

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

INSTITUT
DES SCIENCES DE LA NATURE
(I.S.N.)

MINISTERE DE L'EAU

DIRECTION DES ETUDES
ET DE LA PLANIFICATION
(D.E.P.)

PROJET BILAN D'EAU



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du
DIPLOME D'INGENIEUR DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'EAU

Thème :

APERÇU SUR LA PIEZOMETRIE
DU BURKINA FASO

Septembre 1989

KONE Mahamadou

A la mémoire de mon père

"feu" KONE SIAKA

A ma mère

YAO YO

et

à tous mes parents et amis

je dédie ce mémoire

T A B L E D E M A T T E R E S

PAGE

AVANT PROPOS

1.	<u>INTRODUCTION</u>	1
2.	<u>GENERALITES SUR LE BURKINA FASO</u>	3
2.1.	LE RELIEF.....	3
2.2.	LE CLIMAT.....	3
2.3.	L'HYDROGRAPHIE.....	5
2.4.	LA VEGETATION.....	5
2.5.	LA GEOLOGIE.....	6
2.6.	L'HYDROGEOLOGIE.....	9
3.	<u>RESEAU PIEZOMETRIQUE NATIONAL, MOYEN DE MESURE ET MODALITE DE SURVEILLANCE</u>	13
3.1.	CHOIX DU MAILLAGE DU RESEAU PIEZOMETRIQUE NATIONAL	15
3.2.	MOYEN DE MESURE ET MODALITE DE SURVEILLANCE	15
4.	<u>TRAVAUX REALISES ET RESULTATS</u>	17
4.1.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE DE BANFORA	18
4.2.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE D'ORODARA.....	19
4.3.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA VILLE DE LEO-ZABRE.....	24
4.3.1.	Piézométrie de Léo.....	24
4.3.2.	Piézométrie de Zabré.....	27
4.4.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA VILLE DE MANGA.....	30
4.4.1.	Piézométrie de Manga ville.....	30
4.4.2.	Piézométrie de Ganzé.....	34
4.5.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE KONGOUSSI	37
4.6.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE DE OUAHIGOUYA.....	40
4.6.1.	Piézométrie de Gourcy.....	40
4.6.2.	Analyse du double piézomètre de Tongou.....	43
4.6.3.	Analyse du quadruple piézomètre de Ringuera.....	45
4.6.4.	Analyse du triple piézomètre de Naongo situé a côté du marigot.....	46

6.5.	Analyse du triple piézomètre de Naongo situé dans le champ d'irrigation.....	48
6.6.	Analyse du triple piézomètre de Bougounam.....	49
7.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE DE YAKO ET REO.....	51
7.1.	Piézométrie de Yako.....	51
7.2	Piézométrie de Réo.....	52
8.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA BOUCLE DU MOUHOUN.....	53
8.1.	Piézométrie de la zone sédimentaire de la Boucle du Mouhoun.....	53
8.2.	Piézométrie de la zone cristalline de la Boucle du Mouhoun.....	59
9.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE DU SAHEL.....	62
10.	ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE DE OUAGADOUGOU.....	67
10.1.	Etude de l'impacte de l'exploitation dans le chaps de captage de Nioko I et II.....	67
10.2.	Rélation entre la variation saisonnière et la pluviométrie au niveau du piézomètre du CIEH.....	68
10.3.	Etude de la variation interannuelle au niveau du piézomètre du CIEH.....	70
	<u>CONCLUSION DES TRAVAUX</u>	78
1.	CARACTERISTIQUE DE LA COURBE D'EVOLUTION DE LA NAPPE EN FONCTION DU TEMPS.....	78
2.	PERIODE DE REMONTEE DE LA NAPPE.....	78
3.	PERIODE DESCENTE LA NAPPE.....	78
4.	AMPLITUDE DES VARIATIONS SAISONNIERES.....	79
5.	VARIATION INTERANNUELLE DU NIVEAU DE BASE DES NAPPES	80
6.	EFFET DE L'EXPLOITATION DES NAPPES.....	81
7.	RELATION ENTRE SUPERFICIELLE ET NAPPE PROFONDE.....	81
	<u>RECOMMADATIONS</u>	82
	<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	83

A V A N T P R O P O S

Mon stage de fin d'études s'est déroulé durant la période de Mars 1989 à Septembre 1989 au PROJET BILAN D'EAU rattaché à la Direction des Etudes et de la Planification du Ministère de l'Eau

Ce travail n'aurait pu aboutir sans le soutien de nombreuses personnes à qui, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance.

- Mes remerciements s'adressent d'abord au Camarade Directeur de la DEP (Ministère de l'Eau) à qui je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance.
- Je remercie également le Représentant Résident du Bureau d'Etudes IWACO à Ouagadougou qui m'a largement ouvert l'accès à son service
- Je remercie le Camarade Professeur SAVADOGO N. ALAIN pour ses conseils au début de mes travaux.
- j'exprime mes sincères remerciements au Camarade SAWADOGO S. JULIEN Chef du projet Bilan d'Eau qui tout au long du stage n'a cessé d'apporter ses critiques constructives pour l'amélioration de ce travail
- j'adresse mes reconnaissances à M. CORNELIS LEKKERKERKER, Chef de Mission au projet Bilan d'Eau qui en plus de ses conseils a tout mis en oeuvre pour nous faciliter le travail
- mes remerciements à M. PETER BLOEMEN, hydrogéologue à IWACO qui s'est montré toujours disponible pour apporter sa contribution à l'enrichissement de mes travaux.

Mes remerciements également aux camarades:

- TRAORE ALAMANDOGO, informaticien au projet Bilan d'Eau.
- SANOGO ARDJOUMA, dessinateur à IWACO.
- TONDE CELESTINE, secrétaire dactylographe à IWACO.
- je remercie tout le personnel du projet Bilan d'Eau avec lequel nous avons formé une famille.
- Enfin, je m'en voudrais de terminer ce mot de remerciements sans faire mention spéciale à l'endroit du Camarade Professeur SAVADOGO N. ALAIN, à tout les enseignants du Département de Géologie de l'Institut des Sciences de la Nature [I.S.N.] et les différents collaborateurs qui ont tout mis en oeuvre pour que cette première promotion des "Ingénieurs des Sciences et Techniques de l'Eau" puisse voir le jour.

INTRODUCTION

Durant ces dix dernières années, de vastes programmes d'hydraulique villageoise et semi-urbaine se sont déroulés au Burkina Faso pour faire face au problème urgent d'alimentation en eau potable des populations.

La nature urgente de ces programmes fait qu'ils n'étaient pas fondés sur une connaissance fondamentale des ressources, de leur potentiel, de leur condition de renouvellement, de l'impact des conditions climatiques sur leur exploitation (intensive et extensive).

Aujourd'hui en même temps que se poursuivent de nouveaux programmes d'exploitation des eaux souterraines, nous observons une baisse de niveau d'eau dans plusieurs forages en exploitation, voir même à un assèchement de certains d'entre eux consécutif à une "baisse généralisée" des niveaux piézométriques interannuels.

Ainsi se pose le problème de maîtrise de l'eau (aussi bien souterraine que de surface). Les autorités conscientes de ce problème ont lancé depuis 1981 un programme d'étude intitulé "Projet Bilan d'Eau" financé par la coopération néerlandaise avec l'assistance technique du bureau d'Etude IWACO.

Le projet Bilan d'Eau vise à répondre à une gestion rationnelle des ressources en eau (souterraine et de surface) en établissant un plan Directeur du secteur eau. Pour ce faire trois questions de base doivent avoir une réponse. Ces questions se répartissent de la façon suivante:

- 1) Quelles sont les ressources en eau exploitables et les conséquences de leur exploitation sur l'environnement?
- 2) Quels sont les besoins en eau pour la desserte en eau potable, de la production agricole (culture irriguée), pastorale, l'hydroélectricité?
- 3) Quels sont les moyens de gestion pour les planificateurs et décideurs dans le secteur (législation, outils de planning, cadre humain, structure d'organisation, etc).

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude, nous nous sommes penchés sur l'analyse de la piézométrie au Burkina Faso, ce qui permettra d'apporter notre contribution à la connaissance des ressources en eau souterraine.

Nos travaux ont porté sur la collecte et le traitement des mesures piézométriques (puits et forages) en utilisant l'ordinateur et leur interprétation en tenant compte du contexte particulier des différents points de mesure (climat, géomorphologie, l'hydrogéologie, position par rapport aux retenues d'eau de surface). Ensuite nous avons tenté d'apprécier l'impact des exploitations au niveau du champ de captage de Ouagadougou et analyser la relation entre zone altérée et zone fissurée par l'analyse des données piézométriques de double ou triple piézomètres au niveau d'un même forage.

2. GENERALITES SUR LE BURKINA FASO

2.1. LE RELIEF

Dans son ensemble, le relief du Burkina peut être représenté par un vaste plateau d'altitude variant entre 250 et 350 mètres résultant d'un processus d'érosion achevé et légèrement incliné du Nord vers le Sud.

La monotonie d'ensemble est interrompue à :

- l'Ouest et au Nord-Ouest par une ligne de hauteur et falaises gréseuses partageant les eaux entre le bassin occidental du Niger (bassin de Bani) et celui du Mouhoun (ex Volta Noire)
- l'Est par une série de hauteur plus modeste séparant le bassin oriental du Niger de celui du Nakanbé (ex Volta Blanche) et se prolongeant vers le Sud-Ouest par le massif de l'Atakora.

Le plateau intérieur comporte :

- une plaine sablonneuse formée de dunes fixées, orientées Est-Ouest dans la région de Dori-Djibo
- un vaste plateau latéritique dans le reste du pays

Le plateau est coupé par des chaînes de collines ou des collines isolées correspondant aux sillons éburnéens à comblement volcano-sédimentaires.

2.2. LE CLIMAT

Le Burkina Faso appartient à la zone tropicale caractérisée par une saison sèche bien marquée (s'étendant d'Octobre à Mai) qui alterne avec une saison pluvieuse (Mai-Juin à Septembre). Mais cette situation climatique générale ne doit pas cependant cacher les différences régionales qui se caractérisent d'une part par la répartition des précipitations, d'autre part par celle de l'amplitude journalière et annuelle des températures et humidités. Ainsi on distingue trois grandes zones climatiques qui sont :

- la zone Sud-soudanienne
- la zone Nord-soudanienne
- la zone sahélienne

Ces différentes zones sont délimitées par des isohyètes.

2.2.1. La zone Sud-soudanienne

Elle s'étend au Sud de l'isohyète 1000 mm. Cette zone est la plus arrosée. Les pluies dépassent en moyennes 1000 mm, elles atteignent 1300 à 1400 mm dans sa partie Sud-Est.

Les précipitations qui s'étalent sur une période de 5 à 6 mois débutent entre le 15 et le 25 Avril dans sa partie méridionale (région de Batié) et gagnent progressivement le Nord vers la première ou la deuxième semaine de Mai (Bobo-Orodara). Elles s'achèvent entre le 25 Septembre et le 5 Octobre. On peut néanmoins enregistrer après cette date, quelques pluies espacées qui durent jusqu'à mi-Novembre.

Les températures les plus élevées se situent en Mars-Avril; le maximum et le minimum moyen sont respectivement de 33 à 37°C à Gaoua et de 17 à 23 °C à Bobo.

L'évaporation moyenne atteint une valeur annuelle de 1950 à 2250 mm au Sud-Ouest et de 2300 à 2350 mm au Sud-Est.

2.2.2. La zone Nord-soudanienne

Elle est comprise entre les isohyètes 1000 et 650 mm. Les précipitations y sont inférieures à celles de la zone Sud-soudanienne et la saison des pluies y est plus courte (3 à 4 mois). La saison y commence aux environs de 25 Mai à Dédougou et Garango et atteint que vers le 10 Juin Kaya, Kongoussi ou Ouahigouya pour prendre fin entre le 15 et le 25 Septembre.

A l'inverse des précipitations, les températures moyennes annuelles sont plus importantes que dans la zone précédente; les maximum moyens des mois les plus chauds oscillent entre 34 et 40,5°C. Il en est de même pour l'évaporation moyenne qui atteint 2641 mm.

2.2.3. La zone sahélienne

Elle se situe au Nord du Bukina Faso avec moins de 650 mm de pluie en moyenne et 2 à 3 mois de précipitation fort irrégulière, comprise entre le 15 Juin et le 15 Septembre.

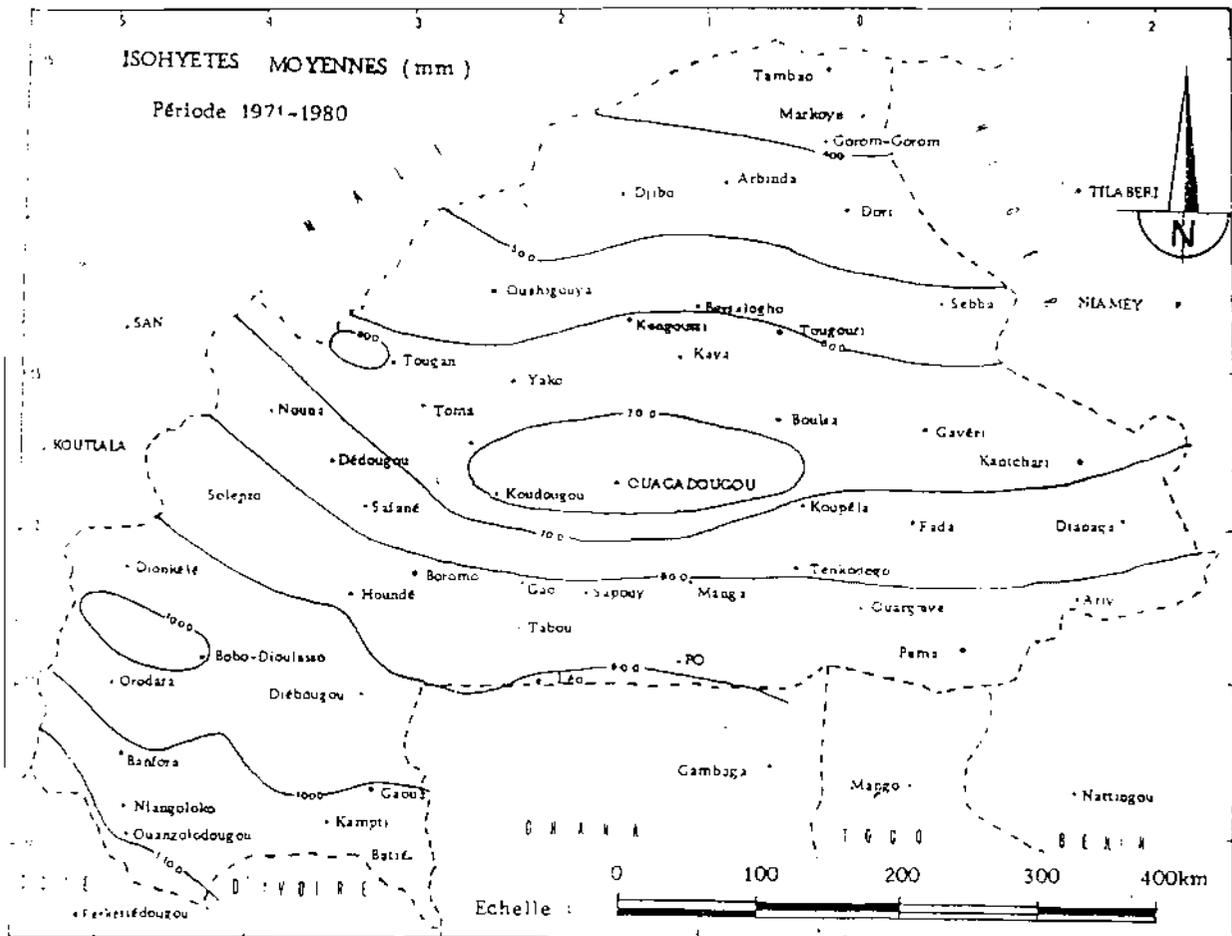
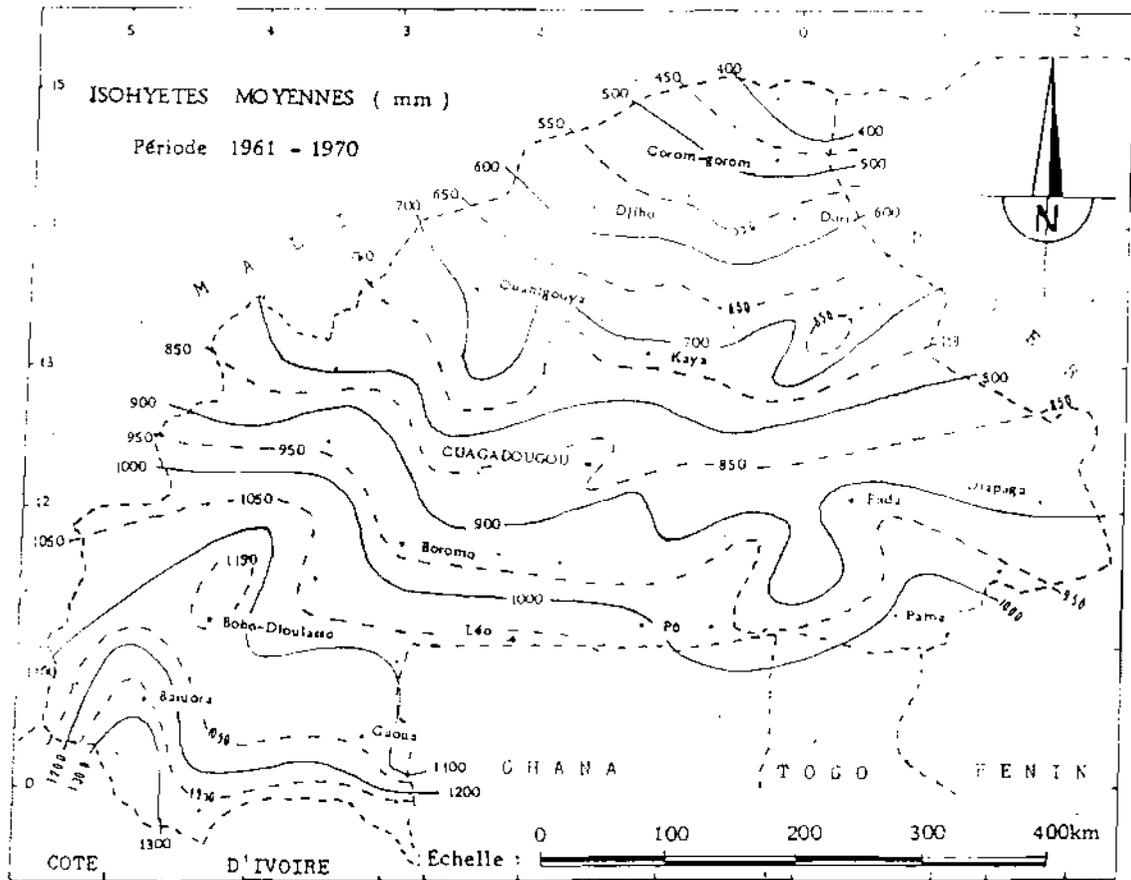


Fig. 1

Les températures moyennes annuelles y sont élevées (plus de 28°C). En Janvier les minimum et maximum atteignent respectivement 13,6 et 33,4°C. Les températures maximales s'observent en Mai avec une moyenne de 41,2°C.

L'évaporation est plus importante ici que dans les autres zones à cause de la forte insolation. Elle atteint une valeur annuelle proche de 3022 mm.

En conclusion de l'étude du climat, on note une descente de l'isohyète 650 mm vers le Sud (figure 1).

2.3. L'HYDROGRAPHIE

Les cours d'eau du Burkina Faso sont alimentés par trois bassins fluviaux:

- le bassin du Niger à l'Est s'étend sur 72000 km² Il englobe le cours supérieur de nombreux affluents de la rive droite du Niger; le Béli et ses affluents: Le Gourouol et le Gondebo; la Sirba et son affluent la Faga; le Gouroubi et son affluent le Bansaoga; la Tapoa. Ces cours d'eau ont une longueur totale de 1210 km environ.
- le bassin de la Comoé au Sud-Ouest du pays couvre une superficie de 18000 km² Il réunit le cours supérieur de la comoé long de 215 km qui prend sa source près de Orodara, son affluent le Yanon et les deux Léraba (340 km).
- le bassin de la Volta, le plus important, s'étend au centre et à l'Ouest du pays sur une superficie de 120000 km². Quatre rivières alimentent le bassin: le Mouhoun (ex Volta Noire), le Nazinon (ex Volta Rouge), le Nakanbé (ex Volta Blanche), l'Oti et son affluent la Pendjari. Ces rivières dont les lits ne sont pas très éloignés les uns des autres ne se rejoignent qu'après un long trajet en solitaire au centre du Ghana, où elles forment le Lac Volta.

2.4. LA VEGETATION

La végétation naturelle du Burkina Faso est liée aux conditions climatiques.

Ainsi dans la zone sahélienne où la saison sèche est longue (8 à 10 mois) et le déficit hydrique important, subsiste une steppe arbustive parfois arborée. Les arbustes sont de petite taille et forment des

peuplements claisemés qui alternent avec des espaces vides sur les affleurements de cuirasse (brousse tigrée). Les espèces caractéristiques de cette zone sont les suivantes: gommier, *Acacia sénégalsis* et *Acacia nilotica* autour des mares.

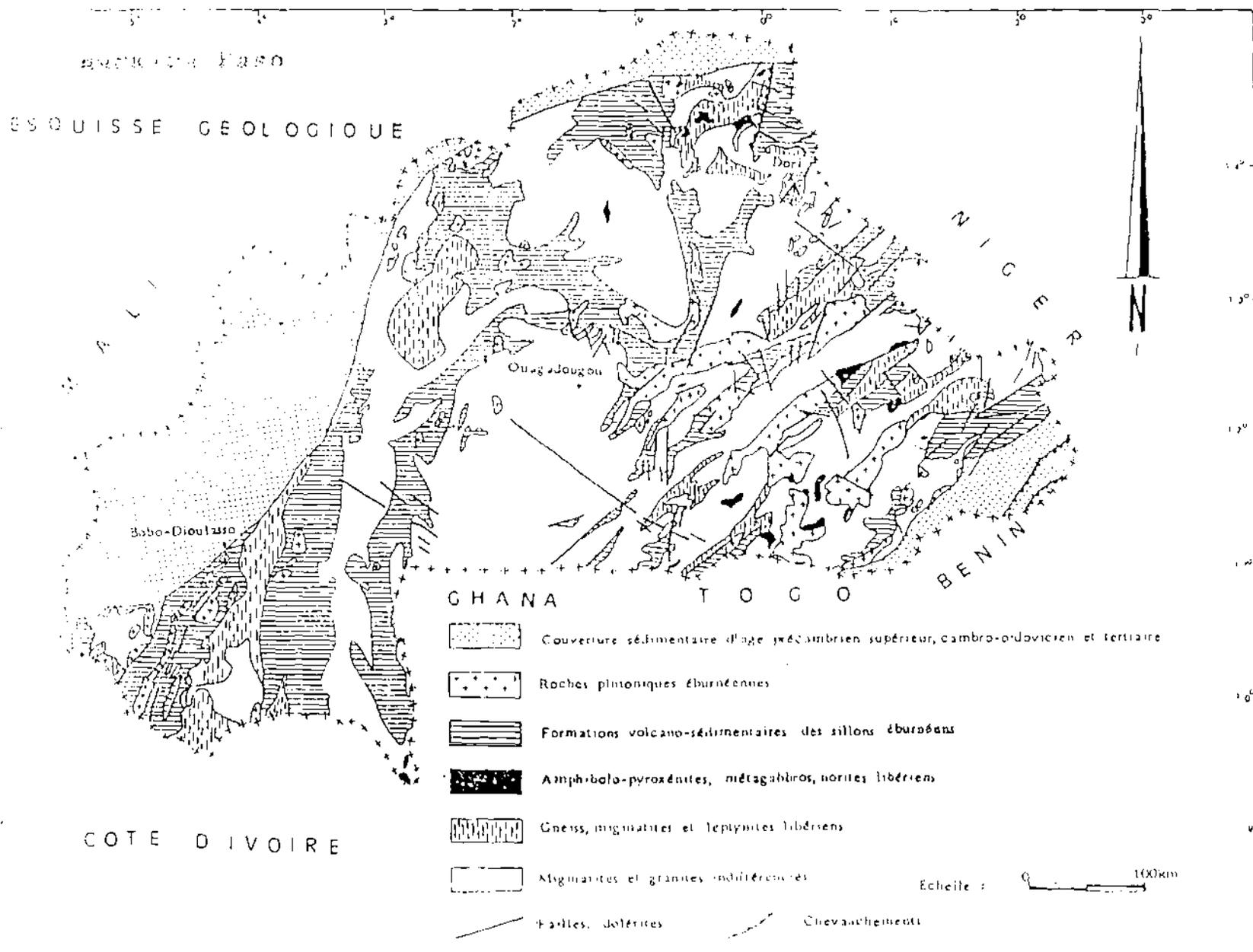
Avec moins de 1000 mm et plus de 650 mm de pluies en moyenne, la plus grande partie du territoire du Burkina Faso appartient à la zone Nord-soudanienne. La couverture végétale est constituée par une savane arborée comprenant des arbres de taille de plus en plus réduite et clairsemés, avec par endroits des forêts classées. Les espèces caractéristique de ces forêts sont: *Ptérocarpus erinaceus*, *Burkea africana*, *Afzelia africana*, *Khaya sénégalsis* (caïlcédrat). Dans les zones de culture le couvert végétal tranche nettement avec les autres paysages végétaux à cause de la prépondérance de l'emprise humaine.

Ici la végétation est très souvent constituée par *Butyrospermum parkii* (karité), *Parkia biglobosa* (nééré). Les essences herbeuses sont représentées par *Londetia togoensis* (sur sols peu profonds comme ceux des cuirasses et des carapaces), *Hyparrhenia* sp. et *Cenchrus ciliaris*, *Andropogon gayanus* sur sols ayant de bonnes réserves hydriques (sol bruns et vertisols). La presque totalité de cette strate herbacée disparaît en saison sèche sous l'action des feux de brousse laissant ainsi le sol nu au moment des premières pluies.

En revanche le Sud-Ouest avec une moyenne de 1000 mm de pluie relève de la zone Sud-soudanienne. Cette zone est la mieux fournie en forêt claire et en savane avec une strate arborée presque continue, comprenant des espèces comme *Isobertinia doka*, *Détarium microcarpum*. A cette végétation s'ajoutent les galeries forestières des vallées humides, qui sont de véritables formations hydrophyles denses, composées d'essences diverses telles que; *Anogeissus leiocarpus*, *Mitragyna inermis*, *Syzygium guineens*, *Raphia vinifera*, *Elaeis guineensis*.

2.5. LA GEOLOGIE

La géologie du Burkina Faso comprend essentiellement deux composantes: l'une cristalline et précambrienne et l'autre sédimentaire d'âge précambrien supérieur à cambro-ordovicien et tertiaire.(fig.2)



2.5.1. Les formations cristallines

Elles constituent environ 80% du territoire Burkinabé et appartiennent à la région centrale du craton Ouest africain.

Le socle cristallin du Burkina Faso disparaît du Nord à l'Ouest ainsi qu'au Sud-Est sous les formations gréso-schisteuses de l'Infracambien. A l'extrême Nord-Ouest des dépôts continentaux attribués au continental terminal recouvrent en discordance les formations pré et infracambriennes.

L'histoire géologique de ce socle s'est opérée au cours de deux mégacycles orogéniques principaux: l'orogénèse libérienne qui s'est déroulée entre 2700 et 2300 millions d'années auquel succéderait le cycle éburnéen de 2300 à 1500 millions d'années.

Les formations cristallines du Burkina Faso se répartissent en trois groupes qui sont:

- les formations granito-migmatites qui comprennent les formations gneissiques diversifiées, les leptynites et migmatites leptynitiques, les migmatites à biotite, les migmatites et granites indifférenciés.
- les formations volcano-sédimentaires qui comprennent les laves et pyroclastes, des sédiments associés à ces laves et pyroclastes.
- les roches plutoniques qui comprennent des formations basiques (ortho-amphibolite, amphibolo-pyroxénite schisteuse, metagabbro); un complexe granodioritique à tonalitique d'origine profonde en intrusion plus ou moins diapirique; un complexe prédominant de granodiorites et de granites de types divers (mesocrates à amphibole ou amphibole biotite, leucocrates à biotite rare ou biotite muscovite); un complexe à tendance alcaline d'origine profonde (granodiorite, granite, syénite).

2.5.2. Les formations sédimentaires

Les formations sédimentaires représentent environ 20 % du territoire burkinabè. Elles forment la couverture du socle cristallin et sont situées sur les frontières ouest, nord-ouest (partie occidentale), nord-est

(partie septentrionale) et sud-est (partie orientale) du Burkina. Elles sont d'âge précambrien A à cambro-ordovicien et tertiaire.

En fonction de leur âge géologique et de leur situation géographique nous avons:

- le précambrien A de la partie occidentale du Burkina constituée d'une série de grès dont la puissance totale dépasse 1500 m. Cette série comprend de bas en haut: les grès inférieurs, les grès de base, les grès de sotuba, les grès à galets de quartz, l'étage schisto-greso-dolomitique, les grès roses, les schistes de Toum, les grès de Koutiala et enfin les grès de Bandiagara. La succession lithologique la plus complète de cette série s'observe dans la "langue" de Banfora.
- le précambrien A de la partie septentrionale du Burkina qui comprend de bas en haut: les grès quartzites et conglomérat (grès de base), les formations hétérogènes et enfin nous avons les schistes argileux multicolores.
- le précambrien A et cambro-ordovicien du Burkina oriental. Sur la bordure nord du bassin voltaïen, les formations tabulaires du précambrien A sont essentiellement gréseuses, à rares intercalations dolomitiques à stromatolites. Les formations cambro-ordoviciennes de la série de la Pendjari (calcaire, phanites, schistes pélitiques, niveaux phosphaté, tillite) recouvrent en discordance les grès du précambrien A.
- les formations tertiaires du continental terminal: sur toute la bordure orientale du Burkina, on rapporte au continental terminal des affleurements réduits de grès grossiers ou conglomératiques, horizontaux, à galets et grains de quartz *anguleux* à subanguleux, ciment argilo-ferrugineux, avec parfois des niveaux d'argiles blanches intercalaires. En dehors de cette zone Est de Diapaga, où les puissances ne dépassent d'ailleurs pas 10m en général, le continental terminal n'est bien représenté au Burkina que dans la plaine du Gondo, sur une zone de 200 à 300 km le long de la frontière Nord Ouest avec le Mali. Il se présente ici comme une formation argilo-sableuse plus ou moins bariolée, souvent rubéfiée, discordante et transgressive sur le Précambrien A ou le socle (région Ouest de Ouahigouya). Les puissances au Burkina, ne dépassent pas 10 à 30 m, et atteindraient une centaine de mètres au maximum au Mali.

2.5.3. Les formations du quaternaire

Ces formations résultent de l'altération des roches préexistantes.

On distingue:

- les alluvions localisés dans les lits des marigots
- les dunes de sable caractéristique du Sahel
- enfin les cuirasses latéritiques qui constituent le caractère dominant des paysages pénéplanés, mollement ondulé ou tabulaire. Les cuirasses sont gravillonaires en surface, vacuolaires et à tendance lamellaire vers la base.

2.5.4. Aperçu sur la tectonique

L'architecture profonde du socle cristallin du Burkina résulte des effets souvent conjugués des deux orogénèses libérienne et éburérienne.

- l'orogénèse libérienne (2700 - 2300 Ma): ses effets ont été pour la plus part du temps repris et voilés par l'orogénèse éburérienne.
- l'orogénèse éburérienne (2300 à 1500 Ma) qui débute par un stade de fracturation du bâti libérien, on y rencontre deux directions principales; une direction N-NE prédominante sur la bordure Ouest du moule de Ouaga; une direction N80°W à N60°W bien marquée dans la région de Ouahigouya, Séguénégué, Kaya, Boulsa.
- On peut aussi citer l'orogénèse Pan-africaine (550 ± 100 Ma) qui a affecté la frontière Sud Est et l'extrême Nord-Est du Burkina.

2.6. L'HYDROGÉOLOGIE DU BURKINA

L'hydrogéologie ou géologie de l'eau applique les principes généraux de la géologie à l'étude et à la recherche des eaux.

On appelle nappe, la totalité de l'eau qui sature un terrain à condition qu'il y ait une liaison possible entre les points de ce volume d'eau. Il existe des nappes d'interstices (liées à la lithologie des roches), des nappes de fissures ou en réseaux.

Au niveau du Burkina Faso on distingue:

-Les nappes d'interstices au niveau des alluvions, des grès infracambriens, du continental terminal, des alterites. Mais au niveau des grès, le ciment a réduit leur porosité, ce qui leur confère le caractère de nappe semi-continu.

-Les nappes de fissures au niveau du socle cristallin.

2.6.1. Les nappes des alluvions, des cuirasses et des grés

- Les nappes des alluvions: elles constituent des aquifères d'extension réduite et sont localisées au niveau du lit des marigots. On exploite ces nappes à l'aide de puisards (trou de diamètre compris entre 80 cm à 1m, descendant à peine à 10 m).
- Les nappes des cuirasses: lorsque les cuirasses sont noyées elles constituent des nappes superficielles. Leur niveau piézométrique est de faible profondeur et ont une alimentation saisonnière ce qui les expose à une reprise évapotranspiratoire importante et les amène à être trop tributaire du régime interannuel des précipitations.
- Les nappes de grés intracambrien et du continental terminal: par leur nature lithologique, ce sont des nappes d'intersices mais la cimentation a réduit leur porosité, ce qui les confère le caractère de nappe semi-continu. L'empilement des strates de perméabilité différente leur confèrent un système aquifère multicouche.

On peut citer au niveau de cet ensemble les nappes des grés infracambriens du bassin de Bobo qui par son extension (35000 km²) et la puissance des formations perméables accumulées (1500 m) est probablement le réservoir le plus intéressant du pays.

Dans la plaine de Gondo nous avons les nappes du continental terminal localisées dans les formations de sable et de grés argileux.

2.6.2. Les nappes du socle cristallin

Les roches compactes du socle cristallin (3/4 du territoire burkinabè) sont imperméables. Cependant l'intense fracturation d'origine tectonique qui a affecté le bâti a donné naissance à un réservoir de discontinuité ouverte capable de stocker et conduire les eaux infiltrées; ce qui leur confère le caractère de nappe de fissure.

Ces roches cristallines sont en générale recouvertes de produits d'altération meuble. Ces altérations lorsqu'elles sont saturées constituent un aquifère continu très peu perméable mais fortement capacitif.

Généralement les aquifères des altérites sont en contact hydraulique avec les aquifères des roches fracturées sous-jacentes. Ils forment ainsi un système aquifère bi-couche; la zone altérée constituant un réservoir supérieur qui assure par sa grande porosité la fonction de stockage et un réservoir inférieur (le socle fracturé, fissuré) transmissif.

On peut au type des nappes de fissure, citer les nappes karstiques localisées dans les formations carbonatées de l'extrême Nord de l'Oudalan.

3.

RESEAU PIEZOMETRIQUE NATIONAL, MOYEN DE MESURE ET MODALITES DE SURVEILLANCE.

Pour suivre les variations naturelles du niveau des nappes on effectue des mesures régulières du niveau piézométrique dans les ouvrages aménagés à cet effet qu'on appelle piézomètre. Le but de cette opération est la prévision de l'évolution du niveau d'une nappe.

Avant d'aborder le réseau piézométrique national nous allons donner les définitions tirées du dictionnaire de géologie (A. Foucault et J.F Raoul. Edition Masson) des mots piézomètre et niveau piézométrique.

Piézomètre: dispositif consistant en tube enfoncé verticalement dans le sol par sondage et servant à mesurer la pression de l'eau, avec laquelle il est en relation à son extrémité inférieure.

Niveau piézométrique: niveau auquel peut monter l'eau d'une nappe souterraine dans un tube (piézomètre) qui est enfoncé. Pour une nappe libre, ce niveau se confond avec celui de la surface libre de la nappe. Pour une nappe captive le niveau piézométrique est plus élevé que la surface de la nappe qui est limitée vers le haut par une formation imperméable; l'eau est alors sous pression.

Pour le suivi donc du niveau des nappes au Burkina Faso, le Projet Bilan d'Eau a élaboré un réseau piézométrique national (cf: rapport sur la création d'un réseau piézométrique .Projet Bilan d'Eau-Mars 1988).

Comme le stipule ce rapport, l'objectif visé dans la conception du réseau piézométrique national est double:

- étudier les fluctuations naturelles des nappes à travers le pays.
- suivre les effets de l'exploitation des nappes

ce réseau piézométrique national élaboré par le projet Bilan d'Eau comprend 6 type d'ouvrages qui se répartissent de la façon suivante:

type 1: Forage à vocation purement piézométrique. Il s'agit de forage de reconnaissance foré dans le cadre de différents projet et ont été équipés comme piézomètre.

Type 2 Forages fermés. Ces forages ont été équipés de tubage et crépine, mais ont été abandonnés. Les causes en sont diverses: venues de sable persistantes, incidents en cours d'équipement, débit trop faible, etc...

Type 3 Forages négatifs. Ces forages n'ont jamais été équipés de tubage et crépine, à cause du débit de soufflage inférieur au débit de réception. Dans le cas où le tubage provisoire n'a pas été retiré et protège donc le forage contre les éboulements, celui-ci est ainsi utilisé comme piézomètre.

Type 4 Forages AEP urbaine et semi-urbaine. Il s'agit de champs de captage constitué de plusieurs forages d'exploitation à grand diamètre et de forages de reconnaissance équipés comme piézomètre.

Type 5 Forages exploités et dont le moyen d'exhaure est équipé d'un regard de mesure. Il s'agit dans ce cas des ouvrages réalisés en hydraulique villageoise. La pompe à main installée sur le point d'eau doit être équipée d'un regard de mesure. Pour des mesures fiables de niveaux statiques seulement les ouvrages de fort débit sont utilisés. Dans ces cas le retour au niveau statique est très rapide dès la cessation d'exploitation.

Type 6 Puits modernes. En absence de forages utilisables comme piézomètres et pour les mesures des niveaux statiques dans la zone altérée, on utilise des puits. Leur utilisation présente cependant trois inconvénients majeurs:

- ils tarissent parfois, soit à cause d'un abaissement de nappe, soit à cause de comblement;
- ils sont sensibles à l'effet de puisage;
- les données techniques ne sont pas souvent disponibles.

Pour cela les puits qui ont une tranche d'eau suffisante ont été sélectionnés et les mesures de niveau sont effectuées avant puisage (le matin lorsque la remontée nocturne a eu lieu après arrêt de l'exploitation dans la soirée).

Les tableaux ci après nous donnent les caractéristiques de ces différents ouvrages ainsi que leur localisation.

Points d'Eau Retenus pour le Réseau Piézométrique

Type 1 Forages à vocation purement piézométrique

Projet et n°	Village	Province	Profond tot (m)	Débit (m ³ /h)	Rabatt (m)	Géologie
1 <u>CIEH</u>	Ouaga	Kadiogo	20	0,3	-	Granites
2 <u>IWACO</u>	Ouaga	Kadiogo	28,3	-	-	Granites
3 <u>MF.NI</u>	Aribinda	Soum	58,4	1,44	9,2	Amphibol.
4 <u>MF.NII</u>	Gorom-gorom	Oudalan	80,8	1,78	8,1	Gneiss
5 <u>MF.VIII</u>	Katchari	Seno	56,4	11,55	6,4	Tonalite
6 <u>MF.CI</u>	Basséko	Kadiogo	58,3	0,78	15,1	Granite
7 <u>MF.CII</u>	Silmissin	Bazèga	63,9	5,3	11,4	Granite
8 <u>MF.CIII</u>	Barogo	Sanmaten.	51,6	4,7	9,5	Schistes
9 <u>MF.CIV</u>	Tibou	Passoré	80,8	3,74	20,6	Schistes
10 <u>MF.SI</u>	Sidéradougou	Comoé	35,8	1,85	15,6	Granite
11 <u>MF.SII</u>	Niangoloko	Comoé	58,3	1,51	1,9	Granite
12 <u>MF.SIII</u>	Nafona	Comoé	55,2	2,57	25,1	Schistes
13 <u>VN.4</u>	Djibasso	Kossi	30,1	-	-	Grès
14 <u>VN.7</u>	Di	Sourou	33,0	-	-	Conti.Term
15 <u>VN.10</u>	Tougan	Sourou	33,0	-	-	Granites
16 <u>VN.15</u>	Tansila	Kossi	17,0	-	-	Grès
17 <u>VN.16</u>	Solenzo	Kossi	24,0	-	-	Schi.Toum
18 <u>VN.24</u>	Gassan	Sourou	32,5	-	-	Grès
19 <u>VN.25</u>	Nouna	Kossi	17,5	-	-	Grès
20 <u>VN.27</u>	Lery	Sourou	25,0	-	-	Grès
21 <u>VN.30</u>	Dédougou	Mouhoun	30,0	-	-	Grès
22 <u>VN.40</u>	Safané	Mouhoun	25,0	-	-	Schistes
23 <u>VN.50</u>	Toma	Sourou	31,0	-	-	Granites
24 <u>VN.57</u>	Kouka	Kossi	21,6	-	-	Schi.Toum
25 <u>VN.58</u>	Bondokuy	Mouhoun	23,5	-	-	Grès
26 <u>VN.63</u>	Boromo	Mouhoun	21,7	-	-	Grès
27 <u>SPND 3</u>	N'Dorola	KénéDougou	33	-	-	Schi.Toum

Type 2 Forages fermés

Projet et n°	Village	Province	Profond lot (m)	Debit (m ³ /h)	Rabatt (m)	Géologie
1 BID 140-B10	Kokologo	Bulkiem.	42,7	18	-	Granites
2 BID 140-B12	Koudougou	Bulkiem.	72,5	1,1	-	Granites
3 BID 140-B13	Kougmassa	Bulkiem.	6,7	1,2	-	Granites
4 BID 140-B15	Nassoulou	Bulkiem.	35,0	4,8	-	Granites
5 BID 140-G12	Goré	Gnagna	53,9	0,78	-	Granites
6 BID 140-G16	Léoura	Gnagna	57,6	2	-	Granites
7 CEAO I-44	Yaktinga	Oubrit.	70,0	1,0	-	Granites
8 CEAO I-636	Tama	Bazèga	54,0	0,6	-	Granites
9 HER	Kogole	Tapoa	28	1,2	-	Grès
10 AVV FKN-15	Kaibo-N, V1	Zoundw.	34	2,8	-	Schistes
11 AVV FMK-25	Mankarga V4	Ganzour.	52	10,8	-	Schistes
12 <u>AVV FMK-8</u>	Mankarga V1	Ganzour.	51,5	1	-	Schistes
13 AVV FMB-6	Bombore V2	Ganzour.	40	3	-	Schistes
14 AVV FR-13	Rapadama V2	Ganzour.	42	1,4	-	Schistes

Type 3 Forages Négatifs

Projet et n°	Village	Prov ince	Profond tot (m)	Debit (m ³ /h)	Long. tubage (m)	Géologie
1 GTZ 600-1618	Safi	Bam	85,7	-	43	Schistes
2 GTZ 600-1632	Lourgou	Bam	102,9	-	88	Roch. Vertes
3 GTZ 600-1706	Kogho	Ganz.	79,5	-	20	Granites
4 GTZ 600-1713	Kikilma	Oubr.	82,0	0,7	21	Granites
5 <u>KFW-1</u> (*)	Fada	Gourma	62	0,45	62 ?	-
6 KFW-189(*)	Mantiaga	Gnagna	56	0,49	56 ?	-
7 KFW-219(*)	Kankalsi	Gnagna	58	0,4	58 ?	-
8 KFW-224(*)	Kottia	Gnagna	55	0,4	55 ?	-
9 KFW-231(*)	Komoassi	Gnagna	50	0,49	50 ?	-
10 KFW-240(*)	Ouadangou	Gnagna	58	0,6	58 ?	-
11 KFW-247(*)	Kierguin	Gnagna	37	0,3	37 ?	-
12 <u>VN-130</u>	Konakoira	Kossi	73	-	73	Schi. Toun
13 <u>VN-211</u>	Boron	Kossi	79	-	79	Schi. Toun
14 <u>VN-206</u>	Bisso	Kossi	73	-	73	Grès
15 <u>VN-129</u>	Aourema	Kossi	85	0,7	85	Schi. Toun
16 <u>VN-201</u>	Bomborokuy	Kossi	78,5	-	62,7	Schi. Toun
17 <u>VN-198</u>	Kinsere	Kossi	88,5	-	42,5	Grès dolom.
18 <u>VN-215</u>	Kouna	Kossi	79	-	42,5	Dolérites
19 <u>VN-218</u>	Sissile	Sourou	73	-	49	Granites
20 <u>VN-135</u>	Kalfadougou	Kossi	97	-	?	Schi. Toun
21 GTZ 160	Didri	Bazega				
22 FED 27-F7	Tarfila	Comoé	52,7	0,35	21,7	Grès
23 <u>AYV-SME 6</u>	Manga-est, V3	Zound.	39,6	0,2	39,6 ?	Granites <i>boch</i>
24 <u>AYV-SSE 3</u>	Soudré-est	Zound.	53	-	53 ?	Schistes

(*) Données détaillées à rechercher encore

Type 4 Forages AEP urbaine et semi-urbaine

Localité	For.n°	Utilisation du forage	Profond tot (m)	Débit (m3/h)	Géologie	Influen. Exploit.
1 <u>Djibo</u>	SD2	AEP-Secours	37	6	Schistes	-
2 <u>Djibo</u>	SD3	piézo	25	3	Schistes	-
3 <u>Boussé</u>	SB4	piézo	50,4	1,5	Granites	-
4 <u>Boussé</u>	SB7	piézo	42,7	7	Schistes	-
5 <u>Gourcy</u>	SG3	aucune	79,0	3	Schistes	x
6 <u>Gourcy</u>	SG6	AEP	79,0	4	Schistes	x
7 <u>Kongoussi</u>	F100	AEP	46,7	8	Granites	x
8 <u>Kongoussi</u>	FK1	aucune	75,4	2	Roch.Vert.	x
9 <u>Léb</u>	FL1	aucune	68,5	6	Granites	x
10 <u>Léb</u>	FL2	aucune	55,6	1,5	Granites	-
11 <u>Manga</u>	SM4	piézo	55	2,5	Granites	-
12 <u>Manga</u>	SM7	aucune	31	1,8	Granites	x
13 <u>Manga</u>	FM9	aucune	60	-	Granites	x
14 <u>Manga</u>	FM10	aucune	60	1,0	Granites	x
15 <u>Orodara</u>	FO3	AEP	80,4	21	Grès	x
16 <u>Yako</u>	FY1	AEP	83,5	6	Migmatites	x
17 <u>Yako</u>	FY2	AEP	87,7	7	Migmatites	x
18 <u>Yako</u>	FY106	abandonné	?	1	-	x
19 <u>Zabré</u>	SZ1	AEP	59,8	4	Migmatites	x
20 <u>Zabré</u>	SZ2	piézo	60,5	2	Migmatites	x
21 <u>Zabré</u>	FZ7	aucune	19,5	3,5	-	x
22 <u>Zabré</u>	FZ8	aucune	69,1	4	Migmatites	x
23 <u>Zabré</u>	FZ10	négatif	75,4	-	Migmatites	x
24 <u>Zagtouli</u>	Zg9	piézo	92	0,2	Granites	-
25 <u>Zagtouli</u>	Zg12	Piézo	73	0,8	Pegmatites	-
26 <u>Ziga</u>	Z46	piézo	91	9,4	Amphibolites	-

Type 4 Forages AEP urbaine et semi-urbaine
(suite)

	For.n°	Utilis. du for.	Profond tot (m)	Débit (m3/h)	Géologie	Influen. Exploit.
	NK 27	AEP	55,2	15,6	Amphibol.	x
	NK 28	piézo	23,6	-	Altération	x
	GND 30	AEP	57,0	46,8	Pegmatites	x
	GND 31	piézo	43,0	-	Amphibol	x
	GND 32	piézo	48,0	-	Migmatites	x
	GND 36	piézo	59,0	0,7	Pegmatites	x
	NK 37	AEP	73,5	15,6	Migmatites	x
	GND 38	AEP	67,0	46,8	Migmatites	x
	GND 39	piézo	49,0	1,3	Migmatites	x
	NK 08	piézo	55,0	23,4	Pegmatites	x
	NK 19	AEP	61,0	15,6	Pegmatites	x
	NK 20	piézo	63,3	1,9	Granites	x
	NK 21	AEP	70,0	15,6	Granites	x
	NK 22	piézo	20,0	1,8	Pegmatites	x
	NK 23	piézo	24,0	11,7	Pegmatites	x
	NK 24	piézo	49,0	4,0	Pegmatites	x
	NK 25	piézo	61,0	15,6	Pegmatites	x
	NK 26	piézo	29,7	-	Pegmatites	x
	NK 29	AEP	61,2	18,7	Pegmatites	x
	NK 41	AEP	67,0	93,6	Amphibolite	x
	NK 42	piézo	43,0	11,7	Amphibolite	x
	NK 33	AEP	55,0	11,7	Migmatites	x
	NK 34	piézo	43,0	0,3	Migmatites	x
	NK 35	piézo	33,0	-	Altération	(x)
	LI 1	piézo	67,5	15,4	Granites	(x)
	LI 2	piézo	61,0	5,8	Pegmatites	(x)
	LE 3	piézo	61,2	3,3	Granites	(x)

Type 4 Forages AEP urbaine et semi-urbaine
(suite)

Localité	For. n°	Utilis. du for.	Profond tot (m)	Débit (m ³ /h)	Géologie	Influen. Exploit.
4 Loumbila	LB 16	piézo	60,0	2,2	Granites	(x)
5 Loumbila	LB 17	AEP	73,5	15,6	Granites	(x)
6 Loumbila	LB 18	piézo	22,0	-	Altération	(x)
57 Saponé	SAP 2	aucune	51,0	3,3	Gneiss	-
58 Barsalogho	BAR 4	aucune	41,6	3,9	Gneiss	-
59 Pissila	PIS 1	aucune	58,4	1,6	Amphibolite	-
60 Tenkodogo	SE 6	aucune	35,03	3,5	Granites	-
61 Pô	SE 6	aucune	71	2	?	-
62 Bobo-Diou.	ONEA	abandonné	167	-	Grès	-
63 Banfora	ONEA 2	AEP-secours	122,5	20	Grès	-
64 Leo	SE 28	abandonné	37	3	-	-

x Exploitation du champ de captage prévue : niveau d'eau dans le forage sera influencé par l'exploitation.

(x) Mise en opération du champ de captage n'est pas prévue dans l'avenir proche.

- Niveau d'eau pas influencé par l'exploitation de la nappe.

Type 5 Forages à débit important et exploités par une pompe à main

Village	Prov	For.n°	Profond tot (m)	Débit (m3/h)	Rabatt (m)	Géolo.	Type pompe
Nioko II	Kadi.	CEAO-407	39,5	12	3,66	Grani.	ABI *
Nioko II	Kadi.	CEAO-408	42	7,2	5,46	Grani.	ABI *
Goupana	Oubr.	CE-838-2	42,9	11,5	3,6	Grani.	ABI *
Nabadogo	Bulk.	CE-426-1	56,9	11	35,3	Grani.	ABI *
Sapouy	Siss.	CE-537-2	69,8	10	32,1	Grani.	ABI *
Titabé	Séno	BID140-SE15	48,6	12	2,4	Migma.	ABI
Yagaha	Séno	SahII-97	49	14,9	17,5	Schis.	Vergnet
Markoye	Ouda.	BID140-016	51,0	12,0	10,7	Grani.	ABI
Tin Edia	Ouda.	SahI-147	49,5	9	5,7	Grani.	Vergnet
Filip	Soum	SahII-10	49,1	6	4,5	Grani.	Vergnet
Peteguerse	Séno	BID140-SE13	43,7	10	10,4	Grani.	ABI
Nagtbali	Oubr.	CE-773	53,9	11,3	6,1	Pegma.	ABI
Guilgongou	Oubr.	CE-746-2	62,8	10	39,8	Grani.	ABI
Ouanzananga	Oubr.	CE-777	89,9	10,	40,7	Grani.	ABI
Mané	Sanm.	GTZ600-94	41,7	6,1	3,37	R.V.	Kardia
Pampa	Sanm.	GTZ600-103	61,8	6,1	4,49	R.V.	Kardia
Samba	Pass.	CE-142-2	79,5	11,5	13,7	Grani.	ABI
Godyr	Sang.	CE-202-2	67,3	11	26,9	Grani.	ABI
Pepin	Pass.	GTZ600-27	55,5	6,8	4,64	Grani.	Kardia
Fara	Siss.	CE-515-1	39,1	15	24,1	Grani.	ABI
Kombogoro	Siss.	CE-510-2	53,9	12	8,9	Grani.	ABI
Loussa	Bazè.	BID340-202	55	11	5,9	Grani.	ABI
Saonghin	Zoun.	BID340-127	40	11,4	6,36	Grani.	ABI
Taya	Zoun.	GTZ600-490	41,8	2,7	0,54	Grani.	Kardia
Boudry	Ganz.	BID340-242	60	9	8,67	Grani.	ABI

Type 5 Forages à débit important et exploités par une pompe à main
(Suite)

Village	Prov ince	For.n°	Profond tot (m)	Débit (m ³ /h)	Rabat (m)	Géolo.	Type pompe
6 Ouazi	Boul.	FAO-21	37	7,5	3,11	Amphi.	?
7 Lalgaye	Boul.	FAO	43,65	9	8,87	?	?
8 Zeguedega	Kour.	FAO-8	46,4	8,6	4,16	Pegma.	?
9 Boale	Kour.	FAO-6	42,4	6,6	3,15	Schis.	?
0 Kankalaba	Comoé	FED-126F1	33,0	22,0	11,3	Grès	Vergnet
1 Dakono	Comoé	FED-157F3	56,5	10,8	24,5	Grani.	Vergnet
2 Dionoua	Comoé	FED-8F7	38,0	19,0	12,7	Grani.	Vergnet
3 Sokoura	Comoé	FED 212F2	42,4	15,0	6,0	Grani.	Vergnet
4 Zangazouli	Comoé	FED-99F1	38,7	25,0	14,0	Pegma.	Vergnet
5 Sambin 2	Bazè.	CEAO-264	47,0	10	29,6	?	ABI
6 Wessa	Siss.	CE-525-1	72,0	12	5	Schis.	ABI
7 Konioudou	Bazè.	BID340-190	37,0	10	3,3	Pegma.	ABI
8 Bellerbie	Naho.	BID340-9	37,2	14,7	3,3	Amphi.	ABI

* Pompes déjà équipées d'un regard de mesure

Type 6 Puits

<u>Localité</u>	<u>N° Puits</u>
1 <u>Boussé</u>	FB 109
2 <u>Gourcy</u>	PG 111
3 <u>Kongoussi</u>	PK 107
4 <u>Kongoussi</u>	PK 118
5 <u>Manga</u>	PM 100
6 <u>Manga</u>	PM 109
7 <u>Zabré</u>	PZ 107
8 <u>Yako</u>	PY 110
9 <u>Toma</u>	PT 121
10 <u>Toma</u>	PT 135
11 <u>Réo</u>	PR 119
12 <u>Réo</u>	PR 107
13 <u>Orodara</u>	PO 101
14 <u>Orodara</u>	PO 102
15 <u>Orodara</u>	PO 103
16 <u>Orodara</u>	PO 00

3.1. CHOIX DU MAILLAGE DU RESEAU PIEZOMETRIQUE NATIONAL

Le choix du maillage correspond à l'objectif visé dans l'établissement du réseau piézométrique. Ainsi, au moment de la conception du réseau piézométrique, deux facteurs devraient influencer le choix de ce maillage. Il s'agit de:

- la forme générale de la surface piézométrique: sens de l'écoulement, gradient, particularités locales (axes de drainage ou alimentation).
- l'intensité d'utilisation de la nappe (densité des points d'exploitation).

Mais à l'absence de carte piézométrique de la région du socle du Burkina, seul le deuxième facteur a guidé le choix du maillage. Ainsi le réseau piézométrique est plus dense dans la région du plateau mossi où les nappes sont les plus sollicitées.

3.2. MOYEN DE MESURE ET MODALITES DE SURVEILLANCE

Le niveau statique des nappes est mesuré à partir de deux types d'instruments:

- la sonde à cloche, un instrument simple et peu coûteux
- la sonde électrique, un instrument plus sophistiqué pour des mesures précises, mais aussi plus sensible à des petites pannes.

La sonde électrique est utilisée par les équipes qui font des tournées tandis que les observateurs qui sont sur place et suivent 1 ou 2 piézomètres, utilisent la sonde à cloche. La fréquence des mesures est de deux fois par semaine.

Pour la gestion du réseau piézométrique national, une structure d'observation décentralisée est régite de la façon suivante:

- les bureaux et projet régionaux de l'ONPF qui assurent les relevés piézométriques aux environs de leur base ou dans toute leur zone d'intervention.

- Les agents de l'ONEA dans les cas des centres secondaires avec un système d'AEP;
- les observateurs des stations météorologiques dans les cas où un piézomètre se trouve à proximité de la station concernée;
- d'autres observateurs pour les piézomètres éloignés et isolés.

Le Projet Bilan d'Eau effectue des tournées régulières pour collecter les mesures et exécuter des réparations éventuelles (tête de forage, moyen de mesure,....).

C'est à l'intérieur de ce réseau piézométrique que nous avons effectué nos travaux en nous intéressant sur les points de mesure de type 1, type 4, et type 6 qui ont les plus longues séries de mesures.

4.

TRAVAUX REALISES ET RESULTATS

Comme indiqué précédemment, nos travaux ont porté sur les ouvrages de type 1, type 4 et type 6.

La méthode employée a consisté à faire l'étude piézométrique par zone à travers les différents ouvrages de mesures qui s'y trouvent et en fonction de leurs caractéristiques particulières.

La répartition de ces ouvrages de mesure piézométrique par zone s'est fondée sur des critères de proximité et de condition climatique tout en facilitant leur délimitation sur la carte du Burkina Faso. Cela nous a amené à distinguer dix zones d'études (fig. 3).

Ces dix zones se répartissent de la façon suivante:

- zone de Banfora
- zone d'Orodara
- zone de Léo-Zabré
- zone de Manga
- zone de Kongoussi
- zone de Ouahigouya
- zone de Yako-Réo
- zone de la boucle du Mouhoun
- zone du Sahel
- zone de Ouagadougou

Avant d'aborder l'étude de ces différentes zones, nous allons donner la définition des termes que nous utiliserons très souvent.

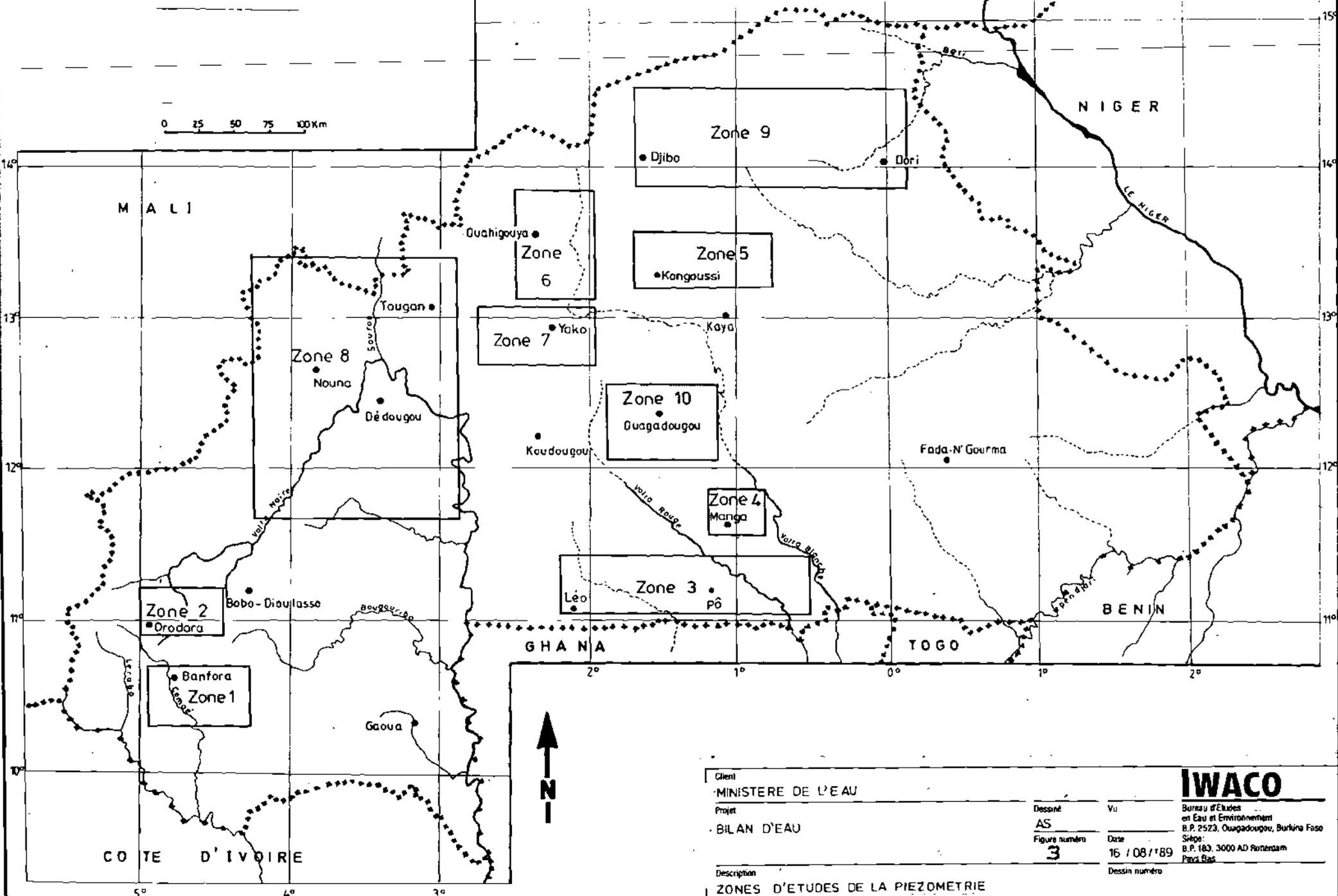
Profondeur du niveau statique: c'est la profondeur du niveau piézométrique dans l'ouvrage de mesure à partir du niveau de la margelle ou du sol. Les valeurs mesurées ne sont pas corrigées par rapport au niveau de la mer ou par rapport à une borne topographique régionale. Sur les graphiques nous indiquons la profondeur par une valeur négative pour signifier que notre repère est dirigé au dessus de la margelle prise comme niveau 0. Dans les tableaux nous donnons la profondeur du niveau statique en valeur absolue.

Niveau de base - Variation saisonnière

Niveau de base: plus bas niveau de la nappe au cours d'une saison

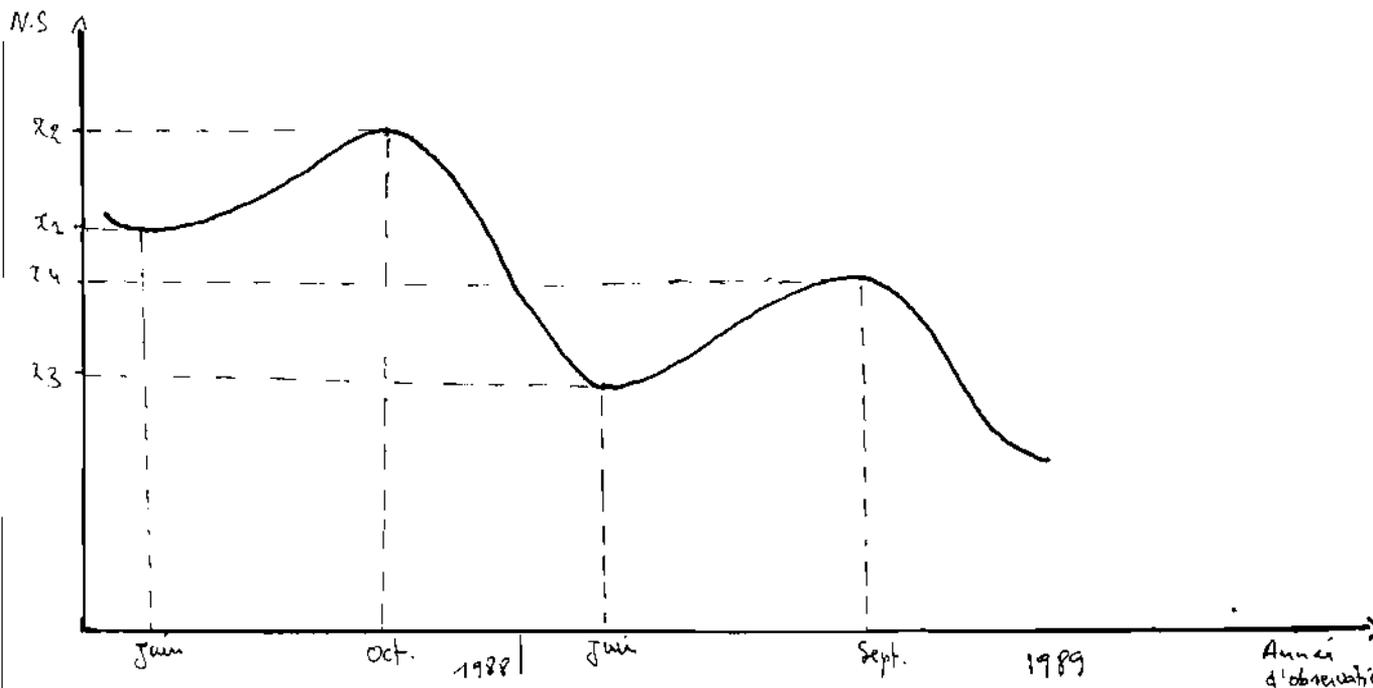
Niveau maximal: la remontée maximal de la nappe au cours d'une saison

Variation saisonnière: hauteur d'eau renouvelable au cours d'une saison.



Client MINISTRE DE L'EAU		IWACO Bureau d'Etudes en Eau et Environnement B.P. 2523, Ouagadougou, Burkina Faso	
Projet BILAN D'EAU			
Description ZONES D'ETUDES DE LA PIEZOMETRIE		Dessiné AS	Vu
		Figure numéro 3	Date 16 / 08 / 1989
			Siege: B.P. 183, 3000 AD Rotterdam Pays Bas
			Dessin numéro

Exemple:



$|x1|$ = niveau de base de la nappe en 1988

$|x2|$ = niveau maximal de remontée de la nappe en 1988

$|x3|$ = niveau de base de la nappe en 1989

$|x4|$ = niveau de remontée de la nappe en 1989.

Variation saisonnière de 1988 = $|x1| - |x2| = VS = h$

Rabatement de 1988 à 1989 = $|x2| - |x3|$

4.1. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE DE BANFORA

Au niveau de cette zone, nos analyses ont porté sur les piézomètres de Banfora ville, Sidéradougou et Niangoloko.

Nous avons deux piézomètres à Banfora ville situés dans les formations sédimentaires, deux piézomètres à Sidéradougou et trois piézomètres à Niangoloko situés dans les formations du socle cristallin.

Ces différents piézomètres ont les caractéristiques ci-dessous:

Tableau 1: Caractéristiques des forages de la zone de Banfora

Localité	N° forage	Prof.	Code géolog.	Code géomorph.	NS (*)
Banfora ville	1	71	Grès	-	11,78
	2	122	Grès	-	12,27
Niangoloko	1	58	Granite	IF	13,10
	2	30	Arène grenue	IF	13,81
	3	54	Granite	IF	14,47
Sidéradouougou	1	36	Gabbro	BF	5,01
	2	40	Gabbro	BF	5,02

IF = interfluve
BF = basfond

Les mesures s'étalent de Mai 1986 à octobre 1988 avec beaucoup de discontinuité au niveau des mesures. Les tableaux 1,2,3 et 4 nous donnent l'évolution piézométrique des différents forages.

Tableau n° 2: Donnée piézométrique des forages de Banfora ville.

	1988				1989					
	Profondeurs NS				Profondeur NS					
Banfora ville	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fevr.	Mars	Avril	Mai	Juin
Forage 1	11,30	10,40	10,20	10,15	10,40	10,60	11,10	11,30	11,40	12
Forage 2	14,40	13,50	13,20	12,93	13,20	13,20	13,50	13,40	13,50	14,10

Tableau n° 3: Données piézométriques des forages de Niangoloko

Niangolok	1986			1987			1988		
	Prof. NS		DH	Prof. NS		DH	Prof. NS		DH
	juin	oct.		juin	oct.		juin	oct.	
Forage 1		11,71		12,06		14,25	8,62	5,63	
Forage 2	15,48	12,36	+3,12	14,50					
Forage 3	15,40	12,32	+3,08	14,48					

Tableau n° 4: Données piézométriques des forages de Sidéradougou

Sidéradou	1986			1987			1988		
	Prof. NS		DH	Prof. NS		DH	Prof. NS		DH
	mai	sept.		mai	sept.		mai	sept.	
Forage 1	5,86	2,24	+ 3,62	5,61	12,06	+ 2,99	15,1		
Forage 2	6,28	2,64	+3,64						

De ces différents tableaux on constate que la période de remontée commence généralement au mois de mai ou juin (au niveau des forages de sidéradougou et niangoloko) pour atteindre leur pointe entre septembre et octobre.

Au niveau des forages 1 et 2 de Banfora ville, situés dans les formations sédimentaires, la période d'observation est courte mais néanmoins nous constatons que la remontée de la nappe est rapide entre septembre et octobre, puis devient lente et atteindre son maximum au mois de décembre.

La variation saisonnière est en moyenne de 3 m au niveau des forages de Sidéradougou et Niangoloko.

Nous notons une tendance à la remontée de la nappe dans les piezomètres de Sidéradougou et Niangoloko. Cela est dû à la pluviométrie relativement bonne durant ces trois dernières années.

4.2. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUE DE LA ZONE D'ORODARA

Nos analyses ont porté sur quatre puits situés dans la ville d'Orodara. Cette zone est caractérisée par une bonne pluviométrie. Ces puits ont les caractéristiques suivantes:

Tableau 5: Caractéristique des puits d'Orodara

Orodara	Prof.	NS	Code géomorphologique
Puit 1	18	- 1,00	mi-pente
Puit 2	9	- 1,00	bas-fond
Puit 3	26	- 1,00	mi-pente
Puit 4	8	- 1,00	bas-fond

Les variations saisonnières et niveau de base sont mentionnées au niveau des tableaux 6 et 7.

Tableau 6: Variation saisonnière des puits d'Orodara

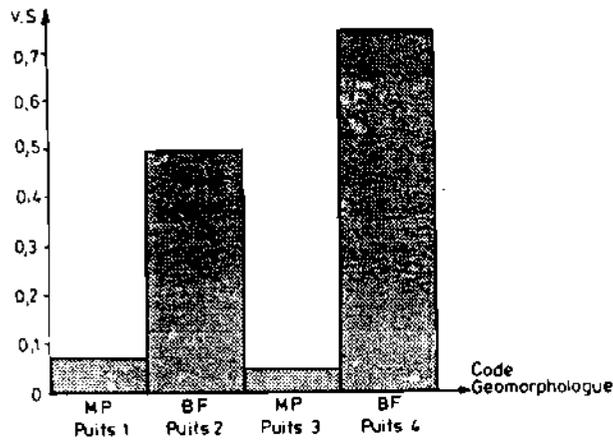
Orodara	Variation saisonnière						
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Puit 1		+0,07		+1,85	+1,30	+0,50	+0,54
Puit 2	+2,30	+0,54		+1,75	+3,15		+1,81
Puit 3	+1,85	+0,05		+0,40	+1,7		+0,31
Puit 4	+1,90	+0,75		+2,00	+3,50		+0,7
Pluviométrie annuelle	1190	844	799	1281	1241	736	

Tableau 7: Niveau de base des puits d'Orodara

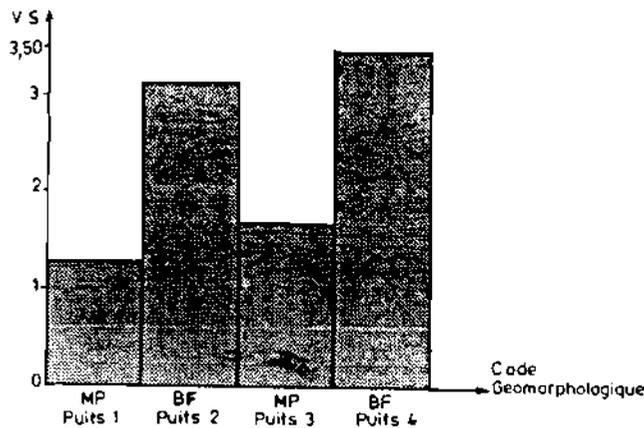
Orodara	Niveau de base						
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Puit 1		17,35		19,17	18,45	18,50	18,50
Puit 2	7,25	7,92		9,15	9,35	8,80	8,90
Puit 3	24,00	24,25		25,50	25,90	25,30	25,50
Puit 4	5,85	6,43		7,30	7,30	8,20	6,90

Le tableau 6 nous montre que l'amplitude des variations saisonnières est fonction de la pluviométrie annuelle.

Nous avons porté sur des courbes l'amplitude des variations saisonnières (VS) de l'année 1983 et de celle de 1986 en fonction des caractéristiques géomorphologiques des différents puits. Ces courbes sont représentées au niveau des fig. 4 et fig. 5.



Variation saisonnière (V.S.) de 1983 (Fig.4)

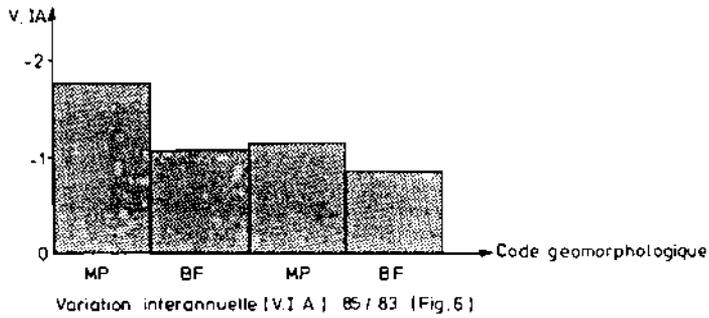


Variation saisonnière (V.S.) de 1986 (Fig.5)

Ainsi les puits des bas-fonds présentent une amplitude de variation saisonnière beaucoup plus importante que ceux situés à mi-pente. Cela est dû au fait qu'on a un système de recharge et de décharge plus important au niveau des bas-fonds.

La recharge étant plus importante au niveau des puits situés dans le bas-fond fait qu'à ce niveau nous avons une variation interannuelle du niveau de base plus faible.

La courbe de la fig. 6 nous montre l'influence de la géomorphologie sur l'amplitude de la variation interannuelle de 1983 à 1985.



Variation interannuelle (V.I.A) de 1983 à 1985 - Fig. 6

4.3. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA VILLE DE LEO - ZABRE

4.3.1. Piezométrie de Léo

Nos analyses ont porté sur les forages n° 8 et n° 5 qui ont les caractéristiques suivantes:

Tableau 8:

Léo	Prof.	NS	Géologie
Forage n° 5	49	1,50	
Forage n° 8	30	16,00	Granite

Les mesures sont mentionnées dans le tableau 9

La période de remontée commence au mois de Mai ou Juin pour atteindre son maximum au mois de Septembre ou Octobre.

Les variations saisonnières ainsi que les tendances interannuelles sont au niveau du tableau 10.

Tableau 9: Données des forages de Léo.

Léo	1983		1994			1985			1986		1987		1988				
	Prof.	NS	DH	Prof.	NS	DH	Prof.	NS	DH	Prof.	NS	DH	Prof.	NS	DH		
Forage n° 5				Jun			Jun	Sept.		Sept.				Jun	Oct.		
				18,60			17,50	17	+0,50		17,30				18,31	17,43	+ 0,88
Forage n° 8		Oct.		Mai	Oct.		Mai	Déc.		Jun	Nov.		Jun	Oct.		Mai	Oct.
		2,65		5,70	4,06	+1,64	6,86	3,28	+3,58	6,69	2,33	+4,36	6,22	3,38	+2,84	9,97	3,72

Tableau 10: Variation saisonnière et niveau de base

Léo	Variation saisonnière					
	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Forage n° 5			+0,50			+0,88
Forage n° 8		+ 1,64	+3,58	+4,36	+ 2,84	+6,25
Pluviométrie annuelle		606	888	1248	664	713

Léo	Niveau de base					
	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Forage n° 5		18,60	17,50			18,31
Forage n° 8		5,70	6,86	6,69	6,22	9,87

L'amplitude de la variation saisonnière qui est fonction de la pluviométrie est moins importante au niveau du forage n°5

Cela est dû au fait que le niveau statique est moins profond dans le forage n°8 que dans le forage n°5. La variation interannuelle du niveau de base est moins importante dans le forage n°5 que dans le forage n°8. Ainsi de 1984 à 1988 on a enregistré une légère remontée du niveau d'eau dans le forage n°5 tandis que le forage n°8 subissait une chute de 1m durant cette période, sans doute à cause de l'influence de l'exploitation.

4.3.2. Piézomètre de Zabré

L'analyse de la piézométrie de Zabré s'est effectué à partir des mesures faites sur un puits et deux forages. Ces différents ouvrages ont les caractéristiques ci-dessous.

Tableau 11:

Zabré	Prof.	NS	Géologie
Puits 17	12	5,30	
Forage 8	61	1,83	Migmatite
Forage 9	60	1,31	Migmatite

Les tableaux 12 et 13 nous donnent les variations saisonnières, aussi que les variations interannuelle du niveau de base des différents ouvrages de mesure piézométrique.

Tableau 12: Variation saisonnière du puits et forages de Zabré

Zabré	Variation saisonnière						
	1982	1993	1984	1985	1986	1987	1988
	vs	vs	vs	vs	vs	vs	vs
Puits 17	+ 1,30	+ 4,10	+ 2,30	+ 5,90	+ 3,2	+ 3,88	+ 5,78
Forage n°8	+ 0,93	+ 2,00	+ 1,60	+ 1,90	+ 1,60		
Forage n° 9	+ 0,90	+ 1,85	+ 1,50	+ 1,90			+ 1,98

vs: Variation saisonnière

Tableau 13: Niveau de base du puits et forages de Zabré

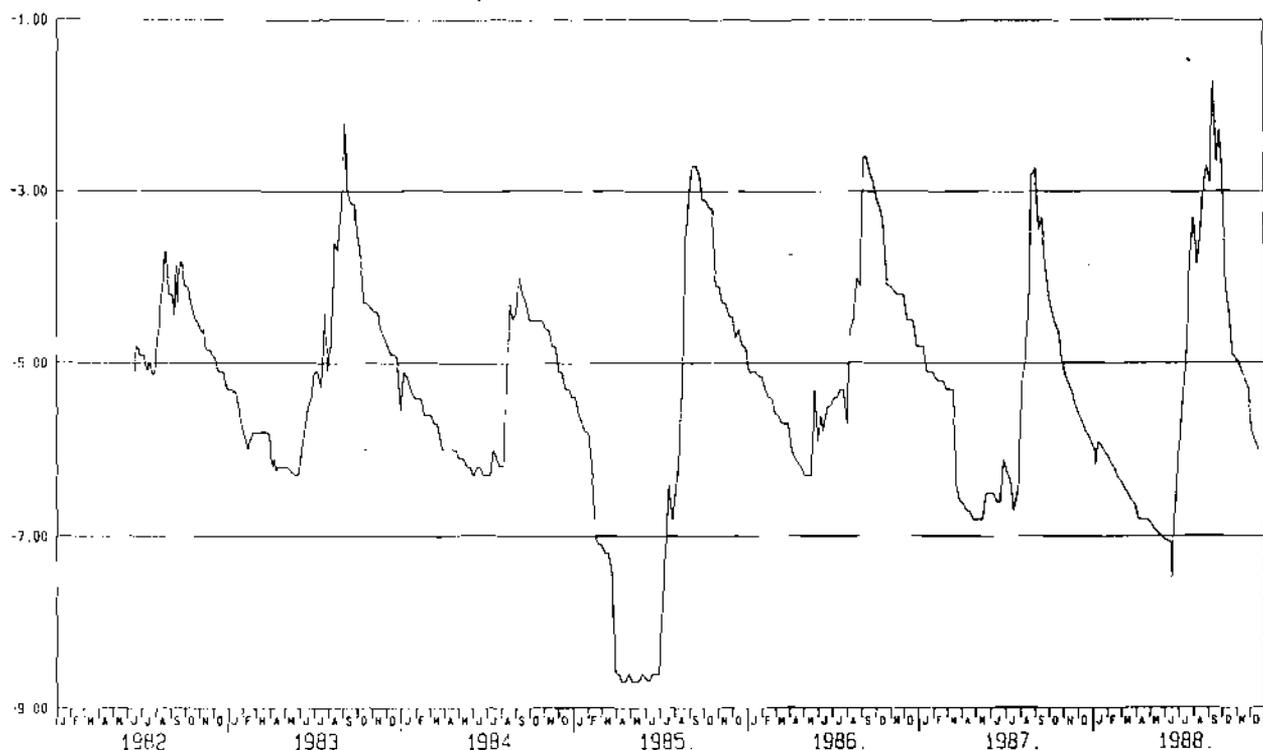
Zabré	Niveau de base						
	1982	1993	1984	1985	1986	1987	1988
Puits 17	5,10	6,30	6,30	8,60	5,80	6,60	7,49
Forages n°8	1,89	2,60	2,80	2,80	2,30		
Forage n° 9	1,90	2,40	2,60	2,60			2,46

Nous constatons que la période de remontée se situe pendant le mois de Juin au niveau du puits tandis que dans les forages, elle commence au mois de Juillet.

L'amplitude des variations saisonnières est beaucoup plus importante au niveau du puits que des forages. Cela est dû au fait que les puits captent la nappe superficielle, qui subit une reprise évapotranspiratoire sévère pendant la saison sèche et une recharge importante en saison pluvieuse.

De 1982 à 1988 le puits a subi une baisse de niveau de base de 2,39 m tandis que au niveau du forage n°9 on enregistrait une chute de 0,76 m. Les courbes des figures 7, 8 et 9 nous montrent l'évolution piézométrique au niveau du puits et du forage n°9 en comparaison avec la pluviométrie.

Fig. 7



Point d'eau : TK/14/24 - 17

Puits n° 17 : ZABRE

Projet de
BURKINA FASO - Min. de l'eau
D.E.P. - IMACO (Fin. Pays Bas)
Description
Niveau statique
Période : 01/01/1982 - 30/12/1988

BILAN D'EAU

Ouagadougou
Date
29/08/1989

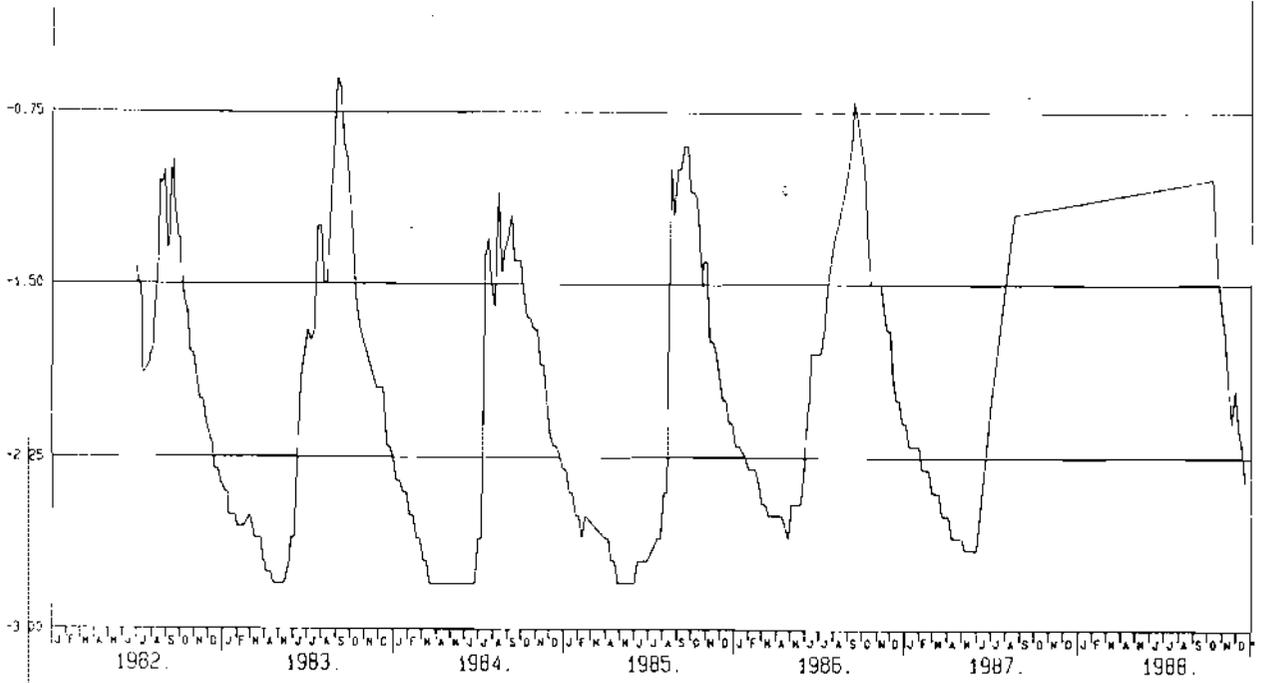


Fig 8. Foragez ZABKE

Point d'eau : TK/14/24 - B

Project de:
BURKINA FASO - Min. de l'eau
D.E.P. - IMACO (Fin. Pays Bas)
Description
Niveau statique

BILAN D'EAU

Ouagadougou

Date

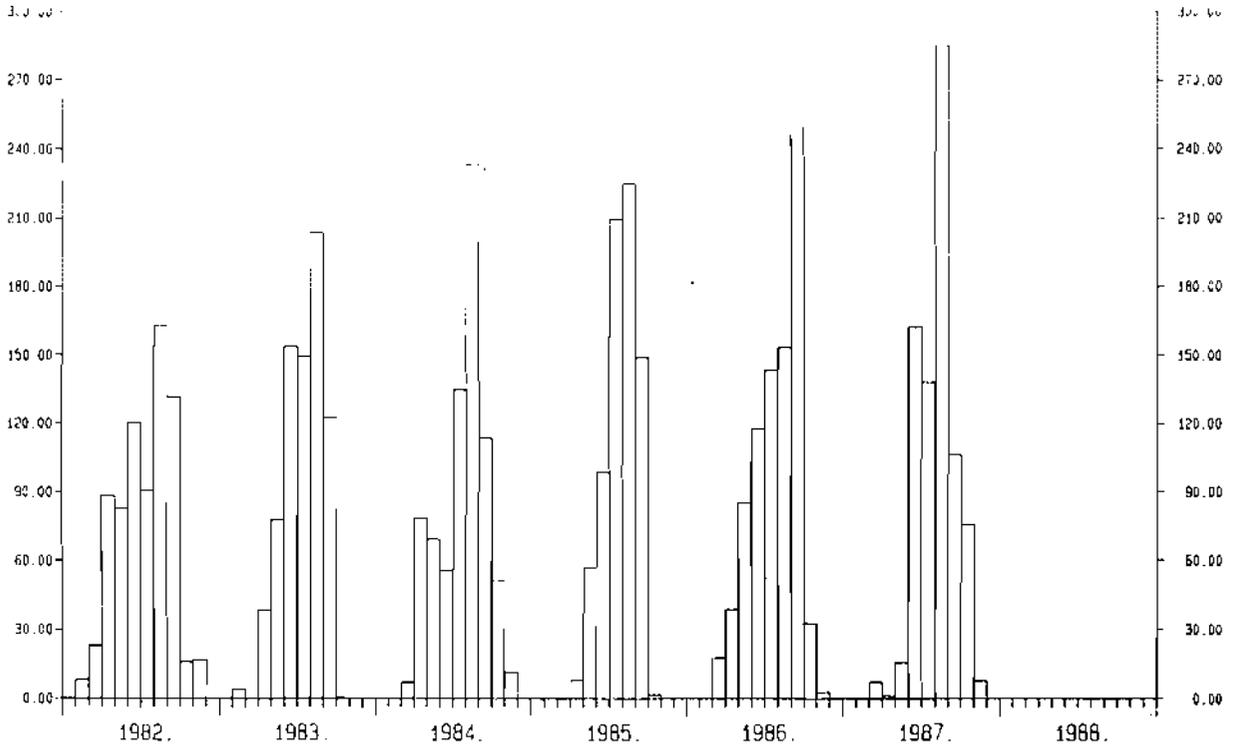


Fig 9

Project de:
BURKINA FASO - Min. de l'eau
D.E.P. - IMACO (Fin. Pays Bas)

BILAN D'EA

Description
Observations pluviométriques de station :

Banque de données BEM/

Zabr (J900355)

Date
25/08/1989

4.4. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA VILLE DE MANGA

4.4.1. Piézométrie de Manga ville

Au niveau de la ville de Manga située dans le Sud du Burkina, nous avons deux puits et trois forages qui ont les caractéristiques dans le tableau 13.

Tableau 13: Caractéristiques des puits et forages de Manga

Manga	Prof	NS *	Géologie
Puits 17	9		
Puits 18	7		
Forage 6	49	3,60	Granite
Forage 8	55	2,50	Granite
Forage 11	31	1	Granite

* NS fin foration

Les tableaux 14, 15, 16 nous donnent les variations saisonnières et le niveau de base des différents ouvrages de mesure piézométrique de Manga.

Tableau 14 : Variation saisonnière des puits et forages de Manga.

Manga	variation saisonnière							
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Puits 17	+ 1,9	+ 1,35	+ 2,09	+ 2,83	+ 2,30			
Puits 18		+ 2,25	+ 2,20	+ 1,84	+ 3,38	+ 4,63	+ 3,00	+ 4,40
Forage 6		+ 2,07	+ 1,43	+ 0,92				
Forage 8			+ 2,50	+ 1,25	+ 2,60	+ 3,27	+ 3,15	+ 4,32
Forage 11				+ 1,9	+ 1,50	+ 2,66		+ 3,35

Tableau 15 : Niveau de base des puits et forages de Manga.

Manga	variation secondaire							
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Puits 17	7,43	7,25	8,50	9,80	9,50			
Puits 18		6,35	6,60	6,67	6,48	6,90	6,50	6,54
Forage 6		3,17	3,10	3,42				
Forage 8			7,30	7,67	8,00	7,30	7,65	8,12
Forage 11				3,80	3,20	3,83		4,25

La période de remontée commence vers Mai-Juin au niveau des puits et Juin-Juillet au niveau des forages. On constate une tendance à la baisse dans les différents ouvrages.

Les figures 10 et 11 nous permettent de faire la comparaison entre la pluviométrie annuelle et la variation saisonnière et interannuelle du niveau de base dans le puits 18 et le forage 8.

Fig. 10: Description COMPARAISON DE L'AMPLITUDE DE LA VARIATION SAISONNIERE ET LA PLUVIOMETRIE

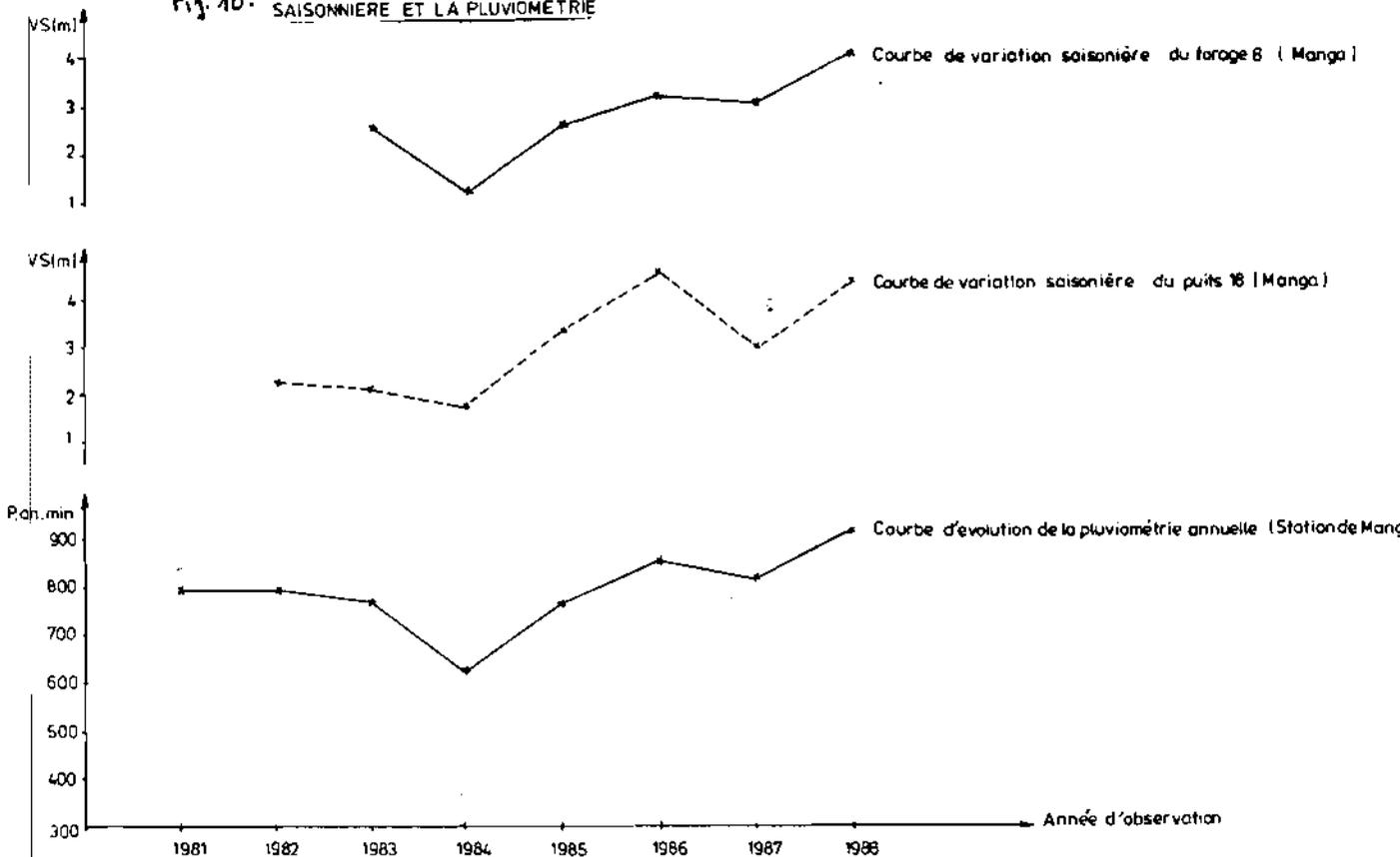
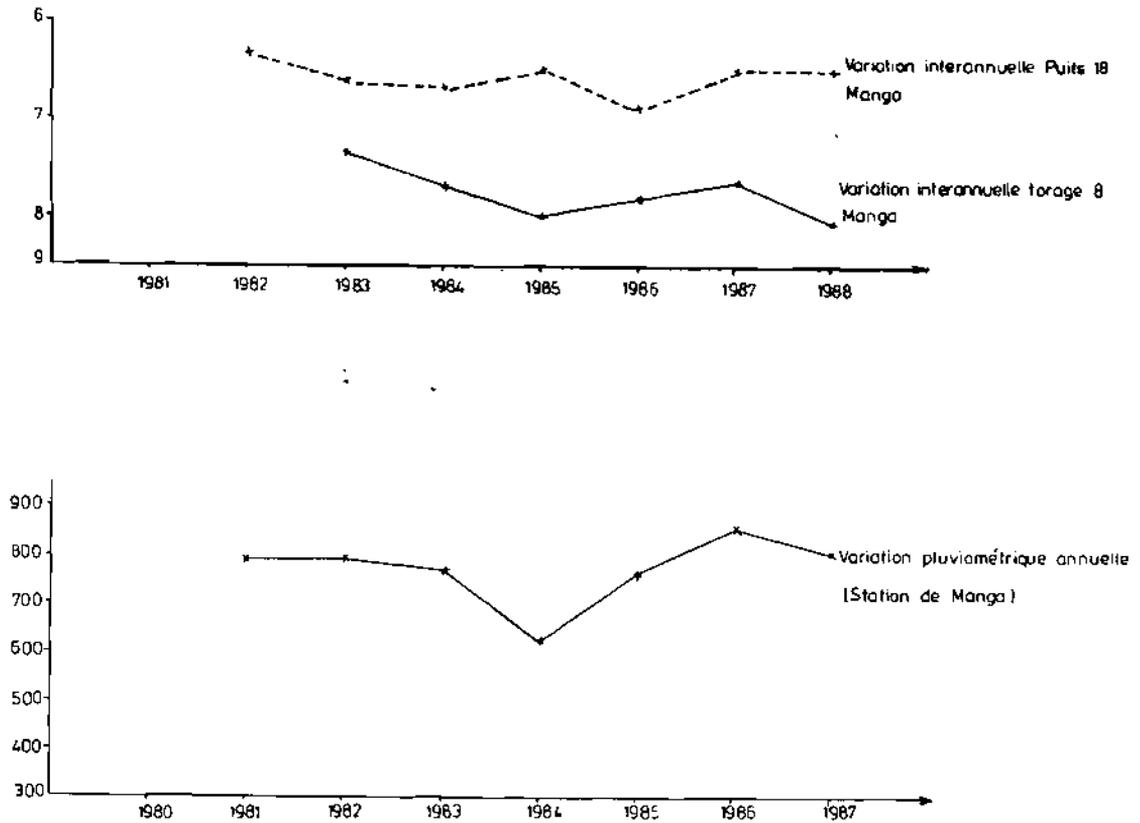


Fig. 10

Description COMPARAISON ENTRE VARIATION INTERANNUELLE
DU NIVEAU DE BASE PIEZOMETRIQUE ET LA PLUVIOMETRIE, DE MANGA



La figure 10 nous montre que l'amplitude de la variation saisonnière est liée à la pluviométrie annuelle. Quant à la variation interannuelle du niveau de base elle est sous l'influence des pluviométries antérieures.

Nous avons donc tenté de rechercher une relation entre la pluviométrie et la variation saisonnière.

Tableau 16 : Variation saisonnière du forage 8 et pluviométrie de Manga

	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Variation saisonnière du forage 8	+ 2,49	+ 1,17	+ 2,60	+ 3,17	+ 3,05	+ 4,12
Pluviométrie annuelle de Manga	774	621	768	853	800	922

Nous obtenons pour le forage 8 une variation saisonnière moyenne de 2,85m/an et une pluviométrie moyenne de 790 mm durant la période d'observation.

Nous avons calculé pour chaque année la déviation de la variation saisonnière et la déviation de la pluviométrie par rapport à leur moyenne.

Deviation de la variation saisonnière (DVS) = VS - VS_{moy}.
 Déviation de la pluviométrie annuelle (DP) = P - P_{moy}.

Nous avons porté en ordonné DVS et en abscisse DP et nous obtenons la droite de la figure 12. Cette droite a pour équation: $DVS = DP \times 10$

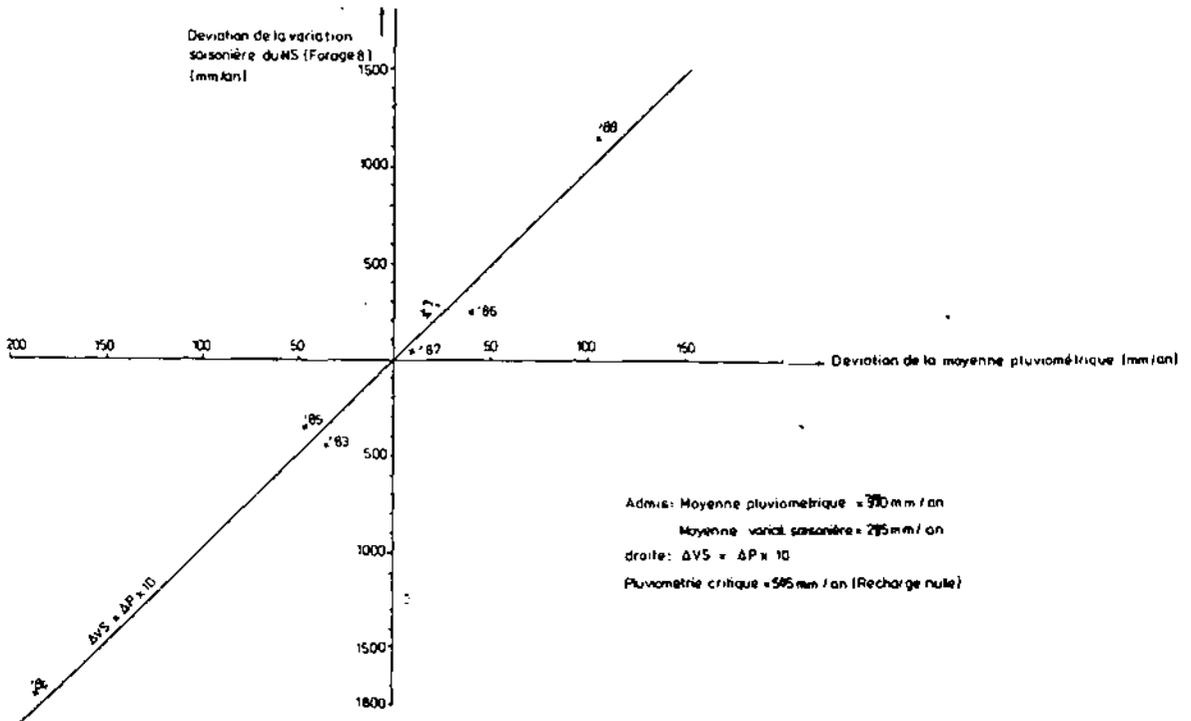


Fig-12

ANALYSE DE LA FLUCTUATION DE LA NAPPE PAR RAPPORT A LA PLUVIOMETRIE (CAS DE MANGA, FORAGE F8)

$$\begin{aligned} VS (\text{année } x) - V_{smoy} &= 10 [P (\text{année } x) - P_{moy}] \\ \text{soit } VS = 0 & \implies - V_{smoy} = 10 [P (\text{année } x) - P_{moy}] \\ & \implies P (\text{année } x) = P_{moy} - \frac{VS_{moy}}{10} \end{aligned}$$

$VS = 0 \implies$ pluviométrie critique qui signifie théoriquement recharge nulle.

Pour le forage 8 de Manga nous avons:

$$\begin{aligned} P \text{ critique} &= P_{moy} - \frac{VS_{moy}}{10} \\ &= 790 - \frac{2850}{10} = 505 \text{ mm.} \end{aligned}$$

4.4.2. Piézométrie de Ganzi

L'observation piézométrique de Ganzi est effectuée par l'intermédiaire d'un système de piezomètres au niveau de trois forages (F1, F2, F3).

Ces forages ont les caractéristiques suivants:

- le forage F1 situé dans le bas-fond a un système de double piézomètre c'est à dire deux tubes dans le même forage captant des niveaux différents.

Caractéristique du double piézomètre dans le forage F1 de Ganzi

F1	Prof. Equipé	Crépine	Géologie	Géomorphologie	NS*
Tube 3	13	8 - 10	Amphibolite	Bas-fond	2,26
Tube 4	61	58 - 61	Amphibolite	Bas-fond	1,96

* NS fin de foration

Le tube 3 capte la nappe superficielle et le tube 4 la nappe profonde.

- Le forage F2 situé à mi-pente a aussi un système de double piézomètre comme le forage F1.

Tableau 18: Caractéristique du double piezomètre dans le forage F2 de Ganzi.

F2	Prof. Equipé	Crépine	Géologie	Géomorphologie	NS*
Tube 5	55	49 - 52	Granite	mi-pente	9,62
Tube 6	12	6 - 9	Granite	mi-pente	10,05

* NS fin de foration

- Entre les deux forages nous avons le forage carotté F3.

Tableau 19: Caractéristiques du forage F3 de Ganzi

	Prof. Equipé	Crépine	Géologie	Géomorphologie	NS
F3	42	30 - 42	Amphibolite	mi-pente	4,24

Ce système d'observation que nous venons de décrire est représenté par la figure 13.

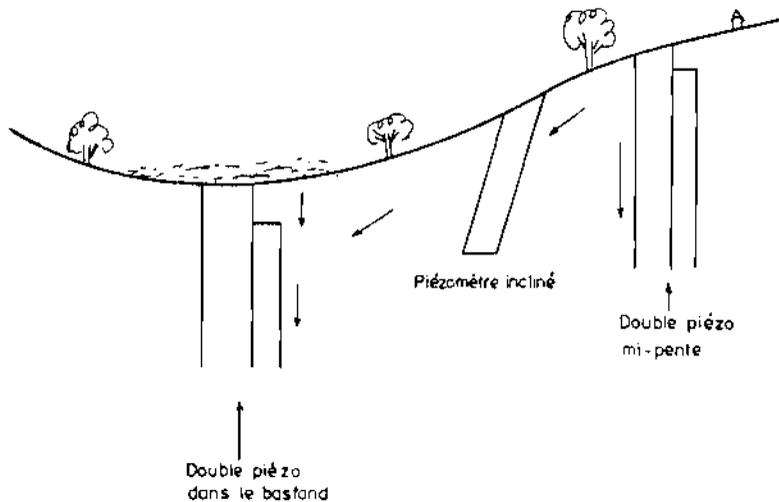
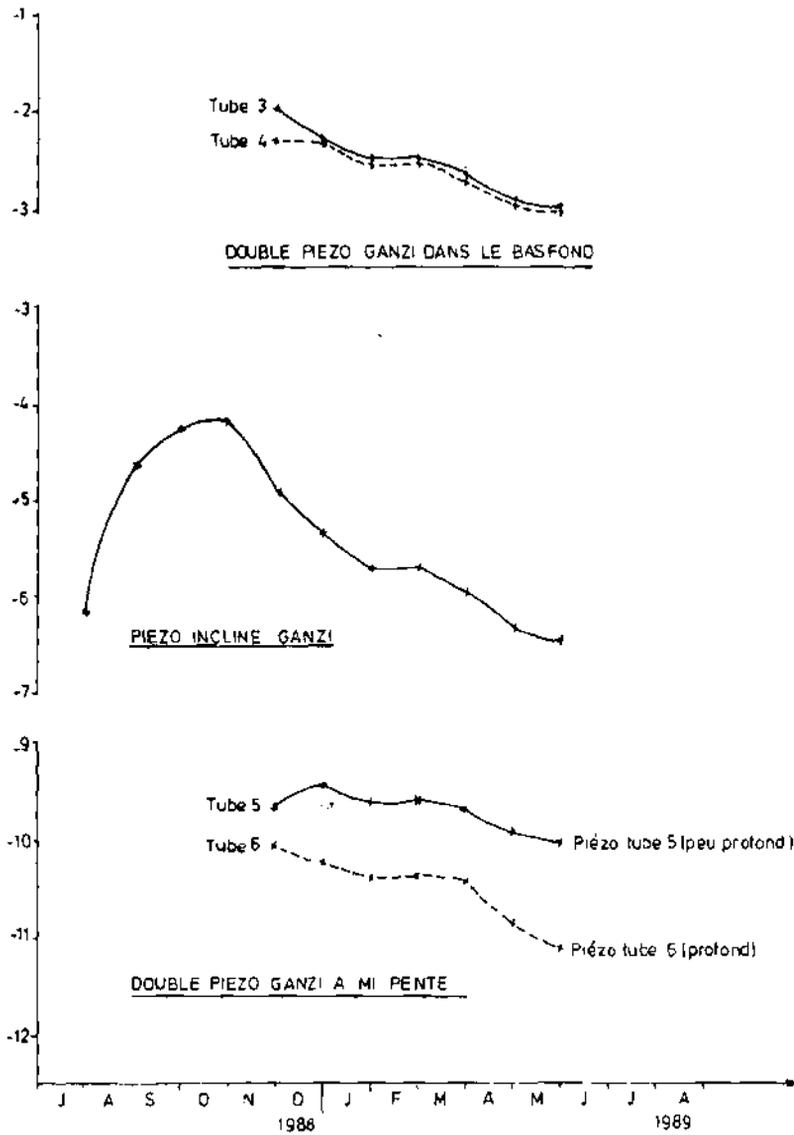


Fig. 13

Nos analyses ont porté sur la relation entre nappe superficielle et nappe profonde dans différents contextes géologique et géomorphologiques. Sur la figure N° 14 nous avons tracé l'évolution du niveau statique en fonction du temps.

Fig. 14

Description
COURBE D'EVOLUTION PIEZOMETRIQUE DE GANZI



La période d'observation de ce système de double piézomètre est courte mais néanmoins nous pouvons tirer les conclusions suivantes:

- décharge au niveau du bas-fond, cela se manifeste de Novembre à Janvier au niveau de la courbe de la figure 14-a.
- au niveau du double piézomètre à mi-pente nous avons un tarrissement rapide de la nappe superficielle (fig. 14-b).

On retiendra aussi l'influence de la géologie sur le transfert de l'eau de la nappe superficielle à la nappe profonde.

Ainsi au niveau du forage F1 situé dans les amphibolites nous avons un transfert lent entre nappe superficielle et nappe profonde à cause de l'altération très plastique qui retarde l'infiltration. Quant au forage F2 situé dans les granites le transfert est beaucoup rapide au niveau des altérites.

4.5.

ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE KONGOUSSI

A ce niveau nous avons des mesures piezométrique de longue durée sur deux puits qui ont les caractéristiques ci-dessous.

Tableau 20:

Kongoussi	Prof	N.S	Observation
Puit 10	16	14,10	Situé à l'Est du lac
Puit 11	14	4,90	Situé au Sud du lac Bam

Le tableau 21 et 22 nous donne les variations saisonnières et interannuelles au niveau des deux puits.

Tableau 21: donnée sur les variations saisonnières des puits de Kongoussi

Kongoussi	variation saisonnière						
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Puits 10	+ 2,26	+ 6,69	+ 3,03	+10,63	+ 0,70	+ 4,91	+ 9,28
Puits 11	+ 5,20	+ 4,95	+ 3,71	+ 6,38	+ 6,02	+ 4,60	+ ,80
Pluviométrie annuelle	528	410	414	420	547	484	849

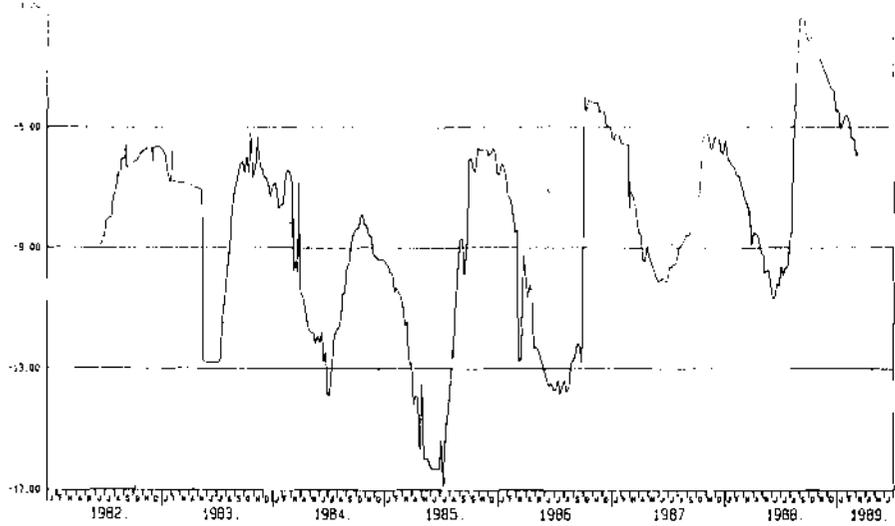
Tableau 22 :Données sur le niveau de base des puits de Kongoussi.

Kongoussi	Niveau de base						
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Puits 10	8,80	12,81	13,88	16,33	13,70	10,16	10,68
Puits 11	12,60	14,75	14,68	14,84	12,42	12,40	12,80

De 1982 à 1984 nous avons une amplitude de variation saisonnière de l'ordre de 5 m pour le puits 10 et de l'ordre de 4 m pour le puits 11.

Cette période est aussi caractérisée par une tendance à la baisse au niveau des deux puits.

De 1985 à 1988, nous avons une amplitude de variation saisonnière beaucoup plus importante au niveau des puits, elles est de l'ordre de 8 m pour le puits 10 et 6 m pour le puits 11. Cette période est caractérisée par une tendance à la hausse consécutif à une meilleure pluviométrie durant les 3 dernières années.

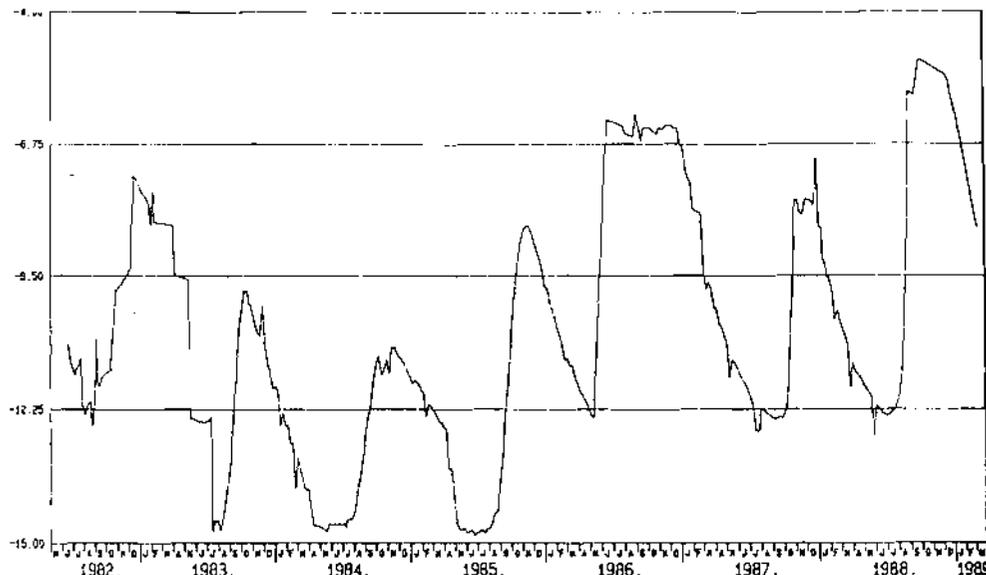


Point d'eau : KA/10/01 - 10

Projet de
BURKINA FASO - Min. de l'eau
D.E.P. - IMACO (Fin. Pays Bas)
Observation
Niveau statique
Dugadougou
Bilan
75/08/1989

BILAN D'EAU

Periode : 10/01/1982 - 30/02/1989

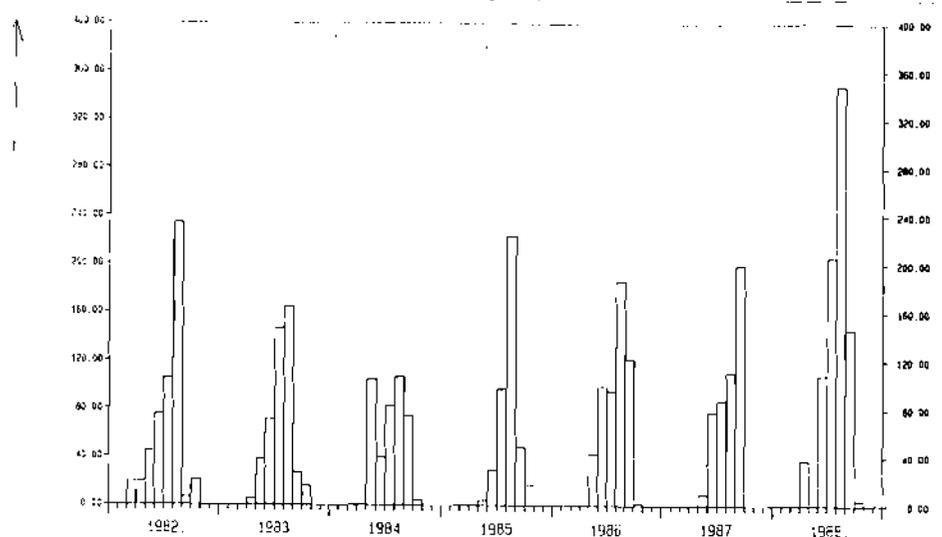


Point d'eau : KA/10/01 - 11

Projet de
BURKINA FASO - Min. de l'eau
D.E.P. - IMACO (Fin. Pays Bas)
Observation
Niveau statique
Dugadougou
Bilan
11/09/1988

BILAN D'EAU

Periode : 10/05/1982 - 30/03/1989



Projet de
BURKINA FASO - Min. de l'eau
D.E.P. - IMACO (Fin. Pays Bas)
Observations pluviométriques de station
Banque de données BMR
Bilan
25/08/1989

BILAN D'EA

Bas (10/01/1982)

La figure 15 nous montre l'évolution piézométrique des deux puits ainsi que l'évolution pluviométrique de Kongoussi. (cf. fig 15)

De 1982 à 1988 nous avons enregistré une baisse de 1,36 m au niveau du puits 10 et une hausse de 2,50 m sur le puits 11.

Cette différence de variation entre les deux puits est due à leur position relative par rapport au lac de Bam. Cette position fait que le puits 11 est sous l'influence du lac.

Cette influence du lac sur le puits 11 est perceptible par les deux facteurs suivant:

- faible variation saisonnière par rapport au puits 10 ou le niveau statique est plus profond.
- la période de montée et de descente de la nappe se situe tardivement au niveau du puits 11 que du puits 10.

4.6. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE DE OUAHIGOUYA

4.6.1. Piézométrie de Gourcy

L'analyse piézométrique de Gourcy sera faite à partir d'un puits et de deux forages. Ces ouvrages ont les caractéristiques ci-dessous.

Tableau 23: Caractéristiques du puits et des forages de Gourcy

Gourcy	Prof.	N.S	Géologie	Géomorphologie
Puits 22	18	17,60		--
Forage 9	79	14,60	Schiste	--
Forage 12	79	14,55	Schiste	--

Les variations saisonnières et les niveaux de base sont représentés dans les tableaux 24 et 25

Tableau 24: Variation saisonnière du puits et forages de Gourcy

Gourcy	variation saisonnière						
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Puits 22	+ 1,9	+ 0,47	+ 1,42	+2,23	+ 1,20	+ 2,17	
Forage 9	+ 0,88	+ 1,25	+ 0,41	+ 4,97	+ 2,60	+ 2,10	+ 1,24
Forage 12	+ 1,25	+ 0,90	+ 1,37	+ 4,90	+ 2,47	+ 2,07	

Tableau 25: Niveau de base du puit 22 et forage 12 et 9 de Gourcy.

Gourcy	Niveau de base							
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Puits 22	15,90	16,29	17,69	sec	16,56	sec		sec
Forage 9	14,58	15,95	16,82	19,32	17,62	17,81	17,85	40,08
Forage 12	14,75	15,85	17,52	19,25	17,68	17,72		39,05

La période de remontée se situe pendant le mois de Juin aussi bien au niveau du puits que des forages. Cette remontée atteint son maximum durant le mois d'Octobre et la descente commence à partir de cette période.

On constate que l'amplitude des variations saisonnières varie dans le même ordre de grandeur aussi bien au niveau du puits que des forages.

Au niveau des variations interannuelles du niveau de base nous constatons au niveau des 3 ouvrages les faits suivants:

- le tarissement fréquent du puits pendant le mois de Juin
- une chute de 3,27 m dans le forage 9 de 1982 à 1988
- une chute de 2,97 m dans le forage 12 de 1982 à 1987.

Mais à partir de 1988 l'exploitation du forage 12 a entraîné une chute du niveau de base qui passe de 17,72 m en 1988 à 39,05 m en 1989. Cette exploitation a eu aussi une influence sur le forage 9 où le niveau de base passe de 17,85 m en 1988 à 40,08 m en 1989.

Nous constatons donc que l'exploitation intensive non contrôlée peut entraîner une chute rapide du niveau de base et entraîner le tarissement rapide des nappes.

Sur la figure 16 nous avons l'évolution piézométrique des différents ouvrages.

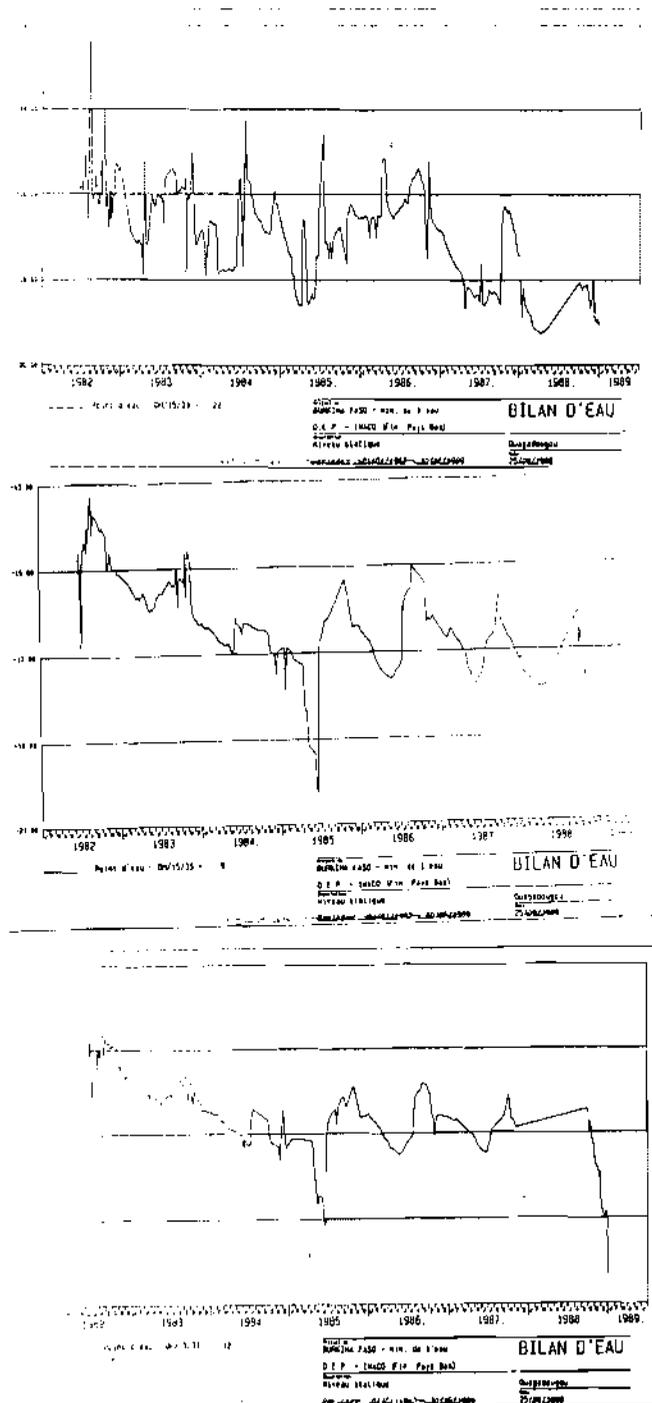


Fig 16.a

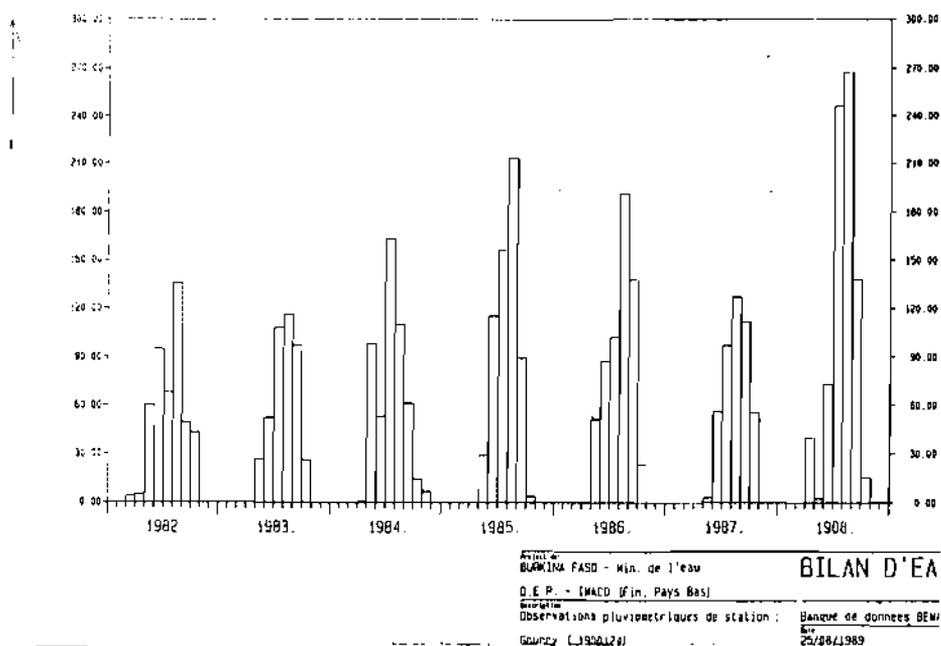
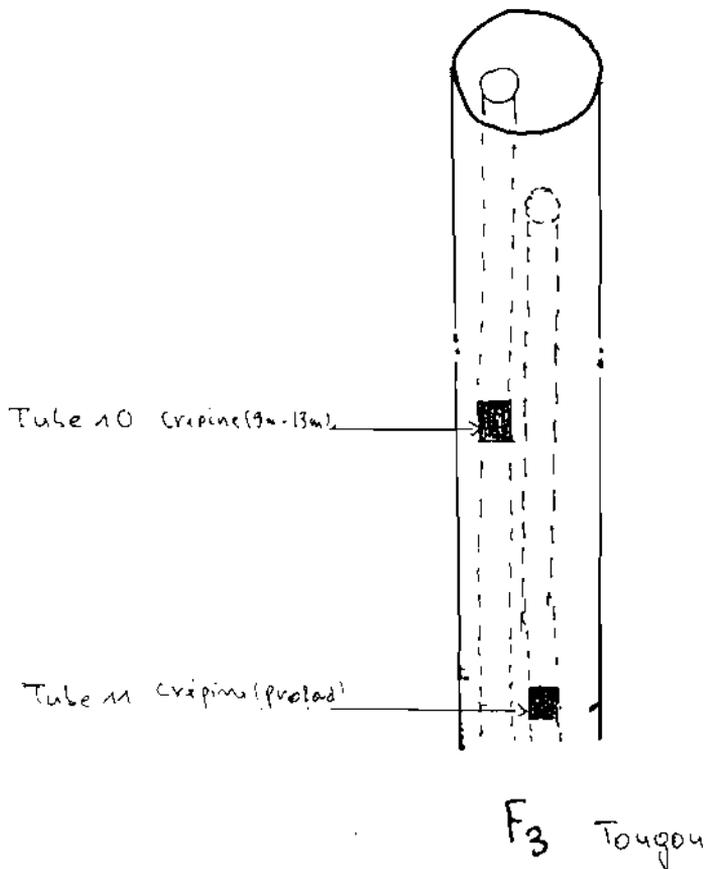
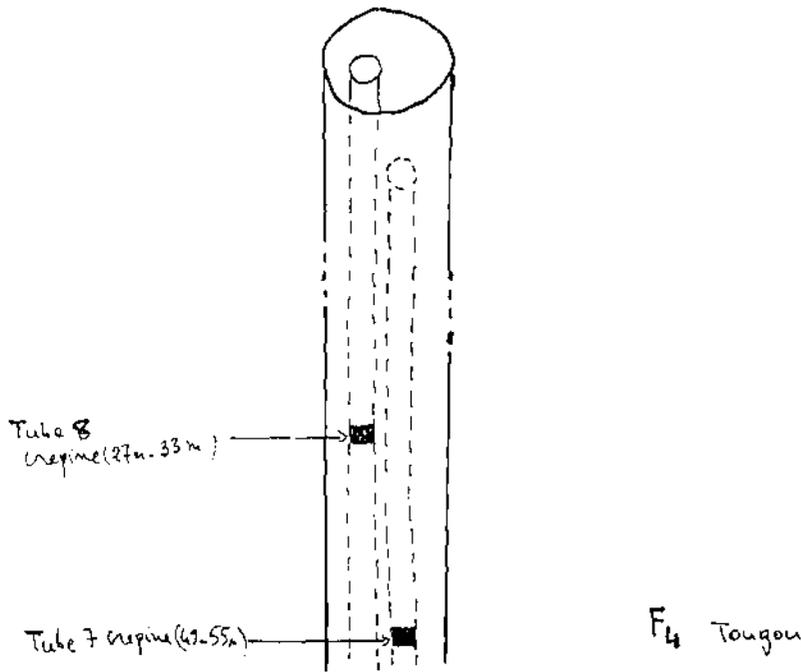


Fig 16-b

4.6.2. Analyse du double piézomètre de Tougou

Au niveau de Tougou nous avons deux forages qui sont munis du système de double piézomètre comme l'indique les schémas ci-dessous.





Ces deux forages ont les caractéristiques ci-dessous.

Tableau 26 :Caractéristique des forages F3 et F4

	Prof. Equipé	Crépine	Géologie	Géomorpho	NS fin de foration
F3 Tube 10	15	9 - 13	Amphibolite	mi-pente	10
Tube 11	113	Profond	Amphibolite	mi-pente	15,35
F4 Tube 7	61	49 - 55	Schiste	Bas-fond	15
Tube 8	39	27 - 33	Schiste	Bas-fond	15

Sur la figure 17 nous avons les courbes d'évolution du niveau statique en fonction du temps.

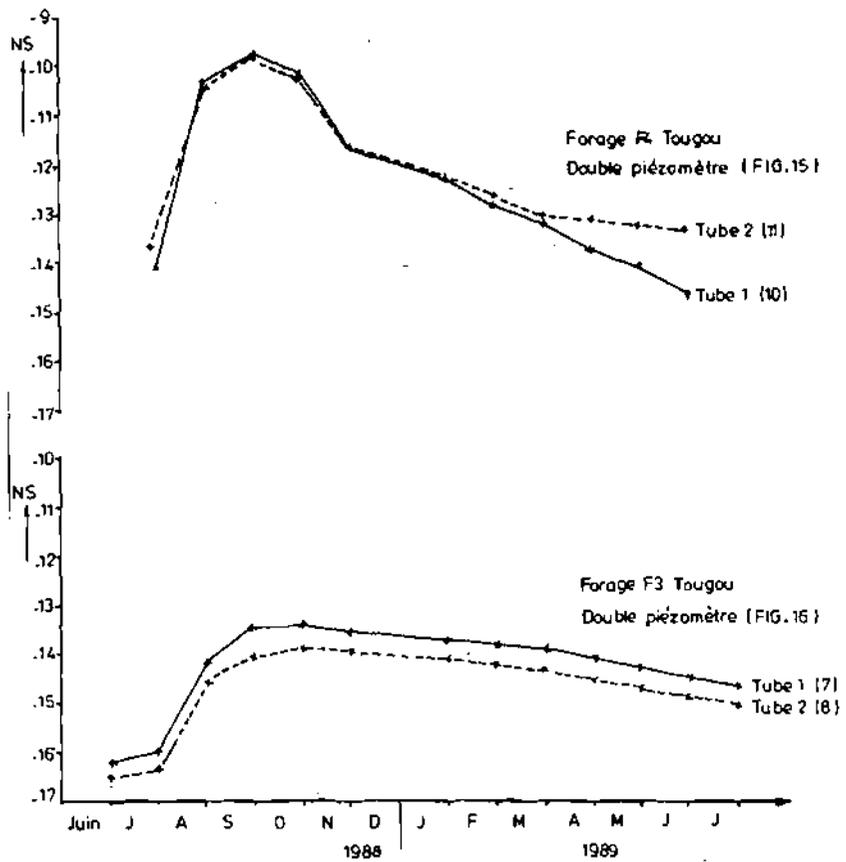


Fig 17.

On constate au niveau du forage F4 que du mois d'août jusqu'en janvier ces niveaux d'eau varient avec la même vitesse et sont pratiquement en équilibre comme au niveau du double piézomètre de Ganzi. A partir de janvier la courbe du piézomètre 10 se détache de celle du piézomètre 11 et cela s'accroît à partir du mois de mars. Cette différence d'évolution entre les deux courbes à partir du mois de mars est due au fait que le tube 10 capte la nappe superficielle qui est beaucoup sujette au phénomène d'évapotranspiration et à l'écoulement vertical.

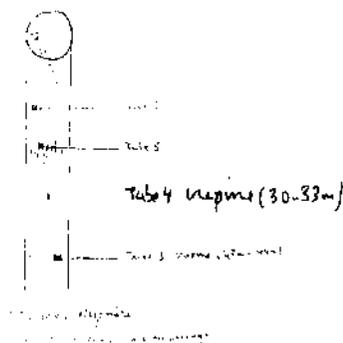
Quant au niveau du forage F3, les deux courbes évoluent avec une vitesse constante mais ne sont pas en équilibre.

4.6.3. Analyse du quadruple piézomètre de Ruiguera

Le quadruple piézomètre de Ruiguera est conçu selon le même principe que les doubles piézomètres précédemment décrits.

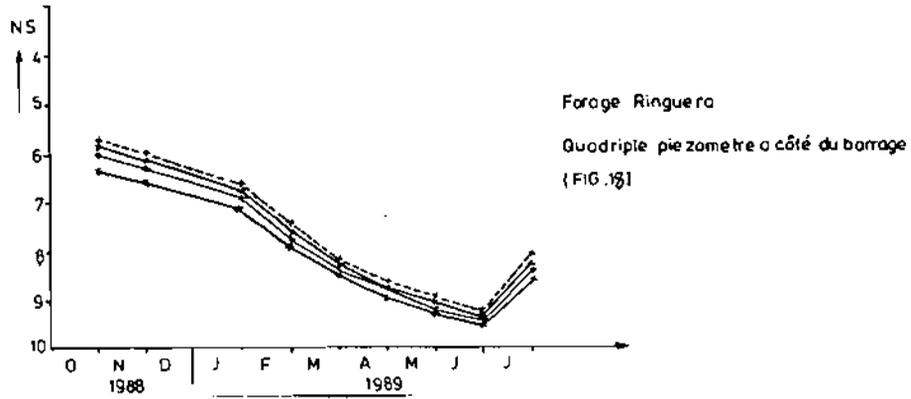
Tableau 27 : Caractéristique du quadruple piézomètre de Ruiguera.

	prof.équipé	Crépine	NS	Observation
Tube 3	46	42 - 44	--	A côté du barrage
Tube 4	34	30 - 33	--	
Tube 5	--	--	--	
Tube 6	--	--	--	



La figure 18 nous montre l'évolution piézométrique de ce groupe de piézomètre.

Figure 18



On constate que les courbes se resserent entre janvier et Juin. Cette baisse constante du niveau à différent niveau du forage est due à l'influence du barrage qui joue un rôle régulateur.

4.6.4. Analyse du triple piezometre de Naongo situé à côté du marigot.

Tableau 37: Niveau de base des forages de la zone sédimentaire

Puits	Niveau de base				
	1984	1985	1986	1987	1988
Djibasso			13,95	13,20	14,50
Di		13,57	12,18	10,92	10,87
Tansila		8,48	8,67	8,80	8,90
Gassan			14,90	15	14,75
Lery			17,88	17,95	18,04
Koumbio			19,55	19,58	20,25
Safané			10,42	10,42	10,09
Kouka		16,70	17,20	17,35	17,52
Nouna		4,40	4,36	4,73	4,50

Nous notons que la période de remontée se situe généralement au mois de Juillet au niveau des différents forages. Quant à la période de descente, elle commence à partir de Septembre le plus souvent. Mais au niveau du piezomètre de Di situé dans le Continental Terminal nous remarquons que la remontée de la nappe atteint son maximum très tardivement.

L'amplitude des variations saisonnières est de l'ordre de 3 m au niveau des différents piezomètres sauf au niveau du piezomètre de Di où nous avons une amplitude moyenne de l'ordre de 1,40 m.

Les variations interannuelles de différents piezomètres sont représentées au niveau de la fig. 25.

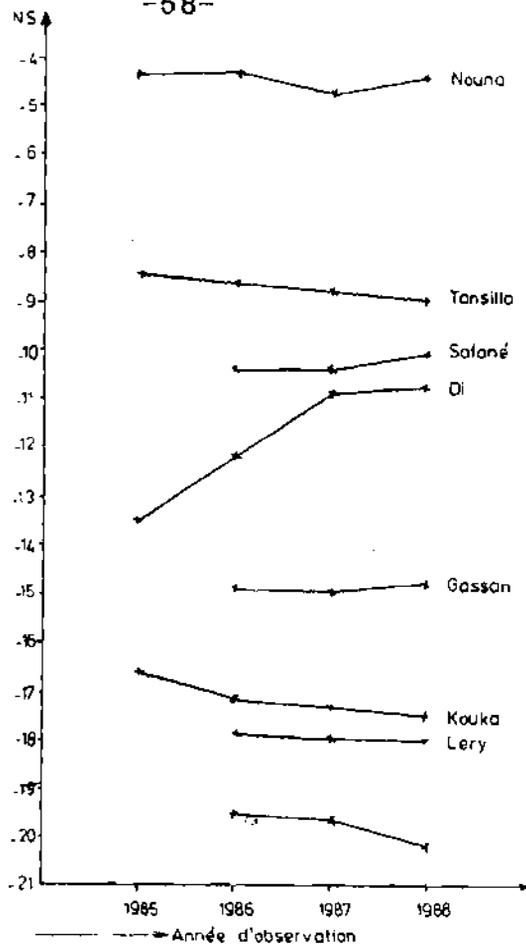
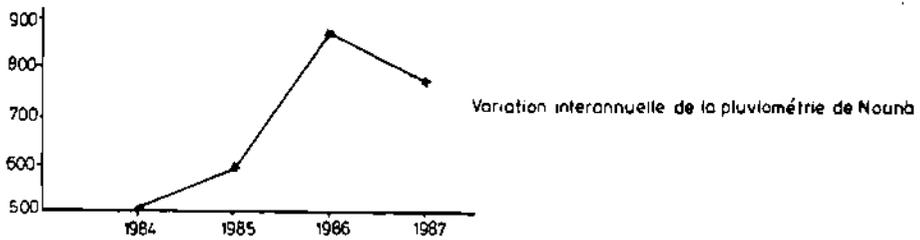
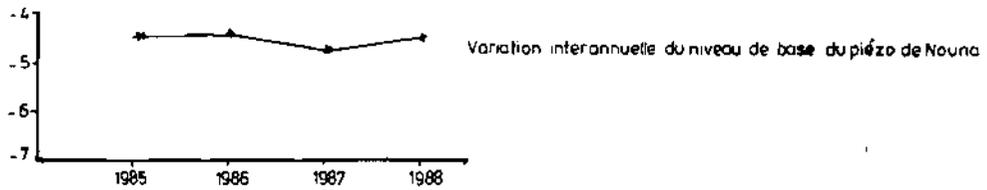


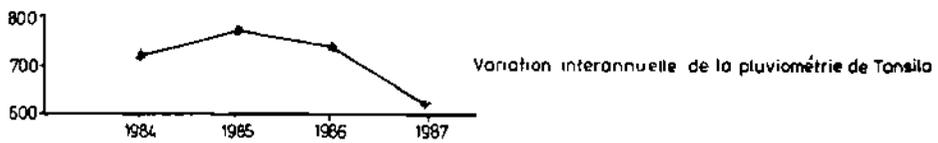
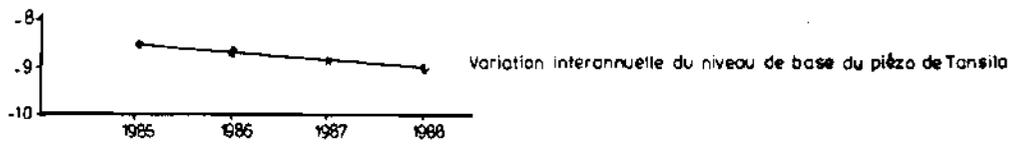
Fig. 25 Description VARIATION INTERANNUELLE DU NIVEAU DE BASE DES PIEZOMETRES DE LA ZONE SEDIMENTAIRE

Nous constatons une légère tendance à la hausse au niveau de Nouna, Safané, Di, Gassan et une légère tendance à la baisse au niveau de Tansilla, Kouka, Lery et Koumbio.

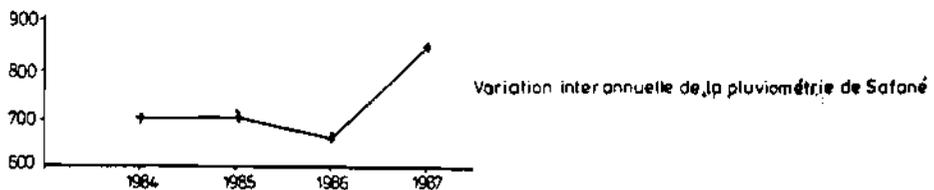
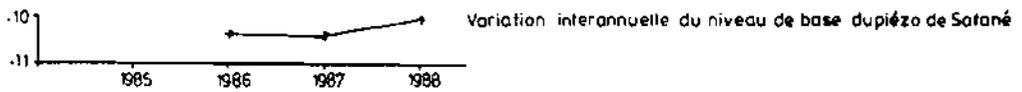
Les figures 26-a; 26-b et 26-c nous permettent de faire une comparaison entre les variations interannuelles du niveau de base de certain forages et celles de la pluviométrie annuelle.



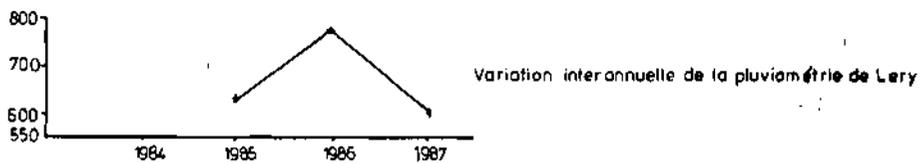
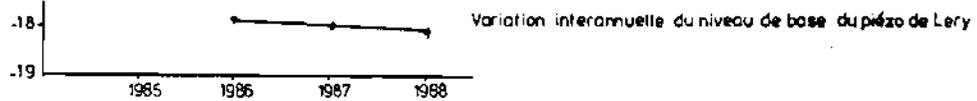
a - NOUNA



b - TANSILA



c - SAFANE



a- LERY

Client Ministère de l'Eau		IWACO Société d'Etudes en Eau et Environnement S.P. 2021, Ouagadougou, Burkina Faso Tél: 27 922 2820 AD Postale Fax: 27 922 2820	
Projet Bilan d'Eau			
Description VARIATION INTER ANNUELLE		Dessiné AS	W
		Figure nombre 26	Date 17/08/88
		Dessin Approuvé	

Fig. 26

De ces comparaisons on constate qu'au niveau de Nouna, Tansila, Lery où les forages sont dans les formations gréseuses, il n'y a pas une relation directe entre la pluviométrie et le niveau de base. Ce constat pourrait signifier que nous avons au niveau de ces forages un écoulement des eaux en profondeur.

4.8.2. Piezométrie de la zone cristalline de la Boucle du Mouhoun

En tenant compte des mêmes considérations dans la sélection des points de mesure de la zone sédimentaire nous avons retenu 3 puits et 5 forages au niveau de la zone cristalline.

Les tableaux 38, 39 et 40 nous donnent les périodes de remontée et de descente, les variations saisonnières ainsi que les variations interannuelles au niveau des puits et forages.

Tableau 38 : Période de remontée et de descente des puits et forages

Puits	1984		1985		1986		1987		1988	
	PR	PD								
Kw 18	Juillet	Oct.	Juin	Oct.	Juin	Nov.	Juin	Nov.	Juin	Sept.
Kw 19	Juillet	Oct.	Mai	Nov.	Juin	Oct.	Juin	Oct.	Juin	Sept.
Yaba 1	Juin	Oct.	Juin	Oct.	Juin	Oct.	Juin	Oct.	Juillet	Oct.
Tougan			Juin	Sep.	Juin	Oct.	Juin	Oct.	Juin	Oct.
Forages										
Toaga					Mai	Oct.	Mai	Oct.	Juillet	Déc.
Yaba 2			Juin	Oct.	Juin	Oct.	Juillet	Oct.	Juin	Oct.
Yaba 3			Juin	Oct.	Juin	Oct.	Juillet	Oct.	Juin	Oct.
Boromo			Juillet	Oct.	Juillet	Oct.	Juillet	Oct.	Juillet	Oct.

Kw: Kwaré

Tableau 39 : Variation saisonnière et caractéristiques des puits et forages de la zone cristalline

		Variation saisonnière					Caractéristique		
		1984	1985	1986	1987	1988	Prof.	N.S	Géologie
Puits	Kw 18	+ 0,65	+ 1,20	+ 0,82	+ 0,66	+ 5,05	19,10	20	Granite
	Kw 19	+ 4,95	+ 9,05	+ 3,60	+ 2,68		22,90	15	Granite
	Yaba 1	+ 1,7	+ 2,10	+ 3,15	+ 2,50	+ 3,10	15	11	Granite
Forages	Tougan		+ 1,92	+ 2,46	+ 1,26	+ 1,87	33	13	Granite
	Toaga			+ 3,00	+ 2,65	+ 2,75	29,70	20	Granodiorite
	Yaba 2		+ 2,00	+ 4,05	+ 2,50	+ 2,75	30	11	Granite
	Yaba 3		+ 2,00	+ 4,03	+ 2,47	+ 2,83	17,20	13	Granite
	Boromo			+ 2,65	+ 2,65		21,20	12	Granite

Tableau 40 : Niveau de base des puits et forages

		Variation interannuelle du niveau de base				
		1984	1985	1986	1987	1988
Puits	Kw 18	21,70	21,80	20,50	20,46	20,70
	Kw 19	16,85	19,20	13,90	14,10	14,80
	Yaba 1	10,90	11,80	12,40	12	12,16
Forages	Tougan		13,95	13,76	13,49	14,03
	Toaga			22,90	22,75	23,95
	Yaba 2		11	12,43	11,10	11,23
	Yaba 3		11	12,40	11,10	11,25
	Boromo			15,80	15,25	15,90

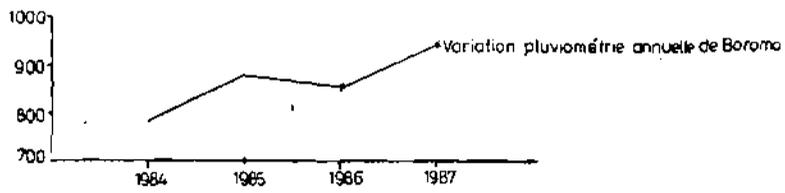
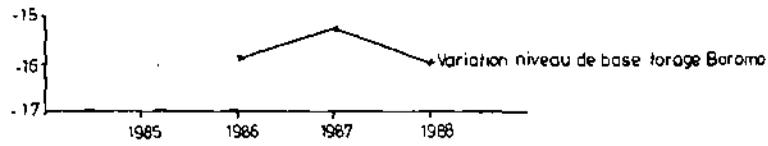
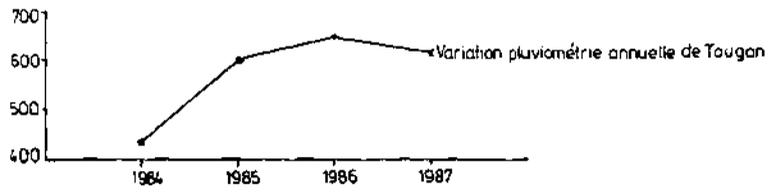
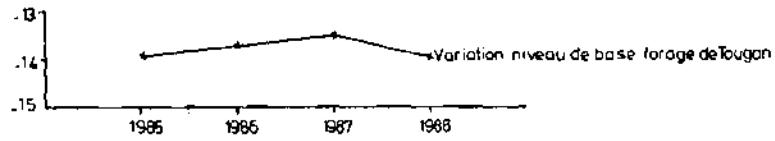


Fig. 28

La période de remontée se situe généralement au mois de Juin au niveau des puits et des forages. Elle atteint son maximum durant le mois d'Octobre.

L'amplitude des variations saisonnières est plus importante au niveau des puits que des forages. Elle varie de + 0,65 m à 9 m au niveau des puits et de 1,92 à 4 m dans les forages.

Les variations interannuelles au niveau des puits et forages sont représentées sur la figure 27.

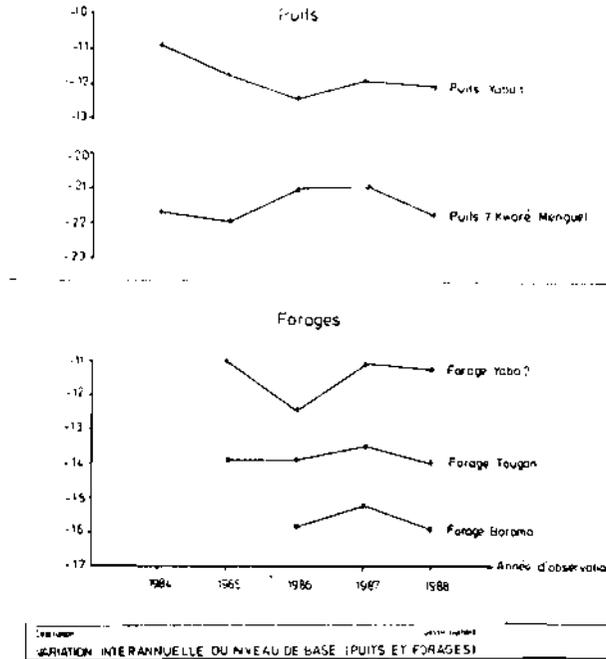


Fig. 27

A partir de 1987 on note une baisse générale du niveau de base aussi bien au niveau des puits que des forages (fig; 27).

En comparant les courbes de la figure 28 on constate au niveau de Tougan une relation entre les pluviométries antérieures et la variation du niveau de base dans le forage. Cette relation n'est pas perceptible au niveau du forage de Boromo. Ce qui laisse présager un écoulement de l'eau en profondeur ou l'influence de l'exploitation.

En conclusion de l'étude piezométrique de la zone du Boucle du Mouhoun nous pouvons retenir que les nappes captées présentement au niveau de la zone sédimentaire sont superficielles car il existe un écoulement des eaux en profondeur au niveau de la zone cristalline les nappes sont beaucoup sous l'influence des fluctuations pluviométriques.

4.9. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA REGION DU SAHEL

Au niveau de cette zone, nos analyses ont porté sur les mesures piezométriques de Djibo, Gorom-Gorom et Arbinda. Cette zone est caractérisée par une pluviométrie annuelle inférieure à 600 mm.

Nous avons 3 piezomètres au niveau de Djibo, 2 à Gorom-Gorom et un piezomètre à Arbinda.

Ces différents ouvrages ont les caractéristiques ci-dessous:

Tableau 41 : Caractéristiques des piezomètres de la zone du sahel.

Localité	n° du piezo	Prof.	N.S	Géologie	Géomorphologie
Djibo	15	37	3,10	Schiste	
	16	25	3,33	Schiste	
	18	24	2,48	Schiste	
Gorom Gorom-	31	85	37,41	Amphibolite	
	32	84	37,45	Amphibolite	
Arbinda	18	58	34,66	Amphibolite	

Sur les tableaux 41, 42 et 43 nous avons les périodes de remontée et descente, les variations saisonnières ainsi que les variations interannuelles de ces différents ouvrages.

Tableau 41 : Période de remontée et de descente des forages du Sahel

Puits	1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD
Djibo 15	Juillet	Sept.	Juillet	Sept.	Juillet	Sept.	Juin	Sept.	Juin	Août	Juin	Sept.		
Djibo 16					Juin	Sept.	Juin	Sept.	Juin	Sept.				
Djibo 18					Juillet	Sept.	Juin	Sept.	Juillet	Sept.				
Gorom-Gorom 31									Juillet	Oct.				
Gorom-Gorom 32											Sept.	Oct.		
Arbinda 18											Sept.	Oct.	Août	Oct.

Tableau 42: Variation saisonnière des forages du Sahel

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Djibo 15	+ 2,7	+ 4,75	+ 2,60	+ 3,25	+ 4,9	+ 4,25	
Djibo 16			+ 2,75	+ 2,95	+ 4,65		
Djibo 18			+ 1,02	+ 1,00	+ 1,68		
Gorom-Gorom 31					+ 0,28		
Gorom-Gorom 32						+ 0,32	
Arbinda 18					+ 1,08		+ 2,23

Tableau 43 : Variation du niveau de base des forages du Sahel

	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Djibo 15	5,78	6,25	5,90	5,65	6,55	6,80
Djibo 16			5,90	5,55	6,50	
Djibo 18			3,47	3,45	3,80	
Gorom-Gorom 31					38,96	
Gorom-Gorom 32						39,44
Arbinda 18						37

Les courbes de la figure 29 nous montrent l'évolution piezométrique du forage 15 de Djibo, forage 18 d'Arbinda et du forage 32 de Gorom-Gorm.

On constate qu'au niveau de ces différents forages, la période de remontée commence vers fin Juin, début Juillet pour atteindre son maximum en Septembre.

La variation saisonnière est beaucoup importante au niveau du piezo de Djibo (3 m en moyenne) qu'au niveau de ceux de Gorom-Gorom et Arbinda (1 m en moyenne). Cette différence d'amplitude est dû à la faible profondeur du niveau statique des piezomètres de Djibo.

En comparant l'évolution piezométrique des différents forages du Sahel nous remarquons une tendance à la baisse dû principalement aux caprices de la pluviométrie comme nous l'indique la figure 29.

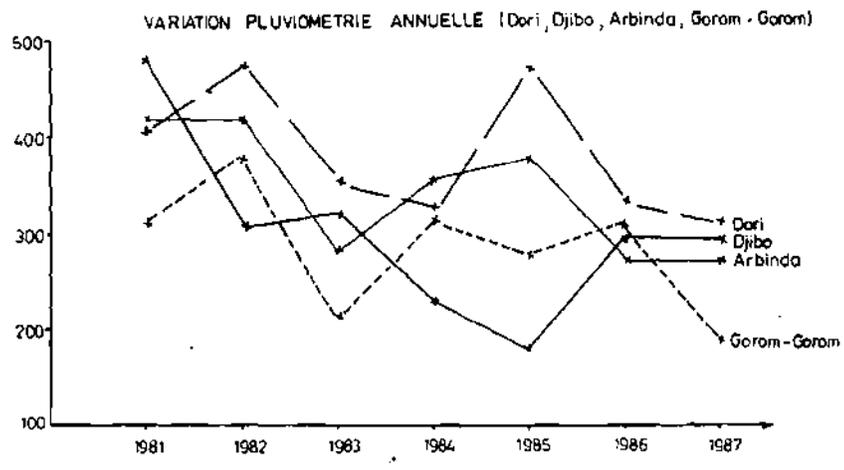
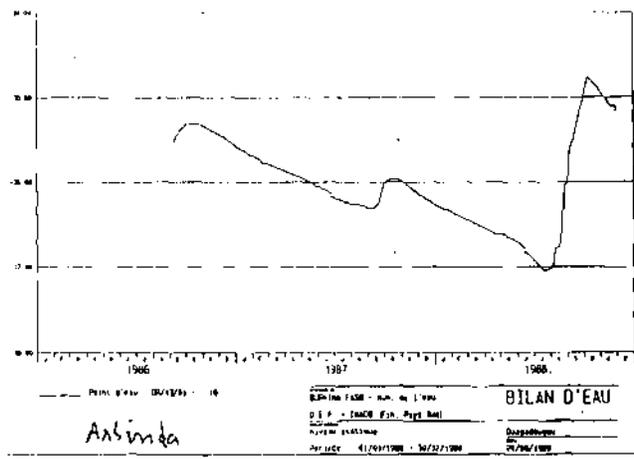
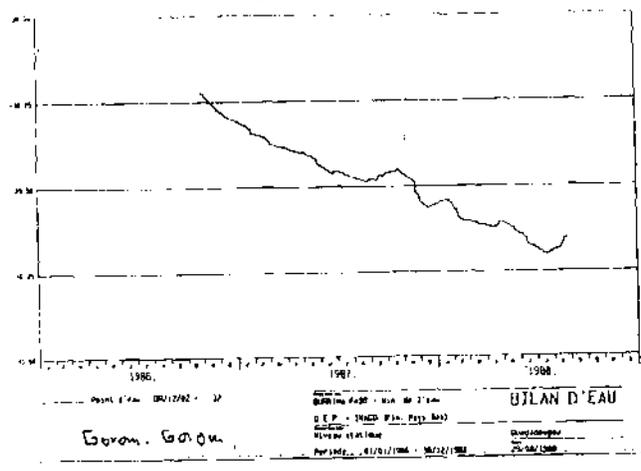
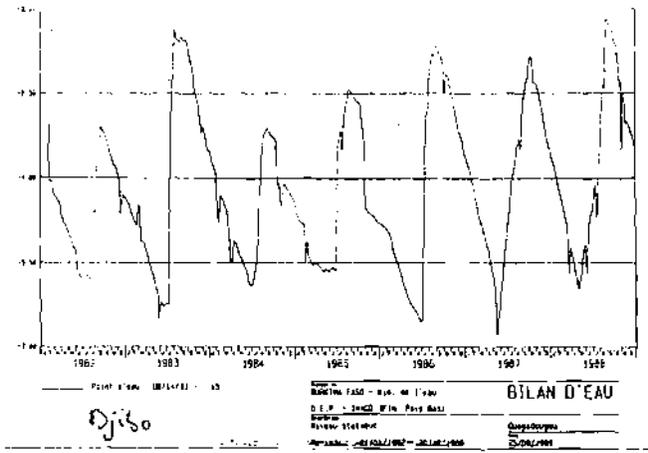


Fig. 29

Au niveau de Gorom-Gorom, nous avons constaté une baisse continuelle de la nappe de Novembre 1986 en Septembre 1987 ou commence une légère remontée pour atteindre son maximum en fin d'octobre, la profondeur du niveau statique passant de 39,44 à 37.

Le constat de cette remontée très tardive au déficit pluviométrique de 1987 nous a amné à faire la relation entre la quantité de pluies tombée et la reponse de la nappe.

Ainsi nous avons trouvé au niveau des différents forages:

- une moyenne de 250 mm de pluie pour une profondeur de 58 m et un niveau statique de 34, 45 pour le forage de Gorom-Gorom.
- une moyenne de 140 mm pour une profondeur de 37 m et un niveau statique à 3,10 m du sol pour le forage de Djibo.
- Une moyenne de 146 mm pour le forage d'Arbinda qui a une profondeur de 84 m et un niveau statique à 34,66 m du sol.

En comparant le forage 15 de Djibo et la pluviométrie de cette ville nous constatons une relation entre l'amplitude de la variation saisonnière et la pluviométrie.

De ce constat nous avons proceder de la même façon qu'au niveau du forage 8 de Manga en calculant la déviation de la variation saisonnière à la moyenne et la déviation de la pluviométrie à la moyenne.

Tableau 44 : Variation saisonnière du forage 15 et pluviométrie annuelle de Djibo

	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Variation saisonnière forage 15 Djibo (m)	2,70	4,75	2,80	3,25	4,90	4,25
Pluviométrie annuelle (mm)	309	322	226	175	299	298

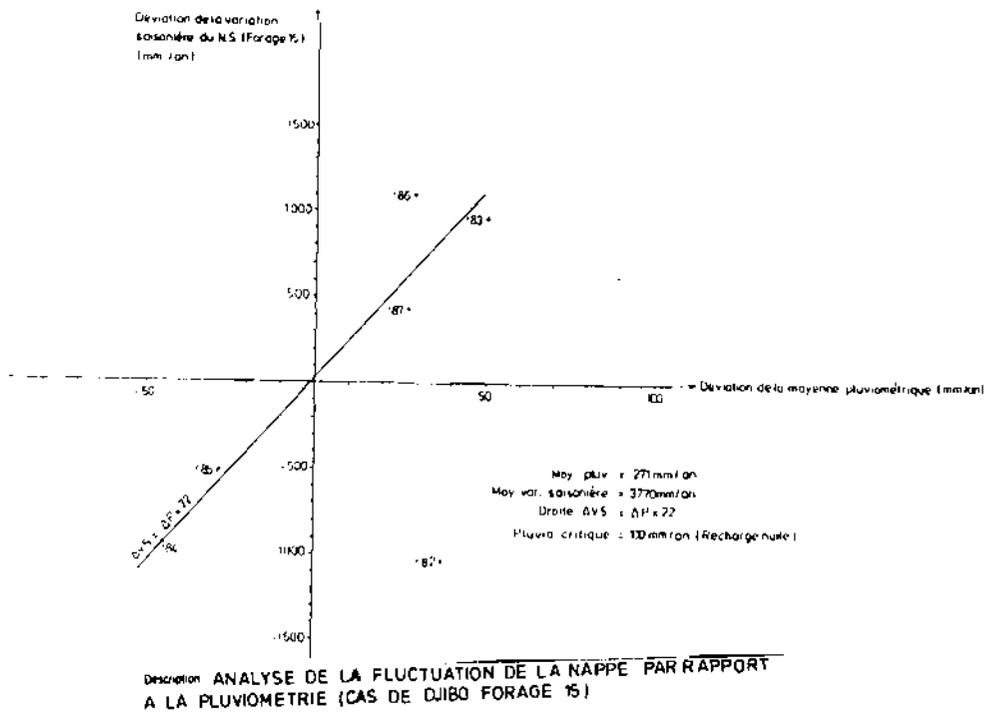
Nous obtenons une variation moyenne de 3,77 m et une pluviométrie moyenne 271 mm.

La deviation de la variation saisonnière et celle de la pluviométrie annuelle sont dans le tableau 45.

Tableau 45 : Deviation de la variation saisonnière et celle de la pluviométrie annuelle.

	1982	1983	1984	1985	1986	1987
DVS (mm)	- 1070	+ 980	- 970	- 520	+ 1130	+ 480
DP (mm)	+ 38	+ 51	- 45	- 96	+ 28	+ 27

Porté sur graphique nous obtenons la droite de la fig. 30.



L'équation de la droite est $DVS = DP \times 22$
 soit $VS = 0 \implies$ pluviométrie critique de 100 mm/an ce qui signifie théoriquement recharge nulle au niveau de ce forage.

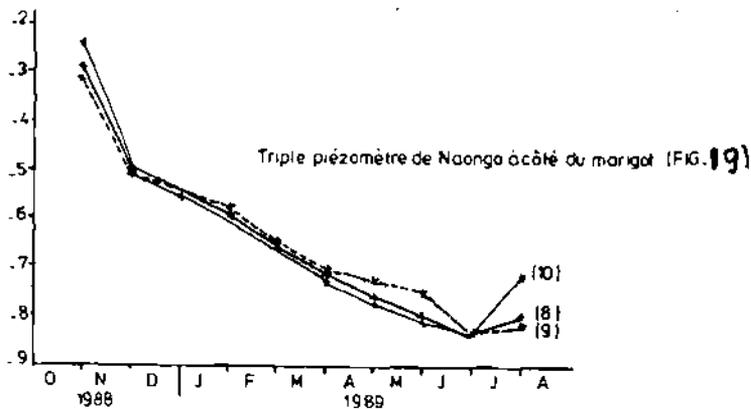
Les caractéristiques de ce triple piézomètre sont les suivants:

Tableau 28: Caractéristique du triple piézomètre de Naongo

	prof.équipé	Crépine	NS	Observation
Tube 8	79	67 - 70	--	A côté du marigot
Tube 9	61	55 - 58		
Tube 10	19	13 - 16		

La figure 19 nous montre l'évolution piézométrique de ce groupe de piézomètre.

Figure 19



Les piézomètres 8 et 9 suivent une baisse régulière de leur niveau jusqu'en Juin.

Quant au piézomètre 10 il évolue avec la même vitesse que les deux autres courbes jusqu'en Mars où elle subit une légère fluctuation jusqu'en Juin (cf. Fig. 19).

A partir du mois de Juin nous constatons que les premières pluies entraînent une remontée beaucoup plus rapide au niveau de la nappe superficielle captée par le tube n° 10.

La proximité du marigot a une influence sur le forage. Cette influence se manifeste sur la courbe 10 (g:fig 19) qui ne subit pas de grande variation pendant la période sèche de Mars à Juin.

4.6.5. Analyse du triple piezomètre de Naongo situé dans le champ d'irrigation

Les caractéristiques de ce triple piezomètre sont les suivants:

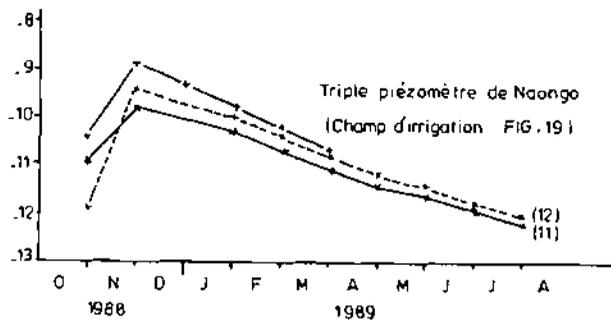
Tableau 29: Caractéristique du triple piezomètre de Naongo (dans le champ d'irrigation)

	Prof. Equipé	Crépine	N.S	Geologie	Observation
Tube 11	50	44 - 47	15	Gabbro	Dans le champ d'irrigation
Tube 12					
Tube 13					

Le tube 13 capte la nappe superficielle et le tube 12 est intermédiaire entre les deux niveaux captés par le tube 12 et 13.

La figure 20 nous montre l'évolution piézométrique de ce groupe de piezomètre.

Fig 20: courbe de variation du triple piezomètre de Naongo (dans le champ d'irrigation).



Nous constatons d'Octobre à Novembre une brusque remontée du niveau de la nappe superficielle et intermédiaire captée par le tube 13 et 12.

De Novembre à Décembre on note une baisse de niveau des 3 piézomètres qui entraîne l'assèchement de la nappe superficielle en fin Mars.

La baisse régulière continue au niveau des piézomètres 12 et 11 jusqu'en Juillet.

Les 3 courbes nous montrent une influence moindre du champ d'irrigation.

4.6.6. Analyse du triple piézomètre de Bougounam

Les caractéristiques de ce triple piézomètre sont les suivants.

Tableau 28: Caractéristique du triple piézomètre de Bougounam

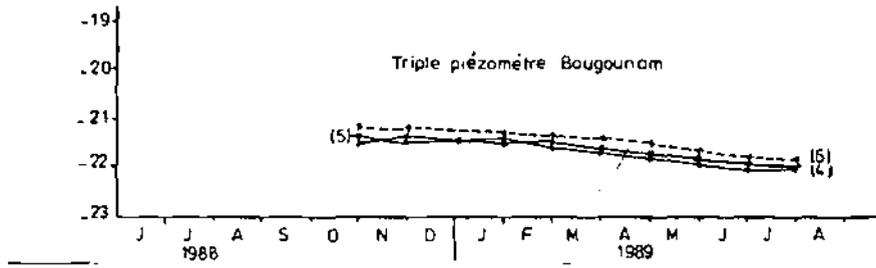
	Proj. Equipé	Crépine	H.S	Geologie
Tube 4	64	52 - 57	22,65	Migmatite
Tube 5	45	40 - 43	22,65	
Tube 6	30	25 - 28	5,40	

La figure 21 nous montre l'évolution piézométrique de ce groupe de piézomètre

Les 3 courbes évoluent avec la même vitesse. Leur profondeur de captage (voir caractéristique du forage) les met à l'abri de la reprise évapotranspiratoire, ce qui n'entraîne qu'une baisse sensible du niveau statique.

on peut ainsi constater l'influence moindre de l'évapotranspiration avec un niveau de captage situé à 25 m.

Figure 21



4.7 ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUE DE LA ZONE DE YAKO ET REO

4.7.1. Piezomètre de Yako

Au niveau de cette zone nous avons un puits et un forage utilisés comme piezomètre. Les mesures au niveau du puits s'étalent sur une longue période, ce qui n'est pas le cas au niveau du forage.

Ainsi nous allons porter notre analyse que sur les données du puits.

Les tableaux 30 et 31 nous donnent un aperçu sur les variations saisonnières et interannuelle au niveau de ce puits.

Tableau 30: Variation saisonnière des puits de Yako

Yako	variation saisonnière						
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Puits 12	+ 7,9	+ 8,50	+ 8,57	+ 2,75	+ 9,70	+ 6,05	+ 7,97
Pluviométrie annuelle	606	614	657	516	575	526	420

Tableau 31 :Données du niveau de base du puits de Yako.

Yako	Niveau de base						
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Puits 12	15,50	17,00	17,00	16,40	21,90	20,55	23,66

De 1981 à 1988 on note une baisse de niveau de l'ordre de 9 m. Cette baisse a été beaucoup importante entre 1984 et 1985 où le niveau de base passe de 16,40 m à 21,90 m. Cela est consécutif à la baisse de la pluviométrie depuis 1983.

Les courbes de la fig 22 nous montrent l'évolution de la piezométrie et l'évolution pluviométrique de Yako.

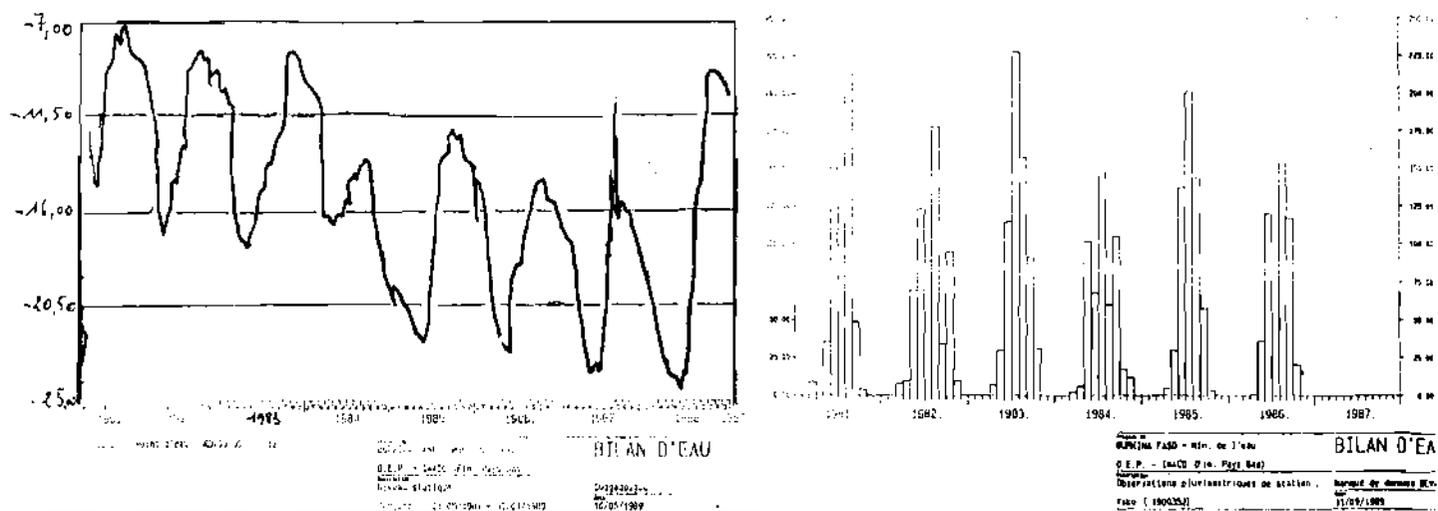


Fig. 22

4.7.2. Piezométrie de Reo

L'analyse de la piezométrie s'est effectuée à partir de deux puits.

On note une discontinuité des mesures au niveau de ces deux ouvrages particulièrement durant les années 1984 et 1985.

Néanmoins nous pouvons retenir une variation saisonnière de l'ordre de 5 m pour le puits n° 9 et de l'ordre de 3 m pour le puits n° 10.

Pour les variations interannuelles on note une baisse de niveau de près de 4 m pour le puits n° 9 et de près de 2 m pour le puits n° 10 de 1982 à 1988. Les courbes de la figure 23 nous permettent de faire une comparaison entre l'évolution piezométrique au niveau des puits et la pluviométrie annuelle de REO

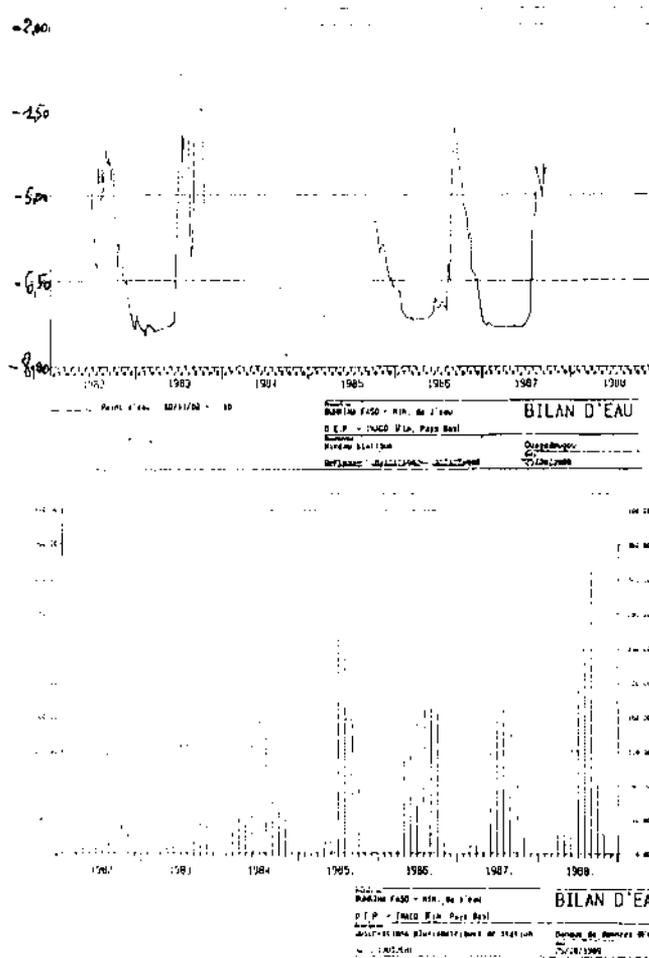


Fig 23

4.8. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA BOUCLE DU MOUHOUN

Notre analyse piezométrique de cette zone s'est faite à partir des observations piezométriques du projet Boucle du Mouhoun (ex projet Volta Noire) exécuté par le Bureau d'Etude IWACO.

Au niveau de la piezométrie de la Boucle du Mouhoun nous distinguons deux zones:

- zone sédimentaire de la Boucle du Mouhoun
- zone cristalline de la Boucle du Mouhoun.

4.8.1. Piezométrie de la zone sédimentaire de la Boucle du Mouhoun.

En tenant compte du facteur qualité des mesures et de la période des mesures, nous avons retenu 10 points de mesure au niveau des forages et 3 au niveau des puits.

Les tableaux 32, 33 et 34 nous donnent les variations saisonnière, les périodes de remontée et de descente aussi que les variations interannuelles au niveau des puits.

Tableau 32: Variation saisonnière et caractéristique des puits de la zone sédimentaire

Puits	Variation saisonnière					Caractéristique		
	1984	1985	1986	1987	1988	Géologie	Proj	N.S
Diena 1	+ 1,92	+ 4,83	+ 4,80	+ 2,47	+ 6,10	Grès	15,10	9
Diena 2		+ 4,7	+ 1,05	+ 6,95		Grès	9,60	12
Doutoula	+ 0,70	+ 1,16	+ 3,56	+ 1,78		Grès	18,20	14

Tableau 33: Période de remontée et de descente des puits de la zone sédimentaire

Puits	1984		1985		1986		1987		1988	
	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD
Diena 1	Juillet	Octobre	Juin	Octobre	Juin	Octobre	Juin	Octobre	Juin	Octobre
Diena 2			Juin	Octobre	Juin	Novembre	Juin	Septembre	Juin	Octobre
Doussoula	Juillet	Octobre	Juin	Novembre	Juin	Septembre	Mai	Octobre	Mai	Septembre

PR: Période remontée

PD: Période descente

Tableau 34: Niveau de base des puits de la zone sédimentaire

Puits	niveau de base				
	1984	1985	1986	1987	1988
Diena 1	7,97	9,90	9,50	8,97	10,90
Diena 2		12,50	12,40	9,60	13,90
Doussoula	14,80	14,80	15,40	17,86	18,00

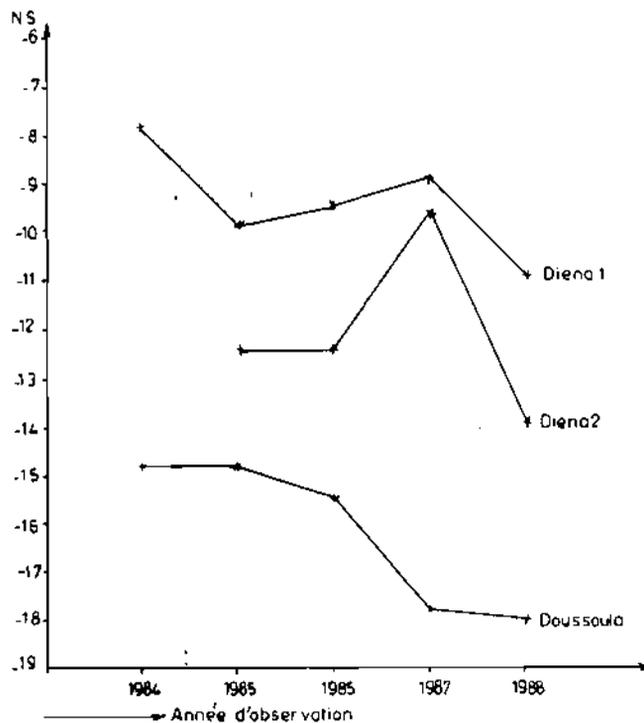
Nous notons au niveau des puits que la période de remontée se situe généralement en Juin et la période de descente peut commencer en Septembre ou Novembre selon la pluviométrie.

La variation saisonnière est de l'ordre de 4 m au niveau de Diena 1, 5 m au niveau de Diena 2 et de 2,55 au niveau de Doussoula.

De 1984 à 1988 on a enregistré une chute de 2,93 m de niveau d'eau dans le puits Diena 1 et 3,20 m dans le puits de Doussoula.

Les variations interannuelles au niveau de ces 3 puits sont sur la figure 24.

Fig 24 Description VARIATION INTERANNUELLE DU NIVEAU DE BASE DES PUIITS DE LA ZONE SEDIMENTAIRE



Les tableaux 35, 36, 37 nous donnent les périodes de remontée et de descente, les variations saisonnières et les variations interannuelles des dix forages.

Tableau 35: Variation saisonnière et caractéristiques des forages de la zone sédimentaire

Forages	Variations saisonnières					Géologie	Proj.
	1984	1985	1986	1987	1988		
Djibasso			+ 1,95	+ 0,56	+ 2,60	Grès de base	30,10
Di		+ 1,81	+ 1,43	+ 0,41	+ 1,96	Continental Terminal	33
Tansila		+ 3,12	+ 3,62	+ 1,10	+ 5,86	Grès de base	17
Gassan			+ 0,45	+ 1,40	+ 0,97	Grès de Sotuba	32
Lery			+ ,25	+ 0,19	--	Grès de Sotuba	25
Kouandio			+ 1,50	+ 0,58	+ 3,08	Etage schiste gresseux	23
Safané			+ 4,58	+ 4,92	+ 5,74	Schiste	25
Kouka		+ 4,00	+ 2,30	+ 2,65	+ 4,95	Schiste	21,60
Houna		+ 4,30	+ 4,36	+ 3,78	+ 3,94	Grès rose	17,50

Tableau 36: Période de remontée et de descente des forages de la zone sédimentaire

Forages	1984		1985		1986		1987		1988	
	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD
Djibasso				Nov.	Juillet	Oct.	Juin	Juillet	Juin	Octobre
Di			Juillet	Mars 86	Juillet	Nov. 88	Juin	Juillet	Oct.	Octobre
Tansila			Juin	Sept.	Juin	Sep.	Mai	Juin	Mars 88	
Gassan					Juin	Oct.		Juin	Sept.	
Lery					Juillet	Nov.		Juillet	Oct.	
Kouandio					Juin	Oct.		Juillet	Nov.	
Safané					Juin	Sep.		Juin	Oct.	
Kouka			Juin	Sept.	Mai	Oct.		Mai	Sep.	
Houna			Juin	Sept.	Mai			Juin	Oct.	
					Mai				Sept.	

4.10. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DE LA ZONE DE OUAGADOUGOU

Au niveau de la zone de Ouagadougou, nous avons tenté d'apprécier l'impact de l'exploitation des eaux sur la nappe du champ de captage de Nioko 1 et Nioko 2.

Nous nous sommes aussi intéressés à l'analyse de la variation saisonnière et interannuelle au niveau du piézomètre du CIEH.

4.10.1. Etude de l'impact de l'exploitation dans le champ de captage Nioko 1 et 2.

Le tableau 46 nous donne les variations saisonnières et les rabattements au niveau des forages du champ de captage du piézomètre du CIEH et de celui d'IWACO.

Tableau 46: Variation saisonnière et rabattement de la zone de Ouagadougou

Zone	N° du piézo	Variation saisonnière 1987	Rabattement 1987 à 1988	Variation saisonnière 1988	Rabattement 1988 à 1989
Piézo CIEH	248	+0,94	-0,90	+2,05	-0,85
Piézo IWACO	247	+1,50	-1,39	+1,15	
Champ de captage	273	+0,66	-1,44	+1,07	-1,67
	275	+0,30	-0,85	+0,68	-1,10
	276	+0,62	-1,11	+0,94	-1,42
	277	+0,44	-0,96	+0,70	-1,15
	278	+0,32	-0,84	+0,66	-1,11
	279	+0,33	-0,86	+0,73	-1,14
	280	+0,62	-1,10	+0,94	-1,42
	281	+0,62	-1,09	+0,69	-1,36
	282	+0,67	-1,48	+1,08	-1,58
	283	+0,63			
Champ de captage	297	+0,59	-1,11	+1,09	-1,58
	298	+1,1	-1,60	+1,08	-1,53
	284	+1,21	-1,71	+2,24	-2,21
	285	+1,13	-1,62	+2,13	-2,14
	286	+0,38	-0,97	+0,96	-0,85
	287	+0,59	-1,18	+1,36	-1,48
	288	+0,40	-0,90	+1,00	
	292	+0,37	-0,93	+0,88	-1,06
293	+0,81	-1,34	+1,81	-1,84	
294	+0,78	-1,31	+1,81	-1,84	
295	+0,79	-1,32	+1,88	-1,94	

Au niveau du tableau 49, nous constatons que le bilan entre la variation saisonnière et le rabattement est positif au niveau du piézomètre du CIEH et de celui d'IWACO. Quand aux forages du champ de captage de Nioko 1 et 2, nous enrégistrons un bilan négatif.

En admettant:

Variation saisonnière = hauteur d'eau renouvelable au cours d'une saison.

Rabattement = évapotranspiration + écoulement souterrain + pompage

Nous constatons à la vue du tableau 49 qu'il existe une influence sensible de l'exploitation au niveau du champ de captage de Nioko 1 et 2. Cette influence est beaucoup sensible au niveau de Nioko 1.

4.10.2. Relation entre la variation saisonnière et la pluviométrie au niveau du piézomètre du CIEH.

Le tableau 47 nous donne la variation saisonnière du piézo du CIEH et de la pluviométrie de Ouaga aérodrome.

Tableau 47: Variation saisonnière du piézo du CIEH et pluviométrie annuelle de Ouaga aérodrome

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Piézo CIEH Variation saisonnière	+0,76	+1,05	+0,85	+1,00	+0,62	+0,92	+0,40	+0,81	+1,10	+0,94	+1,15
Pluviométrie annuelle Ouaga aérodrome	764	732	593	713	634	674	571	689	794	784	735

Vs = 0,87m/an

P.an = 699 mm

Sur la figure 31 nous avons la courbe d'évolution piézométrique du forage du CIEH en comparaison avec la pluviométrie de Ouaga aérodrome.

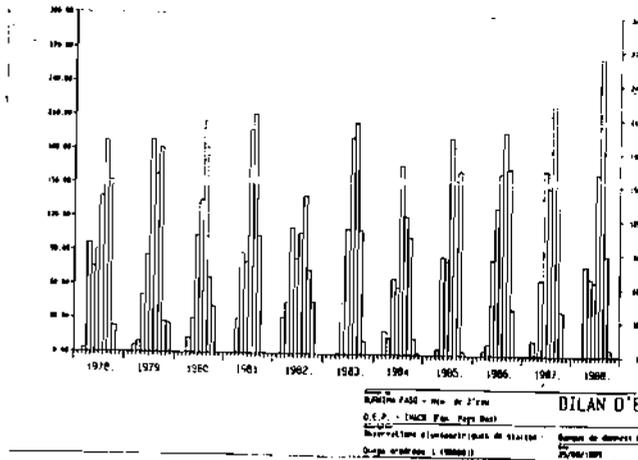
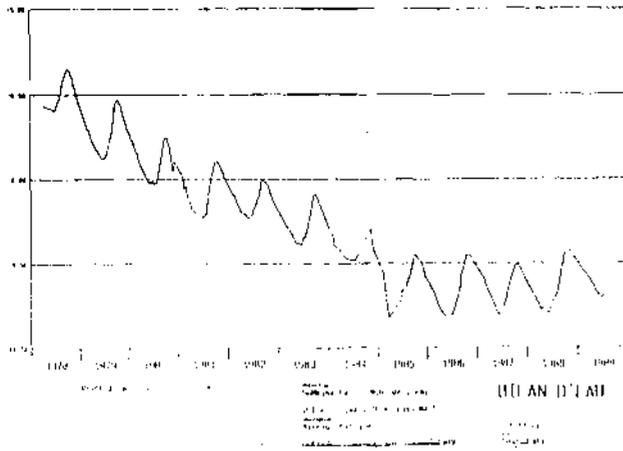


Fig. 31

La comparaison du tableau 50 et la figure 31 nous montre qu'il existe une relation entre la variation saisonnière et la pluviométrie.

De ce constat nous avons mené la même démarche qu'au niveau du forage de Manga et de celui de Djibo en calculant la déviation de la variation saisonnière et celle de la pluviométrie. Ces valeurs sont dans le tableau 48.

Tableau 48: Déviation de la variation saisonnière et celle de la pluviométrie annuelle

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
DVS											
mm	-110	+180	-20	+130	-250	+50	-470	-60	+230	+70	+280
DP											
mm	+65	+33	-106	+15	-64	-25	-128	-10	+95	+86	+36

En mettant en ordonnée la déviation de la variation saisonnière et en abscisse celle de la pluviométrie nous obtenons la droite de la figure 32.

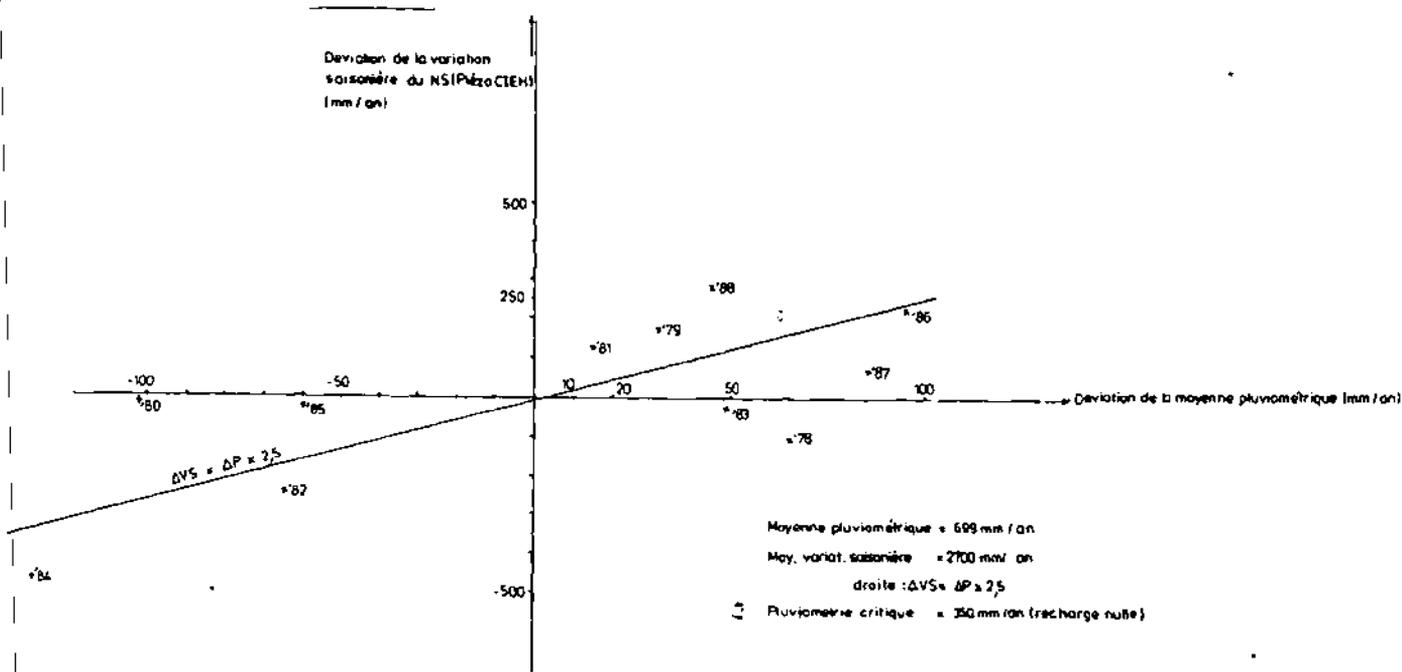


Fig. 32

ANALYSE DE LA FLUCTUATION DE LA NAPPE PAR RAPPORT A LA PLUVIOMETRIE (CAS DE OUAGADOUGOU - PIEZOMETRE CIEH)

L'équation de la droite est $\Delta VS = \Delta P \times 2,5$
 soit: $V.S(\text{année } X) - \bar{VS} = 2,5[P(\text{année } X) - \bar{P}]$

$$\left. \begin{aligned} \bar{VS} &= 0 \implies P = \bar{P} - \bar{VS}/2,5 \\ \bar{P} &= 699 \text{ mm} \\ \bar{VS} &= 870 \text{ mm} \\ VS &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow P \text{ critique} \approx 350 \text{ mm}$$

Pour le piézomètre du CIEH, théoriquement la recharge est nulle pour une pluviométrie annuelle de 350 mm.

4.10.3. Etude de la variation interannuelle au niveau du piézomètre du CIEH

Nous nous sommes intéressés à l'étude de la variation interannuelle au niveau du piézomètre du CIEH à cause de deux facteurs suivants:

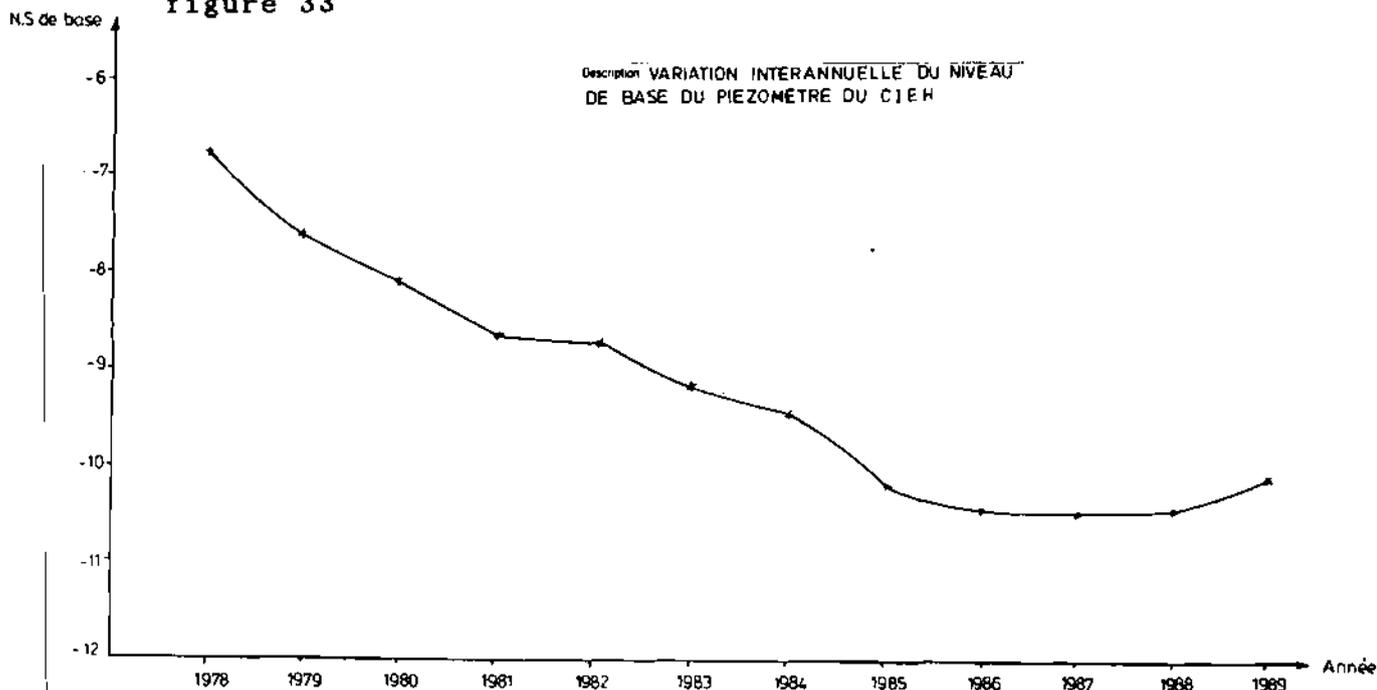
- durée de la période de mesure (de Mars 1978 à 1989)
- qualité des mesures.

La fluctuation piezométrique du piezo du CIEH est représentée par les variations interannuelles du niveau de base qui figurent dans le tableau 49.

Tableau 49 : Niveau de base du piezo du CIEH

	Niveau de base											
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Piezo CIEH	6,80	7,62	8,10	8,67	8,71	9,18	9,40	10,21	10,44	10,45	10,41	10,11

Cette variation interannuelle est représentée par la figure 33



Sur la courbe de la fig. 33 nous remarquons une tendance à la baisse de 1978 à 1986 avec une baisse rapide de 1978 à 1981 et une baisse régulière de 1981 à 1986.

Ainsi de 1978 à 1986 le niveau d'eau a chuté de 3,64 m.

De 1986 à 1988 nous assistons à une stagnation du niveau de base. Cette période est en fait une phase transitoire car on constate une remontée du niveau de base en 1989.

L'analyse de la piézométrie dans les différentes zones nous a révélée que la variation du niveau de base des forages étaient dû à l'action conjuguée de la pluviométrie annuelle des années antérieures.

Ainsi pour le cas du piezomètre du CIEH qui nous offre une période d'observation assez appréciable nous avons recherché une fonction de pluie qui nous permet de tenir compte à chaque instant de tout ce qui s'est passé dans les années antérieures.

Dans cette optique donc, nous nous sommes intéressés à la fonction cumul des écarts pluviométriques à la moyenne développée par Lemoine J (1963) [méthode d'interprétation graphique des relation entre la pluviométrie et le régime des nappes phreatiques. Terre et eaux, n° 40] et cité par (Joseph (1969) [interprétation des mesures disponibles de variation naturelles du niveau des nappes en Côte d'Ivoire] .

Cette fonction de cumul des écarts pluviométriques à la moyenne nous donne à chaque année la valeur du bilan des écart par rapport à la moyenne. Cette démarche nous permet ainsi donc de prendre en compte les pluviométriques antérieures.

• Calcul. du cumul des écarts à la moyenne de pluviométrique de Ouaga Aerodrome

Le calcul se trouve dans le tableau 50. Nous avons choisit la pluviométrie de Ouaga Aerodrome parce que cette zone est plus proche du piezomètre du CIEH.

Tableau 50 : Calcul du cumul des écarts pluviométriques à la moyenne

Année	Ordre	Pluviométrie annuelle	Ecart à la moyenne	Cumul des écarts à la moyenne
1978	1	764,20	+ 65	+ 65
1979	2	732,60	+ 33	+ 98
1980	3	593,20	+ 106	- 8
1981	4	713,60	+ 41	+ 6
1982	5	634,70	+ 64	- 58
1983	6	674,60	+ 24	- 82
1984	7	571,40	+ 127	- 209
1985	8	689,20	+ 98	- 307
1986	9	794,10	+ 95	- 212
1987	10	784,50	+ 85	- 127
1988	11	735	+ 36	- 91
TOTAL		7687,10		
MOYENNE		699		

Sur la figure 34 nous avons tracé la courbe de variation du niveau de base piezométrique et les courbes de variation de la pluviométrie annuelle, de variation de l'écart pluviométrique à la moyenne, de variation du cumul écart pluviométrique à la moyenne.

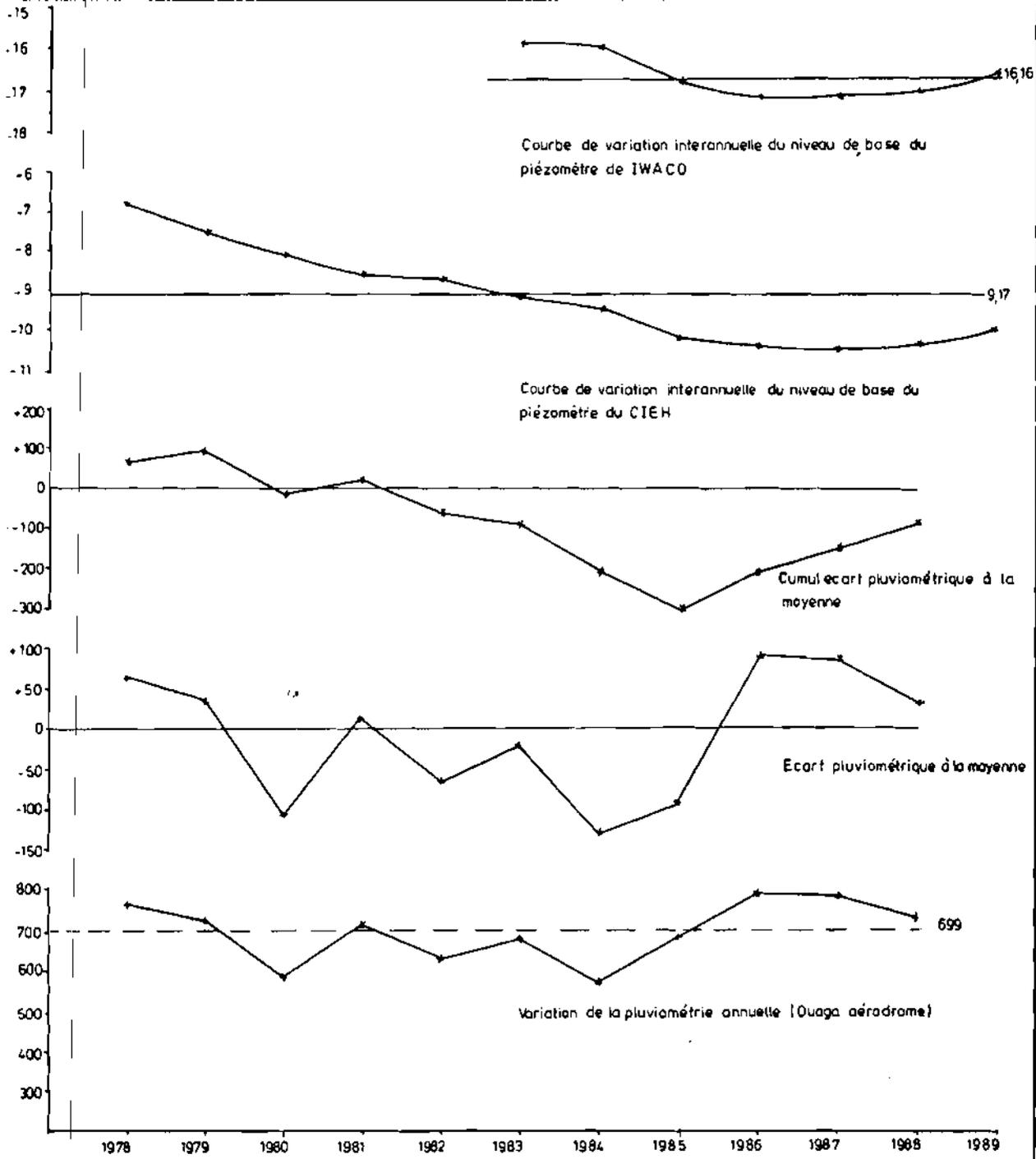
En comparant les différentes courbes de la figure 34 nous constatons qu'il existe bien une relation entre la variation interannuelle du niveau de base et les pluviométries antérieures.

Nous avons cherché cette relation en faisant une corrélation entre les deux types de variation.

• Corrélation entre cumul des écarts à la moyenne et le niveau piezométrique de base.

Soit x représentant la valeur du cumul des écarts à la moyenne pluviométrique de Ouaga Aerodrome et y la valeur du niveau statique de base du piezomètre du CIEH.

Le tableau 51 nous donne les valeurs de x et y .



Client Ministère de l'Eau		IWACO Bureau d'Etudes en Eau et Environnement B.P. 2523, Ouagadougou, Burkina Faso Siège: B.P. 183, 3000 AD Rotterdam Pays Bas	
Projet Bilan d'Eau			
Description		Dessiné AS	Vu
		Figure numéro 34	Date 16/08/89
		Dessiné numéro	
COMPARAISON DE LA TENDANCE PIEZOMETRIQUE ET LA PLUVIOMETRIE			

Fig: 34

Tableau 51 : Valeur de x et de y

x	y
+ 65	6,80
+ 98	7,62
- 8	8,10
+ 6	8,67
- 58	8,61
- 82	9,18
- 209	9,40
- 307	10,21
- 312	10,44
- 127	10,45
- 91	10,41

Sur la courbe nous obtenons un nuage de point en fuseau ce qui laisse présager une dépendance linéaire entre x et y (fig 35)

• Calcul du coefficient de corrélation R.

$$R = \frac{\text{Cov}(x, y)}{\sqrt{x} \cdot \sqrt{y}}$$

$$\text{Var}(x) = \frac{\sum n_i x_i^2}{n} - \bar{x}^2$$

$$\sigma(x) = \sqrt{\text{var}(x)}$$

$$\text{Cov}(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(y_i - \bar{y})$$

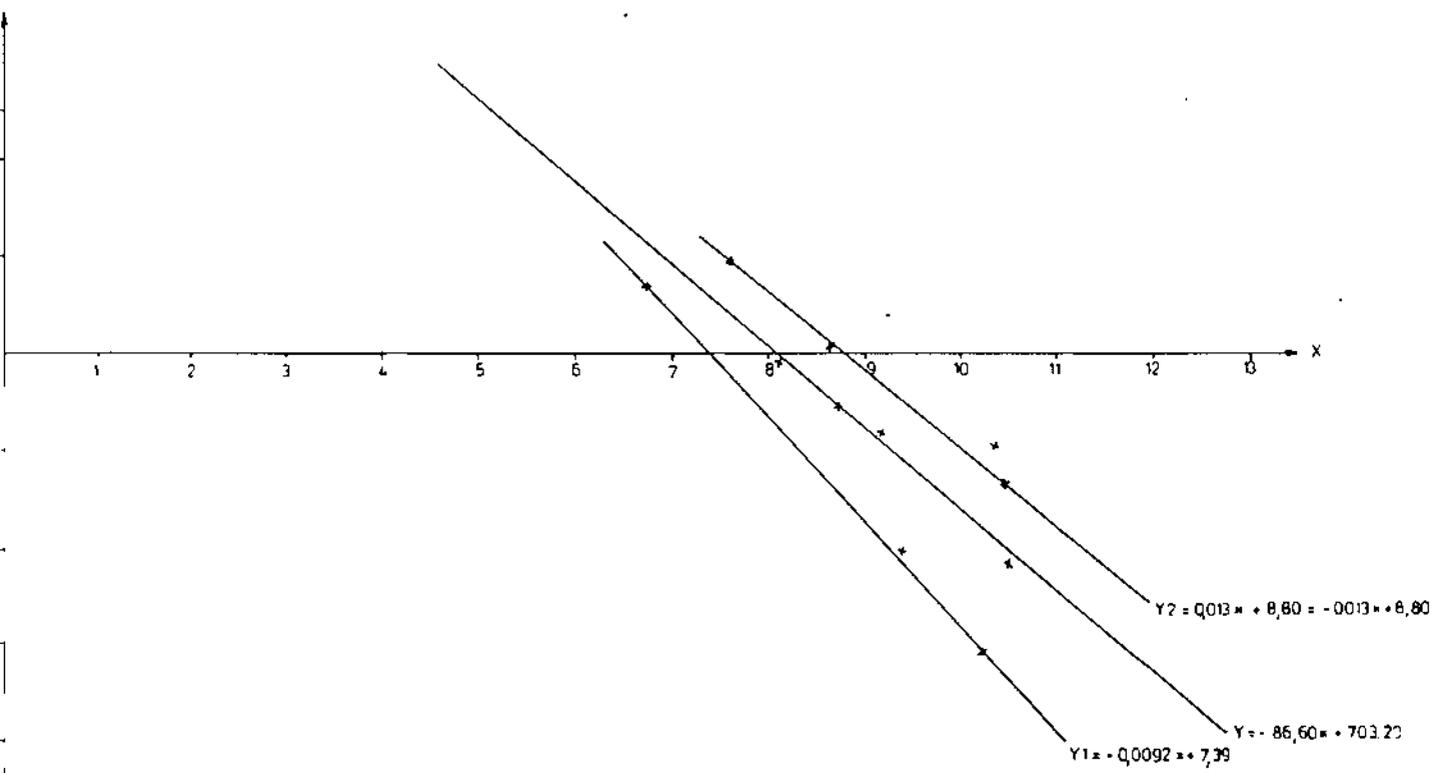
$$= \bar{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}$$

$$R = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{\bar{x}^2 - \bar{x}^2} \cdot \sqrt{\bar{y}^2 - \bar{y}^2}}$$

$$R = \frac{n\bar{xy} - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{n\bar{x}^2 - n\bar{x}^2} \cdot \sqrt{n\bar{y}^2 - n\bar{y}^2}}$$

soit
$$R = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2} \cdot \sqrt{\sum y_i^2 - n\bar{y}^2}}$$

Le tableau ci-dessous facilite le calcul de R



Cumul écart pluviométrique à la moyenne de 1978 à 1988 (Station Ouaga aéroport) en fonction de la profondeur du niveau de base du piézomètre du CIEH

Fig 35

Tableau 52 : Calcul de corrélation

Année	N° i	Xi	Yi	XiYi	Xi ²	Yi ²
1978	1	6,80	+ 65	442	46,24	4225
1979	2	7,62	+ 98	746,76	58,06	9604
1980	3	8,10	- 8	- 64,8	65,61	64
1981	4	8,67	+ 6	+ 52,02	75,17	36
1982	5	8,71	- 58	- 502,8	75,86	3364
1983	6	9,18	- 82	- 752,76	84,27	6724
1984	7	9,40	- 209	- 1964,6	88,36	43681
1985	8	10,21	- 307	- 3134,47	104,24	94249
1986	9	10,44	- 312	- 2213,28	108,99	44944
1987	10	10,45	- 127	- 1327,15	109,20	16129
1988	11	10,41	- 91	- 947,31	108,36	8281
TOTAL		99,98	- 925	- 9668,77	923,57	231301

$$\bar{x} = 9,09 \quad \bar{y} = -84$$

On a $x = 9,09; y = -84$

$$\sum x_i y_i = 9668,77; \sum x_i^2 = 923,57; \sum y_i^2 = 231301$$

$$\text{Or } R = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} \cdot \sqrt{\sum y_i^2 - n \bar{y}^2}}$$

$$\text{d'où } R = - \frac{9668,77 - 11 \times (9,09) \times (-84)}{\sqrt{923,57 - 11 \times (9,09)^2} \cdot \sqrt{231301 - 11 \times (-84)^2}}$$

$$R = -0,84$$

Equation de la droite de regression de y en x.

$$y = a x + b$$

a et b sont donnés par les relations

$$a = \frac{\text{Cov}(xy)}{\text{var}(x)}$$

$$b = \bar{y} - a \bar{x}$$

$$\text{d'où } a = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} = \frac{966,77 - 11 \times 9,09 \times (-84)}{923,57 - 11 \times (9,09)^2}$$

$$= -86,60$$

$$a = -86,60$$

$$\begin{aligned} b = y - ax &= -84 - (86,60) \times 9,09 \\ &= +703,194 \end{aligned}$$

$$b = +703,20$$

on a donc

$$y = -86,60 x + 703,20$$

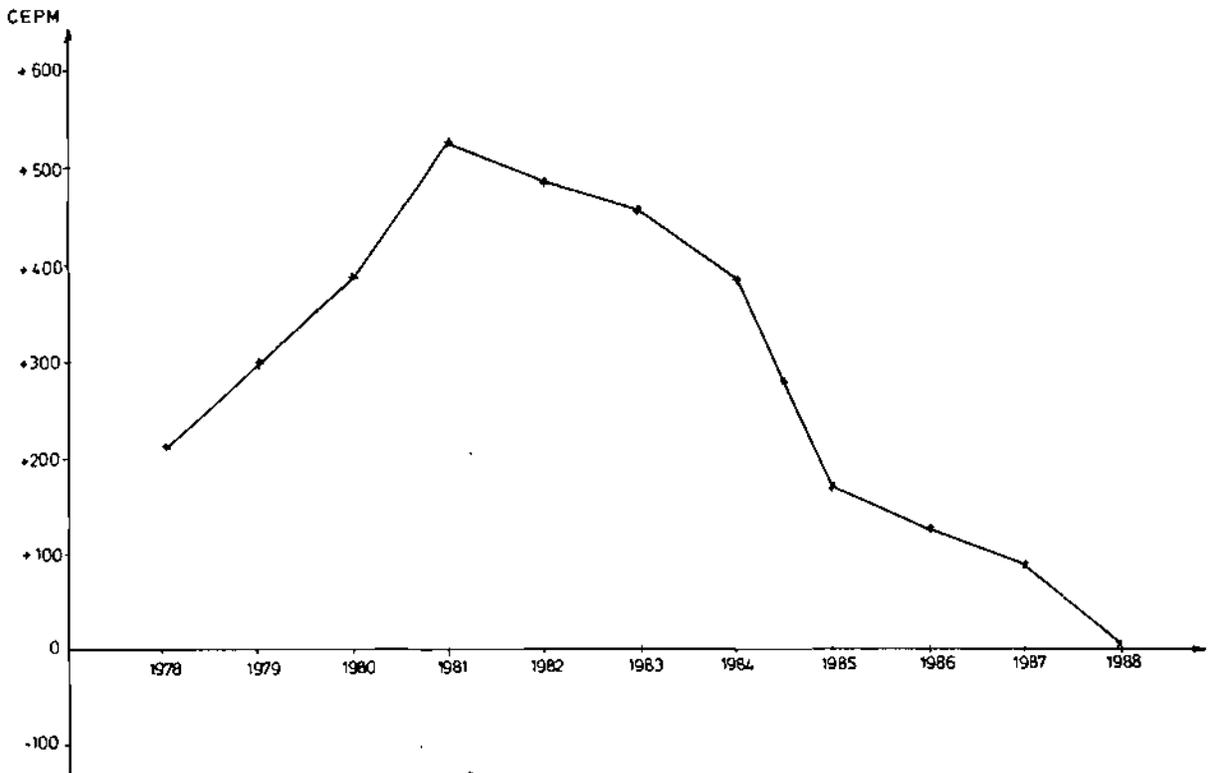
le nuage des points est encadré par les droites y_1 et y_2 d'équation respectives

$$y_1 = -0,0092 x + 7,39$$

$$y_2 = -0,013 x + 8,80$$

En conclusion il ressort que les courbes d'écarts cumulés pluviométriques à la moyenne soit une représentation de la fonction d'alimentation de la nappe à partir des pluies.

En partant de cette hypothèse, nous avons apprécié la tendance interannuelle du niveau des nappes de trois villes Djibo, Ouahigouya, et Banfora durant la période de 1978 à 1988. Les figures 36-a, 36-b et 36-c nous donne les courbes du cumul de l'écart pluviométrique à la moyenne de 1978 à 1988.



CEPM = Cumul Ecart Pluviométrique à la Moyenne

Fig 36-a

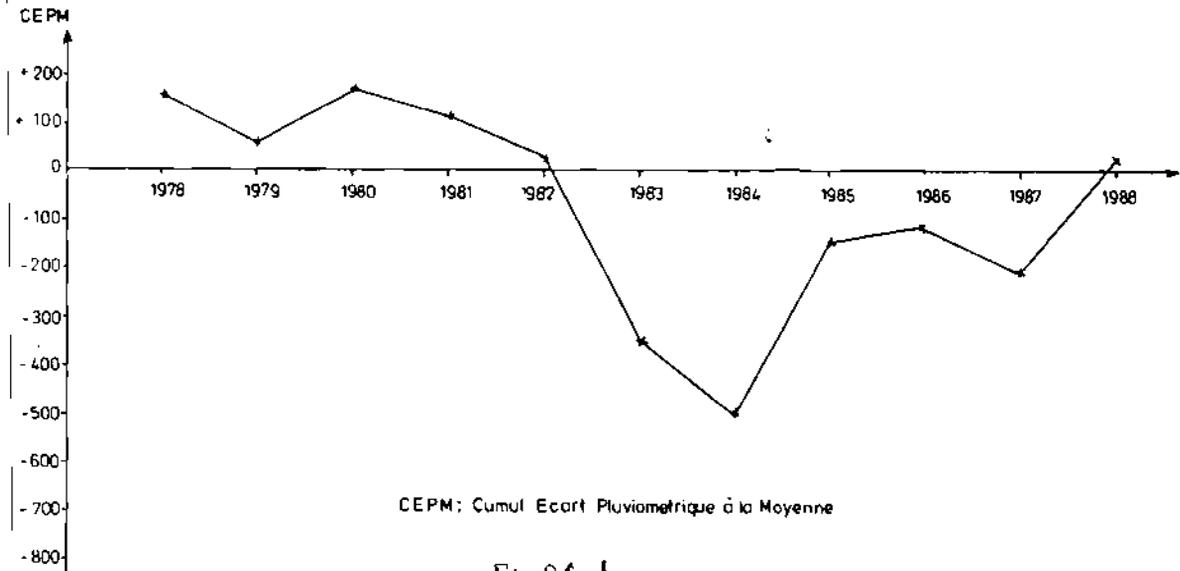


Fig 36-b

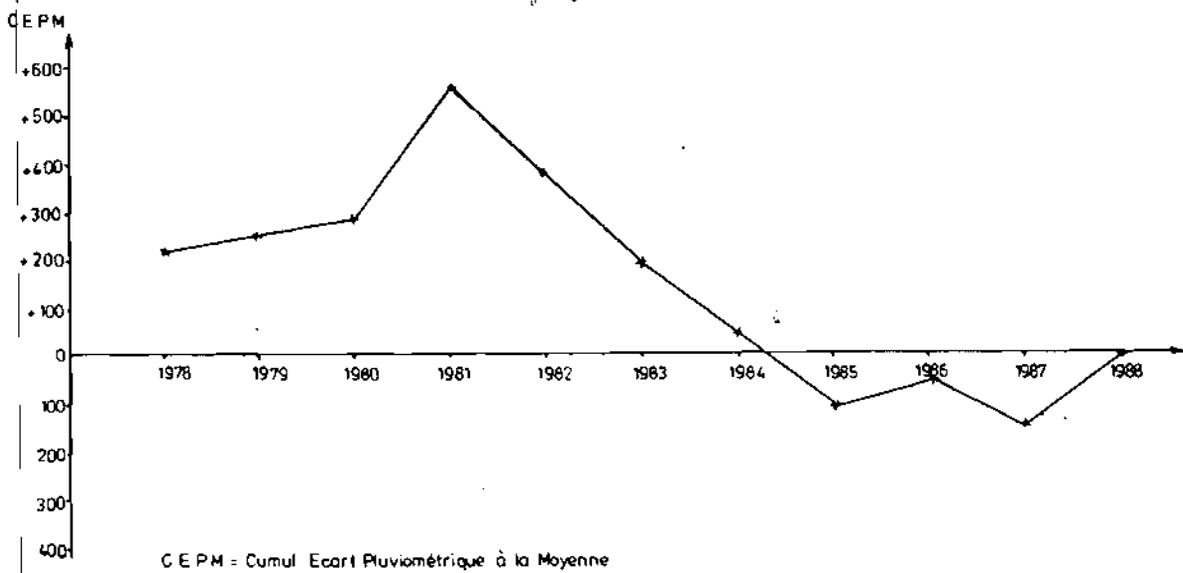


Fig 36. C

De ces courbes nous tirons les hypothèses suivantes:

- au niveau des forages de Djibo il y aurait eu une tendance à la hausse du niveau de base des nappes de 1978 à 1981. Les nappes subiraient une baisse constante depuis 1981 avec une légère fluctuation à partir de 1984.
- au niveau des forages de Ouahigouiya et de Banfora, les nappes subiraient des tendances presque identiques. Ainsi de 1981 à 1984 il y aurait en une tendance à la baisse et à partir de 1985 il y aurait une stagnation de leur niveau de base.

5. CONCLUSION DES TRAVAUX

L'aperçu de la piezométrie du Burkina Faso à travers l'étude de dix zones nous permet de tirer des conclusions sur différents aspects liés à la fluctuation du niveau des nappes.

5.1. CARACTERISTIQUE DE LA COURBE D'EVOLUTION DE LA NAPPE EN FONCTION DU TEMPS

En portant sur des graphiques les périodes d'observations en abscisse et les niveaux piezométriques en ordonnées on obtient des courbes chronologiques de la piezométrie. Ces courbes mettent en évidence une variation saisonnière des niveaux piezométriques, liée à l'alternance d'une saison sèche et une saison pluvieuse

Cette variation saisonnière se caractérise par une période de remontée des nappes pendant la saison des pluies et une période de descente qui commence après l'arrêt des pluies.

5.2. PERIODE DE REMONTEE DE LA NAPPE

Pendant la saison pluvieuse on assiste à une alimentation croissante des nappes souterraines. Quand cette alimentation est supérieure à l'écoulement souterrain + la reprise évapotranspiratoire nous avons une remontée de la nappe.

Des différentes zones étudiée nous retiendront que cette période de remontée se situe généralement pendant le mois de Juin. Elle commence plus vite au niveau des puits et forages ayant un niveau statique moins profond. Mais un déficit pluviométrique durant la période pluvieuse peut entraîner une remontée tardive comme ce fut le cas du forage 18 d'Arbinda en 1987.

Dans la zone sédimentaire de la Boucle du Mouhoun, la période de remontée se situe généralement en juillet.

5.3. PERIODE DE DESCENTE DE LA NAPPE

En fin de saison pluvieuse, il n'y a plus une alimentation directe de la nappe à partir des pluies. La nappe subit l'évapotranspiration + écoulement souterrain ce qui entraîne une descente de la nappe.

La période de descente se situe généralement entre Septembre, Octobre ou Novembre. Mais au niveau du piezomètre de Di situé dans les formations du Continental terminal on a remarqué que durant les quatres années d'observation la période de descente se situe généralement en Mars.

La période de remontée et celle de descente de la nappe est liée à l'interaction pluviométrie-évapotranspiration-écoulement souterrain quand elle ne subit pas l'influence de l'exploitation.

5.4. AMPLITUDE DES VARIATIONS SAISONNIERES

L'amplitude de la variation saisonnière est considérée comme la hauteur d'eau renouvelable chaque année. Elle est la différence entre le niveau minimal et maximal de la profondeur du niveau statique de l'année en cours.

De l'analyse des différents données piezométriques nous constatons que l'amplitude de la variation saisonnière croit avec la pluviométrie, elle est importante au niveau des bas-fonds, diminue avec la profondeur du niveau statique et est moindre au niveau des zones sédimentaires.

Nous avons étudié la relation entre la pluviométrie et la variation saisonnière dans trois forages situé dans des contextes climatiques différents. Il s'agit du forages de Manga (Sud), Ouaga (centre) et Djibo (Nord). Les résultats de cette analyse vont sur la figure 37.

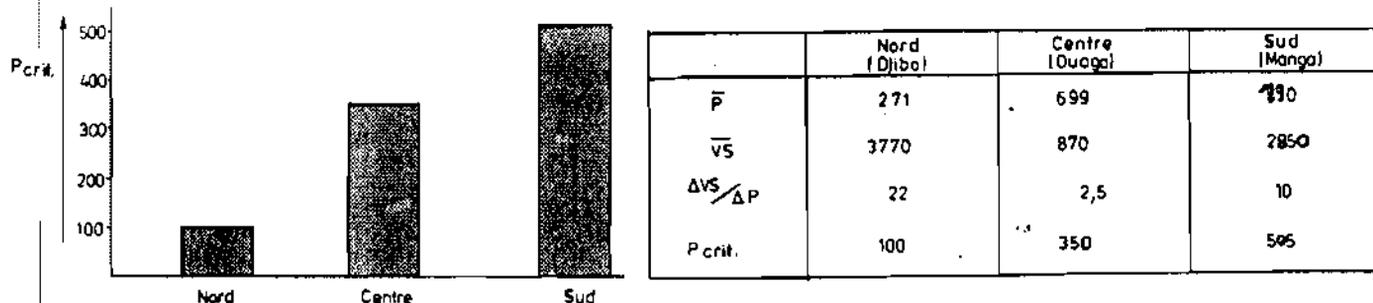


Fig.37 Description PLUVIOMETRIE CRITIQUE DANS DIFFERENTES ZONES

Nous constatons une diminution de la pluviométrie critique du Sud au Nord.

Cette différence de la pluviométrie critique (qui correspond théoriquement à une recharge nulle) pourrait être liée au couvert végétal qui diminue du Nord au Sud. Cela conduit à une évapotranspiration plus importante au Sud qu'au Nord.

Les différentes valeurs de la pluviométrie critique dépend du contexte géomorphologique des différents forages.

L'absence de valeur exacte de la variation saisonnière nous a pas permis de déterminer les pluviométries critiques au niveau de beaucoup de forages. Ainsi l'utilisation du limnigraphe au niveau des forages donnerait des valeurs exactes des variations saisonnières ce qui permettrait de mieux approcher la pluviométrie critique.

5.5. VARIATION INTERANNUELLE DU NIVEAU DE BASE DES NAPPES

La variation interannuelle du niveau de base des nappes peut se traduire soit par une tendance à la baisse, soit par une tendance à la hausse.

Les différents piezomètres que nous avons étudiés nous a permis de constater que la variation interannuelle du niveau de base des nappes était liée à la pluviométrie des années antérieures.

Ainsi un déficit continue de la pluviométrie entraine une tendance à la baisse et une alimentation excédentaire continue produit l'effet contraire.

Dans cette optique nous avons employée la méthode de J. Lemoine sur le cumul des écarts pluviométriques à la moyenne. Cela nous a conduit à montré avec l'exemple du piezomètre du CIEH qu'il existait une corrélation entre le cumul des écarts à la moyenne pluviométrique et le niveau de base de la nappe (p. 34).

5.6. EFFET DE L'EXPLOITATION DES NAPPES

L'étude du champ de captage de Nioko 1 et 2 aussi que des forages de Gourcy nous permettent de faire les observations suivantes:

- au niveau de Gourcy l'exploitation intensive du forage 12 a entraîné une chute rapide du niveau de base qui est passé de 17,72 m en 1988 à 39 m en 1989.
- au niveau du champ de captage de Nioko 1 et 2 le rabattement annuel est supérieur à la hauteur d'eau renouvelable ce qui suppose une influence de l'effet des pompes.

Ces deux exemples nous montrent donc la nécessité de suivre l'exploitation qui plus que la sécheresse conduisent au tarissement des nappes.

5.7. RELATION ENTRE NAPPE SUPERFICIELLE ET NAPPE PROFONDE

Le système de double, triple ou quadruple piezomètres installés dans certains forages n'a fait que confirmer le contact hydraulique entre la nappe superficielle des altérites et celle de la zone fissurée en profondeur.

On a pu remarquer aussi l'influence positive des retenues d'eau sur les ouvrages situés à proximité.

6.

RECOMMANDATIONS

Au terme de nos travaux nous faisons les recommandations suivantes:

- description géomorphologique de tous les ouvrages de mesures piezométriques.
- procéder au nivellement des piezomètres par rapport au niveau de la mer chaque fois que cela est possible.
- un bon suivi du réseau piezométrique national qui n'est qu'à son début.
- installer des limnigraphes sur certains forages pour des études particulières.
- contrôle de l'exploitation surtout dans les centres secondaires de l'ONEA ou l'AEP à partir des ressources en eau souterraine prend de l'ampleur. Cela pourrait éviter le problème de tarissement généralisé que nous constatons dans beaucoup de forages en AEP des centres secondaires.

- FORKASIEWCZ, J.K et
MARGAT, J. (1964):
Prémiers résultats de l'étude hydrogéologique du bassin de Korhogo (C.I)
Publication CIEH
- FORKASIEWCZ, J.K
(1964):
Etude du bassin versant de Korhogo (C.I)
2ème rapport. Premiers résultats de
l'étude des fluctuations de la surface
piézométrique
Publication CIEH
- G.CASTANY:
Traité pratique des eaux souterraines.
- JOSEPH C. (1969):
Interprétation des mesures disponibles
du niveau des nappes en Cote d'Ivoire
Publication CIEH
- HOTTIN G.et OUEDRAOGO
O.FRANÇOIS (1975):
Carte géologique au 1/1 000 000 et
notice explicative de la République de
HAUTE-VOLTA
- MARTIN KEIJZER(1986):
Rapport intérimaire
Réseau d'observation du niveau d'eau
souterrain dans la région du projet
Volta Noire.
IWACO
- SAVADOGO N.ALAIN
(1984):
Géologie et hydrogéologie du socle
cristallin de HAUTE-VOLTA.
Etude du bassin versant de la Sissili
Thèse de Doctorat es sciences naturelles
USMG I, Grenoble
- YVES PERON et
VICTOIRE ZALACAIN:
Atlas de la HAUTE-VOLTA
Editions J.A.