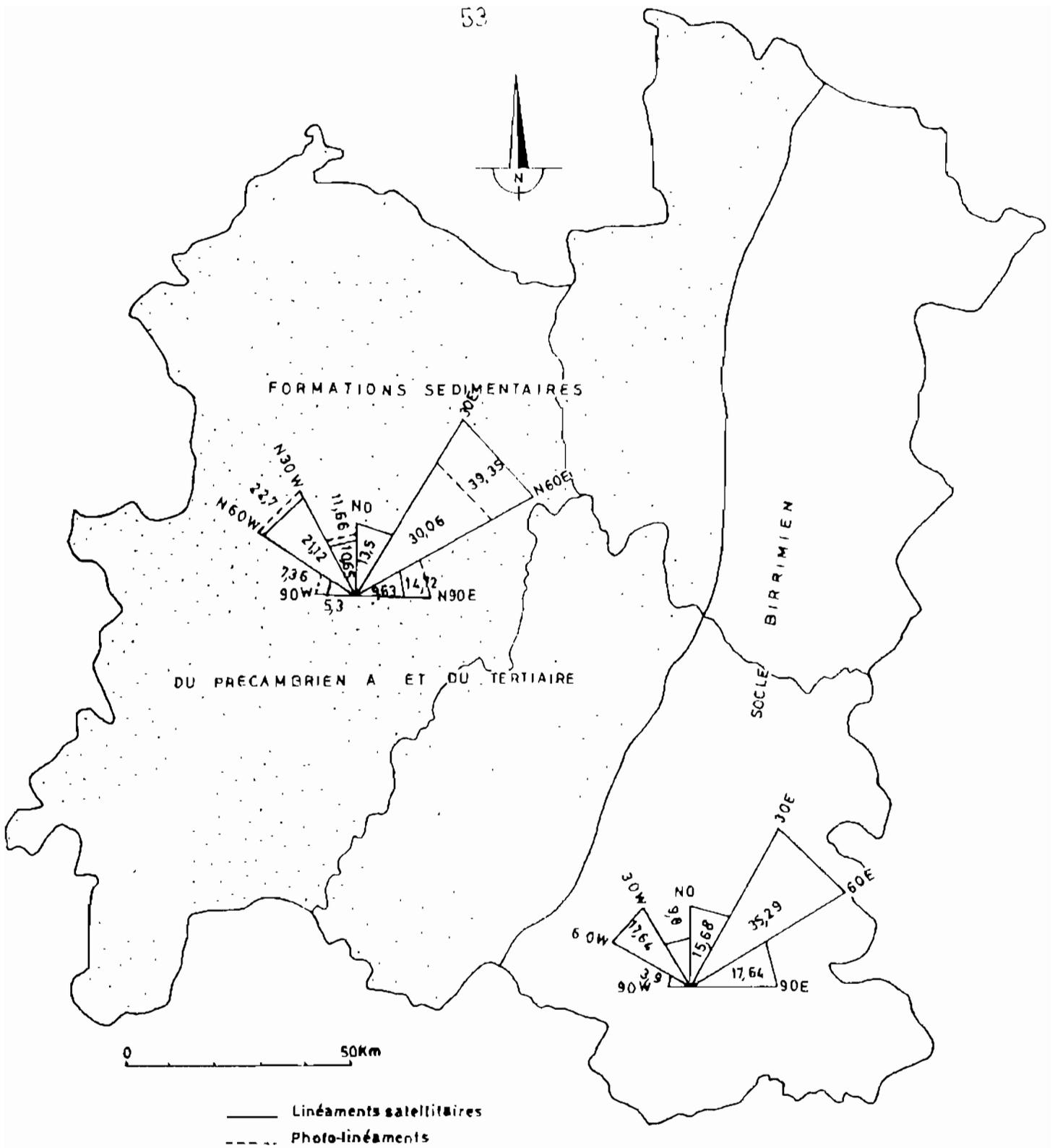


Fig. 28 Comparaison des principales directions des linéaments des formations du Précambrien A et du socle

respectivement 30,9 % et 23,6 % des linéaments sont les plus représentées. Les directions SSE-NNW et ESE-WNW avec 9,9 et 7,3 % des linéaments sont les plus faiblement représentées.

La figure 27 illustre la répartition des linéaments tracés sur photographies aériennes et sur images satellites par classe de direction. Ce sont les directions NE-SW et SE-NW, qui prédominent sur ces deux types de documents. On remarque avec Zambelongo (1982) que :

- le sédimentaire semble aussi fracturé que le socle cristallin ;
- les linéaments de grande importance suivent les limites de la plaine du Gondo, et enfin les deux principales directions NE-SW et NW-SE se recoupent presque à angle droit ;
- les linéaments principaux marquent les grès de Sotuba, de Koutiala et de Bandiagara ;
- les linéaments secondaires et tertiaires se concentrent sur les grès roses, l'étage grésoschisto-dolomitique et la bordure Sud du Continental terminal.

#### II.3.4. Conclusion de l'étude photogéologique

Les formations sédimentaires du Précambrien A sont bien fracturées comme le montre les multitudes de linéaments tracés sur les images satellites et les photographies aériennes. Cependant ces fractures sont masquées sur le terrain par la végétation et les formations du Continental terminal.

La principale direction des linéaments est la NE-SW qui est très fortement représentée dans toutes ces formations et dans les formations du socle cristallin. Cette direction cumule aussi les plus grandes longueurs de linéaments.

La similitude des principales directions de linéaments dans les formations sédimentaires du Précambrien A et dans le socle cristallin laisse penser que ces formations ont subi à la même époque les mêmes types de déformations tectoniques.

De la densité de ce réseau de linéaments va dépendre la présence d'aquifères profonds dans les formations sédimentaires du Précambrien A.

**TROISIEME PARTIE**

**HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE**

### III. HYDROGÉOLOGIE

#### III.1. Les principaux aquifères

Les recherches hydrogéologiques se sont intensifiées dans la région de la boucle du Mouhoun à partir des années 1970 qui marquent le début de la sécheresse dans les pays du sahel. L'amélioration des techniques de foration a contribué au plein essor de ces recherches qui se manifestent par l'implantation de forages à l'aide de la photo-géologie et de la géophysique. Plus de 600 ouvrages ont été ainsi exécutés dans cette région dont près de 500 dans la zone d'étude. Les recherches ont montré qu'il existe deux types d'aquifère : les aquifères superficiels et les aquifères profonds des fractures et fissures qui feront l'objet de notre étude.

**Les aquifères superficiels**, ils sont discontinus et d'extension limitée. Ce sont :

- les aquifères des altérites au dessus de la roche dure saine (Collectif, 1990). La porosité et la perméabilité dépendent de la nature des altérites (fig. 29). Ils sont souvent en contact avec les aquifères des fractures. Leurs épaisseurs atteignent des fois 60 m voire plus. Les nappes sont exploitées par des puits villageois ;

- les aquifères des sédiments alluviaux des marigots (Archambault, 1951 et 1960 ; IWACO, 1987). On les trouve au niveau des bas fonds (fig. 30). Les nappes sont temporaires et sont captées par des puisards peu profonds (1 à 5 m). Leurs débits sont importants en saison des pluies (200 m<sup>3</sup>/j) et faibles en saison sèche (Defossez, 1958) ;

- les aquifères des latérites qui se développent surtout sur les plateaux cuirassés. Des puits de 5 à 20 m les captent. Leurs eaux tarissent en saison sèche (Taho, 1981 ; Coulibaly, 1990).

**Les aquifères profonds des fractures et fissures.** Au-dessus de la roche saine, on rencontre une zone plus ou moins intensesment fissurée et partiellement altérée vers le haut, comportant de nombreuses fissures et diaclases à pendage variable, ouvertes mais souvent remplies par des produits d'altération. L'épaisseur de ce réservoir est encore mal connue avec précision, et elle varie en fonction de la lithologie. Elle est souvent importante dans les formations sédimentaires anciennes.

---

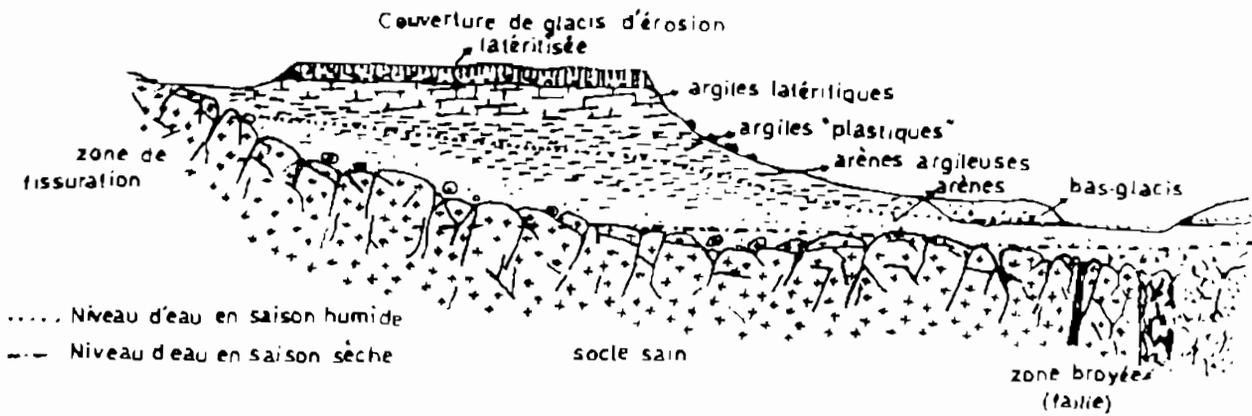


Fig. 29 Coupe schématique des formations aquifères en région de granite  
(D'après R. GUIRAUD, 1975)

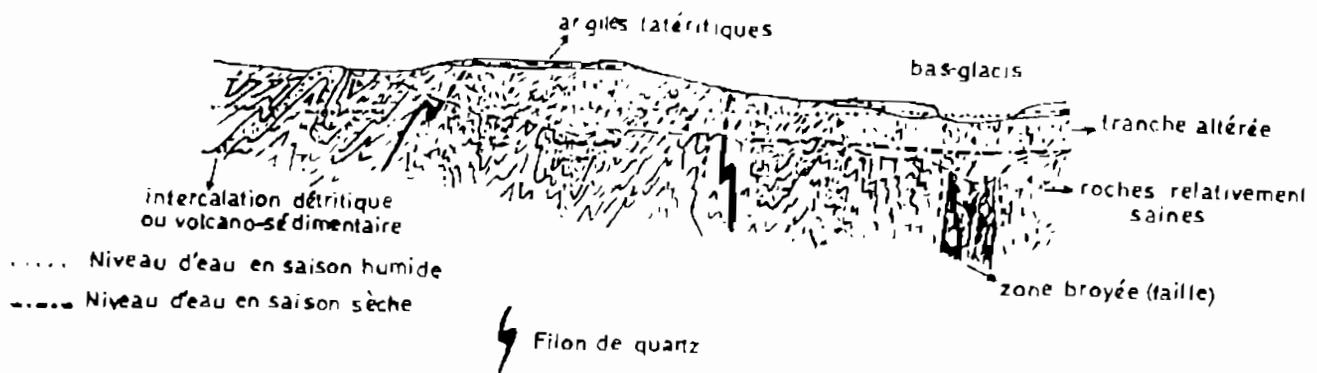


Fig. 30 Coupe schématique de la tranche d'altération superficielle en région schisteuse (D'après R. GUIRAUD, 1975)

Les réservoirs de fissures et de failles, représentent des aquifères potentiels, et des nappes temporaires ou permanentes peuvent se constituer à leur niveau lorsque les conditions climatiques et géomorphologiques sont favorables (Collectif, 1990).

### III.2. Etude des aquifères profonds

#### III.2.1. *L'épaisseur d'altération*

L'épaisseur d'altération, à traverser pour atteindre la roche fracturée profonde, varie en fonction de la lithologie et des facteurs morphologiques (bas-fonds, collines etc..). Elle est déterminée par le sondage géo-électrique qui apporte des informations quantitatives à la verticale du point de mesure, permet d'obtenir l'épaisseur et la résistivité spécifique (résistivité vraie), de chacune des couches à l'aplomb du centre du sondage (Meyer De Stadelhofen, 1991). Les figures 31 à 38 montrent des interprétations de sondages donnant les épaisseurs de couches altérées.

Ainsi au niveau des grès à galets de quartz, des grès de Koutiala et des grès de Bandiagagra, les épaisseurs d'altération sont faibles (1,5 à 28 m).

Pour les grès de Sotuba, l'étage schisto-gréso-dolomitique, les grès roses, les schistes de Toun et le Continental terminal les altérations sont plus importantes, les moyennes varient de 32 à 80 m. (Annexes II).

La carte des épaisseurs d'altération, établie à partir des données recueillies lors de la foration, (fig. 39), montre la zone des falaises qui présente des épaisseurs inférieures à 30 m. La roche dure est affleurante ou sub-affleurante. La région des collines du sud présente aussi des épaisseurs d'altération faibles (1,5 à 25 m). Les épaisseurs d'altération sont plus élevées dans l'extrême nord-est et dans une bande d'orientation NW-SE au centre de la zone d'étude.

#### III.2.2. *Les venues d'eau*

Les côtes des venues d'eau reperées lors de la foration, varient d'une formation géologique à l'autre et au sein d'une même formation.

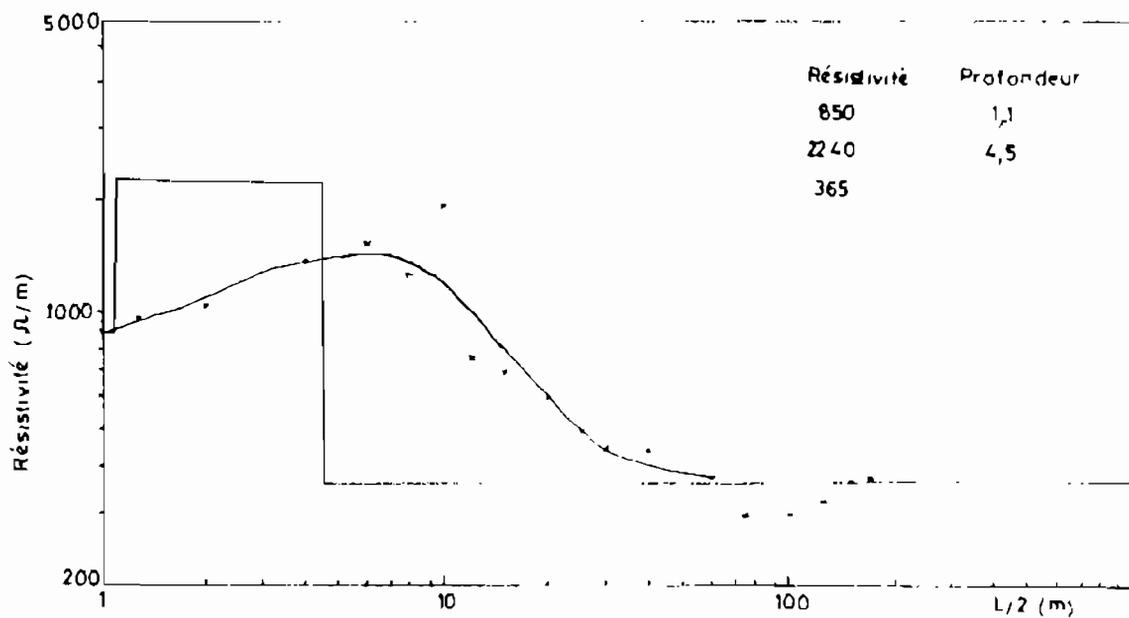


Fig. 31 Sondage P1M7 (Grès de Sotuba)

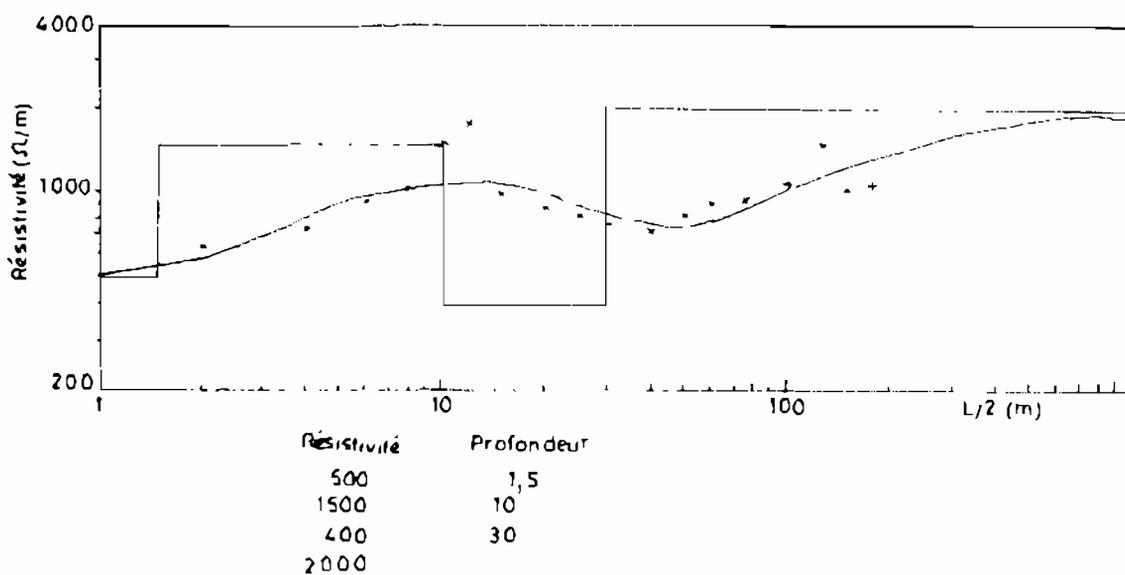


Fig. 32 Sondage P4M17 (Grès à galets de quartz)

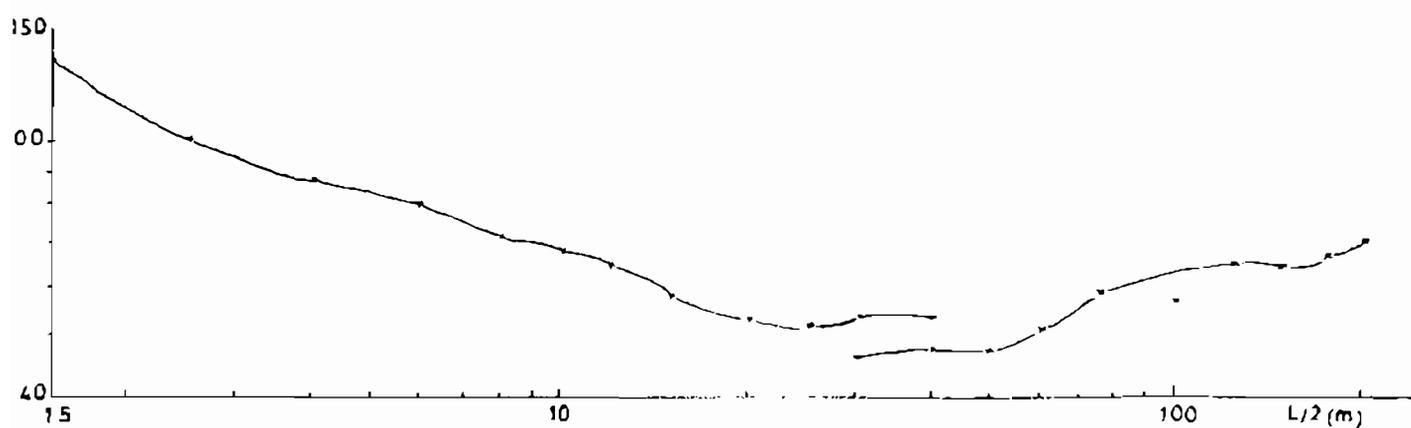


Fig. 33 Sondage P1M12 (Etage schisto-grésodolomitique)

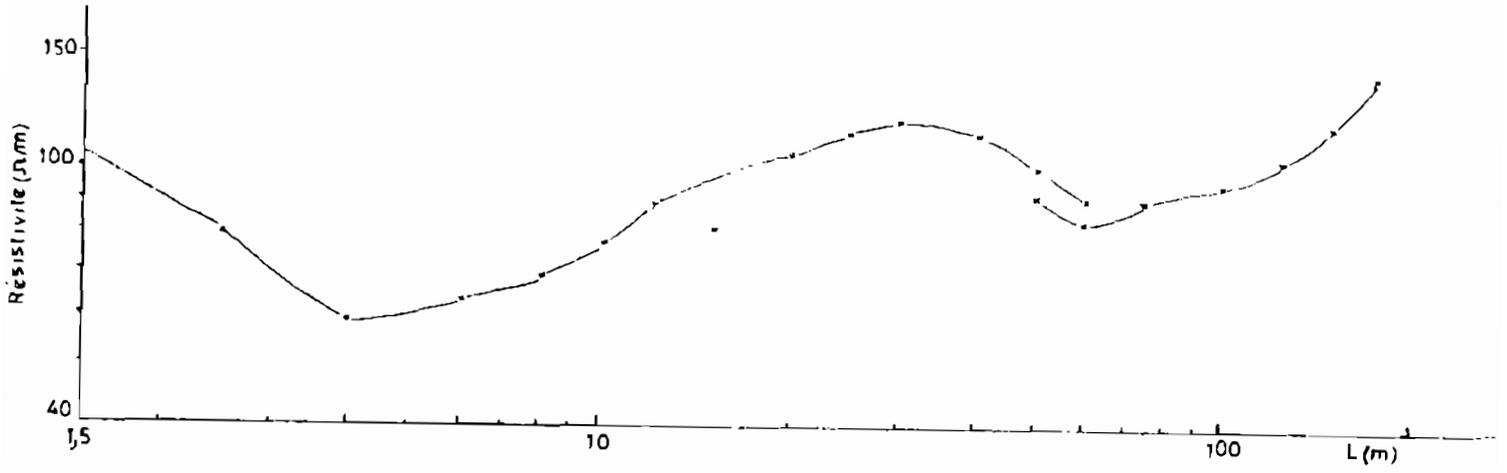


Fig. 34 Sondage P1M4 (Grès roses)

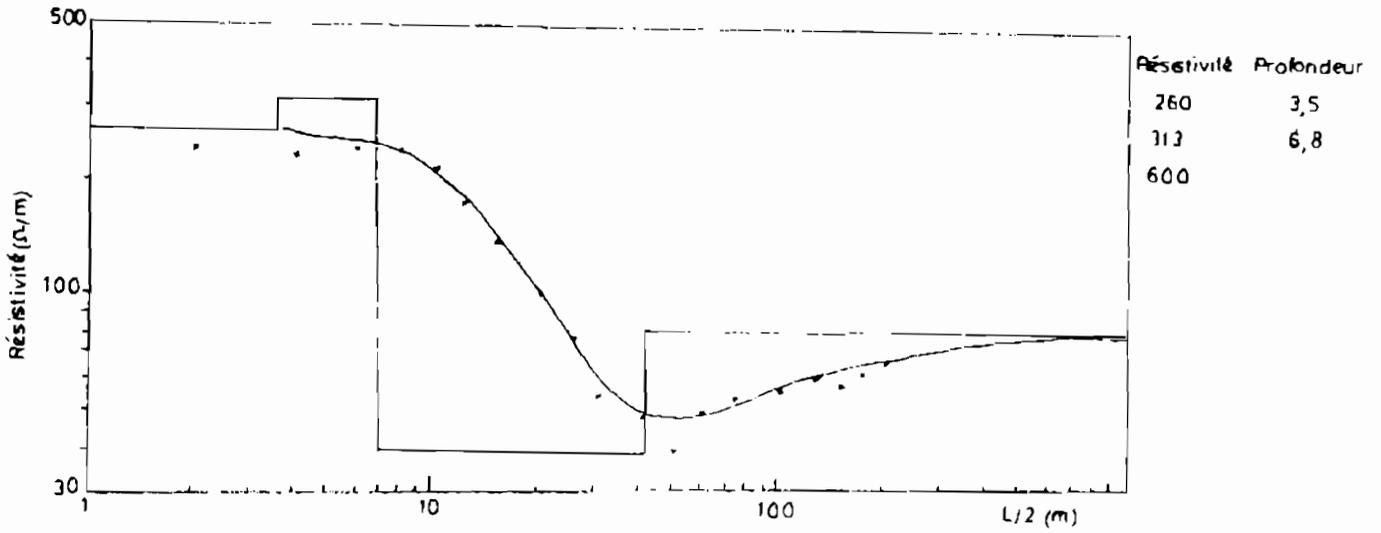


Fig. 35 Sondage P6M11 (Schistes de Toun)

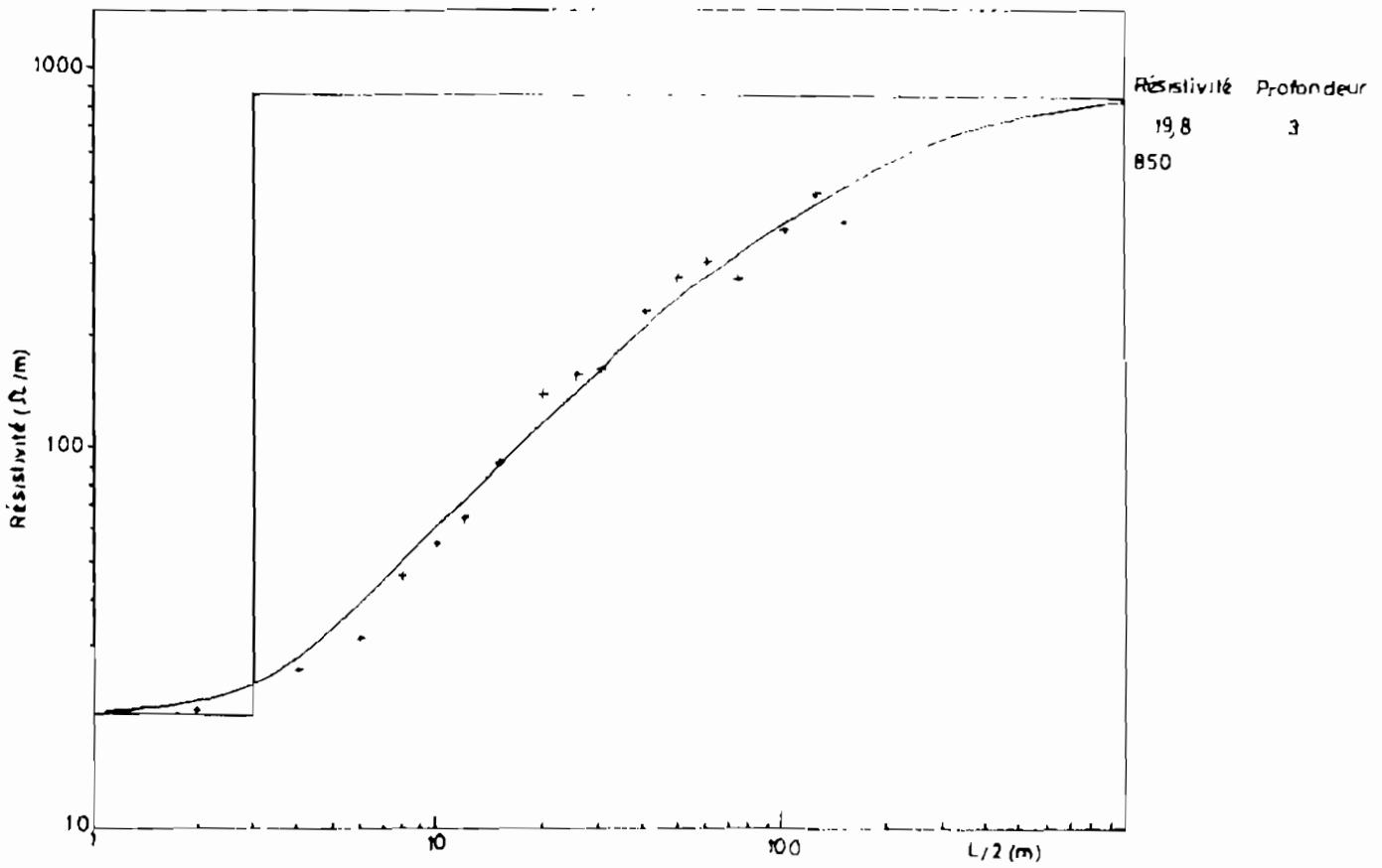


Fig. 36 Sondage P4M8 (Grès de Koutiala)

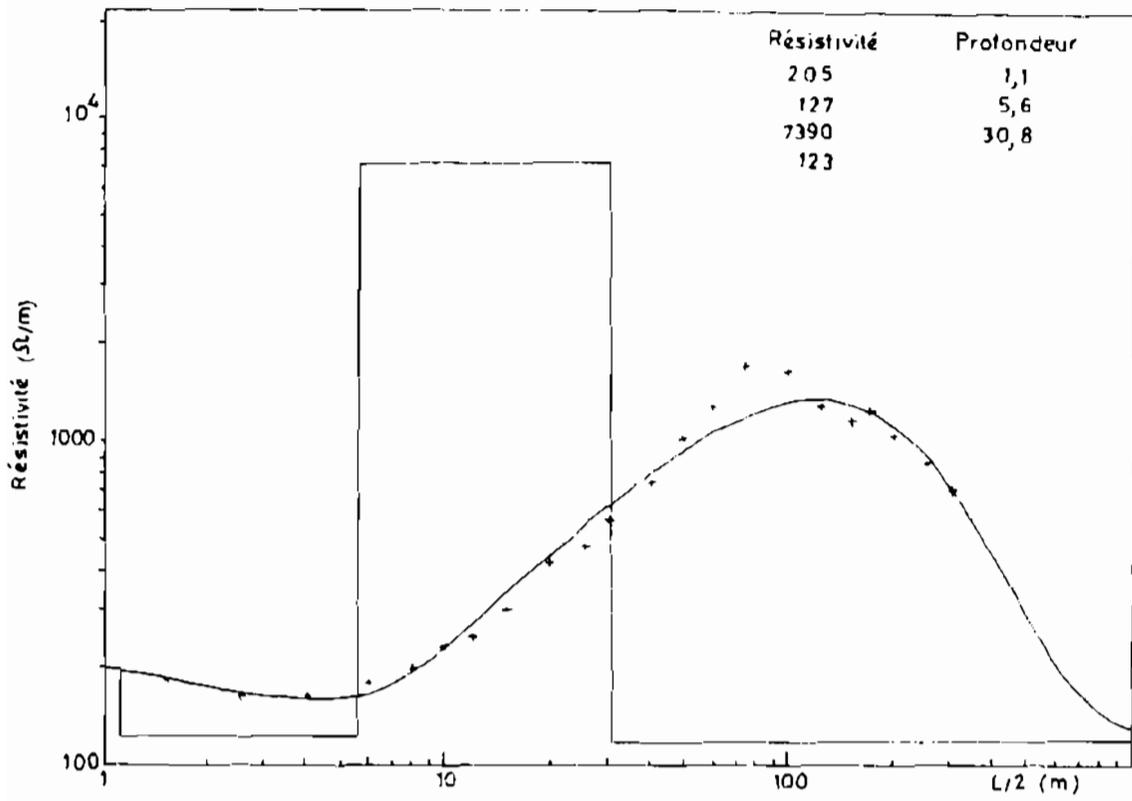


Fig. 37 Sondage P2M17 (Grès de Bandiagara)

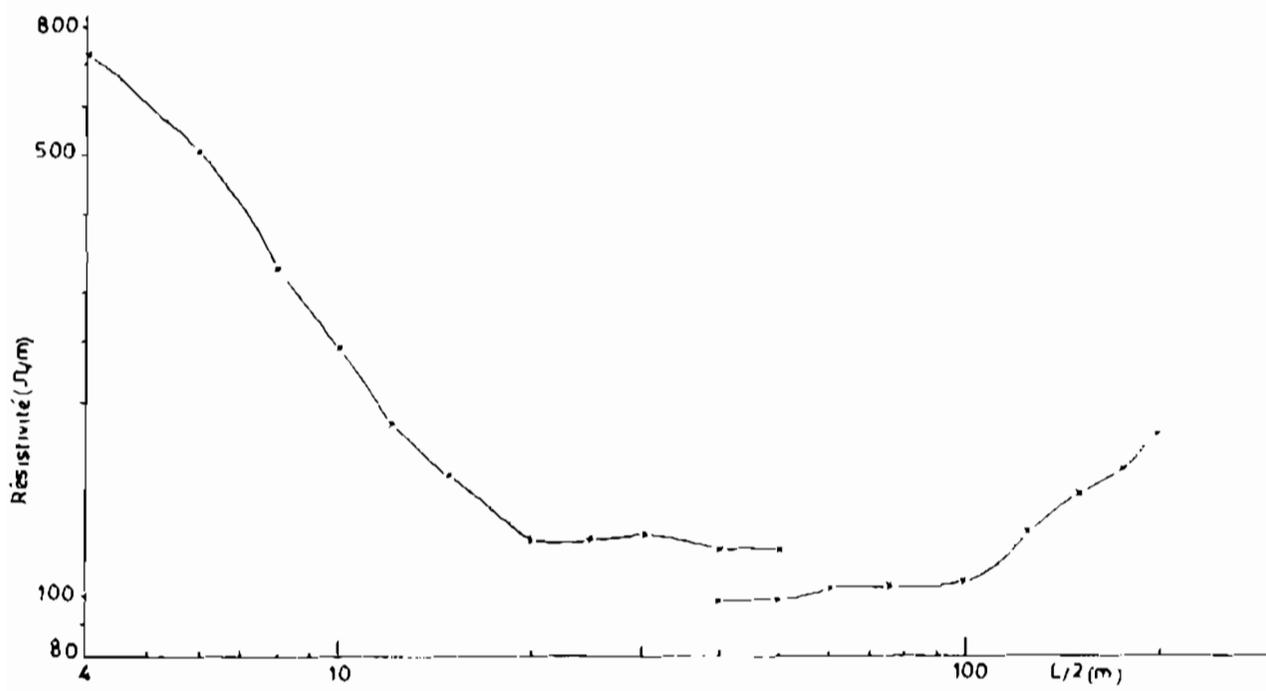


Fig. 38 Sondage P1M6 (Continental terminal)

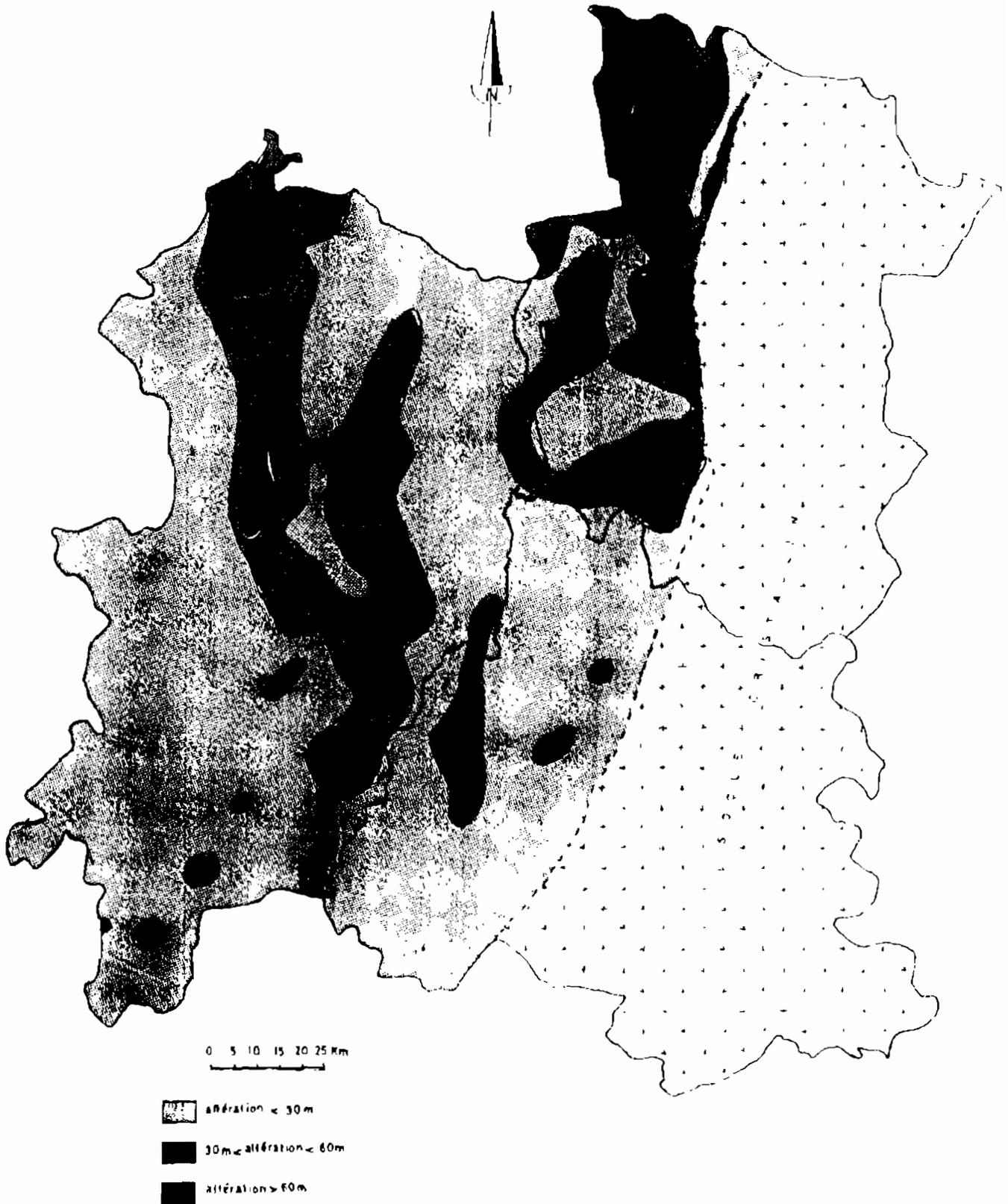


Fig. 39 Carte des épaisseurs d'altération

La figure 40 indique les côtes des venues d'eau dans les différentes formations sédimentaires du Précambrien A de la boucle du Mouhoun.

Les côtes les plus basses se localisent au centre de la plaine du Gondo dans le Continental terminal (180 m au dessus du niveau zéro). Les côtes les plus élevées se localisent au niveau des falaises et des collines du Sud. Ces côtes semblent être liées au relief. En outre on constate :

- une dénivellée importante d'au moins 50 m entre les forages de la zone des falaises et ceux de la plaine ;
- les différences entre côtes de venues d'eau sont moindres entre les forages de la plaine ;
- il n'y a pas de côte de venue d'eau qui caractérise une formation géologique. Les côtes des venues d'eau semblent imbriquées entre elles au niveau de l'ensemble du sédimentaire du Précambrien A.
- si les venues d'eau sont uniquement liées aux fissures et fractures, alors on peut affirmer avec Palausi (1958) que ces dernières sont parfois assez profondes (100 à 200 m).

La géométrie de tels aquifères est difficile à déterminer. Les épaisseurs de ces aquifères ne sont pas très bien connues et sont variables si l'on ne tient compte que des différentes côtes de venue d'eau. Les aquifères profonds semblent continus, tout au moins dans la plaine, mais présentent de nombreuses poches et lentilles sèches qui expliquent les taux d'échec élevés (5 à 23 %). Cette situation est proche de celle du bassin de Bobo qui prolonge la zone d'étude au sud-ouest. En effet dans ce bassin les hydrogéologues du C.I.E.H. et du B.R.G.M. ont montré que les débits sont plus élevés à proximité des fractures que dans les zones non tectonisées. L'empilement de strates de perméabilités différentes doit constituer un système aquifère multicouche (C.I.E.H.-B.R.G.M., 1988).

Cependant le manque de forage profond (> 250 m) dans la région incite à la prudence dans les conclusions. De tels forages permettront de vérifier la justesse de la succession des couches décrites dans la séquence lithostratigraphique, la juxtaposition des aquifères et leur géométrie.

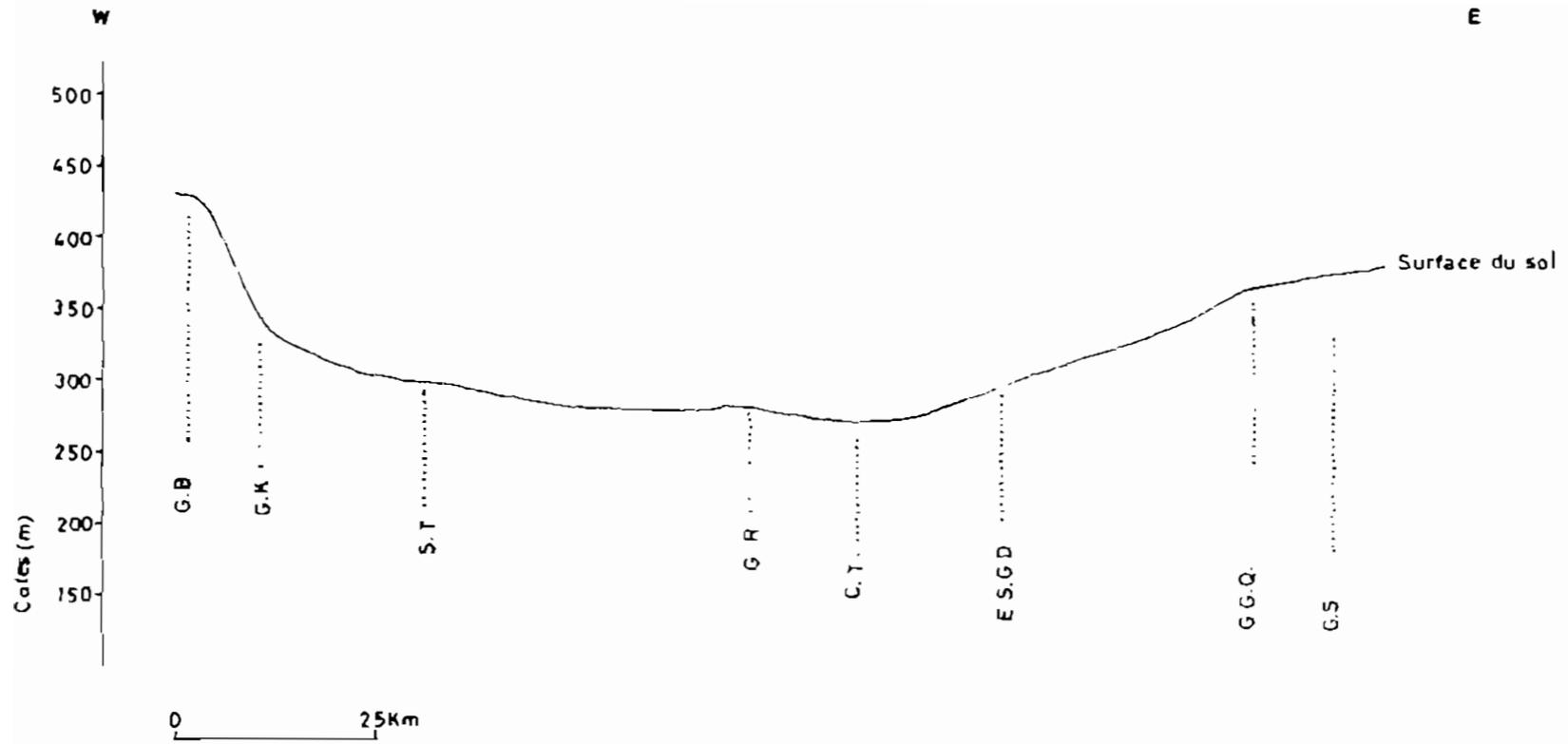


Fig. 43 Cotes des venues d'eau dans la zone d'étude

GS. Grès de Soluba	ST. Schistes de Toun
GGQ. Grès à galets de quartz	GK. Grès de Koutiala
ESGD. Etage schisto-grès-dolomilique	GB. Grès de Bandiagara
GR. Grès roses	CT. Continental terminal

Fig. 40 Cotes des venues d'eau dans la zone d'étude

### III.2.3. La productivité des ouvrages

Les aquifères profonds contiennent des nappes dont les productivités sont très variables. Les productivités moyennes des ouvrages sont de 7,2 m<sup>3</sup>/h pour les grès de Sotuba, de 9 m<sup>3</sup>/h au niveau des grès à galets de quartz, de 5,9 m<sup>3</sup>/h dans les ouvrages de l'étage schisto-grésodolomitique, de 2,8 m<sup>3</sup>/h dans les grès roses, de 5 m<sup>3</sup>/h pour les grès de Koutiala et de Bandiagara et de 4 m<sup>3</sup>/h au niveau du Continental terminal (Annexes II). La productivité semble liée à l'ouverture, la profondeur et la direction des fractures et fissures qui dépendent de la nature lithologique de la roche réservoir. Dans ces types de roches consolidées, la porosité et la perméabilité sont liées aux fractures et fissures.

#### III.2.3.1. Forages, linéaments et taux de réussite

Les forages sont implantés sur les linéaments (manifestations des fractures et fissures sur photographies aériennes) ou sur leurs croisements appelés noeuds. L'ensemble des forages réalisés sur des linéaments de direction connue, dans ces formations sédimentaires sont au nombre de 82. Le tableau 5 résume la répartition de ces forages.

Direction	Nombre	Pourcentage
0 - 30 (NNE-SSW)	16	19,51
30 - 60 (NE-SW)	17	20,73
60 - 90 (ENE-WSW)	10	12,19
90 - 120 (ESE-WNW)	20	24,39
120 - 150 (SE-NW)	10	12,19
150 - 180 (SSE-NNW)	9	10,97

Tableau 5 Répartition des ouvrages en fonction des directions des linéaments

Sur ce total de 82 ouvrages, 24,4 % sont exécutés sur des linéaments de direction ESE-WNW, 20,7 % sur ceux de direction NE-SW. On note 19,5 %, 12,2 %, et 11 % de réalisations sur les directions NNE-SSW, ENE-WSW, SE-NW et SSE-NNW respectivement.

La figure 41 présente la relation entre les forages et les directions connues de linéaments.

Au niveau des grès Sotuba, c'est sur les directions NNE-SSW et ESE-WNW qu'ont été réalisés le plus d'ouvrages soit 32,15 % et 28,57 % respectivement.

Pour l'étage schisto-grésodolomitique, c'est la direction NE-SW qui comporte le plus de forages réalisés sur linéaments de direction connue (50 %).

Les directions NE-SW, SSE-NNW et ESE-WNW enregistrent chacune 23 % de forages réalisés dans les grès roses.

Au sein des schistes de Toun, 33,33 % des ouvrages sont implantés sur les linéaments de direction ESE-WNW.

Les directions NE-SW, ENE-WSW et SSE-NNW sont celles sur lesquelles sont implantés le plus de forages dans le Continental terminal (22,22 % chacune).

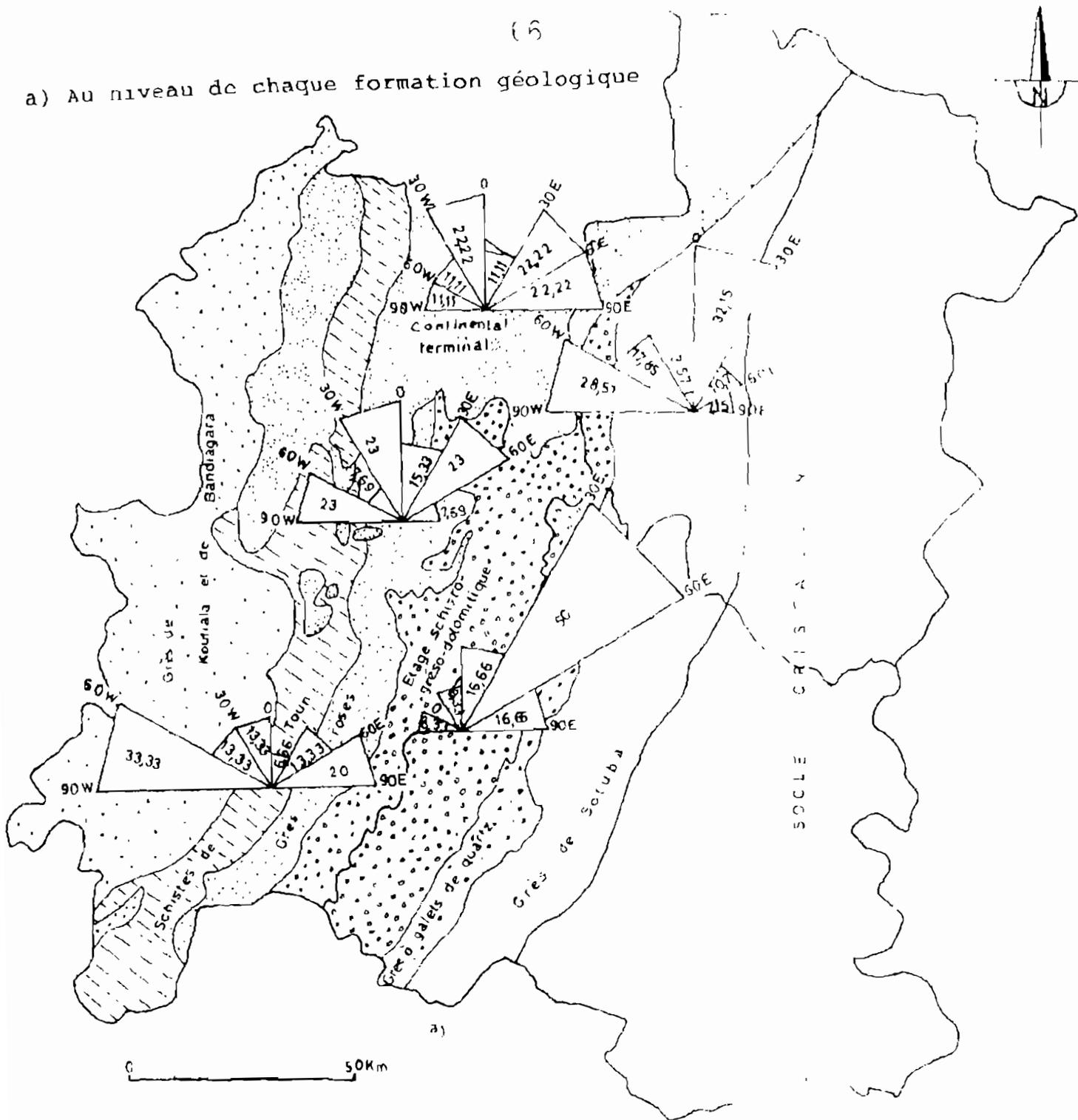
Les débits des forages varient de 0 à plus de 40 m<sup>3</sup>/h dans la zone étudiée. Le taux de réussite, défini comme le pourcentage des forages dont le débit est supérieur ou égal à 0,7 m<sup>3</sup>/h par rapport à l'ensemble des ouvrages, est de 83 %. Cependant ce taux varie fortement en fonction des formations géologiques comme le montre le tableau 6.

Formation géologique	Nombre total	Forage positif	%
Continental terminal	93	71	76.4
Grès de Bandiagara	30	27	90
Grès de Koutiala	27	21	77.8
Schistes de Toun	82	66	80.5
Grès roses	37	32	86.5
Etage schisto-dolomitique	80	71	88.75
Grès à galets de quartz	35	33	94.3
Grès de Sotuba	101	83	82.2

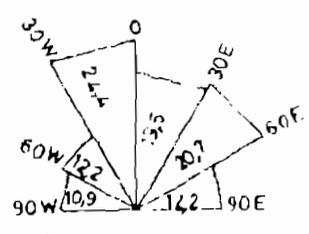
Tableau 6 Taux de réussite dans les formations sédimentaires du Précambrien A.

D'une façon générale ce taux varie de 76,4 % à 94,3 % selon les formations géologiques. Pour les grès à galets de quartz, les grès roses, l'étage schisto-grésodolomitique et les grès de Bandiagara, il

a) Au niveau de chaque formation géologique



a)



b) Sur l'ensemble des formations du Précambrien A

Fig. 41 Relation entre linéaments et forages

est élevé (94,3 %, 86,5 %, 88,75 %, et 90 % respectivement).

Les grès de Sotuba, les grès de Koutiala, les schistes de Toun et le Continental terminal présentent des taux de réussite plus faibles (82,2 %, 80,5 %, 77,8 % et 76,4 %). Ces petites différences peuvent s'expliquer par plusieurs causes.

Dans le socle cristallin et le sédimentaire du Précambien A (grès siliceux, grès quartzite, schistes) la présence de l'eau souterraine étant fortement liée à la fracturation, la productivité des ouvrages est liée à l'ouverture des fractures et des fissures. Les fractures, les fissures fermées sont plus ou moins stériles.

Les argilites et les schistes forment de mauvais aquifères car ils n'ont pas de système de fracture ouverte et les forces tectoniques ont abouti à des déformations plastiques (IWACO, 1987). Ces formations ont des taux de réussite faibles.

La densité de fractures ouvertes dans les grès siliceux est relativement faible (IWACO, 1987), le taux de réussite est faible dans de telles formations.

Les formations schisteuses (schistes de Toun) et gréseuses fines (grès roses, Continental terminal), ont une porosité primaire négligeable (Palausi, 1957, 1958), les taux de réussite y sont faibles.

Les grès à galets de quartz, les grès roses, les grès de Bandiagara, ont une porosité pouvant atteindre 0,2 (Palausi, 1958). Le taux de réussite dans ces formations avoisine 90 %.

Des facteurs techniques (mauvaise maîtrise de la foration dans le Continental terminal, les grès roses ; l'arrêt prématuré des ouvrages à des profondeurs de 60 m) ont contribué à élever le taux d'échec dans ces formations.

#### III.2.3.2. Relation entre linéaments et débits de forages

Le tableau 7 donne les pourcentages des ouvrages par classe de débits et par direction de linéaments et la figure 42 les histogrammes représentant ces pourcentages.

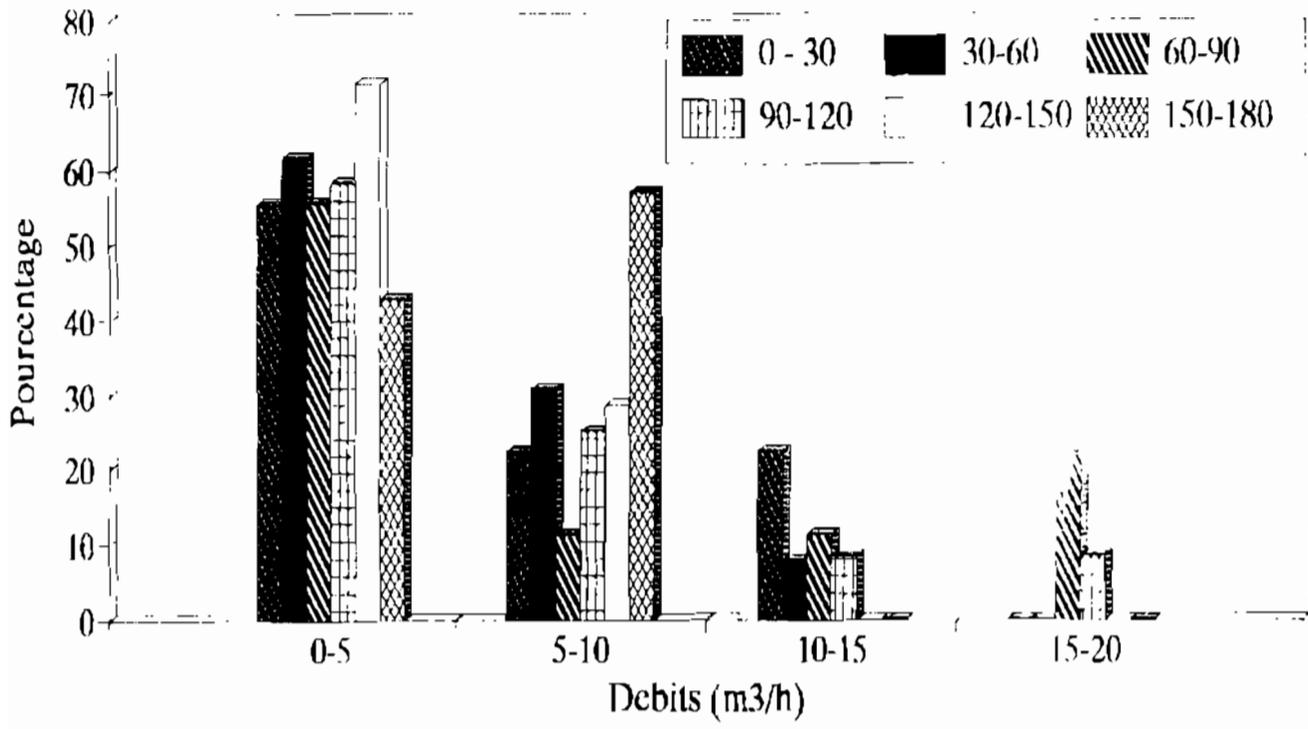


Fig. 42 Relation entre debits et direction des lineaments

Direction de linéaments	Débit (m <sup>3</sup> /h)			
	< 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20
0 - 30	55.50	22.22	22.22	00.00
30 - 60	61.50	30.76	7.69	00.00
60 - 90	55.55	11.11	11.11	22.22
90 - 120	58.33	25.00	8.33	8.33
120 - 150	71.42	28.57	00.00	00.00
150 - 180	42.85	57.14	00.00	00.00
Noeuds	85.70	00.00	7.14	7.14

Tableau 7 Relation entre débits et direction de linéaments

De 42,85 % à 71,42 % des débits inférieurs à 5 m<sup>3</sup>/h sont produits par les ouvrages implantés sur les six principales classes de direction de linéaments.

Pour les débits compris entre 5 et 10 m<sup>3</sup>/h les pourcentages par direction de linéaments vont de 11,11 à 57,14.

Les débits compris entre 10 et 15 m<sup>3</sup>/h ne sont produits que par les des ouvrages localisés sur NNE-SSW, NE-SW, ENE-WSW et ESE-WNW avec respectivement 22,22 %, 7,69 %, 11,11 % et 8,33 %.

Les débits supérieurs à 15 m<sup>3</sup>/h sont produits uniquement par les forages situés sur des directions linéamentaires ENE-WSW et ESE-WNW (22,22 % et 8,33 %).

Pour les ouvrages exécutés sur les croisements de linéaments appelés noeuds, on constate que près de 85.7 % ont un débit inférieur à 5 m<sup>3</sup>/h et 14.28 % un débit supérieur à 10 m<sup>3</sup>/h.

Généralement les ouvrages réalisés sur les noeuds fournissent des débits assez importants (Sawadogo, 1982 ; Savadogo, 1984). Dans la zone d'étude, les débits de tels ouvrages ne sont pas extraordinaires. Cependant le nombre restreint d'ouvrages étudiés incite à la prudence dans les conclusions.

Les directions NNE-SSW et ENE-WSW sont celles dont les forages fournissent les plus gros débits. Leur recherche pourrait être privilégiée lors de l'implantation de forages à gros débits dans les centres sémi-urbains de la région.

Les débits varient d'une formation géologique à l'autre et au sein d'une même formation géologique.

La figure 43 illustre la répartition des débits au niveau des formations géologiques.

Toutes les classes de débits sont représentées au sein des grès de Sotuba. La moyenne des débits est de 8,4 m<sup>3</sup>/h avec un écart-type de 8,85. Le mode se situe à 0 - 5 m<sup>3</sup>/h. Quarante pour cent des ouvrages productifs ont des débits supérieurs à 5 m<sup>3</sup>/h.

La répartition des débits est assez homogène dans les grès à galets de quartz. La moyenne des débits est de 9,2 m<sup>3</sup>/h avec un écart-type de 6,91. Cette formation fournit les débits les plus élevés.

L'étage schisto-gréso-dolomitique fournit de très gros débits (supérieurs à 20 m<sup>3</sup>/h). La moyenne est de 10,36 et l'écart-type de 8,79. La fréquence présente deux modes à 5 - 10 et 20 m<sup>3</sup>/h.

Les grès roses présentent peu de gros débits. Près de 85 % des ouvrages ont un débit inférieur à 5 m<sup>3</sup>/h, les débits supérieurs à 5 m<sup>3</sup>/h constituent 15 % des forages productifs. La moyenne est de 3,2 m<sup>3</sup>/h et l'écart-type de 4,32.

Au niveau des schistes de Toun, 53 % des débits sont inférieurs à 5 m<sup>3</sup>/h. La moyenne des débits est de 7,5 et l'écart-type de 5,12.

Pour les grès de Koutiala 52,3 % des ouvrages productifs ont un débit inférieur à 5 m<sup>3</sup>/h, il n'y a pas de débit supérieur à 15 m<sup>3</sup>/h. La moyenne est 6,4 m<sup>3</sup>/h avec un écart-type de 4.

La fréquence des débits dans les grès de Bandiagara est asymétrique avec un mode à 0 - 5 m<sup>3</sup>/h. La moyenne des débits est de 5,5 et l'écart-type de 5,7. Dans ces formations 66,7 % des ouvrages productifs ont un débit inférieur à 5 m<sup>3</sup>/h.

Dans les formations du Continental terminal près de 65 % des forages productifs ont un débit inférieur à 5 m<sup>3</sup>/h, il n'y a pas de débit supérieur à 20 m<sup>3</sup>/h. La moyenne des débits est de 6 m<sup>3</sup>/h avec un écart-type de 4,79.

Les faibles débits (moins de 5 m<sup>3</sup>/h) sont représentés dans toutes les directions et toutes les formations, en des proportions considérables (de 42 à 85 %). Les débits élevés (supérieurs à 15 m<sup>3</sup>/h) sont rares. Les ouvrages fournissant un débit compris entre 10 et 15 m<sup>3</sup>/h sont implantés sur des linéaments de direction ENE-WSW qui semble être la direction où l'on a plus de chance d'obtenir des débits élevés. Au niveau des noeuds de linéaments on n'enregistre pas de gros débits. Les directions NNW-SSE, NW-SE, NNE-SSW et NE-SW sont celles sur lesquelles des débits supérieurs à 15 m<sup>3</sup>/h n'ont pas été enregistrés.

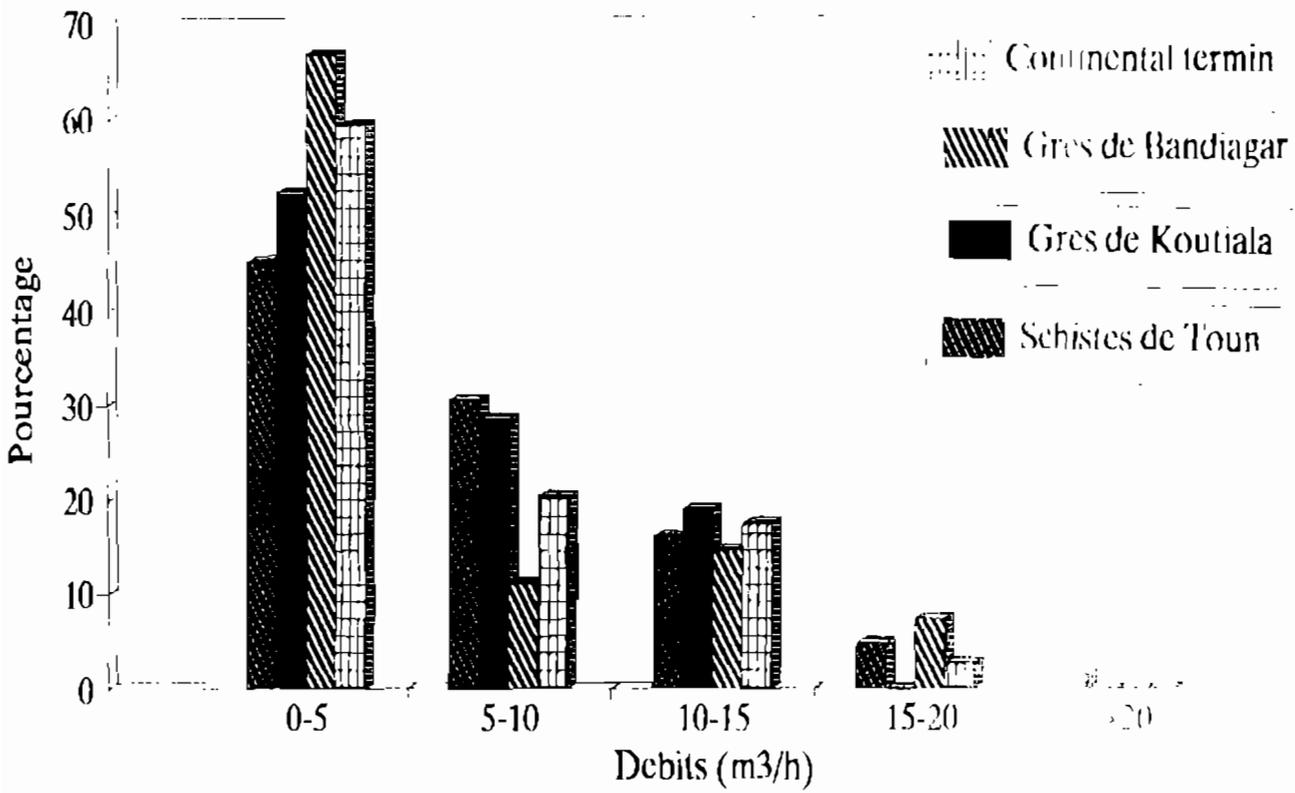
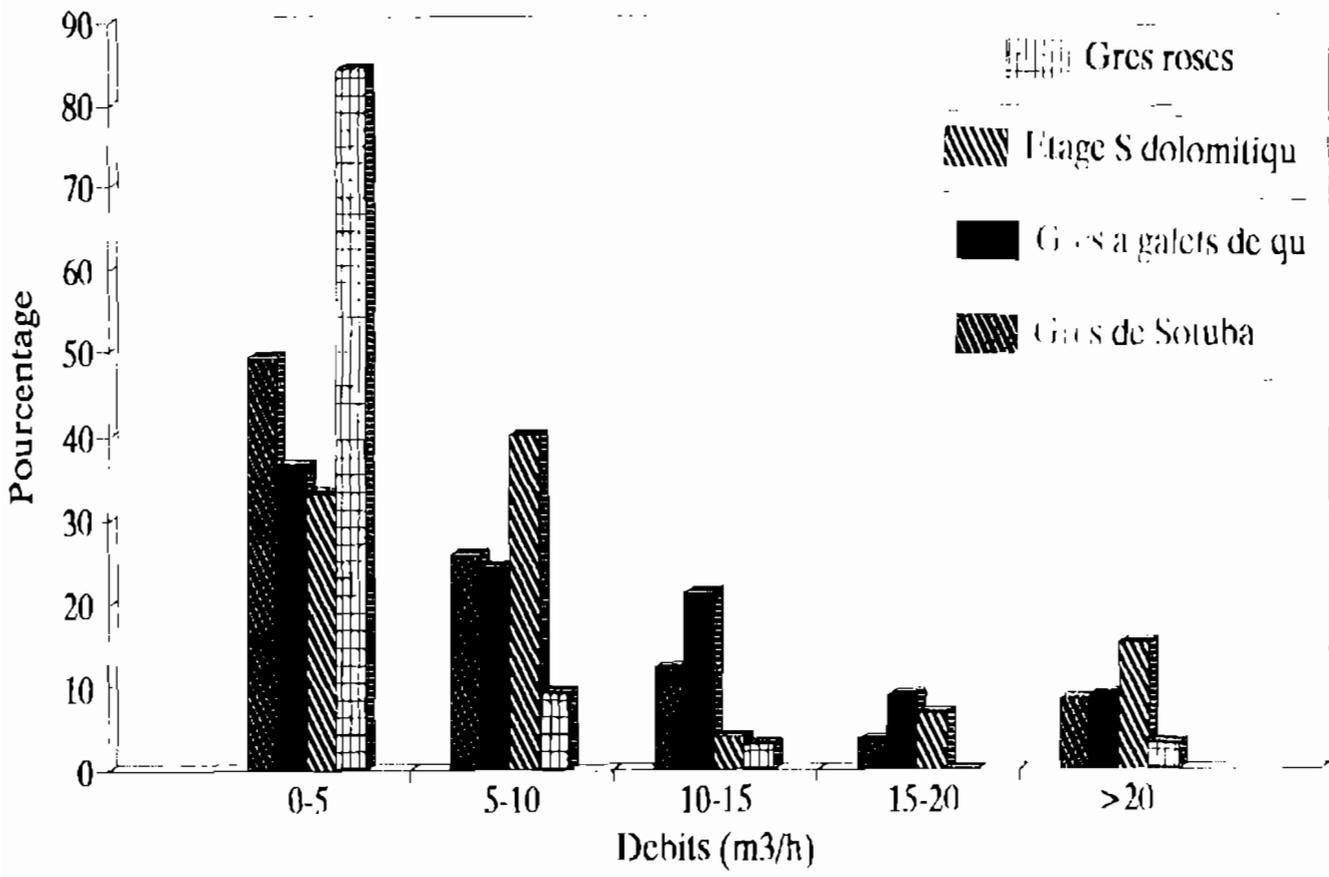


Fig. 43 Repartition des debits au niveau des formations geologiques

### III.2.3.3. Les profondeurs d'eau sous le sol

Le niveau d'eau sous le sol varie énormément dans la zone. A l'Ouest et au Sud (région des falaises et collines) le niveau piézométrique est très proche de la surface du sol (1,5 à 20 m sous le sol). Au centre (plaine du Gondo) il est plus profond (30 à 60 m voire plus sous le sol).

Le niveau piézométrique se trouve entre 4 et 70 m sous le sol au niveau des grès de Sotuba. Pour les grès à galets de quartz ces niveaux se situent entre 7 et 35 m de profondeur sous le sol. Les profondeurs vont de 5 à 40 m dans l'étage schisto-grésodolomitique, de 9 à 39 m dans les grès roses, de 4 à 55 m au niveau des schistes de Toun. Le niveau piézométrique est situé à une profondeur comprise entre 12 et 41 m sous le sol pour les grès de Koutiala et entre 1,5 et 39 m pour les grès de Bandiagara. Le Continental terminal possède les niveaux piézométriques les plus profonds (10 - 80 m sous le sol).

Il n'y a pas de niveau piézométrique qui caractérise exclusivement un aquifère. Il y a plutôt une sorte d'imbrication de ces niveaux qui tend à montrer un aquifère unique.

### III.2.3.4. Les courbes isopièzes

Les mesures de niveau piézométrique sont effectuées sur les forages positifs et sur certains forages à débit insuffisant ou mal équipés. Ces mesures nous ont permis de tracer des courbes isopièzes de la région d'étude. Les mesures piézométriques sont faites en fonction du rythme de la foration donc elles ne sont pas synchrones, nous avons en outre des mesures s'étalant sur plusieurs années.

La figure 44 montre les courbes isopièzes de la région d'étude. Ces courbes donnent simplement une idée de ce que l'on aurait pu avoir si les différentes nappes étaient bien définies. On observe :

- deux lignes de partage des eaux souterraines. La première se situe à l'Ouest de la zone d'étude, dans la région des falaises et semble se superposer à la ligne de partage des eaux superficielles. La seconde se situe au sud est de la zone d'étude, dans la région des collines. Elles permettent ainsi de définir deux unités hydrogéologiques d'importance inégale appartenant au même bassin hydrogéologique ;
- un petit dôme piézométrique situé dans la région de Lésséré ;
- une petite dépression piézométrique située dans la région de

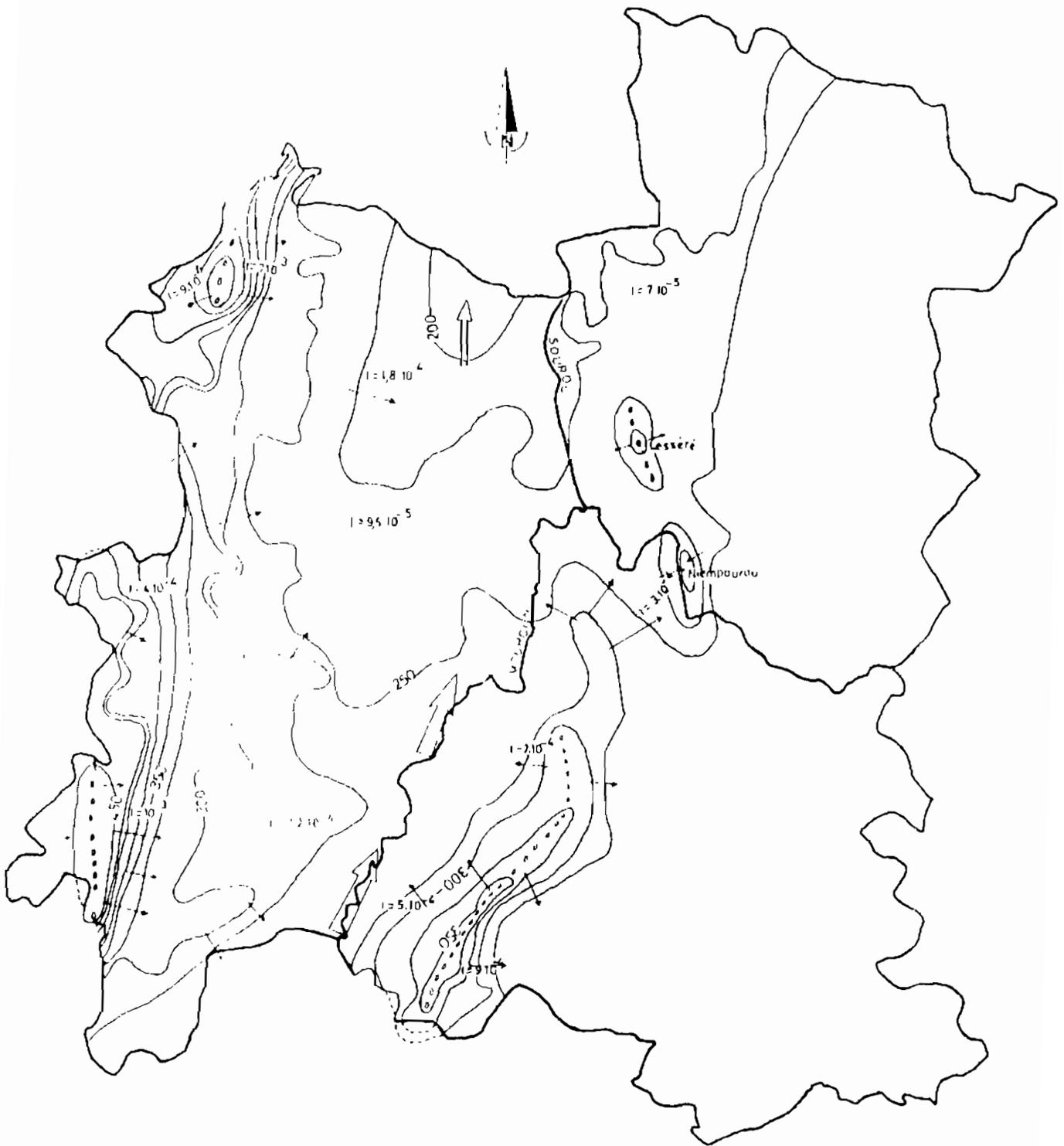


Fig. 47 Courbes isopièzes

- Courbe isopièze et sa cote
- Equipotentielle
- Ligne de partage des eaux souterraines
- Axe de drainage
- $1 \cdot 10^{-4}$  Gradient hydraulique

Fig. 44 Courbes isopièzes

Niempourou ;

- les deux principaux axes de drainage sont le Mouhoun et la plaine du Gondo. Le Sourou ne constitue pas en tant que tel un axe de drainage. Le Mouhoun, dans sa partie sud située dans la zone d'étude, constitue une importante zone de drainage des eaux souterraines.

Les courbes isopièzes sont espacées au centre, au Sud et au Nord Est où le gradient hydraulique varie de 4 à 13 ‰. Par contre elles se resserrent à l'Ouest et au Sud-Est avec un fort gradient hydraulique (46 ‰). Ce resserrement est attribué à l'augmentation du gradient hydraulique, mais peut être dû aussi à la morphologie. Quant à l'espacement des courbes isopièzes il laisse supposer une diminution du gradient hydraulique ou de la perméabilité horizontale.

#### III.2.3.5. Paramètres hydrodynamiques

En l'absence de pompage de longue durée nous avons utilisé les données des essais de puits par palier de 60 minutes pour évaluer les débits critiques, les débits d'exploitation des ouvrages et les transmissivités. La transmissivité est déterminée par la méthode de Logan (in Kruseman et De Ridder, 1974 et 1991) à partir du rabattement ( $S_m$ ) et du débit maximum ( $Q_m$ ). L'équation s'écrit :

$$T = 1,22 * S_m / Q_m$$

T étant la transmissivité en  $m^2/s$ ,  $S_m$  le rabattement maximum à la fin de l'essai en mètre,  $Q_m$  le débit du dernier palier de l'essai en  $m^3/h$ .

Cette méthode d'estimation a été appliquée à 385 ouvrages. Le tableau 8 récapitule les transmissivités ainsi estimées pour les différentes formations. Elles varient de  $10^{-5}$  à  $10^{-3} m^2/s$  et vont de  $10^{-6}$  à  $5,6 * 10^{-4} m^2/s$  au niveau des grès à galets de quartz, des grès rose et de l'étage schisto-gréso-dolomitique. Au sein des grès de Sotuba, des schistes de Toun, des grès de Koutiala et de Bandiagara et du Continental, elles varient de  $10^{-5}$  à  $10^{-3} m^2/s$ .

Sur la carte de répartition de la transmissivité (fig. 45), on note que les plus faibles transmissivités ( $1$  à  $9 * 10^{-5} m^2/s$ ) se localisent dans les zones des falaises à l'ouest et des collines au sud-est. Les transmissivités de  $10^{-4}$  et  $9 * 10^{-3} m^2/s$  occupent la partie centrale de la zone d'étude.

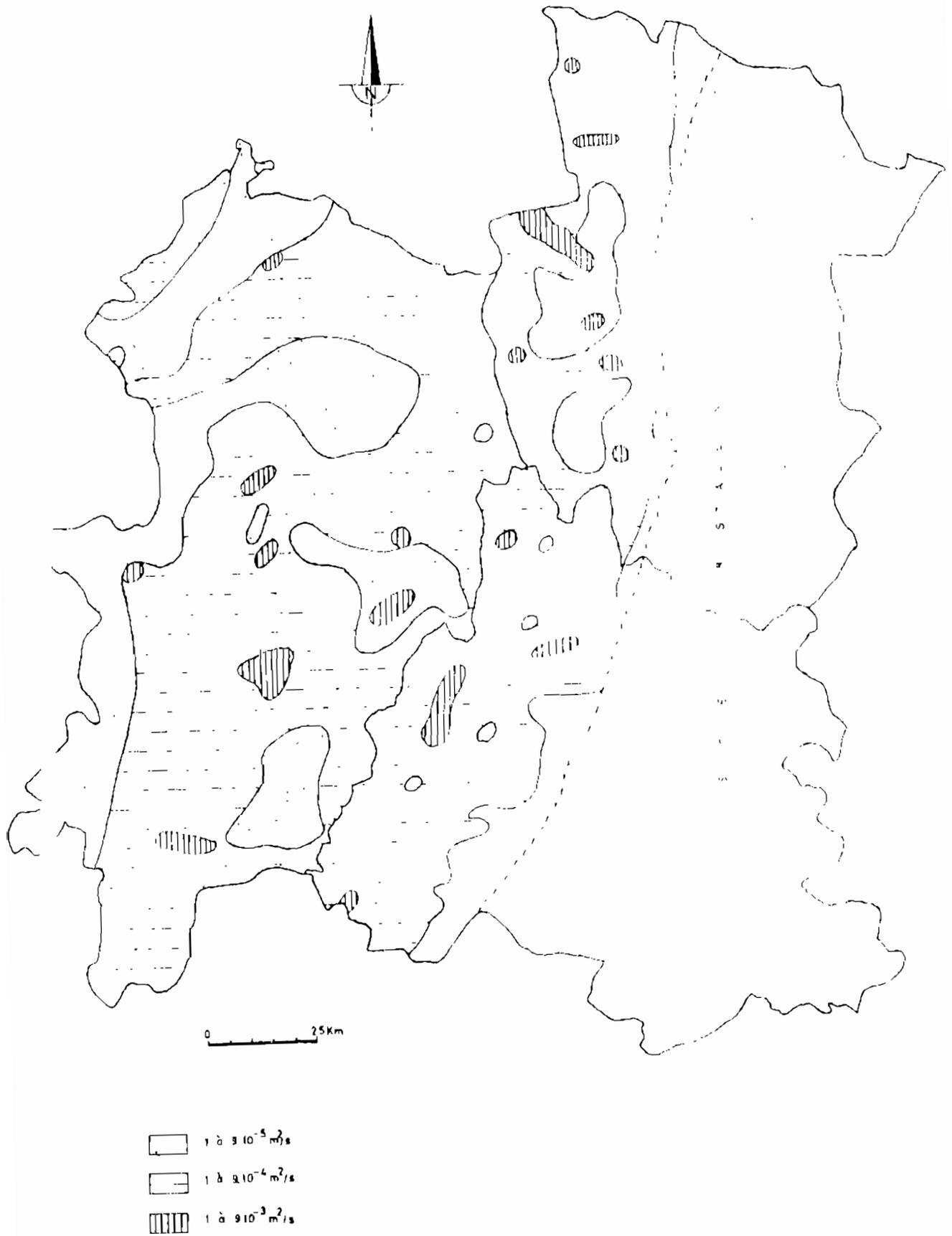


Fig. 45 Carte de transmissivité

Formation géologique	Transmissivité (m <sup>2</sup> /s)
Continental terminal	10 <sup>-5</sup> - 6 10 <sup>-3</sup>
Grès de Bandiagara	10 <sup>-5</sup> - 2.8 10 <sup>-3</sup>
Grès de Koutiala	10 <sup>-5</sup> - 2.8 10 <sup>-3</sup>
Schistes de Toun	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-3</sup>
Grès roses	10 <sup>-5</sup> - 5.6 10 <sup>-4</sup>
Etage schisto-dolomitique	10 <sup>-5</sup> - 5 10 <sup>-4</sup>
Grès à galets de quartz	2 10 <sup>-5</sup> - 5 10 <sup>-4</sup>
Grès de Sotuba	10 <sup>-5</sup> - 3 10 <sup>-3</sup>

Tableau 8 Transmissivité moyenne des aquifères des différentes formations sédimentaires

### III.3. La piézométrie et la recharge

L'augmentation du nombre d'ouvrages d'exploitation d'eau souterraine a conduit le service Etudes du projet à mettre en place un réseau de surveillance piézométrique depuis 1984. Le réseau comporte une centaine de points d'observation répartis dans 75 villages environ (fig. 46). Le tableau 1 de l'annexe III résume la situation géomorphologique et la géologie des points d'observation. Les points sont situés dans les bas-fonds, sur la mi-pente et le plateau.

Les piézomètres captent les aquifères superficiels (aquifères des latérites, des sables, des argiles latéritiques). Seuls les forages négatifs, équipés comme piézomètres, captent les aquifères profonds des formations gréseuses ou schisteuses.

Ce réseau permet de suivre l'évolution des niveaux piézométriques dans les différents aquifères et de tenter de préciser le fonctionnement des divers systèmes hydrogéologiques.

La variation du niveau piézométrique ou régime des fluctuations d'une nappe en un point donné est déterminée à la fois par :

- des conditions "passives" généralement permanentes liées aux caractéristiques physiques du milieu aquifère et à la position du point considéré dans le système aquifère, donc par rapport aux limites ;
- et par des facteurs actifs ou dynamiques constitués par les variations des conditions aux limites, c'est-à-dire en pratique les variations des flux entrant et sortant aux limites du système aquifère et par les variations des niveaux (ou leur stabilité) à ces limites, en y



comprenant la surface libre. Ces conditions et ces facteurs peuvent être dans diverses mesures modifiés et perturbés par l'action humaine (C.I.E.H.-B.R.G.M., 1988).

Les tracés des différents relevés piézométriques pendant des périodes de un à 7 ans montrent que les nappes sont soumises à des fluctuations quotidiennes, saisonnières et pluriannuelles.

### III.3.1. Les fluctuations quotidiennes

La figure 47 présente les variations du niveau de la nappe enregistrées au piézomètre de la station météorologique de Dédougou de Juillet 1991 à Octobre 1992. On observe sur cette figure trois phénomènes :

- des oscillations quotidiennes du niveau de la nappe ;
- une remontée du niveau piézométrique suite à une forte précipitation tombée (56,9 mm) sur la région le 11 Août 1991. En 1992 la remontée s'est faite au moins jusqu'en Octobre ;
- une succession de baisse et de remontée du niveau de la nappe se surimpose aux oscillations quotidiennes. Ces trois phénomènes semblent peu perceptibles à cause de l'échelle et du pas de mesure de l'appareil.

Les oscillations s'expliquent surtout par l'influence, des pulsations régulières de la pression atmosphérique sur le niveau piézométrique (Dulica et al, 1984) ;

Le report sur le tracé des hauteurs pluviométriques n'a pas permis de déterminer un seuil à partir duquel une remontée significative est observée. On note toutefois que les pluviométries supérieures ou égales à 56,9 mm ont entraîné une remontée nette tandis que les autres n'ont conduit qu'à une lente mais progressive remontée du niveau piézométrique.

### III.3.2. Les fluctuations saisonnières

Les niveaux piézométriques baissent régulièrement (fig. 48) du mois d'Octobre au mois de Juin (saison sèche) et remontent durant les mois de Juillet, Août et Septembre (saison des pluies). La descente et la remontée du niveau de la nappe sont étroitement liées aux précipitations. Cependant la remontée ne se fait pas dès les premiers mois pluvieux, il y a un décalage (temps de latence) entre le début de la



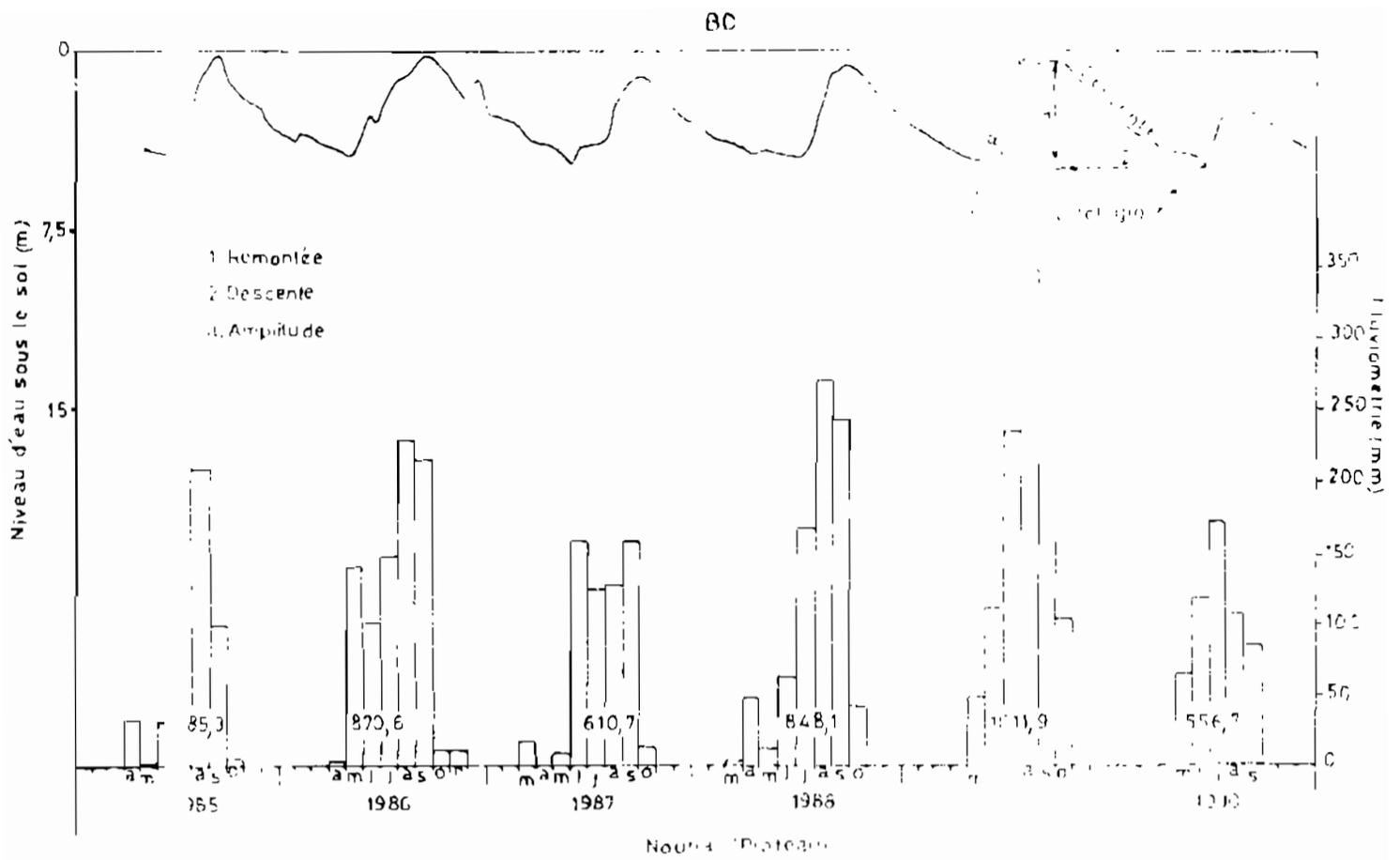


Fig. 48 Détails d'une fluctuation saisonnière

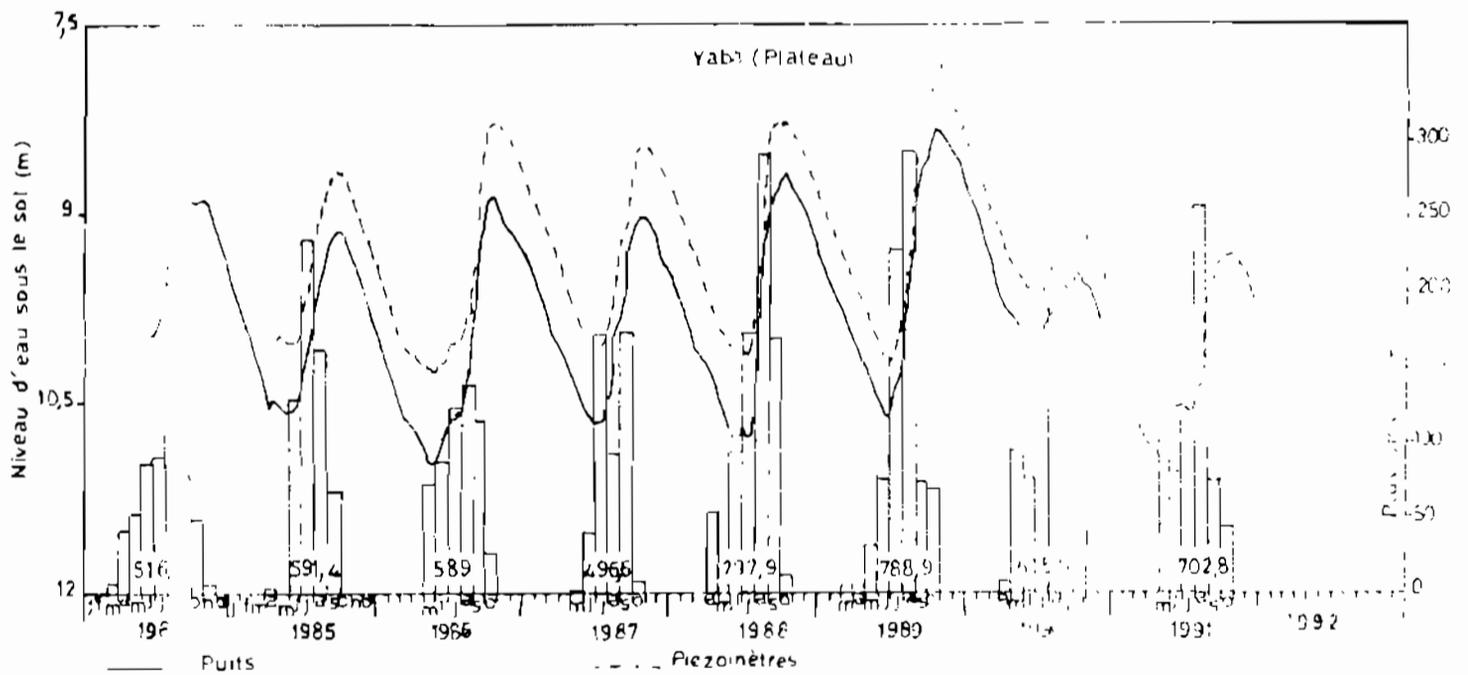


Fig. 49 Relation entre pluviométrie et remontée de la nappe

saison des pluies et la remontée du niveau piézométrique (fig. 49). Le temps de latence est plus ou moins long en fonction de la position géomorphologique et de la géologie du point d'observation.

Le tracé de la fluctuation peut être régulier ou en dents de scie (fig. 50). Ces dents peuvent s'expliquer par des successions de périodes sèches et pluvieuses, pendant la saison des pluies, entraînant des baisses et remontées du niveau de la nappe. Cette évolution en dents de scie ne modifie pas l'allure générale de la fluctuation saisonnière.

L'amplitude de fluctuation saisonnière est la différence entre les niveaux le plus bas et le plus haut de la nappe au cours de l'année hydrologique. Elle varie en fonction de la situation géomorphologique (fig. 51), de la lithologie (fig. 52) et de la pluviométrie (fig. 53).

\* Amplitude de la fluctuation en fonction de la géomorphologie

Au niveau des bas-fonds l'amplitude de la fluctuation est grande, elle varie de 2 à 11 m avec une moyenne de 8,31 m (fig. 51). Le temps de latence, entre les premiers mois pluvieux et la remontée du niveau piézométrique, est réduit. L'eau des précipitations parvient plus rapidement à la nappe au niveau des bas-fonds, en d'autres termes l'alimentation se fait plus directement.

Les amplitudes de fluctuation sont moyennes dans la zone de mi-pente. Elles vont de 0,63 à 5,64 m (fig. 53). La zone de mi-pente est une zone charnière, le temps de latence assez long. L'eau des précipitations met plus de temps que dans le précédent cas pour atteindre la nappe.

Pour les points situés dans la zone d'interfluve (fig. 52), l'amplitude de la fluctuation est faible, de 0,22 à 7,12 m, avec 2,55 m comme moyenne. La remontée du niveau de la nappe est lente, le temps de latence est plus long. La réalimentation de cette zone se fait assez tardivement.

\* Amplitude de fluctuation et lithologie

L'amplitude de la fluctuation semble être aussi fonction de la lithologie. Elle est plus faible (0,66 - 5,25 m) au niveau des piézomètres captant les sables argileux et les formations sédimentaires du Précambrien A (fig. 52).

Au niveau des piézomètres situés dans les formations latéritiques et sur le socle cristallin, les amplitudes sont grandes avec des moyennes qui varient de 1,81 à 20,47 m, (fig. 54). Il n'y a pas souvent de temps de latence. La remontée se fait très rapidement.



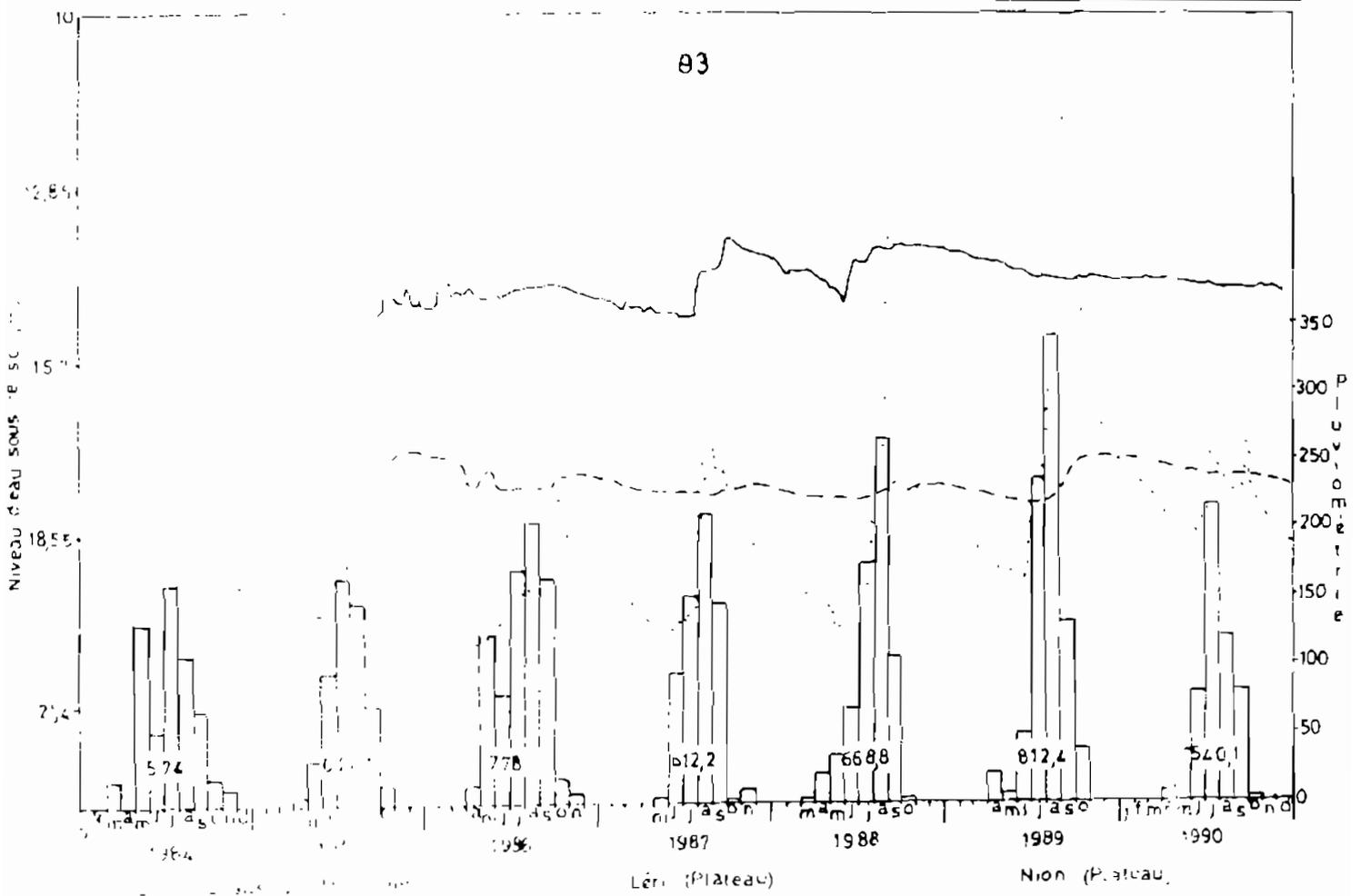


Fig. 52 Fluctuations au niveau des différentes lithologies

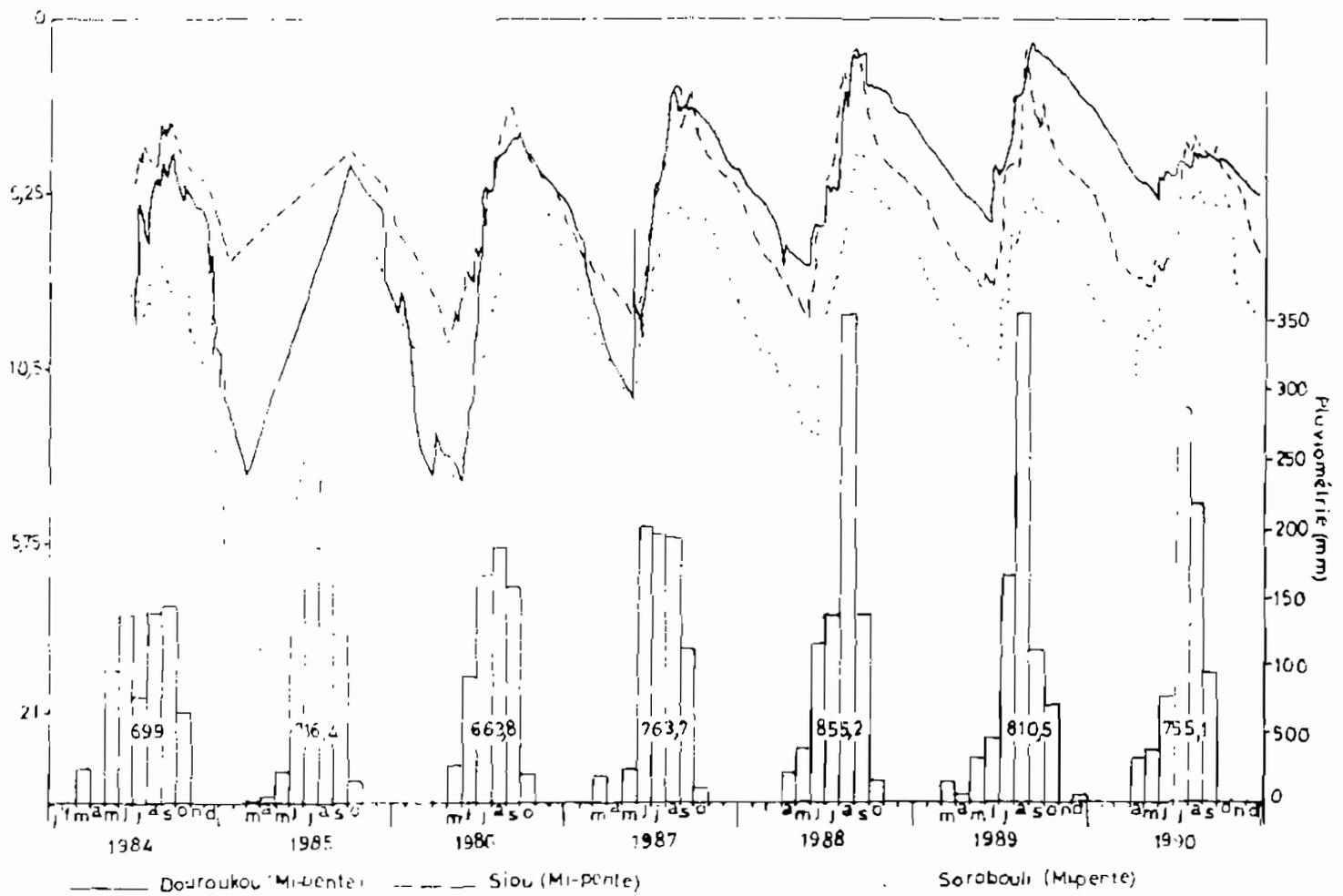


Fig. 53 Fluctuation en fonction de la pluviométrie

La descente est tout aussi rapide. Ceci s'explique par le fait que les latérites, étant de bons terrains d'infiltration (Palausi, 1951), favorisent une infiltration des eaux de pluie qui atteignent rapidement la nappe. Dans les formations cristallines du socle, les réseaux de fissures et diaclases qui sont perméables en grand favorisent l'arrivée rapide de l'eau de pluie à la nappe. La vidange rapide est expliquée par les mêmes phénomènes.

Cependant le manque de données fiables sur la lithologie des roches réservoirs où sont implantés les piézomètres incite à plus de prudence au niveau des interprétations.

\* Amplitude de fluctuation et pluviométrie

L'amplitude de fluctuation est fonction de la pluviométrie globale de l'année. En effet les tracés montrent que les fortes pluviométries engendrent les plus grandes amplitudes et qu'aux faibles précipitations correspondent les plus faibles amplitudes de fluctuation (fig. 55).

Si l'on considère que les prélèvements humains ( $0,7 \text{ m}^3/\text{h}$ ) affectent très peu les niveaux piézométriques comme l'a montré une étude du CIDA au Nord Ghana en 1978, alors on voit que la pluviométrie est le facteur principal qui influence les niveaux piézométriques.

L'évolution dans le temps de toutes les variations du niveau de la nappe constitue fluctuation pluriannuelle.

### III.3.3. Les fluctuations pluriannuelles

Le niveau le plus bas de la première année d'observation étant considéré comme niveau de référence ou de base, on constate qu'il évolue selon plusieurs cas de figure dont nous retiendrons trois principaux.

Le premier cas qui donne des courbes de type I montre une baisse du niveau de base (fig. 56). Ce type est surtout observé dans les grands centres urbains (Boromo, Kouka, Dédougou, Tougan, Bagassi, Solenzo). La baisse du niveau des nappes calculées pour la période allant de 1984 à 1990 va de  $0,07 \text{ m}$  par an en moyenne à Solenzo à  $0,75 \text{ m}$  à Kouka. Les plus fortes valeurs se rencontrent au niveau des grandes villes où, l'installation des forages d'exploitation de l'Office National de l'Eau et de l'Ass<sup>ni</sup>ssement (O.N.E.A.) pourrait contribuer à la baisse du niveau des nappes. La nappe semble se vider. La cause principale semble être une exploitation intense des nappes que ne

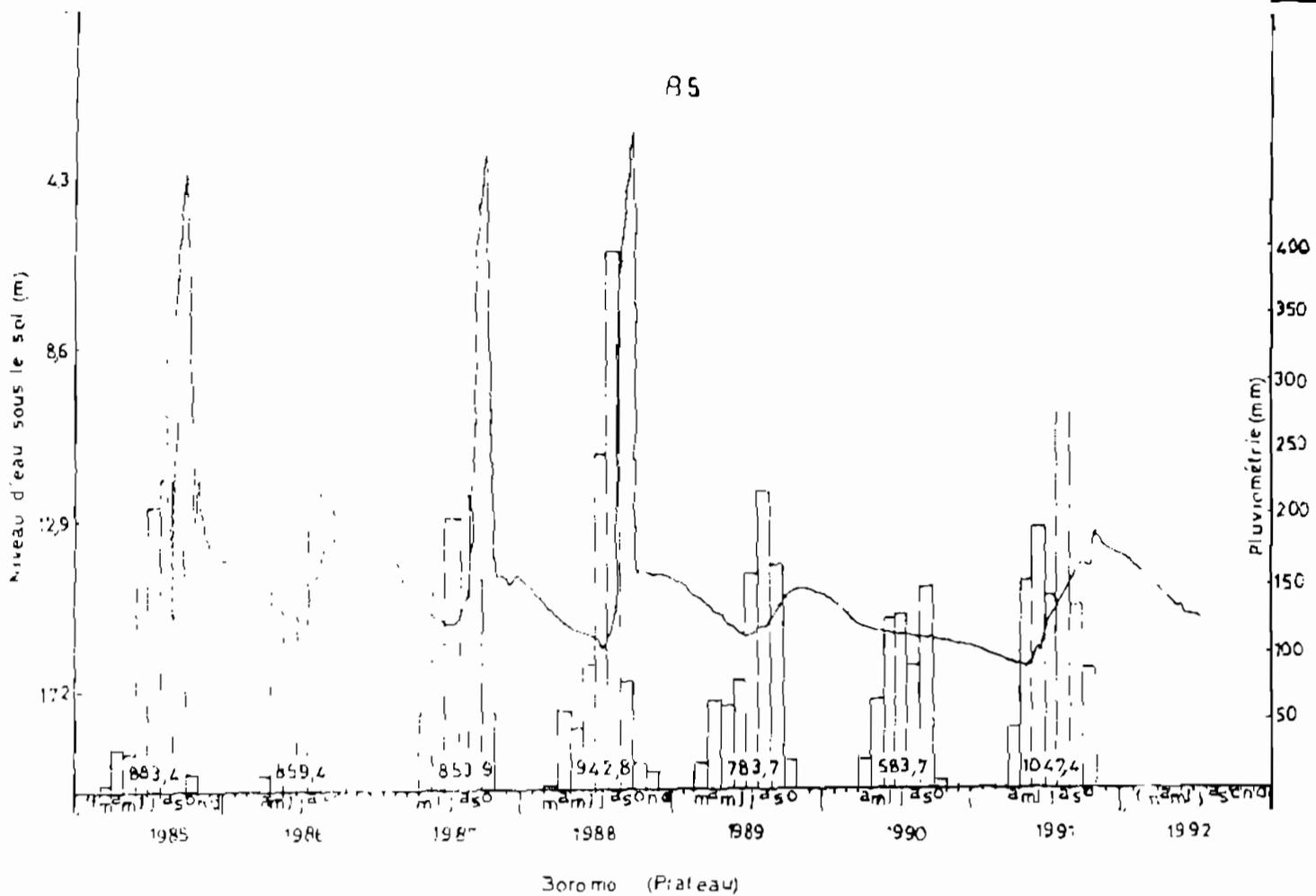
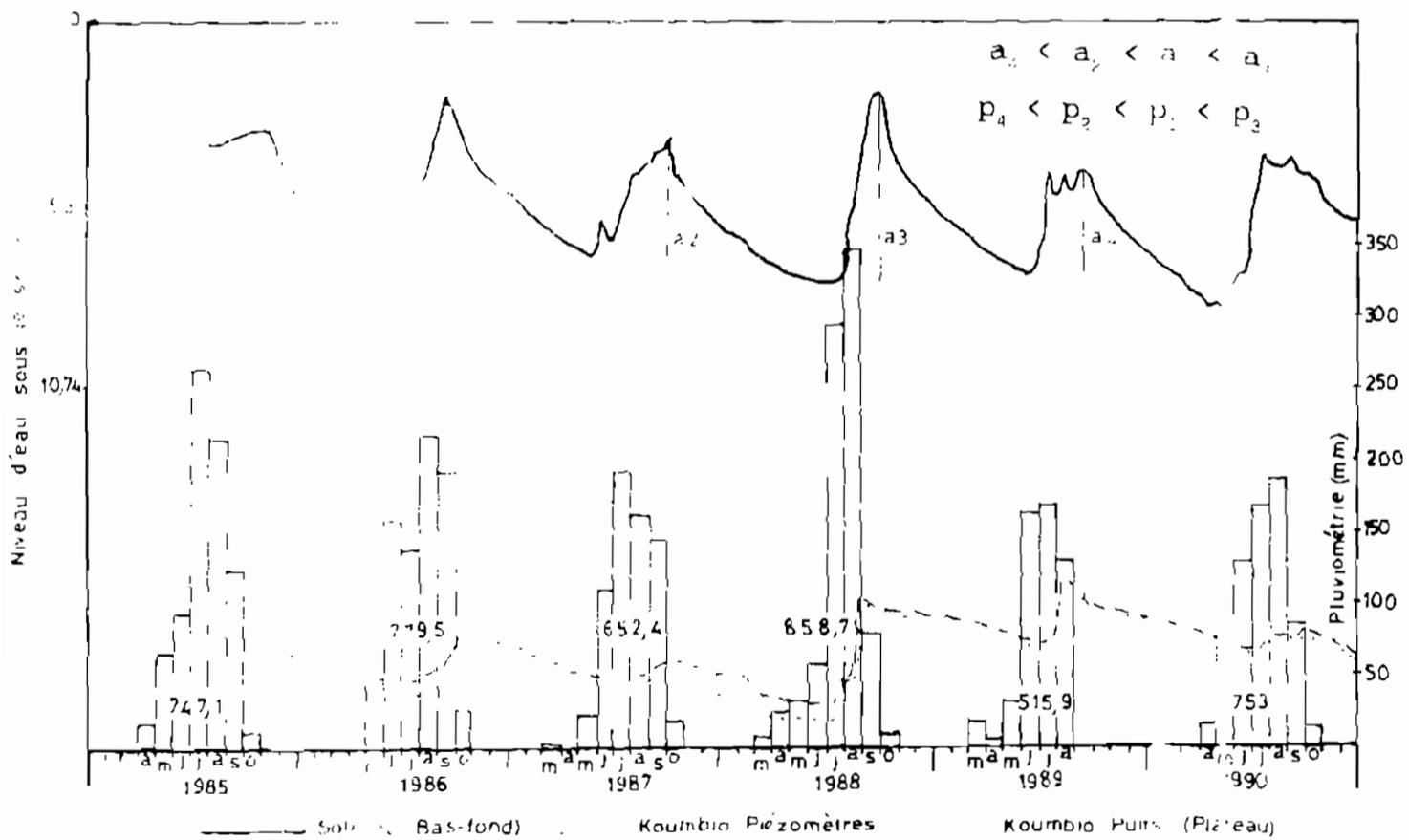


Fig. 54 Fluctuation au niveau d'une formation de socle



Pluviométrie et amplitude de fluctuation

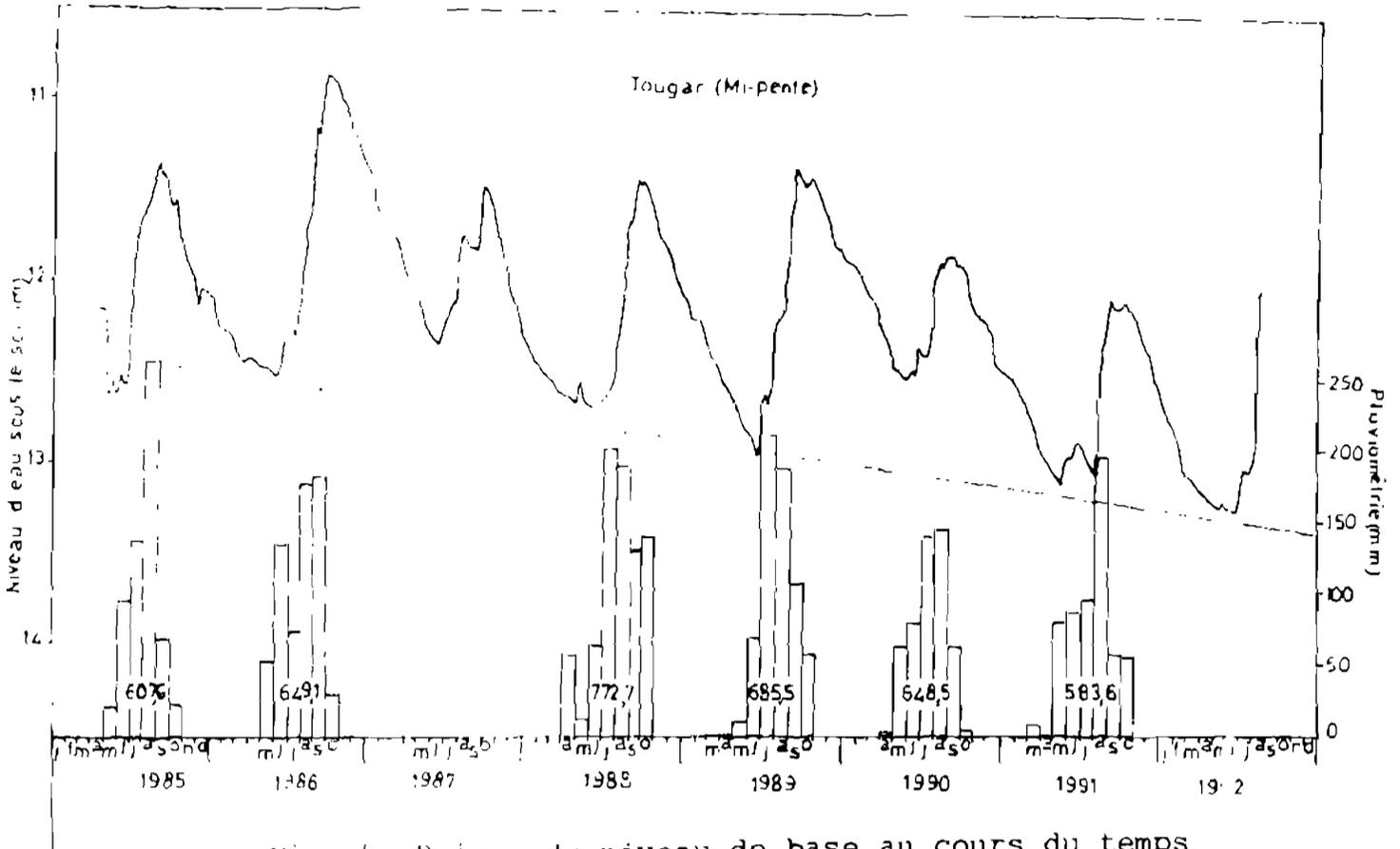


Fig. 56 Baisse du niveau de base au cours du temps

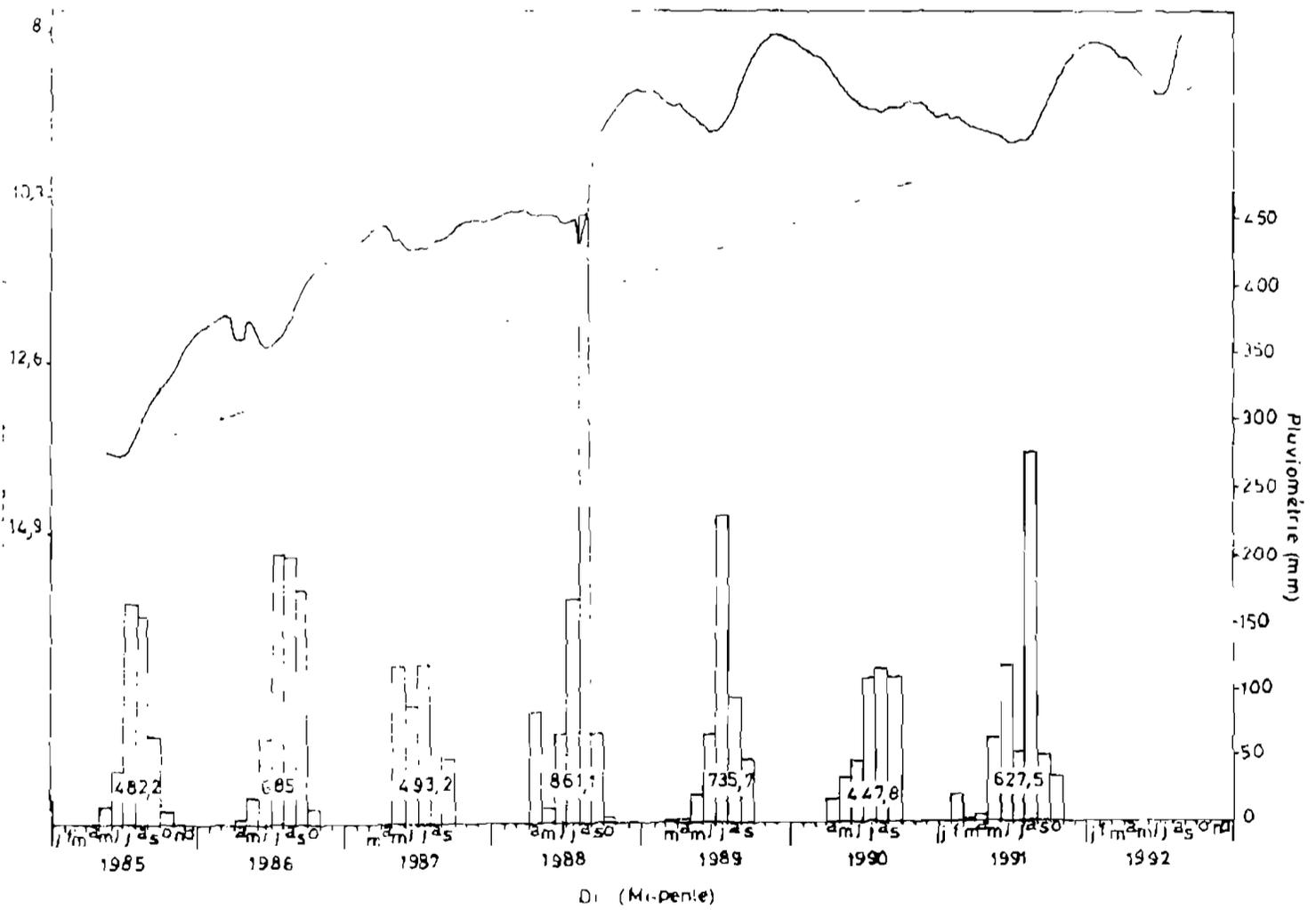


Fig. 57 Remontée du niveau de base au cours du temps

compense pas la réalimentation par les précipitations.

Une légère remontée est observée après 1988, année à précipitation excédentaire par rapport à la moyenne pluriannuelle de la région.

Le deuxième cas avec des courbes de type II pour lesquelles le niveau de base augmente régulièrement depuis le début des observations (fig. 57). Cette remontée lente et progressive du niveau de la nappe semble très peu influencée par la pluviométrie. La remontée moyenne annuelle varie de 0,021 m à 0,72 m.

A Di, cette remontée semble liée à la construction du canal qui dévie les eaux du Mouhoun dans le Sourou. Les eaux de cet immense barrage qu'est le Sourou s'infiltreraient et contribueraient à relever le niveau piézométrique.

Le troisième cas (type III) montre d'abord une baisse du niveau de base d'abord suite aux précipitations déficitaires, puis une remontée après une année à pluviométrie normale ou excédentaire. Dans la région 1988 marque le début de la remontée du niveau piézométrique (fig. 58 et 59). En effet la pluviométrie de 1988 est partout supérieure à la moyenne interannuelle de chaque station pluviométrique. La nappe semble être locale et assujettie à la pluviométrie.

L'eau des précipitations parvient très rapidement à la nappe. Ce cas se rencontre surtout au niveau des points d'observation situés dans les bas-fonds.

La figure 60 illustre les valeurs moyennes de baisse du niveau de base depuis le début des observations dans la région de la boucle du Mouhoun. La figure 61 montre la répartition des types de réactions des nappes de la région de la boucle du Mouhoun. La tendance générale est à la baisse aussi bien au niveau des formations sédimentaires que des formations du socle cristallin. Les remontées s'observent surtout au niveau des formations sédimentaires et particulièrement près du Sourou. Dans le socle cristallin les piézomètres qui enregistrent une remontée sont situés à proximité d'un chenal.

Le niveau piézométrique, les amplitudes de fluctuation, la remontée plus ou moins rapide ou décalée par rapport aux premiers mois pluvieux montrent que les points d'observation réagissent de différentes manières vis à vis des précipitations. Ce qui amène à penser que les points d'observation pourraient appartenir à différents systèmes hydrogéologiques : locaux, semi-régionaux et régionaux.

\* Le système local se caractérise par sa faible étendue, sa faible épaisseur. Ce sont les nappes des cuirasses latéritiques, les nappes

---

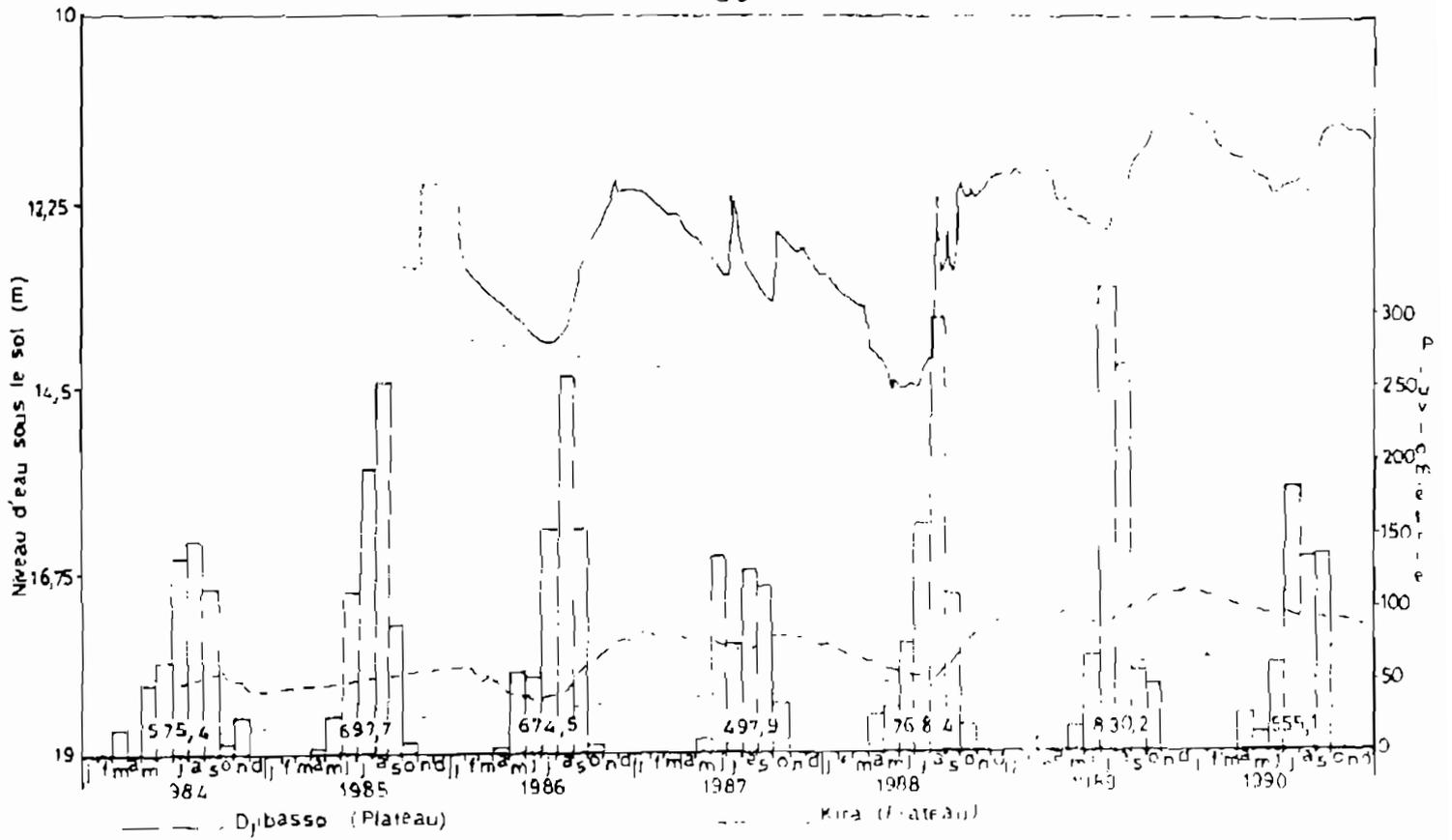


Fig. 58 Baisse suivie de remontée à partir de 1988

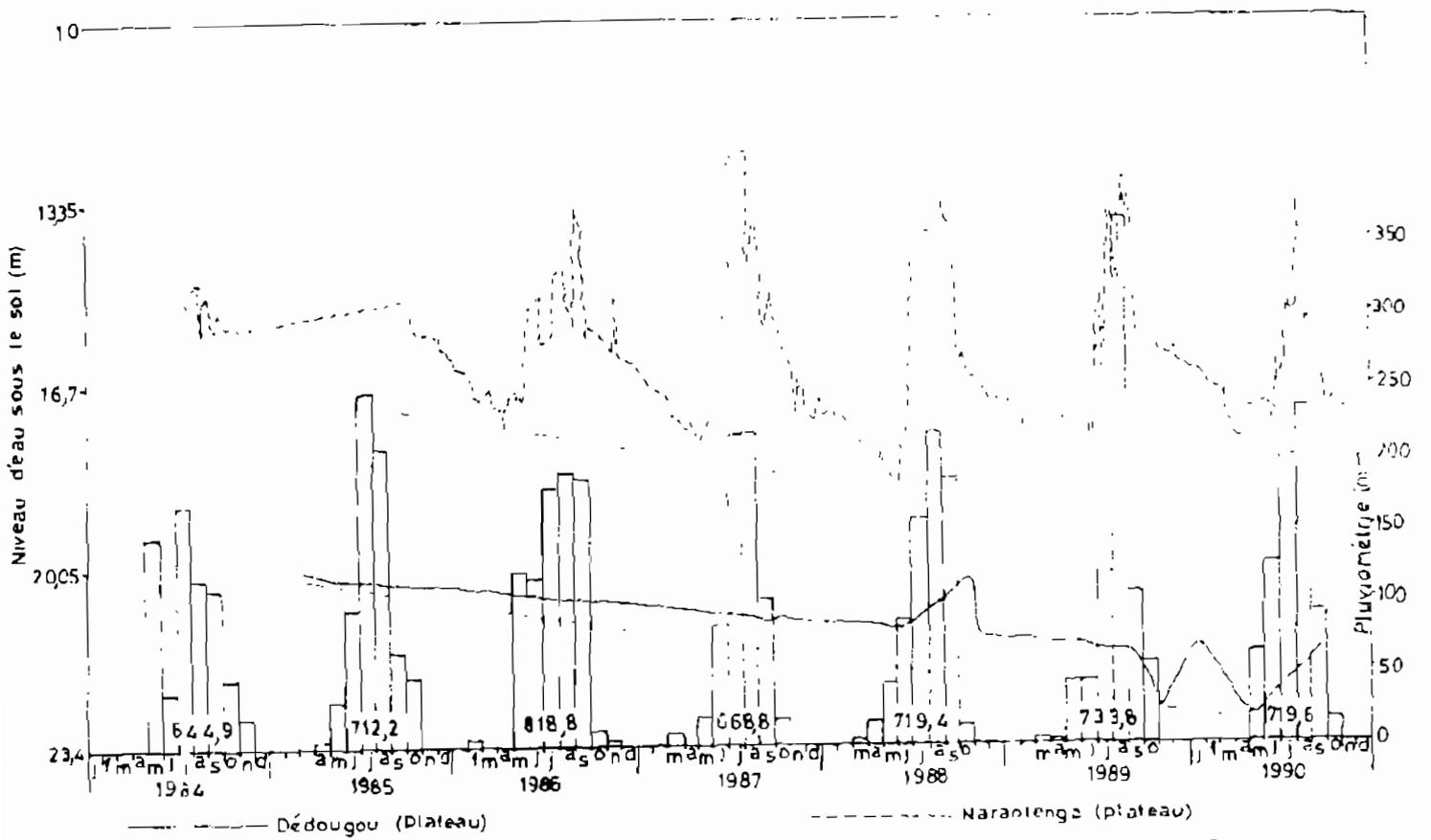


Fig. 59 Baisse suivie de remontée à partir de 1988



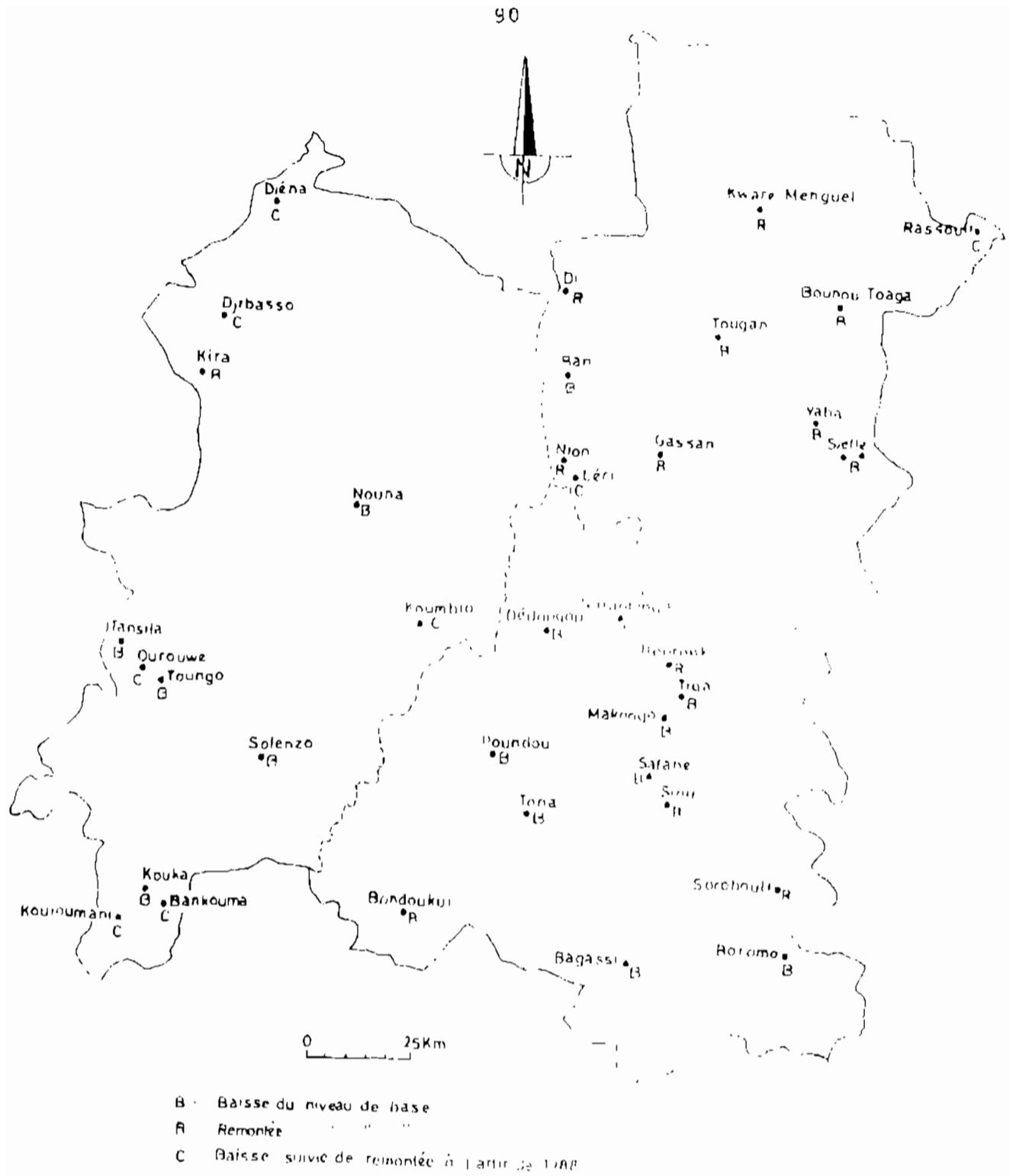


Fig. 61 Carte de comportement des points

alluviales des bas fonds. Peu étendu ce système réagit très rapidement aux apports notamment à la précipitation. Cette réaction sera fonction de l'étendue, de l'épaisseur, de la lithologie de la couche magasin et des couches susjacentes. Le système local se caractérise par :

- un niveau piézométrique peu profond ;
- une remontée très rapide sans temps de latence ;
- une grande amplitude de la fluctuation.

\* Le système semi-régional est plus étendu et plus profond que le système local et est alimenté par les précipitations, les écoulements latéraux et peut être l'écoulement vertical. Les pertes sont constituées par l'évapotranspiration, le prélèvement humain, l'écoulement latéral et la drainance. Le niveau piézométrique est assez profond mais dépend de la géomorphologie.

L'amplitude de la fluctuation est modérée à moyenne. Il y a un décalage entre le début de la saison des pluies et le pic de la remontée.

\* Le système régional, étendu, englobe plusieurs systèmes locaux et semi-régionaux. Il se caractérise par son importante épaisseur et implique de vastes régions géologiques. Le niveau de la nappe est profond, la remontée est lente tout comme la descente. La fluctuation a une très faible amplitude. Il y a un décalage net entre le début de la saison des pluies et le pic de la remontée.

Le manque de piézomètres captant différents niveaux au sein d'un même point d'observation est un sérieux handicap pour l'étude des systèmes hydrogéologiques semble à celle effectuée par IWACO en 1989 dans le Yatenga.

En conclusion on peut dire que les niveaux piézométriques sont influencés par un processus naturel annuel d'alimentation et de vidange tributaire de la pluviométrie. Les fluctuations sont importantes au niveau des bas-fonds et dans les régions à faible pluviométrie.

Les nappes se comportent de trois manières différentes depuis le début des observations. Le niveau de base des nappes des gros villages est en train de baisser. Celui de la zone de Di est en train de remonter suite semble-t-il aux aménagements sur le cours de certains cours d'eau et malgré la baisse de la pluviométrie. Enfin 1988 est une année qui marque la remontée du niveau de base des nappes dans la région, à cause de la forte pluviométrie enregistrée.

### III.4. Hydrochimie

L'étude hydrochimique a pour but de déterminer la potabilité, l'origine et la pollution des eaux souterraines. Elle peut aussi contribuer à la classification des eaux et en déterminer les emplois que l'on peut en faire.

Après avoir étudié la composition chimique de l'eau de pluie, nous analyserons les données sur le pH, la minéralisation puis les faciès chimiques et enfin les éléments de pollution.

#### III.4.1. Composition chimique de l'eau de pluie

La composition chimique de l'eau de pluie du 18/09/92 à la station météorologique de Dédougou est la suivante :

pH	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
5.45	14.5	1.6	0.24	0.25	0.3	0	0.77	0.91	15.72	0	2.42

CE est la conductivité électrique exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , les anions et les cations sont exprimés en mg/l.

Cette eau est peu minéralisée (TDS = 22,21 mg/l et conductivité électrique = 14,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), légèrement acide (pH = 5,45). Cette légère acidité et cette faible minéralisation s'expliquent par la forte continentalité du point d'échantillonnage (Mathieu et Monnet, 1967 ; Travi et al., 1986). En outre cette eau est dépourvue de chlore, elle contient très peu de nitrate (0,77 mg/l). La teneur en potassium est supérieure à celle du sodium. Cet échantillon est de type faciès bicarbonaté.

#### III.4.2. Composition chimique des eaux souterraines

Le pH, la conductivité électrique, les faciès chimiques sont étudiés, puis une tentative d'explication sera donnée à la minéralisation et ses processus.

Les mesures de température dont nous disposons sont peu nombreuses et ont été prises pendant le développement ou durant l'essai de puits. Ces températures varient de 25 à 34°C (Annexes III). Leur étude n'apporte pas de renseignement particulier.

## III.4.2.1. Le pH

Les eaux des formations sédimentaires de la boucle du Mouhoun ont des pH compris entre 4 et 9 (tableau 9).

Formation géologique	pH de l'eau				
	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9
Précambrien A	0.3	6.1	23.8	45.3	24.4
Continental terminal	0	2.8	7.1	47.1	42.8
Grès de Bandiagara	0	0	47.8	47.8	4.3
Grès de Koutiala	0	5.9	41.2	52.9	0
Schistes de Toun	0	5.8	13.5	53.9	27
Grès roses	0	0	23	46.2	30.8
Etage schisto-grésodolomitique	1.5	2.9	14.5	43.2	30.7
Grès à galets de quartz	0	28.1	37.5	21.8	12.5
Grès de Sotuba	0	6.1	36	38	16

Tableau 9 Répartition des pH des eaux par formation

Dans les grès de Sotuba l'eau a un pH neutre (38 % des pH sont compris entre 7 et 8). L'eau des grès à galets de quartz se singularise par des pH acides (28,1 % des pH sont inférieurs à 6). A 43,1 % des pH compris entre 7 et 8 et 30,7 % des pH compris entre 8 et 9, l'eau de l'étage schisto-grésodolomitique est plus acide que celle des deux premières formations. L'eau des grès roses se présente dans des proportions semblables à celle de l'étage schisto-grésodolomitique. L'eau des schistes de Toun a des pH assez élevés (53.9 % des pH sont compris entre 7 et 8 et 27 % sont compris entre 8 et 9). Au niveau des grès de Koutiala et de Bandiagara le pH de l'eau est moyen (les pH sont compris entre 6 et 8). Les pH sont légèrement plus élevés au niveau du Continental terminal.

L'eau des formations sédimentaires du Précambrien A de la boucle du Mouhoun est très proche de la neutralité. Le pH des grès est plus faible que celui des schistes et des formations sablo-argileuses du Continental terminal.

Des mesures effectuées sur une centaine de puits traditionnels,

captant l'aquifère des latérites, dans la ville de Dédougou au cours du mois d'Octobre 1991 ont donné des pH compris entre 2,6 et 7,2. Ces eaux sont nettement plus acides que celles des forages.

#### III.4.2.2. La minéralisation des eaux souterraines

La minéralisation de l'eau peut être déterminée soit par la conductivité électrique, soit par la teneur en ions dissous ou encore par le résidu sec.

##### III.4.2.2.1. Conductivité électrique et TDS de l'eau

La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. Sa variation est liée, à température constante, aux modifications de la minéralisation des eaux souterraines.

Dans les formations sédimentaires du Précambrien A les conductivités électriques de l'eau varient de 10 à plus de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La teneurs en ions dissous (TDS), obtenue par sommation de concentrations des anions et cations, varie de 10 mg/l à plus de 2500 mg/l.

La figure 62 présente la corrélation entre la conductivité électrique et les teneurs en ions dissous. La conductivité électrique augmente en fonction de la teneur en ions dissous et de la nature des sels dissous (Bogomolov, 1962 ; Castany, 1968). On obtient une droite de corrélation d'équation  $Y = 0,0012 X + 0,0146$ .

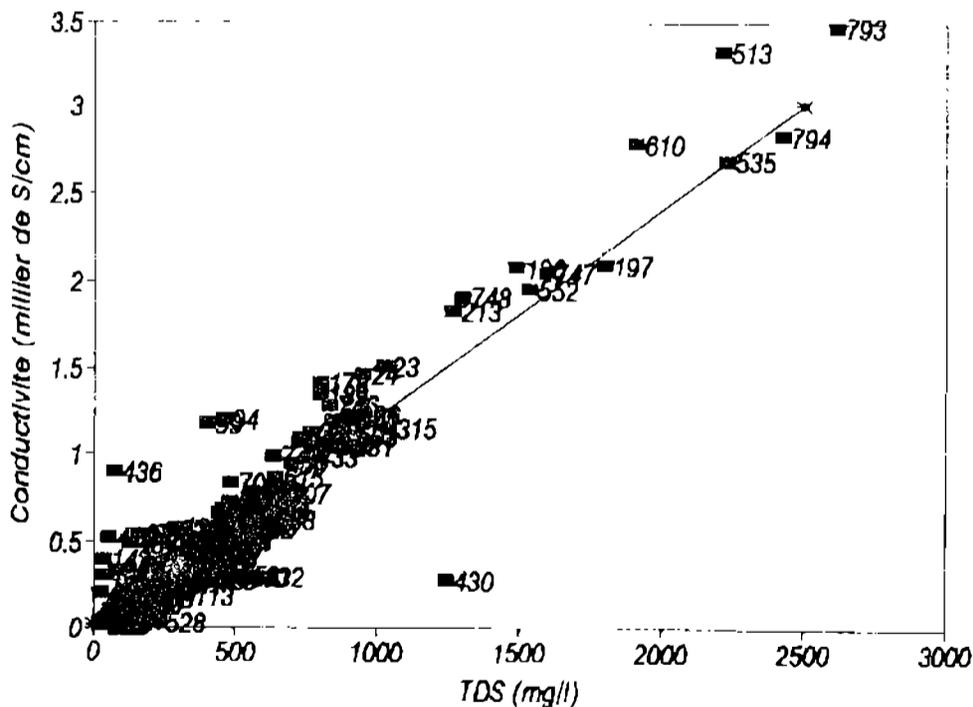


Fig. 62 Corrélation Conductivité/TDS

Le tableau 10 résume la répartition de la conductivité des eaux des formations sédimentaires du Précambrien A de la boucle du Mouhoun.

Dans les grès de Sotuba, la conductivité électrique de l'eau varie de 20 à 3500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne de 385  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . L'eau est faiblement à moyennement minéralisée (76.9 % des conductivités électriques sont inférieures à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ; 13.8 % comprises entre 500 et 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ; 7.7 % comprise entre 1000 et 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La conductivité électrique de l'eau des grès à galets de quartz varie de 10 à 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne qui se situe à 170  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Annexe IV). Les eaux sont douces (moins de 10 % des conductivités électriques sont supérieures à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La conductivité moyenne des eaux de l'étage schisto-grésodolomitique est de 590  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et plus de 80 % des eaux ont une conductivité électrique inférieure à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La minéralisation est moyenne à forte.

Avec 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductivité électrique moyenne, les eaux des grès roses sont peu minéralisées.

Plus de 50 % des eaux des schistes de Toun ont une conductivité électrique supérieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Elles sont moyennement minéralisées.

Formation géologique	Conductivité électrique de l'eau ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )				
	0-500	500-1000	1000-2000	2000-3000	>3000
Précambrien A	67.4	21.1	8.7	1.6	1.1
Continental terminal	55.7	28.5	14.3	0	1.4
Grès de Bandiagara	86.9	13	0	0	0
Grès Koutiala	94.4	4.6	0	0	0
Schis Toun	49	32	9.4	7.5	1.8
Grès roses	68	32	0	0	0
Etage schisto-grésodolomitique	60.8	21.7	13	2.8	1.4
Grès à galets de quartz	90.6	6.3	3.1	0	0
Grès Sotuba	76.9	13.8	7.7	0	1.5

Tableau 10 Répartition des conductivités de l'eau des forages (en pourcentage)

Les conductivités électriques des eaux des grès de Koutiala et de Bandiagara sont les plus faibles. Elles sont toutes inférieures à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Plus de 85 % de ces conductivités sont inférieures à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les eaux sont faiblement minéralisées.

Au niveau des eaux du Continental terminal apparaissent des conductivités électriques allant de 1000 à plus de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La minéralisation est importante.

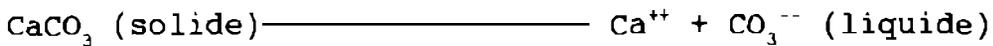
Les faibles conductivités se rencontrent au niveau des grès et les fortes conductivités au niveau des schistes (schistes de Toun, étage schisto-gréso-dolomitique).

Les conductivités élevées (supérieures à 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sont dues dans 60,8 % des cas à de fortes teneurs en  $\text{SO}_4$  ; 28,9 % aux nitrates ; 4,3 % à de fortes concentrations de calcium ; 2,9 % aux fortes teneurs en potassium et dans 1,4 % à de fortes teneurs en sodium.

Les eaux des formations sédimentaires du Précambrien de la boucle du Mouhoun sont faiblement minéralisées. Les conductivités varient, en fonction des teneurs en ions dissous et selon les formations géologiques dans lesquelles les eaux sont contenues.

#### III.4.2.2.2. Indices de saturation

L'état d'équilibre ou de saturation par rapport à un minéral donné est caractérisé par un indice de saturation  $I_s$ . Le produit des activités ioniques est comparé au produit de solubilité  $K_s$  à la température de l'échantillon (Zakhem, 1990). Considérons l'exemple d'une solution en présence de calcite.



L'indice de saturation se définit comme :

$$I_s = \log \text{PAI}/K_s$$

PAI l'activité ionique de la calcite et  $K_s$  le produit de solubilité. Si  $\text{PAI} = K_s$  alors  $I_s = 0$ , la solution est en équilibre par rapport à la calcite.

Si  $\text{PAI} < K_s$ ,  $I_s < 0$ , la solution est sous saturée.

Si  $\text{PAI} > K_s$   $I_s > 0$ , la solution est sursaturée.

L'incertitude due aux des multiples erreurs de mesure et de calcul est de l'ordre de 0,5 (in Kechtemen, 1992).

L'indice de saturation de la dolomite trouvée dans les eaux de la zone d'étude est presque égal au double de celui de la calcite.

L'eau de pluie et des sources, avec un indice de saturation de

- 4,39 pour la calcite et de - 9,22 pour la dolomite, est sous saturée en ces deux éléments. Ces indices sont les plus faibles de la zone d'étude. Cette eau est en équilibre vis à vis du quartz (indice de saturation - 0,44).

Les indices de saturation varient de - 5,28 à + 1,3 pour la calcite, de - 9,5 à + 2,75 pour la dolomite et de - 9,5 et - 0,36 pour le gypse dans les eaux souterraines. Ces eaux sont sous saturées, saturées et sursaturées en calcite et en dolomite. Elles sont toutes sous saturées en gypse.

D'une façon générale les eaux de la région des falaises et de l'est de la zone d'étude sont sous saturées en calcite et en dolomite tandis que celles de la plaine sont saturées voire sursaturation (Fig. 63). Le temps de séjour de l'eau est plus bref dans la région des falaises que dans la plaine. En effet en l'absence de tout apport extérieur, l'état de sur saturation d'une solution à l'égard de l'équilibre est régi par la durée de contact du solvant avec le solide (Fakir et Abdoufirassi, 1992). Plus une eau est sursaturée en un minéral et plus son temps de contact avec celui-ci est long. Or dans la région des falaises les eaux sont sous saturées vis à vis de la calcite et de la dolomite. L'étude des indices de saturation montre l'alimentation des nappes se ferait dans les zones de falaises et de collines, aux eaux sous saturées. Ceci confirme les études d'IWACO en 1987.

Les indices de saturation de la calcite varient de - 6 à + 3 en fonction de la lithologie de la roche réservoir.

Les relations entre les indices de saturation en calcite et dolomite et la lithologie des roches réservoirs ne sont pas très nettes. Toutefois on note que ces indices de saturation sont souvent inférieurs à 0 (eaux sous saturées) dans les eaux des sables tandis que ceux des eaux des grès, des argiles et des schistes sont supérieurs à 0 (eaux saturées à sursaturées).

#### III.4.2.2.3. Les rapports ioniques

L'étude des rapports ioniques ( $Mg^{2+}/Ca^{2+}$  par exemple) fournit des renseignements sur l'origine des eaux souterraines.

Les rapports  $Mg^{2+}/Ca^{2+}$  varient (Annexes IV) de 0,19 à 1,1 dans les eaux des grès de Sotuba ; de 0,12 à 10 dans les grès à galets de quartz ; de 0,2 à 7,2 au niveau de l'étage schisto-gréso-dolomitique ; de 0,28 à 3,7 dans les grès roses ; de 0,07 à 1,38 dans les schistes de Toun ;

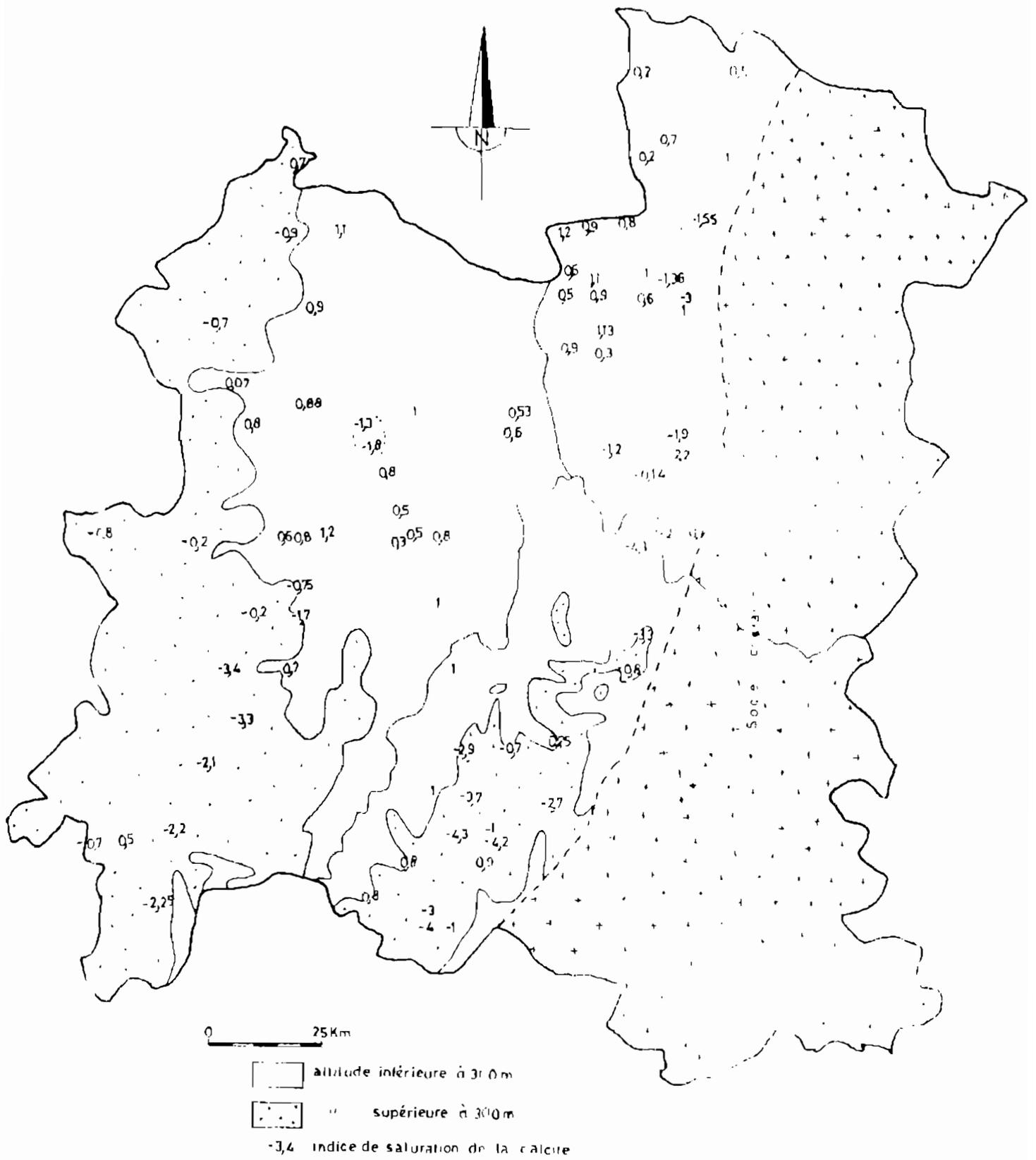


Fig. 63 Répartition de l'indice de saturation de la calcite

de 0,14 à 2,37 dans les grès de Koutiala ; de 0,09 à 6,5 dans les grès de Bandiagara et de 0,24 à 2,72 au niveau du continental terminal. Ces rapports ne semblent pas liés à la minéralisation. Toutefois dans la plupart des eaux fortement minéralisées (conductivité électrique supérieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), le rapport  $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$  est inférieur à 1.

#### III.4.2.3. *Faciès chimiques des eaux*

Les pourcentages des cations et anions exprimés en milliéquivalent ont permis d'établir sur diagramme de Piper les faciès chimiques des eaux des formations sédimentaires du Précambrien A (fig. 6'). Nous avons pris des analyses assez correctes avec une balance ionique inférieure à 10 %. Les eaux des formations sédimentaires du Précambrien A de la boucle du Mouhoun sont en majorité de type bicarbonaté (calcique, calcique et magnésien) tout comme la plupart des eaux des formations de socle du Burkina Faso (Anonyme, 1986) et la majorité des eaux de l'Afrique occidentale (B.R.G.M., 1967).

Les faciès chloruré, sulfaté calcique et magnésien sont fréquents. Le faciès chloruré sodique et potassique et le faciès carbonaté sodique et potassique sont moins fréquents. Quant au faciès hyperchloruré calcique, il est rare.

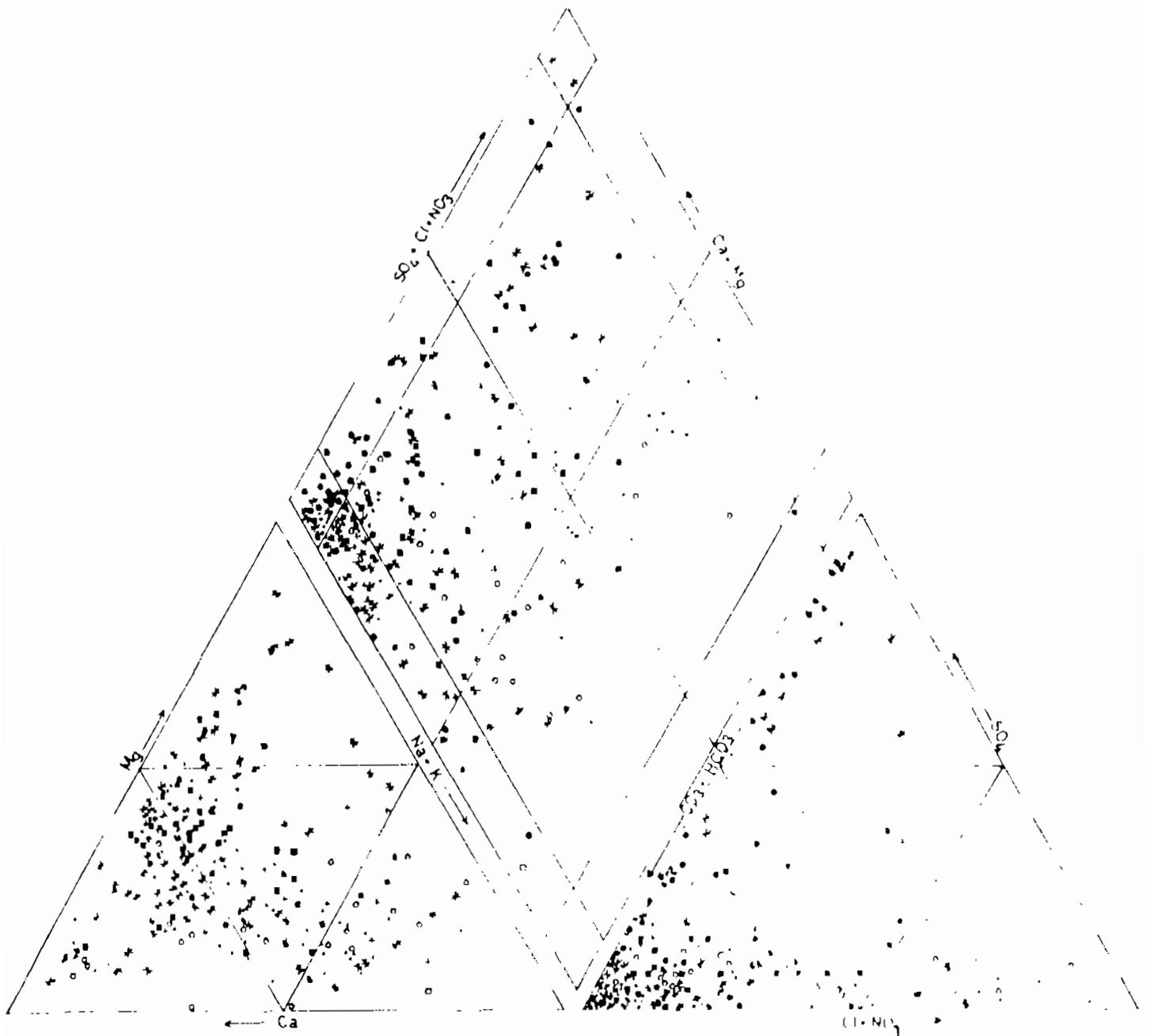
La figure 6 montre la répartition des faciès chimiques des eaux des formations sédimentaires de la boucle du Mouhoun.

Le faciès bicarbonaté calcique semble se localiser le long du fleuve Mouhoun. Le Nord-Est est dominé par les faciès chloruré calcique et magnésien et sulfaté calcique et magnésien. Le centre est le siège du faciès bicarbonaté calcique et magnésien. Au Sud, le faciès bicarbonaté calcique est rare.

##### III.4.2.3.1. *Faciès chimiques des eaux et géologie*

Les faciès chimiques des eaux des aquifères profonds varient en fonction de la formation géologique réservoir. Leur répartition est présentée au tableau 11.

Tous les faciès chimiques sont représentés au niveau des grès de Sotuba. Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien (52,8 % des eaux) prédomine dans les eaux des réservoirs gréseux. Le faciès chloruré calcique et magnésien caractérise les eaux de réservoirs grésos-argileux ou grésos-schisteux.



- Grès de Sotuba      \* Grès à galets de quartz      \* Etage schisto-grésodolomitique
- Grès roses      • Schistes de Toun      + Grès de Koufala
- Grès de Bandiagara      ◼ Continental terminal      ◊ Eau de source

Fig. 64 Faciès chimiques des eaux de la zone d'étude

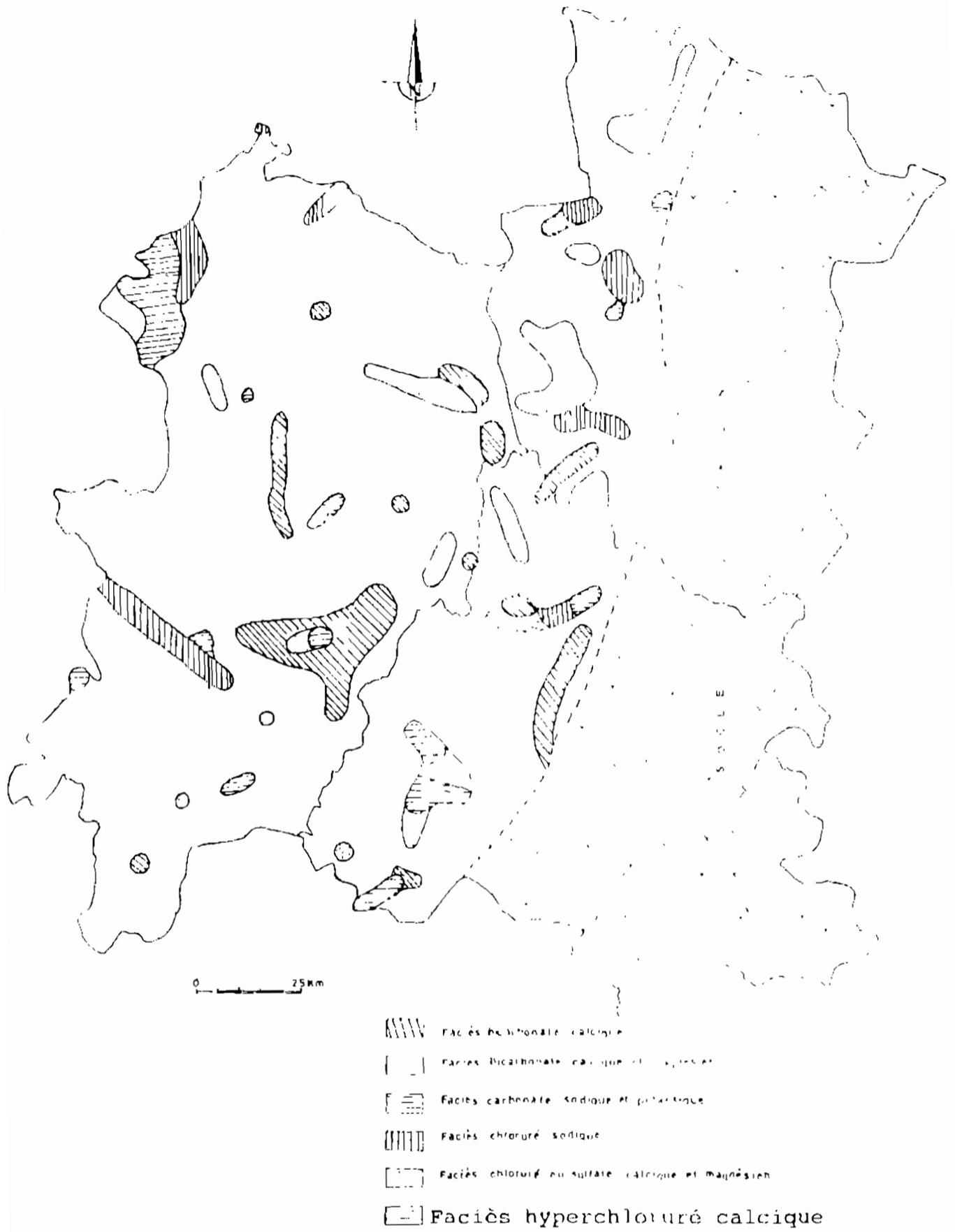


Fig. 65 Carte de faciès chimique des eaux souterraines

Formation géologique	Faciès chimiques						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Précambrien A	10.2	60.2	9.8	5.1	1.3	3	9.8
Continental terminal	7.4	70.3	3.7	3.7	0	0	14.8
Grès de Bandiagara	0	45	31.8	18.2	0	4.5	0
Grès de Koutiala	0	68	12.5	12.5	6.1	0	0
Schistes de Toun	20.4	52.2	6.8	0	2.2	2.2	15.9
Grès roses	0	80	20	0	0	0	0
Etage schisto-gréso dolomitique	18.6	57.6	3.4	0	0	5	13.5
Grès à galets de quartz	7.7	65.4	15.4	3.8	0	3.8	3.8
Grès de Sotuba	7.5	52.8	9.4	11.3	3.7	5.6	9.4

Tableau 11 Répartition des faciès des eaux des aquifères du Précambrien A

- C1 : Faciès bicarbonaté calcique    C5 : Faciès sulfaté sodique  
 C2 : Faciès bicarbonaté calcique et magnésien  
 C3 : Faciès carbonaté sodique et potassique  
 C4 : Faciès chloruré sodique et potassique  
 C6 : Faciès chloruré calcique et magnésien  
 C7 : Faciès sulfaté calcique et magnésien

Les grès à galets de quartz ont des eaux de faciès bicarbonaté calcique et magnésien (65,4 %). Le faciès carbonaté sodique et potassique est représenté à 15 % et les faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien à 6%. Le faciès sulfaté est absent dans ces eaux.

Les eaux de l'étage schisto-gréso-dolomitique se caractérisent par une prépondérance du faciès bicarbonaté calcique et magnésien (76.2 %). Les faciès chloruré sodique et potassique et sulfaté sodique ne se rencontrent pas dans ces eaux. Par contre il faut signaler la présence de faciès sulfaté calcique et magnésien (13,5 %) et de faciès hyperchloruré calcique (1,6 %), le faciès carbonaté sodique et potassique est très faiblement représenté (3,4 %).

Les faciès bicarbonaté calcique et magnésien (80 %) et carbonaté sodique et potassique (20 %) sont les seuls faciès des eaux des grès roses.

Les eaux des schistes de Toun sont de faciès bicarbonaté calcique et magnésien (72,6 %) et sulfaté mixte (15,9 %). Il n'y a pas de fa-

ciès chloruré sodique et potassique dans les eaux des schistes de Toun.

Les grès de Koutiala ont des eaux de faciès bicarbonaté calcique et magnésien (68 %) et carbonaté sodique et potassique (12,5 %). Les carbonaté sodique et potassique et chloruré sulfaté calcique et magnésien sont absents dans ces eaux.

Dans les grès de Bandiagara, les eaux sont de faciès bicarbonaté calcique et magnésien (45 %) et carbonaté sodique et potassique (31,8 %). Les faciès chloruré sodique et potassique et chloruré calcique et magnésien correspondent à 22 % des eaux. Le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien est absent de ces eaux.

Les eaux du Continental terminal sont de type bicarbonaté (77,7 %). Les faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien correspondent à 14,8 % des ces eaux. Le faciès carbonaté sodique et potassique n'est pas représenté dans les eaux de ces formations.

Le faciès bicarbonaté est caractéristique des formations gréseuses. On le rencontre donc partout dans cette zone dont les roches sont surtout des grès.

Les faciès chloruré ou sulfaté calcique et magnésien semblent caractériser les formations de l'étage schisto-gréso-dolomitique, des schistes de Toun et du Continental terminal qui sont constituées de schistes, d'argiles, de grès argileux et grès schisteux. Dans les grès de Koutiala et de Bandiagara où l'on ne rencontre pas de schistes et autres argiles, ces faciès chimiques sont absents.

Au niveau des falaises (grès de Koutiala et de Bandiagara), il n'y a ni faciès chloruré calcique et magnésien, ni faciès sulfaté calcique et magnésien. Le relief ne semble pas pour autant jouer un rôle important dans la distribution des faciès chimiques de l'eau. Ainsi le faciès bicarbonaté se retrouve aussi bien au niveau des falaises que de la plaine.

Il n'y a pas de relation évidente entre les niveaux piézométriques, les venues d'eau, la géologie, la minéralisation et les faciès chimiques.

#### III.4.2.3.2. Les processus de la minéralisation

Les processus de la minéralisation des eaux souterraines des formations sédimentaires du Précambrien A sont certainement complexes du fait caractère multicouche des aquifères ou de leur discontinuité.

---

Les faciès chloruré et sulfatés calciques et magnésiens caractérisent des eaux qui subissent une influence marine. Les faciès hyperchloruré calcique et hypersulfaté caractérisent des eaux qui ont subi une action évaporatoire et des eaux en contact avec le sel gemme (Appelo, 1985).

Dans la zone d'étude (portion Sud-Est du bassin de Taoudéni), compte tenu de la continentalité, l'influence marine actuelle est à écarter. Par contre une paléo-intrusion marine pourrait expliquer les faciès hyperchloruré et hypersulfaté rencontrés dans cette zone, comme c'est le cas de la nappe de l'Azaouad Nord (Diluca, 1980).

Si l'on se réfère aux indices de saturation vis à vis de la calcite, de la dolomite, du gypse et même du quartz, on peut dire que les eaux n'ont pas séjourné longtemps dans les différents réservoirs. Les fortes minéralisations (conductivité supérieure à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) seraient dues à des sources extérieures (pollution).

#### III.4.2.4. Eléments de pollution de l'eau souterraine

Certains éléments chimiques (nitrate, potassium, fer manganèse) se retrouvent en quantité anormalement élevée dans les eaux souterraines de la zone d'étude. Ces fortes concentrations dans l'eau souterraine peuvent donner des indications sur la nature particulière de la roche réservoir ou sur un apport extérieur (pollution éventuelle).

La particularité de la roche réservoir se traduit par la présence de minéraux riches en élément chimique qui est facilement mis en solution.

L'apport extérieur viendrait des eaux superficielles (cas d'alimentation directe) ou de source de pollution.

##### III.4.2.4.1. Les nitrates

L'eau de plusieurs forages (38, 43, 67, 103, 107, 210, 221 etc., Annexe IV) a des teneurs en nitrate très élevées (plus de 100 mg/l). Ces teneurs sont de loin supérieures aux normes internationales qui admettent jusqu'à 45 mg/l (Dégremont, 1978).

La figure 66 montre la répartition des fortes teneurs en nitrates dans la zone d'étude. Ces fortes teneurs peuvent provenir soit de la roche réservoir soit de sources de pollution.

La nature de la roche réservoir n'est pas directement impliquée

La nature de la roche réservoir n'est pas directement impliquée dans ces fortes teneurs en nitrate car elles se rencontrent dans toutes les formations géologiques et à toutes les profondeurs.

Il faut noter qu'elles se rencontrent sous les villages de type habitat groupé (Kouy, Ninlaré, Koussiry, Toéni ect..). L'absence d'une agriculture chimique exclut l'hypothèse d'une pollution par les engrais azotés. Ces fortes concentrations en nitrates seraient dues à une contamination par les anciens et actuels tas d'ordures ménagères des anciens et gros villages bobo, marka et samo (Groen et al. 1988 ; IWACO, 1987). Cependant les fortes concentrations en nitrate ne se rencontrent pas dans tous ces types de villages (Lah, Kosso ect..). Donc il faut admettre que la nature de la roche réservoir intervient dans le cas de fortes concentrations en nitrate. En effet la perméabilité en grand due au réseau de fractures et failles peut favoriser une forte percolation, entraînant les nitrates des tas d'ordures.

#### III.4.2.4.2. Le potassium (K).

Les fortes teneurs en potassium sont généralement associées à celles des nitrates, elles peuvent atteindre 100 mg/l dépassant ainsi de loin les normes internationales qui sont de l'ordre de 12 mg/l (Rodier, 1976 ; Dégremont, 1978). La figure 6 montre la répartition des fortes teneurs en potassium.

Le tableau 12 montre les pourcentages de concentrations de potassium supérieures à 20 mg/l dans les différentes formations sédimentaires du Précambrien A de la boucle du Mouhoun.

Formation géologique	Pourcentage	
	K > Na	K > 20 mg/l
Continental terminal (54)	27.27	12.96
Grès de Bandiagara (22)	40	18.18
Grès de Koutiala (16)	31.25	6.25
Schistes de Toun (47)	12.76	4.25
Grès roses (20)	35	5
Etage schisto-gréseux (59)	38.9	10.17
Grès à galets de quartz (27)	59	7.4
Grès de Sotuba (55)	40	16.36

Tableau 12 Répartition de K > Na (en mg/l)

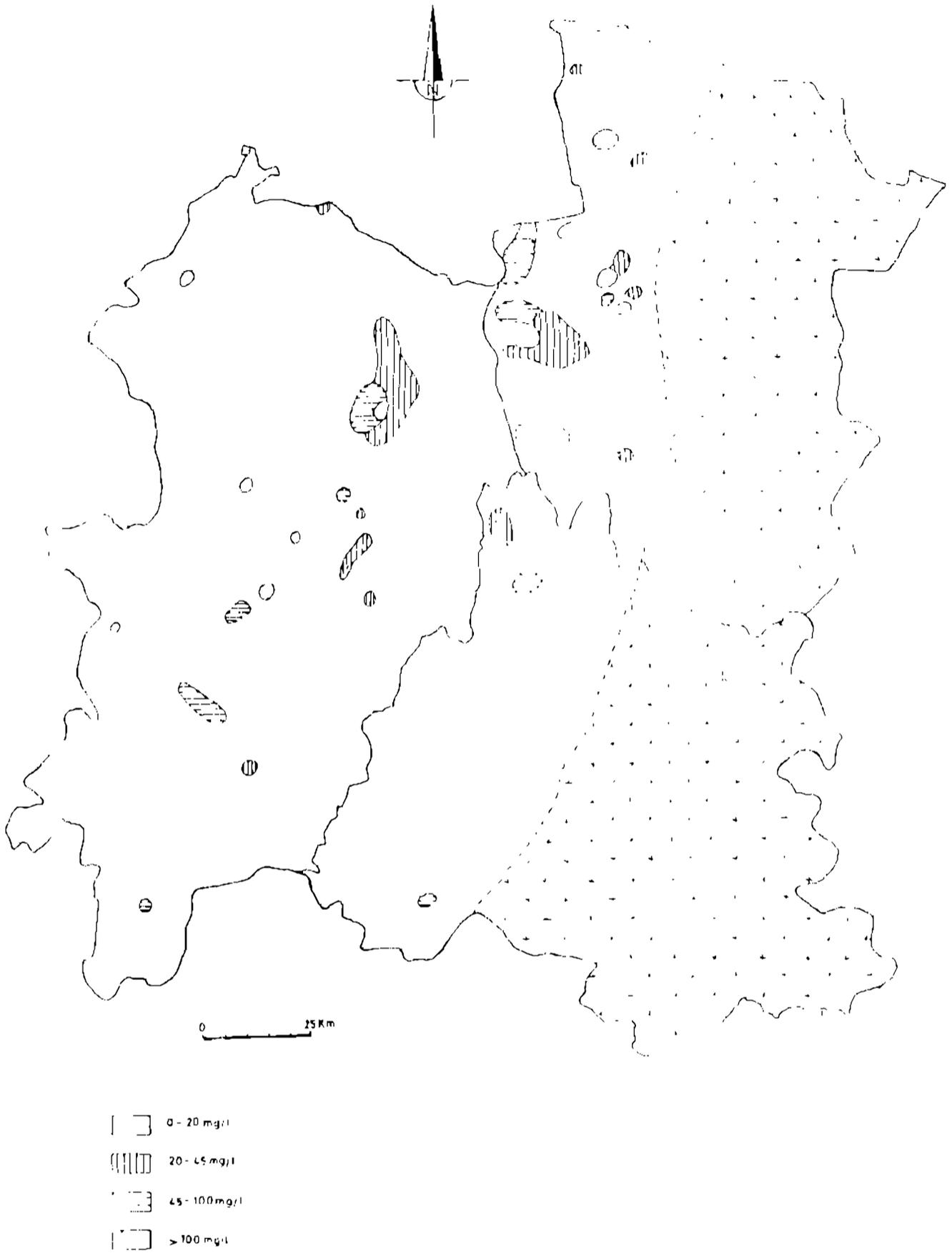


Fig. 66 Teneurs en nitrates des eaux souterraines

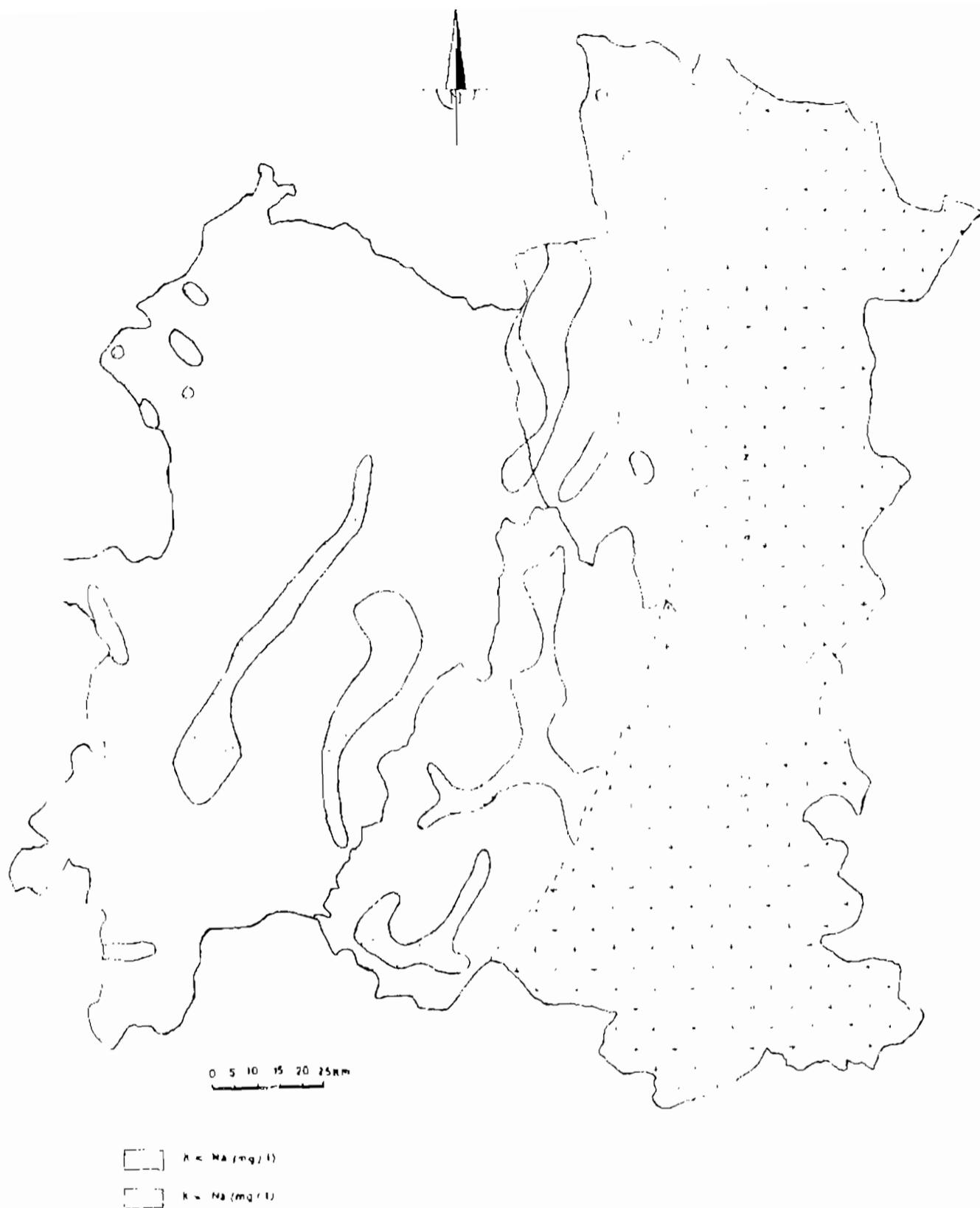


Fig. 67 Carte de localisation des fortes teneurs en potassium

Les teneurs en potassium sont supérieures à celles du sodium (34,33 % des analyses correctes).

Dans les eaux souterraines les teneurs en potassium sont toujours inférieures à celles du sodium (Tardat-Henry et Beaudry, 1985) et à 20 mg/l.

Environ 10 % de ces eaux ont des concentrations supérieures à 20 mg/l. Ce phénomène s'observe aussi au niveau des eaux des puits villageois traditionnels et modernes.

Dans les grès à galets de quartz et les grès de Sotuba et de Bandiagara les pourcentages de potassium supérieures au sodium sont élevés. Par contre dans les formations de grès fins, tel les grès roses et les grès de Koutiala ainsi que dans les formations schisteuses (schistes de Toun), ces pourcentages sont bas.

De plus on a observé que les eaux des forages et des puits des formations du socle cristallin de la zone du Projet d'Hydraulique Villageoise de la Boucle du Mouhoun ne présentaient jamais de concentration de potassium supérieure à celle du sodium. Ceci fait penser que la nature lithologique de la roche réservoir intervient dans ce phénomène.

Il est à mettre en parallèle avec les fortes teneurs en nitrate de la région. On constate que dès que la concentration de nitrate dépasse 70 mg, la concentration de potassium est alors supérieure à celle de sodium dans les formations sédimentaires du Précambrien A. Cependant cette forte concentration en potassium n'est pas due seulement à cette teneur en nitrate dans la région.

#### **Conclusion de l'étude chimique**

Les eaux de la zone se caractérisent par des pH neutres (7-8). Elles sont peu minéralisées. Les eaux des grès à galets de quartz, des grès de Koutiala et de Bandiagara ont des conductivités électriques inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les conductivités élevées (1000 à 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) se rencontrent au niveau des grès de Sotuba, de l'étage schisto-grésodolomitique, des schistes de Toun et du continental terminal. Les conductivités excédant 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sont rares.

Les faciès chimiques les plus répandus sont les faciès bicarbonatés calciques et magnésiens, les faciès carbonatés sodiques et potassiques et les faciès chlorurés calciques et magnésiens. Les eaux de la zone d'étude sont d'une assez bonne potabilité, bien que des cas de fortes concentrations en nitrate soient signalés.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

La zone d'étude, drainée par le Mouhoun et ses affluents, est soumise à un climat soudanien avec des précipitations moyennes annuelles qui varient de 600 à 950 mm. L'évapotranspiration potentielle est supérieure à 2000 mm par an. L'évapotranspiration réelle est de l'ordre de 750 mm par an. Le ruissellement représente 1,7 % à 6,9 % des précipitations et l'infiltration varie de 55 mm au nord à 116 mm au sud.

Les grès, les schistes et les calcaires dolomitiques sont les principales formations géologiques. Ils sont recouverts par des sables argileux au niveau de la plaine du Gondo. Dans l'ensemble ces roches présentent de nombreuses variations latérales de faciès. Les tentatives de corrélations réalisées montrent une certaine hétérogénéité des formations.

Ces formations sédimentaires consolidées sont affectées par des fractures et fissures bien identifiables sur les photographies aériennes et les images satellites. Les linéaments ont des directions très variées. Les directions NE-SW et SE-NW renferment le plus de linéaments aussi bien dans les formations des sédiments du Précambrien A que dans les formations du socle cristallin. Les fractures et fissures sont le lieu privilégié de circulation de l'eau souterraine dans ces formations consolidées.

Les ouvrages exécutés sur les linéaments d'orientation diverse ont fourni des débits variant de 0,7 à plus de 40 m<sup>3</sup>/h. L'importance du débit semble lié aux directions des linéaments sur lesquels les forages sont implantés. Les directions ENE-WSW, NNE-SSW et ESE-WNW semblent être celles qui fournissent les plus forts débits (> 10 m<sup>3</sup>/h) dans la zone d'étude.

Les côtes des venues d'eau ne sont pas caractéristiques d'un aquifère donné. Elles s'imbriquent et semblent indiquer des interconnexions entre les aquifères qui paraissent de ce fait continus dans la plaine.

Les niveaux de l'eau est peu profond dans la région des falaises (15 à 25 m sous le sol) et très profond dans la plaine du Gondo (plus de 60m).

Le réseau de surveillance piézométrique a mis en évidence l'influence surtout de la pluviométrie sur les nappes. Le niveau de base se comporte de trois façons différentes. Le niveau des nappes baisse

(0,25 à 0,75 m/an) depuis le début des observations dans les zones fortement peuplées. Cette baisse est surtout mais pas toujours liée à la pluviométrie et peut-être à une exploitation intensive des ressources en eau. A certains endroits (Di par exemple) le niveau est en train de remonter (0,02 à 0,75 m/an) malgré la sécheresse persistante. Les précipitations ne semblent pas affecter ces nappes. Enfin dans un dernier cas, le niveau baisse puis remonte tout doucement, après 1988, année à pluviométrie largement excédentaire dans la région.

Du point de vue chimique, les eaux sont de bonne qualité, avec un pH compris entre 7 et 8, une conductivité électrique inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ce sont des eaux douces et de bonne potabilité.

Les indices de saturation en calcite et dolomie semblent indiquer que le séjour de l'eau dans le réservoir est bref et que la zone des falaises et des collines est la zone d'alimentation.

Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien est le faciès chimique le plus répandu dans la zone d'étude. Cependant on rencontre fréquemment les faciès carbonaté sodique et potassique, chloruré sodique et potassique et le faciès chloruré calcique et magnésien.

**BIBLIOGRAPHIE**

- ANONYME (1986).- Rapport sur l'hydrochimie de la zone de l'A.V.V. Ouagadougou, Ministère de l'Eau, inédit.
- APPELO, C.A.J. (1985).- Hydrochemistry for hydrogeologists. Application of chemical theory. Institut for Earth Sciences. Free University Amsterdam.
- ARCHAMBAULT, J. (1951).- Données pour un équipement hydraulique au Sud de la boucle du Niger (Soudan Français). Rapport BURGEAP.
- ARCHAMBAULT, J. (1960).- Les eaux souterraines de l'Afrique occidentale. Nancy, Berger-Levrault, 137 p.
- ASTIER, J.L. (1971).- Géophysique appliquée à l'hydrogéologie. Paris, Masson, 277 p.
- BALDY, Ch.M. (1978).- Utilisation d'une relation simple entre le bac classe A et la formule de Penman pour l'estimation de l'E.T.P. en zone soudano-sahélienne. Ann. Agro. Tropic., 29 (5), p 439-452.
- BARRERE, J., SLANSKY, M. (1965).- Notice explicative de la carte géologique au 2.000.000 de l'Afrique Occidentale. Mém. du B.R.G.M. N° 29.
- BOGOMOLOV, G.V. (1962).- Ressources en eaux souterraines : Classification et Méthode d'évaluation. Moscou, édition de la paix.
- BONNARD, L.F. (1965).- Aperçu sur la géologie de la Haute-Volta. Sept. 1965. Direction de la Géologie et des Mines, Ouagadougou.
- BONNARD, L.F. (1966).- Etude géologique et prospection de la région de Bagassi (cercle de Boromo), Oct. 1966. Direction de la Géologie et des Mines, Ouagadougou.
- BOUSSIM, I.J. (1991).- Contribution à l'étude des *Tapinanthus* parasites du karité au Burkina Faso. Thèse doctorat 3<sup>e</sup> Cycle Univ. Ouagadougou, 152 p.
- B.R.G.M. (1960).- Remarques sur les formations sédimentaires du secteur de Bobo-Dioulasso. Rapport n° 8. Avril 1960.
- B.R.G.M. (1967).- Etude géochimique des eaux souterraines de l'Afrique de l'Ouest. Tchad. Paris.
- B.R.G.M. (1978).- Cartes de planification pour l'exploitation des eaux souterraines des pays membres du C.I.E.H. Ouagadougou, *Publ. C.I.E.H.*
- BRUNT, J., SOURABIE, N. (1985).- Etat de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso. Bureau National des Sols, Documentation technique, N° 1 Janvier 1985 Ouagadougou.
- CASTANY, G. (1968).- Prospection et exploitation des eaux souterraines

Paris, Dunod.

- C.I.D.A. (1978).- Ghana Upper Region. Effect on ground water levels of Hand pump well. (C.I.D.A.) Water Supply Program October 1978.
- C.I.E.H.-B.R.G.M. (1988).- Système d'observation des eaux souterraines. Document guide pour la conception et l'installation de système d'observation des eaux souterraines dans les pays membres du C.I.E.H. Ouagadougou.
- C.I.E.H.-IWACO (1991).- Hydrogéologie du Yatenga. Série Hydrogéologie. Ouagadougou.
- Collectif (1990).- L'hydrogéologie de l'Afrique de l'Ouest. Socle cristallin et cristallophyllien et sédimentaire ancien. Collection Maîtrise de l'Eau. Ministère français du développement et de la Coopération, Paris, 147 p.
- CONRADSEN, K., NILSSON, G., THYRSTED, T. (1986).- Statistical lineament analysis in South Greenland Based on Landsat Imagery. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote sensing*, vol. GE-24. N° 3, p 313-321 May 1986.
- COULIBALY, S. (1990).- Hydrogéologie statistique des formations sédimentaires et cristallines de la boucle du Mouhoun. Mém. fin d'étude d'ingénieur hydrogéologue. Sept 1990. 69 p. Ouagadougou, I.S.N./I.D.R.
- COUDRAIN, A., THIERY, D. (1978).- Estimation de pluies efficaces avec l'algorithme de Turc. B.R.G.M. 78 SGN 640 HYD. Orléans.
- DEFOSSEZ, M. (1957).- Géologie et hydrogéologie de la plaine du Gondo 1955/1957.
- DEFOSSEZ, M. (1958).- Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la boucle du Niger. Thèse d'état, Fac. Sc. Univ. Strasbourg.
- DEGREMONT, G. (1978).- Mémento technique de l'eau. 8<sup>e</sup> Edition.
- D.G.M. (1967). - Les formations sédimentaires de l'Ouest-Volta. Ouagadougou, Direction de la Géologie et des Mines.
- DILUCA, C. (1980).- La qualité des eaux dans les états membres du C.I.E.H. Bull. du C.I.E.H., N° 39-40, p. 33-45. Ouagadougou.
- DILUCA, C., LEPRIOL, J. (1984).- Intéret, Mise en place et suivi de réseaux de mesures piézométriques. *Bulletin de liaison du C.I.E.H* N° 57 Juillet 1984. p. 2-15. Ouagadougou.
- ELGUETA, S. (1983).- Etude géologique régionale et des principaux systèmes aquifères de la zone du P.H.V. Volta-Noire.

- FAKIR, Y. et ABOUFIRASSI, M. (1992).- Relation structures hydrogéologiques et eaux souterraines dans l'aquifère du "Calcaire de Dridate". *Revue de la Faculté des sciences Marrakech-Semlalia*. Numéro spécial Actes du colloque International Hydrogéologie des milieux discontinus sous climats arides. p. 254-258.
- FAIILET, J.P. (1979).- Recueil de T.D. et T.P. d'hydrogéologie du certificat de Géologie Appliquée. 1ère Partie, Juin 1979, *Série Documentation n° 27*. Abidjan.
- GROEN, J., SCHUSHMAN, J.B., GEIRNAERT, W. (1988).- The occurrence of high nitrate concentration in groundwater in village in Northwestern Burkina Faso. *Journal of African Earth Sciences*, Vol.7, N°.7/8, p. 999-1009.
- GUINKO, S. (1984).- Végétation de la Haute-Volta. Thèse Doctorat d'état ès Sciences Naturelles, Univ. Bordeaux III, 2 Vol., 394 p.
- HOTTIN, G., OUEDRAOGO, O.F. (1975).- Notice explicative de la carte à 1/1.000.000 de la République de HAUTE-VOLTA. Paris, édition du B.R.G.M.
- IWACO (1985).- Rapport général sur la première tranche du programme des forages. Mars 1985. Ouagadougou, Ministère de l'eau.
- IWACO (1987).- Rapport final des travaux de forages. Ouagadougou, Ministère de l'eau.
- IWACO (1988).- Création d'un réseau piézométrique national. Mars 1988. Ouagadougou, Ministère de l'eau.
- IWACO (1989).- Rapport final des études d'implantation et le suivi technique et financier de 142 forages. Oct. 1989. Ouagadougou, Ministère de l'eau.
- KETCHEMEN, B. (1992).- Etude hydrogéologique du Grand Yaéré (Extrême Nord du Cameroun). Synthèse hydrogéologique et étude de la recharge par les isotopes de l'environnement. Thèse doctorat 3<sup>e</sup> cycle Univ. Dakar, 172 p.
- KEIJER, M.A. (1989).- Rapport final de la troisième phase. Septembre 1986 - Juillet 1989. Juillet 1989. Ouagadougou, Ministère de l'eau.
- KEIJER, M.A. (1990).- Etude hydrogéologique. 42 p. Ouagadougou, Ministère de l'eau.
- KEITA, N.D. (1981).- Etude géologique des formations sédimentaires du Bassin du Précambrien Supérieur et Paléozoïque de Taoudéni au Mali Sud Oriental, dans le plateau Dogon, 1981, série X n° 46.
- KRUSEMAN, G.P., De RIDDER, N.A. (1974).- Interprétation et Discussion des pompages d'essai. ILRI Bulletin 11 f, 213 p. Wageningen.

- KRUSEMAN, G.P., De RIDDER, N.A. (1991).- Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. ILRI publication 47, 377 p. Wageningen.
- LAJOINIE, J.P. (1960).- Le primaire de la région de Bobo-Dioulasso. N° 10. 1960. Dakar. B.R.G.M.
- MALIKI, A. R. (1993).- Etude hydrogéologique du littoral Béninois dans la région de Cotonou et ses environs. Thèse doctorat 3<sup>e</sup> Cycle, Univ. Ch.A.D. Dakar, 112 p.
- MATHIEU, P., MONNET, C. (1971).- Physico-chimie des eaux de pluie en savane et sous forêt en milieu tropical. *Cahier O.R.S.T.O.M., Série Géol.* III n° 2. p. 93-114.
- MEYER DE STADELHOFEN, C. (1991).- Application de la géophysique aux recherches d'eau. TEC. DOC. Lavoisier. 183 p. Paris.
- NATIONS UNIES (1987).- Les eaux souterraines de l'Afrique septentrionale et occidentale. *Ressources Naturelles / Série Eau* N° 18. New York, 415 p.
- OUEDRAOGO, C. (1981).- Etude géologique des formations sédimentaires du bassin Précambrien supérieur et Paléozoïque de Taoudéni en Haute-Volta. Rapport de mission Février-Mars-Avril 1981. 1981, série X n° 45.
- OUEDRAOGO, C. (1982).- Apport de la télédétection dans l'étude de la bordure du bassin de Taoudéni en Haute-Volta. Ouagadougou, Publ. C.R.T.O.
- PAFADNAM, S. (1985).- Recherche hydrogéologique en zones cristallines et sédimentaires (provinces de la Kossi, du Mouhoun et du Sourou). Mém. de fin d'étude d'ingénieur hydrogéologue, Nov. 1985, 80 p. Bamako, Ecole Nationale d'Ingénieurs.
- PALAUZI, G. (1951).- Rapport sur la géologie et l'hydrogéologie de la plaine du Gondo (Soudan).
- PALAUZI, G. (1954).- Géophysique et géologie comparées entre Bobo-Dioulasso et Douentza. Cartes et planches 16 p.
- PALAUZI, G. (1958).- Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des formations primaires du Soudan méridional et en Haute-Volta. Thèse d'état, Fac. Sc. Univ. Nancy.
- PERON, Y., ZALACAIN, V., LACLAVERE, G. (1975).- Atlas de la Haute-Volta. Série "Les atlas jeune Afrique". Paris, Jeune Afrique.
- REMIERAS, G. (1960).- Eléments d'hydrologie appliquée. Paris, Armand Colin, 208 p.
- REMIERAS, G. (1965).- L'hydrologie de l'ingénieur. Collection du centre de recherches et d'essais de Chatou. Paris, Eryolles.

- RODIER, J. (1976).- L'analyse d'eau. Eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. Vol. 2. Paris, Dunod Technique.
- SAGATZKY, J. (1935).- Géologie générale. Région Bobo-Dédougou-Batié.
- SAINSAULIEU, Y. (1950).- Le seuil de Sénakan sur la Volta Noire et le phénomène d'assechement du Sourou. Avril 1950.
- SAINSAULIEU, Y. (1950).- Un aérolithe de grandes dimensions dans le cercle de Tougan? *Notes Africaines* n° 48 Oct. 1950.
- SAVADOGO, A.N. (1981).- Prospection géophysique pour l'implantation de 24 forages d'eau dans 18 villages de l'O.R.D. de la Volta-Noire. Février 1981.
- SAVADOGO, A.N. (1984).- Géologie du socle cristallin de Haute-Volta. Etude du bassin versant de la Sissili. Thèse d'état Science, Univ. Grenoble, 351 p.
- SAWADOGO, S. (1982).- Contribution de la télédétection à l'étude de la fracturation. Application à l'hydrogéologie du socle en milieu intertropical (Haute-Volta). Thèse doctorat 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Orléans, 238 p.
- SCANVIC, J.Y. (1983).- Utilisation de la télédétection dans les sciences de la terre. Paris, B.R.G.M., Manuel et Méthode n° 7.
- SOW, N.A., PARNOT, J. (1987).- Etude de l'occupation des sols. Photo-interprétation et cartographie. C.R.T.O. Dec. 1987. Ouagadougou.
- SPIEGEL, M. R. (1974).- Théorie et applications de la statistique. Série Schaum
- TAHO, A. (1981).- Etudes hydrogéologiques dans les formations sédimentaires de la région de Tougan. Ouagadougou.
- TARDAT-HENRY M., BEUADRY J.P. (1984).- Chimie des eaux. Québec, le griffon d'argile. 340 p.
- TERRIBLE, M. (1984).- Essai sur l'écologie et la sociologie d'arbres et arbustes de Haute-Volta. Bobo-Dioulasso, Savane.
- TERRIBLE, P.B. (1978).- Végétation de la Haute-Volta au millionième. Carte et notice provisoire.
- TIQUET, J. (1983).- La flore forestière de Haute-Volta. *Publication des pères Jésuites en Egypte*.
- TRAVI, Y., JUSSERAND, C. (1980).- Données géochimiques sur les eaux souterraines de la région de San (Mali). *Ann. Fac. Sc. Dakar* 1980, t. 32, p. 103-112.
- TRAVI, Y., GAC, J.Y., FONTES, J.C., FRITZ, B. (1987).- Reconnaissance chimique et isotopique des eaux de pluie au Sénégal.

*Géodynamique* 2 (1) 1987. P. 43-53.

- YE, L. (1991).- Etude des variables hydrogéologiques des formations sédimentaires et cristallines de la Boucle du Mouhoun. Mém. fin d'étude d'ingénieur hydrogéologue. Sept. 1991. Ouagadougou, 78 p.
- ZAKHEM, A. (1990).- Etude hydrogéologique et hydrochimique du bassin d'Ad-Daww (SYRIE). Thèse de l'université de Nice. 254 p.
- ZAMBELONGO, G.J. (1982).- Hydraulique Villageoise de la Volta Noire. Interprétation de l'imagerie LANDSAT et des photographies aériennes. Ouagadougou, *Publ. C.R.T.O.*

## LISTE DES TABLEAUX

1	Evapotranspiration potentielle.....	20
2	Comparaison des ETP.....	22
3	Taux de ruissellement.....	24
4	Principales directions des linéaments.....	49
5	Répartition des ouvrages en fonction des linéaments.....	64
6	Taux de réussite des ouvrages.....	65
7	Relation entre débits et direction des linéaments.....	69
8	Transmissivité des aquifères des formations sédimentaires...	76
9	pH des eaux souterraines.....	93
10	Conductivité électrique des eaux souterraines.....	95
11	Répartition des faciès chimiques des eaux.....	102
12	Répartition des fortes teneurs en potassium.....	105

## **ANNEXES**

ANNEXE I

PLUVIOMETRIE

ANNEXES	MOYENNES PLUVIOMETRIQUES MENSUELLES												TOTAL
VILLE	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	
BAGASSI	,90	3,30	10,50	27,50	83,00	123,10	182,40	269,90	178,50	42,50	5,60	1,60	929,70
BOMBOROKUI	,00	,20	6,20	16,00	49,30	108,50	172,80	225,10	119,30	26,50	2,60	1,60	729,10
BONDOUKUI	,40	2,50	7,00	22,70	77,30	131,70	174,00	244,70	157,90	72,20	2,70	2,40	866,70
BOROMO	,50	1,70	8,20	32,50	89,20	170,70	192,20	267,20	174,00	37,50	20,70	1,60	963,20
DEDOUGOU	1,01	1,33	6,40	22,80	70,38	115,77	205,83	263,82	153,07	42,75	3,03	,58	893,26
KIEMBARA	,40	,21	2,75	12,17	40,68	85,98	140,56	166,68	110,13	28,31	,00	,67	598,77
KOUKA	2,58	,89	4,55	20,37	78,05	126,51	185,38	211,45	143,98	44,19	5,93	,00	823,94
LERI	,06	,08	2,04	11,94	57,24	80,80	168,94	176,37	109,25	24,47	,00	1,29	632,68
GASSAN	,00	,78	5,13	13,97	56,10	94,89	161,04	196,33	129,03	74,77	1,36	,54	685,57
DI	,00	1,91	1,60	13,23	36,00	84,99	144,09	182,86	25,35	18,17	2,50	,20	607,70
KASSOUM	,90	,14	1,40	11,94	42,25	86,62	160,10	184,07	113,29	25,32	2,18	,19	629,65
TOUGAN	,18	,87	3,85	14,65	45,76	97,65	167,71	234,67	127,13	36,64	3,12	1,52	737,94
TOENTI	,00	,40	1,60	7,80	24,10	74,00	141,80	171,10	102,30	21,06	,00	,40	554,00
OUARXOYE	,51	4,02	12,28	22,22	88,84	132,51	191,10	250,88	154,51	32,20	4,29	,22	904,98
OUAKARA	,50	1,22	5,01	16,72	55,88	97,58	159,33	202,98	125,16	32,17	3,03	,22	703,44
WONA	,49	1,94	13,74	27,29	73,91	125,21	174,61	236,11	161,67	41,19	1,81	1,53	865,65
SAFANE	,80	,77	7,89	24,44	73,88	121,07	186,08	243,35	141,55	40,19	2,40	1,40	843,91
NOUNA	,46	2,14	3,91	16,24	53,50	113,72	197,93	237,74	135,57	41,26	2,21	1,08	803,08
SOLENZO	,12	2,34	5,94	17,58	81,51	112,24	200,53	246,73	158,65	45,11	1,20	2,57	894,54
TOMA	,16	,14	4,24	14,38	54,72	102,02	171,40	200,99	130,13	25,10	1,00	,73	715,78
TANSILA	,75	3,04	6,09	31,17	70,11	121,89	209,50	233,44	154,76	50,11	1,29	,61	889,43

POURCENTAGE DES PLUVIOMETRIES MOYENNES MENSUELLES

VILLE	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
BAGASSI	,10	,36	1,13	2,96	8,94	13,26	19,64	19,05	13,22	4,30	,26	,17
BOMBOROKUI	,00	,03	,85	2,19	6,76	14,88	23,84	30,87	17,36	6,65	,27	,22
BONDOUKUI	,05	,29	,81	2,62	8,92	15,10	20,08	28,17	18,27	9,11	,31	,28
BOROMO	,05	,18	,92	3,37	9,26	17,53	20,68	27,74	18,06	4,23	1,19	,17
DEDOUGOU	,11	,15	,72	2,66	7,88	12,96	23,64	29,53	17,14	5,46	,51	,07
KIEMBARA	,07	,04	,46	2,03	6,77	14,36	24,14	27,84	19,39	4,83	,00	,11
KOUKA	,31	,11	,55	2,47	9,47	15,35	22,50	25,66	17,47	5,25	,77	,90
LERI	,01	,01	,88	1,89	9,05	12,77	26,20	27,88	17,26	3,37	,36	,20
GASSAN	,00	,11	,75	2,04	8,18	13,84	22,03	28,44	18,67	,00	,20	,08
DI	,00	,31	,26	2,18	5,93	14,00	23,73	30,12	16,20	3,98	,42	,03
KASSOUM	,14	,02	,22	1,91	6,75	13,84	25,59	29,47	18,11	4,13	,35	,08
TOUGAN	,02	,12	,52	1,99	6,20	13,23	22,75	31,80	17,13	5,24	,47	,11
TOENTI	,00	,07	,29	1,41	4,35	13,36	25,60	30,85	18,47	2,72	,00	,07
OUARXOYE	,06	,44	1,36	2,46	9,82	14,51	21,12	27,72	17,07	4,67	,54	,10
OUAKARA	,07	,17	,71	2,38	7,94	13,57	22,65	28,85	17,77	4,57	,55	,15
WONA	,06	,22	1,59	3,15	8,54	14,46	20,17	27,28	18,67	5,13	,56	,18
SAFANE	,09	,09	,93	2,90	8,75	14,35	22,05	28,84	16,77	4,78	,30	,17
NOUNA	,06	,27	,49	2,11	7,28	14,16	23,39	29,60	16,88	5,21	,40	,13
SOLENZO	,01	,26	,66	3,05	9,11	12,55	22,42	27,58	17,76	5,11	,39	,23
TOMA	,02	,02	,59	2,01	7,65	14,25	23,35	28,08	18,26	4,32	,15	,10
TANSILA	,08	,34	,69	3,51	7,89	13,72	23,58	26,28	17,47	5,71	,11	,29

MOYENNES PLUVIOMETRIQUES SUR DES PERIODES DE 10 ANS

VILLE	22-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	MOYENNE
BOROMO	894,9	1121,5	987,3	1014,9	933,8	863,5	812,5	949,6
DEDOUGOU	984,2	1021,0	959,5	945,3	938,9	732,3	683,7	896,8
TOUGAN	771,3	884,4	709,0	790,8	777,3	637,1	594,5	741,5
NOUNA		836,8	858,3	853,9	728,3	726,3	803,0	
BAGASSI				1020,3	944,0	733,0	923,7	
BOMBOROKUI				812,3	708,3	672,6	733,3	
BONDOUKUI				907,6	860,7	827,8	865,2	
GASSAN				812,0	630,8	622,1	688,6	
KASSOUM				749,3	578,2	569,3	630,5	
KIEMBARA				663,5	575,5	573,9	603,2	
OUARXOYE				1052,1	859,1	772,3	908,4	
SAFANE				931,8	826,0	747,9	811,4	
SOLENZO				1001,5	896,3	745,2	894,5	
TANSILA				976,5	702,3	631,1	903,3	
TOENTI				576,1	565,5	493,2	544,6	
TOMA				823,6	695,3	643,1	717,2	
WONA				953,8	854,2	780,7	865,6	
KOUKA					848,0	792,3	816,9	
LERI					667,3	616,0	638,4	
OUAKARA						881,9	715,2	
DI						622,6	622,6	

ANNEXE II

DONNEES DES FORAGES

N°	Village	Prof. Alt.	Cote R.Pure	Prof. V.E.	Debit Max	Niveau Géol. Piezo.	T
35	Kouy	32,00	234,00	193/213	4,00	230,00 G1	2,50
36	Gissi	46,00	217,00	209/227	0,00	210,00 G1A	0,20
38	Bassan	52,00	213,00	197/227	5,00	207,00 G1	
39	Yr	35,00	227,00	177/234	2,00	231,00 G1*	1,20
40	Mate	40,00	215,00		0,00	A3Gtf	
41	Djambara	27,00	242,00	209/251	10,00	235,00 G3ch	1,20
42	Nieri Sano	20,00	240,00		1,30	239,00 G1B3ch	0,40
44	Toubani	21,00	254,00		0,00	A5ch0	
48	Kourani	50,00	203,00	210	4,00	204,00 G6	4,10
49	Mate	56,00	199,00	200/210	2,50	203,00 G6, G3ch	0,20
63	Soumbara E	62,00	202,00	197/201	5,00	203,00 G	1,90
64	Kankani	54,00	201,00	197	5,30	201,00 G6	0,60
65	Diellé	26,00	240,00	225/238	5,00	245,00 G3ch	0,50
66	Gianra	64,00	200,00	190/229	4,00	207,00 G4S	2,40
67	Gissan	66,00	199,00	221	4,00	200,00 G1	6,20
68	Bonro	52,00	210,00	219	4,00	201,00 G6	3,90
69	Dialla	26,00	232,00	208/221	3,00	230,00 G	27,10
70	Bac	64,00	206,00	201/211	7,00	207,00 G6	0,80
71	Toungourou	68,00	197,00		2,00	205,00 G	0,10
72	Toumbila	68,00	197,00	198/226	5,00	201,00 G	1,30
73	Bangassi	66,00	197,00		7,00	201,00 G6	4,30
74	Djambaz	52,00	217,00	199/221	3,00	261,00 G3ch	0,20
79	Lesséré	27,00	224,00	212/218	1,00	264,00 G3chD	0,10
90	Lesséré	60,00	224,00	223/233	2,00	251,00 G	0,30
92	Gonon	90,00	178,00	192/184	0,00	S1	
93	Toungare	24,00	245,00	211/219	1,00	221,00 G6	6,60
94	Darc	68,00	200,00	218, 220	1,00	201,00 G	7,30
220	Kouy	71,00	176,00	216	5,00	201,00 G4GF	1,40
221	Bassan	66,00	198,00		7,00	201,00 G	0,20
222	Toubani	9,00	265,00		1,00	Gch	
223	Marou	30,00	230,00	217	10,00	207,00 G4B	3,6
224	Zecosta	30,00	233,00	213	1,00	209,00 G	5,50
225	Ilan	9,00	328,00	200/311	10,00	310,00 G	11,2
226	Quakara	6,00	298,00		0,00	G3chgt	
227	Wakui	6,00	316,00	230	0,00	294,00 G3chgt	1,10
228	Quakara	11,00	292,00		0,00	G	
229	Bera	11,00	291,00		0,00	G11	2,90
235	Diadi	38,00	259,00	210/237	41,00	266,00 G5	2,50
242	Fakoua	11,00	298,00	226	21,00	257,00 G3ch	9,20
243	Fakoua	11,00	298,00	247	20,40	257,00 G3ch	36,20
244	Gulani	45,00	241,00	208	6,00	207,00 G	1,90
246	Kebère	16,00	251,00	206/224	3,70	247,00 G	1,20
250	Douroula	28,00	240,00	249	9,00	244,00 G1	0,50
404	Toroba	16,00	254,00	208/227	1,00	247,30 G1re	0,10
409	Kona	22,00	278,00	237/257	0,00	272,00 G	0,10
410	Kona	56,00	242,00	241	1,30	237,00 G	1
411	Kona	38,00	262,00	231/250	4,00	293,00 G	
418	Wakui	9,00	313,00		0,00	G51	
634	Lery	43,00	219,00	203/239	24,00	246,10 G3ch	1,80

N°	Village	Prof. Alt.	Cote R.Pure	Prof. V.E.	Debit Max	Niveau Géol. Piezo.	T
478	Kouy	36,00	233,00	214	10,00	211,00 G	0,20
479	Kouy	41,00	220,00		8,00	214,00 G	0,20
480	Kouy	55,00	214,00	220/241	40,00	207,00 G	24,20
481	Kouy	114,00	203,00	191/241	10,00	209,00 G	0,20
482	Kouy	115,00	200,00	191/241	20,00	207,00 G	0,20
483	Kouy	7,00	247,00	240/253	10,00	241,00 G	27,50
484	Kouy	14,00	243,00	240/252	10,00	242,10 G	
485	Kouy	47,00	198,00	210	10,00	200,00 G	1,30
486	Kouy	35,00	245,00	244/257	10,00	247,00 G	27,50
488	Kouy	10,00	199,00	190/216	12,00	240,00 G	21,50
489	Kouy	12,00	188,00		10	211,00 242,00 G	1,8
490	Kouy	11,00	217,00	204/227	10,00	243,00 G	1,8
491	Kouy	12,00	190,00		10	211,00 212,00 G	0,10
492	Kouy	40,00	205,00		8,00	201,00 207,00 G	1,2
493	Kouy	100,00	240,00	195/212	10,00	233,00 G	1,20
494	Kouy	118,00	242,00	182/211	10,00	242,00 245,00 G	1,50
495	Kouy	113,00	211,00	184/211	10,00	203,00 204,00 G	3,50
496	Kouy	145,00	224,00	186/217	10,00	210,00 212,00 G	27,8
497	Kouy	150,00	211,00	204/217	8,00	G	
498	Kouy	6,00	300,00		0,00	G3ch	
499	Kouy	15,00	351,00	207, 211	10,20	246,00 250,00 G	1
500	Kouy	10,00	312,00		0,00	G	
501	Kouy	14,00	297,00	207	0,00	304,00 G	0,30
502	Kouy	122,00	293,00		0,00	G	
503	Kouy	119,00	298,00		0,00	G	
504	Kouy	128,00	297,00	207	5,00	300,00 304,00 G	0,70
505	Kouy	129,00	298,00	200	10,00	304,00 306,00 G	1,20
506	Kouy	121,00	294,00		0,00	G	
507	Kouy	115,00	297,00	203	20,00	300,00 305,00 G	0,10
508	Kouy	18,00	277,00	241/247	10,10	281,00 G	1,20
509	Kouy	113,00	297,00	201	10,00	297,00 300,00 G	0,20
510	Kouy	170,00	291,00		0,00	G	
511	Kouy	48,00	277,00	248/251	20,00	281,00 G	0,10
512	Kouy	67,00	207,00	207	20,00	210,00 214,00 G	0,20
513	Kouy	145,00	231,00	209	20,00	237,00 241,00 G	2,10
514	Kouy	110,00	241,00	201	10,00	241,00 G	0,20
515	Kouy	19,00	252,00		10,00	251,00 252,00 G	1,5
516	Kouy	10,00	246,00		10,00	252,00 G	10
517	Kouy	12,00	257,00		10,00	259,00 G	20,50
518	Kouy	16,00	232,00		10,00	230,00 240,00 G	0,30
521	Kouy	7,00	240,00	230/237	8,00	240,00 243,00 G	1,40
522	Kouy	4,00	259,00		2,80	260,00 263,00 G	0,20
523	Kouy	15,00	267,00		1,60	260,00 263,00 G	0,20
524	Kouy	1,00	270,00	231/243	10,00	269,00 269,00 G	9,10
525	Kouy	26,00	263,00	249	8,00	264,10 264,10 G	17,20
526	Kouy	13,00	231,00	254/231	10,30	234,00 234,00 G	1,40
527	Kouy	57,00	247,00	226/219	5,00	267,00 267,00 G	0,20
528	Kouy	7,00	315,00	200/206	6,10	297,00 297,00 G	1,50
529	Kouy	34,18			0,18		

ANNEXES 2 Forages dans les grès roses

Forages dans les grès à dépression

N°	Village	Prof. Art.	Cote P. Dure	Prof. V.E.	Statut	Niveau	Geol.	T
					max	Pièzo.		
100	Koussiry	12,00	194,00	208/220	4,00	203,00	GAB	0,40
101	Soin	60,00	207,00	208	1,00	229,00	AGSi	
102	Soin	26,00	236,00	190/196	7,00	229,00	G-cr	5,60
103	Bare	50,00	209,00	210	1,00	221,00	Sen	0,40
110	Tonkoroni	60,00	210,00	216/229	2,00	227,00	GP	1,70
111	Kansara	66,00	197,00	203/219	2,50	233,00	AGSi	8,30
117	Konkour	49,00	196,00	218	1,50	227,00	AG	1,70
113	Tebere	55,00	212,00	216/224	2,00	227,00	SOZ	2,70
114	Dikorn	28,00	184,00	193/201	7,00	222,00	GA	0,10
116	Bagala	51,00	216,00	207/225	1,00	222,00	G-cr	1,50
119	Ke-nani	30,00	235,00	201/225	2,00	22,00	G-cr	1,00
125	Bisso	18,00	243,00	227	7,00		G	
126	Soin	61,00	201,00	207/227	3,00	226,00	SA	1,00
127	Bouréna	25,00	233,00	223/250			G	
140	Mianankou	24,00	275,00	249	1,00	266,00	G	1,20
148	Kie	11,00	255,00	246/250	1,00	277,00	GSen	1,00
206	Bisso	30,00	231,00		1,00		G	
212	Koussiry	65,00	201,00	194/220	10,00	223,00	AG	
214	Bourena	19,00	254,00	251	1,00		Sen	
227	Koussiry	70,00	196,00	203/220	10,00	233,00	AG	0,30
306	Kamiankoro	26,00	227,00	224	0,00	238,00	AG-cr	1,30
340	Daboura	54,00	241,00	227	1,30	252,00	GA	0,10
341	Daboura	54,00	241,00	240	2,00	251,00	G-cr	1,80
342	Daboura	31,00	254,00	245	1,80	242,50	G-cr	0,10
343	Banza	54,00	231,00	241	1,00	249,00	AG	1,10
344	Banza	54,00	231,00	241	1,00	249,00	G	0,50
347	Kie	6,00	201,00		0,00		Sen	
348	Kie	16,00	221,00		0,00	225,00	Sen	
349	Kie	12,00	225,00		11,00		G	2,20
350	Kie	13,00	224,00		0,00	229,00	Sen	1,30
353	Herédougou	25,00	223,00		0,00	230,00	AG	0,10
351	Herédougou	22,00	229,00		0,00	229,00	AG	0,10
352	Herédougou	26,00	222,00	228-229	2,00	225,00	AG	0,10
353	Kie	14,00	233,00	226-226	1,00	229,00	G-cr	0,20
312	Baye	3,00	242,00	219/222	1,00	227,00	G-cr	0,10
313	Baye	20,00	250,00	227-229	1,13	252,00	Sen	
314	Baye	10,00	259,00	224	1,13	255,00	AG	0,20
	Moyenne	44,27						

N°	Village	Prof. Art.	Cote P. Dure	Prof. V.E.	Statut	Niveau	Geol.	T
					max	Pièzo.		
127	Tomboctoc	12,00	236,00	228/236	1,00		G-cr	0,00
311	Tomboctoc	27,00	235,00	228/237	10,00		G-cr	1,00
311	Tomboctoc	27,00	235,00	228/236	10,00		G-cr	1,00
312	Tomboctoc	13,00	245,00	218-217	1,00		G-cr	1,00
313	Tomboctoc	13,00	246,00	218-217	1,00		G-cr	1,00
314	Tomboctoc	14,00	222,00	212/218	1,00		G-cr	1,00
315	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
316	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
317	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
318	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
319	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
320	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
321	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
322	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
323	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
324	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
325	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
326	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
327	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
328	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
329	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
330	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
331	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
332	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
333	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
334	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
335	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
336	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
337	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
338	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
339	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
340	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
341	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
342	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
343	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
344	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
345	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
346	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
347	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
348	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
349	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
350	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
351	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
352	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
353	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
354	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
355	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
356	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
357	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
358	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
359	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
360	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
361	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
362	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
363	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
364	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
365	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
366	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
367	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
368	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
369	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
370	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
371	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
372	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
373	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
374	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
375	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
376	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
377	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
378	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
379	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
380	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
381	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
382	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
383	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
384	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
385	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
386	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
387	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
388	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
389	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
390	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
391	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
392	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
393	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
394	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
395	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
396	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
397	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
398	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
399	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
400	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
401	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
402	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
403	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
404	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
405	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
406	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
407	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
408	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
409	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
410	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
411	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
412	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
413	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00
414	Tomboctoc	13,00	251,00	212-211	1,00		G-cr	1,00

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES EN MILLIEQUIVALENTS GRES A GALETS DE QUARTZ

N°	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Tan	TCat	ER	Iob
122	2,85	3,40	0,08	0,16	0,02	0,00	0,01	5,77	0,00	5,80	6,48	0,05	
310	0,07	0,36	0,11	0,19	0,08	0,05	0,04	0,73	0,00	0,97	0,73	-0,11	
311	1,37	0,91	0,18	0,21	0,00	0,05	0,00	3,00	0,00	1,05	2,81	-0,07	1,00
312	0,03	0,16	0,06	0,05	0,00	0,07	0,00	0,23	0,00	0,29	0,30	0,02	0,07
316	0,07	0,04	0,08	0,01	0,00	0,59	0,00	0,14	0,00	0,73	0,70	-0,56	0,86
319	0,05	0,38	0,19	0,19	0,01	0,05	0,02	0,82	0,00	0,90	0,82	-0,04	-2,51
325	0,96	0,66	0,10	0,15	0,08	0,05	0,00	1,85	0,00	1,77	1,87	0,03	-0,70
326	9,44	2,70	0,32	0,81	0,00	0,77	6,32	5,20	0,00	12,30	13,27	0,04	0,58
327	66,27	0,61	0,15	0,29	0,05	0,05	0,08	1,69	0,00	1,88	67,32	0,95	-1,97
330	0,10	0,01	0,10	0,06	0,02	0,06	0,12	0,22	0,00	0,42	0,26	-0,22	-0,86
331	0,03	0,09	0,13	0,13	0,00	0,05	0,27	0,22	0,00	0,54	0,37	-0,18	-1,48
333	0,96	0,65	0,15	0,14	0,21	0,06	0,20	1,43	0,00	1,90	1,90	-0,00	-1,63
336	0,54	0,20	0,08	0,05	0,03	0,06	0,06	0,88	0,00	0,81	0,87	0,04	-0,42
337	0,24	0,03	0,07	0,00	0,12	0,05	0,02	0,20	0,00	0,38	0,34	-0,05	-0,46
340	0,17	1,75	0,14	0,44	0,00	0,05	0,05	2,21	0,00	2,30	2,50	0,04	-2,18
347	2,64	2,15	0,14	0,10	0,06	0,00	0,15	5,45	0,00	5,66	5,03	-0,06	-496,74
414	1,94	0,87	0,36	1,04	1,02	0,04	0,35	2,63	0,00	4,04	4,21	0,02	-8,06
415	0,17	1,75	0,14	0,44	0,00	0,05	0,05	2,21	0,00	2,30	2,50	0,04	-2,18
419	0,78	0,43	0,13	0,11	0,01	0,00	0,05	1,45	0,00	1,52	1,44	-0,03	-474,39
420	0,19	0,07	0,05	0,01	0,05	0,00	0,09	0,23	0,00	0,36	0,33	-0,05	-194,75
421	0,20	0,07	0,06	0,01	0,00	0,00	0,02	0,28	0,00	0,30	0,35	0,06	-222,71
422	0,50	0,16	0,08	0,02	0,08	0,00	0,04	0,55	0,00	0,67	0,78	0,06	-278,64
722	0,14	0,02	0,12	0,01	0,03	0,00	0,00	0,23	0,00	0,26	0,29	0,06	-423,15
726	0,15	0,05	0,11	0,02	0,12	0,00	0,02	0,18	0,00	0,31	0,34	0,03	-396,71
727	0,19	0,02	0,13	0,04	0,10	0,00	0,03	0,23	0,00	0,36	0,38	0,03	-455,75
728	0,30	0,10	0,16	0,22	0,09	0,00	0,04	0,58	0,00	0,71	0,78	0,04	-586,25
729	0,40	0,12	0,17	0,31	0,38	0,06	0,07	0,23	0,00	0,75	0,79	0,03	-1,13
730	0,17	0,03	0,13	0,07	0,04	0,00	0,07	0,30	0,00	0,41	0,40	-0,01	-461,96
738	0,11	0,04	0,07	0,01	0,08	0,02	0,00	0,15	0,00	0,25	0,23	-0,04	-2,35
826	0,50	0,19	0,09	0,13	0,44	0,12	0,00	0,28	0,00	0,83	0,92	0,05	0,24
827	0,22	0,05	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,30	0,33	0,05	-52,13
828	0,23	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,25	0,00	0,27	0,30	0,05	-0,66

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES EN MILLIEQUIVALENTS GRES ROSES

N°	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Tan	TCat	ER	Iob
100	1,80	1,56	0,17	0,33	0,48	0,06	0,16	3,50	0,00	4,22	3,84	-0,05	-1,11
101	5,04	2,81	0,37	0,12	0,07	0,11	0,10	4,25	0,00	4,53	4,15	-0,04	-2,43
102	1,01	2,96	0,34	0,08	0,07	0,06	0,14	4,25	0,00	4,52	4,39	-0,01	-4,59
103	0,00	4,80	0,42	0,37	1,55	0,28	0,81	5,50	0,00	8,15	5,59	-0,19	-0,50
110	0,14	0,07	0,18	0,02	0,00	0,00	0,01	0,39	0,00	0,40	0,41	0,01	
111	1,40	0,99	0,23	0,05	0,48	0,20	0,06	1,96	0,00	2,70	2,57	-0,01	-0,14
112	0,30	2,55	0,23	0,03	0,07	0,00	0,01	2,31	0,00	2,39	3,11	0,13	
113	0,92	3,40	0,20	0,08	0,04	0,16	0,08	4,03	0,00	4,29	4,60	0,03	-0,27
114	1,50	0,95	0,20	0,04	0,46	0,04	0,07	2,06	0,00	2,63	2,69	0,01	-4,05
118	0,67	0,10	0,06	0,01	0,07	0,00	0,08	0,34	0,00	0,49	0,85	0,27	
119	2,50	0,17	0,08	0,23	0,60	0,12	0,13	1,48	0,00	2,33	2,97	0,12	0,37
126	2,04	0,31	0,12	0,07	0,00	0,10	0,45	4,75	0,00	5,30	2,64	-0,56	-0,19
140	0,13	0,29	0,15	0,36	0,01	0,00	0,02	0,93	0,00	0,96	0,92	-0,02	
148	0,52	3,19	0,41	0,26	0,00	0,00	2,79	7,95	0,00	10,74	7,38	-0,19	
212	1,92	2,47	0,35	1,68	1,38	0,44	0,13	3,90	0,00	6,45	6,41	-0,00	0,00
227	2,16	1,82	0,28	1,50	0,00	0,46	0,00	3,40	0,00	3,95	5,75	0,20	0,39
506	2,23	1,76	0,23	0,15	0,04	0,00	0,03	5,00	0,00	5,07	4,47	-0,06	-81,71
540	0,56	0,34	0,23	0,16	0,00	0,02	0,02	1,40	0,00	1,44	1,29	-0,06	-10,55
541	1,73	1,50	0,19	0,20	0,01	0,05	0,17	3,75	0,00	3,99	3,62	-0,05	-2,15
542	0,86	0,70	0,65	0,23	0,00	0,00	0,29	2,65	0,00	2,94	2,44	-0,09	-2310,71
543	2,05	1,65	0,17	0,08	0,04	0,02	0,05	4,48	0,00	4,59	3,95	-0,07	-7,40
549	1,64	0,47	0,31	0,14	0,00	0,00	0,28	2,70	0,00	2,99	2,56	-0,08	-1117,57
550	2,36	2,06	0,72	0,16	0,00	0,02	0,37	5,53	0,00	5,92	5,29	-0,06	-35,24
612	0,96	1,40	4,51	0,39	0,08	1,06	1,86	5,40	0,00	7,39	7,26	-0,01	-74,64
613	0,95	1,39	2,82	0,12	0,00	0,00	0,53	4,95	0,00	5,54	5,29	-0,01	-10066,74
614	0,79	0,27	0,29	0,06	0,12	0,10	0,04	1,35	0,00	1,60	1,41	-0,01	-1,97

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES RAPPORTS GRES A GALET DE QUARTZ

N°	TH	TAC	Hg/Ca	Na/Cl	CAR/SUL	SO <sub>4</sub> /Cl	Na/Ca	Classe
122	31,26	28,85	1,19		560,49		0,03	IV3
310	2,15	3,75	5,20		18,75		1,63	IV4
311	11,10	30,95	0,69	0,00	4,80	0,00	0,00	III1
312	0,97	1,13	5,49	0,93	3,41	0,00	2,03	III4
316	0,55	0,70	0,60	0,14	0,24	0,01	1,16	J5
319	2,20	4,08	5,79	3,51	11,62	0,29	2,95	III4
325	8,08	8,23	0,69	1,70	26,28	0,98	0,10	III1
326	60,66	26,01	0,29	0,42	0,73	8,17	0,03	VI1
327	334,37	8,43	0,31	2,97	11,96	1,70	0,00	IV1
330	0,51	1,08	0,07	1,86	1,03	0,19	1,07	IV1
331	0,58	1,08	3,15	2,48	0,67	5,16	4,65	IV6
333	8,03	7,16	0,67	2,63	6,51	0,55	0,16	IV1
336	3,58	2,30	0,37	1,42	5,70	1,08	0,15	III1
337	1,34	1,00	0,12	1,46	2,99	0,37	0,30	III2
340	4,52	11,05	0,20	3,16	24,06	1,04	0,84	III3
347	23,97	27,07	0,82	497,14	37,38	520	0,05	IV1
414	14,05	13,13	0,43	3,06	6,74	8,80	0,19	IV1
415	9,58	11,05	0,20	3,16	24,06	1,04	0,84	III3
419	5,98	7,25	0,57	475,39	26,28	196,11	0,17	J41
420	1,33	1,13	0,36	195,75	2,64	303,83	0,28	IV1
421	1,37	1,38	0,37	223,71	11,88	81,71	0,31	IV1
422	0,28	2,75	0,31	279,64	14,04	198,91	0,15	IV1
722	0,83	1,13	0,14	424,13	461,42	0,74	0,63	III2
726	1,02	0,88	0,31	197,71	11,03	55,71	0,12	III2
727	1,06	1,13	0,12	456,75	7,15	111,43	0,17	IV2
728	1,38	1,98	0,32	587,25	10,90	58,23	0,55	IV2
729	2,57	1,73	0,29	2,73	1,56	0,82	0,42	III2
730	1,02	1,50	0,20	462,96	4,11	260	0,76	IV2
738	0,77	0,75	0,36	3,35	7,47	0,01	0,58	III2
826	1,40	1,38	0,38	0,76	2,31	0,00	0,18	III1
827	0,47	1,50	0,02	163,73	6,15	0,74	0,20	III2
828	0,32	1,25	0,13	1,56	2,45	0,01	0,14	III1

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES RAPPORTS GRES ROSES

N°	TH	TAC	Hg/Ca	Na/Cl	CAR/SUL	SO <sub>4</sub> /Cl	Na/Ca	Classe
100	16,71	3,50	0,95	2,11	14,55	2,07	0,09	IV1
101	18,27	4,25	2,51	3,43	20,22	0,93	0,36	III3
102	19,85	4,25	2,93	5,69	21,71	2,28	0,34	IV3
103	24,00	5,50		1,50	5,04	2,93		IV4
110	1,06	0,39	0,50		37,50		1,30	IV5
111	11,93	1,96	0,70	1,14	7,61	0,29	0,16	III1
112	14,24	2,31	6,51		194,84		0,76	IV3
113	21,51	4,03	3,70	1,07	18,19	0,40	0,22	III3
114	10,05	3,05	0,54	5,25	18,86	1,75	0,13	IV1
118	3,36	0,34	0,18		4,30		0,09	IV1
119	11,34	1,48	0,07	0,63	5,94	1,07	0,03	IV1
126	11,74	4,75	0,15	1,19	6,52	4,62	0,06	IV1
140	2,09	0,93	2,22		50,81		1,14	IV5
148	18,54	7,95	5,15		2,85		5,56	IV6
212	11,31	3,30	1,09	0,60	3,34	1,68	0,18	

N	alt	temis	EC	Ca++	Mg++	Na+	K+	NO3-	Cl-	SO4-	CO3-	CO3-
			ms/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
43	8,30		1,20	79,00	21,00	14,00	45,00	240,60	45,52	692,52	280,60	0,00
45	7,50		0,16	13,50	4,60	5,00	13,20	5,60	4,15	0,44	91,30	0,00
47	8,20		0,40	33,00	15,10	22,30	7,60	29,00	2,02	18,15	100,00	0,00
50	8,20		0,52	49,00	12,20	16,00	4,00	42,70	12,05	10,50	225,70	0,00
52	8,30		0,70	65,00	5,30	2,20	5,40	6,20	8,50	112,65	44,00	0,00
55	8,40		0,47	28,50	7,30	7,60	22,00	3,50	5,62	7,20	2,30	0,00
78	7,50		0,36	38,00	17,42	7,42	14,10	4,40	2,12	7,15	1,10	0,00
107	8,10		1,06	62,65	20,00	7,60	3,02	154,90	18,43	31,10	40,50	0,00
120	8,00		0,52	52,10	41,40	1,34	7,31	1,08	0,00	0,41	60,00	0,00
123	7,90		1,66	250,00	68,60	52,04	12,80	14,40	52,00	249,50	150,00	0,00
174	8,10		0,52	40,30	37,30	5,20	2,50	0,20	2,20	0,00	44,60	0,00
204	8,20		1,20	70,00	20,50	12,30	2,22	2,55	0,20	12,00	1,10	0,00
205	8,20		1,30	60,00	17,30	4,10	5,00	2,10	0,21	10,00	1,10	0,00
207	8,20		0,35	36,00	26,10	3,40	3,70	4,20	2,60	12,30	13,00	0,00
217	8,00		0,60	60,00	7,00	2,60	3,20	5,00	0,16	1,50	11,00	0,00
317	7,90		0,60	60,00	61,50	12,20	0,00	0,01	2,12	31,00	1,30	0,00
321	7,20		0,02	1,50	0,24	0,00	3,25	0,01	2,10	0,00	10,50	0,00
322	6,10		0,02	1,05	1,85	2,10	2,50	0,01	2,50	0,00	19,20	0,00
328	6,20		0,02	0,40	0,60	1,80	2,20	0,01	2,05	0,00	10,20	0,00
329	8,10		0,40	11,62	0,61	4,90	2,60	0,01	2,65	14,42	23,75	0,00
332	4,50		0,02	2,50	0,38	1,32	1,70	2,56	2,00	2,10	4,50	0,00
338	6,30		0,63	3,00	0,90	1,64	0,25	5,08	2,00	0,60	12,62	0,00
339	8,80		1,01	23,65	84,10	8,80	12,00	0,31	0,25	128,40	225,70	0,00
345	5,70	50,00	0,10	7,60	2,50	3,00	2,00	22,90	3,10	0,01	15,50	0,00
348	7,20		0,35	36,10	11,60	6,50	9,50	30,60	11,20	7,80	61,00	0,00
349	6,40		0,02	3,00	2,10	3,60	1,00	2,90	0,54	0,01	6,20	0,00
423	7,50	32,00	0,55	62,20	15,24	52,50	1,52	0,68	0,01	22,50	22,00	0,00
424	7,40	33,00	0,29	25,50	26,52	11,16	12,68	0,01	5,62	193,16	19,73	0,00
425	7,00	34,00	0,22	20,30	2,00	4,30	2,00	2,68	2,09	2,10	10,50	0,00
426	7,30	35,00	0,28	53,00	12,49	2,70	2,00	0,84	2,34	24,00	225,60	0,00
430	7,80	35,00	0,28	110,20	110,60	53,10	5,40	13,66	12,38	889,20	320,20	0,00
500	8,10		0,62	75,10	25,02	24,90	5,50	3,24	2,64	56,00	29,85	0,00
501	7,90		1,21	66,00	31,50	62,11	14,20	0,00	19,95	12,00	12,80	0,00
502	7,60		0,62	30,00	0,19	6,00	2,70	2,40	0,01	10,20	20,10	0,00
503	7,80		1,11	60,00	21,30	41,25	2,00	0,22	2,33	20,00	22,20	0,00
504	8,30		0,10	28,00	7,00	3,90	3,40	0,01	0,01	0,00	12,60	0,00
505	8,20		0,02	0,20	1,00	0,20	3,10	0,01	0,01	0,00	10,20	0,00
508	8,00		0,50	40,20	22,50	7,70	3,20	0,90	0,01	0,00	60,75	0,00
510	7,20		0,02	20,10	3,10	2,00	0,20	0,01	0,01	0,00	20,00	0,00
511	7,90		0,66	43,10	22,50	3,60	3,00	0,56	0,01	1,00	20,00	0,00
512	7,70		0,40	30,20	0,00	3,10	0,00	0,01	0,01	15,00	20,00	0,00
538	6,80		0,10	25,00	3,00	0,20	0,20	0,00	0,01	0,00	81,00	0,00
539	5,90		0,02	11,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	10,00	0,00
546	7,50		0,26	24,60	0,00	3,40	0,00	1,35	0,01	3,30	10,00	0,00
556	6,50	50,00	0,02	2,00	2,50	6,40	2,40	0,01	0,01	0,00	20,00	0,00
557	6,20	28,00	0,02	5,10	2,25	2,08	3,60	0,01	0,01	0,00	20,50	0,00
558	6,00	28,00	0,08	8,20	0,00	2,10	2,00	2,00	0,01	0,00	15,00	0,00
559	6,00	30,00	0,02	8,00	2,24	2,64	0,77	0,01	0,21	0,20	10,00	0,00
583	7,90	31,00	0,63	61,25	55,65	13,72	3,80	26,92	3,55	15,80	10,20	0,00
584	7,60	31,00	3,90	264,20	62,00	462,00	0,21	1,04	84,50	53,00	20,00	0,00
590	7,90	31,00	0,41	42,10	22,19	6,50	2,40	11,44	0,01	13,20	16,80	0,00
591	8,10	31,00	0,49	37,40	26,09	2,05	1,30	3,12	0,00	19,20	22,00	0,00
592	8,20	30,00	0,40	42,60	25,92	4,95	1,20	3,64	0,01	19,50	220,60	0,00
593	8,10	31,00	0,60	37,00	30,37	50,60	17,30	2,08	3,55	16,20	320,30	0,00
695	7,90		0,24	23,70	6,69	4,32	7,14	3,66	1,42	5,00	109,80	0,00
696	7,80		0,35	35,30	11,19	6,17	1,92	13,82	2,84	2,70	164,70	0,00
739	7,90		0,32	35,50	5,50	14,40	4,20	0,01	1,10	2,00	186,00	0,00
740	6,73	30,00	0,28	36,80	0,00	4,52	7,20	2,04	0,01	0,20	160,15	0,00
742	7,85		0,09	9,00	2,55	2,20	6,00	1,00	0,40	2,60	35,30	0,00
743	8,48		0,33	29,80	15,71	4,15	15,49	0,01	0,02	1,50	180,00	0,00
744	8,50		0,32	26,20	15,50	5,69	3,80	0,01	1,42	0,50	19,00	0,00
745	8,31		0,34	20,20	7,30	3,40	6,50	0,50	2,14	0,20	10,00	0,00
746	7,51		1,29	120,50	43,00	42,24	36,00	2,50	156,15	300,00	100,00	0,00
747	7,27		2,00	319,00	2,50	25,65	41,20	1,50	16,51	1000,10	100,00	0,00
748	7,25		1,50	20,00	0,00	2,00	2,20	1,50	10,00	1,00	10,00	0,00
749	8,05		0,20	27,00	2,00	11,50	10,50	1,50	0,90	5,20	10,00	0,00
794	7,22		2,20	301,20	62,00	10,02	0,00	0,01	150,50	0,00	0,00	0,00
829	7,64		0,12	15,00	0,00	1,62	1,90	0,01	0,71	0,00	10,00	0,00
831	8,12		1,02	60,00	0,00	22,22	10,00	0,01	7,00	100,00	50,00	0,00

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES EN MILLIEQUIVALENTS ES60

N°	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TOT	CaCl <sub>2</sub>	ES	ES
45	3,94	5,84	0,61	1,13	3,30	1,22	1,45	4,60	0,00	11,20	21,54	1,02	0
46	0,67	0,38	0,22	0,12	1,09	0,11	0,01	1,50	0,00	1,72	1,88	0,15	0,25
47	1,85	1,24	0,50	0,06	0,33	0,50	0,30	3,00	0,00	4,00	5,10	0,17	0,10
50	2,35	1,50	0,40	0,10	1,30	0,34	0,21	3,20	0,00	5,00	4,00	0,10	1,37
52	3,74	4,9	0,40	0,10	0,30	0,20	1,98	0,00	0,00	8,25	7,00	0,30	0,34
55	1,42	1,37	0,24	0,10	0,06	0,18	0,05	3,30	0,00	5,00	4,30	0,00	0
76	1,90	1,27	0,28	0,10	0,32	0,06	0,11	3,00	0,00	3,00	3,00	0,01	1,30
107	3,38	2,89	0,28	0,00	0,39	0,52	0,25	2,41	0,00	11,00	11,24	0,00	0,04
120	2,89	1,81	0,12	0,00	0,34	0,00	0,01	3,00	0,00	3,00	3,00	0,00	0
123	14,47	2,10	1,40	0,36	0,33	1,61	5,13	2,05	0,00	24,00	28,31	0,00	0,27
124	2,01	3,26	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,00	3,60	3,60	0,00	1,30
204	3,64	3,35	0,60	0,10	0,06	0,02	0,38	2,10	0,00	2,52	2,75	0,00	29,27
205	3,39	1,31	0,10	0,13	0,12	0,02	0,31	3,25	0,00	5,20	5,00	0,00	0
207	4,89	3,16	0,28	0,22	0,30	0,09	0,12	2,80	0,00	8,56	8,55	0,00	0
217	2,21	3,04	0,37	0,15	0,05	0,00	0,44	3,25	0,00	6,25	5,25	0,00	3,00
317	0,70	5,06	0,50	0,22	0,00	0,00	1,21	4,22	0,00	6,00	6,00	0,00	0
321	0,04	0,07	0,07	0,19	0,00	0,06	0,00	0,24	0,00	0,50	0,50	0,00	0,25
322	0,05	0,15	0,13	0,06	0,00	0,07	0,00	0,32	0,00	0,38	0,40	0,00	1,00
328	0,02	0,05	0,08	0,07	0,00	0,06	0,00	0,38	0,00	0,24	0,30	0,00	0,16
329	0,58	3,26	0,21	0,12	0,00	0,07	0,30	4,25	0,00	4,60	4,10	0,00	0,18
332	0,15	0,07	0,08	0,04	0,10	0,05	0,01	1,00	0,00	0,50	0,32	0,00	0,21
338	0,15	0,07	0,07	0,01	0,08	0,06	0,01	0,21	0,00	0,43	0,31	0,00	0,30
339	1,15	0,22	0,38	0,40	0,00	0,00	2,32	4,52	1,39	12,27	18,90	0,00	2,25
345	0,38	0,19	0,22	0,05	0,45	0,09	0,00	0,25	0,00	0,39	0,34	0,00	1,51
348	1,80	0,95	0,28	0,10	1,16	0,30	0,18	1,00	0,00	2,96	3,29	0,00	0,12
349	0,40	0,17	0,16	0,07	0,05	0,02	0,00	0,70	0,00	0,76	0,80	0,00	5,36
423	3,14	1,33	0,24	0,04	0,00	0,00	0,38	4,30	0,00	5,36	4,78	0,00	605,21
424	1,19	2,18	0,39	0,32	0,30	0,18	0,07	1,28	0,00	2,45	2,12	0,00	0,36
425	1,44	0,16	0,18	0,10	0,00	0,00	0,12	1,28	0,00	2,48	2,42	0,00	0,30
426	2,67	1,60	0,30	0,20	0,00	0,08	0,12	4,60	0,00	5,25	4,94	0,00	0,32
450	5,57	2,09	2,31	0,10	0,25	0,34	11,85	6,10	0,00	16,41	12,00	0,00	0
500	3,65	1,39	1,09	0,10	0,00	0,00	0,12	4,80	0,00	6,10	6,28	0,00	0
501	6,69	2,01	2,20	0,10	0,00	0,00	0,26	4,80	0,00	12,00	10,10	0,00	0
502	3,51	1,05	0,26	0,00	0,00	0,00	0,35	3,00	0,00	5,30	4,50	0,00	30,14
503	9,00	1,80	1,00	0,10	0,01	0,10	0,20	0,10	0,00	12,50	11,80	0,00	1,00
504	2,42	1,95	0,12	0,00	0,30	0,00	0,08	1,10	0,00	5,10	4,65	0,00	0
505	2,43	1,30	0,15	0,00	0,00	0,00	0,07	0,25	0,00	3,30	4,00	0,00	16,00
508	2,54	2,18	0,10	0,10	0,00	0,00	0,12	3,60	0,00	5,00	5,11	0,00	0,00
510	2,50	1,93	0,10	0,00	0,00	0,00	0,12	4,30	0,00	4,20	4,40	0,00	30,30
511	2,16	1,02	0,15	0,00	0,01	0,00	0,08	4,20	0,00	4,60	4,10	0,00	40,20
512	1,90	2,01	0,15	0,00	0,00	0,00	0,13	4,30	0,00	4,51	4,10	0,00	30,30
538	1,26	0,12	0,05	0,01	0,00	0,00	0,12	1,50	0,00	1,64	1,34	0,00	1,65
539	0,55	0,15	0,20	0,00	0,00	0,00	0,08	1,20	0,00	0,28	0,20	0,00	30,10
546	1,23	0,45	0,32	0,10	0,02	0,00	0,11	2,50	0,00	2,64	2,25	0,00	13,00
556	0,13	0,12	0,28	0,06	0,00	0,00	0,01	0,30	0,00	0,10	0,62	0,00	100,00
557	0,15	0,20	0,13	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	0,00	0,67	1,60	0,00	400,00
558	0,41	0,19	0,10	0,00	0,04	0,00	0,06	0,30	0,00	0,30	0,74	0,00	32,50
559	0,46	0,18	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,30	0,00	0,79	0,80	0,00	3,20
583	3,06	2,78	0,68	0,10	0,39	0,10	0,33	2,18	0,00	2,29	6,20	0,00	5,00
584	13,21	4,34	23,05	0,23	0,05	2,36	1,04	1,25	0,00	4,75	40,80	0,00	1,20
590	2,10	1,46	0,33	0,06	0,57	0,00	0,44	4,43	0,00	5,44	5,95	0,00	150,00
591	1,07	1,40	0,47	0,05	0,16	0,00	0,40	4,25	0,00	5,31	3,70	0,00	100,00
592	2,13	1,30	0,25	0,05	0,18	0,00	0,41	0,60	0,00	5,19	3,20	0,00	21,00
593	1,85	1,52	2,57	0,45	0,10	0,10	0,34	6,48	0,00	2,00	6,35	0,00	0
695	1,18	0,55	0,19	0,18	0,00	0,04	0,10	1,30	0,00	2,00	2,30	0,00	0,30
696	1,29	0,92	0,20	0,05	0,10	0,08	0,16	1,70	0,00	1,16	3,05	0,00	0,30
739	1,77	0,62	0,65	0,11	0,00	0,04	0,05	3,05	0,00	3,14	3,00	0,00	15,30
740	1,58	0,25	0,20	0,10	0,05	0,00	0,08	2,35	0,00	2,24	0,20	0,00	10,20
742	0,45	0,29	0,13	0,10	0,00	0,14	0,06	0,20	0,00	1,09	1,00	0,00	0,00
743	1,47	1,13	0,14	0,00	0,00	0,04	0,05	3,00	0,04	3,16	3,18	0,00	0,30
744	1,34	1,28	0,38	0,10	0,00	0,04	0,01	3,15	0,10	3,30	2,28	0,00	0
745	1,24	1,95	0,18	0,16	0,00	0,08	0,12	3,00	0,00	3,60	2,25	0,00	0
746	6,30	3,52	1,84	0,10	0,01	3,20	2,08	1,75	0,00	12,11	11,00	0,00	0,30
747	15,94	6,52	1,11	1,00	0,00	0,46	20,92	1,70	0,00	23,15	30,00	0,00	1,00
748	12,21	2,19	1,22	0,05	0,00	3,14	14,45	1,70	0,00	19,50	21,50	0,00	0,30
749	3,22	4,20	0,49	0,10	0,00	0,10	6,00	1,00	0,00	2,10	2,21	0,00	0,20
794	25,19	12,37	0,48	0,10	0,05	0,00	32,21	3,35	0,00	35,59	36,30	0,00	160,00
829	0,66	0,26	0,07	0,05	0,00	0,02	0,00	0,25	0,00	0,25	1,04	0,00	0,30
831	3,36	2,00	3,12	0,32	0,00	0,20	3,88	5,25	0,00	9,21	9,18	0,00	11,30

ANNEXES B Forages dans l'étage Schisto-Gres-Dolomitique

N°	Prof.	Cote	Prof.	Debit	Niveau	Geol.	T	
Prov	Village	Alt.	R. Dure V.E.	Max.	Presp.			
43	Bissan	6,00	255,00	227/231	4,00	243,00	G	1,16
44	Kouabara	25,00	237,00		0,00		GSch	
45	Kouabara	27,00	235,00	219/225	12,00	239,00	Grf	1,50
47	Gouran	30,00	226,00	214	7,00	226,00	Gr	1,60
50	Bosse	30,00	224,00	211	4,00	224,00	Gsi	4,30
52	Debe	32,00	223,00	210	1,40	227,00	Gsi	0,40
55	Tourou	40,00	213,00	196/209	5,10	225,00	G	0,40
58	Kouabara	30,00	232,00	196/217	9,00	232,00	GsiD	0,90
104	Tissi	32,00	223,00		0,00		G	
107	Cesse	28,00	230,00	207	2,50	218,00	Gr G	0,60
120	Neussakui	40,00	223,00	220/251	3,00	247,00	G	26,20
121	Neussakui	32,00	235,00		0,00		GSch	
123	Nokui	10,00	253,00	213	2,00	250,00	Gr G	0,40
124	Bourasso	30,00	229,00	215	2,10	221,00	Grf	10,50
104	Tissi	40,00	225,00	204	0,70	233,00	GSch	0,10
205	Soro	56,00	195,00	202	10,00	228,00	A	9,50
207	Duarakui	39,00	225,00	222	10,00	246,00	Gr	0,20
217	Sere	74,00	182,00	213/199	3,00	222,30	AS4G	1,10
317	Nouankui	5,00	272,00	227	1,40	269,00	GSchf	3
321	Kekaba	17,00	258,00	237/250	9,00	263,00	G	42,60
322	Kekaba	17,00	258,00	237/250	9,00	263,00	Gsi	65,60
328	Kekaba	24,00	251,00	237/250	16,00	263,00	Gulf	10
329	Ooudou	36,00	238,00	222/227	18,00	264,00	SchG	92,40
332	Kouena	20,00	260,00	243/251	14,00	267,00	G	22,80
336	Kore	45,00	223,00	214/231	16,00	250,00	G	14,10
339	Tiokui	5,00	273,00	294/216	3,00	264,00	GSch	0,50
345	Boron	14,00	239,00	199	8,00	239,00	GA	1,80
348	Passakongo	11,00	295,00	245/283	9,10	284,00	G	1,50
349	Passakongo	6,00	300,00	248/283	9,10	284,00	G	3,40
422	Koury	30,00	229,00	199/221	20,00	233,00	Sch	113
424	Sano	31,00	220,00	180/191	0,80	217,00	Sch	0,10
425	Sano	38,00	215,00	180/191	0,80	217,00	GSch	0,20
426	Sano	51,00	200,00	180/191	0,80	217,00	Sch	0,20
429	Oeette	6,00	252,00		0,00		Gr	
430	Solimana	12,00	253,00	227	1,50	246,00	Grnt	0,30
500	Nokui	12,00	253,00	170	2,10	242,00	GSch	1,20
501	Barakui	6,00	260,00	198	3,90	253,00	A	6,40
502	Badia	47,00	217,00	215	7,20	256,30	GSch	3,30
503	Kosso	9,00	263,00	197/214	2,80	255,00	GSch	0,20
504	Gossin	24,00	237,00	224/238	10,00	256,00	G	0,70

N°	Prof.	Cote	Prof.	Debit	Niveau	Geol.	T	
Prov	Village	Alt.	R. Dure V.E.	Max.	Presp.			
505	Momona	42,00	221,00	197/234	21,00	226,00	G	50,00
507	Banaba	120,00	154,00	207	10,00	217,00	Gr	
508	Banaba	76,00	199,00	207	10,00	217,00	G	1,50
509	Banaba	120,00	154,00	207	10,00	217,00	G	
510	Ziga	54,00	222,00	192/214	21,00	222,00	G	3,70
511	Ziga	55,00	221,00	192/214	21,00	222,00	G	1,20
512	Ziga	74,00	202,00	192/214	21,00	217,00	G	12,30
513	Bensyena	30,00	200,00	207/224	10,00	210,00	AS4G	0,30
514	Bensyena	42,00	246,00	204	7,00	243,00	G	1,00
516	Banaku	43,00	231,00	205	1,00	243,00	Grf	1,20
516	Bansyana	61,00	219,00	203/236	10,00	226,00	Gr	1,00
517	Bansyana	49,00	220,00	203/236	10,00	226,00	Gr	1,20
518	Bansyana	13,00	266,00	223/235	10,00	266,00	G	1,20
519	Bansyana	7,00	272,00	223/235	10,00	266,00	G	1,20
521	Tissi	55,00	210,00		7,20	214,00	AS4G	145,40
524	W/Maastclave	18,00	254,00	229	3,00	244,00	GSch	0,10
527	Oeette	0,00	259,00		0,00		Sch	
528	Bendougou	30,00	197,00		10,00	205,00	A	0,50
529	Bendougou	66,00	211,00		6,00	219,00	A	0,40
532	Bendougou	25,00	252,00	232	10,00	267,00	G	1,30
533	W/Siama-sinoudou	7,00	255,00		2,10	249,00	G br	1
535	Solimana	14,00	251,00		0,00		Sch	
623	Euron-bobo	18,00	249,00		1,00	248,00	G	
624	Kouabara	20,00	231,00		1,00	232,00	Sch	0,20
625	Bensyena	30,00	217,00	204/217	15,00	224,00	GSch	23,30
700	Kouabara	10,00	300,00	205/228	11,00	288,00	Grf	1
701	Kouabara	10,00	302,00	205/228	11,00	288,00	Grf	0,20
702	Kouabara	24,00	296,00	205/228	13,00	284,00	Gr	0
703	Kouabara	25,00	297,00	205/228	15,00	282,00	Gr	2,50
704	Kouabara	28,00	292,00	205/228	11,00	284,00	Gr	0,00
705	Kouabara	30,00	290,00	205/228	11,00	282,00	Gr	1,00
706	Pouankote	41,00	281,00	207	10,00	291,00	GSch	1,00
707	Pouankote	6,00	315,00	207	3,00	311,00	GSch	0,70
708	Pouankote	10,00	317,00	205	5,00	316,00	Gr	1,00
709	Pouankote	21,00	305,00	205/222	7,00	311,00	GSch	1,70
710	Pouankote	9,00	317,00	205/245	12,00	305,00	GSch	10,00
724	Neussakui	30,00	226,00		15,00	211,00	GSch	3,70
809	Niama	67,00	213,00	220/232	8,70	223,00	G	41,30
810	(L/Tourouba)	30,00	248,00	230	1,00	241,00	AS4G	0
831	(L/Tourouba)	30,70	247,30		9,70		AS4G	
	Acyenne	32,75			5,77			

N°	Village	Prof. Cote		Prof.	Débit	Niveau	Géol.	T
		Alt.	R. Dure V. E.					
15	Kenena	52,0	224,0	226/231	10,0	250,0	GQz	67,80
16	Kenena	12,0	264,0	213	10,0	243,0	G	,40
34	Dembéléla	12,0	261,0	221	5,0	247,0	Gn	9,30
35	Kalfadougou	12,0	261,0		,0		Sch	
38	Dara	20,0	249,0	256	,0		Sch	
39	Bankoumani	20,0	245,0	199/226	1,0	252,0	G ro	,10
41	Solenzo	18,0	296,0	274/284	6,1	303,0	SchQz	1,90
42	Kouka	56,0	270,0	276/293	5,0	309,0	AG	3,60
43	Kouka	56,0	271,0	276/293	5,0	309,0	AG	,30
44	Kouka	54,0	272,0	276/293	5,0	309,0	AG	,40
45	Sélenkoro	65,0	273,0	278/288	4,0	309,0	AG	1,10
46	Solenzo	24,0	290,0	284	5,0	302,0	GSch	4,70
47	Solenzo	22,0	292,0	284	3,0	301,0	GSch	,40
52	Yasso	38,0	260,0	268/243	5,0	278,0	GsiSchf	,8
54	Yasso	53,0	245,0	268/243	5,0	278,0	AG	3,2
55	Déssé	42,0	254,0	238	20,0	266,0	GSch	46,3
56	Déssé	42,0	254,0	238	20,0	266,0	GSch	34,1
57	Kemenso	80,0	222,0	255/260	4,0	275,0	A	
58	Karasso	70,0	202,0		,0		A+G	
59	Dénissa	57,0	211,0	213/224	6,8	247,0	A+GSch	1,6
60	Toni	51,0	222,0	225/240	10,0	250,0	A+GSch	1,4
61	Toni	51,0	222,0	225/240	10,0	250,0	A+GSch	65,1
62	Dougoukoura	59,0	221,0	208/222	6,0	231,0	A+GsiSch	,2
63	Kawadená	49,0	229,0	218	10,0	244,0	A+GSch	22,7
64	Ayoubakolon	24,0	266,0	242	6,0	263,0	A+G	5,8
65	Néréko	12,0	289,0	243	10,8	270,0	GSch	2,3
71	Dembo	42,0	231,0	222	10,0	245,0	G	12,8
6	Tiéarakui	76,0	214,0	214	4,0	245,0	A	3,3
69	Tohani	35,0	243,0		,0		Sch	
70	Sékui	22,0	254,0		,0		Sch	
75	Berma	69,0	215,0		,0		Sch	
76	K.G.D.	36,0	255,0	220	3,9	256,0	Sch	,4
77	K.G.D.	36,0	255,0	220	2,5	249,5	Sch	,8
79	Tira	72,0	214,0	225/259	12,0	255,3	S+G	13,6
80	Duanboye	18,0	259,0		,0		Sch	
81	Bomborokui	50,0	228,0		,0		GSch	
89	Kemenso	72,0	230,0	255/260	4,0	275,0	ASf	,5
90	Karasso	60,0	214,0	207/231	3,0	246,0	ASf	3,2
93	Gombélé	27,0	242,0	217	2,0	239,6	G	,7
98	Bomborokui	40,0	238,0	223	,8	256,0	G	,1

N°	Village	Prof. Cote		Prof.	Débit	Niveau	Géol.	T
		Alt.	R. Dure V. E.					
440	Bomborokui	49,0	229,0		0,00		GSch0 alt	
513	Dira	15,0	266,0	225	14,50	266,40	G	1,1
514	Yasso	27,0	271,0	242/264	9,00	281,50	GA	1,7
515	Hasbiala	19,0	291,0	252	13,00	297,00	GSch	52,1
516	Kossoba M.	13,0	269,0		0,00	285,00	Sch	
517	Kemenso	19,0	211,0		0,00		S	
518	Dénissa M.	34,0	234,0		6,30	263,70	G	9,3
531	Masso	26,0	260,0	259	11,00	268,60	G PInt	13,7
534	Dissankui	6,0	297,0		0,00		Sch	
535	Dissankui	9,0	294,0	262/290	3,00	293,30	Sch	,0
536	Solenzo	46,0	268,0		0,00		PInt	
537	Solenzo	24,0	290,0	229	6,00	292,30	G	,7
545	Yéresséré	64,0	244,0		11,00	296,40	AS	1,6
551	Siguinoguin	43,0	267,0	254	11,30	304,95	GSch	1,6
552	Siguinoguin	42,0	270,0	255/249	22,00	304,20	GSch	1,9
553	Siguinoguin	40,0	272,0	253	15,10	302,90	Gsi	4,7
554	Siguinoguin	57,0	255,0	248	11,30	303,20	Qz	1,9
555	Solenzo	26,0	288,0	257	22,00	285,70	G PInt	,6
566	Bomborokui	50,0	228,0		0,00		Sch	
590	Kankoro	30,0	261,0		0,00		Sch	
591	Torokoto	26,0	243,0		0,00	251,20	GSch	,4
582	Torokoto	24,0	245,0		2,00	268,90	GSch	,1
607	Kossoba M.	14,5	268,0		0,00	226,57	Sch	
610	Dissankui	7,0	296,0		3,78	296,30	Sch	,0
611	Kemenso	77,0	225,0		6,50	278,00	AS	1,6
615	Bin (Ban)	35,0	270,0	244/262	3,50	299,10	Sch	,1
616	Bin (Ban)	27,0	278,0	268/274	10,30	300,30	GSch	37,5
617	Bin (Ban)	23,0	282,0	246/265	3,50	297,90	Sch+G	,0
618	Bin (Ban)	22,2	272,0	280/238	0,84	298,30	SchG	,2
619	Gnas.	38,0	272,0	262/265	8,60	305,40	GSch	,6
620	Gnas.	35,0	275,0	267/270	8,60	305,00	GQz	59,3
626	Molle	28,0	295,0	250/274	1,00	306,40	G	,6
627	Molle	22,0	301,0	268/283	5,40	305,00	GSA	1,1
628	Molle	12,0	311,0	268/283	8,54	300,40	GA	1,7
629	Kouka	19,0	307,0	283	10,80	317,00	GQz	1,3
630	Kouka	30,0	296,0	277/280	7,20	305,40	GQzCal	1,7
631	Kouka	40,0	286,0	284/295	4,32	308,60	GCal	1,6
632	Kouka	25,0	301,0		10,80	312,90	G+A	59,3
	Moyenne	37,5			5,93			

SN	Village	Prof. Alt.	Inte. Surface WE	Surf. max	Niveau	Stat
184	Eera	22,00	302,00	255	10,00	376,00 3 gr
186	Duankusi	35,00	267,00	275	10,00	289,00 3 gr
181	Pienekusi	20,00	262,00	239	10,00	297,00 3 gr
182	Diekouzi	27,00	275,00	200	10,00	300,00 3 gr
183	Koienkan	10,00	347,00	210	10,00	340,00 3m
119	Dokui	8,00	319,00	200	10,00	320,00 3m
120	Dokui	5,00	322,00	200	10,00	321,00 3m
122	Disorowe	8,00	436,00	455/410	10,00	426,00 3
123	Disorowe	7,00	436,00	339	10,00	426,00 3
124	Jansila	3,00	429,00	570/337	10,00	425,00 3
125	Douma	19,00	419,00	337	10,00	424,00 3m
126	Kelle	17,00	417,00	355/335	10,00	417,00 3
127	Joma	7,00	429,00	335	10,00	421,00 3m
128	Jui	10,00	310,00	340/337	10,00	302,00 3m
129	Kouneni	32,00	388,00	110/415	10,00	416,00 3m
130	Toula	19,00	413,00	363/330	10,00	419,00 3 R
168	Zakui	15,00	335,00	340/335	10,00	331,00 3
169	Ojibasso	16,00	337,00	353/335	10,00	338,00 3
170	Ojibasso	16,00	337,00	337	10,00	339,00 3m
171	Mahoviéna	7,00	363,00	325/337	10,00	345,00 3
172	Maitena	16,00	342,00	340/337	10,00	345,00 3
173	Kiwa	27,00	325,00	330	10,00	342,00 3
174	Pra 1	14,00	355,00	330/337	10,00	343,00 3
175	Kansara	6,00	401,00	325/337	10,00	397,00 3
189	Dorakoro	25,00	359,00	330	10,00	357,00 3
190	Tere	10,00	445,00	410/335	10,00	427,00 3m
191	Kobankwa	19,00	353,00	310/334	10,00	349,00 3
192	Mangoma	7,00	412,00	355/337	10,00	397,00 3m
193	Mbara	10,00	419,00	330	10,00	419,00 3
194	Mbara	4,00	416,00	337/335	10,00	409,00 3
	Movera	15,00		330	10,00	

SN	Village	Prof. Alt.	Inte. Surface WE	Surf. max	Niveau	Stat
195	Adokui (Pent)	10,00	375,00	330	10,00	375,00 3
196	Balave	7,00	325,00	330/337	10,00	326,00 3
197	Balave	8,00	319,00	330/337	10,00	319,00 3
198	Jama	24,00	371,00	330	10,00	371,00 3
199	Soni	20,00	371,00	330/337	10,00	371,00 3
200	Kankui (Koi)	19,00	371,00	330	10,00	371,00 3m
201	Kije	10,00	371,00	330/337	10,00	371,00 3m
202	Lakoro	8,00	371,00	330	10,00	371,00 3
203	Mouka	47,00	371,00	330	10,00	371,00 3m
204	Bachingi	5,00	371,00	330	10,00	371,00 3
205	Fakawa	10,00	371,00	330	10,00	371,00 3
206	Kambori (Kura)	39,00	371,00	330	10,00	371,00 3m
207	Mahave	10,00	371,00	330	10,00	371,00 3
208	Semekusi	10,00	371,00	330	10,00	371,00 3
209	Semekusi	10,00	371,00	330	10,00	371,00 3
210	Amvoni	14,00	371,00	330	10,00	371,00 3
211	Mahave	12,00	371,00	330	10,00	371,00 3
212	Sani	31,00	371,00	330	10,00	371,00 3
213	Sandongo	14,00	371,00	330	10,00	371,00 3m
214	Fany (Sankari)	21,00	371,00	330/337	10,00	371,00 3m
	Fakawa	10,00	371,00	330	10,00	371,00 3
215	Mwasa (Kuro)	7,00	371,00	330	10,00	371,00 3
216	Lakoro	8,00	371,00	330	10,00	371,00 3
217	Mahomwa	17,00	371,00	330	10,00	371,00 3
218	Mahomwa	17,00	371,00	330/337	10,00	371,00 3
219	Mahomwa	17,00	371,00	330/337	10,00	371,00 3
220	Ema	10,00	371,00	330	10,00	371,00 3m
	Mwasa	20,00		330	10,00	

N°	Village	Prof. (Ait.)	Cote (R. Dure)	Prof. (V.E.)	Debit (Max.)	Niveau Piezo. (m)	Secio- (age)	N°	Village	Prof. (Ait.)	Cote (R. Dure)	Prof. (V.E.)	Debit (Max.)	Niveau Piezo. (m)	Secio- (age)			
23	Ibena	175,00	177,00	177/192	10,00	205,00	GF	2,50	177	Parakou	175,00	214,00	10,00	207,00	AS/Gsch	1,10		
24	Boana	24,00	177,00	187/192	5,00		AS+G		174	Tantara	43,00	213,00	278/241	14,00	202,00	GF	5	
25	Kwara Toksel	84,00	178,00	193/215	5,00	221,00	AS+G	1,30	175	Parakou	157,00	218,00	222/253	10,00	251,00	GF	2,10	
27	Koukou Peul	54,00	207,00	173/204	5,00	210,00	GF/Sch	0,30	173	Parakou	177,00	215,00	13	10,00	210,00	GF	0,30	
41	Massari	28,00	225,00	214	4,00	225,00	G	2	171	Kankarou	117,00	218,00	157	4,00	251,00	GF	0,10	
42	Bo	31,00	233,00	249/218	5,00	237,00	GF	0,50	171	Parakou	43,00	253,00	143	5,00	263,00	GF	5,4	
54	Korone	48,00	205,00		10,00	224,00	GF	4	176	Parakou	51,00	255,00	145	4,00	263,00	GF	15,40	
56	Boana	56,00	179,00	207	7,00	227,00	GF	5	171	Kankarou	124,00	243,00	144	4,00	257,00	GF	1,80	
57	Peré	29,00	216,00	204/208	12,00	227,00	G	15,30	174	Parakou	147,00	239,00	274/240	4,00	251,00	GF	2,10	
58	Peré	14,00	242,00	204/211	12,00	226,00	GF	20,30	172	Parakou	120,00	217,00	125	1,00	254,00	GF	0,30	
59	Massari	60,00	196,00		10,00	224,00	AF	17,00	172	Kankarou/Bo	50,00	225,00	147	1,00	241,00	GF	0,60	
60	Koukou	32,00	234,00	203	7,00	233,00	G	27,50	171	Boana	142,00	244,00	277	1,00	257,00	GF	0,30	
61	Pani	60,00	198,00	190	5,00	218,00	GF	1,30	174	Parakou	156,00	227,00	247	10,00	255,00	AS+G	31,10	
62	Soumarani	52,00	207,00		10,00	227,00	GF	5	175	Kinsere	48,00	207,00		5,00		GF		
81	Massari	32,00	224,00	199/206	5,00	224,00	GF/IA	3,50	176	Yévédougo	155,00	217,00	213	5,00	242,00	GF		
85	Dagale	78,00	182,00	200	1,80	220,00	GA	0,10	203	Bo	113,00	248,00		0,00		GF		
86	Korogueré	72,00	197,00	197/202	1,80	209,00	AS	10,30	211	Bo	110,00	252,00		0,00		GF		
87	Bon Peul	83,00	174,00	195/199	5,00	214,00	AS	25,30	213	Parakou	147,00	245,00		10,00	256,00	GF	4,60	
88	Louta	90,00	242,00		0,00		AE		215	Bo	136,00	253,00		0,00		GF		
89	Koukou Peul	68,00	197,00	215/219	0,90	213,00	GF/Sch	0,20	214	Parakou	171,00	197,00	191	3,00	212,00	AS	0,70	
90	Kanga	40,00	218,00	195/200	5,00	210,00	GF/Sch	54,50	227	Kale	149,00	205,00	161	14,00	227,00	G	0,70	
91	Bouchville	30,00	228,00		0,00		GF		229	Kamouboye	1,00	244,00	162/172	14,00	227,00	GF/Sch	5,70	
92	Menourou	36,00	221,00		0,00		G		217	Bo	114,00	245,00	217	1,00	217,00	GF/Sch	0,10	
93	Koukou Peul	96,00	166,00		0,00		GF		212	Kinsere	111,00	221,00	10	1,50	242,00	GF	4,30	
94	Soro	49,00	213,00	189/197	5,00	215,00	GF	4,00	214	Kankarou	1,00	254,00		0,00		GF		
95	Sindio Peul	28,00	236,00	196	1,50	219,00	GF/Vio	0,20	215	Bo	114,00	252,00		0,00		GF		
96	Sere	26,00	232,00		0,00		G		216	Kankarou/Bo	46,00	216,00	17	1,00	215,00	GF/IA	0,30	
97	Kané Peul	84,00	183,00	205/210	2,00	217,00	GA	1,10	217	Kankarou	129,00	242,00		0,00		GF		
98	Koukou Peul	63,00	204,00	199	2,00	222,00	GF		219	Kankarou	112,00	255,00	100	1,00	217,00	GF		
99	Kanga	24,00	243,00	204/210	6,00	227,00	GF		223	Kankarou	174,00	259,00	245	1,00	227,00	GF		
105	Babakou	84,00	178,00	197	1,00	212,00	AS	0,10	221	Bo	115,00	256,00	224/211	10,00	217,00	GF	25,70	
106	Koukou	49,00	215,00	192	0,60	215,00	GA		227	Bo	107,00	214,00	212/237	10,00	217,00	GF	1,50	
107	Lei	10,00	251,00	195	0,40		G	2,40	227	Bo	110,00	235,00	190/207	1,00	227,00	AS	3,00	
109	Sien	14,00	244,00	235	3,00	234,00	GF	0,20	224	Bo	115,00	219,00	156/217	10,00	227,00	GF/Sch	4	
117	Soba	30,00	239,00	223/228	2,00	247,00	Sch	0,30	227	Bo	40,00	215,00	131	0,00	224,00	GF	4	
127	Simbadougou	84,00	175,00	187	1,70	224,00	GF	0,40	225	Bo	40,00	215,00	83	13,50	224,00	GF	5	
128	Tombodougou	73,00	189,00	187/202	1,00	217,00	S		22	Kanga	50,00	203,00	196/194	3,00	227,00	GF	0,50	
130	Konankouira	22,00	251,00	210	0,00	221,00	Sch		201	Bo	42,50	216,50		0,00		GF		
131	Yévédougo	18,00	260,00	219	0,70	242,00	Sch		281	Sere	47,00	216,00		0,00		GF		
133	Kankou	14,00	278,00		0,50		AS/G		282	Sere	29,00	229,00		0,00		GF		
136	Sā	14,00	258,00	220	1,00	242,00	GF	2,30	285	Kanga	27,00	231,00	185	7,00	157,05	GF/Sch	3,00	
137	Boron	8,00	260,00		0,00		Sch		286	Bo	17,00	249,00	141	1,00	242,00	G	0,60	
166	Diabekolon	66,00	210,00	245	10,00	266,00	AF/G	4,20	287	Dagale	10,00	254,00		0,00	215,00	GF/Bo	1,50	
167	Siabara	30,00	271,00	236/241	14,00	257,00	GF	1,30	289	Sere	19,00	239,00		0,00		GF		
168	Siabara	29,00	262,00	236/241	14,00	257,00	Sch/G	7,40	287	Tiao	13,00	252,00	176/164	1,50	220,00	GF	0,10	
169	Kolonkoura D	58,00	242,00	247	5,00	264,00	AS+G/Sch	1,50	291	Peré	4,00	251,00	207	15,00	223,00	GF	1,20	
170	Koubara	66,00	208,00	216	10,00	247,00	AS+G/Sch	12,60		Kinsere	42,26			4,00				

ANNEXE III

DONNEES DU RESEAU PIEZOMETRIQUE

N°	Nom	N. IGM	ELEV. (m)	Données d'observation		L.C. (m)	REMARKS
				ES	RE		
1	Ôlé	00203704	Pièze	27,00	15700	01	
2	Tierkou	00216716	Puits	17,50	01003		
3	Tierkou	00216716	Pièze	17,00	15700		
4	Ôlé	00203704	Puits		15700	10	
5	Soukoudou	00218719	Puits	14,50	01006		
6	Ôlé	00203704	Puits	17,50	15700		
7	Houenouka	00212717	Puits	21,00	01007		
8	Nakong	00212717	Puits	21,00	01008		
9	Neussoula	00213725	Puits	18,50	01009		
10	Mion	00207713	Puits	7,00	01010		
11	Yaha	00216716	Puits	30,00	01011		
12	Kou	00213725	Puits	22,00	01012		
13	Via	00203704	Puits	14,50	01013		
14	Tona	00213725	Puits	22,00	01014		
15	Poukoudou	00214723	Puits	15,50	01015		
16	Rasoudou	00210707	Puits	24,00	01016		
17	Rasoudou	00210707	Puits	27,50	01017		
18	Kware Kengoué	00212715	Puits	19,00	01018		
19	Kware Kengoué	00212715	Puits	2,50	01019		
20	Ôléna	00213725	Puits	17,50	01020		
21	Ôléna	00213725	Puits	8,00	01021		
22	Kira	00216716	Puits	19,00	01022		
23	Marantanga	00211707	Puits	18,50	01023		
24	Tarna	00203704	Puits	18,00	01024		
25	Tarna	00203704	Puits	21,00	01025		
26	Saïta	00207713	Pièze	21,00	01026		
27	Doungou	00213725	Pièze		01027		
28	Loudou	00216716	Pièze	35,00	01028		
29	Tansia	00213725	Pièze	17,00	01029		
30	Yaha	00216716	Pièze	8,00	01030		
31	Yaha	00216716	Pièze	17,00	01031		
32	Kouka	00203704	Pièze	21,00	01032		
33	Houpa	00203729	Pièze	18,50	01033		
34	Sissile	00213725	C.A.	5,00	01034		
35	Ôlé	00203704	Pièze	33,00	01035		
36	Sissile M	00203729	Pièze	19,00	01036		
37	Sissile P	00203729	Pièze	19,00	01037		
38	Mina	00203729	Pièze	17,50	01038		
39	Koupa	00203729	Pièze	21,50	01039		
40	Soulenzo	00216716	Pièze	24,00	01040		
41	Sarane	00216716	Pièze	25,00	01041		
42	Rozoua	00203704	Pièze	21,50	01042		
43	Roudoukou	00203704	Pièze	23,50	01043		
44	Via	00203704	Pièze	15,50	01044		
45	Tigan	00212705	Pièze	22,00	01045		
46	Gassan	00204714	Pièze	32,50	01046		
47	Lery	00203704	Pièze	25,00	01047		
48	Tigan	00212705	Puits		01048		
49	Nybaso	00216716	Pièze	30,00	01049		
50	Hahoua	00213725	Pièze	24,00	01050		
51	Koumbou	00210707	Pièze	25,00	01051		
52	Sissile P	00203729	Puits	15,00	01052		
53	Sissile M	00203729	Puits	13,50	01053		
54	Soudou	00203704	Pièze	17,50	01054		
55	Kouba	00203713	Pièze	29,00	01055		
56	B. Loupa	00213725	Puits	27,00	01056		
57	B. Loupa	00213725	Pièze	29,00	01057		
58	Mina	00203704	Puits	29,50	01058		
59	Tierkou	00216716	Puits	10,00	01059		
60	Tierkou	00216716	Pièze	9,50	01060		
61	Tierkou	00216716	Puits	19,00	01061		
62	Tierkou	00216716	Puits		01062		

N°	Prov.	VILLAGE	M. (Km)	TYPE	PR. (m)	ANNÉES D'OBS.			MES. Mens.	PER. d'obs.
						1960	1961	1962		
83	Bahoua	00213701	Puits	25,00	08,00					
84	Koumbia	00210107	Puits		07,00					
85	Sipodou	00203009	Puits		05,00					Mes. Mens.
86	Sara	00202003	Puits		09,00					Mes. Mens.
87	Sara	00202005	Puits		07,00					Mes. Mens.
88	Sara	00202006	Puits		07,00					
89	Sara	00202007	Puits		07,00					
90	Sara	00202008	Puits		07,00					
91	Dougou	00210102	Puits		12,00					
92	Kankouba	00203005	Puits		08,00					
93	Koumboussi	00203007	Puits		07,00					
94	Koumboussi	00203008	Puits		07,00					Mes. Mens.
95	Sipodou	00202004	Puits		07,00					Mes. Mens.
96	Sipodou	00202002	Puits		07,00					Mes. Mens.
97	Sipodou	00202001	Puits		07,00					Mes. Mens.
98	Sipodou	00202003	Puits		07,00					Mes. Mens.
99	Sipodou	00202005	Puits		07,00					Mes. Mens.
100	Sipodou	00202006	Puits		07,00					Mes. Mens.
101	Sipodou	00202007	Puits		07,00					Mes. Mens.
102	Sara	00202001	Puits		07,00					
103	Sara	00202002	Puits		07,00					
104	Sara	00202003	Puits		07,00					
105	Sara	00202004	Puits		07,00					
106	Sara	00202005	Puits		07,00					
107	Sara	00202006	Puits		07,00					
108	Sara	00202007	Puits		07,00					
109	Xossouba (DSS)	00209006	P.M.	65,00				12,00		
110	Goersa	00208006	P.M.	60,00				12,00		
111	Gossina	00205006	P.M.	70,00				11,00		
112	Daka	00208005	P.M.	61,00				10,00		
113	Piton Bobo	00206005	P.M.	60,00				10,00		
114	Sourou	00204003	P.M.					10,00		
115	Tian	00208003	P.M.	60,00				08,00		
	Kastagouba	00209007	P.M.		12,00					
	Le	00202004	P.M.		07,00					
	Kinsara	00203002	P.M.		08,00					

Legende

Piezoc: Piezometre execute a la tariere

Mes. Mens: Mesures mensuelles

-----: Periode d'observation

P.M.: Centre Météor.



TABLEAU N° 3 Fluctuations des pluviomètres

VILLAGES	FLUCTUATIONS ANNUELLES			84	85	86	87	88	89	90					
	PIEZOMETRES														
	Min.	Max.	Mo.												
Gassan	0,26	1,33	0,63	14,41	14,95	14,45	14,85	13,66	14,99	13,79	14,75	14,05	14,56	14,00	14,56
Leri	0,25	1,02	0,66	17,20	17,65	17,00	17,84	17,70	17,95	17,02	18,04	17,50	18,12	17,30	17,27
Rondokui	0,64	1,08	0,93	7,87	8,55	8,52	8,60	9,35	10,38	10,10	11,64	10,10	10,38	10,55	11,31
Youna	2,08	4,37	3,78	0,08	4,45	0,00	4,35	0,95	4,73	0,56	4,50	0,38	4,56	3,30	4,58
Borono	1,40	13,30	7,12	4,10	15,10	13,15	15,30	2,60	15,30	3,00	15,90	14,15	15,55	14,45	15,90
Solenzo	3,30	5,70	4,58	3,15	8,15	1,98	7,13	3,35	7,04	2,04	7,74	4,35	7,60	3,40	8,27
Kouka	1,20	4,95	2,81	12,70	16,70	14,72	11,20	14,70	17,37	12,57	17,52	15,00	16,60	15,35	17,15
Tansila	1,43	4,21	3,21	5,36	8,48	5,05	8,60	2,40	10,97	3,04	7,25	4,29	7,77	6,35	9,18
Djibasso	0,80	2,66	1,54	12,05	13,05	12,00	13,95	12,09	13,48	11,90	14,56	11,15	12,62	11,52	12,14
Safane	1,80	5,74	3,62	5,60	8,20	5,84	10,42	5,50	10,42	4,35	10,09	7,95	9,75	7,11	8,27
Tougan	1,03	2,44	1,81	12,03	13,95	11,29	13,73	12,21	13,49	12,13	14,03	12,08	14,44	12,72	13,25
Di	0,37	1,96	1,21	12,00	13,57	10,98	17,18	10,53	10,90	8,91	10,87	8,23	9,50	8,36	9,75
Dedonatu	0,12	1,38	0,65			20,70	20,87	20,99	21,16	21,18	21,49	21,50	22,79	21,35	22,56
Dedouqou	0,18	0,27	0,22						18,10	18,37	18,45	18,67			
Dedouqou	0,30	0,90	0,60						19,14	19,44	19,52	20,47			
Boron	0,28	3,40	1,53			11,70	13,40	13,70	12,18	11,97	12,53	8,66	10,26		
Aourena	1,64	4,65	3,24			14,65	14,70	18,95	11,17	17,92	21,99	14,59	19,23	14,76	15,38
Sissilé	0,87	1,43	1,17							18,47	19,90	18,79	19,66		
Kalfadougou	0,43	1,23	0,76			24,72	25,48	24,72	25,15	24,44	25,76	25,17	24,46		
Kouka	0,59	1,42	0,93			25,85	26,45	25,30	26,27	25,76	26,68	24,57	25,11		
Bomboroti	1,38	4,36	2,85			20,71	22,85	22,44	25,82	21,22	24,82	19,41	23,72		
Bisso	0,39	1,26	0,77			28,31	28,49	28,86	29,32	29,52	29,49	27,18	28,34	22,51	22,90
Koumbi 1	0,74	3,22	1,52	18,40	18,75	18,35	20,41	18,85	19,58	17,10	20,25	16,97	18,50	17,60	18,84
Koumbi 2	0,35	3,15	1,53			18,13	18,87	16,45	19,55	17,08	20,30	16,97	18,52	17,30	18,86
Yaba 1	1,90	5,00	2,93	9,00	11,00	8,35	13,76	8,60	11,13	8,35	11,25	7,90	11,40	8,85	10,00
Yaba 2	1,90	5,03	2,97	9,00	11,00	8,40	13,40	8,63	11,10	8,40	11,23	7,90	11,70	8,70	10,86
Siella	3,54	8,30	5,32			6,00	14,50	7,36	10,90	6,08	9,85	3,61	9,30		
Sipohia	5,11	6,62	5,64			3,00	9,62	5,82	9,00	2,24	7,44				
Kouankira	0,73	7,32	4,79					29,60	36,92	30,06	26,92	32,41	36,61	35,14	35,81
Tierkou	2,93	3,55	3,19			3,00	3,66	10,15	3,64	2,40	9,78	3,73	7,62	2,78	7,22
Tierkou	3,89	7,38	5,64			2,00	3,60	2,42	10,00	1,19	7,13	3,47	7,03	1,79	4,49
Tierkou	2,70	7,60	5,47			12,00	15,55	14,33	18,00	12,77	15,70				
Mina	3,05	6,18	4,23			3,00	9,18	3,13	7,67	4,07	7,23	4,08	7,13		
Kwaré Manguel	1,23	12,80	5,35			9,52	10,75	10,22	13,62	1,40	14,20	6,20	11,40	8,45	12,45
Toua	1,21	6,11	3,31			8,88	10,35	6,30	10,68	7,08	8,29	5,81	11,92	6,70	10,62
Tia	0,03	2,90	1,34	6,59	9,49	8,77	10,49	8,46	10,30	8,34	9,83	8,35	8,45	8,35	8,40
Daboura	1,53	11,75	6,88	3,98	5,51	2,55	13,80	2,55	7,56	2,18	9,43	2,55	9,91	4,09	12,95
Nienanou	0,22	3,30	1,09			27,48	27,90	24,59	27,87	27,76	27,88	27,85	28,26	27,74	28,90
Touqou	0,95	4,85	2,87			6,20	7,15	5,70	8,55	3,95	6,70	5,40	7,85	5,50	8,25
Vy	1,29	5,13	3,21									3,74	8,87	6,21	7,95
Tigan	0,68	6,00	1,81	1,62	2,30	1,85	2,36	1,10	2,76	1,55	1,90	2,96	8,90	2,30	3,50
Bonou Toza	2,65	6,95	4,61			17,30	22,80	20,10	22,75	21,20	23,95	11,00	17,95	11,85	22,78
Sielle N.	2,25	6,38	4,35			7,00	17,18	6,04	12,42	6,60	10,30	6,04	10,30	7,50	9,35
Sielle P.	0,63	3,08	1,99	12,27	12,90	12,70	14,15	12,00	14,76	12,13	14,22	11,35	14,43	11,62	11,94
Bisso	8,80	11,75	10,27									4,00	12,90	3,35	2,10
Lapara	13,94	15,44	14,69									1,26	15,20	3,45	18,89
Pa	4,90	6,30	5,60									5,40	11,70	2,80	11,90
Baqassi	0,94	4,60	2,27			2,80	7,40	2,80	5,43	2,90	3,84	3,85	5,70	4,41	5,78
Darou	2,03	2,30	2,16									5,45	7,48	5,25	7,55
Bouqou	4,82	6,60	5,70									8,40	13,22	7,55	14,15
Duakera	16,90	22,38	19,64									6,47	28,85	9,30	28,70

## ANNEXES II

TABLEAU N° 3 Fluctuations des piezometres

VILLAGES	FLUCTUATIONS ANNUELLES			84		85		86		87		88		89		90	
	PIEZOMETRES			Min. Max.													
	Jan.	Nov.	Mov.														
Koundio	Puits 0,97	3,50	1,89			18,62	20,50	19,00	20,00	17,25	20,75	16,85	15,65	17,30	15,7		
Yaba	Puits 1,30	4,08	2,60	9,30	10,90	9,60	11,90	9,25	13,33	9,50	12,10	9,10	12,25	8,50	13,95	9,25	11,75
Siella	Puits 1,50	7,85	4,66			6,45	14,50	8,28	10,69	7,34	11,10	5,75	9,55	6,42			
Sipohin	Puits 4,87	15,75	8,82			5,07	12,72	5,83	12,76	4,05	19,80	6,20	12,78	7,50	12,72		
Konankira	Puits 1,14	12,56	6,57					29,57	30,11	29,59	36,06	29,11	41,67	29,12	35,11		
Tierkou	Puits 5,57	6,85	6,42			4,40	12,70	5,82	12,70	2,62	19,00	5,72	12,85	2,91	12,18		
Tierkou	Puits 7,80	16,38	10,12			2,70	15,35	2,62	10,40	1,57	8,40	2,28	7,49	1,41	5,72		
Tierkou	Puits 5,40	12,65	7,89			13,80	20,40	14,73	20,30	13,70	20,55	12,89	15,30	11,72	18,43		
Mina	Puits 2,28	11,52	5,99			2,60	14,12	3,26	8,25	3,15	8,32	4,37	6,80				
Kware Manquel	Puits 0,52	4,15	1,39	11,90	16,85	10,15	19,60	10,30	13,88	11,38	14,38	1,00	15,67	6,75	11,70	9,10	11,04
Kware Manquel	Puits 2,94	15,52	6,34	21,05	21,70	20,60	22,50	19,68	20,30	19,80	20,48	15,55	20,70	17,75	18,85	17,48	18,18
Tona	Puits 5,44	15,42	10,47	9,13	14,57	7,72	16,00	5,94	21,00	5,36	20,78	5,95	17,88	4,27	14,65	6,11	2,72
Tia	Puits 0,72	2,80	1,84	10,20	11,22	9,27	11,36	9,25	11,45	9,03	11,50	8,50	11,30	9,49	11,12	10,41	11,13
Daboura	Puits 6,46	14,67	11,33			7,75	15,79	4,35	10,91	2,10	16,77	5,10	14,42	5,88	4,25		
Miananou	Puits 0,45	4,70	1,58			22,15	25,07	14,81	26,11	27,95	28,30	22,68	28,70	22,64	31,7		
Toungo	Puits 5,55	1,56	3,09			6,37	10,77	5,80	2,30	4,40	9,95	6,00	5,25	6,07	4,10		
Vy	Puits 6,30	11,50	8,90									2,60	13,95	4,28	11,55		
Tigan	Puits 0,21	8,70	4,51			5,20	2,41	1,20	8,50	0,75	9,45	1,25	5,00	1,40	4,85	3,15	2,75
Bonou Touga	Puits 2,40	8,20	5,81			19,90	25,10	21,70	27,45	23,00	28,60	11,00	16,60	11,9	4,70		
Sielle M.	Puits 2,11	5,17	3,67			6,54	10,65	6,68	10,80	5,05	10,82	6,15	9,15	5,70	8,85	11,11	11,72
Sielle P.	Puits 1,46	3,06	2,13			11,24	12,70	11,85	15,50	11,00	13,84	11,30	13,49	10,90	11,76	13,18	13,13
Bissa	Puits 17,05	23,90	20,47									3,15	11,20	3,16	11,10		
Kouro	Puits 3,08	17,40	9,16			4,40	25,50	5,11	15,20	5,34	13,77	2,77	8,60	4,50	1,60		
Garou	Puits 3,90	5,55	4,72									1,80	4,50	4,10	9,11		
Lapara	Puits 2,46	3,36	2,91									11,74	13,60	11,76	14,62		
Pa	Puits 1,55	4,69	3,12									5,80	10,70	8,20	9,75		
Karaotenga	Puits 0,88	5,45	3,75	14,80	15,68	15,20	16,02	13,25	17,20	12,45	17,54	13,40	18,78	12,80	18,25	13,35	17,60
Doussoula	Puits 0,80	5,13	2,35	14,10	14,90	13,64	14,80	13,16	16,76	13,85	15,61	13,27	18,35	12,80	16,16	13,40	14,75
Poundou	Puits 1,00	2,82	1,68	13,20	14,45	12,00	14,87	13,32	14,90	14,60	15,60	13,20	15,65	13,69	15,04	13,85	14,72
Ban	Puits 0,23	0,56	0,40	29,10	29,40	29,37	29,60	29,25	29,77	29,47	29,86	29,43	29,76	29,36	29,97	29,57	30,08
Hion	Puits 1,83	6,90	4,58	16,44	20,45	14,10	20,00	17,50	20,55	17,36	20,60	13,30	20,20	6,40	14,50	11,52	13,75
Bankouma	Puits 2,02	4,35	3,39			2,50	4,85	3,12	6,85	3,18	6,64	3,85	5,87				
Kouromani	Puits 1,20	7,00	2,98			14,62	16,07	15,72	16,92	10,28	17,28	11,27	14,99	13,14	14,66		
Oléna	Puits 1,92	6,10	4,15	6,05	7,97	5,07	9,88	4,70	9,50	5,25	9,15	4,80	10,90	4,00	8,95	5,30	7,20
Oléna	Puits 1,26	7,80	4,00	7,60	8,86	7,80	12,50	7,35	12,45	7,70	10,45	6,70	14,50	4,50	9,70	6,50	7,85
Kira	Puits 0,22	0,77	0,47	17,97	18,20			17,60	18,37	17,50	17,72	17,36	18,05	17,02	17,42	17,12	17,50
Ouzoué	Puits 1,33	8,30	5,25			10,75	18,68	12,15	18,70	10,69	18,99	10,85	12,18	11,08	13,24		
Siga	Puits 2,05	13,38	7,70	7,05	9,10	5,62	19,80	4,27	13,80	4,30	11,85	3,70	12,69			5,15	10,90
Seroué	Puits 3,35	8,15	6,01	3,04	6,51	3,90	7,25	2,47	9,85	2,11	9,77	0,91	9,06	0,91	8,18	3,32	8,13
Douromon	Puits 2,58	10,65	7,46	4,05	11,20	4,35	13,80	3,35	13,25	2,20	12,85	1,05	7,50	0,70	6,20	2,65	5,23
Katouga	Puits 2,80	17,55	9,91	4,15	6,95			3,35	20,90	1,65	15,15	1,60	7,40	1,30	7,70	3,50	8,05
Rassouli	Puits 0,72	6,15	2,53	19,35	26,02	19,30	26,30	19,25	28,05	19,35	28,00	17,25	29,25	11,60	19,85	12,00	19,30
Rassouli	Puits 2,05	6,90	4,27	20,85	22,90	21,00	22,70	20,20	25,10	19,60	26,50	18,05	24,40	12,35	24,10	14,60	22,75
Tarba	Puits 0,72	2,80	1,84	4,55	18,20	7,50	18,80	4,90	18,90	9,50	18,70	4,20	19,23	3,10	18,58	5,18	14,74
Tarba	Puits 2,18	18,80	8,81	11,02	13,20	12,11	17,70	12,20	20,15	10,90	20,23	3,30	22,10	3,60	16,62	8,09	17,84

Tableau xx. chimie des piézomètres.

VILLAGE	Conductivité (µS/cm)				Température				pH
	1991		1992		1991		1992		
	02/03	04/05	06/07	08/12	02/03	04/05	06/07	08/12	
Baqassi	176,40	162,00		193,00	28,40	31,00		28,80	8,10
Ran	141,00	135,30	133,80	124,00	28,20	30,20	31,00	30,20	8,10
Bankouma		72,50				29,10			8,10
Hissa		215,00	40,20	50,00		31,30	29,20	28,20	8,20
Bisso		754,00				30,00			8,10
Bounou		112,80	108,90	122,00		30,30	29,00	29,00	8,10
B. Toaqa	112,50	100,00		172,20	31,30	31,30		28,40	8,10
Daboura		94,80		100,00		29,40		30,40	8,10
Darou	23,70	32,30			30,30	31,20	30,20		8,00
Diena	189,60	117,00	190,00	207,00	31,50	31,40	31,00	29,10	8,10
Diena	66,00	59,30	72,00	71,00	29,90	31,00	30,30	29,40	8,00
Douroukou	96,10	129,80		110,50	29,00	31,30		27,60	8,10
Doussoula	496,00	31,80	524,00	506,00	30,20	32,10	29,50	29,30	8,10
Kira		361,00				30,90			8,20
Konankouira		412,00				31,30			8,30
Koro			253,00				31,20		
Kouka		26,00				30,50			8,20
Koumbio	420,00	415,00		498,00	30,50	32,10		29,60	7,70
Kouroumani		449,00		435,00		30,40		28,70	8,20
Kwaré Menquel		677,00				30,20			8,00
Kwaré Menquel	280,00	291,00			29,70	30,00			8,20
Lapara	159,90	154,50		170,50	30,80	29,00		27,60	8,00
Makonqo	62,60	104,40		67,90	31,40	31,30		29,80	8,00
Mokouna	75,90				29,40				
Narotenga	39,20	50,50			30,50	30,20			8,10
Nienanou		424,00		125,00		32,20		30,10	8,10
Nion	410,00	414,00		181,00	31,10	32,70	30,90	29,60	8,10
Nouna	36,00	37,30	31,30		28,10	28,40	28,30		8,10
Ouakara		1103,00				30,20			8,20
Ourowé	54,20	35,20			30,30	28,70			8,00
Pa	86,60	75,70	101,80	77,90	29,40	29,30	28,50	27,50	8,20
Poundou	56,70		81,30	44,90	27,20	28,00	28,30	28,60	8,20
Rassouli	267,00	290,00	254,00	170,00	31,20	30,40	30,30	30,30	8,10
Rassouli	167,00	160,00		120,00	30,50	31,20		30,30	8,20
Stella		181,40				30,90			8,10
Stellé M	114,90	112,00	126,00	118,00	29,50	30,50	30,00	30,60	8,10
Stellé P	81,90	87,00	87,80	88,00	30,30	31,20	29,50	30,00	8,10
Sipohin		173,80	162,30			29,20	28,50		8,10
Siou	142,40	187,10		172,50	29,90	30,70		29,00	8,20
Sorobouli	131,40	134,70		217,00	30,20	30,30		28,00	8,20
Tarba	145,30	148,00	122,80		28,80	29,20	30,20		8,20
Tarba	132,60	183,20	136,60		28,00	29,60	30,00		8,20
Tia	50,80	50,00		217,00	29,40	31,70		27,20	8,20
Tierkou		349,00	369,00			31,10	29,50		8,00
Tierkou		239,00	32,30			29,90	29,70		7,90
Tierkou		324,00	194,00			29,00	30,20		8,10
Tigan	120,40	122,30		204,00	30,80	31,20		28,20	8,50
Tona	296,00	293,00	278,00	335,00	29,30	30,60	30,00	28,00	8,30
Toungo	48,10	48,20		122,50	29,10	28,40		28,00	8,50
Vy	94,40		113,80	88,30	28,40			26,50	
Yaba	88,00	100,00	103,30	126,80	32,50	32,70	29,20	30,60	8,30
Biron Boho				309,00				30,70	

## EAU SUPERFICIELLE

Diena	21,80	28,40
Ba	51,30	27,80
Ira	27,40	28,80
Saba	35,50	32,20
Pia	30,30	28,20

ANNEXE IV

DONNEES CHIMIQUES



ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES RAPPORTS SCLJBA

N	TH	TAC	Hg/Ca	Na/Cl	CAR/SUL	SO4/Cl	Na/Ca	Classe
35	4,12	3,50	0,29	1,53	2,79	0,28	0,48	III1
38	20,19	23,26	0,35	0,55	2,46	2,46	0,10	IV1
41	9,15	11,50	0,67	5,34	9,06	1,13	0,56	IV1
42	10,01	13,25	0,82	3,95	13,63	0,63	0,45	III1
48	15,08	18,25	0,76	1,54	15,80	0,94	0,11	III1
49	27,45	26,89	1,75	1,81	18,17	0,85	0,14	III3
63	4,59	3,75	0,36	1,55	2,45	0,29	0,55	III2
64	10,62	4,00	0,35	0,35	0,97	0,54	0,12	III2
65	17,67	20,28	0,75	1,30	16,16	0,26	0,13	III2
66	3,40	1,25	0,36	0,99	0,73	0,24	0,55	I1
67	20,77	19,25	0,34	0,42	1,44	3,79	0,08	IV1
68	1,88	1,88	0,19	1,13	1,14	0,11	1,08	III5
69	24,73	26,01	0,97	2,45	14,55	1,00	0,17	III1
70	9,23	6,25	0,27	1,29	4,82	1,81	0,09	IV1
71	32,47	12,76	0,85	0,17	1,06	1,34	0,05	IV1
72	7,55	2,75	0,22	0,40	0,80	1,03	0,11	IV1
73	3,37	2,00	0,22	0,18	2,17	0,85	0,33	IV1
74	20,59	27,26	0,55	6,06	8,86	1,95	0,51	IV1
79	19,37	25,39	0,98	4,27	18,79	2,89	0,14	IV1
80	5,17	3,00	0,49	885,13	1,03	2080,00	0,28	IV1
83	1,34	1,50	0,58	7,15	1,18	5,60	1,65	IV5
84	1,84	6,00	0,23	1,53	2,20	3,65	0,60	IV2
220	3,35	2,50	0,75	0,47	1,57	0,01	0,39	III3
221	16,91	12,51	0,44	0,87	2,42	4,77	0,07	IV1
223	7,72	7,83	0,98	52,20	373,82	1,04	0,13	III4
224	6,32	1,25	0,05	0,39	0,74	0,00	0,11	I1
300	1,61	4,25	5,73	55,48	18,30	22,71	1,27	IV4
315	51,98	50,10	0,75	3,93	2,52	22,00	0,11	IV1
335	0,72	2,20	1,82	7,43	4,59	1,21	5,71	IV6
342	50,33	26,21	0,25	4,62	0,93	80,38	0,04	IV1
344	1,09	0,68	0,54	0,77	2,04	0,25	0,29	I1
346	20,68	23,77	0,36	536,96	20,38	332,00	0,38	IV1
350	0,42	0,75	0,11	1,66	3,57	0,00	0,33	III2
404	19,55	24,00	1,00	1090,61	52,29	328,86	0,16	IV3
409	26,07	27,89	0,56	10,36	2,36	13,88	0,82	IV1
410	21,53	25,89	0,54	23,63	3,61	23,02	0,50	IV1
411	22,09	25,75	0,58	2321,04	5,16	3195,03	0,23	IV1
635	13,06	4,25	0,61	0,65	1,44	0,19	0,20	IV1
639	17,62	17,01	0,66	2,07	19,35	1,21	0,08	IV1
653	5,17	4,50	0,52	3,38	7,02	1,15	0,30	IV1
700	28,74	2,50	0,30	0,54	0,51	0,10	0,11	I1
709	1,85	2,00	0,72	8,98	4,50	1,23	1,29	IV5
724	0,99	1,00	0,22	456,75	410,00	0,74	0,79	III2
731	11,05	10,38	0,44	1564,45	4,67	1588,23	0,29	IV1
73A	24,41	27,47	1,10	849,39	28,12	698,80	0,28	IV3
735	16,02	15,78	0,10	378,75	7,71	1458,23	0,39	IV1
737	26,40	32,51	1,24	1544,25	40,27	575,71	0,16	IV3
773	12,86	4,75	4,92	585,70	12,54	269,56	0,38	IV3
774	115,48	24,14	8,41	285,96	25,69	670,96	0,23	IV3
776	10,92	4,12	5,08	503,36	10,89	269,56	0,33	IV3
793	21,95	24,84	1,09	3,61	23,30	0,75	0,17	III3
784	5,30	4,50	0,85	4,32	5,82	0,51	0,75	III1
790	4,54	3,38	0,57	16,67	3,65	2,93	0,87	I1
792	2,56	1,88	0,26	595,02	4,95	169,56	0,13	IV1
793	155,70	29,39	0,58	1,91	0,18	10,34	0,17	IV1
797	3,21	1,38	0,25	3,09	0,83	3,16	0,48	IV2
798	2,61	2,75	0,28	469,18	9,21	212,46	0,22	IV2
821	25,00	29,01	1,04	2934,79	21,22	975,17	0,33	IV3
822	5,10	5,25	0,19	1,56	26,28	0,01	0,27	IV1
823	6,37	7,38	0,53	590,38	3023,92	0,74	0,10	III1
824	5,27	6,00	0,13	177,11	28,55	160,46	0,14	IV1
826	2,95	1,50	0,04	0,35	1,27	0,10	0,14	IV1
932	127,27	33,13	10,34	1,15	12,26	0,90	0,11	III3
933	14,21	13,31	5,50	1,38	5,18	1,21	0,11	III1
934	4,75	3,75	1,08	1,11	6,11	0,01	0,11	III2

ANNEXE D BRES A GALETS DE QUARTZ

N°	CH	Temp	EC	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	NO3-	Cl-	SO42-	CO32-	CO3-
			mg/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
122	9,00		0,58	57,10	41,40	1,74	6,11	1,08		0,42	430,05	0,00
310	7,20		0,08	1,39	4,39	2,60	7,60	0,63	1,95	0,75	49,72	0,01
311	7,70		0,11	2,42	6,53	4,36	9,20	0,01	1,99	12,11	40,87	0,01
312	6,40		0,02	0,60	2,00	1,40	1,70	0,01	2,35	0,01	13,73	0,01
316	6,10		0,02	1,37	0,50	1,82	0,57	0,01	1,76	0,21	8,54	0,01
319	7,20		0,08	1,30	4,57	4,40	7,40	0,63	1,95	0,75	49,72	0,01
325	7,00		0,18	19,21	7,79	2,27	5,71	3,78	2,08	0,21	100,34	0,01
326	3,10		1,23	189,10	32,85	7,45	21,46	0,01	27,65	304,05	317,20	0,01
327	7,40		0,17	1328,30	7,37	3,54	21,44	3,29	1,55	4,29	132,79	0,01
330	6,10		0,03	1,92	0,08	2,36	2,29	1,55	1,97	0,75	13,12	0,01
331	5,10		0,02	0,56	1,07	3,00	5,00	0,01	1,87	5,57	13,12	0,01
333	7,30		0,15	19,24	7,37	3,45	5,63	13,14	2,04	9,75	87,28	0,01
336	6,30		0,07	10,76	2,43	1,32	2,00	1,58	1,79	2,89	40,26	0,01
337	5,30		0,01	4,30	0,34	1,54	0,19	7,20	1,75	0,86	12,20	0,01
340	3,10		0,20	3,43	21,23	3,20	17,10	0,01	1,61	2,25	154,81	0,01
347	7,30		0,42	52,70	26,29	1,20	3,70	3,70	0,01	7,00	337,50	0,00
348	7,30	11,00	0,26	39,80	10,62	9,08	40,30	33,55	1,42	20,33	200,13	0,00
349	3,10	11,00	0,17	1,43	21,23	3,20	17,10	0,01	1,61	2,25	154,81	0,01
417	6,30		0,14	15,30	5,25	3,06	4,41	0,84	0,01	2,54	38,45	0,00
420	5,00		0,30	5,90	0,86	4,26	0,49	3,36	0,01	4,09	13,73	0,00
421	5,60	32,00	0,20	4,00	0,91	1,44	0,57	0,01	0,01	1,10	16,78	0,00
422	6,30	31,00	0,53	10,00	1,90	1,50	0,72	4,72	0,01	1,97	33,55	0,00
722	5,30	30,00	0,31	1,86	0,25	2,73	0,38	2,04	0,01	0,01	13,73	0,00
725	5,29	30,00	0,31	3,10	0,50	2,56	0,93	7,65	0,01	0,75	10,68	0,00
727	5,26	27,00	0,31	1,39	0,13	2,74	1,42	6,12	0,01	1,50	13,73	0,00
728	5,11	31,00	0,16	5,63	1,14	2,73	3,42	3,61	0,01	0,13	75,38	0,00
729	5,06	29,00	0,07	3,20	1,40	1,70	4,25	23,45	2,84	2,13	13,73	0,00
730	5,76	30,00	0,22	3,43	0,41	2,79	2,68	2,52	0,01	1,50	13,73	0,00
738	5,77		0,12	1,27	2,49	1,52	2,29	4,39	0,71	0,01	1,15	0,00
825	5,07		0,09	2,10	2,30	2,09	3,22	27,26	4,25	0,01	16,78	0,00
827	5,60		0,33	4,50	0,60	1,25	3,38	3,31	3,24	0,01	13,50	0,00
828	5,12		0,32	4,70	0,07	0,75	3,29	2,02	2,71	0,01	15,25	0,00

BRES POSSES

N°	CH	Temp	EC	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	NO3-	Cl-	SO42-	CO32-	CO3-
			mg/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
110	7,70		0,44	36,20	18,80	3,33	12,20	29,60	2,30	1,30	213,50	0,00
101	7,70		0,46	29,86	31,50	3,60	4,38	4,22	3,70	4,36	259,30	0,00
102	7,30		0,53	20,24	36,00	7,30	3,28	4,48	2,43	6,55	259,30	0,00
103	3,20		0,80	0,00	58,41	7,60	14,40	26,40	9,72	39,11	335,50	0,00
110	6,20		0,84	2,82	3,86	4,21	0,63	2,20	0,20	0,50	24,40	0,00
111	7,30		0,23	529,30	12,00	3,25	2,25	20,10	0,30	2,77	142,20	0,00
112	3,10		0,29	5,70	31,00	1,15	1,15	4,46	7,19	0,17	145,20	0,00
113	3,50		0,13	1,42	41,40	4,72	2,43	2,64	0,67	2,10	256,20	0,00
114	3,10		0,27	16,30	11,60	4,62	1,50	28,75	1,42	1,34	125,20	0,00
115	6,70		0,05	22,50	1,20	1,17	1,56	4,12	0,30	2,30	70,20	0,00
116	6,70		0,23	30,00	0,10	1,74	3,75	37,50	4,31	1,10	183,20	0,00
117	7,30		0,14	40,30	27,10	2,71	2,30	11,50	3,50	2,79	129,55	0,00
118	7,30		0,11	5,50	0,36	0,11	4,00	0,53	0,01	0,23	37,70	0,00
119	7,30		0,13	1,30	28,20	0,11	0,25	0,53	0,10	0,23	334,20	0,00
120	7,30		0,11	1,30	21,10	0,11	0,25	0,53	0,10	0,23	334,20	0,00
121	7,30		0,11	1,30	21,10	0,11	0,25	0,53	0,10	0,23	334,20	0,00
122	7,30		0,11	1,30	21,10	0,11	0,25	0,53	0,10	0,23	334,20	0,00
123	7,30		0,11	1,30	21,10	0,11	0,25	0,53	0,10	0,23	334,20	0,00
124	7,30		0,11	1,30	21,10</							

N°	DE	100	100 A	NaOH	100 B	100 C	100 D	100 E
43	46,82	25,01	1,48	0,48	1,24	1,14	0,11	195
45	3,26	7,50	0,56	1,3	1,1	0,09	0,52	111
47	13,64	35,01	1,6	0,09	2,11	1,90	0,17	111
50	20,1	10,51	0,67	0,6	0,61	0,65	0,68	111
52	20,77	20,01	0,77	1,88	0,19	10,27	0,12	19
53	10,25	24,01	1,66	1,55	1,50	0,29	0,12	19
59	15,27	10,01	0,5	0,60	0,42	0,45	0,05	19
107	56,30	37,05	0,56	0,56	0,17	0,15	0,09	19
120	23,51	15,00	0,6		200,59		0,00	19
123	107,05	35,25	1,49	1,54	1,09	0,25	0,11	19
124	26,5	10,01	1,6	1,80	0,66	0,03	0,11	111
204	30,86	35,13	0,91	0,87	1,1	19,11	0,16	19
205	25,50	25,16	0,32	0,65	1,10	5,39	0,05	19
207	40,75	37,01	0,25	0,50	1,15	4,92	0,06	19
217	10,75	31,29	1,30	15,61	19,05	19,42	0,12	19
317	28,33	21,68	0,12	0,5	0,5	23,21	0,50	19
321	0,55	0,1	0,1	1,23	0,01	0,00	0,16	111
322	1,02	1,89	1,90	2,06	1,61	0,10	2,5	111
328	0,37	0,92	1,65	1,86	0,59	0,00	1,15	111
329	19,13	2,15	0,5	0,0	10,43	0,15	0,32	19
332	1,01	0,42	0,30	1,21	0,05	1,10	1,61	111
338	1,32	1,32	0,25	1,2	0,83	0,22	0,63	111
339	40,37	49,63	0,05	0,07	0,00	52,55	0,12	19
345	2,24	1,25	0,80	1,5	0,02	0,00	0,1	111
348	15,77	5,00	0,55	0,25	0,25	0,42	0,11	111
349	2,86	3,10	0,13	10,36	45,65	0,01	0,39	111
425	22,37	24,32	1,0	0,02	10,25	16,92,66	0,06	19
424	16,29	16,02	0,25	0,1	0,25	25,31	0,11	19
425	10,57	6,5	1,4	0,41	0,46	0,65	0,12	19
426	21,36	23,26	0,60	0,32	0,22	6,39	0,36	19
430	23,08	31,0	0,67	0,15	0,1	50,15	0,4	19
500	27,71	20,26	0,1	10,64	0,0	0,15	0,30	19
501	07,50	21,26	0,1	0,2	0,1	0,10	0,10	19
502	25,67	25,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	19
503	58,00	21,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	19
504	23,75	25,60	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	19
505	21,0	20,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	19
506	23,60	20,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	19
510	1,10	20,26	0,50	0,15	0,0	0,23,45	0,01	19
511	2,69	22,65	0,5	0,27	0,1	300,06	0,06	19
512	1,75	20,85	0,1	0,05	0,1	0,56,96	0,09	19
538	6,90	2,50	0,10	2,67	1,10	5,06	0,00	19
539	3,49	4,65	0,1	108,45	10,20	202,06	0,36	19
546	8,40	12,51	0,37	1505,00	22,01	392,23	0,10	19
550	1,62	0,48	1,10	1003,27	13,03	5,27	2,10	19
557	1,21	2,25	1,1	0,42,45	52,1	15,31	0,10	19
558	1,91	0,00	0,46	2,25	0,10	225,85	0,16	19
559	3,32	3,50	0,58	0,3	0,25	5,68	0,1	19
583	22,17	1,05	0,91	0,1	10,22	5,31	0,12	19
584	87,77	6,25	0,53	0,16	0,16	0,46	0,16	19
590	17,81	22,15	0,10	1161,96	10,05	1574,86	0,15	19
591	16,34	25,16	0,15	1684,13	11,1	341,14	0,25	19
592	37,11	21,01	0,57	0,2,16	11,5	0,50,80	0,12	19
593	06,01	5,39	0,3	0,40	10,20	5,39	1,32	19
695	8,66	0,00	0,46	0,13	12,47	2,63	0,16	19
696	13,53	10,51	0,5	5,30	11,27	2,01	0,1	19
739	01,97	15,50	0,37	15,75	0,15	1,25	0,85	19
740	10,41	15,13	0,1	102,95	55,55	270,57	0,1	19
742	5,70	4,66	0,65	0,24	4,3	0,40	0,24	19
743	13,00	15,39	0,77	1,65	0,57	0,60	0,12	111
744	13,00	15,29	0,90	1,06	0,11	0,19	0,1	111
745	15,88	16,60	1,0	1,4	10,27	0,30	0,15	19
746	49,35	44,2	0,57	0,48	0,1	0,86	0,19	19
747	112,2	115,5	0,11	0,2	0,1	15,22	0,02	19
748	06,90	20,78	0,54	0,41	0,1	0,21	0,10	19
749	0,37	0,10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	19
794	186,80	16,63	0,10	16,0,60	0,10	15007,7	0,0	19
829	4,50	4,16	0,39	0,1	0,1	0,15	0,11	111
831	27,82	46,07	0,50	1,1,91	0,1	19,45	0,09	19



ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES RAPPORTS SCHISTES DE TOUN

N°	TM	TAC	Mg/Ca	Na/Cl	CAR/SUL	SO4/Cl	Na/Ca	Classe
115	19,34	15,01	0,99		1,00		0,07	IV1
116	21,17	15,01	0,91		1,00		0,04	IV1
134	20,17	20,51	0,98		1,00		0,07	IV1
139	36,24	22,51	1,93	3,72	0,92	2,00	0,48	VI3
141	17,95	17,51	0,84	4,92	0,36	0,55	0,20	III1
142	1,42	2,26	0,53				0,49	III1
143	18,35	18,01	0,86		1,00		0,03	III1
144	5,15	5,50	0,24				0,09	III1
145	3,31	3,75	0,77				0,17	III1
146	23,27	25,01	0,55	7,19	0,05	0,05	0,12	III1
147	26,64	25,51	0,78	1,07	0,13	0,15	0,06	III1
153	26,41	23,76	0,64		1,00		0,03	IV1
154	10,35	9,75	0,84		1,00		0,08	IV1
155	25,44	27,27	0,79	7,48	0,42	10,80	0,05	IV1
156	25,79	25,26	0,73	5,58	0,51	1,54	0,07	IV1
163	18,29	34,51	1,07	139,82	0,43	0,74	0,22	III0
164	13,48	27,77	1,00	55,93	1,00	456,86	0,12	IV1
165	71,33	18,01	0,30	8,17	0,75	2,97	0,16	IV1
171	14,42	20,53	0,89	71,46	1,00	226,57	0,13	IV1
178	0,51	1,75	0,02	71,46	71,92	0,74	2,01	III4
196	10,86	10,26	1,01	101,99	0,99	103,19	17,29	VI6
197	10,34	10,50	2,12	96,58	0,99	140,86	18,51	VI6
199	18,08	15,01	0,54	52,82	1,00	238,97	0,06	IV1
209	2,14	3,26	0,79	3,23	0,54	1,16	0,74	IV2
210	7,78	5,76	0,86	3,42	0,38	0,62	0,07	III1
433	32,07	39,64	1,45	23,51	0,35	13,25	1,35	IV4
435	6,31	7,00	0,07	727,07	0,39	157,14	0,16	IV2
513	43,19	11,13	0,36	5,50	0,39	58,93	0,13	IV1
514	2,34	3,00	0,77	372,86	1,00	249,60	0,39	IV1
515	0,62	1,25	0,38	335,57	0,98	44,57	1,05	IV2
518	15,33	14,38	0,80	633,86	1,00	1081,60	0,09	IV1
531	16,38	22,13	0,89	1113,57	1,00	2020,57	0,18	IV1
535	106,50	5,35	1,38	7,75	0,18	23,44	1,01	IV4
537	22,71	22,63	0,66	1577,86	1,00	2828,30	0,17	IV1
545	1,46	2,13	0,22	737,95	1,00	273,37	0,36	IV2
551	24,29	26,39	0,66	298,29	1,00	1295,54	0,03	IV1
552	106,27	18,51	0,61	11,83	1,00	481,56	0,04	IV1
553	29,03	27,26	0,78	374,41	1,00	4215,71	0,03	IV1
554	9,94	10,88	0,42	335,57	0,99	189,43	0,07	IV1
581	31,82	27,51	0,60	21,18	0,35	20,12	1,48	VI5
582	19,66	27,76	0,76	13056,18	1,70	1280	1,64	VI5
610	105,25	8,05	0,34	10,05	0,41	16,52	0,45	VI1
615	18,18	27,51	1,30	90,70	0,99	76,54	2,28	IV6
616	9,72	17,25	2,27	1275,48	1,00	417,49	0,34	IV3
617	20,95	32,51	1,25	2187,43	1,00	1574,86	0,25	IV3
619	31,08	31,26	0,92	5,28	0,65	5,82	0,23	IV1
619	24,02	21,51	0,62	2,25	0,31	10,97	0,36	IV1
620	21,76	20,51	0,66	3,15	0,92	11,98	0,36	IV1
626	12,58	9,50	0,45	1,14	0,71	0,48	0,34	IV1
627	7,32	5,00	0,29	2,79	0,61	4,23	0,24	IV1
628	14,39	5,50	0,67	4,97	0,35	19,82	0,40	VI1
629	11,03	3,25	0,45	0,51	0,21	0,27	0,18	III1

ANNEXES C GRES DE KOUTIALA

N°	pH	Temp.	EC ms/cm	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	NO3 <sup>-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO4 <sup>2-</sup> mg/l	HCO3 <sup>-</sup> mg/l	CO3 <sup>2-</sup> mg/l
149	6,40		0,03	1,40	15,00	2,16	2,61	0,53	0,00	0,69	15,30	0,00
150	6,20		0,02	0,60	1,44	2,52	1,35	0,00	0,00	2,23	12,20	0,00
151	6,60		0,09	3,40	4,90	2,52	3,24	11,61	0,00	3,08	53,60	0,00
152	7,50		0,35	34,00	15,26	3,96	4,10	52,36	0,00	78,10	134,20	0,00
172	8,00		0,41	20,50	16,40	13,60	7,00	0,10	1,47	7,60	229,70	0,00
184	7,40		0,25	10,80	4,70	17,60	9,50	3,00	7,10	0,10	151,20	0,00
208	6,80		0,08	5,90	3,20	2,00	5,90	0,01	1,10	4,60	36,60	0,00
441	7,90		0,15	9,98	6,27	3,78	2,11	15,84	0,01	1,20	62,53	1,00
521	5,40		0,16	11,60	3,77	4,08	3,53	45,12	5,35	0,72	16,76	0,00
564	7,50	31,00	0,27	13,70	11,98	6,09	2,39	0,90	0,01	8,91	137,25	0,01
565	7,40		0,14	22,90	5,31	4,37	1,50	1,35	0,01	1,62	86,91	1,01
579	7,80	32,00	0,30	23,40	18,15	3,15	2,77	3,64	0,01	14,40	152,50	0,00
586	7,10	32,00	0,28	43,30	40,39	18,86	36,00	67,50	24,82	167,70	187,08	1,01
599	7,10	31,00	0,14	9,60	5,61	8,77	3,34	1,56	0,01	10,70	17,11	1,00
605				51,90	15,08	2,55	1,95	2,27	1,42	0,54	195,20	2,00
608	6,10		0,15	11,40	3,56	7,36	14,83	71,00	9,22	1,60	8,10	0,00
621			0,07	7,30	1,59	3,49	2,71	3,46	5,59	0,01	36,60	0,00
623	6,60			9,75	1,54	2,06	0,27	2,96	4,96	7,81	24,40	0,00
624	6,70		0,16	27,30	2,40	2,47	0,77	0,49	1,42	2,57	91,50	0,00
625			0,24	23,70	6,69	4,32	7,14	3,46	1,47	5,13	104,80	0,00

ANNEXES C GRES DE BANDIAGARA

N°	pH	Temp.	EC ms/cm	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	NO3 <sup>-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO4 <sup>2-</sup> mg/l	HCO3 <sup>-</sup> mg/l	CO3 <sup>2-</sup> mg/l
179	6,00		0,05	1,60	0,22	3,00	2,00	5,00	0,00	1,14	21,10	0,00
180	6,60		0,05	2,00	0,02	3,60	1,00	3,10	0,00	1,26	10,00	0,00
181	6,30		0,16	7,90	3,50	11,60	1,60	1,70	0,00	4,90	48,80	0,00
183	6,40		0,13	17,10	1,40	4,20	2,71	6,30	2,10	1,90	54,10	0,00
520	8,20		0,70	72,80	27,41	1,61	6,70	12,42	4,96	15,25	53,28	0,00
522	7,30		3,07	6,60	0,44	3,44	1,65	3,50	1,01	1,50	42,10	0,00
523	7,00		0,05	10,40	1,65	1,68	1,20	6,19	0,01	1,60	36,60	0,00
524	5,70		0,04	8,50	1,48	2,40	1,70	1,60	0,91	1,65	36,60	0,00
525	7,00		0,58	46,00	11,90	3,44	67,00	145,26	25,40	25,65	94,13	0,00
526	6,50		0,11	10,00	2,06	5,52	7,30	5,00	1,42	3,00	51,85	0,00
527	6,80		0,12	19,50	1,53	2,64	4,40	0,01	7,30	3,00	67,10	0,00
528	7,20		0,03	48,00	3,02	4,56	3,20	5,74	0,71	2,65	58,60	0,00
529	7,2		0,07	9,70	1,64	1,72	1,00	2,66	0,11	1,48	17,17	0,00
530	6,50		0,12	1,55	0,00	7,14	2,00	0,00	0,00	0,00	24,30	0,00
568	7,20	31,00	0,17	3,10	4,16	10,11	2,10	1,47	5,50	1,50	11,20	0,00
569	7,00	31,00	0,13	2,50	3,00	9,20	7,90	0,90	4,26	4,07	4,00	0,01
570	7,40	32,00	0,35	5,22	1,78	3,76	0,50	4,57	0,13	0,10	11,20	0,00
571	7,30	31,00	0,12	2,38	0,27	10,45	24,20	0,44	0,44	0,44	66,40	0,00
572	6,90	32,00	0,14	1,76	1,70	11,20	14,71	0,20	1,39	0,40	80,00	0,00
573	7,10	31,00	0,14	1,70	2,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
574	7,50	31,00	0,22	7,10	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
575	7,00	32,00	0,15	5,50	3,10	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
576	6,90	32,00	0,12	36,00	4,30	16,84	43,00	137,28	24,82	0,00	0,00	0,00
580				9,70	1,66	7,61	5,65	0,27	2,23	0,41	64,00	0,00
601				4,20	1,71	4,76	1,57	4,00	1,42	0,28	27,00	0,00
602				12,10	1,25	50,20	2,17	9,14	1,15	0,10	21,50	0,00
604				11,67	1,12	1,60	1,28	1,82	1,40	1,14	62,40	0,00

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES EN MILLIEQUIVALENTS GRES DE KOUTIALA

N°	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Tan	Tcat	ER	Ieb
149	0,07	1,23	0,09	0,07	0,01	0,00	0,01	0,25	0,00	0,27	1,48	0,88
150	0,03	0,12	0,11	0,03	0,00	0,00	0,05	0,20	0,00	0,25	0,29	0,09
151	0,17	0,40	0,11	0,08	0,19	0,00	0,08	0,55	0,00	0,90	0,77	-0,02
152	1,70	1,25	0,17	0,10	0,84	0,00	0,58	2,20	0,00	3,53	1,23	-0,05
172	1,02	1,15	0,59	0,31	0,00	0,04	0,16	3,77	0,00	3,97	3,27	-0,10
184	0,54	0,39	0,77	0,50	0,05	0,20	0,00	2,15	0,00	2,40	2,19	-0,35
208	0,29	0,26	0,09	0,15	0,00	0,03	0,10	0,80	0,00	0,70	0,79	0,04
441	0,50	0,51	0,16	0,05	0,26	0,00	0,02	1,03	0,00	1,31	1,23	-0,33
521	0,58	0,31	0,18	0,09	0,73	0,10	0,01	0,28	0,00	1,12	1,16	0,02
564	0,94	0,98	0,28	0,06	0,01	0,00	0,17	2,25	0,03	2,47	2,25	-0,04
565	0,6A	0,26	0,22	0,04	0,02	0,00	0,03	1,43	0,03	1,51	1,17	-0,13
579	1,17	0,81	0,16	0,07	0,06	0,00	0,31	2,50	0,00	2,87	2,20	-0,13
586	2,00	2,05	1,94	0,92	1,09	0,62	3,15	2,58	0,03	7,79	5,30	-0,05
598	0,48	0,29	0,44	0,09	0,03	0,00	0,22	1,20	0,00	1,45	1,30	-0,05
505	1,59	1,24	0,11	0,05	0,04	0,04	0,01	3,20	4,00	7,29	2,99	-0,42
508	0,57	0,29	0,32	0,38	1,14	0,25	0,01	0,10	0,00	1,51	1,56	0,02
421	0,46	0,13	0,15	0,07	0,06	0,10	0,00	0,50	0,00	0,76	0,82	0,04
623	0,49	0,13	0,09	0,01	0,05	0,14	0,16	0,40	0,00	0,75	0,71	-0,03
524	1,38	0,20	0,11	0,01	0,01	0,04	0,05	1,50	0,00	1,60	1,67	0,32
525	1,38	0,54	0,19	0,18	0,06	0,04	0,16	1,30	0,00	2,20	2,10	1,02

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES RAPPORTS GRES DE KOUTIALA

N°	TH	TAC	Mg/Ca	Na/Cl	CAR/SUL	SO <sub>4</sub> /Cl	Na/Ca	Classe
149	6,51	1,25	17,65		17,48		1,34	IV4
150	0,74	1,00	3,95		4,31		3,66	IV4
151	2,85	2,76	2,37		8,60		0,65	IV3
152	14,75	11,00	0,74		3,77		0,10	IV1
172	11,86	18,84	1,32	14,88	19,04	3,98	0,58	IV3
184	4,53	10,76	0,72	3,85	10,71	0,01	1,42	III5
208	2,76	3,00	0,91	2,82	4,75	3,11	0,30	IV1
441	5,05	5,13	1,03	58,73	38,92	8,91	0,33	IV3
521	4,44	1,38	0,54	1,79	2,41	0,15	0,31	III1
564	9,64	11,42	1,04	248,13	13,69	595,03	0,28	IV3
565	4,54	7,29	0,41	778,80	42,94	120,34	0,34	IV1
579	9,87	12,51	0,69	581,38	8,12	1099,43	0,13	IV1
586	20,21	13,05	1,02	2,79	0,54	4,87	0,97	VI3
598	3,87	5,00	0,52	1562,94	5,39	794,86	0,31	IV2
505	14,16	35,99	0,78	2,79	138,32	0,31	0,07	III1
508	4,11	0,50	0,51	1,24	0,37	0,05	0,58	I5
521	2,97	3,00	0,28	1,53	8,03	0,00	0,33	III2
523	3,07	3,00	0,25	0,55	1,33	1,17	0,18	IV1
524	7,30	7,50	0,14	2,70	16,10	1,34	0,08	IV1
525	3,66	3,00	0,46	4,73	12,47	2,63	0,18	IV1

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES EN MILLIEQUIVALENTS GRES DE BANDIAGARA

N°	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Tan	Tcat	ER	Ieb
179	0,28	0,00	0,16	0,09	0,09	0,02	0,05	0,35	0,00	0,51	0,53	0,02
180	0,30	0,00	0,16	0,04	0,00	0,00	0,03	0,50	0,00	0,52	0,50	-0,03
181	0,49	0,29	0,46	0,14	0,38	0,24	0,05	0,80	0,00	1,37	1,39	0,00
183	0,85	0,20	0,18	0,07	0,11	0,06	0,16	1,05	1,00	1,39	1,30	-0,33
520	3,63	2,29	0,42	0,17	0,20	0,14	0,73	5,78	0,00	6,85	6,51	-0,33
522	0,33	0,07	0,17	0,04	0,06	0,00	0,03	0,73	0,00	0,79	0,61	-0,13
523	0,52	0,14	0,07	0,03	0,10	0,00	0,03	0,60	0,00	0,74	0,76	0,01
52A	0,42	0,12	0,10	0,04	0,03	0,00	0,03	0,60	0,00	0,66	0,89	0,02
525	2,30	0,98	0,58	1,72	2,34	0,66	0,53	1,63	0,00	5,15	5,57	0,04
526	0,50	0,17	0,24	0,19	0,08	0,04	0,06	0,85	0,00	1,03	1,10	0,03
527	0,97	0,13	0,11	0,11	0,00	0,22	0,06	1,10	0,00	1,38	1,23	-0,32
528	2,40	0,25	0,20	0,08	0,10	0,02	0,16	2,60	0,00	2,88	2,92	0,01
529	0,48	0,13	0,08	0,03	0,04	0,00	0,01	0,53	0,00	0,53	0,73	0,11
530	0,03	0,05	0,10	0,05	0,00	0,00	0,02	0,40	0,00	0,42	0,24	-0,27
568	0,15	0,20	0,50	0,31	0,02	0,16	0,08	1,20	0,00	1,45	1,57	0,11
569	0,12	0,13	0,46	0,25	0,01	0,12	0,08	0,78	0,03	1,01	1,95	-0,31
570	0,16	0,09	0,20	0,07	0,24	0,06	0,04	0,25	0,00	0,58	0,51	-0,07
571	0,12	0,31	0,52	0,52	0,32	0,20	0,13	1,45	0,00	1,50	1,57	-0,07
572	0,34	0,25	0,56	0,68	0,34	0,20	0,18	1,13	0,00	1,55	1,32	-0,28
573	0,51	0,62	0,90	0,56	0,30	0,50	0,38	2,20	0,00	3,08	2,59	-0,39
574	0,38	0,32	0,31	0,33	0,30	0,24	0,10	1,50	0,03	1,37	1,26	-0,12
575	0,17	0,19	0,55	0,29	0,30	0,46	0,32	0,45	0,03	1,25	1,19	-0,03
599	1,33	0,74	0,93	1,10	2,01	3,69	0,79	0,58	0,00	4,07	4,10	-0,33
600	0,43	0,14	0,13	0,14	0,04	0,05	0,03	1,05	0,00	1,13	1,05	-0,06
601	0,21	0,08	0,21	0,04	0,06	0,04	0,02	0,45	0,00	0,57	0,54	-0,03
602	1,54	1,41	1,31	0,07	0,13	0,06	0,33	3,60	2,00	6,12	4,43	-0,16
604	1,08	0,09	0,07	0,03	0,03	0,04	0,02	1,35	0,00	1,44	1,28	-0,36

ANNEXES C DONNEES CHIMIQUES RAPPORTS GRES DE BANDIAGARA

N°	TH	TAC	Mg/Ca	Na/Cl	CAR/SUL	SO <sub>4</sub> /Cl	Na/Ca	Classe
179	1,41	1,75	0,01	7,39	5,30	2,38	0,56	IV2
180	1,51	2,50	0,01	55,93	17,24	3,35	0,52	IV2
181	1,31	4,30	0,58	7,94	2,77	0,21	0,33	III2
183	5,25	5,26	0,23	3,11	4,71	2,79	0,21	IV1
520	29,59	28,89	0,63	3,01	5,63	5,28	0,11	IV1
522	1,99	3,50	0,21	598,57	22,25	11,43	0,51	IV2
523	3,27	3,00	0,26	261,00	17,39	18,86	0,14	IV1
524	2,73	3,00	0,29	372,88	17,35	22,57	0,25	IV1
525	16,37	8,13	0,43	0,89	1,37	0,81	0,25	III1
526	3,34	4,25	0,34	6,04	8,32	1,57	0,48	IV2
527	5,47	5,50	0,13	0,53	3,92	0,29	0,12	III1
528	3,22	13,01	0,10	9,98	14,53	8,00	0,08	IV2
529	3,09	2,53	0,28	298,29	5,18	35,66	0,11	IV1
530	0,43	0,20	1,55	372,86	18,09	7,8	0,22	IV6
568	1,79	6,00	1,31	0,15	5,10	0,48	0,24	III6
569	1,07	4,03	1,74	3,85	3,96	0,71	0,58	III6
570	1,25	1,25	0,55	3,31	2,63	0,50	1,23	III5
571	2,15	1,25	2,53	0,54	4,38	0,67	4,41	III6
572	1,41	5,63	6,46	0,81	2,95	0,92	4,72	III6
573	5,64	11,00	1,21	1,81	2,50	0,77	1,76	III6
574	3,64	8,15	0,84	3,42	4,21	0,42	2,12	III5
575	1,82	3,40	1,08	1,02	0,52	0,79	3,13	I6
599	0,33	3,38	0,56	1,19	0,45	1,14	0,50	I2
600	2,85	5,25	0,31	5,81	11,53	0,51	0,77	III2
601	1,46	2,26	0,40	5,21	8,06	0,41	0,99	III2
602	15,23	28,00	0,88	22,03	14,38	5,53	0,80	IV1
604	5,87	5,76	0,09	1,75	21,72	0,56	0,06	III1

N°	pH	Temp.	EC mS/cm	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
23	7,70		1,51	137,60	55,44	13,14	62,14	378,50	1,00	111,00	200,40	1,00
24	8,30		1,47	155,00	25,80	15,12	67,00	294,00	19,00	77,00	280,60	1,00
25	8,10		,46	51,00	21,60	7,41	6,00	1,00	3,50	1,00	200,00	1,00
37	8,40		,39	33,00	17,40	9,06	6,50	12,50	8,80	1,50	100,00	1,00
51	8,50		,67	55,00	39,00	10,00	11,20	15,00	1,30	11,50	111,00	1,00
53	8,30		,95	50,00	33,40	13,40	10,00	10,00	14,10	10,00	100,00	1,00
54	8,50		,50	39,00	24,00	9,00	5,44	4,90	3,54	9,00	100,00	1,00
56	8,40		,60	54,00	27,90	10,20	12,00	9,00	5,00	12,20	100,00	1,00
57	7,50		,08	4,60	1,20	4,00	1,70	0,90	0,20	0,00	100,00	1,00
58	8,20		,45	40,00	19,00	8,00	10,00	6,00	0,20	1,00	100,00	1,00
59	8,10		,77	86,00	30,00	10,40	13,14	130,50	17,22	2,00	100,00	1,00
60	8,40		,47	33,00	17,90	8,40	6,60	0,30	2,12	1,00	100,00	1,00
61	7,10		,44	29,50	17,80	8,40	6,32	100,00	16,30	1,00	100,00	1,00
62	6,50		,08	6,75	1,60	7,74	3,60	35,20	6,30	2,00	100,00	1,00
81	7,40		,71	62,30	38,00	10,56	13,92	100,00	14,47	29,40	200,00	1,00
85	7,50		,18	8,60	3,90	11,04	1,50	1,00	0,50	4,80	100,00	1,00
86	8,10		,44	3,77	25,20	5,52	3,90	1,00	2,10	9,60	200,00	1,00
87	8,40		,55	16,00	15,76	8,28	5,40	1,00	4,20	7,00	100,00	1,00
89	8,20		,52	6,60	13,00	7,50	5,40	1,00	1,40	1,00	100,00	1,00
90	8,30		,43	40,00	21,60	5,75	8,50	1,00	5,60	12,00	100,00	1,00
94	7,90		1,21	38,00	21,00	9,20	10,00	3,10	12,50	42,20	100,00	1,00
95			,34	10,60	1,50	10,50	3,50	1,00	1,00	14,40	100,00	1,00
97	8,00		,54	30,00	5,52	10,12	6,10	2,40	19,00	14,30	100,00	1,00
98	8,20		,34	12,00	6,40	2,70	6,00	20,60	10,50	1,00	100,00	1,00
99	8,40		1,10	57,00	21,30	3,60	11,31	3,00	13,10	24,00	100,00	1,00
105	8,20		,33	29,20	14,00	15,00	5,20	1,00	1,00	12,00	100,00	1,00
106	8,20		,22	21,00	13,20	6,60	3,00	1,00	1,00	3,20	100,00	1,00
109	8,40		,51	60,00	43,80	6,12	3,30	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
117	8,10		1,00	94,00	11,40	6,00	17,00	150,00	21,90	3,00	100,00	1,00
127	7,10		,00	6,10	1,20	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
128	7,10		,17	12,40	5,90	2,90	2,90	1,00	5,20	1,00	100,00	1,00
166	7,10		,10	18,00	2,30	3,30	2,50	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
167	7,80		,37	16,50	10,30	4,00	3,00	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
168	7,80		,39	20,00	14,10	4,00	3,00	1,00	2,00	1,00	100,00	1,00
169	7,80		,51	31,00	10,20	6,00	3,00	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
170	7,60		,94	30,00	29,40	7,20	1,00	150,00	10,00	0,00	100,00	1,00
173	6,40		,12	30,00	17,50	3,00	1,00	9,00	1,00	1,00	100,00	1,00
174	8,00		,38	40,00	17,60	4,20	2,00	60	1,00	9,60	100,00	1,00
175	7,20		,12	7,00	9,20	4,00	1,70	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
177	5,60		,07	3,60	1,20	5,21	1,00	15,60	2,00	1,00	100,00	1,00
178	7,40		1,42	65,30	74,40	16,00	29,30	3,60	10	362,60	200,00	1,00
185	7,50		,27	24,75	13,10	5,00	3,00	1,10	10	11,30	100,00	1,00
186	6,50		,08	7,50	4,19	1,40	1,00	1,10	1,00	1,00	100,00	1,00
187	7,90		,35	33,80	15,60	4,00	2,10	3,60	1,00	1,00	100,00	1,00
188	7,60		,33	38,10	13,80	4,60	3,40	13,00	1,00	24,70	100,00	1,00
191	5,90		,64	3,00	1,70	4,00	1,20	1,00	4,00	1,00	100,00	1,00
192	7,20		,15	18,00	2,10	8,00	2,20	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
193	7,60		,34	40,50	14,80	3,80	2,20	1,00	1,00	15,90	100,00	1,00
194	6,00		,04	4,40	1,60	3,20	1,30	1,10	1,00	14,50	100,00	1,00
202	7,90		1,30	200,00	70,50	10,20	14,00	1,00	4,90	801,50	100,00	1,00
213	7,90		1,83	90,20	149,00	13,00	54,00	9,30	11,30	501,20	100,00	1,00
216	7,00		,29	21,12	12,70	7,80	4,10	66,60	2,10	0,00	100,00	1,00
427	7,60	31,00	,32	17,00	8,50	4,00	1,20	1,20	1,00	10,00	100,00	1,00
428	7,20	32,00	,28	414,90	42,10	36,00	13,90	1,00	12,61	1107,00	100,00	1,00
431	8,00	32,00	,56	44,40	23,90	6,40	3,20	23,76	1,00	01,40	100,00	1,00
432	7,70	33,00	,29	60,30	10,50	9,72	1,73	20,16	4,20	1,00	100,00	1,00
436	7,00	34,00	,90	8,10	2,91	3,60	1,60	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
439	7,90	30,00	,63	53,90	33,41	8,20	2,50	8,30	1,00	20,70	100,00	1,00
533	7,90		,34	50,40	15,30	1,22	5,00	1,00	1,00	19,20	100,00	1,00
691	8,00		,62	55,40	24,94	7,40	1,00	4,94	1,00	19,90	100,00	1,00
692	7,80		,38	450,60	63,90	13,77	20,50	1,90	21,77	1301,50	100,00	1,00
693	8,00		1,11	85,50	36,02	19,12	29,80	7,41	17,02	113,42	100,00	1,00
694	8,00		1,41	146,70	48,00	17,47	7,70	4,44	14,00	177,19	100,00	1,00
697	8,10		,73	52,90	23,55	17,47	27,13	20,30	14,10	41,94	100,00	1,00
698	8,10		,60	40,30	17,11	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	100,00	1,00
699	8,50		,45	44,90	23,29	8,50	12,50	1,00	1,00	5,00	100,00	1,00
785	7,49	30,00	,52	43,20	30,37	8,24	8,30	23,90	1,42	6,40	100,00	1,00
786	8,14	30,00	,63	50,25	41,40	6,50	4,70	19,37	1,71	8,10	100,00	1,00
787	6,60	30,00	,09	6,15	4,35	3,71	1,90	17,00	1,71	2,20	100,00	1,00
789	7,77	30,00	,34	30,80	14,30	5,35	4,51	14,20	2,13	1,60	100,00	1,00
791	7,00		,07	10,90	2,85	3,80	2,10	1,00	1,00	2,00	100,00	1,00

## ANNEXE

## DONNEE

## CT

N°	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub> <sup>++</sup>	FAm	CO <sub>3</sub> <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	100
23	6,67	4,56	,60	1,60	6,09	,00	2,29	4,40	,00	12,79	13,60	,05	
24	1,73	2,12	,66	1,72	4,73	1,09	1,52	4,60	,00	11,94	12,24	,03	-2,40
25	2,54	1,78	,94	,76	,00	,10	,00	4,65	,00	4,75	4,83	,01	-2,47
37	1,55	1,43	,41	,37	,28	,25	,03	3,25	,00	3,01	4,55	,04	,64
51	2,14	3,21	,46	,29	,73	,32	,25	5,10	,00	6,40	6,70	,02	-45
53	2,89	2,74	,52	1,97	1,41	,40	,64	6,30	,00	8,74	8,18	,04	-47
54	1,45	2,00	,39	,74	,02	,10	,14	4,60	,00	4,97	4,47	,05	2,95
55	2,69	2,29	,70	,32	,16	,16	,25	5,55	,00	6,12	6,01	,01	1,44
57	,23	,18	,21	,05	,08	,12	,82	,65	,00	1,67	,77	,07	-1,75
58	2,00	1,56	,35	,26	,10	,12	,15	4,20	,00	4,57	4,36	,05	1,92
59	4,29	2,47	,45	,34	2,42	,50	,47	4,00	,00	1,79	1,55	,01	,09
60	1,65	2,29	,23	,17	,10	,06	,07	4,50	,00	4,73	4,34	,04	2,36
61	1,47	1,46	,37	,36	1,78	,46	,12	1,48	,00	3,83	4,47	,05	,19
62	,34	,13	,34	,04	,25	,18	,04	,45	,00	,92	,85	,04	,96
63	3,30	1,12	,46	,36	1,65	,38	,51	3,85	,00	6,73	1,04	,02	,77
65	,40	,33	,48	,04	,00	,16	,11	1,03	,00	1,73	1,27	,02	,90
66	,19	2,07	,24	,10	,00	,06	,20	4,18	,00	4,44	2,60	,06	,08
67	1,80	2,94	,36	,14	,00	,12	,20	5,37	,00	5,89	5,22	,02	,26
69	1,78	2,77	,37	,14	,00	,04	,12	5,21	,00	5,37	4,96	,04	1,42
90	2,00	1,76	,25	,27	,00	,16	,68	1,84	,00	4,58	4,24	,05	,60
94	1,90	1,60	,40	,14	,05	,01	,00	4,40	,00	6,24	5,59	,03	,56
95	,53	,13	,46	,09	,01	,22	,30	,56	,00	1,35	3,23	,08	,13
97	1,55	,45	,14	,10	,04	,01	,81	,64	,00	2,31	2,52	,04	,46
98	1,60	,44	,12	,42	,43	,24	,36	1,10	,00	2,38	2,64	,04	,54
99	2,84	1,76	,16	,24	,05	,66	1,58	1,42	,00	5,64	5,05	,06	,16
105	1,46	1,15	,51	,14	,03	,22	,25	1,85	,00	3,30	1,77	,00	1,54
116	1,08	,88	,29	,08	,00	,05	,68	1,95	,00	2,05	2,32	,06	-10,44
109	1,57	2,50	,21	,05	,00	,02	,08	5,05	,00	5,16	5,47	,03	-12,50
117	4,73	5,04	,30	,48	2,68	,61	,77	6,70	,00	10,77	10,53	,04	,51
127	,30	,18	,07	,07	,00	,08	,10	,50	,00	,68	,58	,08	,17
128	,62	,48	,13	,07	,21	,16	,06	,95	,00	1,32	1,30	,01	,21
166	,70	,60	,17	,00	,00	,00	,11	2,50	,00	2,64	1,73	,02	-18,04
167	,82	1,18	,17	,30	,00	,02	,63	4,15	,00	4,20	2,20	,10	1,75
168	1,04	1,16	,17	,10	,00	,08	,02	4,75	,00	4,86	2,47	,07	-1,19
169	1,56	1,33	,26	,30	,02	,00	1,08	4,54	,00	5,65	3,25	,07	42,21
170	4,04	2,42	,37	,00	2,07	,37	1,05	5,25	,00	9,68	6,83	,07	,02
173	,52	,37	,17	,04	,14	,00	,10	,85	,00	1,10	1,09	,00	58,04
174	2,02	1,45	,18	,07	,01	,00	,20	3,30	,00	4,01	3,73	,04	-54,25
175	,36	,76	,21	,07	,00	,64	,60	1,15	,00	1,74	1,14	,08	4,25
177	,26	,18	,27	,02	,25	,08	,70	,35	,00	,68	,73	,03	1,84
178	3,25	6,12	,76	,75	,15	,00	1,54	4,00	,00	11,70	10,82	,04	-147,57
185	1,24	1,08	,72	,05	,00	,01	,24	2,65	,00	2,84	2,50	,05	76,68
186	,37	,36	,10	,03	,00	,81	,00	,80	,00	,81	,87	,03	36,70
187	1,69	1,25	,17	,03	,05	,09	,00	,36	,00	,41	3,19	,07	50,04
188	1,97	1,17	,26	,04	,27	,00	,51	2,90	,00	3,53	3,33	,04	70,00
191	,16	,06	,10	,03	,03	,12	,15	1,35	,00	1,87	,62	,00	,45
192	,97	,11	,37	,00	,00	,00	,14	,25	,00	,40	1,48	,07	1,3,29
195	2,07	1,22	,17	,00	,00	,00	,34	2,75	,60	3,09	3,46	,05	58,04
194	,22	,05	,14	,00	,00	,00	,28	3,10	,00	3,34	,44	,07	68,73
202	9,98	2,25	,74	,81	,00	,14	16,67	3,70	,00	20,51	13,40	,04	4,70
213	4,50	12,25	,57	1,63	,35	,13	10,42	1,15	,00	18,00	19,72	,02	,73
216	1,05	1,04	,34	,30	1,67	,06	,17	1,35	,00	2,46	2,54	,02	-4,77
427	3,84	,54	,21	,00	,02	,00	,41	4,38	,00	4,81	4,62	,02	-704,04
428	20,70	3,46	1,57	,36	,00	,91	24,90	5,33	,00	31,14	26,04	,04	,72
431	2,22	1,96	,26	,37	,30	,00	,63	4,50	,00	5,52	4,60	,09	-130,71
432	3,26	3,01	,42	,04	,32	,12	,49	6,80	,00	7,74	5,73	,07	-2,55
436	,40	,24	,36	,04	,00	,00	,00	,93	,00	,93	,84	,05	-558,29
439	2,69	2,75	,36	,07	,13	,70	,56	6,00	,00	6,69	5,65	,07	-1285,36
533	2,51	1,29	,37	,15	,00	,00	,40	3,10	,00	3,50	4,27	,10	-1120,68
691	22,48	6,25	,60	,07	,08	,60	,41	4,68	,00	5,77	28,40	,65	,01
692	4,27	2,96	,83	,51	,06	,48	27,20	1,45	,00	29,19	8,59	,05	,75
693	7,32	3,95	,33	,78	,12	,42	2,36	6,75	,00	8,65	12,06	,16	,92
694	2,64	1,94	,76	,20	,07	,40	7,72	4,30	,00	12,49	5,54	,04	,91
697	2,41	1,34	,76	,69	1,39	,08	,87	3,60	,00	5,94	5,71	,02	-8,56
698	2,24	1,91	,07	,05	,15	,00	,43	4,55	,00	5,10	4,74	,10	56,98
699	,01	,01	,31	,32	,93	,01	,11	3,53	,00	4,77	,77	,01	21,75
785	2,16	2,50	,36	,21	,39	,64	,13	4,75	,00	5,31	5,72	,01	-8,42
786	2,51	3,40	,24	,17	,37	,02	,37	5,93	,00	6,43	6,37	,00	33,42
787	,31	,36	,16	,02	,27	,02	,03	,50	,00	,84	,85	,01	-1,12
789	1,54	1,18	,23	,11	,23	,06	,03	2,95	,00	3,28	3,06	,03	-2,90
791	,54	,23	,27	,06	,11	,02	,05	,73	,00	,91	1,06	,05	-1,48

N	TH	TAC	Mg/Ca	Na/Cl	CAR/SUL	SO4/Cl	Na/CA	CLASSE
23	57,12	22,01	,66		1,92		,08	IV1
24	49,28	23,01	,27	,60	1,76	1,39	,09	IV1
25	21,60	21,26	,70	3,47	46,80	,60	,34	III1
37	14,89	16,26	,92	1,64	11,59	,43	,26	III1
51	29,75	25,51	1,17	1,45	9,04	,78	,17	III3
53	20,16	31,51	,95	1,47	6,13	1,59	,20	IV1
54	19,72	23,01	1,03	3,95	16,04	1,89	,26	IV3
56	24,94	27,71	,85	4,44	13,45	1,60	,26	IV1
57	1,05	3,75	,79	1,75	,69	6,93	,93	VI1
58	17,79	21,01	,78	2,92	15,56	1,27	,15	IV3
59	14,79	20,01	,87	,91	4,15	,95	,11	III1
60	19,70	22,01	1,39	3,96	35,87	1,11	,14	IV3
63	14,75	2,39	,99	,81	2,56	,26	,25	III3
64	2,34	1,27	,39	1,88	2,04	,24	1,60	III2
81	31,11	19,71	1,01	1,27	3,89	1,53	,15	IV3
85	3,27	5,17	,76	4,90	6,23	1,07	1,17	III4
86	11,30	20,91	11,301	4,08	16,18	3,46	1,28	IV3
87	23,68	26,87	1,64	3,06	16,93	1,70	,20	IV3
89	22,45	26,05	1,53	8,42	2,78	3,06	,19	IV3
90	18,86	19,21	,69	1,60	4,60	4,33	,13	IV1
94	27,46	22,01	1,90	,44	2,46	,96	,21	III3
95	3,29	2,50	,24	2,13	,97	1,39	,87	IV2
97	9,75	3,20	,30	,54	,39	1,01	,29	III1
98	10,45	5,50	,31	,41	1,68	1,22	,08	IV1
99	23,00	17,11	,62	,24	1,55	2,37	,05	IV1
105	13,05	14,01	,79	2,59	5,99	1,14	,39	IV1
106	9,79	9,75	,82	14,44	20,09	3,88	,27	IV1
109	25,56	25,26	2,38	13,50	47,12	4,34	,18	IV3
117	48,85	33,51	1,07	,49	4,83	1,26	,06	IV3
127	2,43	2,50	,59	,83	2,82	1,27	,21	IV1
128	5,52	4,75	,78	,79	5,08	,01	,20	III1
166	7,49	11,50	,67	59,04	5,66	118,71	,18	IV1
167	0,04	20,75	1,34	8,75	81,25	1,57	,21	IV3
168	10,98	23,71	1,32	2,19	46,41	,29	,17	III1
169	14,44	22,96	,86	93,21	4,23	486,29	,17	IV1
170	12,29	26,26	,60	1,02	3,67	3,43	,09	IV1
173	4,44	4,26	,71	59,04	8,13	36,40	,32	IV1
174	13,34	19,01	,72	65,25	18,77	71,31	,09	IV1
175	5,58	5,75	2,10	5,25	27,50	,05	,59	III1
177	2,30	1,75	,65	2,84	1,30	,03	,83	III2
178	46,87	20,01	1,88	249,57	,53	2693,60	,27	VI3
185	17,56	13,21	,30	12,98	1,11	84,23	,37	IV1
186	3,68	4,90	,96	37,29	164,60	,14	,26	III1
187	14,84	3,75	,76	59,04	71,92	,74	,16	III1
188	15,33	14,51	,59	73,46	5,62	183,49	,13	III1
191	1,05	6,16	,36	1,45	4,75	1,36	1,01	IV5
192	5,35	1,25	,19	124,29	1,71	51,26	,39	IV2
193	16,15	13,75	,60	59,04	8,22	118,56	,08	IV1
194	1,34	15,51	,22	49,71	10,94	100,29	,63	IV2
202	61,20	18,51	,23	5,70	,22	120,04	,08	VI1
213	53,74	36,77	2,72	1,73	,67	31,82	,13	VI3
216	10,49	5,76	,99	5,77	4,93	2,97	,32	IV1
427	21,91	21,86	,14	755,04	10,62	1470,86	,06	IV1
428	120,82	2,64	,17	1,72	,21	27,27	,08	VI3
431	20,90	22,51	,89	1006,71	7,10	2264,23	,13	IV1
432	31,33	34,01	,92	3,55	11,09	4,15	,13	IV1
436	3,22	4,63	,59	559,29	1896,42	,74	,39	III1
439	27,18	30,01	1,02	1286,36	10,78	1987,89	,13	IV3
533	19,03	10,51	,51	1121,68	7,76	1426,29	,12	IV1
691	138,69	23,42	,23	1,01	4,64	,70	,03	III1
692	36,14	7,26	,69	1,75	,05	57,07	,19	VI1
693	56,33	28,76	,54	,08	2,07	5,66	,00	IV1
694	22,92	21,51	,74	1,91	,53	19,45	,29	VI1
697	21,27	16,01	,77	9,56	3,78	10,97	,32	IV1
698	29,77	22,51	,85	57,95	9,33	1542,17	,30	IV1
699	1,11	2,71	1,11	242,75	3,73	71,51	21,97	IV2
785	23,26	23,71	,16	9,02	2,76	3,38	,13	IV2
786	29,55	29,61	1,09	14,42	31,16	8,57	,11	IV3
787	3,32	2,50	1,17	8,12	7,52	2,34	,53	IV3
789	13,59	14,76	,77	3,90	31,20	,59	,15	III1
791	3,69	3,67	,43	8,36	8,70	2,76	,35	IV3

